



Los jueves de cacharreo
Radio club de la UPV
Valencia, 27-2-2025

Objetivo

Configurar una estación terrestre TinyGS en un placa ESP32 para la recepción de TLE y telemetría, modulada en LoRa, en la banda de 433 MHz, de satélites LEO.

PROPAGACIÓN VHF/UHF

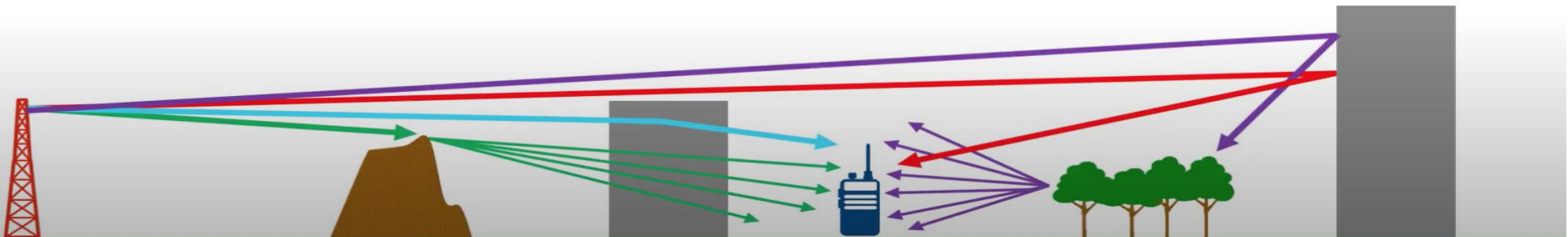
La propagación en VHF y UHF es prácticamente por rayo directo.

La ecuación de la atenuación en espacio libre

$$L_{bf} \text{ (dB)} = 32,4 + 20 \log f \text{ (MHz)} + 20 \log d \text{ (km)}$$

Pero la reflexión, difracción y dispersión en objetos son efectos muy importantes (Ver video de Rohde & Schwarz

<https://www.youtube.com/watch?v=DTXJ3bS2UcE>)



ESP32

ESP32 es una familia de SoC de la empresa **Espressif Systems** que integran Wi-Fi y Bluetooth.

Los ESP32 son compatibles con Arduino, y pueden programarse con **Arduino IDE** y con **PlatformIO**.

Hay placas de desarrollo que también incluyen: LoRa, GPS/GNSS, ...

ESP32 LoRa para TinyGS

TinyGS se basa en placas ESP32 bcon chips LoRa sx126x y sx127x, soporta entre otros:




- Heltec WiFi LoRa 32 V2 (433MHz & 863-928MHz)
- TTGO LoRa32 V2 (433MHz & 868-915MHz).

Se elige LILYGO ® TTGO LoRa32 V2.1_1.6 versión 433MHz ESP32 LoRa OLED 0,96" que cuesta menos de 20€ en AliExpress y trabaja en 433 MHz y 136 MHz

<https://github.com/G4lile0/tinyGS>

LiLygo ESP32 LoRa



Version Function	LoRa32 V2.1 Ver. Paxcounter		LoRa32 V2.1 Ver. Disaster-Radio		T3S3 V1.0		
Product Image							
MCU	ESP32				ESP32-S3-FH4R2		
Default Firmware	Paxcounter		Disaster-Radio		LoRa Test		
LoRa Module	SX1278	SX1276	SX1278	SX1276	SX1280	SX1276	SX1262
Version Optional	① 433MHz	① 868MHz ② 915MHz ③ 923MHz	① 433MHz	① 868MHz ② 915MHz	① 2.4G	① 868MHz ② 915MHz	
LoRa Antenna Gain	2.0 dbi						
LoRa Antenna Base	SMA Holder						

Satélites LEO

Hay dos grandes grupos de satélites artificiales dependiendo de su órbita:

- Los **GEO (Geostationary Earth Orbit)** que se encuentran a 35.786 km de altura sobre la línea del ecuador, aparentemente están quietos para un observador terrestre. Por ejemplo los satélites de TV o QO100 de radioaficionados
- Los **NGEO (No Geostationary Earth Orbit)**
 - MEO (Medium Earth Orbit) entre 2.000 y 35.786 km, como los de geolocalización (GPS)
 - **LEO (Low Earth Orbit)** entre 120 y 2.000 k, como los Starlink, y muchos mas.



LoRa (Long Range) es un protocolo de comunicación de espectro amplio que presenta:

- Bajo consumo
- Inmunidad al efecto Doppler
- Tolerancia al ruido y a los caminos múltiples por reflexión de las ondas

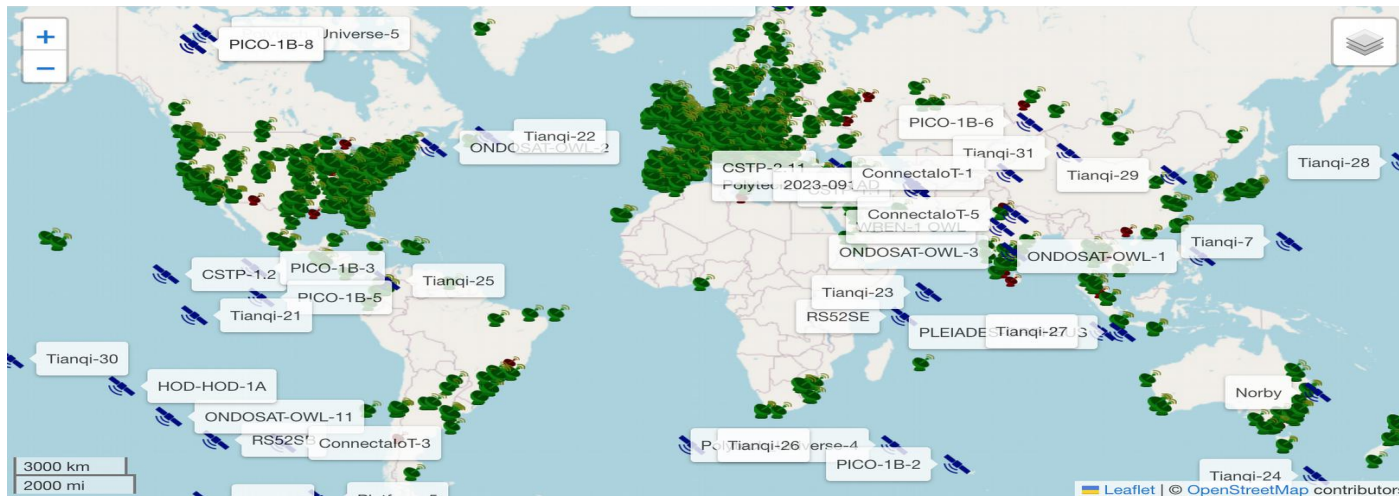
Muchos satélites LEO usan telemetría LoRa en las bandas de: 137 MHz, **433 MHz (400-450 MHz)**, 869 MHz y 2,4 GHz.

Además de los satélites hay otros objetos aéreos que la usan como los globos aerostáticos.

En tierra se usa por ejemplo para la telemetría de redes de distribución de agua (Lectura contadores y niveles)

TinyGS (<https://tinygs.com/>) es un proyecto cuyo objetivo es crear una red de estaciones terrestres de satélites de ámbito global, desarrollada bajo "Open Source"

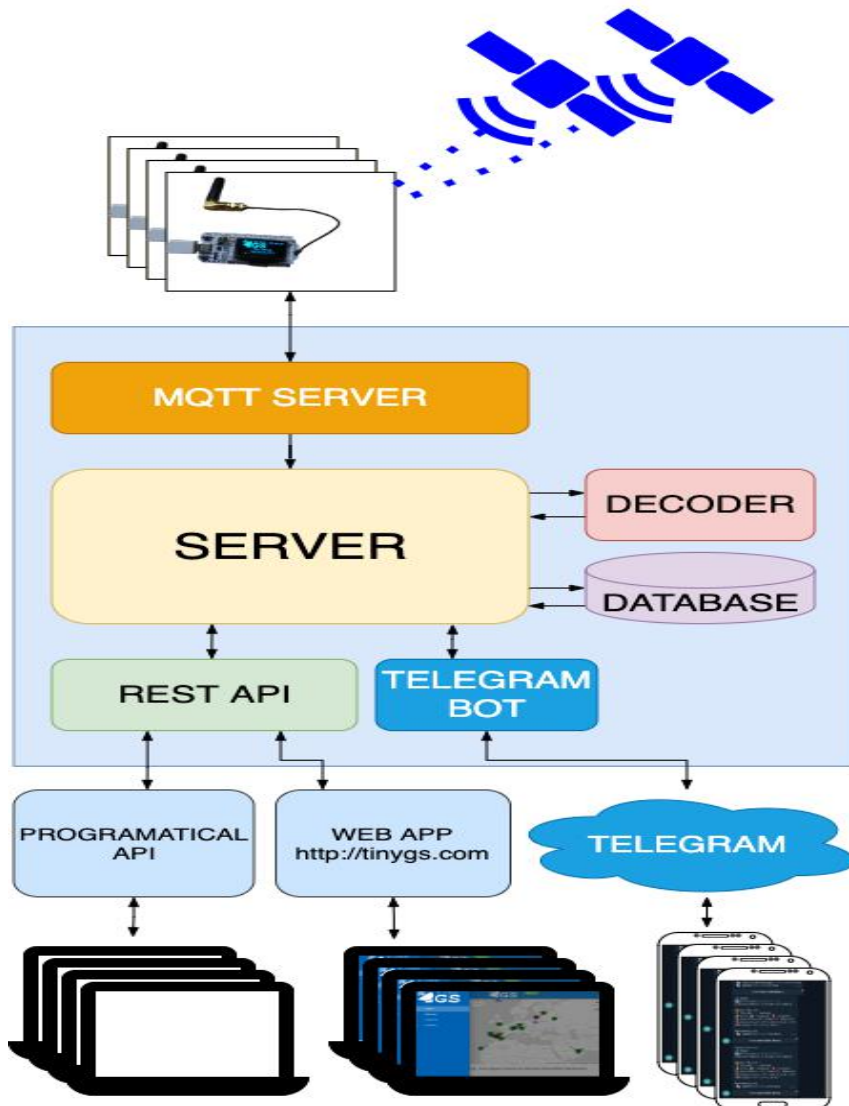
En la actualidad cuenta (enero 2025) con 5.919 usuarios que mantienen activas 1.724 estaciones terrestres activas por todo el mundo.



Hay dos modos de trabajo:

- Manual
- Automático

En el automático el servidor envía mediante MQTT, en cada momento, la frecuencia a recibir de los satélites que son visibles a cada estación y estas envían al servidor los paquetes de datos recibidos para su análisis.



FossaSat-2E20

Received on: January 31, 2025 11:20 PM
 LoRa 401.7 Mhz SF: 11 CR: 8 BW: 125 kHz
 Sat in Umbra  Eclipse Depth: 37.80°
 Theoretical coverage 4988 km

 1000mW
 6°C  OBC 10°C  ADCS 6°C  MPPT 8°C

 GPS Age: -1 s
 Lat: 43.00° Long: 0.90° Alt : 519080.81m

 Noise floor: -85 dBm

Hexadecimal view

[Download](#)

```

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F 0123456
0000 46 4F 30 32 30 01 B0 4C 9D 67 FF B1 4C 9D 67 E7 F0020..
0010 03 00 1A 75 FD 48 44 FF 89 02 F5 45 08 00 0A 06 ...u.HC
0020 06 08 AA 19 E0 13 43 A6 34 C9 31 78 77 69 8B 7A .....C
0030 7A 45 F4 68 88 C2 BA 5F 4A AD 7E CD CF CC A9 CC zE.h...
0040 49 0C DE 0D CB D8 02 E4 21 AC 82 AC C4 42 F2 8B I.....
0050 96 B0 4B 17 CC A5 FC 33 9E 33 E5 F5 F0 F1 8D 3D ..K....
0060 CB 41 D1 A9 85 36 F9 80 0E B8 0D CC A7 A8 72 49 .A...6.
0070 26 DD 15 AA CC 8A 44 08 F3 83 C8 B3 D4 BD AC 8B &.....L
0080 82 81 05 73 B2 E4 BE DB D2 4C CC 48 BA A1 11 F7 ...s...
0090 32 58 1C 5D 0A 0B 90 00 ED 8C 94 D9 3B 71 AD 74 2X.]....
00A0 08 D3 56 46 5C 45 FD 83 A6 6B F3 4C AF 6E 36 46 ..VF\E.
00B0 09 B4 A6 99 80 D3 CA 3F 5C B9 4C CA B9 41 84 84 .....
00C0 82 7A 5C 5A 60 40 E6 45 04 15 8C E6 C8 27 59 1E .z\Z`@.
00D0 CD 57 AA C7 .W..
  
```

Hay dos tipos de datos:

- La TLE que es un estándar de facto, que permite identificar al satélite
- La telemetría que permite obtener información sobre el funcionamiento de un sistema y transmitirla para controlarlo.

TLE

Line 1

01 Line Number of Element Data
03-07 Satellite Number
08 Classification (U=Unclassified)
10-11 International Designator (Last two digits of launch year)
12-14 International Designator (Launch number of the year)
15-17 International Designator (Piece of the launch)
19-20 Epoch Year (Last two digits of year)
21-32 Epoch (Day of the year and fractional portion of the day)
34-43 First Time Derivative of the Mean Motion
45-52 Second Time Derivative of Mean Motion (Leading decimal point assumed)
54-61 BSTAR drag term (Leading decimal point assumed)
63 Ephemeris type
65-68 Element number
69 Checksum (Modulo 10)
(Letters, blanks, periods, plus signs = 0; minus signs = 1)

Line 2

01 Line Number of Element Data
03-07 Satellite Number
09-16 Inclination [Degrees]
18-25 Right Ascension of the Ascending Node [Degrees]
27-33 Eccentricity (Leading decimal point assumed)
35-42 Argument of Perigee [Degrees]
44-51 Mean Anomaly [Degrees]
53-63 Mean Motion [Revs per day]
64-68 Revolution number at epoch [Revs]
69 Checksum (Modulo 10)

La NASA (National Aeronautics and Space Administration) y la NORAD North American Aerospace Defense Command han definido un protocolo de mensajería de satélites **TLE (Two Line Element)** que se ha convertido en un protocolo de facto de identificación de satélites

Material

- Una placa ESP32 LoRa compatible
 - Lilygo ESP32 o Heltec, que se encuentran el Aliexpress por menos de 20€.

<https://github.com/G4lile0/tinyGS>
- Un cable coaxial de 52
- Una antena omnidireccional.
- Conocer las coordenadas de la estación terrestre.
- Para configurar: un ordenador personal, un cable USB de datos, una cuenta Telegram.
- Para funcionar: alimentación (batería o fuente), conexión a Internet.

Pasos

1. Obtener un usuario de TinyGS en "TinyGS Personal Bot" de Telegram con el comando /mqtt
2. Instalar el firmware de TinyGS en la placa ESP32 con Chrome o Edge desde <https://installer.tinygs.com/>
3. Conectarse al AP de la placa y configurar el software: nombre de la estación, SSID y contraseña del Wi-Fi, usuario de la estación, contraseña, longitud, latitud, ...
4. Conectarse a la IP (IPSCan) y configurar modelo placa ESP32
5. Hacer seguimiento desde la web <https://tinygs.com/> por Internet o en local accediendo a la IP asignada por la red WiFi donde está conectada.

Instalación



Welcome to the TinyGS web installer!

1. Plug in your ESP to a USB port. We will install TinyGS 2403242 to it.
2. Hit "Install" and select the correct COM port. [No device found?](#)
3. MQTT credentials (First join the group [here](#))
Then open a private chat with [@tinygs_personal_bot](#) and ask /mqtt
4. First time board boot, connect to the wifi AP "My TinyGS" to configure it.
5. Get TinyGS installed and connected in less than 5 minutes!

Install

2403242 ▼

Powered by [ESP Web Tools](#)

[GitHub](#) [tinygs.com](#)

La antena

La antena es el elemento que va a captar la señal procedente del satélite.

Las dimensiones de la antena dependen de la frecuencia de trabajo

Las dos mas sencillas que podemos usar son:

- Dipolo $\lambda/2$ alimentado en su punto medio
- Vertical con plano de tierra $\lambda/4$ alimentado en su base.

$$\lambda = v / f$$

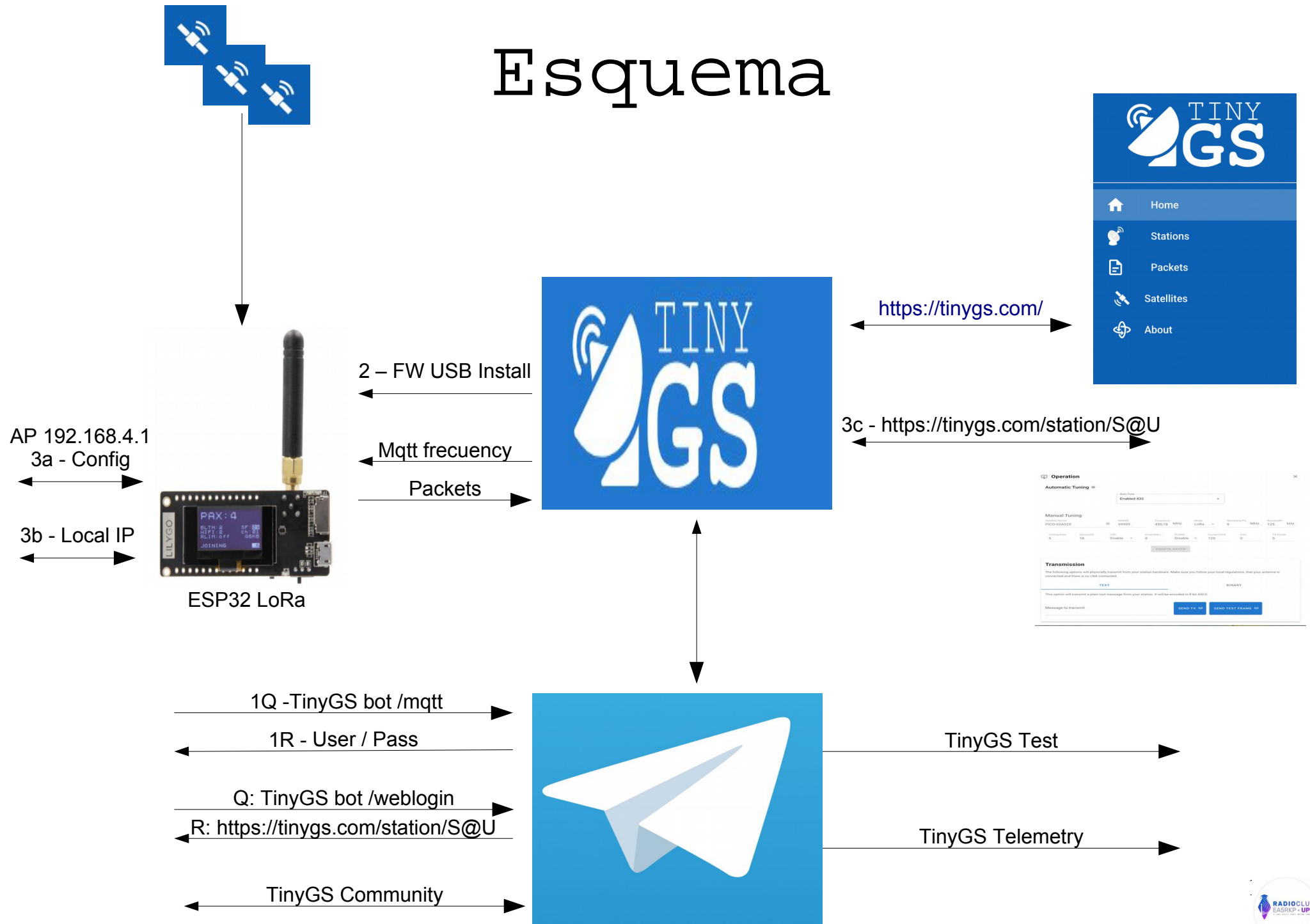
Las antenas onmidireccionales (vertical o dipolo en V) son las mas convenientes para evitar sistemas de seguimientos (complejos y caros).

Conectores

Cable USB: los hay de 2 hilos (alimentación) y de **4 hilos (alimentación y datos)**. Lasz placas de desarrollo LiLygo ESP32 LoRa admite alimentación USB (5V) o con baterías de ion-Litio (3,2V)

Cable coaxial: es un cable con dos conectores concéntricos de tipo SMA cuyo diseño permite el transporte de señales de RF impidiendo la emisión / recepción de RF. El usado en esta instalación debe ser de 52 y lo mas corto posible (A mayor longitud mayor atenuación).

Esquema



Configuración inicial

Tras cargar el firmware y encenderlo se arranca un AP de Wifi al cual hay que conectarse y entrar en la configuración con la IP 192.168.4.1 en un navegador



Control de la TinyGS

Consulta web

<https://tinygs.com/station/ESTACION@USUARIO>

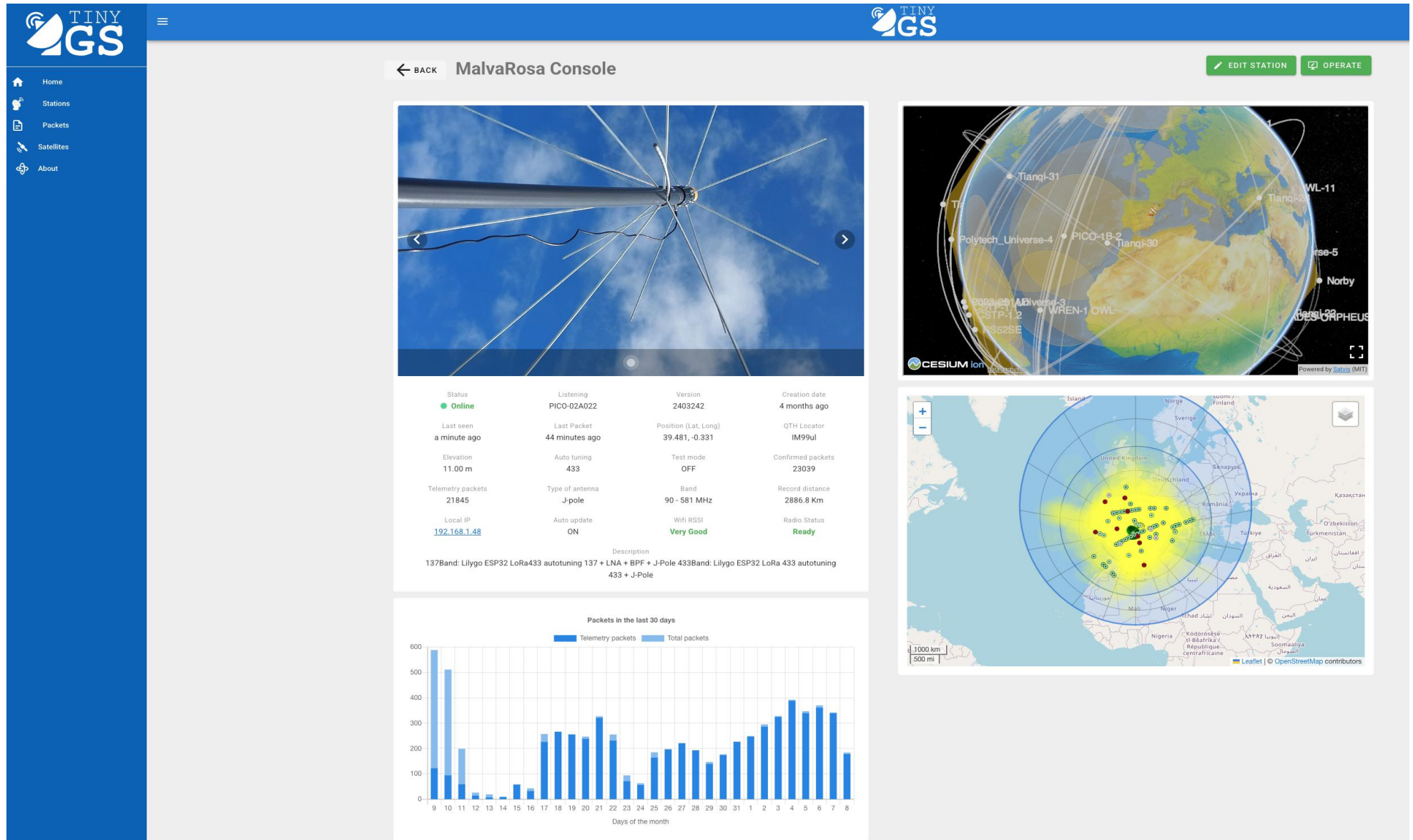
Configuración local

<http://ip>
























































































Configuración servidor (Edit station & Operate).

Telegram => TinyGS Personal Bot =>
/weblogin => loginToken

Consola web



Log

 FlossaSat-2E19  Feb 8, 2025 12:20:56 (an hour ago)	Mode LoRa@401.7	 Power 1000mW	 Distance 923Km	 Elevation 30.90°	 RSSI -137.5 dBm	SNR -17.5 dB	Predicted Doppler -8144.29Hz	Frequency Error 11638.67Hz	CRC Error	Received by 110 Stations
 FlossaSat-2E19  Feb 8, 2025 12:18:45 (an hour ago)	Mode LoRa@401.7	 Power 1000mW	 Distance 562Km	 Elevation 67.29°	 RSSI -136.25 dBm	SNR -15.25 dB	Predicted Doppler 3628.29Hz	Frequency Error -2056.78Hz	CRC Error	Received by 203 Stations
 HYPE  Feb 8, 2025 12:13:08 (an hour ago)	Mode LoRa@437.4	 Power 125mW	 Distance 555Km	 Elevation 68.25°	 RSSI -138.25 dBm	SNR -17.25 dB	Predicted Doppler 3401.84Hz	Frequency Error 577.77Hz	CRC Error	Received by 43 Stations
 Unknown Feb 8, 2025 12:09:10 (an hour ago)	Mode LoRa@401.7	 Power --	 Distance 631Km	 Elevation 53.52°	 RSSI -140.5 dBm	SNR -20.5 dB	Predicted Doppler -4854.03Hz	Frequency Error 1180.17Hz	CRC Error 	Received by 219 Stations
 PICO-1B-2  Feb 8, 2025 11:55:15 (2 hours ago)	Mode LoRa@450.0625	 Power 631mW	 Distance 830Km	 Elevation 38.39°	 RSSI -133.5 dBm	SNR -11.5 dB	Predicted Doppler 7057.55Hz	Frequency Error -9695.13Hz	CRC Error	Received by 155 Stations
 Unknown Feb 8, 2025 11:16:27 (2 hours ago)	Mode LoRa@436.5	 Power --	 Distance 1263Km	 Elevation 20.39°	 RSSI -133.75 dBm	SNR -15.75 dB	Predicted Doppler 4465.03Hz	Frequency Error -7451.18Hz	CRC Error 	Received by 189 Stations
 2023-091AD  Feb 8, 2025 10:14:29 (3 hours ago)	Mode LoRa@435.05	 Power --	 Distance 686Km	 Elevation 49.38°	 RSSI -134.5 dBm	SNR -10.5 dB	Predicted Doppler 2112.17Hz	Frequency Error -4418.70Hz	CRC Error	Received by 8 Stations
 Unknown Feb 8, 2025 10:07:44 (3 hours ago)	Mode LoRa@436.805	 Power --	 Distance 1224Km	 Elevation 19.00°	 RSSI -139 dBm	SNR -14 dB	Predicted Doppler -1240.25Hz	Frequency Error -3323.99Hz	CRC Error 	Received by 5 Stations
 CSTP-2.11  Feb 8, 2025 10:03:13 (3 hours ago)	Mode LoRa@437.985	 Power 800mW	 Distance 1113Km	 Elevation 21.85°	 RSSI -135 dBm	SNR -10 dB	Predicted Doppler -695.89Hz	Frequency Error -7635.73Hz	CRC Error	Received by 11 Stations
 CSTP-2.11  Feb 8, 2025 10:03:13 (3 hours ago)	Mode LoRa@437.985	 Power 800mW	 Distance 1113Km	 Elevation 21.85°	 RSSI -133.25 dBm	SNR -9.25 dB	Predicted Doppler -695.89Hz	Frequency Error -7778.34Hz	CRC Error	Received by 11 Stations
 Norby-2  Feb 8, 2025 09:43:36 (4 hours ago)	Mode LoRa@436.5	 Power 6000mW	 Distance 1201Km	 Elevation 22.10°	 RSSI -133.5 dBm	SNR -14.5 dB	Predicted Doppler -1070.98Hz	Frequency Error -627.05Hz	CRC Error	Received by 122 Stations
 Surv-251b  Feb 8, 2025 09:43:07 (4 hours ago)	Mode LoRa@436.35	 Power --	 Distance 1286Km	 Elevation 17.19°	 RSSI -131.5 dBm	SNR -7.5 dB	Predicted Doppler -8994.22Hz	Frequency Error 5635.05Hz	CRC Error	Received by 68 Stations
 Surv-251b  Feb 8, 2025 09:42:05 (4 hours ago)	Mode LoRa@436.35	 Power --	 Distance 936Km	 Elevation 28.04°	 RSSI -133.25 dBm	SNR -9.25 dB	Predicted Doppler -7161.59Hz	Frequency Error 3395.29Hz	CRC Error	Received by 40 Stations
 Unknown Feb 8, 2025 09:41:02 (4 hours ago)	Mode LoRa@436.35	 Power --	 Distance 715Km	 Elevation 40.80°	 RSSI -135 dBm	SNR -10 dB	Predicted Doppler -2404.09Hz	Frequency Error -2204.11Hz	CRC Error 	Received by 42 Stations
 Surv-251b  Feb 8, 2025 09:40:00 (4 hours ago)	Mode LoRa@436.35	 Power --	 Distance 758Km	 Elevation 37.47°	 RSSI -129.5 dBm	SNR -5.5 dB	Predicted Doppler 4221.95Hz	Frequency Error -9288.29Hz	CRC Error	Received by 31 Stations
 Tianqi-31 ...   Feb 8, 2025 09:32:30 (4 hours ago)	Mode LoRa@400.45	 Power 9000mW	 Distance --	 Elevation --	 RSSI -127.5 dBm	SNR -13.5 dB	Predicted Doppler --	Frequency Error -4538.24Hz	CRC Error	Received by 35 Stations

Detaille

FossaSat-2E19

Received on: February 8, 2025 12:18 PM
LoRa 401.7 Mhz SF: 11 CR: 8 BW: 125 kHz
Sat in Sun 🌞 Eclipse Depth: -54.93°
Theoretical coverage 4998 km

🔋 1000mW
🌡️ 2°C 🌡️ OBC 4°C 🌡️ ADCS 5°C 🌡️ MPPT 6°C

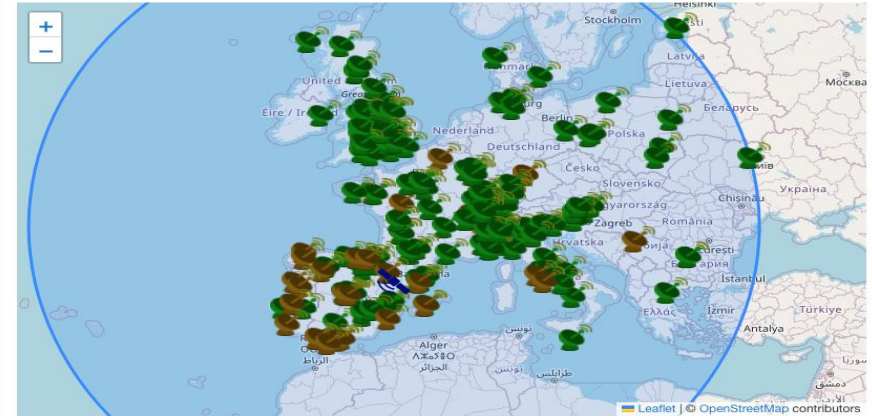
📶 GPS Age: -3 s
Lat: ° Long: ° Alt: m

📶 Noise floor: -75 dBm

Hexadecimal view

```
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F 0123456789ABCDEF
0000 46 4F 30 31 39 01 89 3D A7 67 FF 8C 3D A7 67 00 F0019...=.g...=.g.
0010 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 04 05 .....
0020 02 06 96 19 71 A9 B4 48 00 D3 DE 6E 5A FF 6F 45 ....q..H...nZ.oE
0030 CE 00 43 31 F5 F4 73 11 27 29 FF 40 79 34 18 97 ..C1..s..').@y4..
0040 0C 98 B2 4C 14 65 03 FB 18 21 70 7A 89 2B 76 DA ...L.e...!pz.+v.
0050 C5 64 70 9A 76 87 12 2C F9 14 2D 57 B0 F2 E9 A8 ..dp.v...-W...
0060 64 6F 12 47 6E 2E 5E 31 B6 BE 57 17 A7 61 0F 5F do.Gn.^1..W..a._
0070 CC 26 24 62 54 C9 37 1E 0A 9C DB 99 94 96 95 3D .&$bT.7.....=
0080 9A DD 79 95 0D 8F B9 00 3F 4C 1D 97 D1 C3 0A 88 ..y.....?L.....
0090 E8 78 2A 77 9E 77 5F B2 EB D2 0F A4 17 E3 2C A3 .x*w..w.....,
00A0 5C 5F 93 A5 69 A1 4D 9E 76 3B 4D 43 7E 0A E8 2B \_...i..M.v;MC~.+
00B0 CD 08 30 DB 2D C4 58 D5 59 60 71 26 B1 34 C0 61 ..0.-.X.Y'q&.4.a
00C0 2E 8C 1D D9 CA 9C 09 62 DE 8C 96 11 75 70 06 E5 .....b....up..
00D0 B7 D0 C1 0B .....
```

Download



Raw parsed view

▶ { ... } [copy](#)

Station Name	Distance	Elevation	Time	RSSI	SNR	Predicted Doppler	Frequency Error	CRC Error
📶 Malov	1988 Km	6.74°	12:18:45.414	-112 dBm	-14.5 dB	-9203.78 Hz	16322.95 Hz	
📶 Owl_BE_433	1048 Km	25.85°	12:18:45.474	-139.75 dBm	-21.75 dB	-7475.03 Hz	13605.8 Hz	●
📶 DC3YC_433_1	1409 Km	15.97°	12:18:45.441	-129 dBm	-18 dB	-8060.17 Hz	9788.981 Hz	●
📶 HB9BFD	1104 Km	23.92°	12:18:45.466	-130.75 dBm	-13.75 dB	-7634.68 Hz	12713.46 Hz	●

Parámetros

Edit station parameters

Name
MalvaRosa

Description
137Band: Lilygo ESP32 LoRa433 autotuning 137 + LNA + BPF + J-Pole

433Band: Lilygo ESP32 LoRa 433 autotuning 433 + J-Pole

Antenna Type
J-pole

124 / 500

Antenna range

90 - 581 MHz



Test mode



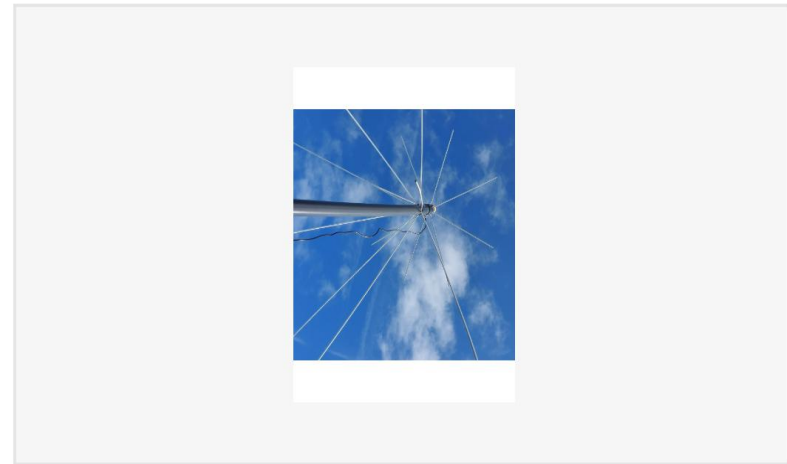
Auto update



Beta firmware

CANCEL

SAVE



Operación

Operation



Automatic Tuning ?

Auto Tune

Enabled 433

Manual Tuning

Satellite Name	NORAD	Frequency	Mode	Spreading Fa...	Bandwidth		
PICO-02A025	99999	450,18 MHz	LoRa	9 MHz	125 kHz		
Coding Rate	Syncword	CRC	Preamble L...	FLDRO	Current limit	Gain	TX Power
5	18	Enable	8	Disable	120	0	5

CONFIG SAVED

Transmission

The following options will physically transmit from your station hardware. Make sure you follow your local regulations, that your antenna is connected and there is no LNA connected.

TEXT

BINARY

This option will transmit a plain text message from your station. It will be encoded in 8 bit ASCII.

Message to transmit

SEND TX «T»

SEND TEST FRAME «T»

Algunas preguntas más

- ¿A que velocidad orbitan los satélites que recibimos? ¿A que velocidad gira la tierra? (Pista: analizar el tiempo entre dos pases)
- ¿A que altura están los satélites recibidos?
- ¿Cual es la distancia máxima a la que podemos recibir las señales de un satélite?
- ¿En que sentido viajan los satélites?
- ¿Qué es el efecto doppler? ¿Qué es el CRC? ¿QUÉ es la relación S/N?
- ¿Que diferencia de potencias existe entre un GEO y un LEO?

¿Qué se gana participando?

- Ayudar a los diseñadores a conocer el comportamiento de los satélites LEO y de las estaciones terrestres.
- Alimentar una B.D. con millones de datos que pueden explotarse en futuras investigaciones.
- Ayudar al seguimiento de los satélites y a la prevención de accidentes entre ellos.
- Aprender y divertirse.

¿Qué es el radio club de la UPV?

El radio club de la UPV es una asociación cuyo objetivo es promover la participación de los alumnos, trabajadores y ex-alumnos ("alumnis") de la UPV en el mundo de las telecomunicaciones en general y en el de la radioafición en particular. Cuenta con locales en el campus de Vera (Valencia) y una estación de radioaficionado con el indicativo EA5RKP

Próximamente en Los Jueves de Cacharreo

- Transmisores y receptores de RF en LoRa.
- Antenas.
- Receptores SDR: web, ordenador y móvil.
- Apps de radio.
- Radio digital: DAB+.
- Manejando un analizador Vectorial de redes: NanoVNA.
- Configurar una red Meshtastic.
- Operar una estación de radioaficionado.
- Receptor GPSD/NMEA.
- ...

Nos seguimos viendo