

# Comunicacions

## Wireless & Wired



This work is licensed under a  
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0  
International License

# Radiofreqüència

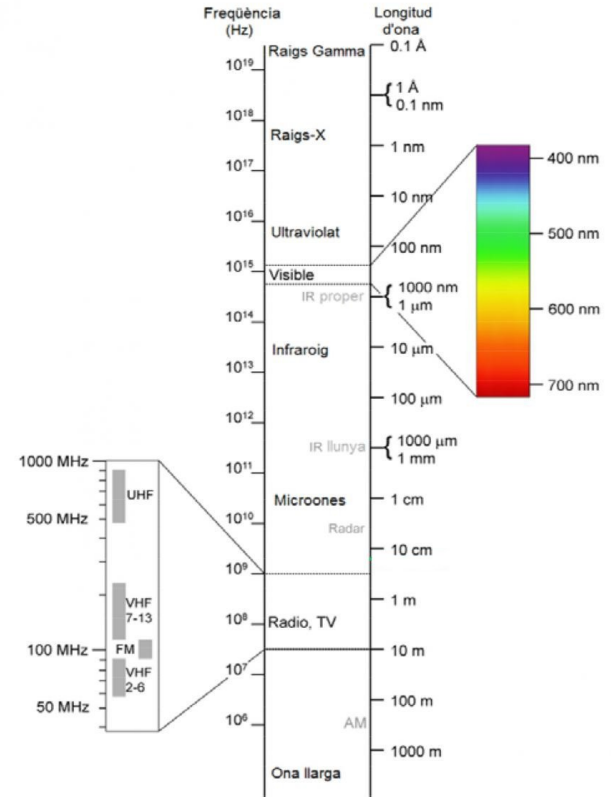
**Teoria**

# Freqüència i longitud d'ona

La freqüència és la característica principal d'un senyal electromagnètic: el número de vegades que vibra per segon i s'expressa en Hertz (1Hz=1/s). La longitud d'ona és quan de camí viatja l'ona en un període i s'expressa en metres (m).

$$f = c / \lambda$$

Una forma fàcil de passar d'un a l'altre fent càlcul mental és sabent que **una ona de freqüència 300MHz té una longitud d'1m**. Una de 600MHz serà per tant de 50cm i una de 150MHz de 2m. Una ona a 868MHz (com les que es fan servir a TTN) té una longitud de 34.5cm i una de WiFi (2400MHz) és de 12.5cm.



# Decibels

Unitat adimensional (relativa) logarítmica que indica el guany o pèrdua en una transmissió. En telecomunicacions parlem de guany (o pèrdues) de potència i es calcula com:

$$g_p(\text{dB}) = 10 \cdot \log(p_o / p_i)$$

Per tant, +3dB és equivalent a un guany de 2 (la potència de sortida és el doble que la d'entrada). +6dB és un factor 4, +9dB és un factor 8, +10dB és un factor 10, +20dB es un factor 100 o +30dB és un factor 1000.

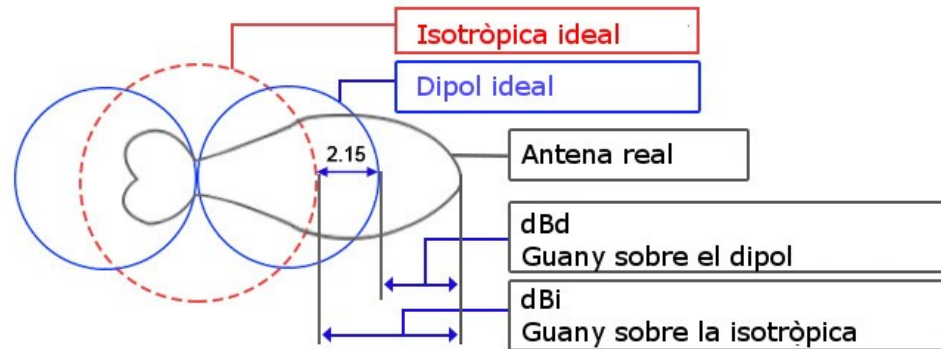
A partir d'aquí es parla de diferents unitats absolutes i relatives:

- dBW: guany sobre 1W
- dBm: guany sobre 1mW (1dBW = 30dBm)
- dBi: guany sobre una antena isotròpica en la direcció de màxim guany
- dBd: guany sobre un dipol en la direcció de màxim guany (dBd = 2.15 + dBi)

# Guany de l'antena

Una antena perfecte radiarà tota la potència d'entrada segons un patró de radiació característic, més o menys direccional, amb un feix més o menys ample, etc. Anomenem guany a la **ratio (en dB) de potència en la direcció de màxima radiació respecte una referència** (isotròpica o dipol). Per tant, no és que emeti més potència, si no que la emet “focalitzada”.

“Una antena no té guany i els reis són els pares”. Fernando Manso.



# Potència de transmissió

La potència de transmissió està regulada per l'Institut Europeu d'Estàndards de Telecomunicacions (ETSI) a Europa i és diferent en funció de la freqüència. En la banda dels 868MHz aquesta és de 14dBm (25mW). Als USA la FCC ha regulat la banda dels 915MHz i permet potències de fins a 21dBm (126mW). Radio Liberty transmetia a 90dBm (1MW).



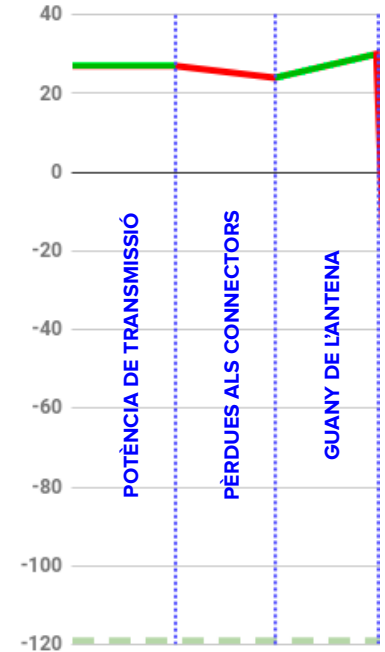
Banda	dBm	mW
169MHz	27	500
433MHz	10	10
868MHz	14	25
2.4GHz	18-20	63-100
5GHz	20-23	100-200
"4G"	20-43	100-20.000
"5G"	24-50	250-100.000

# Potència equivalent

Seria la potència de transmissió teòrica necessària per tenir la mateixa potència radiada que un dipol (o una isotròpica en el cas de la EIRP) en un determinat punt de l'espai en la direcció de major guany de l'antena.

És el resultat d'aquest càlcul:

$$P_{ERP} = P_{TX} + L_C + G_{TX}$$



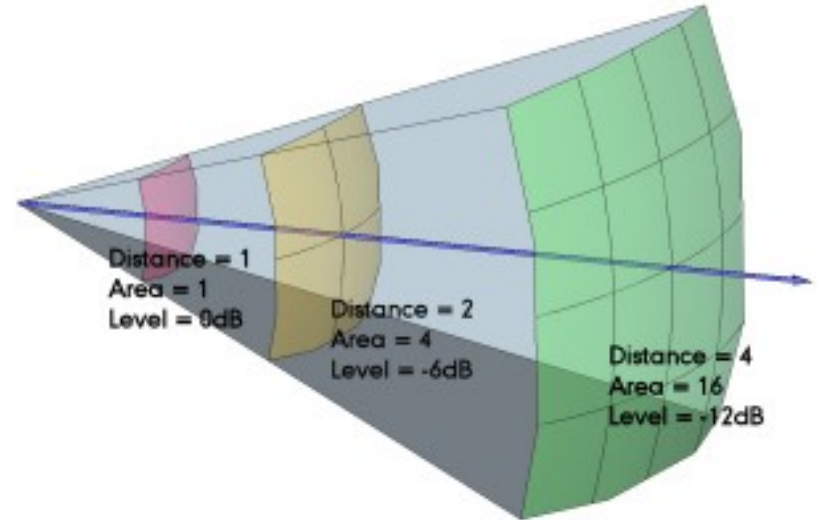


# Potència i distància

Duplicar la potència de transmissió no duplica la distància a la que podem arribar. La potència transmesa es dissipa per la superfície d'una esfera, que es proporcional al quadrat de la distància:

$$S(r) = 4 \cdot \pi \cdot r^2$$

Per tant, per duplicar la distància hem de multiplicar per 4 la potència de transmissió, o el que és el mateix: sumar-hi +6dB.



# Balanç de l'enllaç

El balanç de l'enllaç és la suma de tots els guanys i pèrdues en la transmissió:

$$L_B = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} + L_{RX} + L_{TX} + L_C + L_A + L_O$$

Guanys:

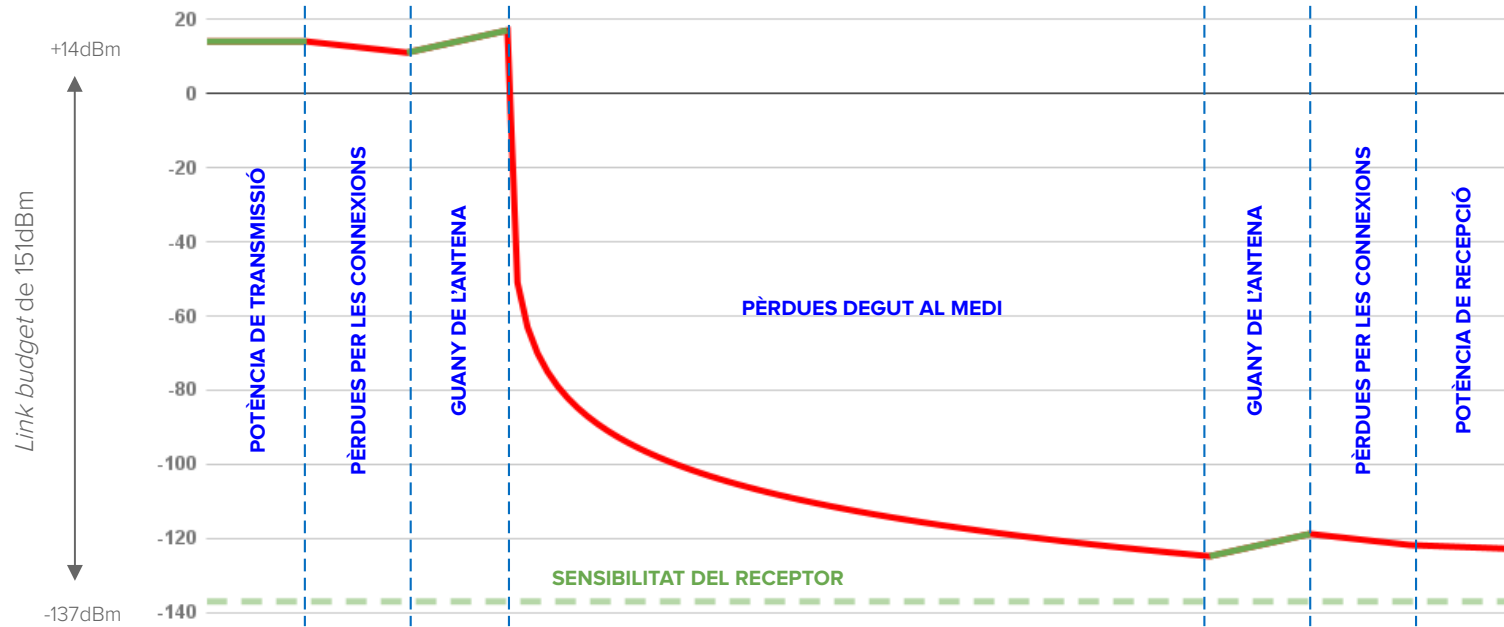
- Potència de transmissió ( $P_{TX}$ )
- Guany de l'antena de transmissió ( $G_{TX}$ )
- Guany de l'antena de recepció ( $G_{RX}$ )

Pèrdues:

- Adaptació de les antenes ( $L_{RX}$  and  $L_{TX}$ )
- Cables i connectors ( $L_C$ )
- Aire ( $L_A$ )
- Obstacles ( $L_O$ )

Si el balanç major que la **sensibilitat del receptor** ( $L_B > S_{RX}$ ) la recepció és possible.

# Balanç de l'enllaç



# Balanç de l'enllaç

Anem a fer un exemple amb una passarel·la de TTNCat i un node de prototipatge

Guanys:

- Potència de transmissió: 14dBm
- Sensibilitat *equivalent* del receptor: -137dBm (SF12BW125)
- Guany de l'antena de l'emissor: 2.15dBi (dipol perfecte)
- Guany de l'antena de recepció: 4.15dBi (*LorixOne outdoor antenna datasheet*)

Pèrdues:

- Connector node: -0.1dB
- Connector passarel·la: -0.1dB
- Constant 'n' d'entorn: 4 (urbà)

# Balanç de l'enllaç

$$S_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - L_C - L_A$$
$$-137 = 14 + 2.15 + 4.15 - 0.2 - L_A$$

$$L_A = 157.1\text{dB}$$

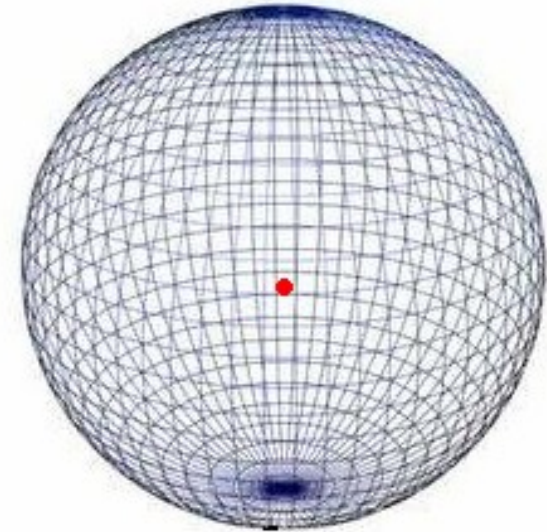
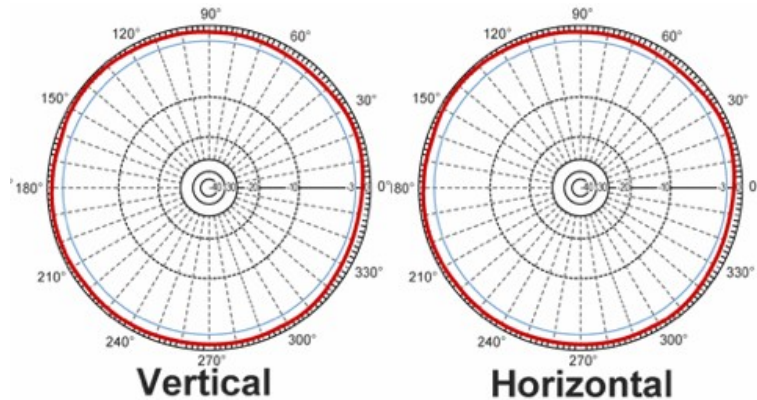
$$L_A = L_0 + 10 \cdot n \cdot \log(R) = -31.2 + 10 \cdot n \cdot \log(R)$$

n	R (km)
4 (urbà)	1.4
3 (rural)	15.7
2 (espai obert, LOS)	1830

**Antenas**

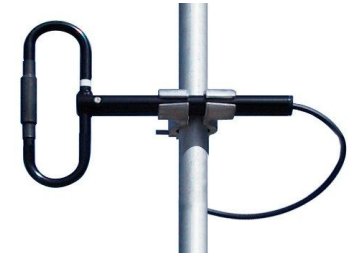
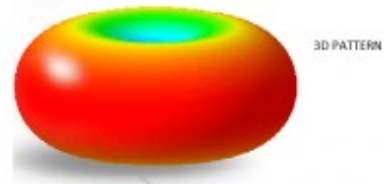
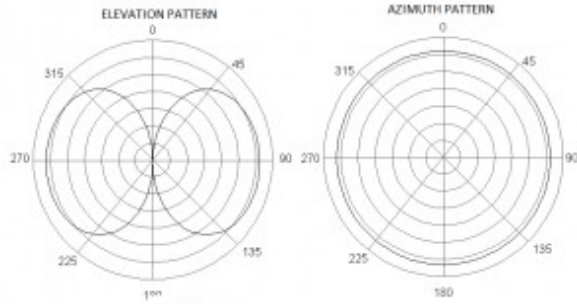
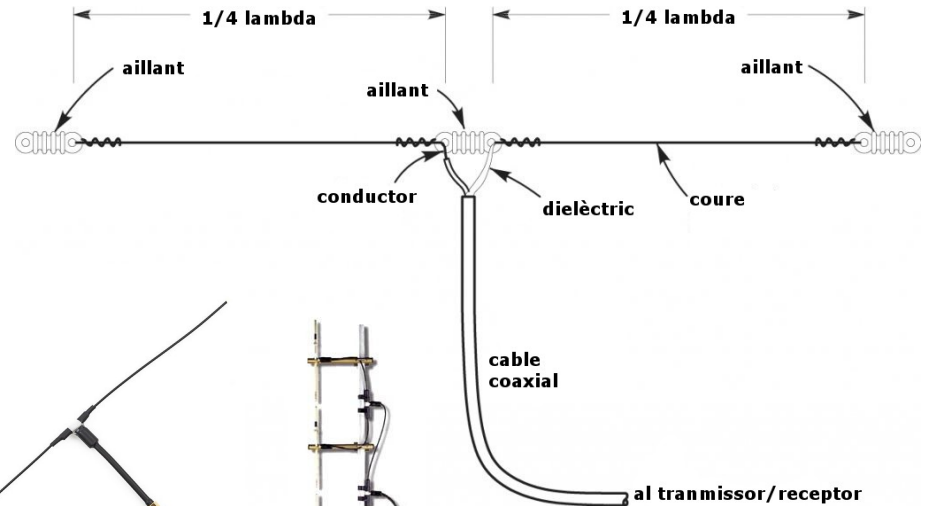
# Tipus d'antenes - Isotròpica

Una antena isotròpica és una font electromagnètica ideal que radia la mateixa potència en totes les direccions.



# Tipus d'antenes - dipol

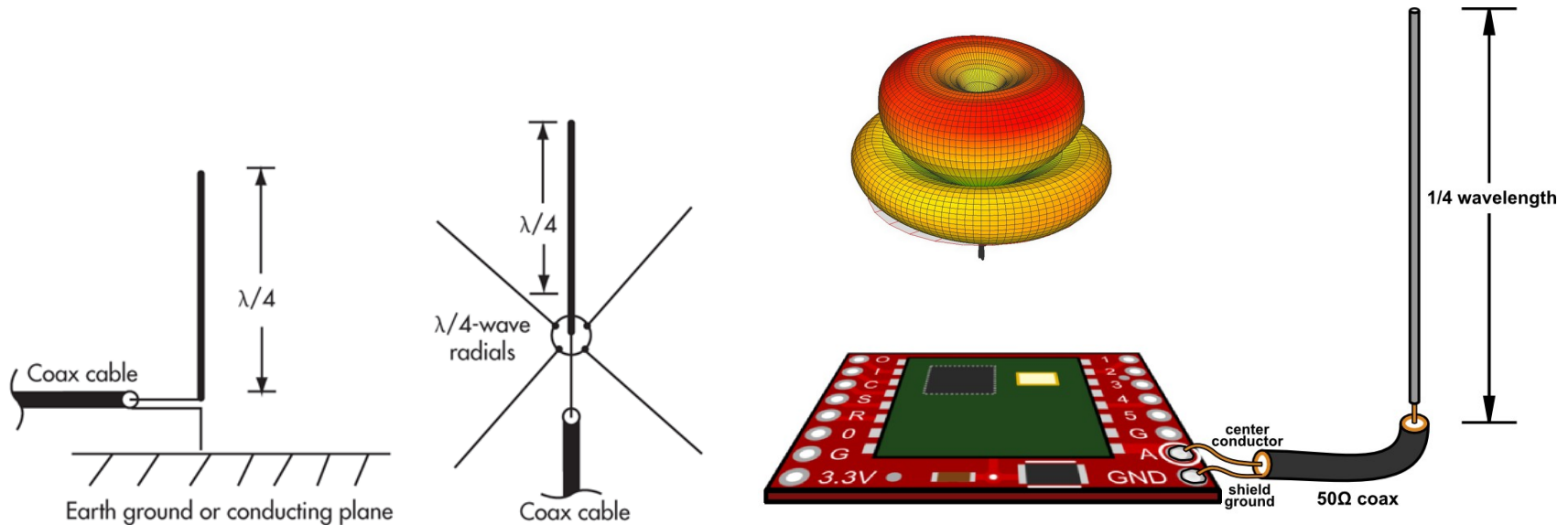
El dipol és l'antena més senzilla. Té un patró de radiació característic d'un donut i un guany en el pla normal a l'antena de +2.15dBi.





# Tipus d'antenes - Monopol

Els monopols són dipòls on es fa servir un element reflectant (terra, planxa metàl·lica, radis metàl·lics...) per substituir el pol no viu. Tenen un patró de radiació ideal de mig donut (tallar en horitzontal) però presenten distorsions en funció del pla.



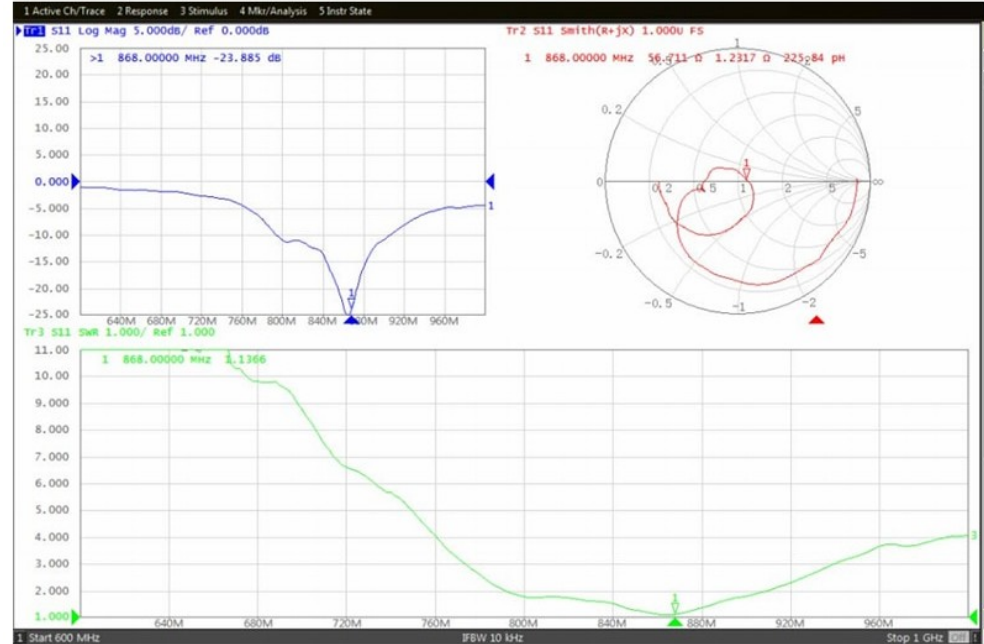
# Tipus d'antenes - Exemple



Glass Fiber Antenna

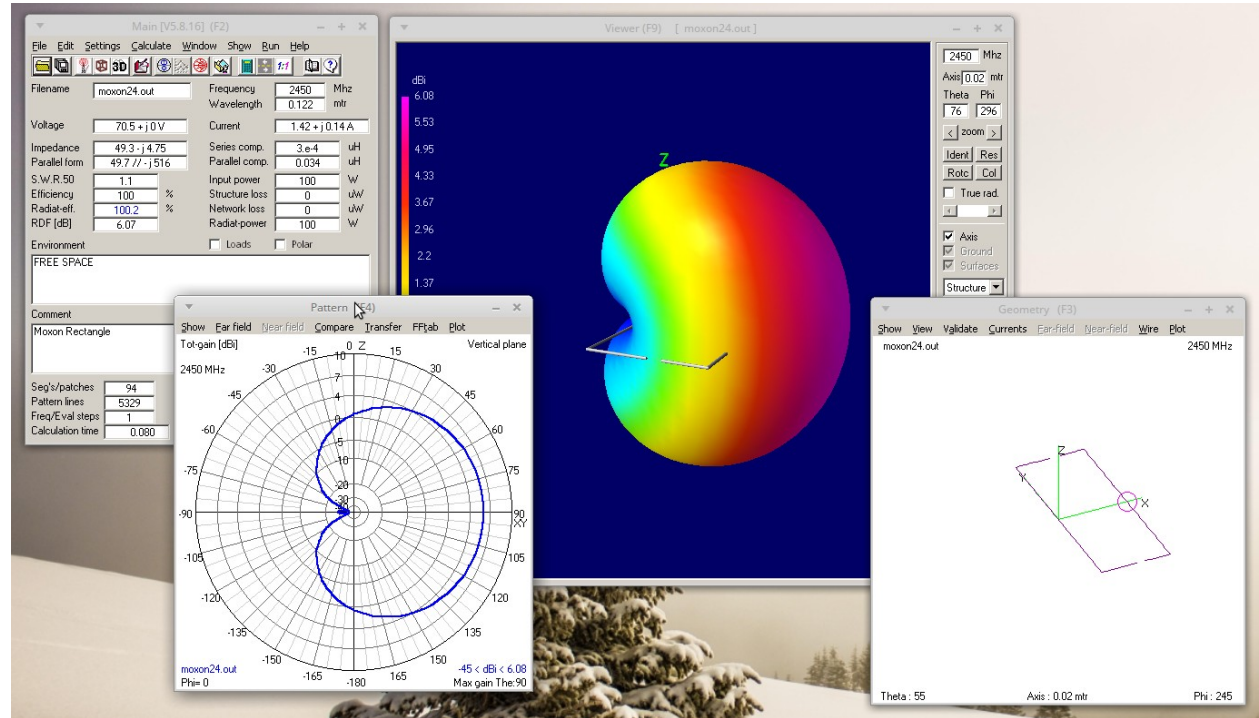


**Frequency : 433/470/868/915MHz**  
**S.W.R. : <= 2.0**  
**Antenna Gain : 6 dBi**  
**Polarization : Linear**  
**Impedance : 50 Ohm**  
**Material of Radiator : Cu**  
**Material of Plastic : Glass Fiber(Body)**  
**Cable Type : RG 141**  
**Connector Type : N Male**  
**Connector Pull Test : >= 5 Kg**  
**Operation Temperature : - 40 °C ~ + 80 °C**  
**Storage Temperature : - 40 °C ~ + 80 °C**



# Simulador d'antenes (4nec2)

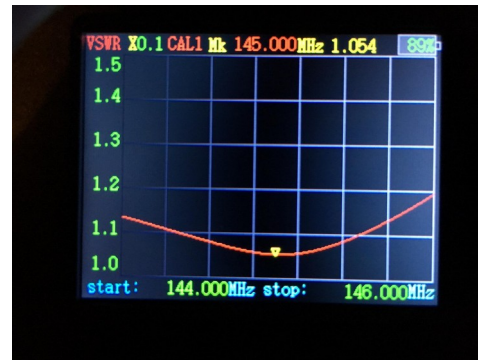
Eina *freeware* de disseny d'antenes. Permet definir les característiques, generar patrons de radiació teòrics i optimitzar-los en funció d'infinat de variables.



# Analitzadors (N1201SA)

També dins del rang d'eines de baix cost es poden trobar analitzadors d'antenes que proporcionen resultats asombrosament semblants a equipament tipus NVA 100 vegades més cars, com per exemple el N1201SA.

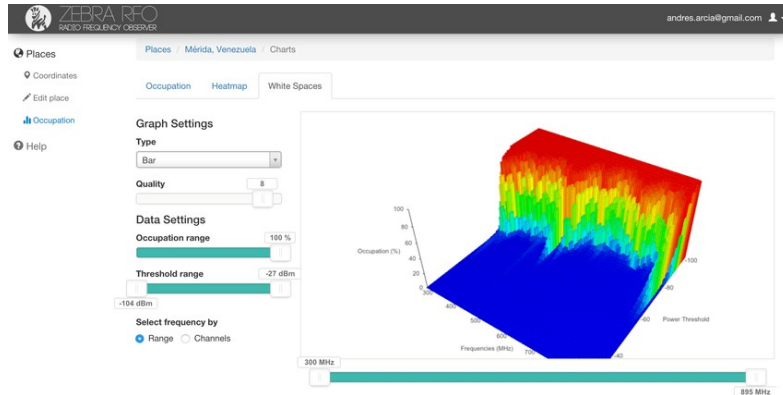
Aquests dispositius funcionen prou bé per no ser professionals, tot i que es recomana disposar d'atenuadors i filtres passa-banda.



# Analitzador d'espectre

N'hi ha de molt professionals, però també d'assequibles que, si bé limitats, poden proporcionar informació molt útil.

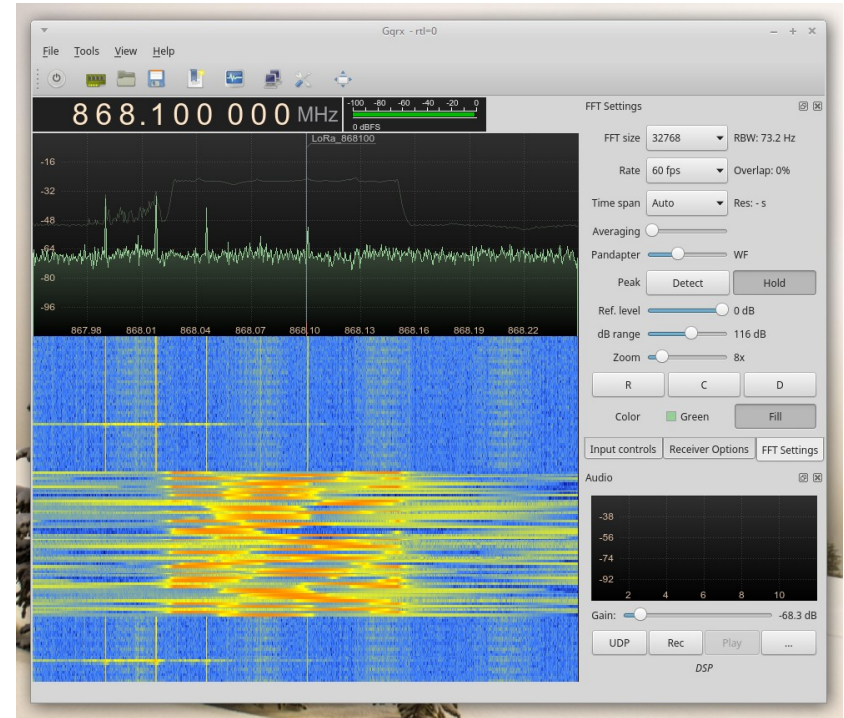
Es fa servir a nivell acadèmic per analitzar ocupació i col·lisions.



# Analitzador d'espectre

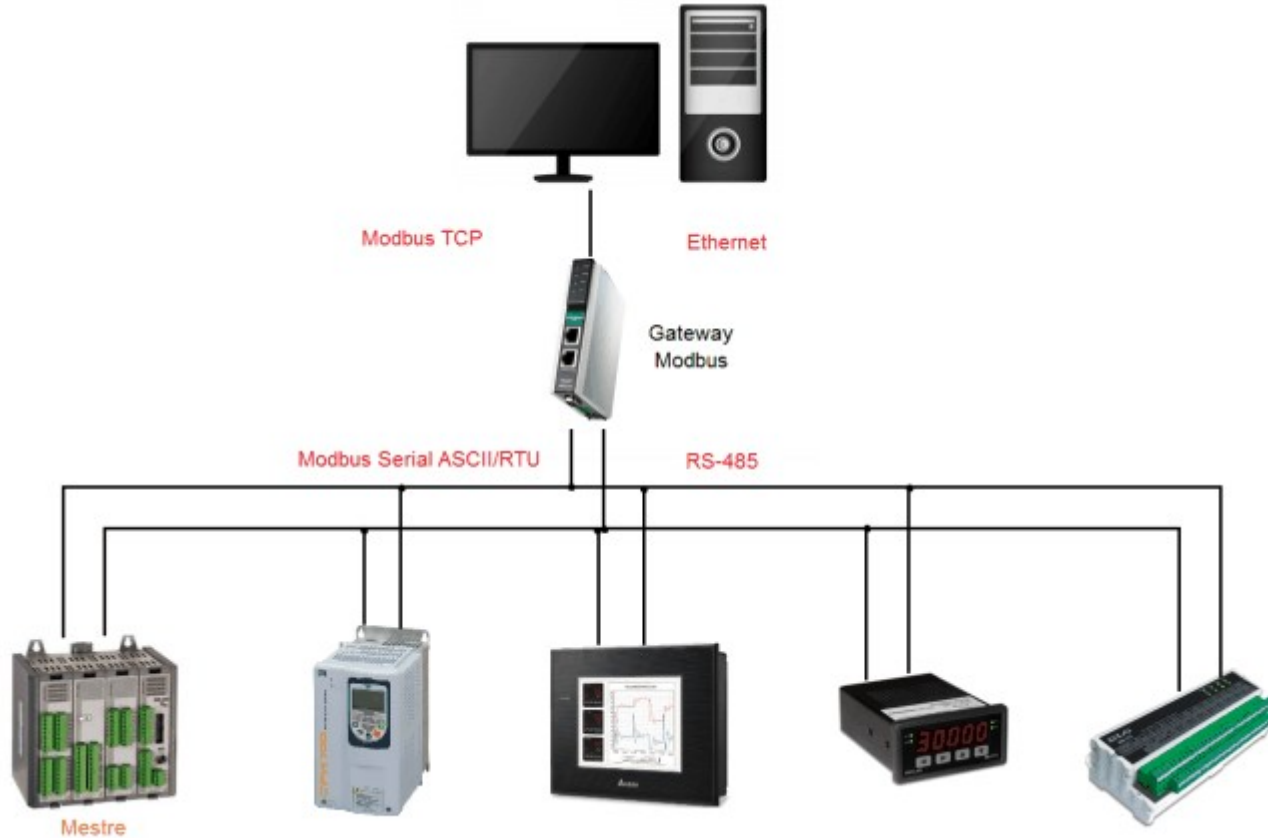
Eina *open source* per radio definida per software (SDR en anglès). Funciona amb diferents dispositius, alguns dels quals valen només uns 15€, altres més de 1000€.

També permet enregistrar l'espectre en un fitxer o descodificar determinades senyals (AM, FM).



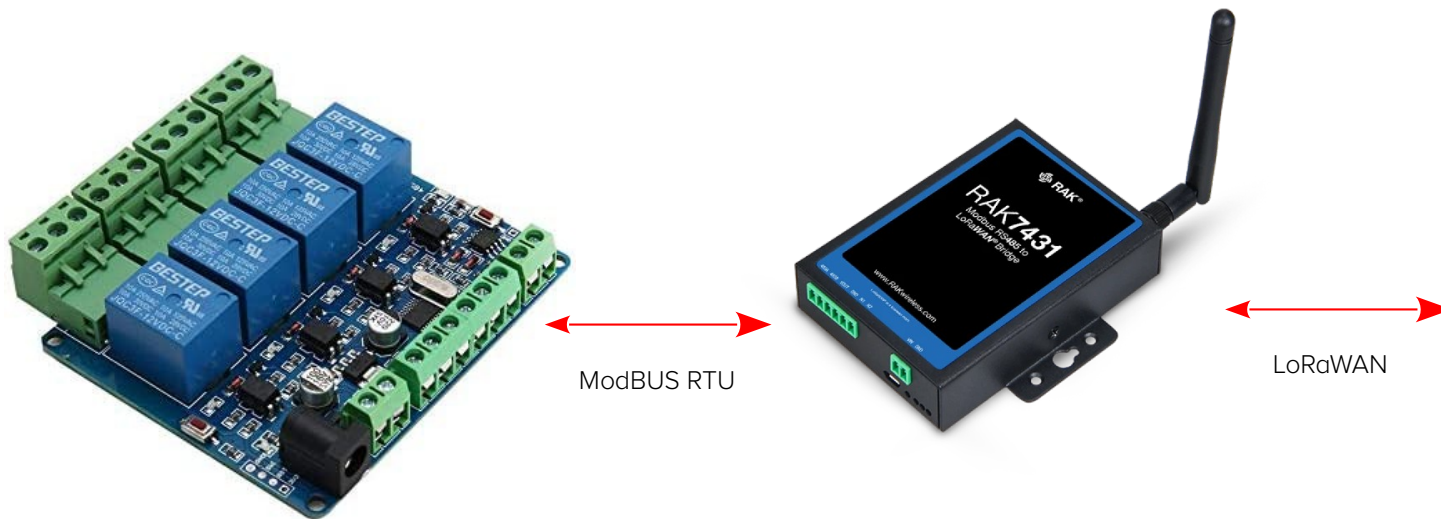
# Protocolos Industriales

# ModBUS RTU





# ModBUS a LoRaWAN



# Connexió







# Configuració LoRaWAN

Ens connectem al pont via USB i entrem:

```
AT+VERSION
AT+REGION=EU868
AT+JOINMODE=OTAA
AT+PUBLIC=1
AT+CLASS=C
AT+ADR=0
AT+DATARATE=0
AT+CONFIRM=1
AT+RETRY=3
AT+TXPOWER=14
```

```
AT+DEVEUI=AC1F09FFFE...
AT+APPEUI=AC1F09FFFE...
AT+APPKEY=AC1F09FFFE...
```

## General information

End device ID	rak7431-01	
Frequency plan	Europe 863-870 MHz (SF9 for RX2 - recommen...	
LoRaWAN version	LoRaWAN Specification 1.0.3	
Regional Parameters version	RP001 Regional Parameters 1.0.3 revision A	
Created at	Feb 20, 2022 16:54:50	

## Hardware

Brand	rakwireless
Model	rak7431
Hardware version	1.0
Firmware version	1.2.0

## Activation information

AppEUI	.....	<>	
DevEUI	.....	<>	
AppKey	.....		

# Configuració ModBUS

En la mateixa connexió:

```
AT+BAUDRATE=9600
```

```
AT+DATABIT=8
```

```
AT+STOPBIT=1
```

```
AT+PARITY=NONE
```

```
AT+DTUMODE=MODBUS
```

```
AT+TRANSPARENT=1
```

```
AT+POLLPERIOD=60
```

```
AT+POLLTASK
```

```
AT+RMPOLL=1
```

```
AT+ADDPOLL=1:0101000000043DC9
```

```
AT+ENABLEPOLL=1
```

Time	Type	Data preview
↓ 17:07:48	Schedule data downlink for transmissi...	DevAddr: 26 0B 7D B2 <> Rx1 Delay: 5
↑ 17:07:48	Forward uplink data message	DevAddr: 26 0B 7D B2 <> Payload: 01 01 01 0F 11 8C <> FPort: 1 Data
↑ 17:07:48	Successfully processed data message	DevAddr: 26 0B 7D B2 <>
↓ 17:06:40	Schedule data downlink for transmissi...	DevAddr: 26 0B 7D B2 <> Rx1 Delay: 5
↑ 17:06:40	Forward uplink data message	DevAddr: 26 0B 7D B2 <> Payload: 01 01 01 0F 11 C6 <> FPort: 1 Data
↑ 17:06:40	Successfully processed data message	DevAddr: 26 0B 7D B2 <>

# Downlinks

## Schedule downlink

### Insert Mode

- Replace downlink queue  
 Push to downlink queue (append)

### FPort\*

### Payload type

- Bytes  JSON

### Payload

The desired payload bytes of the downlink message

- Confirmed downlink

Schedule downlink

Missatges de downlink:

	ON	OFF
<b>Relé 1</b>	01050000FF008C3A	010500000000CDCA
<b>Relé 2</b>	01050001FF00DDFA	0105000100009C0A
<b>Relé 3</b>	01050002FF002DFA	0105000200006C0A
<b>Relé 4</b>	01050003FF007C3A	0105000300003DCA