



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INFORMÁTICA



TESIS

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA COMUNICACIÓN LORA PARA EL
SERVICIO DE MENSAJERÍA INSTANTÁNEA EN ZONAS SIN ACCESO A
LAS TELECOMUNICACIONES DE LA COMUNIDAD CHACACONIZA 2023**

PRESENTADA POR:

NELIDA SONIA JIHUALLANCA CCOA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN INFORMÁTICA

**CON MENCIÓN EN: GERENCIA DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y
COMUNICACIONES**

PUNO, PERÚ

2024



NELIDA SONIA JIHUALLANCA CCOA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA COMUNICACIÓN LORA PARA EL SERVICIO DE MENSAJERIA INSTANTANEA EN ZON...

- 13.- INFORMÁTICA
- 13.- INFORMÁTICA
- Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::8254:418843897

114 Páginas

Fecha de entrega

26 dic 2024, 3:52 p.m. GMT-5

20,356 Palabras

Fecha de descarga

26 dic 2024, 3:56 p.m. GMT-5

112,943 Caracteres

Nombre de archivo

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA COMUNICACIÓN LORA PARA EL SERVICIO DE MENSAJERIAdocx

Tamaño de archivo

15.5 MB


M. Sc. Elqui Yeye Pari C.
DOCENTE - FINESI





16% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Fuentes principales

- 15% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 7% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

M. Sc. Alqui Yeye Pari C.
DOCENTE - FIMESI





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO MAESTRÍA EN INFORMÁTICA

TESIS

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA COMUNICACIÓN LoRa PARA EL
SERVICIO DE MENSAJERÍA INSTANTÁNEA EN ZONAS SIN ACCESO A
LAS TELECOMUNICACIONES DE LA COMUNIDAD CHACAONIZA 2023



PRESENTADA POR:

NELIDA SONIA JIHUALLANCA CCOA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN INFORMÁTICA

CON MENCIÓN EN: GERENCIA DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y
COMUNICACIONES

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE


.....
D.Sc. LEONEL COYLA IDME

PRIMER MIEMBRO


.....
D.Sc. ANGEL JAVIER QUISPE CARITA

SEGUNDO MIEMBRO


.....
Dr. RENZO APAZA CUTIPA

ASESOR DE TESIS


.....
M.Sc. ELQUI YEYE PARI CONDORI

Puno, 06 de setiembre de 2024.

ÁREA: Gerencia de tecnologías de información y comunicaciones.

TEMA: Diseño e implementación de una comunicación LoRa para el servicio de mensajería instantánea en zonas sin acceso a las telecomunicaciones de la comunidad Chacaoniza 2023.

LÍNEA: Redes y comunicación de datos.



DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a Dios por darme la vida y la salud, así como por permitirme completar mis estudios con gran éxito. También dedico este trabajo a mis padres, quienes me apoyaron y motivaron a lo largo de mi trayectoria educativa, lo que me permitió alcanzar este logro.

Nelida Sonia Jihuallanca Ccoa.



AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento va dirigido a la Universidad Nacional del Altiplano, a la Maestría en Informática a todos mis docentes por mi formación profesional, así mismo expreso mi profundo agradecimiento a mi asesor M.Sc. Elqui Yeye Pari Condori, por su contribución y por el tiempo que ha dedicado para revisar y comentar detalladamente durante el desarrollo de esta tesis.

Agradezco al presidente del jurado, Dr. Leonel Coyla Idme, así como a todos los miembros del jurado, por su apoyo desinteresado en la elaboración de este trabajo de investigación y por su colaboración durante mi formación profesional. También quiero expresar mi gratitud a mis compañeros, amigos y familiares por su aliento, apoyo incondicional y colaboración a lo largo de mi proceso educativo.

Nelida Sonia Jihuallanca Ccoa.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
ACRÓNIMOS	x
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1	Marco teórico	4
1.1.1	Teoría de comunicación inalámbrica	4
1.1.2	Comunicación LoRa	4
1.1.3	Topología de Red	6
1.1.4	Consumo de energía	6
1.1.5	Transceptor LoRa	8
1.1.6	Características SX1276	9
1.1.7	LoRaWan	11
1.1.8	Espectro de radio	13
1.1.9	Clases de LoRaWan	16
1.1.10	Tipos de mensajes	17
1.1.11	Comandos MAC	17
1.1.12	Comandos MAC iniciados por el dispositivo final	20
1.1.13	Activación en el aire	20
1.1.14	Esp32	21
1.1.15	Funciones ESP32	22
1.1.16	Entornos de programación	23
1.1.17	Arduino	23
1.1.18	Entorno de desarrollo integrado IDE Arduino	24



1.1.19	Bosquejo	25
1.1.20	Herramientas	26
1.1.21	Las funciones de módulos y componentes.	28
1.2	Antecedentes	33
1.2.1	Internacionales	33
1.2.2	Nacionales	40
1.2.3	Local	42

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1	Identificación del problema	43
2.2	Enunciados del problema	44
2.3	Justificación	44
2.4	Objetivos	44
2.4.1	Objetivo General	44
2.4.2	Objetivo Específicos	45
2.5	Hipótesis	45
2.5.1	Hipótesis General	45
2.5.2	Hipótesis específicas	45

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	Lugar de estudio	46
3.2	Población	46
3.3	Muestra	47
3.4	Método de investigación	47
3.4.1	Diseño de la investigación	47
3.4.2	Nivel de la investigación	47
3.5	Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	47
3.5.1	Variables	48

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Resultados	49
4.1.1	Diseño del sistema de mensajería e implementación del prototipo	49
4.1.2	Rango de alcance y sensibilidad del sistema de comunicación LoRa	63
4.1.3	Máximo alcance de comunicación LoRa	65



4.1.4	Consumo de potencia del sistema	67
4.1.5	Análisis de la potencia	68
4.2	Discusión	71
	CONCLUSIONES	73
	RECOMENDACIONES	75
	BIBLIOGRAFÍA	76
	ANEXOS	83



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Frecuencias para LoRa por región	4
2. Tiempo de comunicación	13
3. Características de Transmisión LoRaWAN	14
4. Códigos de mensajes	17
5. Microcontroladores ESP32	21
6. Datos TTGO LORA32	31
7. Especificaciones generales pantalla OLED	32
8. Características eléctricas.	32
9. Técnicas e instrumentos	48
10. Variable de investigación – recolección de datos	48
11. Consumo de energía eléctrica del sistema de mensajería	67



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Frecuencia vs tiempo de modulación LoRa	5
2. Características de una comunicación inalámbrica	7
3. Línea de vista	8
4. Chip LoRa sx1276	9
5. Arquitectura de una red LoRaWAN	11
6. Tiempo de comunicación	14
7. Estructura de un mensaje	19
8. Entorno Arduino	27
9. Teclado PS2	28
10. Conector PS2 hembra.	29
11. Diagrama de conexión.	29
12. Código para prueba de funcionamiento LoRa	30
13. Componentes del módulo TTGO lora32	30
14. Diagrama de bloques de pantalla OLED	32
15. Comunidad Chacaconiza	46
16. Adicionar URL	49
17. Instalación de Librería LoRa	50
18. Instalación de tarjeta de ESP32	50
19. Instalación de modulo pantalla SSD1306	51
20. Puerto COM asignado	51
21. Elegir puerto de comunicación	52
22. Verificar y Compilar sketch.	53
23. Diagrama de conexión del transmisor LoRa	54
24. Diagrama de bloques	55
25. Diagrama de conexión del receptor LoRa	55
26. Esquemático de conexión de receptor LoRa	56
27. Visualización de los mensajes a través del monitor serial del IDE Arduino	57
28. Diagrama de bloque de receptor LoRa	57
29. Sistema de comunicación LORA vista de GOOGLE EARTH	58
30. Puntos de transmisión del sistema de mensajería	58
31. Mapa de cobertura OSIPTEL/	59



32.	Descripción de cobertura móvil	59
33.	Componentes del prototipo	60
34.	Pantalla OLED	60
35.	Prototipo de comunicación LoRa	61
36.	Prototipo del sistema transmisor LoRa	61
37.	Prototipo del sistema transmisor LoRa	62
38.	Prototipo del sistema receptor LoRa	63
39.	Distancia de comunicación del sistema de mensajería	66
40.	Consumo de energía eléctrica	68



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Matriz de consistencia	83
2. Código de programación para el sistema de mensajería instantánea	84
3. Datos TTGO LORA32	88
4. Hoja de datos TTGO LORA	95
5. Mapa de cobertura OSIPTEL	98
6. Declaración jurada de autenticidad de tesis	99
7. Autorización de deposito de tesis en el Repositorio Institucional	100



ACRÓNIMOS

AP	:	Punto de Acceso
CSS	:	Espectro de Dispersión de Chirrido
dBm	:	Unidad de Medida
EPG	:	Escuela de Posgrado
IDE	:	Entorno de Desarrollo Integrado (Integrated Development Environment)
ISM	:	Bandas de radio industriales, Científicas y médicas
LAN	:	Red de Área Local
LPWAN	:	Red de área Amplia de Bajo Consumo
LORA	:	Largo alcance
IOT	:	Internet de las cosas
MAC	:	Media Access Control
MIC	:	Código de Integridad de Mensaje
NF	:	Factor de Ruido
OLED	:	Diodo emisor de luz orgánico (Organic Light-Emitting Diode)
PLM	:	Potencia de transmisión
RF	:	Radio Frecuencia
SF	:	Factor de Propagación o Spreading Factor
WLAN	:	Redes Inalámbricas de Área Local



RESUMEN

En la actualidad en muchas zonas del Perú no se cuenta con acceso a las telecomunicaciones una de ellas es la provincia de Carabaya, distrito de Corani lo cual no cuenta con un sistema que los integre a un estado de desarrollo de la población debido a la falta de comunicación. Esta investigación tuvo como objetivo diseñar e implementar una comunicación LoRa para ofrecer un servicio de mensajería instantánea en zonas sin acceso a las telecomunicaciones de la comunidad Chacaconiza 2023. La investigación fue experimental a nivel de investigación exploratorio que consiste en la manipulación de variables para resolver problemas inmediatos utilizando el método deductivo el cual se usa para analizar de lo general a lo particular. Los resultados alcanzados muestran que el servicio de mensajería instantánea es posible implantar un sistema basado en hardware y software el cual nos permite procesar los mensajes a través de un método de entrada y salida, luego visualizar los mensajes en una pantalla, que está compuesto por emisor y receptor. Mostrando un rendimiento satisfactorio al transmitir mensajes sin pérdidas de señal, la comunicación LoRa es estable a una distancia de 1 km con una sensibilidad de transmisión de $-167,03$ dBm y el análisis del consumo de potencia reveló que el sistema consume $0,10$ A durante la transmisión, lo que representa el mayor consumo energético, mientras que el consumo disminuye a $0,04$ A durante el procesamiento de mensajes. Se concluye que al diseñar e implementar el sistema de mensajería instantánea ayuda en la comunicación.

Palabras clave: Comunicación, long range (LORA), mensajería instantánea, tecnologías. telecomunicaciones.

ABSTRACT

Currently in many areas of Peru there is no access to telecommunications, one of them is the province of Carabaya, district of Corani, which does not have a system that integrates them to a state of development of the population due to lack of communication. The objective of this research was to design and implement a LoRa communication to offer an instant messaging service in areas without access to telecommunications in the community of Chacaconiza 2023. The research was experimental at the exploratory research level which consists of the manipulation of variables to solve immediate problems using the deductive method which is used to analyze from the general to the particular. The results achieved show that the instant messaging service is possible to implement a system based on hardware and software which allows us to process messages through an input and output method, then display the messages on a screen, which is composed of sender and receiver. Showing satisfactory performance in transmitting messages without signal loss, LoRa communication is stable at a distance of 1 km with a transmission sensitivity of -167.03 dBm and power consumption analysis revealed that the system consumes 0.10 A during transmission, which represents the highest power consumption, while consumption decreases to 0.04 A during message processing. It is concluded that designing and implementing the instant messaging system helps in communication.

Keywords: Communication, instant messaging, long range (LoRa), technologies, telecommunications.



Juan Marcos Aro Ayo, Ph. D.
Ing. AGROINDUSTRIAL
C.I.P. N 62422

INTRODUCCIÓN

El problema actual en muchas zonas del Perú es que no tienen acceso a las telecomunicaciones y no cuentan con un sistema que los integre a un estado de desarrollo abarcando todos los ámbitos que incluye las telecomunicaciones como son la medicina, seguridad, defensa civil, educación, entre otros; por eso es necesario un sistema de mensajería instantánea para estas zonas utilizando la tecnología que por sus características de bajo consumo de energía hacen que sea viable en cuanto al ámbito energético, la cual brindará el soporte confiable para la comunicación de los pobladores, ciudadanos y organizaciones. Con la investigación se diseña el sistema de mensajería y se realizó pruebas del rendimiento del prototipo; en cuanto a tecnología, esto aporta de manera significativa, dado que el sistema ofrece y/o proporcionará los mensajes en tiempo real mediante plataformas tecnológicas. La presente investigación es confiable con el usuario final, ya que no brinda información falsa sobre su plataforma, tiene un impacto significativo en el ámbito social porque el usuario puede acceder a los mensajes en tiempo real. El sistema de mensajería tiene un impacto ambiental mínimo, ya que se puede usar energía renovable para la alimentación del sistema, con la transmisión de datos a través de las pruebas nos permite conocer la distancia a la que se comunican los dispositivos origen y destino emisor receptor; también la sensibilidad del sistema y finalmente el rendimiento del sistema. La zona de estudio sin acceso a las telecomunicaciones está en la comunidad Chacaconiza 2023.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico

1.1.1 Teoría de comunicación inalámbrica

La clasificación de una comunicación inalámbrica incluye en la conversación de dos terminales de telefonía móvil GSM además de la conversación Bluetooth entre un teléfono móvil y un ordenador portátil. Incluso la comunicación verbal entre dos personas sería una comunicación inalámbrica: utilizan el aire como un canal para el intercambio de información (Prieto Blázquez, 2015).

1.1.2 Comunicación LoRa

LoRa es una tecnología de radio frecuencia que permite comunicaciones a larga distancia, diseñado para aplicaciones de redes de área amplia y bajo consumo de energía (LPWAN). Posee un alcance superior a 15 kilómetros y puede soportar hasta un millón de nodos. La fusión de baja potencia y gran alcance restringe la velocidad máxima de transmisión de datos a 50 kilobits por segundo (Kbps) (Pickering, 2017).

LoRa es una tecnología exclusiva y patentada de propiedad de (Mouser, 2016), que funciona en la banda ISM. La asignación de frecuencias y los requisitos reglamentarios para ISM varían por región (Figura 1). Las frecuencias más utilizadas son 868 megahercios (MHz), que se utiliza en Europa, y 915 MHz, que se utiliza en América del Norte. Otras regiones, especialmente Asia, tienen diferentes requisitos (Pickering, 2017).

Tabla 1

Frecuencias para LoRa por región

Región	Banda
EE.UU.	Desde 902 Mhz. hasta 928 Mhz
EUROPA	Desde 863 Mhz. hasta 870 Mhz
CHINA	Desde 779 Mhz hasta 787 Mhz

Nota. Bonilla Cadena (2022).

La capa física de LoRa emplea modulación de espectro ensanchado (SSM). Este método utiliza una secuencia de alta frecuencia para codificar la señal base, Esto permite que se propague de manera intencionada utilizando un mayor ancho de banda, reduce el consumo energético y aumenta la resistencia a las interferencias electromagnéticas (Bonilla Cadena, 2022).

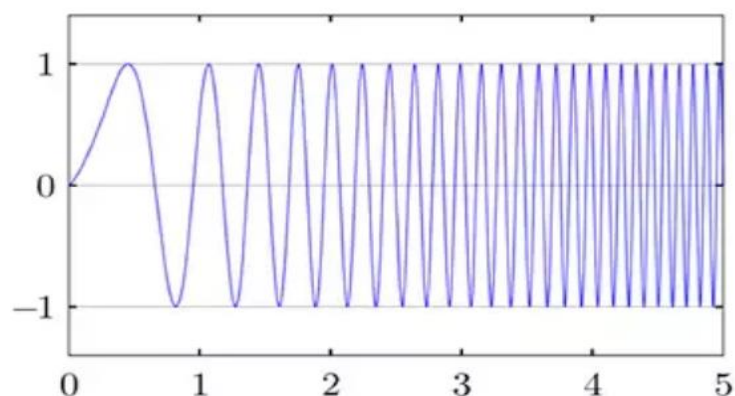
La señal base tiene un factor de propagación (SF) variable, lo que significa un compromiso. Para un ancho de banda disponible, una mayor difusión factor reduce la tasa de bits, y también reduce la duración de la batería incrementando el tiempo de transmisión (Pickering, 2017).

LoRa permite las frecuencias de paso de banda distintas (125 kHz, 250 kHz y 500 kHz). Las agencias definen el ancho de banda permitido y los factores de propagación. Por ejemplo, América del Norte especifica un ancho de banda de 500 kHz y de 7 a 10 factores de propagación (Pickering, 2017).

Los mensajes con distintas velocidades de datos son ortogonales en la tecnología del espectro de propagación, evitando interferencias entre sí, eso que resulta en una colección de canales virtuales que incrementan la capacidad de la conexión. El esquema LoRa se basa en una variante de SSM llamada modulación de chirp spread spectrum (CSS) (Figura 4). CSS codifica los datos con un pitido o chirp, que es esencialmente una señal sinusoidal de frecuencia modulada en banda ancha que aumenta o disminuye con el tiempo (Pickering, 2017).

Figura 1

Frecuencia vs tiempo de modulación LoRa



Nota. Pickering (2017).

1.1.3 Topología de Red

LoRa puede implementarse como una red, conformando así una LPWAN (Red de Área Amplia de Bajo Consumo). En lo que respecta a la topología de red, LoRa funciona en una configuración de estrella (con un nodo central o concentrador y múltiples nodos/dispositivos finales) o en un esquema punto a punto, dependiendo de la cantidad de radios LoRa involucrados en la conexión específica; Esto se debe a que, en una comunicación "pura" de LoRa, no se utiliza un sistema de direccionamiento de red, aunque existe la posibilidad de hacerlo entre varios radios LoRa, por defecto no se emplea direccionamiento. Pronto si hay dos dispositivos en un enlace de comunicación, la comunicación es punto a punto (un dispositivo transmite y otro recibe); si hay tres o más dispositivos en un enlace, todos recibirán la información transmitida por cualquiera de los radios LoRa implicadas, por lo que el comportamiento viene de una topología en estrella (Bertoleti, 2019).

1.1.4 Consumo de energía

Una característica clave de los dispositivos que funcionan con baterías es un ciclo de vida optimizado de la batería. El ciclo de vida de la batería afecta todos los aspectos del proceso de diseño: tamaño, peso, estándar de comunicación, tipo de sensor, selección de MCU, soluciones de software de bajo consumo, tipos de baterías, etc., todo según los requisitos del cliente y el entorno operativo previsto. Es un proceso de optimización complejo que implica mucha toma de decisiones. Nos centraremos en las posibilidades básicas para extender la vida útil de la batería y le informaremos un poco sobre las pruebas en nuestros dispositivos (Paz León y Yagual Estacio, 2023).

Según Danilowski (2021) primero veamos cómo podemos mejorar la duración de la batería mediante cambios de software. Las mayores posibilidades están en la unidad de procesamiento principal del dispositivo. Dependiendo de qué tipo de microcontrolador se utilice, podremos elegir entre diferentes modos de ahorro de energía. Nuestros dispositivos pueden funcionar en varios modos de funcionamiento:

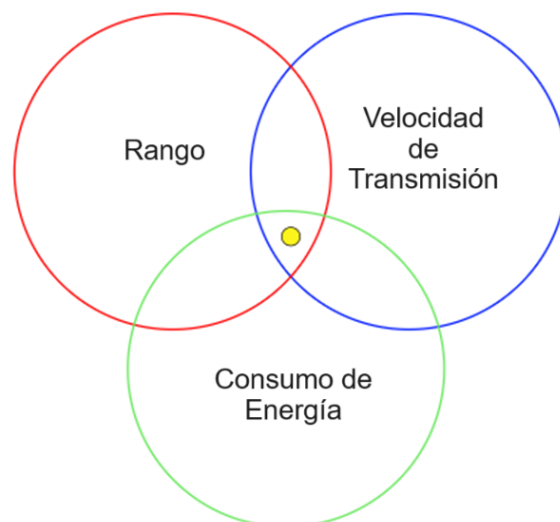
En cuanto a las configuraciones predeterminada todos los periféricos y componentes externos (sensores, radio) están encendidos (Reinoso et al., 2018). En la suspensión de algunos periféricos del microcontrolador (según el tipo) y componentes externos se detienen mediante firmware que permite proceder rápidamente a las mediciones (García Guillén, 2014).

Los periféricos del microcontrolador entran en sueño profundo funcionan con relojes de baja velocidad y se apagan cuando no están en uso; los componentes externos están apagados por hardware; SRAM y registros aún contienen datos; el microcontrolador puede ser activado por RTC, perro guardián o eventos externos (Reinoso et al., 2018).

Según García Guillén (2014) solo los periféricos esenciales del microcontrolador funcionan con reloj de baja velocidad, por ejemplo, RTC; Se pierde el contenido de SRAM y registro; El microcontrolador puede activarse mediante RTC o eventos externos como un reinicio.

Figura 2

Características de una comunicación inalámbrica



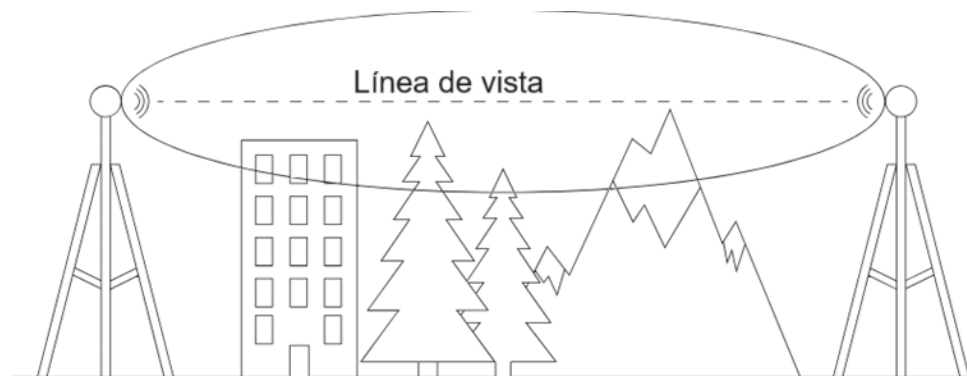
Nota. Danilowski (2021).

Al preparar la trama de datos y enviarla al nodo de puerta de enlace, el dispositivo funciona en modo activo: se comunica con sensores externos y utiliza radio para enviar tramas de datos. Eso significa un alto consumo de energía y una descarga rápida de la batería si utilizamos un intervalo de envío de datos bajo. Lo contrario es el modo apagado, donde el consumo energético es menor, pero a un

precio elevado: tenemos posibilidades limitadas para reactivar el dispositivo y, si tardamos mucho en hacerlo, se pierden todos los datos de la SRAM y los registros. Por lo que será necesario reinicializar el dispositivo. Por lo tanto, este modo de funcionamiento rara vez se utiliza. Para ahorrar energía, mantenemos el dispositivo en modo de suspensión profunda tanto como sea posible (Danilowski, 2021).

Figura 3

Línea de vista



Nota. Danilowski (2021).

1.1.5 Transceptor LoRa

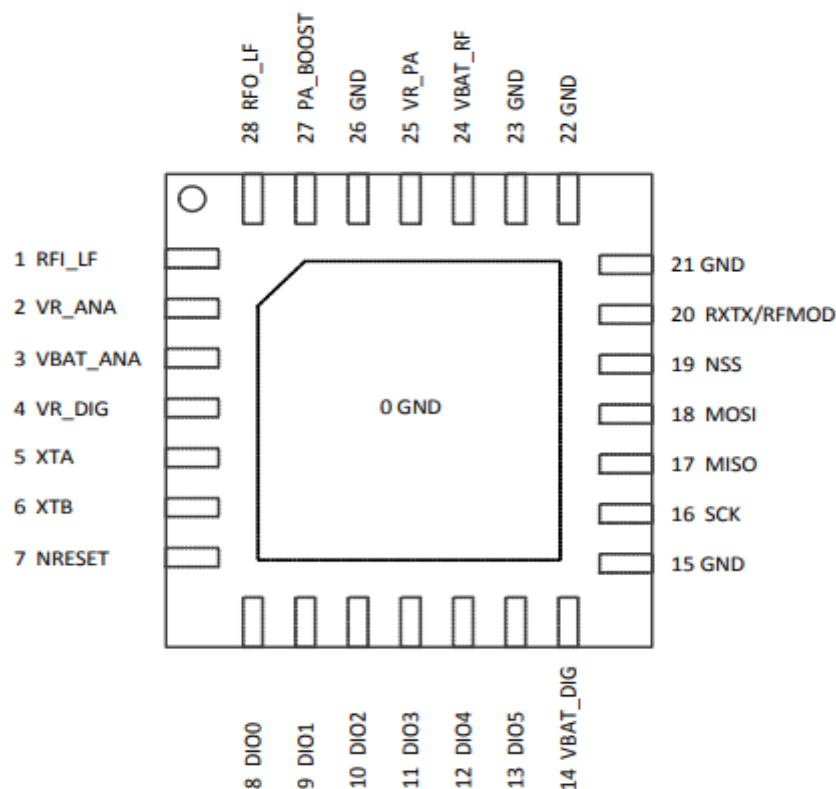
Los transceptores SX1276, SX1277, SX1278 y SX1279 están equipados con un módem LoRa de largo alcance, el cual ofrece comunicación de espectro ultra amplio y alta resistencia a interferencias, al mismo tiempo que reduce el consumo de energía. Utilizando la técnica de modulación LoRaTM patentada por Rodriguez Munca (2017), los transceptores SX1276, SX1277, SX1278 y SX1279 Pueden alcanzar una sensibilidad superior a -148 dBm utilizando un cristal de bajo costo y una lista de materiales.

Tsavalos y Abu Hashem (2018) esta notable sensibilidad combinada con un amplificador de potencia integrado de +20 dBm, ofrece un presupuesto de enlace que se destaca en la industria, lo que los convierte en una opción ideal para aplicaciones que demandan un amplio alcance o alta resistencia. Al superar el dilema de diseño común entre consumo de energía, resistencia a la interferencia y alcance, LoRaTM ofrece ventajas significativas en términos de bloqueo y selectividad en comparación con técnicas de modulación convencionales.

Además, los modos FSK de alto rendimiento (G) para sistemas que incluyen WMBus y IEEE802.15.4g son compatibles con estos dispositivos. son compatibles con estos dispositivos, los SX1276 / 77/78/79 ofrece un ruido de fase excepcional, selectividad, linealidad del receptor y IIP3 para significativamente menor consumo actual que los dispositivos de la competencia (Rodríguez Munca, 2017).

Figura 4

Chip LoRa sx1276



Nota. Bertoleti (2019).

1.1.6 Características SX1276

Los transceptores SX1276 /77/78/79 son semidúplex y operan con una frecuencia intermedia baja (IF). En este diseño, la señal de RF recibida es inicialmente amplificada por el amplificador de bajo ruido (LNA). Las entradas del LNA son de un solo extremo, lo que ayuda a reducir la lista de materiales externa y simplifica el proceso de diseño (Rodríguez Munca, 2017).

Para mejorar la supresión de armónicos y la linealidad de segundo orden, se realiza una conversión diferencial después de las entradas del LNA. La etapa

del mezclador divide la señal en componentes de fase y cuadratura (I&Q) en la frecuencia intermedia (IF). Después, un par de convertidores analógico-digitales sigma-delta ADC separan la señal en componentes de fase y cuadratura. Luego realice la conversión de datos, con todo el procesamiento de señal y demodulación posteriores realizados en el dominio digital (Rodríguez Munca, 2017).

El indicador de la intensidad de la señal recibida (RSSI) y la corrección automática de frecuencia (AFC) también son manejados por la máquina de estados digitales. La máquina de estados digitales también controla el control automático de ganancia (AGC). Además, ofrece funcionalidades a nivel de paquete y de protocolo de capas superiores (Tsavalos y Abu Hashem, 2018).

El secuenciador (TLS) está disponible únicamente para los esquemas de modulación tradicionales FSK y OOK. (Rodríguez Munca, 2017). Los sintetizadores de frecuencia producen la frecuencia del oscilador local (LO) tanto para el receptor como para el transmisor, abarcando dos rangos de bandas UHF: uno para las frecuencias bajas (hasta 525 MHz) y otro para las frecuencias altas (desde 779 MHz). Los PLL están diseñados para lograr un tiempo de bloqueo reducido, lo que facilita una calibración automática rápida y sin complicaciones para el usuario. La modulación de frecuencia se realiza digitalmente dentro del ancho de banda del PLL durante la transmisión. Para mejorar la pureza espectral, el PLL también ofrece un prefiltro del flujo de bits que se puede seleccionar (Tsavalos y Abu Hashem, 2018).

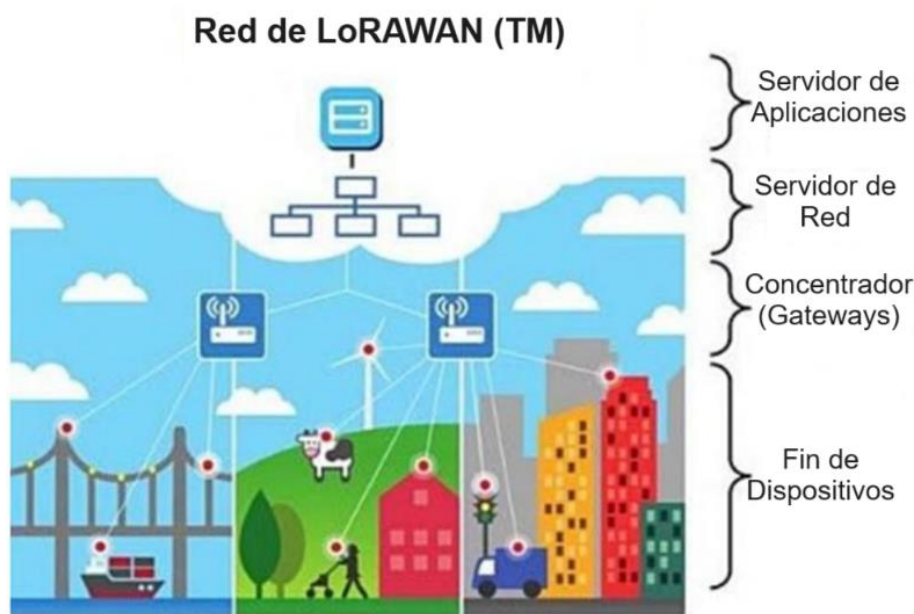
Los transceptores SX1276, SX1277, SX1278 y SX1279 disponen de tres amplificadores de potencia de RF distintos. Dos de estos amplificadores, conectados a RFO_LF y RFO_HF, pueden ofrecer hasta +14 dBm, no están regulados para una alta eficiencia energética y pueden conectarse directamente a las entradas RF de sus respectivos receptores mediante un par de componentes pasivos, creando así un único puerto de antena transceptor altamente eficiente (Technology, 2024), El tercer amplificador de potencia, que se conecta al pin PA_BOOST, puede proporcionar hasta +20 dBm mediante una red de adaptación específica. A diferencia de los amplificadores de alta eficiencia, este amplificador de alta estabilidad abarca todas las bandas de frecuencia que maneja el sintetizador de frecuencia (Rodríguez Munca, 2017).

1.1.7 LoRaWan

Tsavalos y Abu Hashem (2018) el objetivo actual de LoRaWan es respaldar dispositivos finales que funcionen con una sola batería durante largos períodos, ampliar la cobertura mediante una pérdida máxima de acoplamiento de 155dB, y brindar una descarga confiable y eficiente de archivos, según sea necesario para actualizaciones remotas de software y firmware.

Figura 5

Arquitectura de una red LoRaWAN



Nota. Bertoleti (2019).

- **Dispositivo final:** Un cliente LoRa que se comunica con los puntos de acceso (Baltuile, 2023).
- **Gateway:** Son dispositivos de radio, también llamado “concentrador” o “estación base”, que sirven como pasarelas de comunicación entre el servidor y los dispositivos finales; en otras palabras, reciben la información que los nodos transmiten y la reenvían a los servidores de red. Son los componentes más cruciales de la red, ya que la comunicación no sería factible sin ellos. Los protocolos seguros SSL/TLS se utilizan para comunicarse con el servidor de red (Baltuile, 2023).

- **Servidor de red:** Para los dispositivos finales conectados a la red, el control de acceso al medio (MAC) de la capa LoRaWAN es responsabilidad del servidor de red (NS). Se asemeja al núcleo de la topología en estrella (Baltuile, 2023).
- **Servidor Enlazador:** Se ocupa de procesar las solicitudes de conexión de los dispositivos finales y se encuentra en el lado de Internet de un servidor de red (Baltuile, 2023).
- **Mensaje de enlace ascendente:** Se refiere a las comunicaciones enviadas a través de una o más puertas de enlace desde un dispositivo final hacia un servidor de red o aplicación (Córdoba Peñalver, 2017).
- **Mensaje de enlace descendente:** Se refiere a las comunicaciones enviadas a través de una puerta de enlace desde una aplicación o un servidor de red a un dispositivo final o a un grupo de dispositivos finales, incluyendo el envío a varios destinatarios (Córdoba Peñalver, 2017).
- **Aplicación:** Se refiere al código de la capa de aplicación que se encuentra tanto en la parte operativa del servidor de red como en el dispositivo final en el contexto de LoRaWAN (Vera Villanueva, 2021).

En las redes LoRaWAN, varios gateways pueden recibir las transmisiones de los dispositivos finales; esto permite que, en condiciones normales de funcionamiento, un servidor de red reciba varias copias del mismo mensaje de enlace ascendente que un dispositivo final ha enviado (Moya Quimbata, 2018).

Un esquema de tasa de datos adaptativa controla la velocidad de datos y la potencia de transmisión (RF) para cada dispositivo final en la infraestructura de red LoRaWAN en cualquier momento, los dispositivos finales tienen la capacidad de transmitir en cualquier canal autorizado por la normativa local (Baltuile, 2023).

Los radios de LoRaWAN funcionan en las bandas de ISM, como 433 MHz y 868 MHz en la Unión Europea, y 915 MHz en las Américas (Rodríguez Moreno y López Ordoñez, 2017).

Para cumplir con las regulaciones locales y/o para aumentar la robustez del sistema frente a interferencias, el dispositivo final cambia de canal de manera pseudoaleatoria para cada transmisión. Un dispositivo de Clase A activa su receptor durante dos ventanas de recepción breves que están ubicadas al final de la ventana de transmisión después de una ranura de transmisión (Tsavalos y Abu Hashem, 2018). Los dispositivos finales solo pueden enviar un paquete de enlace ascendente posterior al final de las ventanas de recepción asociadas, cuando un dispositivo se conecta a una red LoRaWAN, hay tiempos de espera similares en algunas partes de ese proceso (Petajajarvi et al., 2016).

1.1.8 Espectro de radio

Debido a los diferentes requisitos regionales, la especificación detallada de la capa física de LoRaWAN se presenta el tiempo de comunicación en la tabla 2, que ilustra los tipos de problemas que se pueden encontrar, que muestra algunos de los ajustes predeterminados para una banda ISM que definen el uso de los protocolos IETF sobre la capa MAC de LoRaWAN (Bertoleti, 2019).

Tabla 2

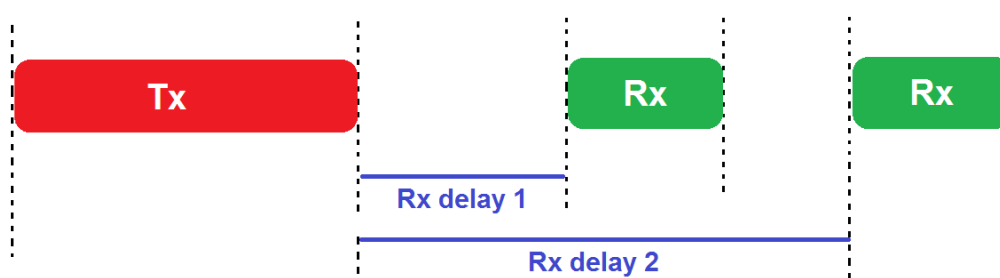
Tiempo de comunicación

Parámetros	Valor por defecto
RX delay 1	1s
RX delay 2	2s
Retraso de unión 1	5s
Retraso de unión 2	6s
868 MHz (Canales por defecto)	0,3 -50 kbit/s

Nota. Kurniawan (2019).

Figura 6

Tiempo de comunicación



Nota. Kurniawan (2019).

Tabla 3

Características de Transmisión LoRaWAN

Parámetros	Mínimo	Máximo
Ciclo de trabajo: Establecen un límite en la frecuencia con la que un dispositivo final puede llevar a cabo transmisiones. LoRaWAN aplica restricciones más estrictas para intentar prevenir la congestión.	1%	No limit
	250	50000
	bits/s;	bits/s;
Velocidad de datos/tamaño de paquete en la banda de 868 MHz de la UE	59	250
	octetos	octetos
	980	21900
	bits/s;	bits/s;
Velocidad de datos/tamaño de paquete en la banda de 915 MHz de la UE	19	250
	octetos	octetos

Nota. Kurniawan (2019).

Todas las cargas útiles están cifradas y tienen integridad de datos. Comandos MAC, cuando se envían como carga útil (puerto cero), están por lo tanto protegidos. Sin embargo, los comandos MAC en piggyback como opciones

de trama FOpts se envían en texto plano (Vera Villanueva, 2021). Cualquier comando MAC enviado como opciones de trama, y no únicamente como carga útil, es accesible para un atacante pasivo. Sin embargo, no pueden ser alterados por un atacante activo gracias a la implementación de la verificación de Integridad de Mensajes (MIC) (Moya Quimbata, 2018).

Bonilla Cadena (2022) en la versión 1,0.x de LoRaWAN, la clave de sesión NwkSKey se utiliza para asegurar la integridad de los datos entre el dispositivo final y el servidor de red. Por otro lado, la clave AppSKey se utiliza para garantizar la confidencialidad de los datos entre el dispositivo final y el servidor de red, o las aplicaciones que están detrás del servidor de red, dependiendo de la implementación de la red (Moya Quimbata, 2018).

Todos los mensajes de la capa MAC incluyen un MIC externo de 32 bits, que se calcula utilizando AES-MAC, tomando como entrada la carga útil del texto cifrado, otros encabezados y la NwkSKey. Las cargas útiles se encriptan utilizando AES-128 y un modo de contador que hace uso de la AppSKey, no se anticipa que las puertas de enlace tengan acceso a la AppSKey o NwkSKey, dado que toda la criptografía relacionada con la infraestructura se lleva a cabo en el servidor de red o detrás de este, durante el proceso de unión, cuando las claves de sesión se generan a partir de la AppKey, se trata de manera especial el mensaje de carga Join-Accept (Alonso Villaverde, 2018).

La AppKey de larga duración se utiliza de forma directa para asegurar el contenido del mensaje Join-Accept; sin embargo, la función aplicada no consiste en una operación de cifrado AES, sino en una operación de descifrado AES. Burbano Ordoñez (2017) indica que facilita que el dispositivo final solo necesite implementar la operación de cifrado AES. (La variante del modo contador utilizada para descifrar la carga útil significa que el dispositivo final no requiere una función de descifrado AES).

Burbano Ordoñez (2017), el texto en claro del mensaje Join-Accept siempre tiene menos de 16 bytes de longitud, por lo que se emplea el modo de Codificador Electrónico para proteger estos mensajes. El mensaje Join-Accept contiene un AppNonce (un valor de 24 bits) que se obtiene en el dispositivo final junto con otros elementos del Join-Accept (como DevAddr) mediante la operación

de cifrado AES. Una vez que la carga útil está accesible para el dispositivo final, las claves de sesión se generan a partir de la AppKey, AppNonce y otros valores, utilizando nuevamente una operación de cifrado AES en modo ECB. El texto en claro de entrada puede tener hasta 16 octetos como máximo (Al-Kashoash y Kemp, 2018).

1.1.9 Clases de LoRaWan

Los dispositivos finales de Clase A permiten comunicaciones bidireccionales. Cada transmisión de enlace ascendente del dispositivo es seguida por dos breves ventanas de recepción de enlace descendente (Córdoba Peñalver, 2017).

Tsavalos y Abu Hashem (2018) el intervalo de transmisión programado por el dispositivo final se basa en sus propias necesidades de comunicación, con una pequeña variación aleatoria (similar al protocolo ALOHA). Este modo de operación de Clase A es el más eficiente en términos de consumo de energía para los dispositivos finales, siendo ideal para aplicaciones que solo necesitan comunicación de enlace descendente desde el servidor poco después de que el dispositivo final haya realizado una transmisión de enlace ascendente (Díaz et al, 2020). Cualquier comunicación de enlace descendente desde el servidor en otros momentos deberá esperar hasta la próxima transmisión ascendente programada por el dispositivo.

Dispositivos finales bidireccionales con slots de recepción programadas (Clase B): Los dispositivos finales de clase B permiten más slots de recepción. Además de las ventanas de recepción aleatoria de clase A, los dispositivos de clase B abren ventanas de recepción adicionales a horas programadas. Para que el dispositivo final abra su ventana de recepción a la hora programada, recibe una baliza sincronizada con la hora de la puerta de enlace. Esto permite al servidor saber cuándo el dispositivo final está escuchando (Soldatos, 2017).

Dispositivos finales bidireccionales con slots de recepción máxima (Clase C): Los dispositivos finales de Clase C tienen ventanas de recepción casi continuamente abiertas, solo cerradas cuando transmiten. El dispositivo final de clase C utilizará más energía para funcionar que los de Clase A o Clase B. pero

ofrecen latencia más baja para la comunicación entre el servidor y el dispositivo final (Soldatos, 2017).

1.1.10 Tipos de mensajes

Lora distingue los mensajes de distintas formas en la siguiente figura se puede visualizar los códigos según su descripción.

Tabla 4

Códigos de mensajes

Código	Descripción
000	Petición de unión
001	Aceptación de unión
010	Datos no confirmados (Up)
011	Datos no confirmados (Down)
100	Datos confirmados (Up)
101	Datos confirmados (Down)
110	RFU
111	Propietario

Nota. Manrique Latorre et al. (2019).

1.1.11 Comandos MAC

Para la gestión de la red, un conjunto de comandos MAC puede ser intercambiado exclusivamente entre el servidor de red y la capa MAC de un dispositivo final; Los comandos de la capa MAC nunca son accesibles para la aplicación, el servidor de aplicaciones o cualquier aplicación que se ejecute en el dispositivo final (Alonso Villaverde, 2018).

Una única trama de datos puede contener cualquier secuencia de comandos MAC, ya sea en el campo de opciones o cuando se envía una trama de datos separada, en el campo FRMpayload con el campo Fport establecido en 0.

Los comandos MAC siempre se envían sin cifrar y no deben exceder los 15 octetos. (Vera Villanueva, 2021). Los comandos MAC enviados como FRMPayload siempre están cifrados y no deben superar la longitud máxima de la carga útil de FRMPayload; Un comando MAC consiste en un identificador de comando (CID) de 1 octeto seguido de una secuencia posiblemente vacía de octetos específicos del comando (Rodriguez et al., 2017).

La longitud de un comando MAC no se especifica de manera explícita y debe ser conocida implícitamente por la implementación del MAC. Por lo tanto, los comandos MAC desconocidos no pueden ser ignorados, y el primer comando MAC desconocido detiene el procesamiento de la secuencia de comandos MAC. Por esta razón, se recomienda organizar los comandos MAC según la versión de la especificación LoRaWAN (Bullian y Urbina, 2018).

Después de la activación, la siguiente información se almacena en el dispositivo final: una dirección de dispositivo (DevAddr), un identificador de aplicación (AppEUI), una clave de sesión de red (NwkSKey) y una clave de sesión de aplicación (AppSKey) (Bullian y Urbina, 2018).

Dirección del dispositivo final (DevAddr) consiste en 32 bits que identifican al dispositivo final dentro de la red en la que opera los 7 bits más importantes se utilizan como identificador de red (NwkID) para separar las direcciones de las redes de diferentes operadores de red que se solapan territorialmente y para solucionar los problemas de itinerancia; Los 25 bits menos significativos, que corresponden a la dirección de red (NwkAddr) del dispositivo final, pueden ser asignados de manera arbitraria por el administrador de la red (Bullian y Urbina, 2018).

Según Bullian y Urbina (2018) el Identificador de la aplicación (AppEUI) es un ID de aplicación global en el espacio de direcciones IEEE EUI64 que identifica de forma exclusiva la entidad capaz de procesar el marco JoinReq. El appEUI se guarda en el dispositivo final antes de que se lleve a cabo el procedimiento de activación.

La clave de sesión de NwkSKey es única en la red para cada dispositivo final tanto el servidor de red como el dispositivo final la utilizan para calcular y

verificar el MIC (código de integridad de mensajes) de todos los mensajes de datos, asegurando así su integridad. Además, se utiliza para cifrar y descifrar el campo de carga de los mensajes de datos en la capa MAC (Bullian y Urbina, 2018).

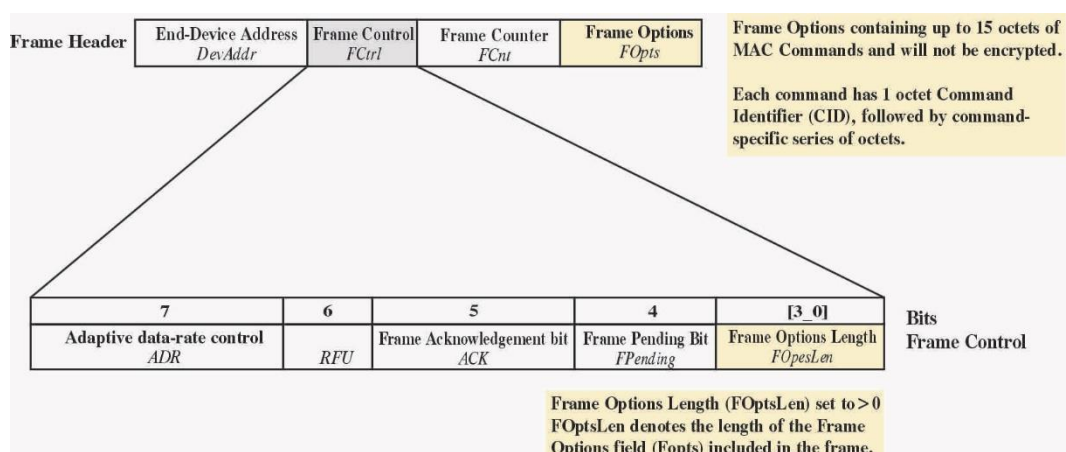
La AppSKey son cargas útiles de aplicación se cifran de extremo a extremo entre el dispositivo final y el servidor de aplicaciones, aunque no cuentan con protección de integridad. Esto significa que un servidor de red podría tener la capacidad de modificar el contenido de los mensajes de datos mientras están en tránsito, los servidores de red se consideran de confianza, pero se encomienda a las aplicaciones que deseen implementar la protección de la confidencialidad y la integridad de extremo a extremo (Burbano Ordoñez, 2017).

El servidor de red LORIoT solicita periódicamente el estado del dispositivo, utilizando el DevStatusReq comando mac especificado por el protocolo LoRaWAN.

Un dispositivo responderá a esta solicitud (si admite este comando MAC) enviando el estado de su batería (si está disponible) y su relación señal-ruido de demodulación en dB para la última solicitud recibida con éxito. La respuesta se mostrará en la descripción general del dispositivo del panel de LORIoT.

Figura 7

Estructura de un mensaje.



Nota. Bertoleti (2019).

Los comandos MAC se pueden enviar individualmente o en un grupo de comandos MAC simultáneos. Todos los comandos MAC comienzan con un solo

octeto que contiene un identificador de comando (CID). Este CID indica qué tipo de comando MAC sigue en los octetos posteriores. La longitud de los octetos posteriores depende del tipo de comando MAC, como se identifica en el CID anterior (Bertoletti, 2019).

1.1.12 Comandos MAC iniciados por el dispositivo final

Carrión Sarmiento (2018) para los tres tipos de comandos MAC que se enumeran a continuación, la solicitud la inicia el dispositivo final. La respuesta se envía desde el servidor de red al dispositivo final. El dispositivo final debe ser consciente de estas solicitudes y ser capaz de iniciarlas. Estas solicitudes deben recibir una respuesta en la primera y segunda ventana de recepción (RX1 y RX2) inmediatamente después de la solicitud. Si no se recibe la respuesta, el dispositivo final debe emplear un mecanismo de reintento para repetir la solicitud original.

1.1.13 Activación en el aire

En el caso de la activación por aire, los dispositivos finales deben llevar a cabo un procedimiento de unión antes de poder participar en los intercambios de datos con el servidor de red. Un dispositivo final debe realizar un nuevo procedimiento de unión cada vez que haya perdido la información del contexto de la sesión; El procedimiento de unión requiere que el dispositivo final sea personalizado con la siguiente información antes de iniciar el procedimiento de unión: un identificador global único del dispositivo final (DevEUI), el identificador de la aplicación (AppEUI) y una clave AES-128 (AppKey) (Wiegmann, 2018).

En la activación por aire, los dispositivos finales no se configuran con ningún tipo de clave de red. En cambio, cada vez que un dispositivo final se une a una red, se genera una clave de sesión de red específica para ese dispositivo, la cual se utiliza para cifrar y verificar las transmisiones a nivel de red (Wiegmann, 2018).

1.1.14 Esp32

Cuando se trata de IoT, el ESP32 es un chip que tiene un gran impacto. El ESP32 es una continuación del ESP8266. Esta serie de sistemas en chip (SoC) de bajo costo fue creada por Espressif Systems; Según su relación calidad-precio, tamaño pequeño y consumo de energía relativamente bajo, el ESP32 se adapta bien a varias aplicaciones de IoT diferentes (Danilowski, 2021).

ESP32 es un chip que proporciona conectividad Wi-Fi y (en algunos modelos) Bluetooth para dispositivos integrados, en otras palabras, para dispositivos IoT. Si bien ESP32 es técnicamente solo el chip, el fabricante a menudo también se refiere a los módulos y placas de desarrollo que contienen este chip como ESP32 (Danilowski, 2021).

Danilowski (2021) el chip ESP32 original contaba con un microprocesador de un solo núcleo Tensilica Xtensa LX6. Este procesador operaba a una velocidad de reloj superior a 240 MHz, lo que le permitía alcanzar una velocidad de procesamiento de datos bastante alta.

Más recientemente, se agregaron nuevos modelos, incluidas las series ESP32-C y -S, que incluyen variaciones de uno y dos núcleos. Estas dos series también dependen de un modelo de CPU Risc-V en lugar de Xtensa. Risc-V es similar a la arquitectura ARM, que cuenta con un buen soporte y es bien conocida, pero Risc-V es de código abierto y fácil de usar. Específicamente, Risc-V y ARM tienen un buen soporte de los compiladores GNU (Danilowski, 2021).

Tabla 5

Microcontroladores ESP32

Esp-32	Descripción
Centro	2
Arquitectura	32 bits
Reloj	Tensílica Xtensa LX06 160-240MHz
Wifi	IEEE802,11 b/g/n

Esp-32	Descripción
Bluetooth	Sí, clásico y BLE
RAM	520KB
Destello	QSPI externo - 16 MB
GPIO	22
CAD	2
CAD	18
Interfaces	SPI-12C-UART-12S-CAN

Nota. Danilowski (2021).

1.1.15 Funciones ESP32

El ESP32 tiene numerosas aplicaciones en el ámbito del IoT. A continuación, se presentan algunas de las funciones de IoT para las que se utiliza este chip.

- **Conexión en red:** La antena Wi-Fi y el procesador de doble núcleo del módulo permiten que los dispositivos integrados se conecten a enrutadores y envíen datos (Bertoleti, 2019).
- **Procesamiento de datos:** Esto abarca desde el manejo de entradas simples provenientes de sensores analógicos y digitales hasta cálculos más complejos utilizando un RTOS o un kit de desarrollo de software (SDK) sin sistema operativo. Un SDK sin sistema operativo se refiere a uno que está diseñado para ejecutarse directamente en el chip sin un sistema operativo completo que lo admita (Kurniawan, 2019).
- **Conectividad P2P:** Establece comunicación directa entre diferentes dispositivos ESP y otros aparatos mediante conectividad IoT P2P.
- **Servidor web:** Ofrece acceso a páginas desarrolladas en HTML o en otros lenguajes de programación (Kurniawan, 2019).

1.1.16 Entornos de programación

Scott y Shiloh (2012) los microcontroladores se programaban originalmente solo en lenguaje ensamblador; sin embargo, en la actualidad es común utilizar diversos lenguajes de programación de alto nivel, como C, Python y JavaScript, para programar microcontroladores y sistemas integrados. Estos lenguajes están diseñados específicamente para estos propósitos, o son versiones adaptadas de lenguajes de uso general como el C. Los compiladores para los lenguajes de propósito general suelen tener ciertas limitaciones, así como mejoras que permiten un mejor soporte para las características específicas de los microcontroladores. Algunos microcontroladores cuentan con entornos de desarrollo que facilitan la creación de determinados tipos de aplicaciones. Los fabricantes de microcontroladores frecuentemente proporcionan herramientas de manera gratuita para fomentar la adopción de su hardware

Muchos microcontroladores son tan especializados que requieren dialectos no estándar de C, como SDCC para el 8051, lo que complica el uso de herramientas estándar (como bibliotecas de código o herramientas de análisis estático) incluso para códigos que no están vinculados a las características del hardware. A menudo, se emplean intérpretes para ocultar esas particularidades de bajo nivel.

Los microcontroladores más modernos suelen incluir circuitos de depuración integrados en el chip que, al ser accedidos mediante un emulador en circuito (ICE) a través de JTAG, permiten depurar el firmware utilizando un depurador; Un ICE en tiempo real puede simplificar la visualización y/o manipulación de los estados internos mientras el programa se está ejecutando. Un ICE de rastreo puede registrar un programa ejecutado y estados de MCU antes / después de un punto de activación (Scott y Shiloh, 2012).

1.1.17 Arduino

Arduino (2018) es una plataforma abierta que facilita la programación de un microcontrolador es, usando actuadores para interactuar con el mundo físico y sensores para escucharlo, los microcontroladores nos rodean en nuestra vida

diaria. Los microcontroladores escriben sobre los actuadores y leen de los sensores.

Scott y Shiloh (2012) su función es realizar una tarea específica, han sido programados para detectar y gestionar actividades mediante sensores y actuadores. Los sensores perciben el entorno físico. Convierten la energía generada al presionar botones, mover los brazos o gritar en señales eléctricas. Los botones y perillas son ejemplos de sensores táctiles, aunque hay muchos otros tipos disponibles. Por otro lado, los actuadores interactúan con el mundo físico al convertir la energía eléctrica nuevamente en energía física, como luz, calor y movimiento.

Los microcontroladores reciben información de los sensores y se comunican con los actuadores, tomando decisiones sobre qué hacer según un programa que tú escribes. No obstante, los microcontroladores y la electrónica conectada a ellos son solo la estructura básica de tus proyectos. Deberás aplicar habilidades que probablemente ya tienes para darles más profundidad. Por ejemplo, en uno de los proyectos que proponemos, crearás una flecha y la conectarás a un motor, colocando ambos en una caja con una perilla, lo que te permitirá indicar a las personas si estás ocupado o no. En otro proyecto, agregarás algunas luces y un sensor de inclinación a un marco de cartón para construir un reloj de arena. Arduino puede hacer que tus proyectos sean interactivos, pero solo tú puedes aportarles un toque estético. Te ofreceremos algunas recomendaciones sobre cómo lograrlo. Arduino fue creado para facilitarte la realización de tus ideas. Para ello, hemos reducido al mínimo el contenido básico sobre programación y electrónica (Scott y Shiloh, 2012).

1.1.18 Entorno de desarrollo integrado IDE Arduino

Halvorsen (2018) el Entorno de Desarrollo Integrado de Arduino, también conocido como Software Arduino (IDE), incluye una consola de texto, un área de mensajes, una barra de herramientas con botones para funciones comunes y un editor de texto para escribir código. Para comunicarse con los programas y cargarlos, se conecta al hardware Arduino.

Los programas creados con el software Arduino (IDE) se conocen como bocetos. Estos bocetos se escriben en el editor de texto y se guardan con la extensión de archivo .ino. El editor tiene funciones para cortar, pegar y buscar/reemplazar texto. El área de mensajes proporciona retroalimentación al guardar y exportar, además de mostrar errores. La consola muestra el texto generado por el software Arduino (IDE), incluyendo mensajes de error detallados y otra información importante. En la esquina inferior derecha de la ventana se muestra la placa configurada y el puerto serie. Los botones de la barra de herramientas permiten verificar y cargar programas, crear, abrir y guardar bocetos, y acceder al monitor serie (Halvorsen, 2018).

1.1.19 Bosquejo

En verificar/Compilar se revisa tu boceto en busca de errores durante el proceso de compilación; también mostrará el uso de memoria para el código y las variables en la consola, luego carga, compila y transfiere el archivo binario a la placa configurada a través del puerto establecido, en seguida empieza a cargar usando el programador esto sobrescribirá el gestor de arranque en la placa; necesitarás usar Herramientas Grabar cargador de arranque para restaurarlo y poder cargarlo al puerto serie USB nuevamente. Sin embargo, le permite utilizar toda la capacidad de la memoria Flash para su boceto. Tenga en cuenta que este comando NO quemará los fusibles. Para hacerlo, se debe ejecutar el comando Herramientas Grabar cargador de arranque.

Para exportar binario compilado guarda un archivo .hex que puede ser almacenado o enviado a la placa utilizando otras herramientas, para mostrar la carpeta de bocetos abre la carpeta de bocetos en uso.

Para incluir una biblioteca a tu boceto insertando declaraciones `#include` al principio de tu código. Además, desde esta opción del menú puedes acceder al Administrador de bibliotecas e importar nuevas bibliotecas desde archivos .zip.

Para incorpora al boceto otro archivo (se copiará desde su ubicación actual). La carpeta del boceto, donde se guarda el archivo, está destinada a activos como la documentación. El contenido de la carpeta no se compila, por lo que no se incluyen en el programa de bocetos.

1.1.20 Herramientas

Formato automático esta opción da formato adecuado a tu código, intenta para que las llaves de apertura y cierre se alineen, y las declaraciones dentro de las llaves tengan mayor nivel de sangría (Beiroa Mosquera, 2023).

Para archivar boceto guarda una copia del boceto actual en formato .zip el archivo se almacenará en el mismo directorio que el boceto. Y para reparar codificación y recarga soluciona posibles inconsistencias entre la codificación del mapa de caracteres del editor y de otros sistemas operativos.

En el monitor serial abre la ventana del monitor e inicia la comunicación de datos con cualquier placa conectada al puerto seleccionado generalmente reinicia la placa, si la placa admite el reinicio a través de la apertura del puerto serie, seleccionando la placa que estás utilizando, consulta las descripciones de las diferentes placas a continuación.

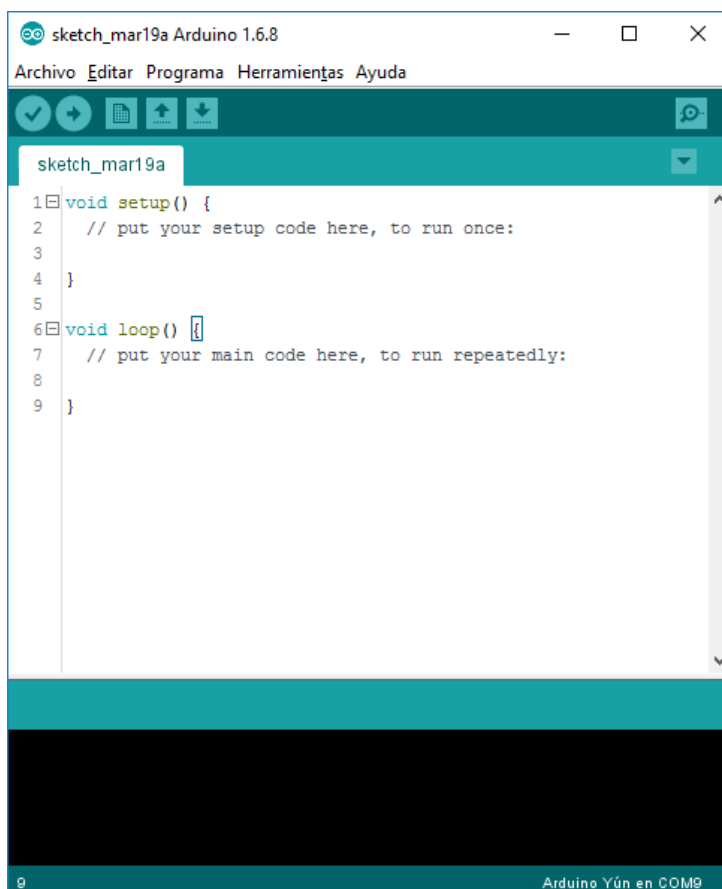
Todos los dispositivos seriales (virtuales o reales) en su máquina están incluidos en este menú. Es necesario que se actualice de manera automática cada vez que se abre el menú de herramientas principales en cada puerto.

Programador facilita la Selección de un programador de hardware para programar un chip o placa sin requerir el uso de una conexión USB integrada. Normalmente, no necesitarás esta opción, pero la usarás si estás grabando un gestor de arranque en un nuevo microcontrolador.

Grabar cargador de arranque las opciones de este menú te permiten grabar un cargador de arranque en el microcontrolador de una placa Arduino; aunque no es necesario grabar un cargador de arranque para el uso habitual, puede ser útil si adquieres un nuevo microcontrolador ATmega, que generalmente viene sin cargador de arranque Beiroa Mosquera (2023). Antes de grabar el cargador de arranque en la placa de destino, asegúrate de haber seleccionado la placa correcta en el menú Placa. Este comando también configura los fusibles correctos.

Figura 8

Entorno Arduino



```
sketch_mar19a
1 void setup() {
2   // put your setup code here, to run once:
3
4 }
5
6 void loop() {
7   // put your main code here, to run repeatedly:
8
9 }
```

Arduino Yún en COM9

Nota. Halvorsen (2018).

Saenz Flores (2018) indica que existen muchos otros microcontroladores y plataformas de microcontroladores disponibles para la informática física. Parallax Basic Stamp, Netmedia's BX-24, Phidgets, el Handyboard de MIT y muchos otros ofrecen una funcionalidad similar. Todas estas herramientas toman los detalles desordenados de la programación del microcontrolador y la envuelven en un paquete fácil de usar. Arduino también facilita el trabajo con microcontroladores, brindando una ventaja particular para profesores, estudiantes y entusiastas en comparación con otros sistemas.

El software de Arduino (IDE) es compatible con sistemas operativos como Windows, Macintosh OS X y Linux. En cambio, la mayoría de los sistemas de microcontroladores suelen estar limitados a Windows (Saenz Flores, 2018).

El software Arduino (IDE) es fácil de usar adaptable para que los usuarios más experimentados también puedan beneficiarse. El IDE de Arduino es convenientemente basado en el ambiente de programación Processing, por lo que los alumnos que aprendan en él estarán familiarizados con su funcionamiento (Peña Millahual, 2017).

Software extensible y de código abierto: Los programadores experimentados pueden ampliar el software de Arduino, que se presenta como herramientas de código abierto. Aquellos interesados en los aspectos técnicos pueden cambiar de Arduino al lenguaje de programación AVR C, que es su base, y se pueden ampliar el lenguaje mediante bibliotecas de C++. Es posible, si lo deseas, incluir el código AVR-C directamente en tus programas de Arduino.

Hardware extensible y de código abierto: Para que los diseñadores de circuitos experimentados puedan mejorar y crear sus propias versiones del módulo, los esquemas de los paneles de Arduino están disponibles bajo una licencia de Creative Commons. Para entender cómo funciona el módulo y ahorrar dinero, incluso los principiantes pueden hacer su propia versión (Nick, 2024).

1.1.21 Las funciones de módulos y componentes.

Teclado PS2: Su función principal es introducir el mensaje en el sistema de comunicación, para así transmitirlo hasta el receptor los pines de reloj y datos son esenciales para introducir datos al microcontrolador (Halvorsen, 2018).

Figura 9

Teclado PS2



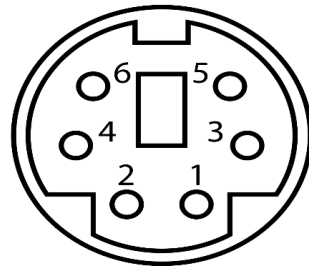
Nota. Halvorsen (2018).

Conector PS2: Comunica el teclado ps2 con el Arduino UNO, para su procesamiento a través de la programación, este conector

comprende de 6 pines donde 2 no se conectan, los pines restantes se conectan de la siguiente forma: pin1 es el pin donde ingresa los datos, pin 2 es el pin reloj que se conecta al pin de interrupción del microprocesador, el pin 4 es el pin que alimenta al teclado 5v y el pin 3 se conecta a GND.

Figura 10

Conector PS2 hembra.

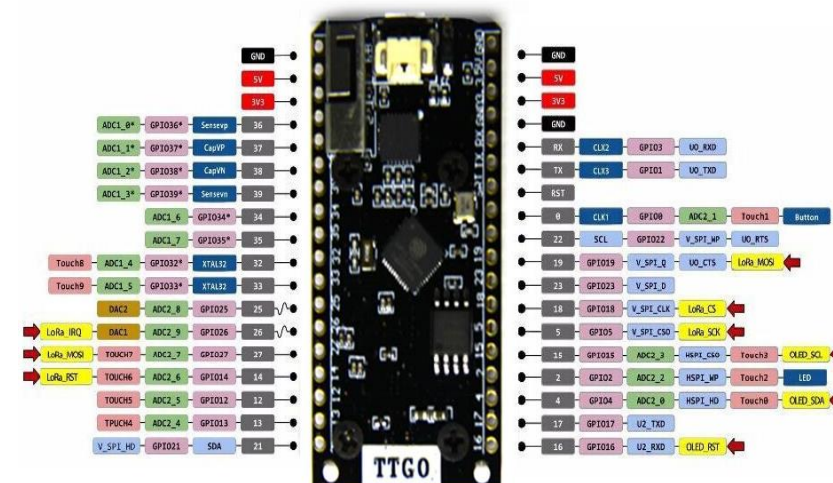


Nota. Halvorsen (2018).

Módulo ttgo lora32: Modulo transmisor y/o receptor de los mensajes del sistema de comunicación, cada módulo será programado para su funcionamiento tanto como transmisor y el receptor, ambos dispositivos deberán estar programados por los mismos parámetros de frecuencia, SF, pines de conexión (Fernández Paucar y Robayo Tipán, 2022).

Figura 11

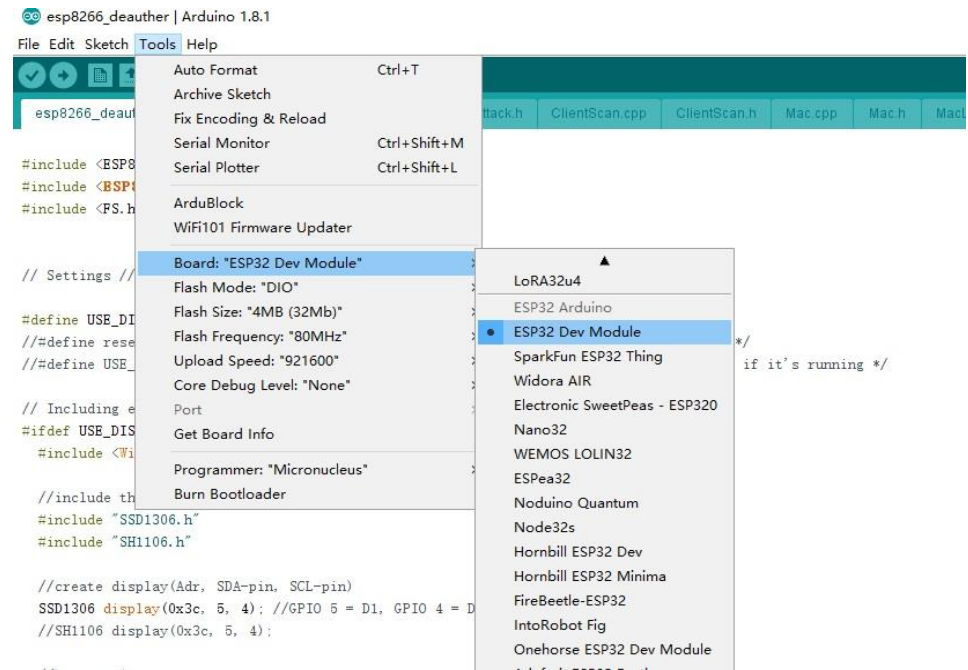
Diagrama de conexión.



Nota. Halvorsen (2018).

Figura 12

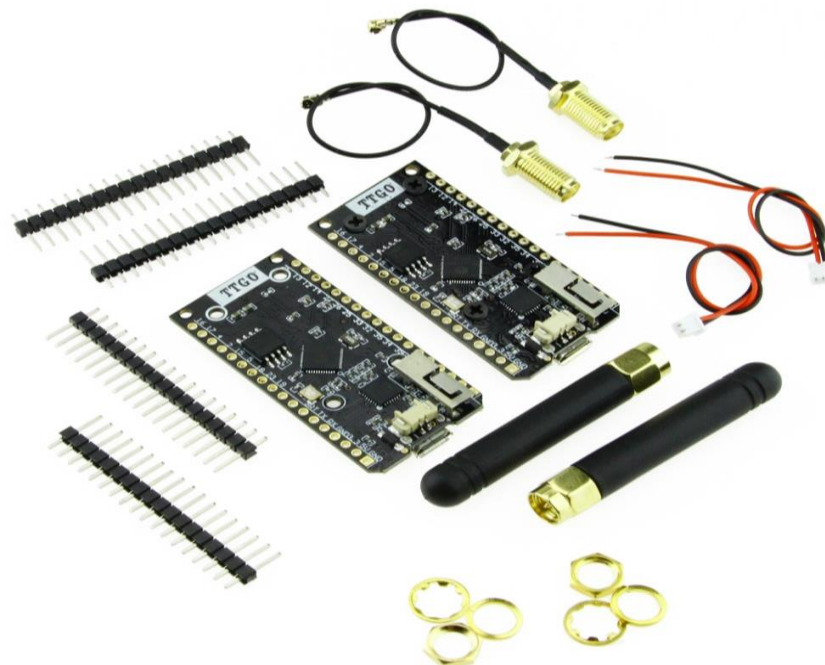
Código para prueba de funcionamiento LoRa.



Nota. ArduinoIDE 2.3.2 (2021).

Figura 13

Componentes del módulo TTGO lora32.



Nota. Vishay (2024).

Tabla 6

Datos TTGO LORA32

Voltaje de trabajo: 1,8 ~ 3,7 v	Aceptable:10 ~ 14mA
Transmitir:120mA @ + 20dBm	90mA @ + 17dBm
29mA @ + 13dBm	Frecuencia de funcionamiento:868 M/915 MHz
Potencia de transmisión: + 20dBm	Sensibilidad de recepción: -139dBm @ LoRa y 62,5 Khz y SF = 12 y 146bps-136dBm @ LoRa y 125 Khz y SF = 12 y 293bps-118dBm @ LoRa y 125 Khz y SF = 6 y 9380bps- 123dBm @ FSK y 5 Khz y 1,2 Kbps
FIFO espacio:64 Byte	Error de frecuencia: +/-15 KHz
Interfaz de la forma: SPI	Velocidad de datos:1,2K ~ 300Kbps @ FSK
0,018K ~ 37,5Kbps @ LoRa	Dormir:0,2uA @ dormir
1,5uA @ IDLE	Modo de modulación: FSK, GFSK, MSK. el sistema GMSK LoRa TM OOK
Digital RSSI función	Temperatura de funcionamiento: -40°C-+ 85°C
Control automático de ganancia	De Frecuencia automático de corrección
Activación rápida y salto de frecuencia	Función de activación RF
Datos de Antena:	Controlador de paquetes de datos altamente configurable
Tipo de conector: Ipex	Banda de frecuencia: 868MHZ ~ 915MHz
Radio de onda estacionaria: ≤ 1,5	Ganancia: 3dBi
Potencia máxima: 10W	Impedancia de entrada: 50Ω

Nota. Fernández Paucar y Robayo Tipán (2022).

Pantalla OLED: visualizar el mensaje del sistema de comunicación LORA, sea tanto en recepción y transmisión, para finalmente de lectura el usuario.

Tabla 7

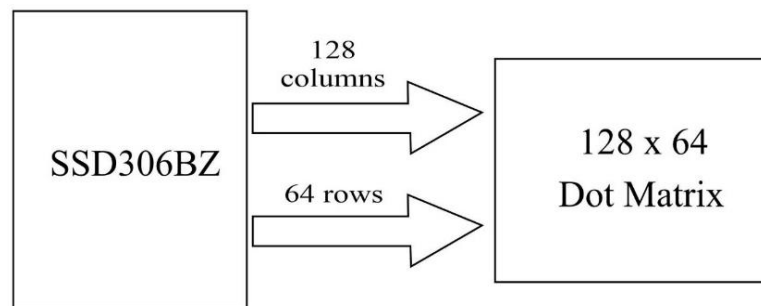
Especificaciones generales pantalla OLED

Item	Dimensión	Unit
Dot Matrix	128 * 64 Dots	----
Module	26,7 * 19,26 *	
dimensión	1,65	mm
Active Area	21,738 * 10,058	mm
Pixel Size	0,148 * 0,148	mm
Pixel Pitch	0,17 x 0,17	mm
Display Mode	Passive Matrix	
Display Color	Blue	
Drive Duty	1/64 Duty	
IC	SSD 1306BZ	

Nota. Vishay (2024).

Figura 14

Diagrama de bloques de pantalla OLED



Nota. Mendoza Cabrejos y De Los Santos Lostaunau (2023).

Tabla 8

Características eléctricas

Item	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Uni
Supply Voltage						
for Logic	VDD	-	2,8	3,0	3,3	V
Input High Volt	VIH	-	0,8xddd	-	VDDIO	V

Item	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Uni
Supply Voltage						
for Display	VCC	-	10	12	15	V
Input Low Volt.	VIL	-	0	-	0,2*VDD	V
Output High						
Vol.	VOH	-	0,9xVDD	-	VDDIO	V
Output Low Vol.	VOL	-	0	-	0,1*VDD	V
Operating						
Current for VCC						
(VCC Supplied						
Externally)	ICC	Vcc = 12V	9	10	12	mA

Nota. Vishay (2024).

Sensor ACS712 para medir la corriente de consumo del prototipo de comunicación, la conexión se realiza en serie la lectura se visualiza en el monitor serial del IDE Arduino (Pressman, 2002).

1.2 Antecedentes

1.2.1 Internacionales

Del Campo et al. (2019) en su estudio presenta una arquitectura de comunicación LPWAN para monitorear sistemas en redes de distribución de energía. El objetivo principal de MAIGE es la evaluación experimental de tecnologías innovadoras para su despliegue masivo. En la investigación describe una variedad de casos de uso que exigen diferentes requisitos de comunicación. Teniendo en cuenta la diversidad de los sensores, así como la disponibilidad de energía y conexiones a Internet, hemos diseñado una arquitectura de comunicación híbrida 3G-LoRa-SigFox. Finalmente, mostramos los resultados experimentales del análisis de rendimiento y sincronización de la solución propuesta.

Nakamura Pinto (2017) desarrolla un sistema de mensajería utilizando dispositivo de bajo costo y que son de bajo consumo de energía basándose en el protocolo loRa, teniendo la capacidad de interconectar enlaces inalámbricos a largas distancias, por medios de estos pueden comunicarse diferentes lugares como: pueblos, comunidades dentro y fuera de la población, utilizando los sensores

de comunicación y sensores meteorológicos, en la primera etapa el sistema de mensajería fue capaz de transmitir paquetes de hasta 512 bytes con un SF de 7 a 200 m, así soportando él envió simultaneo de 14 usuarios, teniendo en cuenta esa confiabilidad de transmisión de mensajes.

Castro Espinoza et al. (2019) crean un sistema de mensajería, utilizando la tecnología Bluetooth/LoRa, teniendo la capacidad de generar una red de comunicación punto a punto de largo alcance confiable, teniendo en cuenta la cobertura celular y el alcance de mayor distancia de 1 km en la ciudad y en espacios despejados es de 5 km, utilizando el protocolo WiFi, para poder interconectar más de un dispositivo móvil a la vez de prototipo Hermesh, permitiendo el envío y recepción de mensajes de tipo multimedia, con la utilización de sensores y actuadores a largas distancias sin internet y conexión, teniendo en cuenta los rangos de 1,4 km en la zona urbana y 7,62 km de línea de vista.

Kosari y Wentzloff (2019) proponen un esquema de transmisión y la implementación de hardware en la banda del Servicio de Radio de Usos Múltiples (MURS) como una alternativa de largo alcance y bajo consumo energético para aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT) en redes de área extensa de bajo consumo (LPWAN). Como la primera demostración de la banda LPWAN de MURS, el esquema de transmisión propuesto ofrece una modulación ágil de banda estrecha con velocidades de datos ajustables para varios escenarios IoT de modulación adaptativa. Además, al aprovechar un diseño de arquitectura de sistema de baja potencia combinado con las características de propagación de baja pérdida de la banda MURS en VHF, El método de comunicación sugerido ofrece una amplia gama de cobertura. La banda MURS es una opción muy adecuada para aplicaciones de LPWAN, ya que el enfoque de comunicación general permite una velocidad de datos variable de 5 a 384 kbps, con rangos de cobertura que alcanzan decenas de kilómetros, también se presenta la implementación de hardware del método de transmisión propuesto, lo que demuestra una mejora de orden de magnitud en el consumo de energía del circuito de RF con respecto a las soluciones LPWAN existentes disponibles comercialmente.

Petajarvi et al. (2016) afirman que el bajo consumo de energía, el bajo costo del chip del transceptor y la gran área de cobertura son las características principales de las tecnologías de redes de área amplia de baja potencia (LPWAN) esperamos que LPWAN pueda ser parte de habilitar nuevas aplicaciones de monitoreo de salud y bienestar centradas en el ser humano. Por lo tanto, en este trabajo estudiamos el rendimiento en interiores de una tecnología LPWAN, a saber, LoRa, mediante mediciones de la vida real. Las mediciones se realizaron utilizando el equipo disponible comercialmente en el campus principal de la Universidad de Oulu, Finlandia, que tiene un área interior que abarca más de 570 metros de norte a sur y más de 320 metros de este a oeste; Se llevaron a cabo mediciones para un nodo sensor que opera cerca del cuerpo humano, que informaba periódicamente los datos detectados a una estación base; Los resultados obtenidos indican que, al emplear una potencia de transmisión de 14 dBm y un factor de dispersión superior a 12 para la banda ISM de 868 MHz, se puede abarcar toda la zona del campus. El índice de entrega de paquetes medidos fue del 96,7 % sin acusos de recibo y retransmisiones.

Ferrer Sanabria (2017) ante los desafíos para la supervisión de variables ambientales en el sector agrícola, tales como los elevados costos y la carencia de autonomía, se ha implementado una estación meteorológica que posibilita la supervisión remota de variables tales como temperatura, humedad y concentración de gases. Para medir varias variables, se utilizaron un sistema de energía solar que permite la autonomía del dispositivo, así como un módulo SIM900, un conjunto de sensores y un módulo Arduino. Teniendo como objetivo, desarrollar una herramienta tecnológica que permita estudiar más fácilmente el comportamiento de las variables ambientales, lo cual contribuye a entender mejor los microclimas. Esto se convierte en un recurso valioso para la agricultura de precisión, ya que permite ahorrar recursos y evaluar de forma más efectiva el estado de los cultivos. La metodología se divide en seis etapas; selección de las variables a medir, acondicionamiento de los sensores y módulos, diseño de la base de datos, programación de los módulos, desarrollo de interfaces gráficas y diseño del modelo energético. Como resultado de este proceso, se presenta el desarrollo completo de la estación meteorológica, que funciona imprimiendo los datos

monitoreados en una página web. Esto permite contar con una herramienta que facilita el estudio detallado de los factores que afectan a los cultivos.

Dávila et al. (2018) desarrollan una plataforma para monitorizar el nivel de gas L.P. que requiere un servicio que controle el nivel del hidrocarburo para evitar que se quede sin él y asegurar la carga adecuada, ya que una gran parte de la población en México y en el resto del mundo lo usa en tanques estacionarios. Las soluciones actuales requieren conexiones por cable o tecnología Bluetooth para la transmisión de datos, lo que dificulta que los usuarios conozcan el porcentaje de gas L.P. desde cualquier lugar y en cualquier momento. La plataforma Gaszen, que integra tecnología LoRaWAN y aplicaciones móviles, se creó con el fin de controlar el nivel de gas L.P. en tanques estacionarios para: A) Analizar las solicitudes de patentes nacionales relacionadas con el tema; b) Identificar avances tecnológicos similares; c) Definir la tecnología de telecomunicaciones; d) Revisar las normas oficiales mexicanas para guiar el avance tecnológico; y e) Investigar opciones para proteger la propiedad industrial. Se empleó una metodología inicial de cinco etapas. El avance tecnológico, que incluye la certificación de tres normas, cinco certificados de programas de software y dos solicitudes de registro de diseño industrial, se logró como resultado. En la actualidad, el producto está en el proceso de comercialización, contribuyendo al desarrollo económico del país.

Díaz et al. (2018) en su trabajo de tesis describen que 6LoWPAN y LPWAN para internet de las cosas se espera que estén conectados a internet; Las redes de comunicación para IoT se dividen en dos categorías principales: las redes de largo alcance y bajo consumo y las redes de corto alcance y bajo consumo. En las redes de corto alcance y bajo consumo, IPv6 sobre las redes inalámbricas de área personal de baja potencia (6LoWPAN) es una red principal. Los nodos de 6LoWPAN representarán la mayor parte de los dispositivos de bajo alcance y bajo consumo. Las tecnologías ZigBee y Z-Wave, especialmente en ambientes domóticos, son otras opciones no basadas en IP que se utilizan ampliamente en el mercado. Por otro lado, SigFox y LoRaWAN son dos entornos de redes y actores importantes en redes de largo alcance y baja potencia, también conocidas como redes de área amplia de baja potencia (LPWAN) Al-Kashoash y Kemp (2018). Los protocolos relacionados con la infraestructura de las redes celulares, como

NB-IoT y LTE-M, también están surgiendo. Nuestro comportamiento social, salud y estilo de vida están experimentando transformaciones significativas debido a la rápida urbanización global, las soluciones que integren deben ser parte de un modelo de ciudad inteligente y sostenible; las cuales permitirán un mayor y mejor control sobre los procesos productivos. En este contexto, se sugieren experiencias de innovación dirigidas tanto a las grandes ciudades como a las zonas urbanas o rurales. donde la conectividad 3G o 4G resulta ineficaz/inaccesible y se presenta a LoRaWAN como red de soporte.

Córdoba Peñalver (2017) en su investigación de análisis y diseño de una red de sensores en un parque natural de la Sierra de Castril (Granada), tiene como objetivo desplegar una red de sensores inalámbricos, para mejorar la comunicación entre nodos y gateways, y así facilitar el análisis de las condiciones ambientales. Se busca proporcionar información sobre la contaminación y contribuir a la reforestación y la mejora del hábitat de la fauna local, además de informar a los agentes forestales y excursionistas sobre el estado de las rutas; La tecnología utilizada será LoRaWAN, que permitirá la transmisión de datos a través de 3G a Internet, asegurando un control efectivo del parque para la prevención de desastres y la gestión ambiental.

Burbano Ordoñez (2017) realiza el diseño e implementación de una red de sensores inalámbricos para medir la calidad del agua en dos ríos, utilizando componentes de bajo costo. Se utilizan módulos LoRa™ para la comunicación entre los nodos, destacando su bajo consumo energético y su capacidad para cubrir grandes distancias, lo que los hace ideales para este tipo de investigaciones. Se construyen dos nodos sensores que monitorean parámetros como la conductividad eléctrica, el pH y la temperatura. Esto implica la adquisición, diseño y construcción de los sensores y sus circuitos de acondicionamiento. Además, se desarrolla un nodo receptor conectado a un computador que mostrará los datos a través de una interfaz gráfica realizada en Java.

Freire Tejada (2019) desarrolla el diseño de un prototipo mediante tecnología LoRaWAN, puede transmitir parámetros de perforación en pozos petroleros en tiempo real es el enfoque de esta investigación. Debido a su amplia cobertura y a su limitada capacidad para transmitir grandes cantidades de

información, esta tecnología resultó ser la más adecuada para este problema, ya que solo se requieren 4 tipos de datos para transmitir, lo que la hace más efectiva para este problema; El propósito de este prototipo es mejorar la recopilación de datos de perforación, que incluyen vibración, profundidad, temperatura y presión. Evitar la manipulación directa de la maquinaria también reduce los peligros laborales a los que estaban expuestos los técnicos de campo. Dos módulos componen el prototipo: el receptor y el emisor. Los datos de los sensores de la bomba de extracción se recopilan y se envían al módulo receptor, el cual recibe las mediciones sensoriales. Los paneles de visualización, que pueden mostrar los datos en tiempo real, también estarán conectados al módulo receptor. Este prototipo tiene la capacidad de almacenar la información transmitida en un servidor de base de datos siempre y cuando exista conectividad a internet dentro de la zona.

Robert et al. (2018) realizan una aplicación utilizando las redes de área amplia de baja potencia (LPWAN) para proporcionar conectividad rentable a muchos dispositivos pequeños y alimentados por baterías distribuidos en grandes áreas, sin embargo, las LPWAN suelen funcionar en las bandas de frecuencia de sub-GHz exentas de licencia esto significa que tienen que compartir el espectro con otros dispositivos que funcionan en estas bandas. Para analizar el impacto de la interferencia en las señales de LPWAN, el grupo de interés IEEE 802,15 LPWA ha definido un modelo de interferencia que puede usarse para simulaciones detalladas de la capa física (PHY). Proponemos un marco de procesamiento basado en el análisis de imágenes para establecer conjuntos de parámetros adecuados para este modelo de interferencia. Un análisis de banda ancha de frecuencias que no requieren licencia. La longitud de acceso, la velocidad de llegada, la frecuencia central y el ancho de banda son parámetros de señal que puede reconocer; El modelo de interferencia IEEE 802,15 u otros modelos de ocupación de canal pueden usar los valores obtenidos como parámetros de entrada. Presentamos resultados de medición que se obtuvo durante una prueba de campo como parte del llamado proyecto Betriebs-Adaptive Tracking Sensorsysteme (BATS) en Berlín, Alemania, y mostramos los conjuntos de parámetros derivados.

Rodríguez Moreno y López Ordoñez (2017) en su investigación se enfocan en la creación de un sistema inteligente para la automatización de edificios, utilizando tecnologías IoT y el protocolo LoRaWAN. Su principal objetivo es diseñar una aplicación móvil que permita monitorear parámetros eléctricos como voltaje, corriente y potencia, así como aspectos adicionales como la iluminación y el reconocimiento de personas mediante RFID, se realizaron pruebas de funcionamiento con sistemas embebidos Raspberry Pi B+ utilizando Python y C++ en PSoC 4. Se desarrolló un algoritmo para establecer la conexión inalámbrica entre los sistemas embebidos mediante módulos de LoRaWAN, implementado en ambos lenguajes, Tras validar el sistema, se diseñó una aplicación móvil en Android Studio para facilitar la interacción del usuario. Se integraron los sensores y módulos LoRaWAN con los sistemas embebidos y la aplicación, realizando pruebas para asegurar el correcto funcionamiento del sistema de automatización. También se estableció una conexión con el servidor Ubidots para almacenar datos en la nube. Los resultados mostraron que el sistema tiene una excelente respuesta y un amplio alcance de conexión, además de que la interfaz de la aplicación es intuitiva para el usuario, contribuyendo a la eficiencia energética y al control remoto en entornos residenciales y comerciales.

Szalai et al. (2016) desarrollan un sistema inteligente para la automatización de alumbrado público mediante la integración tecnológica LED y el protocolo LoRaWAN teniendo como objetivo una solución "preparada para el futuro" que no se limita al control de la iluminación, sino que permite que las instalaciones de iluminación pública desempeñen un papel clave en otras funciones de ciudad inteligente necesarias en espacios públicos al aire libre, como las comunicaciones con los vehículos. El resultado de un nuevo dispositivo IoT que permite la transferencia de datos sin depender de una capa física determinada (como las transmisiones de RF, ZigBee, WiFi o PLC) y que se puede colocar en luminarias de iluminación pública. La funcionalidad principal de la capa de aplicación del protocolo sigue siendo, por supuesto, el control de iluminación, que se implementa mejor sobre la base de estándares existentes (como DALI), pero el sistema permite la implementación de otras tareas de comunicación basadas en otros protocolos de capa de aplicación.

1.2.2 Nacionales

Aguilar Zavaleta (2019) para el diseño de un sistema basado en IoT para la supervisión y control de estaciones remotas de la dirección de hidrocarburo y navegación de la marina de guerra del Perú, se desarrolló una solución para optimizar el Sistema de Supervisión y Control de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, centrada en las estaciones meteorológicas y de señalización luminosa remotas. Se evaluaron dos alternativas: la optimización del sistema existente y el diseño de uno nuevo basado en Internet de las Cosas (IoT). Tras analizar las implicaciones técnicas, energéticas y económicas, se concluyó que la opción de IoT es la más adecuada. Se utilizó tecnología LoRaWAN para la comunicación de datos entre estaciones remotas y plataformas IoT, y se realizaron simulaciones y desarrollos de aplicaciones web para validar el sistema. La evaluación económica mostró que la solución IoT es más rentable que la optimización del sistema actual.

Martín (2018) realiza el desarrollo de un módulo que funcionará de manera automática en función de la luminosidad del entorno, aunque el módulo central controlará de forma remota un parámetro definido. Los parámetros incluyen voltaje, corriente y estados, los cuales serán comunicados al módulo central. El gestor de este sistema es el Módulo Central, que utiliza una red en estrella mediante comunicación LoRa. Esto le permite recopilar, almacenar y controlar de manera remota todos los datos que provienen de los Módulos Estación. El desarrollo de este módulo se lleva a cabo en una Raspberry Pi 3. Los Módulos Estación reciben información periódicamente a través de un sistema operativo que maneja tareas programadas, lo cual facilita el manejo de la red en cuanto a solicitudes. También se registra una marca de tiempo para cada medición realizada. Se crea una página web que limita el acceso a personal autorizado a la interfaz gráfica. Se pueden controlar los módulos Estación de forma remota desde la página de inicio mediante botones que ejecutan programas en Python para enviar los comandos de control a los módulos correspondientes. El firmware HighChart, que es compatible con PHP, se utiliza para representar los datos. Además, se muestra los datos de los eventos en una tabla, que permite conocer el comportamiento de la luminaria.

Jaramillo Huaman (2020) diseña un sistema IoT para el monitoreo de datos de uso viendo la viabilidad de las tecnologías como una herramienta moderna en la solución de sus problemas teniendo en cuenta como objetivo principal analizar y proponer el diseño de un sistema de IoT, utilizando la tecnología de LoRaWAN, porque la antena de un Gateway brinda una cobertura de 10 km con un bajo consumo de energía eléctrica, teniendo en cuenta la conexión de un Gateway que procesa la información según su origen, decodifica y lo reenvía a un servidor que aloja y pueda visualizar los datos y las alertas en la plataforma web.

Mendoza Cabrejos y De Los Santos Lostaunau (2023) realizan el diseño e implementación de una red piloto LoRaWAN para el monitoreo remoto de cuatro parámetros médicos, tiene la capacidad de transmitir datos digitales de manera remota con una topología de punto a punto, que sirve para enviar mediciones biomédicas del cuerpo humano, que permitió saber el estado de salud de cada uno de los pacientes. Se basa en la transmisión de los datos médicos a través de la red LPWAN utilizando la tecnología LoRa, con el objetivo de diseñar e implementar un sistema de monitoreo, llegando a la conclusión que los parámetros en estudio tuvo mayor precisión para dicho estudio se controló con el ESP32, utilizándose diferentes módulos de sensores utilizando un lenguaje de programación C++, siendo necesario colocar las antenas de cada nodo en las partes altas de las viviendas e incrementar el número de Gateway para tener mayor cobertura por sectores.

Cunza Asencios (2021) modela e implementa un dispositivo de monitoreo y control utilizando la tecnología LoRa con un bajo consumo de energía, con el objetivo de desarrollar un sistema de comunicación inalámbrico, teniendo en cuenta los parámetros de estudio, utilizando el transceptor de RF de 915MHz, con una cobertura de servicio radial hasta un kilómetro en su línea de vista de transferencia de datos hacia el nodo, utilizando sensores y el controlador de 18f4550 con una conexión lógica de control con éxito teniendo un resultado satisfactorio en cada una de las pruebas de comunicación de los transceivers LoRa.



1.2.3 Local

Sagua Machaca (2020) diseña un prototipo de una comunicación LoRa para el monitoreo meteorológico en la bahía del lago Titicaca de la ciudad de Puno, que ayuda a tener información necesaria del estado climatológico en tiempo real utilizando la tecnología LoRa con una topología de punto a punto utilizando la configuración de DR0 considerando los parámetros de Spreadinf Factor (SF=12), determinando un alcance de 2,46 km comprobándose el tiempo real de datos transmitidos y recibidos para la detección de errores utilizando el IDE Arduino. Concluyendo que dicha investigación tiene la capacidad de iniciar un registro de las variables climatológicas.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema

En la actualidad, estamos inmersos en la era de la información, donde las tecnologías de comunicación y el tráfico de datos son fundamentales. Esta era digital no sería viable sin la infraestructura de red adecuada. A nivel global, la pandemia de COVID-19 ha generado una sensación de incertidumbre, ya que la población ha tenido que permanecer en casa, salvo en situaciones excepcionales como la compra de alimentos o el trabajo. Gracias a las telecomunicaciones, podemos comunicarnos e informarnos de manera remota. El problema actual en muchas zonas del Perú es que no tienen acceso a las telecomunicaciones y no cuentan con un sistema que los integre a un estado de desarrollo abarcando todos los ámbitos que incluye las telecomunicaciones como son la medicina, seguridad, defensa civil, educación, entre otros; por eso es necesario un sistema de mensajería instantánea para estas zonas utilizando la tecnología que por sus características de bajo consumo de energía hacen que sea viable en cuanto al ámbito energético, por supuesto, es necesario realizar un estudio del consumo de energía, para poder alimentar el sistema con energía renovable, en este caso usando sistemas fotovoltaicos, la cual brindará el soporte confiable para la comunicación de los pobladores, ciudadanos y organizaciones. Con la investigación se diseñó el sistema de mensajería y se realizó pruebas del rendimiento del prototipo; Esto contribuyó de manera significativa en el ámbito tecnológico, ya que el sistema ofrece y proporciona mensajes en tiempo real a través de plataformas tecnológicas. El sistema de mensajería tiene un impacto ambiental mínimo, ya que se puede usar energía renovable para la alimentación del sistema, con datos recolectados a través de las pruebas, esto permite conocer la distancia a la que se comunican los dispositivos origen y destino; también el consumo de energía y finalmente el rendimiento del sistema. En este tema se investigó una nueva tecnología que permite ingresar al mercado actual. La pertinencia de esta investigación radica que estando en el año 2020 es importante proveer de telecomunicaciones a quienes la necesitan. La tecnología a usar LPWAN, Red de Área Amplia de Baja Potencia, y su importancia se resalta en el uso de baja potencia en un área amplia. En la zona de estudio del distrito de Corani comunidad de Chacaconiza que no existen otros servicios de telecomunicaciones.

2.2 Enunciados del problema

¿Cómo realizar el diseño e implementación de una comunicación LoRa para el servicio de mensajería instantánea en zonas sin acceso a las telecomunicaciones de la comunidad Chacaconiza 2023?

2.3 Justificación

La comunicación por medios tecnológicos es extremadamente rápida y eficiente. Los mensajes pueden ser enviados y recibidos al instante, lo que permite una comunicación inmediata en situaciones de emergencia o decisiones urgentes. Es por ello que al implementar el sistema de comunicación LoRa nos permite comunicar a los pobladores y ciudadanos, también se puede aplicar en distintos lugares sin acceso a las telecomunicaciones. También estas contribuciones ayudan en futuras investigaciones como referencia o en mejoras que se realice a esta investigación. Con la investigación se diseñó una comunicación LoRa para el servicio de mensajería instantánea en la comunidad Chacaconiza, región Puno; Este sistema contribuyó de manera significativa en el ámbito tecnológico, ya que brinda y proporciona comunicación en tiempo real. El sistema de mensajería, brinda ahorro económico al momento de simplificar las comunicaciones, por tanto, el impacto económico podría ser significativo debido a que los usuarios finales, no necesitarán transportarse para poder hacer entrega de mensajes, ni tampoco tendrán que comprar equipos sofisticados y costosos para el mismo objetivo. La presente investigación será confiable con el usuario final, ya que permite la comunicación social de forma instantánea, esto crea un impacto considerable en el ámbito social ya que los usuarios pueden comunicarse en tiempo real, el sistema de mensajería brinda el soporte de comunicación en la sociedad.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo General

- Diseñar e implementar una comunicación LoRa para el servicio de mensajería instantánea en zonas sin acceso a las telecomunicaciones de la comunidad Chacaconiza 2023.

2.4.2 Objetivo Específicos

- Implementar el prototipo de mensajería instantánea sobre una comunicación LoRa.
- Determinar la sensibilidad de comunicación LoRa.
- Determinar el máximo alcance de comunicación LoRa en zonas sin acceso a las telecomunicaciones.
- Determinar el consumo de potencia del sistema completo

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis General

- El diseño e implementación de una comunicación loRa para el servicio de mensajería instantánea permite la comunicación en zonas sin acceso a las telecomunicaciones de la comunidad Chacaconiza 2023.

2.5.2 Hipótesis específicas

- La Implementación del prototipo permite la mensajería instantánea sobre una comunicación LoRa.
- El valor de La sensibilidad de comunicación LoRa permite la recepción de señales débiles.
- El alcance de comunicación LoRa en zonas sin acceso a las telecomunicaciones es óptimo.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudio

La presente investigación se realizó en el departamento de Puno, específicamente en la provincia de Carabaya, en el distrito de Corani, dentro de la comunidad campesina de Chacaconiza.

Figura 15

Comunidad Chacaconiza



3.2 Población

La población para la presente investigación está definida por el prototipo de comunicación LoRa Tamayo y Tamayo (2012), señala que la población es la totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrando un conjunto N de entidades que participan de una determinada característica. Concuera con Hernández Sampieri et al. (2014), que indica que la población es el conjunto de las entidades, o cosas con que poseen algunas características comunes observables respecto a las cuales se basa las conclusiones de una investigación.

3.3 Muestra

La muestra está definida por la misma población que es el objeto de estudio el prototipo de comunicación LoRa Hernández Sampieri et al. (2014) define como un subconjunto de una población o grupo de objetos que forman parte de una misma población, es decir un segmento que tiene las características y propiedades de la población.

3.4 Método de investigación

3.4.1 Diseño de la investigación

En la investigación se utilizó el diseño de investigación experimental, que consiste en la manipulación de las variables independientes, para resolver problemas inmediatos, la cual permite la comunicación en zonas sin acceso a las telecomunicaciones. También se usa el método deductivo el cual se usa para analizar de lo general a lo particular enfatizado a la teoría, lo que conlleva a deducir conclusiones finales para nuestras premisas llamadas hipótesis.

3.4.2 Nivel de la investigación

La investigación tiene como objetivo alcanzar una profundidad de conocimiento. Por lo tanto, el enfoque de esta investigación es exploratorio, lo cual indica que tiene como objetivo abrir nuevas perspectivas para el avance del conocimiento humano. En este caso, la investigación, al ser un prototipo, tiene como objetivo establecer un nuevo método de comunicación para áreas sin acceso a telecomunicaciones en la comunidad de Chacaconiza.

3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos son las herramientas utilizadas para obtener información relevante que permita cumplir con los objetivos de la investigación. A continuación, se presentan los utilizados en este caso:

Tabla 9

Técnicas e instrumentos

Técnicas	Instrumentos
Consulta de bibliográficas	Tesis, Papers, Libros, Revistas, blogs.
Prueba de funcionamiento	Módulo TTGO lora32 RX
Observación	Software de arduino, capturas de pantalla, fotos.

3.5.1 Variables

Tabla 10

Variable de investigación – recolección de datos

Variable	Descripción
Zonas sin acceso a las telecomunicaciones (Variable dependiente)	Para obtener la información de las zonas de sin acceso a las telecomunicaciones se tendrá como plataforma de información a la página de Osiptel donde se ubicará el rango de comunicaciones de todos los operadores en cada centro poblado, distrito, provincia y departamento. Así también esta información permite ubicar el sistema de comunicación lora en lugares de sin acceso las telecomunicaciones. En la presente investigación se plantea en la comunidad de Chacaconiza.
Diseño e implementación de una comunicación LoRa (Variable independiente)	Para realizar el diseño e implementación tanto en hardware y software se necesita previamente realizar la programación en la plataforma del Ide Arduino, así también implementar el prototipo de comunicación loRa con el dispositivo ttgo lora y periféricos de entrada con los cuales se pretende procesar y enviar la información el cual permite realizar la comunicación en zonas de sin acceso a las telecomunicaciones de la comunidad de Chacaconiza.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

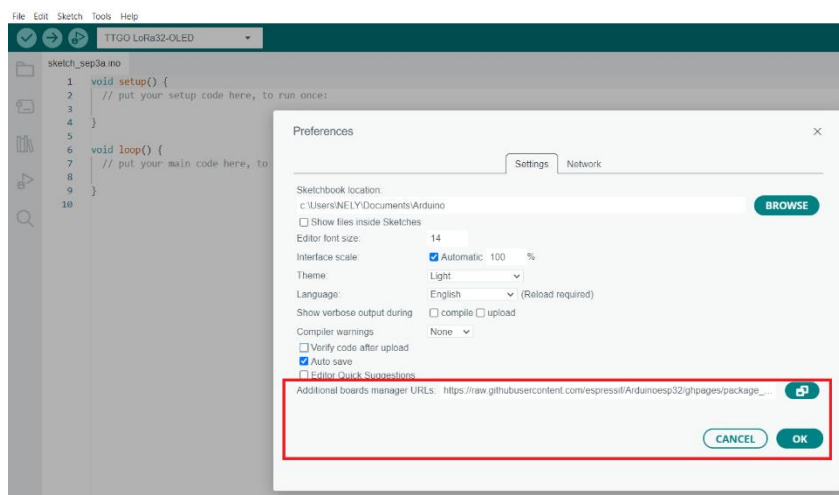
4.1 Resultados

4.1.1 Diseño del sistema de mensajería e implementación del prototipo

Para el diseño de la programación del emisor y receptor, se realiza la instalación del software IDE entorno de desarrollo integrado Arduino, el sistema operativo que se uso fue el Windows, una vez instalado se realiza las siguientes configuraciones, para su buen funcionamiento, en la parte de programación y diseño:

Figura 16

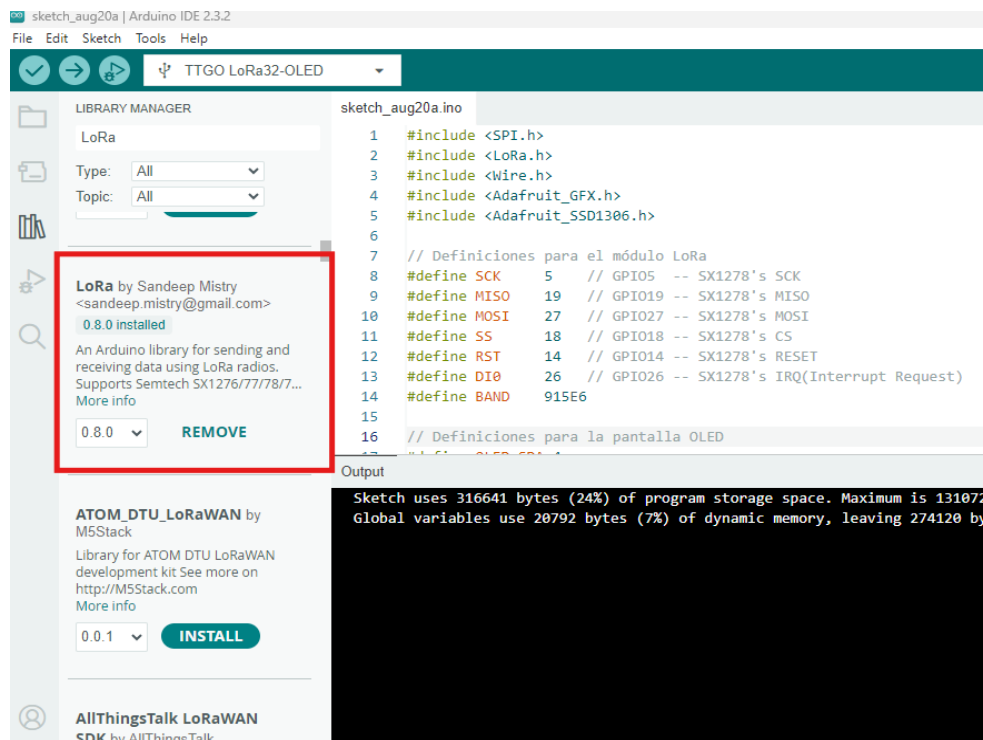
Adicionar URL



En la figura 16 se muestra la adición del URL, hacer clic en file, luego en preferences y pegar en additional boards manager el siguiente enlace https://raw.githubusercontent.com/espressif/Arduinoesp32/ghpages/package_esp32_index.json. Y finalmente hacer clic en ok.

Figura 17

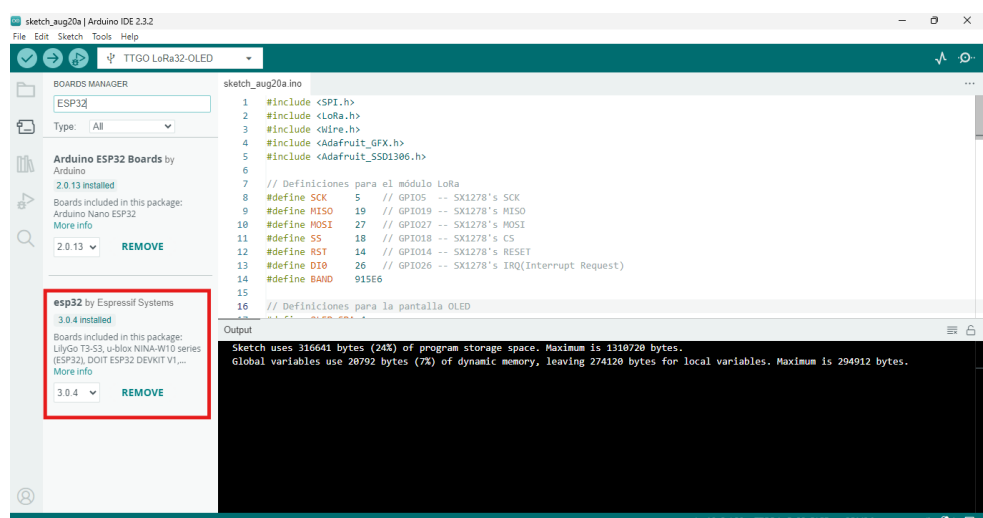
Instalación de Librería LoRa



En la figura 17 se muestra la instalación de la biblioteca de LoRa, hacer clic en sketch, luego en include library (incluir biblioteca) y en manager libraries (gestionar bibliotecas) en la ventana se muestra todas las librerías relacionadas a LoRa en este paso se debe instalar LoRa esto con el fin hacer compatible la placa del TTGO LoRa32 con el IDE Arduino

Figura 18

Instalación de tarjeta de ESP32



En la figura 18 se muestra la Instalación la tarjeta esp32, para ello hacer clic en Tools (herramientas) y en boards (Placa) – manager (gestor de placas) agregar las tarjetas del ESP32 dentro de este paquete de tarjetas se encuentra la placa con nombre TTGO LoRa32. En la figura 19 se muestra la instalación de la librería de la pantalla OLED de la placa TTGO LoRa32

Figura 19

Instalación de modulo pantalla SSD1306

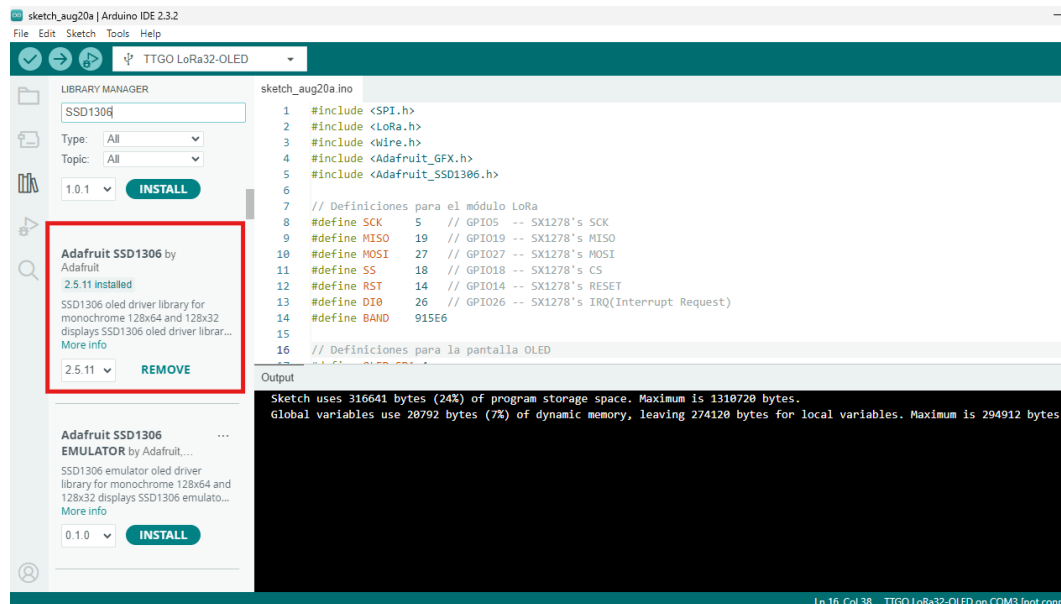
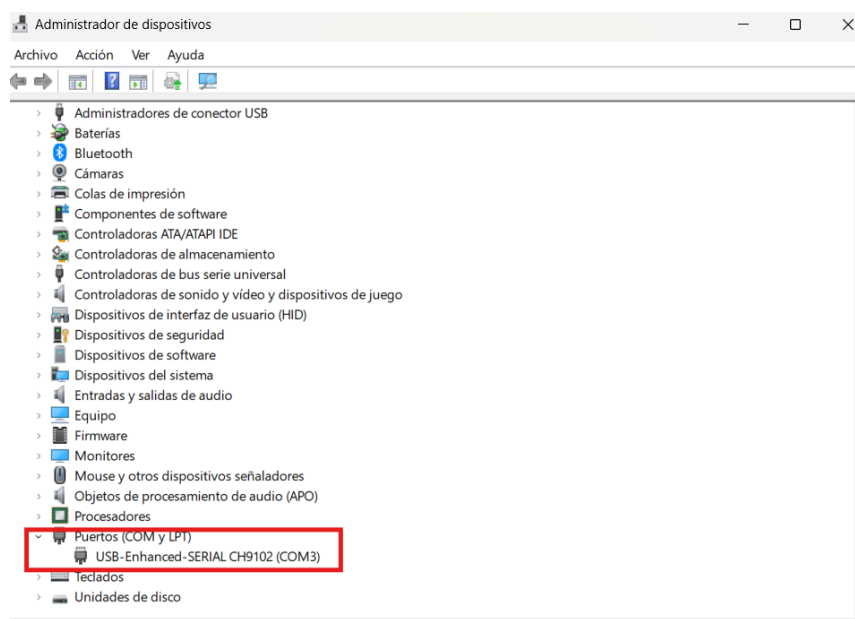


Figura 20

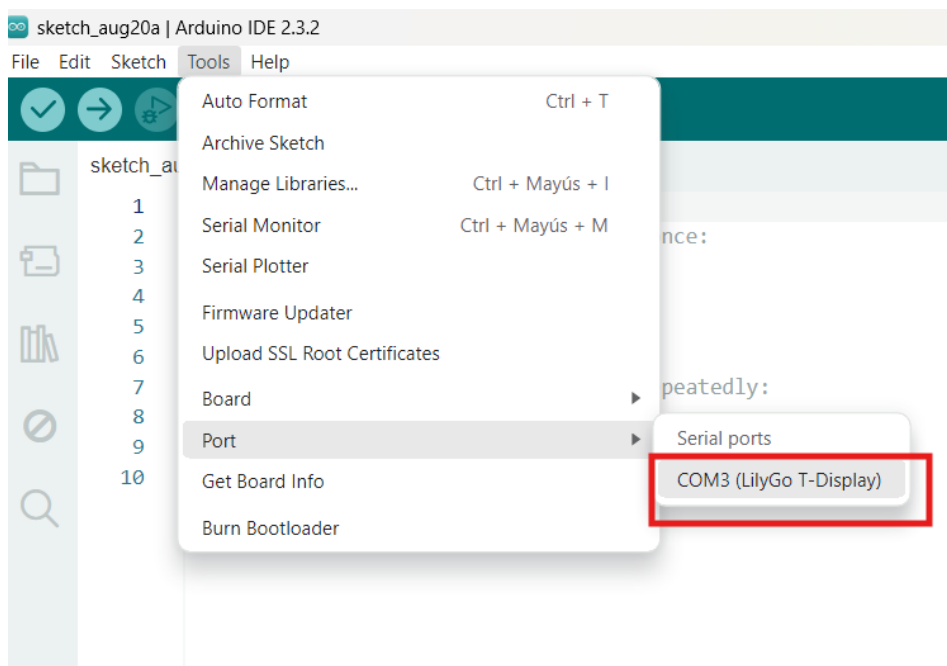
Puerto COM asignado



En la figura 20 muestra los puertos para subir el programa al Arduino y luego ser transmitida por el protocolo loRa a través de los módulos TTGO lora32, se conecta por el puerto COM asignado para nuestro caso es COM3 tal como se muestra en la figura 21.

Figura 21

Elegir puerto de comunicación



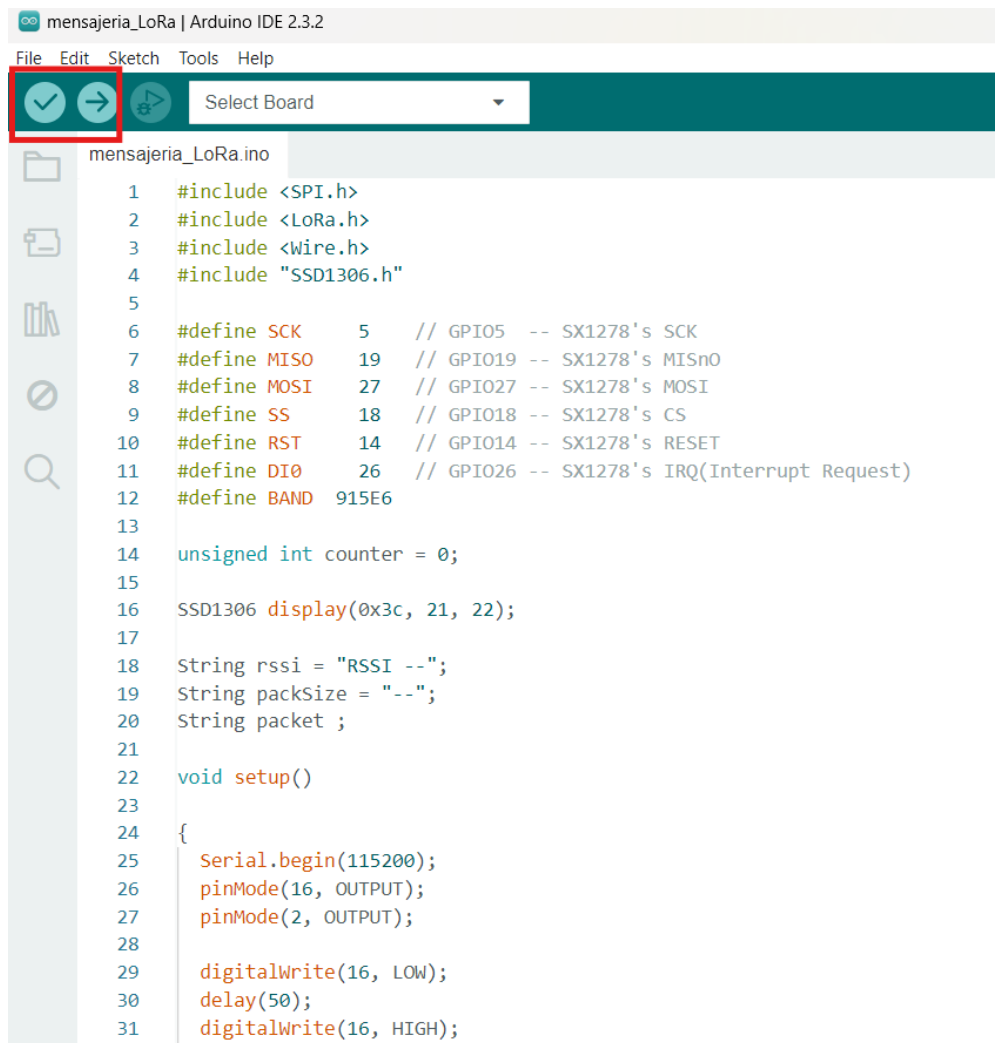
En la figura 21 en la opción de herramientas muestra para preparar el hardware, que se conectó a la placa microcontrolador a una computadora a través de un cable USB.

Abrir el IDE de Arduino: Se debe iniciar el software Arduino IDE en la computadora.

Seleccionar el Tipo de Placa: Ir a Herramientas Placa y elegir el modelo de Arduino que estás utilizando. Esto configura el IDE para compilar el código específicamente para ese tipo de placa. En la misma ventana de Herramientas Tools (Herramientas), seleccionamos el puerto al que está conectada tu placa Arduino. Esto puede ser algo como COM3 en Windows.

Figura 22

Verificar y Compilar sketch.



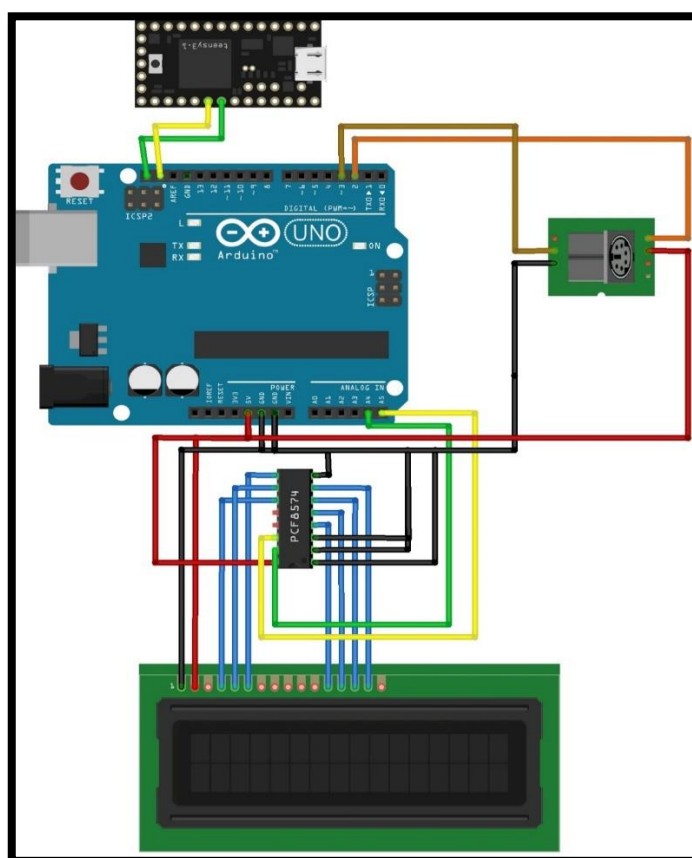
En la figura 22 se muestra el sketch de mensajería instantánea para abrir o Crear el Sketch. Se Abre el archivo del programa para cargar en la placa microcontrolador. Para compilar le sketch, hacer clic en el ícono de verificación en la esquina superior izquierda del IDE o ve a Sketch Verificar/Compilar. Esto compila el código para asegurarse de que no haya errores sintácticos. Una vez que la compilación haya finalizado sin errores, hacer clic en el ícono de flecha hacia la derecha o ve a Sketch Subir. Esto carga el programa compilado en la placa microcontrolador conectado. Una vez completada la carga, el IDE muestra un mensaje indicando que la carga fue exitosa. También puedes abrir el Monitor Serie Tools Serial Monitor, para verificar la salida del programa pues en con esta herramienta se visualiza también los mensajes. Desconectar la placa microcontrolador del puerto USB y vuelve a conectarla para asegurarte de que el

programa cargado funcione correctamente en la placa. La programación para el sistema de comunicación completa se muestra en los ANEXOS tanto para el sistema transmisor, como para el sistema receptor.

Se desarrolló el prototipo de comunicación en el cual se diseña el sistema de comunicación LoRa, se muestra los procesos que realiza el sistema. La implementación consta de un teclado ps2, conector hembra ps2, Arduino uno, módulo TTGO lora32 y la pantalla OLED en la cual se visualiza los mensajes recibidos del sistema de comunicación. Para la implementación del prototipo se realizó la conexión del Arduino junto a el módulo TTGO lora32 según sus características que muestra en la tabla 6. Se bosqueja la implementación tanto del transmisor y el receptor del Microcontrolador.

Figura 23

Diagrama de conexión del transmisor LoRa

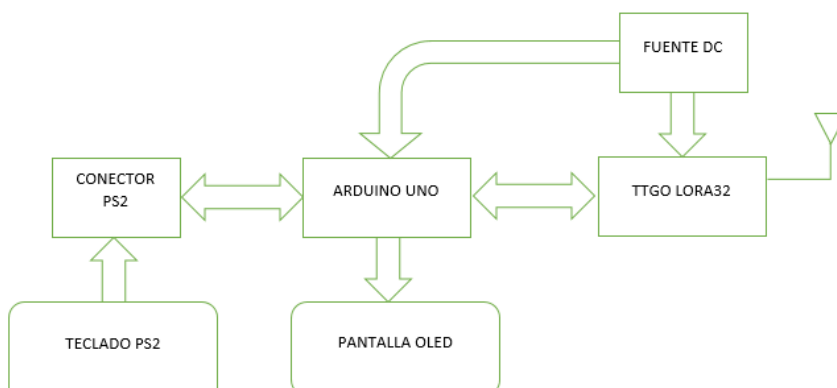


Nota. Peña Millahual (2017).

En la figura 23 se muestra el esquemático de conexión del sistema de comunicación de mensajería instantánea, el procedimiento se realizó con las conexiones del microcontrolador Arduino con el dispositivo ttgo LoRa esp32 por el puerto I2C, así también se hizo con la pantalla LCD con el integrado pcp8574 como se muestra en la figura.

Figura 24

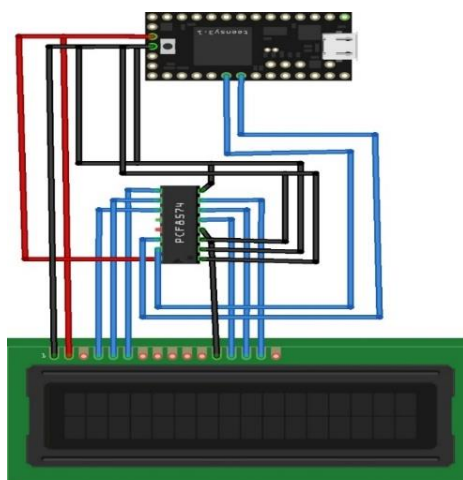
Diagrama de bloques



En la Figura 24 se muestra el diagrama en bloques, del sistema de comunicación LoRa es la representación gráfica que muestra la estructura del sistema detallando el proceso utilizando bloques que representa los componentes o etapas interconectadas mediante líneas que indican la dirección del flujo o proceso, En la Figura 37 se visualiza el mensaje introducido por el teclado PS2 y procesado por el Arduino UNO.

Figura 25

Diagrama de conexión del receptor LoRa

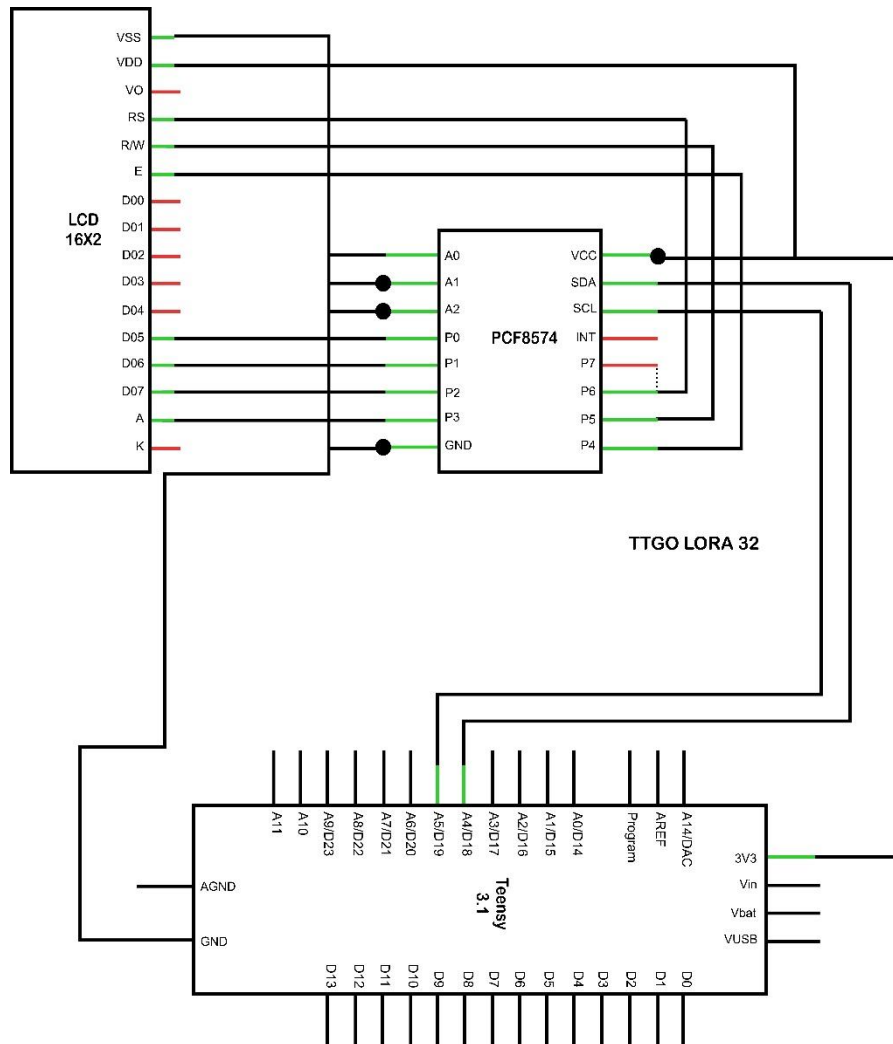


Nota. Peña Millahual (2017).

En la figura 25 muestra el diagrama de conexión del receptor LoRa, que nos muestra de cómo están interconectados cada componente electrónico dentro del sistema de comunicación LoRa, es fundamental para poder entender la conexión de cada pin, según donde corresponda.

Figura 26

Esquemático de conexión de receptor LoRa

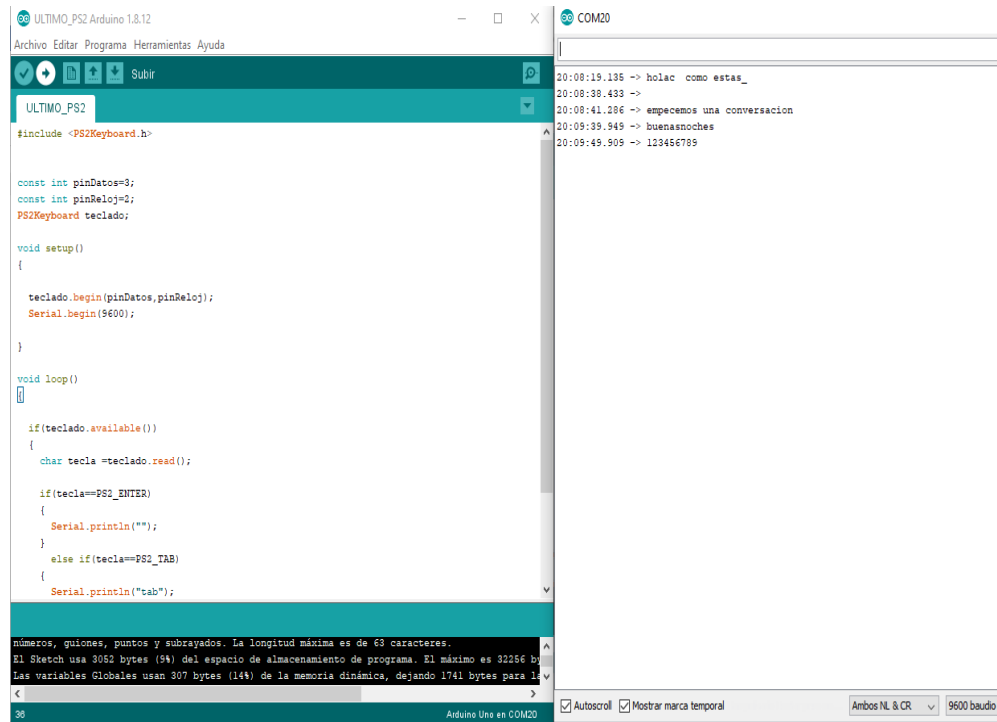


Nota. Saenz Flores (2018).

En la Figura 26 muestra el esquemático de conexión de receptor LoRa, esto nos facilita para la implementación del prototipo.

Figura 27

Visualización de los mensajes a través del monitor serial del IDE Arduino



En la figura 27 se muestra la plataforma de desarrollo de programación en lenguaje C para el sistema de mensajería instantánea, el IDE Arduino consta de tres partes importantes la declaración de variables, la configuración y la instrucción que deben seguir cada componente. Como también muestra la herramienta monitor serial del entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino es una herramienta crucial para la depuración y el monitoreo en tiempo real de datos que se transmiten desde y hacia la placa Arduino a través del puerto serial de la computadora que nos ayuda a visualizar los datos introducidos por el teclado PS2.

Figura 28

Diagrama de bloque de receptor LoRa

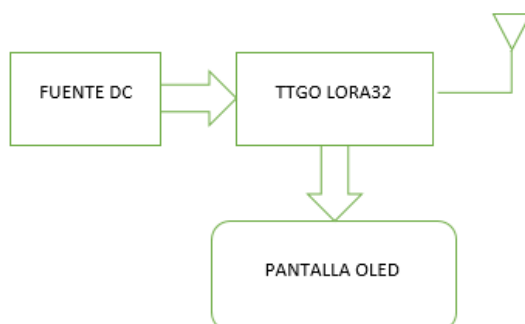


Figura 29

Sistema de comunicación LORA vista de GOOGLE EARTH



En la figura 29 y 30 el Google Earth, nos ayuda a obtener la distancia de comunicación otorgándonos la ubicación exacta tanto en latitud y longitud, además nos brinda la línea de vista es la herramienta que permite trazar una línea recta entre dos puntos para determinar si hay visibilidad directa entre ellos. Esto nos es útil para planificar líneas de visión para el sistema de comunicación LoRa.

Figura 30

Puntos de transmisión del sistema de mensajería



Figura 31

Mapa de cobertura OSIPTEL/



Nota. Extraído de <https://serviciosweb.osiptel.gob.pe/CoberturaMovil/#>

En Figura 31 se muestra la señal de las operadoras de telecomunicaciones, esta información es brindada por la herramienta de OSIPTEL (Organismo Supervisor de Inversión Privada en Telecomunicaciones), los círculos de color blanco indica que no existe comunicación alguna y los círculos de un solo color indican que existe señal de una sola operadora, para los círculos de tres colores indica que existe por lo menos 3 operadores que con cobertura en la zona.

Figura 32

Descripción de cobertura móvil

Cobertura | Teléfono Rural | Fotografía

Departamento:	PUNO
Provincia:	CARABAYA
Distrito:	CORANI
Localidad:	CHACACUNIZA
Latitud:	-14.020796667
Longitud:	-70.663846667

Sin cobertura móvil

Reportar Cobertura **Reportar Interrupción**

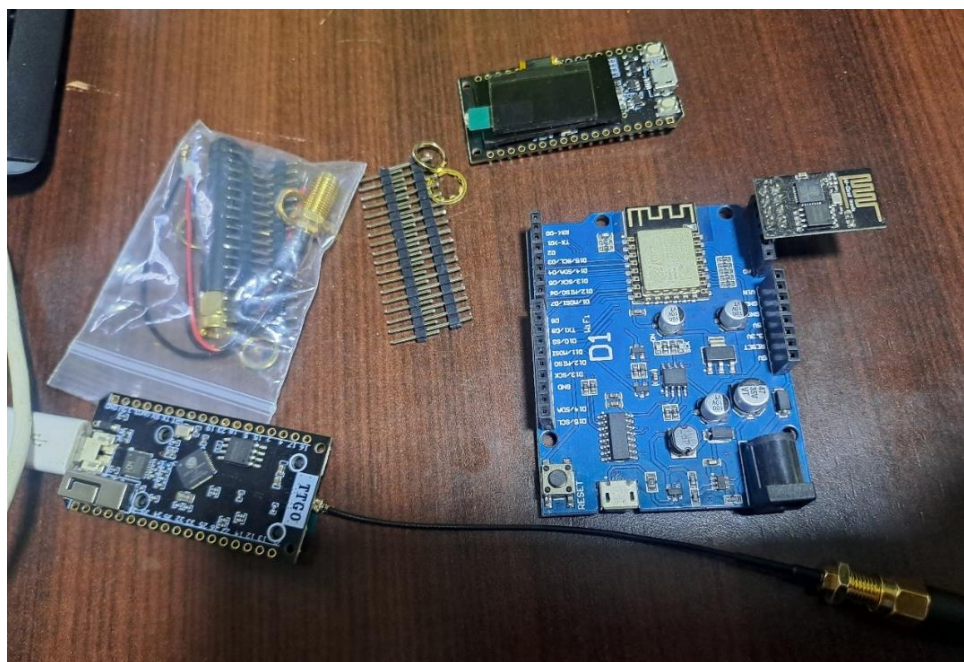
Ver Reportes (0)

Nota. Extraído de <https://serviciosweb.osiptel.gob.pe/CoberturaMovil/#>

Según la figura 32 nos muestra con exactitud que, en el distrito de Corani, comunidad de Chacaconiza, según la página oficial de Osiptel que dicha comunidad no se encuentra ningún tipo de cobertura móvil lo cual indica que la comunicación tiene muchas dificultades

Figura 33

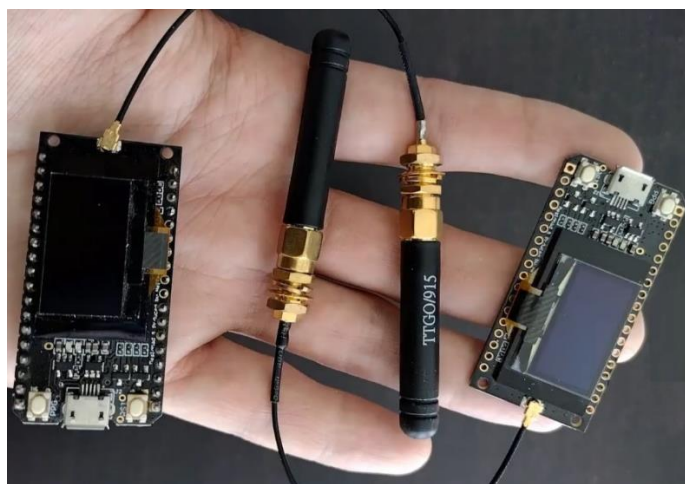
Componentes del prototipo



En la figura 33, nos muestra los componentes para el armado del prototipo tanto emisor y receptor, cada uno de estos componentes tienen una función en la comunicación LoRa.

Figura 34

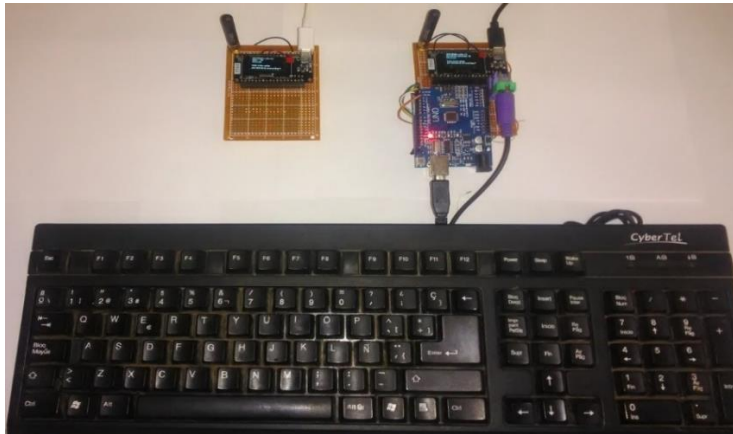
Pantalla OLED



En la siguiente figura 34 nos muestra la tarjeta TTGO LoRa32 conjuntamente con pantalla OLED de 0,96 pulgadas para emisor y receptor con cada uno con sus respectivas antenas, es un protocolo de comunicación de largo alcance y resistente al ruido sin interferencias, lo cual indica que comunicación va a llegar al punto de origen sin tener dificultades.

Figura 35

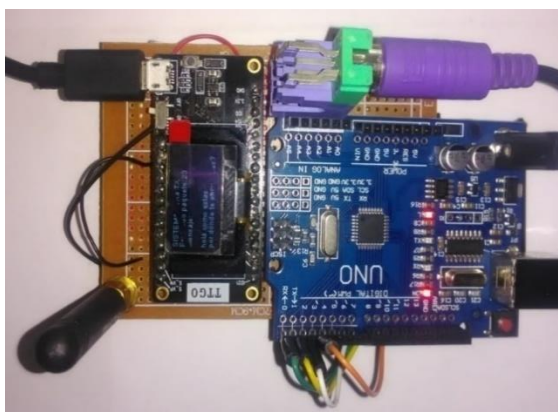
Prototipo de comunicación LoRa



En la figura 35 muestra el funcionamiento del prototipo de mensajería instantánea donde se observa las conexiones físicas que se realizó, la programación introducida al micro controlador que permite introducir el mensaje con éxito a través del teclado PS2 para luego ser transmitido de forma instantánea, la prueba de comunicación fue exitosa, pues el mensaje introducido en el transmisor se refleja en el receptor este nos permite visualizar el mensaje a través de la pantalla OLED de 0,96 pulgadas.

Figura 36

Prototipo del sistema transmisor LoRa



En la figura 36 nos muestra la implementación total del sistema transmisor, para el sistema es el componente fundamental en la comunicación LoRa y está diseñado para enviar señales de mensajes, desde la fuente hacia un destino llamado receptor.

La fuente de Información Es la entidad que genera la información que se va a transmitir en este caso el teclado PS2. Se codifica y modula para adecuarla al medio de transmisión de mensajes que se va a enviar. Esto asegura que la señal sea robusta frente a interferencias y que pueda ser interpretada correctamente por el receptor.

El transmisor es el dispositivo encargado de tomar la señal codificada y modulada y convertirla en una forma adecuada para la transmisión a través de la radiofrecuencia utilizando el canal 915 Mhz. La Antena como el sistema es inalámbrico, el transmisor está conectado a una antena que se encarga de irradiar la señal electromagnética al espacio libre.

Figura 37

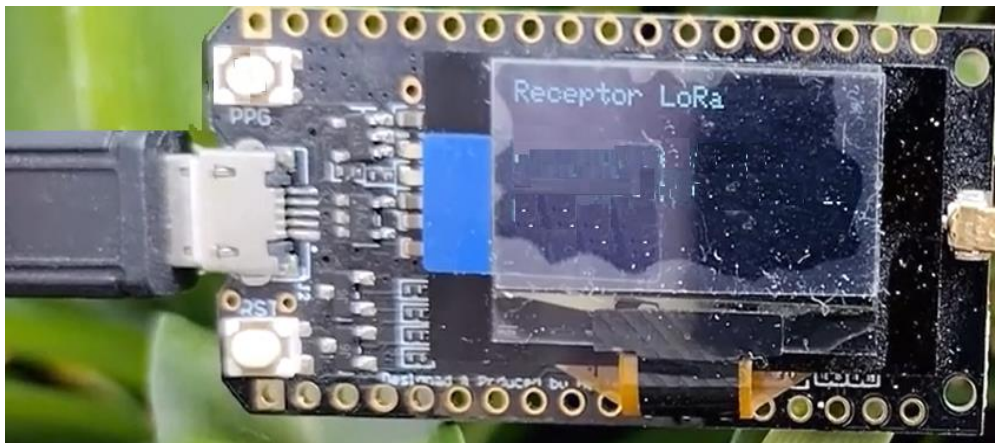
Prototipo del sistema transmisor LoRa



En la siguiente figura 37 se muestra el sistema encargado de enviar los mensajes a través de la pantalla OLED de 0,96 pulgadas, todos los mensajes transmitidos.

Figura 38

Prototipo del sistema receptor LoRa



En la siguiente figura 38 se muestra el sistema encargado de recibir y visualizar el mensaje a través de la pantalla OLED de 0.96 pulgadas, todos los mensajes transmitidos.

Según Nakamura Pinto (2017) quien realiza un sistema de mensajería instantánea basado en loRa utilizando la placa LoPy con una antena unidireccional conectada vía USB tanto emisor y receptor y una batería portátil, logrando transmitir paquetes de 512 bytes con un SF de 7 a 200 m, demostrando que esta telecomunicación es sumamente confiable en la utilización de cualquier lugar del país, demostrando la funcionalidad práctica del sistema. En la investigación se demostró el diseño e implementación de una comunicación loRa para el servicio de mensajería instantánea en zonas sin acceso a las telecomunicaciones en la comunidad de Chacaconiza 2023, se comprueba que el prototipo está en la capacidad de transmitir y recibir mensajes, utilizando la placa TTGO LoRa32.

4.1.2 Rango de alcance y sensibilidad del sistema de comunicación LoRa

Con el procesamiento de Señal y Amplificación la señal es procesada para mejorar su calidad y también para ser amplificada para asegurar que alcance la distancia deseada sin pérdidas significativas. Donde se lleva a cabo el procesamiento del mensaje para ser transmitido por el protocolo de comunicación LoRa con una frecuencia de transmisión de 915 Mhz. La sensibilidad del sistema tiene como unidad de medida dbm, y está en función a la distancia entre el receptor y transmisor. Para determinar el máximo alcance de comunicación LoRa en zonas

sin acceso a las telecomunicaciones se aplica cálculos que mencionan a continuación, sensibilidad de comunicación LoRa:

$$\text{SensibilidadRx}(dBm) = -174 + 10 \log(B) + SNR + NF$$

B: 125kHz Band Wich

SNR: -20dB para SF12

NF: 6dB numero de chip SX1276

Ctede fórmula: -174

$$\text{SensibilidadRx}(dBm) = -174 + 10 \log(125) - 20 + 6$$

$$\text{SensibilidadRx}(dBm) = -174 + 10 \log(125) - 14$$

$$\text{SensibilidadRx}(dBm) = 10 \log(125) - 188$$

$$\text{SensibilidadRx}(dBm) = -167,03(dBm)$$

En cuanto al balance de transmisión de potencia se obtuvo el resultado de -167.03(dBm) indicando que la sensibilidad de comunicación LoRa del procesamiento y amplificación de la señal garantizando que la comunicación es óptima y demostrando que los mensajes enviados si llegan al usuarios final o receptor.

El sistema descrito según Carrión Sarmiento (2018), que también utilizó LoRa, realizando un análisis de transmisión que logro una sensibilidad menor a -110 dBm, con una distancia de 500 metros el RSSI, entonces indica que ya no es confiable y que empieza a perder cobertura en su totalidad teniendo en cuenta la línea de vista con interferencias y ruidos. Sin embargo, la sensibilidad encontrada asegura que el prototipo puede funcionar adecuadamente en la zona de estudio, donde no hay señales de telecomunicaciones, donde la sensibilidad del sistema se determinó en -167,03 dBm teniendo en cuenta la distancia de 1 km este valor de sensibilidad es significativo ya que refleja la capacidad para recibir señales débiles con eficacia.

4.1.3 Máximo alcance de comunicación LoRa

Frecuency: 915 MHz

Sensibility Rx: -167,03 dBm

Potencia de transmisión Ptx: +14dBm

$$PLm(db) = EiRPtxdBm - SensibilidadRxdBm$$

$$PLm(db) = 14 - (-167,03)$$

$$PLm(db) = 181dB$$

Para propagación con frecuencias no mayores a 2 GHz. Según Okumura Hata (2019) se formula lo siguiente:

$$L(DB) = 46,3 + 33,9 \text{ LOG}_{10} \left(\frac{h}{b} \right) - a \left(\frac{h}{m} \right) + \left(44,9 - 6,5 \log_{10} \left(\frac{h}{b} \right) \right) \log_{10} d$$

Donde:

F: frecuencia 915 MHz

h/b: altura de la antena transmisora

h/m: altura de la antena receptora

a(h/m): Factor de corrección de la altura de la antena receptora

d: distancia de comunicación LoRa, según configuración BW, SF

Se calcula factor de corrección de la altura de la antena según (Okumura Hata, 2019b):

$$a \left(\frac{h}{m} \right) = (1,1 \log_{10}(f) - 0,7) \left(\frac{h}{m} \right) - 1,56 \log_{10}(f) + 0,8$$

Donde:

h/b: 1,7 m altura del transmisor.

h/m: 1,7 altura del receptor.

f: 915 MHz

$$a\left(\frac{h}{m}\right) = (1,1\log_{10}(915) - 0,7)(1,7) - 1,56\log_{10}(915) + 0,8$$

$$a\left(\frac{h}{m}\right) = 0,52$$

Para determinar “d” distancia, igualamos las siguientes ecuaciones.

$$L(\text{dB}) = \text{PLm}(\text{dB})$$

$$L(\text{db}) = 46,3 + 33,9\log_{10}(f) - 13,82\log_{10}\left(\frac{h}{b}\right) - a\left(\frac{h}{m}\right) + \left(44,9 - 6,55\log_{10}\left(\frac{h}{b}\right)\right)\log_{10}d$$

$$181 = 46,3 + 33,9\log_{10}(915) - 13,82\log_{10}(1,7) - 0,52 + (44,9 - 6,55\log_{10}(1,7))\log_{10}(d)$$

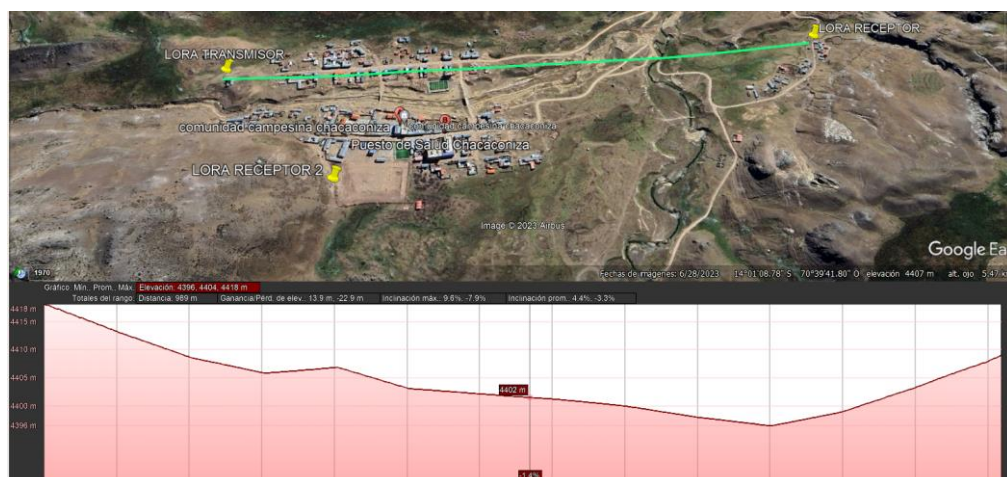
$$d = 6,25 \text{ km}$$

El máximo alcance de comunicación entre los dispositivos en una conexión de punto a punto se define como la distancia d.

Se obtuvo el máximo alcance de comunicación LoRa en zonas sin acceso a las telecomunicaciones con un valor de 6,25 km en línea de vista por lo tanto la comunicación a una distancia de 1 Km desde el punto de A (Latitud: 14° 1'10,23"S, Longitud: 70°39'58,12"O) hasta el punto B (Latitud: 14° 1'7,27"S Longitud: 70°39'25,32"O) es óptima ya que el radio de comunicación de la comunidad Chacaconiza es de 1 km ver figura 31, también se obtuvo la sensibilidad con un valor de -167,03 dbm el cual es óptimo para recepción de mensajes.

Figura 39

Distancia de comunicación del sistema de mensajería



Paz León y Yagual Estacio (2023) en el diseño e implementación de una herramienta de rastreo y seguridad de ganado en zonas rurales vía loRa, alcanzando de 1 km de distancia de sin interferencias en la ciudad y en las zonas rurales donde no hay interferencias y construcciones ni ruido de señales que puedan repercutir es mucho más la distancia, esta tecnología está diseñado específicamente para lugares abiertos sin mucha interferencia. El prototipo mostró un rendimiento notable al lograr una distancia máxima de comunicación. Es importante ya que supera el rango de comunicación de 1 km necesario para la comunidad de Chacaconiza, entre el punto A y el punto B, estén conectados y confirma que el sistema es adecuado entonces la comunicación es óptimo.

4.1.4 Consumo de potencia del sistema

Se tomaron los datos mostrados en la tabla 11 con el sistema en funcionamiento, la tabla muestra los datos que se obtuvieron durante 15 minutos, se pudo apreciar que cuando el sistema está en modo transmisión consume más energía, ocurre todo lo contrario cuando se introduce el mensaje al sistema de mensajería pues este consume menos energía.

Tabla 11

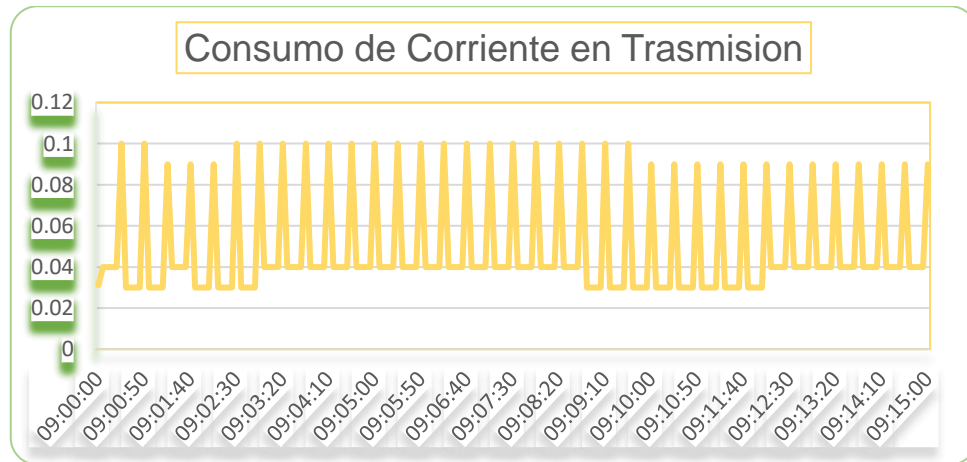
Consumo de energía eléctrica del sistema de mensajería

Tiempo (horas)	Corriente (A)
9:00:00	00,31
9:00:05	0,04
9:00:25	0,10
Ver datos completos en el Anexo 3	
9:14:35	0,09
9:14:40	0,04
9:14:45	0,04
9:15:00	0,09

En la tabla 11 muestra el consumo de corriente (amperaje) en el tiempo, para mayor detalle ver en Anexos.

Figura 40

Consumo de energía eléctrica



En la figura 40 se muestra el consumo de corriente del transmisor, durante 15 minutos, donde se visualiza el pico más alto de consumo en estado TX.

4.1.5 Análisis de la potencia

En términos de dBm, que es la unidad utilizada para expresar una relación de potencia en decibelios (dB) con referencia a un milivatio (mW), un nivel de potencia de 0 dBm equivale a 1 milivatio. Un incremento de 10 dB en el nivel se traduce en un aumento de 10 veces en la potencia. Asimismo, Un incremento de 3 dB en el nivel equivale aproximadamente a duplicar la potencia, lo que significa que un nivel de 3 dBm equivale a aproximadamente 2 mW. De manera análoga, cada reducción de 3 dB en el nivel resulta en una disminución de la potencia a aproximadamente la mitad, lo que significa que -3 dBm equivale a una potencia de aproximadamente 0,5 mW.

Para convertir una potencia arbitraria P en mW a x en dBm, o viceversa, se puede utilizar la siguiente fórmula

$$d = 10\log_{10} \frac{P}{1mW}$$

Dónde:

d es la potencia en dBm.

P es la potencia en mili Watts (mW).

Con una potencia de 20dBm según lo hoja de datos del dispositivo TTGO Lora (ANEXO 4).

$$20 = 10\log_{10} \frac{P}{1mW}$$

$$2 = \log_{10} \frac{P}{1mW}$$

$$10^2 = \frac{P}{1mW}$$

$$10^2 \times 1mW = P$$

$$100mW = P$$

Se halló la potencia del dispositivo en Watts. Se tiene lo siguiente según la relación de corriente, voltaje y potencia.

$$P = V \times I$$

Dónde:

P es la potencia en Watts.

V el voltaje en Voltios.

I la corriente en Amperios.

Con una potencia P de 100mW y con una alimentación de 5 voltios (5V) en corriente continua, se puede hacer el siguiente cálculo.

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{100mW}{5V}$$

$$I = 20mA$$

$$I = 0,02A$$

La corriente hallada fue validada los datos de la tabla 6, que muestra el valor de la corriente obtenida en la práctica es decir cuando el dispositivo TTGO LORA 32 está en modo recepción y/o transmisión; y la corriente hallada por teoría

muestra un valor de 0,02 A; lo que sucede en la práctica es que el valor de la corriente se aproxima bastante al valor hallado en la teoría y las variaciones existen porque el dispositivo está compuesto por varios módulos y por un algoritmo en software, el uso de algún módulo o la forma en que el algoritmo está diseñado, pueden variar el uso de la corriente en el tiempo.

La autoridad nacional correspondiente regula la Potencia Radiada Isotrópica Efectiva (PIRE). Esta define la cantidad máxima de energía legalmente permitida para ser transferida al espacio abierto en una región o nación determinada. En Europa, el límite legal generalmente es de 100 mW; sin embargo, en algunos casos particulares (enlaces punto a punto) y en otras naciones, este límite puede alcanzar hasta 4 W. Las características de la antena transmisora determinan la PIRE para medir la potencia que se está enfocando en un área determinada del espacio. La PIRE se determina sumando la ganancia relativa de la antena a la potencia del transmisor, así como las pérdidas de potencia en los conectores y el cable

$$PIRE = Ptx(dBm) - B(dB) + G(dBi)$$

Donde:

Ptx(dBm): potencia de transmisor.

B(dB): pérdidas en cables y conectores.

G(dBi): ganancia de antena.

Potencia de transmisión:

$$PIRE = Ptx(dBm) - B(dB) + G(dBi)$$

$$PIRE = 20 - 0,5 + 3$$

$$PIRE = 22,5 \text{ dBm}$$

Por consiguiente, al convertir de (dBm) a mW nos resulta 177,82 esto convertido a Watts resulta 0,18.

Cálculo para la primea zona de Fresnel:

$$r = 17,32 * \sqrt{\frac{d}{4f}}$$

$$r = 17,32 * \sqrt{\frac{6.25 \text{ km}}{4 * 915 \text{ Mhz}}}$$

$$r = 0,71 \text{ m}$$

Para que la transmisión sea correcta el radio de la primera zona de Fresnel debería ser el 60 %, lo ideal para realizar esta investigación, la zona de Fresnel no debe estar obstruida en 0,71 metros. El software IDE de Arduino permite programar el alcance de comunicación de los módulos transceivers TTGO LORA32 V 2,0 en configuración punto a punto. Esta programación nos permite asignar un módulo como transmisor (TX) y otro como receptor (RX) para facilitar la comunicación.

Schandy (2021) en sus resultados donde obtuvieron 0,0158 A de consumo máximo, donde 0,017 A corresponden al sensor de temperatura activo y la diferencia a la radio en recepción y en su funcionamiento normal. La parte más crítica del prototipo fue la eficiencia energética, dado que se diseñó para operar en una red de baja potencia. Los resultados experimentales indica el consumo máximo de energía durante la transmisión que es de 0,10 A, mientras que durante el procesamiento de mensajes el consumo es de 0,04 A. Esta variación se puede atribuir a varios factores, la variación del voltaje, interferencias climatológicas e inclusión de múltiples módulos en el dispositivo, en las que utilizan otros sistemas como lo manifiesta

4.2 Discusión

En cuanto al objetivo general de El diseño e implementación de una comunicación LoRa para el servicio de mensajería instantánea en zonas sin acceso a telecomunicaciones, como la comunidad de Chacaconiza, es un tema que aborda no solo la falta de conectividad, sino también el potencial de desarrollo social y económico que puede surgir de la mejora en las comunicaciones. Este análisis se enriquece al considerar las perspectivas de otros autores y estudios relacionados con la tecnología LoRa y su aplicación en entornos similares.



Con relación al objetivo general Macazana Huaranga (2021) en su tesis, diseñó un sistema de transmisión de datos basado en LoRa para monitorear parámetros ambientales, demostrando cómo esta tecnología puede ser efectiva en áreas con acceso limitado a redes convencionales. La investigación subrayó la importancia de utilizar configuraciones adecuadas para maximizar el alcance y minimizar fallos

En ese mismo sentido Suji Prasad et al. (2022) en su estudio desarrolló un sistema inteligente de gestión y monitoreo agrícola utilizando redes LoRa en zonas rurales. El objetivo fue mejorar la eficacia de las prácticas agrícolas mediante la creación de un servidor de red privada que recopilaba datos de nodos finales y los enviaba a la nube, superando problemas de comunicación y optimizando el consumo energético.

CONCLUSIONES

- PRIMERO:** Se logro diseñar e implementar un prototipo de mensajería instantánea sobre una comunicación LoRa para una zona sin acceso a las telecomunicaciones de la provincia de Carabaya, distrito de Corani, comunidad de Chacaconiza, el diseño y la implementación del sistema de comunicación LoRa descritos reflejan un proceso meticuloso que involucra la configuración y el uso de varias herramientas y componentes técnicos el prototipo desarrollado demuestra la capacidad de transmitir mensajes de manera efectiva utilizando módulos LoRa.
- SEGUNDO:** La sensibilidad del sistema de mensajería instantánea con comunicación LoRa demuestran la eficacia de la tecnología en la transmisión de señales a largas distancias, el procesamiento de la señal, es fundamental para mejorar la calidad y minimizar pérdidas, juegan un papel crucial en la capacidad del sistema, con una sensibilidad calculada de aproximadamente $-167,03$ dBm, el sistema muestra una capacidad robusta para operar en condiciones de baja señal, lo que es crucial para su funcionamiento en áreas sin acceso a telecomunicaciones, demostrando que los mensajes enviados desde el transmisor se reflejan correctamente en el receptor.
- TERCERO:** Se realiza el análisis del máximo alcance de comunicación para el sistema LoRa logrando un rendimiento notablemente efectivo en condiciones ideales. que muestra una capacidad robusta para alcanzar distancias considerables. La potencia de transmisión de $+14$ dBm y la pérdida de trayectoria calculada de 181 dB respaldan una distancia máxima de comunicación de $6,25$ km en línea de vista. Este alcance máximo se valida al considerar la distancia de comunicación de 1 km entre los puntos específicos en la comunidad de Chacaconiza. Esto demuestra que el sistema está bien dentro de sus capacidades operativas y es capaz de proporcionar una comunicación efectiva dentro del rango estimado.
- CUARTO:** Se logro determinar el consumo de energía del sistema completo. El pico más alto de consumo es cuando el sistema de comunicación está en estado de transmisión emitiendo un valor de $0,10$ A; sin embargo, ocurre todo lo



contrario cuando el sistema está procesando el mensaje, en este estado emite un valor constante de consumo de 0,04 A.

RECOMENDACIONES

- PRIMERO:** Es posible diseñar un prototipo móvil de mensajería instantánea sobre una red de área amplia de baja potencia, esto se puede lograr con una batería portátil. Se puede adaptar un nuevo teclado pequeño que permite ingresar los mensajes para ser transmitidos en ambos puntos de la comunicación y la lectura del mensaje en el otro punto se visualiza en la pantalla OLED pequeña.
- SEGUNDO:** Es posible determinar que el pico más alto de consumo de energía sucede en el momento de índice de transferencia de datos (Mbps), incluso si se acorta la distancia entre los puntos de comunicación, el índice de transferencia de datos se puede elevar y por consecuencia el consumo de energía.
- TERCERO:** El diseño se puede aplicar en otros ámbitos de las telecomunicaciones como el teletrabajo, teleeducación, alertas de emergencia y otras aplicaciones cuando las redes más populares y convencionales no están disponibles.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Zavaleta, S. (2019). *Diseño de un sistema basado en IoT para la supervisión y control de estaciones remotas de la dirección de hidrografía y navegación de la Marina de Guerra del Perú* [Magister en Ingeniería de las Comunicaciones, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/14211>
- Al-Kashoash, H. A. A., & Kemp, A. A. (2018). Comparison of 6LoWPAN and LPWAN for the Internet of Things. *Australian Journal of Electrical and Electronics Engineering*. <https://doi.org/10.1080/1448837X.2017.1409920>
- Alonso Villaverde, N. (2018). *Provisión de servicios de la Internet de las Cosas sobre redes basadas en LoRa (Internet of the Things service provision on LoRa networks)* *Ingeniería de Tecnologías de Telecomunicación*. <http://hdl.handle.net/10902/14930>
- Arduino. (2018). *Arduino* - Retrieved from. <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- ArduinoIDE 2.3.2*. (2021). <https://www.arduino.cc/en/software>
- Baltuile, P. (2023). *LoRaWAN y su aportación a las tecnologías IIoT*. <https://www.incibe.es/incibe-cert/blog/lorawan-y-su-aportacion-las-tecnologias-iiot#:~:text=La arquitectura LoRaWAN está compuesta,de red o network server>.
- Beiroa Mosquera, R. (2023). *Gestor de arranque o bootloader Formador e integrador de soluciones IoT | 5G| NBIoT| LoRaWAN | MAKER | STEAM | Arduino*. <https://www.linkedin.com/pulse/gestor-de-arranque-o-bootloader-ruben-beiroa-mosquera/>
- Bertoleti, P. (2019). *Proyectos con ESP32 y LoRa* (R. Paiotti, Ed.; NCB). https://books.google.com.pe/books?id=Doi0DwAAQBAJ&pg=PT99&hl=es&source=gbs_selected_pages&cad=1#v=onepage&q&f=false

- Bonilla Cadena, E. (2022). Análisis de comunicaciones punto a punto con simulaciones open-source de LoRa. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información*, 10(21), 14-23. <https://doi.org/10.36825/RITI.10.21.003>
- Bullian, L., & Urbina, C. (2018). *Implementación de una red LoRa en el ámbito de la Universidad Nacional de San Martín*. https://repositoriosdigitales.mincyt.gov.ar/vufind/Record/RIUNSAM_5fe2f94f683ed5d0c4562fc00f812206
- Burbano Ordoñez, C. Y. (2017). Implementación de una red de sensores inalámbricos LPWAN mediante módulos LoRa para el monitoreo de la calidad del agua en 2 ríos. En *Facultad De Ingeniería Ingeniería Electrónica* (Vol. 1, p. 86). <http://hdl.handle.net/11349/6433>
- Carrión Sarmiento, C. L. (2018). *Evaluación del rango de transmisión de LoRa para redes de sensores inalámbricos con LoRaWAN en ambientes urbanos [Universidad de Cuenca]*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31513>
- Castro Espinoza, M. A., González Cosio, D. A., Reyes Gracia, J. A., Morales Álvarez, J. P., & Hiraes Valles, D. A. (2019). Red de comunicación para mensajería sin cobertura de Internet o red móvil a través de dispositivos móviles. *Difusión Científica*, 1-7. <http://difu100cia.uaz.edu.mx>
- Córdoba Peñalver, E. J. (2017). *Análisis y diseño de una red de sensores en un parque natural* (pp. 1-79). <http://hdl.handle.net/10609/59925>
- Cunza Asencios, F. E. (2021). Diseño e implementación de un sistema de control a distancia para el control y gestión de motores monofásicos, empleando tecnología LoRa [Universidad Tecnológica del Perú]. En *Pharmacognosy Magazine*. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/4798>
- Danilowski, P. (2021). *Teoría de la comunicación inalámbrica*. diciembre 2021. https://yosensi.io/posts/what_is_the_real_range_of_lora/
- Dávila, J., Aguilar, R., Ruiz, J., Parra Michel, J. R., & Martínez Peláez, R. (2018). *Gaszen: plataforma para monitorizar el nivel de gas L.P.* 1-18.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-97532018000500004&lng=es&tlng=es

- Del Campo, G., Gomez, I., Canada, G., & Santamaria, A. (2019). Hybrid LPWAN Communication Architecture for Real-Time Monitoring in Power Distribution Grids. *IEEE 5th World Forum on Internet of Things, WF-IoT 2019 - Conference Proceedings*, 920-924. <https://doi.org/10.1109/WF-IOT.2019.8767267>
- Díaz, J., Fava, L., Vilches Antao, D., & Candia, A. (2018b). *Soluciones IoT con tecnología LoRaWAN*. 1-5. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/77230>
- Fernández Paucar, L. J., & Robayo Tipán, A. S. (2022). *Ensamble De Un Adaptador Inalámbrico Para El Desarrollo Del Software Sniffer En Una Red Lorawan Y Análisis Con Wireshark*. Politécnica Salesiana sede Quito.
- Ferrer Sanabria, R. D. (2017). Desarrollo de una estación meteorológica de bajo costo [Magister en Electrónica, Santo Tomás Bucaramanga]. En *Explorations in Economic History* (Número 6). <https://doi.org/10.1080/00033799300200371>
- Freire Tejada, M. F. (2019). *Diseño y desarrollo de un prototipo para transmitir parámetros de perforación, en tiempo real utilizando LPWAN en un pozo petrolero*. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10914>
- García Guillén, A. (2014). *Desarrollo de sistema de medida del consumo de energía para la tarjeta Beagleboard* [Universidad Politécnica de Madrid]. <https://oa.upm.es/34008/>
- Halvorsen, H. P. (2018a). *Programming With Arduino*.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (S. A. DE C.V., Ed.; McGraw Hill, Vol. 6). www.academia.edu/32697156/Hernández_R_2014_Metodologia_de_la_Investigacion
- <https://serviciosweb.osiptel.gob.pe/CoberturaMovil/#>. (s. f.).
<https://serviciosweb.osiptel.gob.pe/CoberturaMovil/#>



- Jaramillo Huaman, J. M. (2020). Estudio del diseño de un sistema IoT para el monitoreo de datos de uso, alertas y geolocalización en refrigeradores para venta de una empresa de lacteos usando la red LoRaWAN. En *Pontificia Universidad Católica Del Perú*. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/19040>
- Kurniawan, A. (2019). *Building Wireless Sensor Networks With ESP32 LoRa* (Kindle).
https://books.google.com.pe/books?id=_mWEDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Macazana Huaranga, J. D. (2021). *Sistema De Transmisión De Datos Adquiridos Del Pluviómetro Hobo Rg3 Basado En Lora Para Zonas Remotas*. 25.
<https://hdl.handle.net/20.500.12815/234>
- Manrique Latorre, M. A., Buitrago Márquez, L. M., & Hernández Gutiérrez, J. (2019). *Redes LoRaWAN. Revisión de componentes funcionales en aplicaciones IoT*. 32. <http://hdl.handle.net/11349/22411>
- Martín, I. (2018). *Sistema de Administración Inteligente de Alumbrado Público*. Instituto Politecnico Nacional.
- Mendoza Cabrejos, R. A., & De Los Santos Lostaunau, E. A. (2023). *Diseño e implementación de una red piloto LoRaWAN para el monitoreo remoto de cuatro parámetros médicos* [Ricardo Palma].
<https://hdl.handle.net/20.500.14138/7090>
- Mouser, J. (2016). *Semtech*.
- Moya Quimbita, M. A. (2018). «*Evaluación de pasarela LoRa / LoRaWAN en entornos urbanos*». 1-40. <http://hdl.handle.net/10251/109791>
- Nakamura Pinto, M. K. (2017). *Sistema de Mensajería Instantánea Basado en LoRa*. Politécnica de Valencia.
- Nick. (2024). *Arduino, la referencia de la fuente abierta - Challenge Agriculture*.
<https://www.challenge-agriculture.fr/es/electronico/arduino-la-referencia-de-la-fuente-abierta/>



- Okumura Hata, C. (2019a). *Métodos de Cálculo*. <https://www.xirio-online.com/web/help/es/okumura-hata.htm>
- Paz León, P. J., & Yagual Estacio, D. J. (2023). *Diseño e implementación de una herramienta de rastreo y seguridad de ganado en zonas rurales Vía Lora* [Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26390>
- Peña Millahual, C. A. (2017). *Arduino La guía para realizar tus prototipos electrónicos* (Lorena Bla).
- Petajajarvi, J., Mikhaylov, K., Rumana, Y., Hamalainen, M., & Iinatti, J. (2016). Evaluation of LoRa LPWAN Technology for Indoor Remote Health and Wellbeing Monitoring. *International Journal of Wireless Information Networks*, 24(2), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s10776-017-0341-8>
- Pickering, P. (2017). Desarrollar con LoRa para aplicaciones IoT de baja tasa y largo alcance. *Digi-Key de América del norte*, 1-10. <https://www.digikey.com/es/articles/develop-lora-for-low-rate-long-range-iot-applications>
- Pressman, R. S. (2002). *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico* (V. P. Roig, Ed.; Sèptima ed).
- Prieto Blázquez, J. (2015). Introducción a los Sistemas de Comunicación inalámbricos. En *Addision-Wesley Publishing Company*.
- Reinoso, S., Mena, L., Pilatasig, M., & Sánchez, J. (2018). *Programación de Microcontroladores PIC con Lenguaje C, Tomo I*. https://www.academia.edu/42052083/Programación_de_microcontralores_tomo_1
- Robert, J., Rauh, S., Lieske, H., & Heuberger, A. (2018). IEEE 802.15 Low Power Wide Area Network (LPWAN) PHY Interference Model. *IEEE International Conference on Communications, 2018-May*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICC.2018.8422801>
- Rodriguez, J., López, A., Vega, C., & Flores, R. (2017). *Sistema de monitoreo y control remoto*. 397.



- Rodríguez Moreno, E. S., & López Ordoñez, V. F. (2017). *Diseño e implementación de un sistema inteligente para un edificio mediante lo utilizando el protocolo de comunicación Lorawan* (pp. 1-65). <http://hdl.handle.net/11349/7394>
- Rodriguez Munca, J. D. (2017). *Dispositivo loRa de comunicación a largo alcance y bajo consumo energético para aplicaciones del ámbito del desarrollo* [de Politécnica de Madrid]. <https://oa.upm.es/44890/>
- Saenz Flores, M. (2018). *Curso Básico de Arduino*.
- Sagua Machaca, E. V. (2020). *Diseño E Implementación Del Prototipo De Una Comunicación Lora Para El Monitoreo Meteorológico En La Bahía Del Lago Titicaca En La Ciudad De Puno* [Nacional del Altiplano]. En *Tesis*. <http://tesis.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15953>
- Schandy, J. (2021). *LoRa comunicación inalámbrica de largo alcance y bajo consumo*. *Texas Instruments*, 1-26.
- Scott, F., & Shiloh, M. (2012). *Arduino Projects book*. En *Arduino* (Arduino LL).
- Soldatos, J. (2017). *Building Blocks for IoT Analytics Internet -of-Things Analytics* (M. Gabbouj, Ed.). River Publishess. <https://doi.org/10.13052/rp-9788793519046>
- Suji Prasad, S., Thangatamilan, M., Suresh, M., Panchal, H., Rajan, C. A., Sagana, C., Gunapriya, B., Sharma, A., Panchal, T., & Sadasivuni, K. K. (2022). *Un sistema eficiente de gestión y monitorización de agricultura inteligente basado en LoRa que utiliza redes de sensores inalámbricos*. <https://doi.org/10.1080/01430750.2021.1953591>
- Szalai, A., Szabo, T., Horváth, P., Timár, A., & Poppe, A. (2016). *Smart SSL: Application of IoT/CPS design platforms in LED-based street-lighting luminaires*. *Proceedings of 2016 IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries, Lumen V4 2016*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/LUMENV.2016.7745518>
- Tamayo y Tamayo, M. (2012). *El proceso de la investigación científica* (Vol. 4).



Technology, C. E. E. (2024). *Enternet de las cosas industrial*. EBYTE.
<https://www.es-ebyte.com/news/1534>

Tsavalos, N., & Abu Hashem, A. (2018). *Tecnologías de redes de área amplia de bajo consumo (LPWAN) para aplicaciones de IoT industriales*.
<https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/8950859>

Vera Villanueva, C. A. (2021). *Diseño de un sistema de contenedores inteligentes para mejorar la recolección de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de San Martín de Porres* (p. 200). <http://hdl.handle.net/10757/656265>

Vishay. (2024). *Technology*. 91000, 1-25.

Wiegmann, B. (2018). *IoT Networks with LoRaWAN*.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
<p>Problema general</p> <p>¿Cómo realizar el diseño e implementación de comunicación LoRa para el servicio de mensajería instantánea en zonas sin acceso a las telecomunicaciones de la comunidad Chacaconiza 2023</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Diseñar e implementación de una comunicación LoRa para el servicio de mensajería instantánea en zonas sin acceso a las telecomunicaciones de la comunidad Chacaconiza 2023</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>Diseñar e implementar el prototipo de mensajería instantánea sobre una comunicación LoRa. Determinar el consumo de potencia del sistema completo. Determinar la sensibilidad de comunicación LoRa. Determinar el máximo alcance de comunicación LoRa en zonas sin acceso a las telecomunicaciones.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>El diseño e implementación de una comunicación LoRa para el servicio de mensajería instantánea permitirá la comunicación en zonas sin acceso a las telecomunicaciones de la comunidad Chacaconiza 2023</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>La Implementación del prototipo permitirá la mensajería instantánea sobre una comunicación LoRa. Se determina la sensibilidad de comunicación LoRa. Se determina el máximo alcance de comunicación LoRa en zonas sin acceso</p>	<p>variable 1:</p> <p>Zonas sin acceso a las telecomunicaciones</p> <p>variable 2:</p> <p>Diseño e implementación de una comunicación LoRa.</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>Experimental.</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Exploratorio</p> <p>Población y muestra:</p> <p>En el caso de población y muestra está constituido por el prototipo en estudio sistema de comunicación LoRa.</p>

Anexo 2. Código de programación para el sistema de mensajería instantánea

Programación para transmisor.

```
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <PS2KeyAdvanced.h> // Incluir la biblioteca para el teclado PS2

// Definiciones para el módulo LoRa
#define SCK      5    // GPIO5  -- SX1278's SCK
#define MISO     19   // GPIO19 -- SX1278's MISO
#define MOSI     27   // GPIO27 -- SX1278's MOSI
#define SS       18   // GPIO18 -- SX1278's CS
#define RST      14   // GPIO14 -- SX1278's RESET
#define DI0      26   // GPIO26 -- SX1278's IRQ(Interrupt Request)
#define BAND     915E6

// Definiciones para la pantalla OLED
#define OLED_SDA 4
#define OLED_SCL 15
#define OLED_RST 16
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64

Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RST);

// Definiciones para el teclado PS2
const int dataPin = 34; // Pin de datos del teclado PS2
const int irqPin = 35; // Pin de interrupción del teclado PS2

PS2KeyAdvanced keyboard;

unsigned int counter = 0;
String displayMessage = ""; // Mensaje inicial vacío

unsigned long lastKeyPressTime = 0;
const unsigned long debounceDelay = 200; // Tiempo en milisegundos para
el filtro de rebote

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  keyboard.begin(dataPin, irqPin);

  // Resetear la pantalla OLED
  pinMode(OLED_RST, OUTPUT);
  digitalWrite(OLED_RST, LOW);
  delay(50);
}
```

```
digitalWrite(OLED_RST, HIGH);

// Inicializar la pantalla OLED
Wire.begin(OLED_SDA, OLED_SCL); // Configurar pines I2C (SDA, SCL)
if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
    for (;;); // No continuar, bucle infinito
}
display.clearDisplay();
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
display.setTextSize(1);
display.setCursor(0, 0);
display.println("Pantalla OLED y teclado PS2");
display.display();

Serial.println();
Serial.println("LoRa Transmisor");

SPI.begin(SCK, MISO, MOSI, SS);
LoRa.setPins(SS, RST, DI0);
if (!LoRa.begin(BAND)) {
    Serial.println("Starting LoRa failed!");
    display.setCursor(0, 10);
    display.println("LoRa Init Failed!");
    display.display();
    while (1);
}

Serial.println("Iniciando Transmisión");
}

void loop() {
    readKeyboard();
    delay(100);
}

void readKeyboard() {
    if (keyboard.available()) {
        char key = keyboard.read();
        unsigned long currentTime = millis();

        if (currentTime - lastKeyPressTime > debounceDelay) {
            Serial.print("Key pressed: ");
            Serial.println((int)key);

            if (key == 250) { // Ignorar Bloq Mayús
                return;
            } else if (key == 30) { // Enter
                displayMessage += "\n";
            }
        }
    }
}
```

```
    } else if (key == 31) { // Espacio
        displayMessage += ' ';
    } else if (key == 28) { // Backspace
        if (displayMessage.length() > 0) {
            displayMessage.remove(displayMessage.length() - 1);
        }
    } else if (key >= 32 && key <= 126) { // Caracteres
        displayMessage += key;
    }

    // Limpiar la pantalla y mostrar el nuevo mensaje
    display.clearDisplay();
    display.setCursor(0, 0);
    display.println(displayMessage);
    display.display();

    // Enviar mensaje por LoRa
    LoRa.beginPacket();
    LoRa.print(displayMessage);
    LoRa.endPacket();

    lastKeyPressTime = currentTime;
}
}
}
```

Programación para receptor.

```
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

// Definiciones para el módulo LoRa
#define SCK      5    // GPIO5  -- SX1278's SCK
#define MISO     19   // GPIO19 -- SX1278's MISO
#define MOSI     27   // GPIO27 -- SX1278's MOSI
#define SS       18   // GPIO18 -- SX1278's CS
#define RST      14   // GPIO14 -- SX1278's RESET
#define DI0      26   // GPIO26 -- SX1278's IRQ(Interrupt Request)
#define BAND     915E6

// Definiciones para la pantalla OLED
#define OLED_SDA 4
#define OLED_SCL 15
#define OLED_RST 16
```



```
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64

Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RST);

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  // Resetear la pantalla OLED
  pinMode(OLED_RST, OUTPUT);
  digitalWrite(OLED_RST, LOW);
  delay(50);
  digitalWrite(OLED_RST, HIGH);

  // Inicializar la pantalla OLED
  Wire.begin(OLED_SDA, OLED_SCL); // Configurar pines I2C (SDA, SCL)
  if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
    for (;;) // No continuar, bucle infinito
  }
  display.clearDisplay();
  display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
  display.setTextSize(1);
  display.setCursor(0, 0);
  display.println("Pantalla OLED y LoRa Receptor");
  display.display();

  Serial.println();
  Serial.println("LoRa Receptor");

  SPI.begin(SCK, MISO, MOSI, SS);
  LoRa.setPins(SS, RST, DI0);
  if (!LoRa.begin(BAND)) {
    Serial.println("Starting LoRa failed!");
    display.setCursor(0, 10);
    display.println("LoRa Init Failed!");
    display.display();
    while (1);
  }

  Serial.println("Iniciando Recepción");
}

void loop() {
  int packetSize = LoRa.parsePacket();
  if (packetSize) {
    String receivedMessage = "";
    while (LoRa.available()) {
      receivedMessage += (char)LoRa.read();
    }
  }
}
```

```

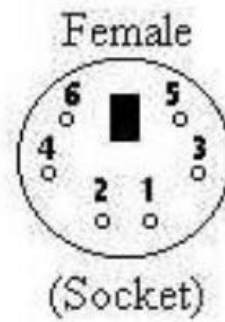
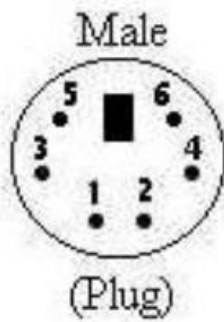
}
Serial.print("Mensaje recibido: ");
Serial.println(receivedMessage);

// Limpiar la pantalla y mostrar el mensaje recibido
display.clearDisplay();
display.setCursor(0, 0);
display.println("Mensaje recibido:");
display.setCursor(0, 10);
display.println(receivedMessage);
display.display();
}
}

```

Anexo 3. Datos TTGO LORA32

Voltaje de trabajo: 1,8 ~ 3,7 v	Aceptable:10 ~ 14mA
Transmitir:120mA @ + 20dBm	90mA @ + 17dBm
29mA @ + 13dBm	Frecuencia de funcionamiento:868 M/915 MHz
Potencia de transmisión: + 20dBm	Sensibilidad de recepción: -139dBm @ LoRa y 62,5 Khz y SF = 12 y 146bps-136dBm @ LoRa y 125 Khz y SF = 12 y 293bps-118dBm @ LoRa y 125 Khz y SF = 6 y 9380bps-123dBm @ FSK y 5 Khz y 1,2 Kbps
	Error de frecuencia: +/-15 KHz
FIFO espacio:64 Byte	Velocidad de datos:1.2K ~ 300Kbps @ FSK
0.018K ~ 37.5Kbps @ LoRa	Modo de modulación: FSK, GFSK, MSK... el sistema GMSK LoRa TM OOK
Interfaz de la forma: SPI	Dormir:0.2uA @ dormir
1.5uA @ IDLE	Temperatura de funcionamiento: -40°C+ 85°C
Digital RSSI función	De Frecuencia automático de corrección
Control automático de ganancia	Función de activación RF
Activación rápida y salto de frecuencia	Controlador de paquetes de datos altamente configurable
Datos de Antena:	
Tipo de conector: Ipex	Banda de frecuencia: 868MHZ ~ 915MHZ
Radio de onda estacionaria: ≤ 1.5	Ganancia: 3dBi
Potencia máxima: 10W	Impedancia de entrada: 50Ω



6-pin Mini-DIN (PS/2):

- 1 - Data
- 2 - Not Implemented
- 3 - Ground
- 4 - Vcc (+5V)
- 5 - Clock
- 6 - Not Implemented

Monitoreo de consumo de corriente del sistema de comunicación.

Tiempo (horas)	Corriente (A)
9:00:00	0,031
9:00:05	0,04
9:00:10	0,04
9:00:15	0,04
9:00:20	0,04
9:00:25	0,1
9:00:30	0,03
9:00:35	0,03
9:00:40	0,03
9:00:45	0,03
9:00:50	0,1
9:00:55	0,03
9:01:00	0,03
9:01:05	0,03
9:01:10	0,03
9:01:15	0,09
9:01:20	0,04
9:01:25	0,04
9:01:30	0,04
9:01:35	0,04
9:01:40	0,09
9:01:45	0,03



9:01:50	0,03
9:01:55	0,03
9:02:00	0,03
9:02:05	0,09
9:02:10	0,03
9:02:15	0,03
9:02:20	0,03
9:02:25	0,03
9:02:30	0,1
9:02:35	0,03
9:02:40	0,03
9:02:45	0,03
9:02:50	0,03
9:02:55	0,1
9:03:00	0,04
9:03:05	0,04
9:03:10	0,04
9:03:15	0,04
9:03:20	0,1
9:03:25	0,04
9:03:30	0,04
9:03:35	0,04
9:03:40	0,04
9:03:45	0,1
9:03:50	0,04
9:03:55	0,04
9:04:00	0,04
9:04:05	0,04
9:04:10	0,1
9:04:15	0,04
9:04:20	0,04
9:04:25	0,04
9:04:30	0,04



9:04:35	0,1
9:04:40	0,04
9:04:45	0,04
9:04:50	0,04
9:04:55	0,04
9:05:00	0,1
9:05:05	0,04
9:05:10	0,04
9:05:15	0,04
9:05:20	0,04
9:05:25	0,1
9:05:30	0,04
9:05:35	0,04
9:05:40	0,04
9:05:45	0,04
9:05:50	0,1
9:05:55	0,04
9:06:00	0,04
9:06:05	0,04
9:06:10	0,04
9:06:15	0,1
9:06:20	0,04
9:06:25	0,04
9:06:30	0,04
9:06:35	0,04
9:06:40	0,1
9:06:45	0,04
9:06:50	0,04
9:06:55	0,04
9:07:00	0,04
9:07:05	0,1
9:07:10	0,04
9:07:15	0,04



9:07:20	0,04
9:07:25	0,04
9:07:30	0,1
9:07:35	0,04
9:07:40	0,04
9:07:45	0,04
9:07:50	0,04
9:07:55	0,1
9:08:00	0,04
9:08:05	0,04
9:08:10	0,04
9:08:15	0,04
9:08:20	0,1
9:08:25	0,04
9:08:30	0,04
9:08:35	0,04
9:08:40	0,04
9:08:45	0,1
9:08:50	0,03
9:08:55	0,03
9:09:00	0,03
9:09:05	0,03
9:09:10	0,1
9:09:15	0,03
9:09:20	0,03
9:09:25	0,03
9:09:30	0,03
9:09:35	0,1
9:09:40	0,03
9:09:45	0,03
9:09:50	0,03
9:09:55	0,03
9:10:00	0,09



9:10:05	0,03
9:10:10	0,03
9:10:15	0,03
9:10:20	0,03
9:10:25	0,09
9:10:30	0,03
9:10:35	0,03
9:10:40	0,03
9:10:45	0,03
9:10:50	0,09
9:10:55	0,03
9:11:00	0,03
9:11:05	0,03
9:11:10	0,03
9:11:15	0,09
9:11:20	0,03
9:11:25	0,03
9:11:30	0,03
9:11:35	0,03
9:11:40	0,09
9:11:45	0,03
9:11:50	0,03
9:11:55	0,03
9:12:00	0,03
9:12:05	0,09
9:12:10	0,04
9:12:15	0,04
9:12:20	0,04
9:12:25	0,04
9:12:30	0,09
9:12:35	0,04
9:12:40	0,04
9:12:45	0,04



9:12:50	0,04
9:12:55	0,09
9:13:00	0,04
9:13:05	0,04
9:13:10	0,04
9:13:15	0,04
9:13:20	0,09
9:13:25	0,04
9:13:30	0,04
9:13:35	0,04
9:13:40	0,04
9:13:45	0,09
9:13:50	0,04
9:13:55	0,04
9:14:00	0,04
9:14:05	0,04
9:14:10	0,09
9:14:15	0,04
9:14:20	0,04
9:14:25	0,04
9:14:30	0,04
9:14:35	0,09
9:14:40	0,04
9:14:45	0,04
9:14:50	0,04
9:14:55	0,04
9:15:00	0,09

Anexo 4. Hoja de datos TTGO LORA

Bluetooth WiFi development board module with antenna and display (2 pieces)

By TTGO

Features and specifications:

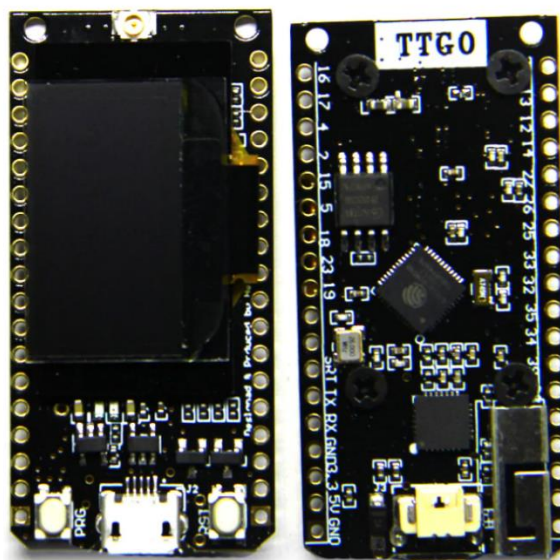
Key features:

- SX1276 chip based on ESP32 Wi-Fi, 868 – 915 MHz frequency, high sensitivity over -148 dBm, + 20 dBm output power, high reliability, long-transmission distance
- Onboard 32 MB flash Wi-Fi antenna, 0.96-inch blue OLED display, lithium battery charging circuit, CP2102 interface and USB serial chip, perfect support for Arduino development environment, can be used for program checking, product development is very easy and fast

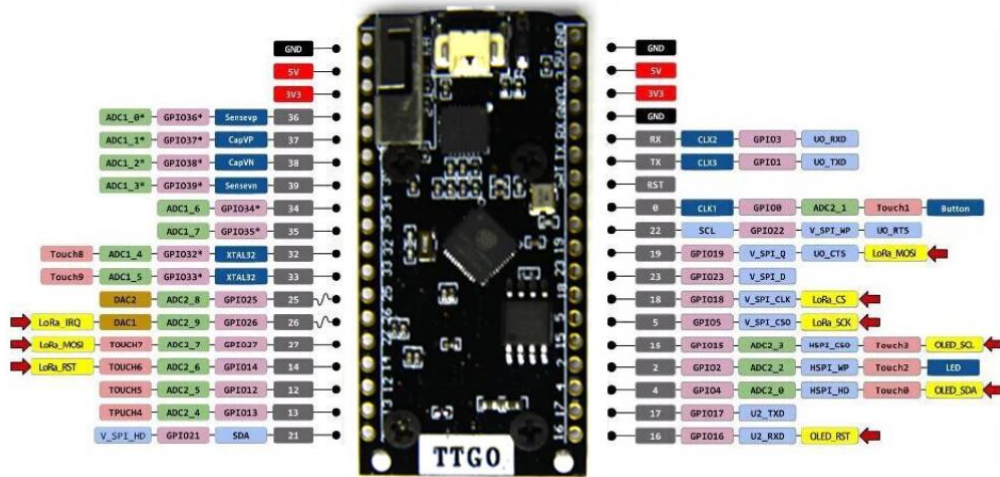
Specifications:

- Operating voltage: 3.3 – 7 V
- Operating temperature range: -40 to 90°C (-40 to 194°F)
- Support for Sniffer software protocol analysis, Station, SoftAP, and Wi-Fi Direct modes
- Data rates: 150 Mbps @ 11n HT40, 72 Mbps @ 11n HT20, 54 Mbps @ 11g, 11 Mbps @ 11b
- Transmit power: 19.5 dBm @ 11b, 16.5 dBm @ 11g, 15.5 dBm @ 11n
- Receiver sensitivity up to -98 dBm
- UDP sustained throughput: 135 Mbps

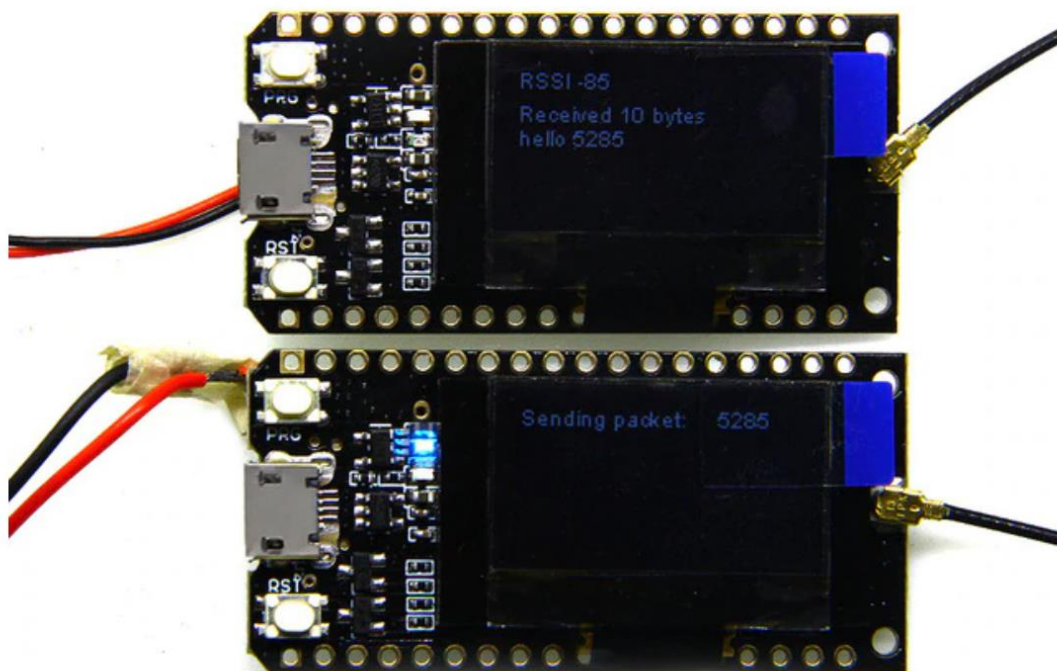
1



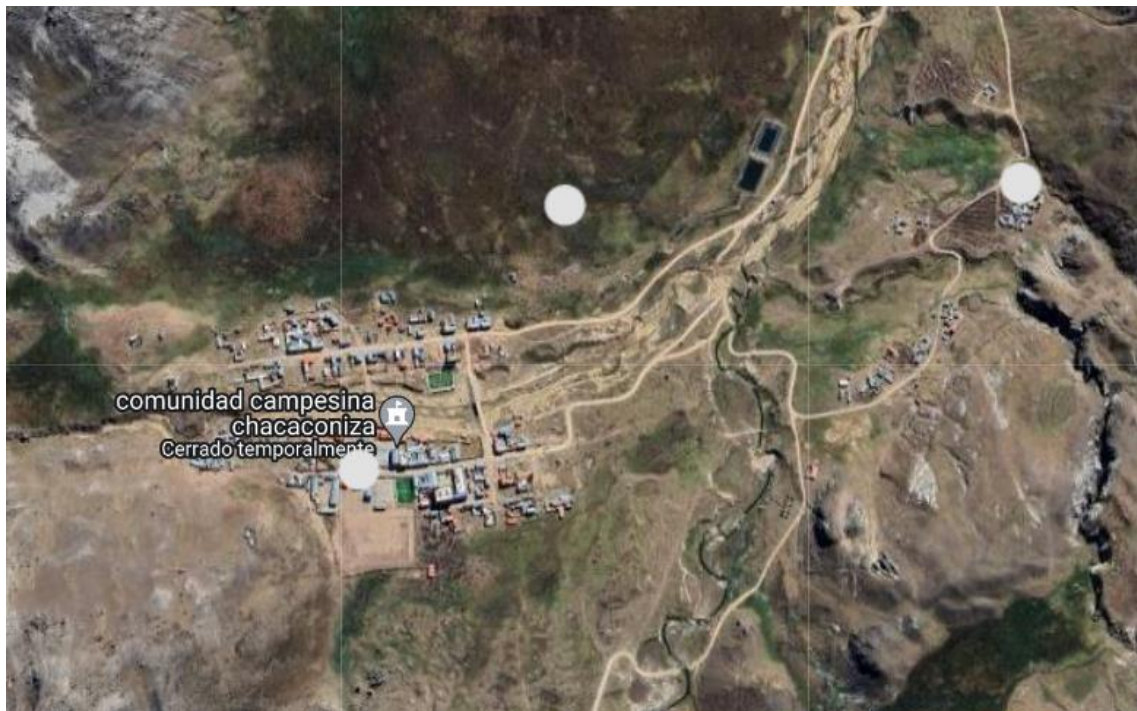
Pin reference description



- Package includes:
- 2 x lora32 868mhz OLED
 - 2 x Line
 - 4 x Pin
 - 2 x 868MHZ spring antenna



Anexo 5. Mapa de cobertura OSIPTEL



INFORMACIÓN DE REPORTE DE COBERTURA

Información de reporte							
Información de cobertura celular reportada por las empresas.							
Departamento	Provincia	Distrito	Localidad	CLARO	MOVISTAR	ENTEL	BITEL
PUNO	CARABAYA	CORANI	CHACACUNIZA	No	No	No	No
Información de tecnología por operador							
Empresa	2G	3G	4G	5G			
MOVISTAR	No	No	No	No			
ENTEL	No	No	No	No			
CLARO	No	No	No	No			
BITEL	No	No	No	No			
Listado de Reportes Se encontró 0 reportes. Exporta a excel							
Usuario	Empresa	Fecha Visita	Realiza Llamada	Recibe Llamada	Comentario	Fecha Registro	

Anexo 6. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional del
Altiplano Puno



Vicerrectorado de
Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo **NELIDA SONIA JIHUALLANCA CCOA** identificado(a) con N° DNI: **46633814** en mi condición de egresado(a) de la:

MAESTRÍA EN INFORMÁTICA CON MENCIÓN EN GERENCIA DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES

con código de matrícula N° 195253, informo que he elaborado la tesis denominada:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA COMUNICACIÓN LORA PARA EL SERVICIO DE MENSAJERIA INSTANTANEA EN ZONAS SIN ACCESO A LAS TELECOMUNICACIONES DE LA COMUNIDAD CHACACONIZA 2023

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno, 26 de Diciembre del 2024.

FIRMA (Obligatorio)



Huella

Anexo 7. Autorización de depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional del
Altiplano Puno



Vicerrectorado de
Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo **NELIDA SONIA JIHUALLANCA CCOA** identificado(a) con N° DNI: **46633814**, en mi condición de egresado(a) del **Programa de Maestría o Doctorado:**

MAESTRÍA EN INFORMÁTICA CON MENCIÓN EN GERENCIA DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES,

informo que he elaborado la tesis denominada:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA COMUNICACIÓN LORA PARA EL SERVICIO DE MENSAJERÍA INSTANTÁNEA EN ZONAS SIN ACCESO A LAS TELECOMUNICACIONES DE LA COMUNIDAD CHACACONIZA 2023

para la obtención de **Grado.**

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno, 26 de Diciembre del 2024.

FIRMA (Obligatorio)



Huella