

Sistema de comunicaciones LoRa/APRS

Marlon Daniel Ramírez Cruz
 slashmarlon@estudiantec.cr
 Instituto Tecnológico de Costa Rica
 Escuela de Ingeniería Electrónica
 Licenciatura en Ingeniería Electrónica
 Taller Integrador
 II Semestre 2025

Resumen—Este documento presenta una investigación inicial de las técnicas de comunicación digital APRS y LoRa, que servirán como base para futuros proyectos en el área de comunicaciones inalámbricas. Se describen los fundamentos, características técnicas y aplicaciones de cada tecnología, así como los aspectos regulatorios establecidos por la legislación costarricense. La finalidad es ofrecer un panorama general que permita comprender su funcionamiento y sus posibles implementaciones en proyectos de ingeniería electrónica.

Index Terms—APRS, LoRa, ISM, AFSK, GMSK.

I. APRS

APRS viene de Automatic Packet Reporting System, es un sistema de comunicaciones digitales en tiempo real y bidireccional, desarrollado por Bob Bruninga en la década de 1990. Está diseñado para el intercambio rápido de información relevante entre múltiples estaciones en una red, especialmente en entornos donde es necesaria la comunicación instantánea [1].

A diferencia de las comunicaciones de punto a punto, APRS permite que cualquier estación pueda transmitir y recibir datos simultáneamente, formando una red de distribución de información. Entre sus principales usos se encuentran:

- Transmisión de coordenadas de posición (GPS) para rastreo de vehículos, embarcaciones o personas.
- Reportes meteorológicos en tiempo real.
- Mensajería breve entre estaciones.
- Telemetría para monitoreo de variables remotas.
- Avisos de emergencia con ubicación precisa.

En Costa Rica y Norteamérica, APRS opera principalmente en 144.390 MHz (VHF). La modulación empleada suele ser AFSK (Audio Frequency Shift Keying) o GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying), utilizando el protocolo de paquetes AX.25. Cuando se requiere interconexión con Internet, se utiliza APRS-IS, que integra la información a plataformas como aprs.fi para visualización global [1].

Los componentes clave de un sistema APRS son:

- Trackers: Estaciones móviles con GPS que transmiten ubicación y datos.

- Digipeaters: Repetidores que amplían el alcance de la señal.
- Gateways APRS-IS (iGates): Enlaces entre la red de radio y la red de Internet.

II. LoRa

LoRa es una tecnología de comunicación inalámbrica de bajo consumo energético y largo alcance, diseñada para transmitir pequeñas cantidades de datos a distancias de varios kilómetros. Se basa en una técnica de modulación llamada Chirp Spread Spectrum (CSS), que, a diferencia de la modulación en frecuencia tradicional, hace variar la frecuencia de forma lineal y controlada en el tiempo [2].

En Centroamérica, LoRa utiliza la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical), específicamente en 915 MHz, lo que le permite gran alcance con mínima interferencia [3].

De entre las aplicaciones mas comunes destacan:

- Monitoreo ambiental (temperatura, humedad, calidad del aire).
- Gestión de tráfico y movilidad urbana.
- Sistemas de riego y agricultura inteligente.
- Hogares inteligentes.
- Sistemas de seguridad y alarmas.

ESP32 es una familia de chips de bajo coste y consumo de energía, con tecnología Wi-Fi y Bluetooth de modo dual integrada y diseñadas para integrarse fácilmente en otras placas de circuito. De los Módulos basados en estos con tecnología de comunicación LoRa destacan:

- Heltec wifi lora 32, por menos de \$20 [4].
- LILYGO LoRa32 915Mhz, por \$25 [5].
- Módulo RAK4631 WisBlock LoRaWAN [6].

III. LEGISLACIÓN COSTARRICENSE

En Costa Rica, el uso de las bandas de frecuencia para comunicación inalámbrica está regulado por la SUTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones). La banda ISM de 915 MHz y las frecuencias de 144.390 MHz para

radioaficionados se encuentran dentro de las normativas que permiten su uso bajo ciertas condiciones, como la potencia máxima de transmisión y la no interferencia con servicios licenciados [7].

Para operar APRS en Costa Rica es obligatorio contar con licencia de radioaficionado, con potencias de transmisión habilitadas conforme a una categoría, siendo 200 W para Novicio, 1000 W para Intermedio y 1995 W para Superior. Mientras que LoRa en banda ISM puede usarse sin licencia siempre que se cumplan las especificaciones técnicas y limitaciones de potencia establecidas, específicamente 1 W (30 dBm) de Potencia Isotrópica Radiada Equivalente [7].

Las clases de emisión son definidas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) donde LoRa por usar modulación CSS la UIT lo clasifica como 125kG1D, 125 kHz de ancho de banda y clasificación G1D y APRS lo clasifica como 16K0F2D por ser paquetes de AX.25 de 1200 o 9600 bps y un ancho de banda de 16 kHz [7].

IV. CONCLUSIONES

APRS, gracias a su capacidad de transmisión en tiempo real y su robustez en redes de radioaficionados, resulta especialmente valioso en escenarios donde la inmediatez y la resiliencia ante fallos de infraestructura son críticas. LoRa, por su bajo consumo energético, gran alcance y versatilidad en la integración con dispositivos IoT, se posiciona como una herramienta ideal para sistemas de monitoreo continuo, automatización y aplicaciones distribuidas en áreas rurales o de difícil acceso.

Ambas tecnologías son complementarias y, con una implementación adecuada, pueden integrarse en proyectos que requieran monitoreo remoto, comunicación de datos a larga distancia y bajo consumo energético.

REFERENCIAS

- [1] "aprs.fi – live APRS map," <https://aprs.fi/>, accessed: 2025-8-14.
- [2] "A tutorial on chirp spread spectrum modulation for LoRaWAN: Basics and key advances," <https://www.researchgate.net/publication/382580029>, accessed: 2025-8-14.
- [3] "LoRa PHY," <https://www.semtech.com/lora/what-is-lora>, accessed: 2025-8-14.
- [4] https://heltec-org.translate.google/project/wifi-lora-32-v3/?xt_rsl=en_xtr_l=es_xtr_hl=es_xtr_pto=tc, accessed: 2025-8-14.
- [5] *LILYGO LoRa32 915Mhz ESP32 Development Board OLED 0.96 Inch SD Card BLE WiFi TTGO PAXcounter Module.*
- [6] "RAK4631 WisBlock LoRaWAN module," <https://docs.rakwireless.com/product-categories/wisblock/rak4631/overview/>, Sep. 2020, accessed: 2025-8-14.
- [7] A. C. S. José, C. Rica, and M. d. M. Del, "ALCANCE N a LA GACETA N,"

A continuación se detalla un diagrama de gantt de tareas y objetivos preliminares posibles para el desarrollo de firmware de un dispositivo Tracker APRS.

	Semanas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Definicion del problema.																
Planificacion y definicion de requisitos, protocolos y parametros.																
Selección del hardware.																
Diseño del sistema (diagramas de bloques)																
Configuracion de herramientas.																
Desarrollo del Firmware y comunicación al gateway																
Optimizacion.																
Validacion en campo y pruebas.																
Entrega y cierre.																
Documentacion.																

Figura 1. Diagrama de gantt de tareas y objetivos preliminares.