

LoRaWAN

Tecnología de Comunicación



Andrés Jiménez Mora
Castalia Leiva Cordero

Componentes Físicos



Gateway

Radio compleja que escucha distintos nodos al mismo tiempo.



Dispositivo Final

Sensores o actuadores que envían información por medio de enlaces ascendentes al gateway.



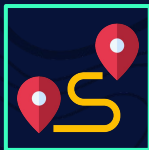
Servidor

Recompila y analiza información de los dispositivos finales.

Características

Largo Alcance

Topología de estrella



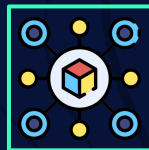
Larga Batería

Hasta 10 años



Alta Capacidad

Millones de mensajes
por gateway



Bajo Costo

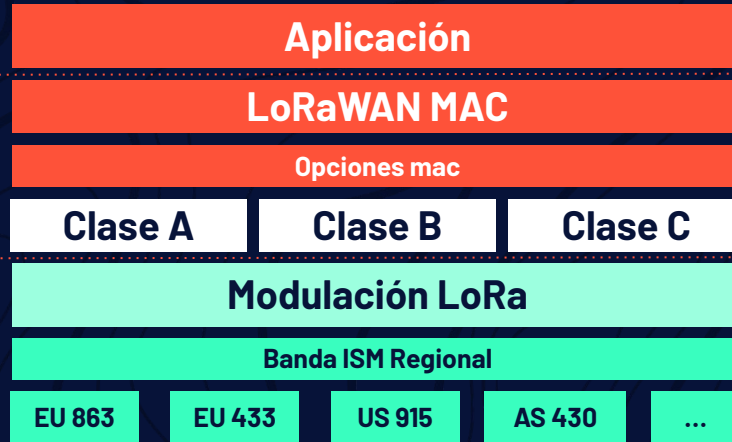
Infraestructura
mínima



Seguridad

Encriptado AES-128

Protocolo

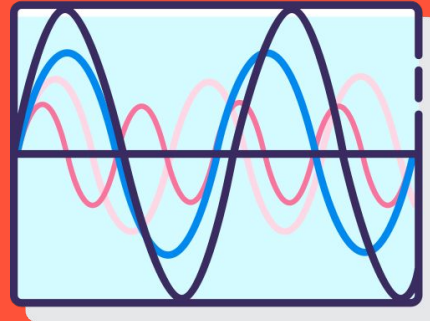


MAC

PHY

Modulación LoRa

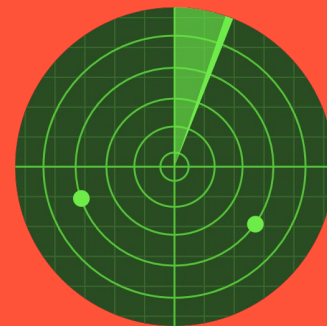
- Basada en la tecnología CSS (Chirp Spread Spectrum)
 - Modula símbolos utilizando "Chirps"
- Permite transmisión a largas distancias, potencia y tasa de envío de datos bajas
- Utiliza 2 anchos de banda
 - 125kHz
 - 500kHz



Chirp Spread Spectrum (CSS)

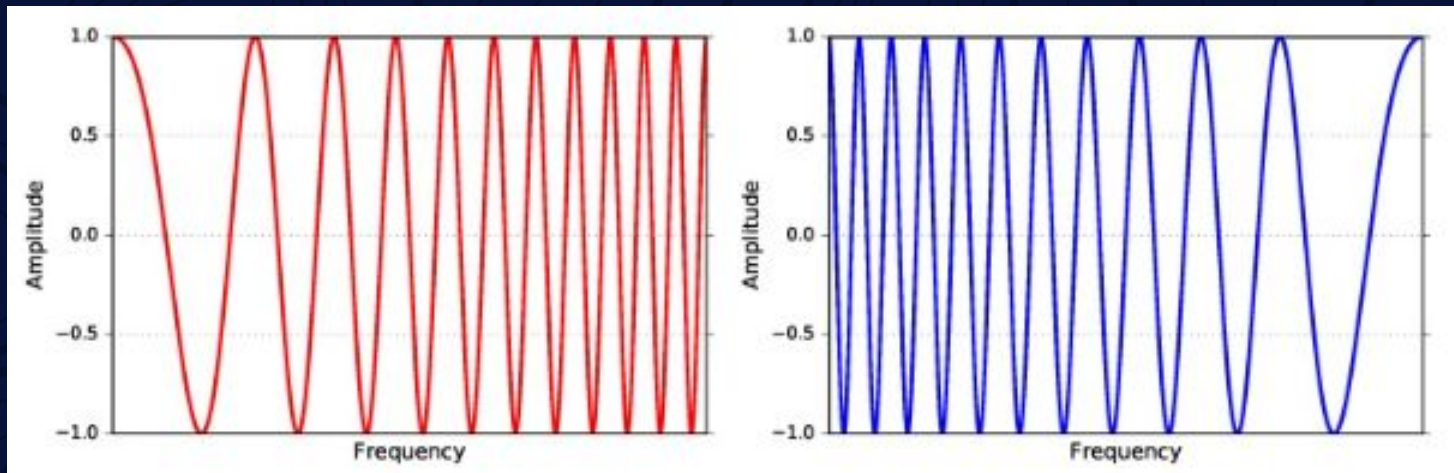
Señales "Chirp":

- **Amplitud constante**
- **Frecuencia varía de forma lineal/no lineal**
- **Recorren todo el BW**
- **Tipos de Chirp:**
 - **Up-Chirp**
 - **Down-Chirp**



Chirp Spread Spectrum (CSS)

Ejemplo de señales Up-Chirp y Down-Chirp:



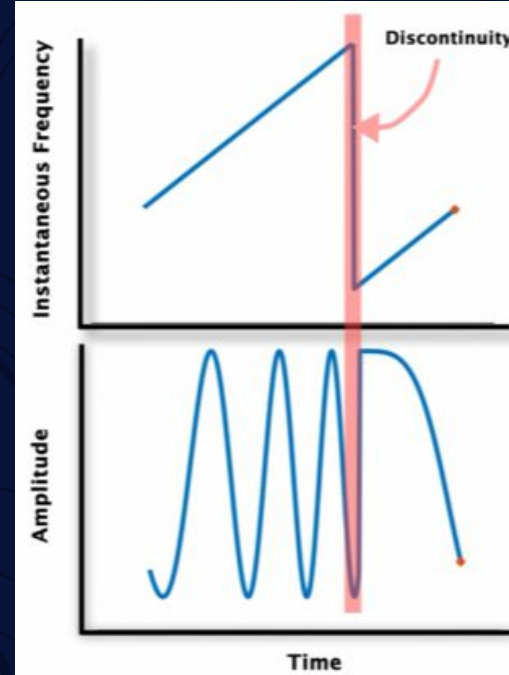
Up-Chirp

Down-Chirp

Modulación LoRa y factor SF

Se le conoce como SF o factor de dispersión

- Varía entre valores de {7,8,9,10,11,12}
- La cantidad de símbolos que se pueden transmitir es 2^{SF}
- La información se almacena en las discontinuidades
- Ortogonalidad



Modulación LoRa y factor SF

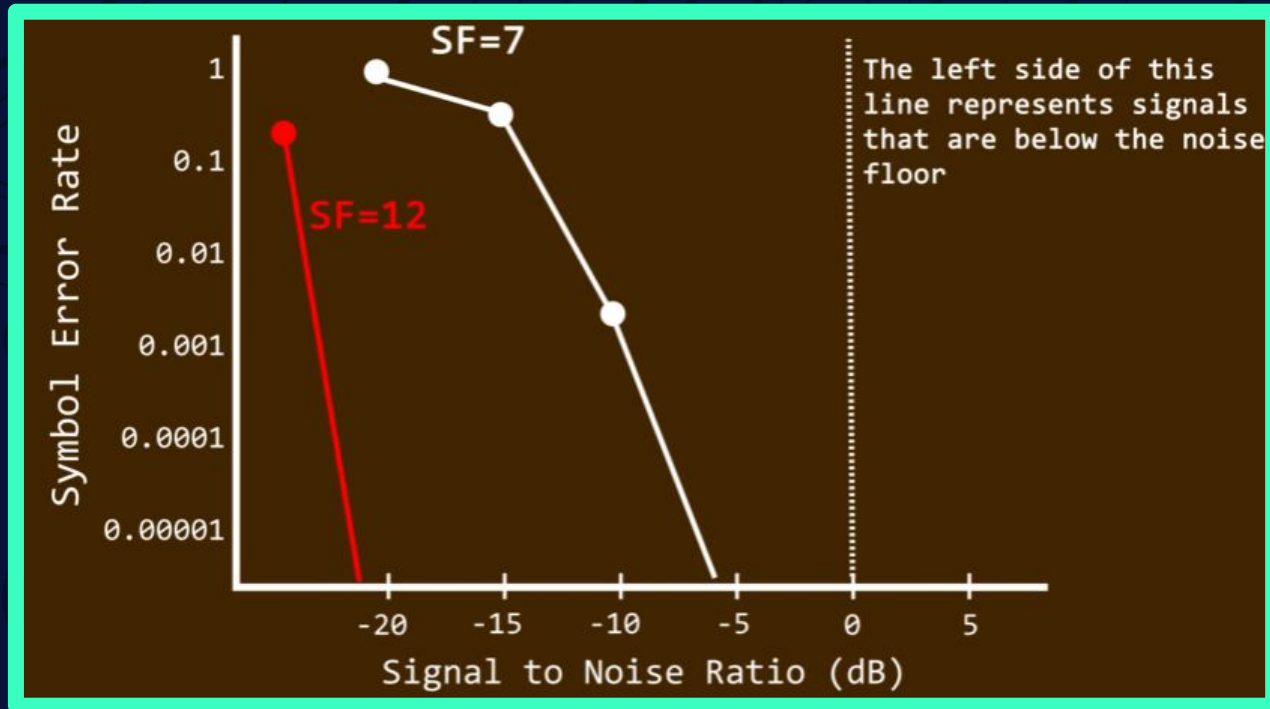
SF influye en la duración de transmisión de cada símbolo y en la distancia

Spreading Factor (For UL at 125 KHz)	Bit Rate	Range (Depends on Terrain)	Time on Air for an 11-byte payload
SF10	980 bps	8 km	371 ms
SF9	1760 bps	6 km	185 ms
SF8	3125 bps	4 km	103 ms
SF7	5470 bps	2 km	61 ms

Distancia de transmisión para diferentes SF

Modulación LoRa y factor SF

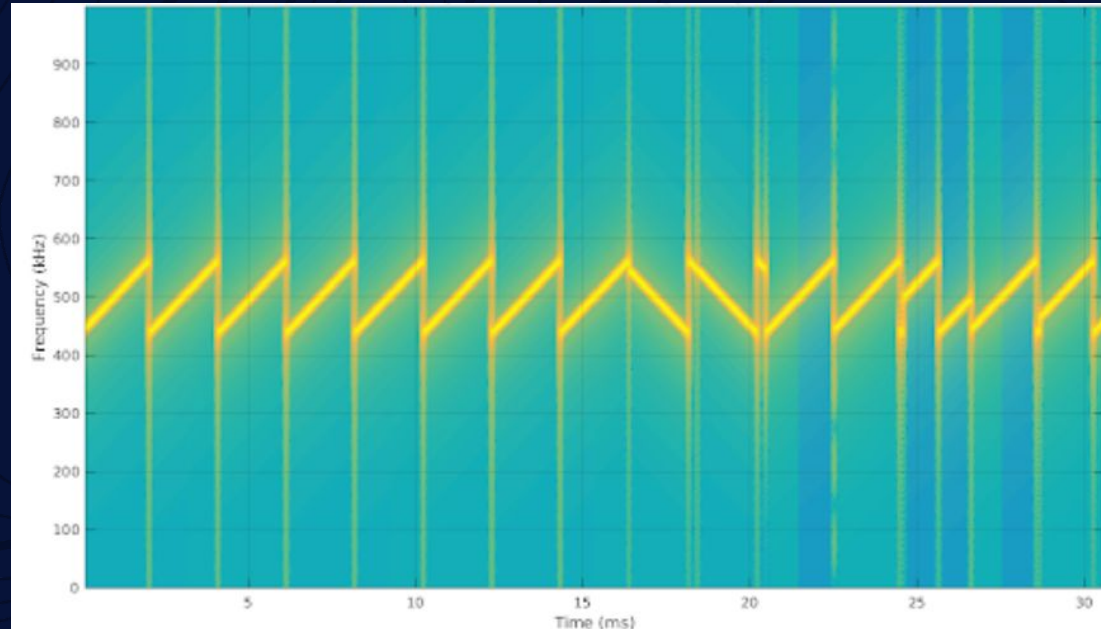
SF influye en la atenuación del ruido



Error de transmisión según el SNR de la señal

Modulación LoRa (transmisor)

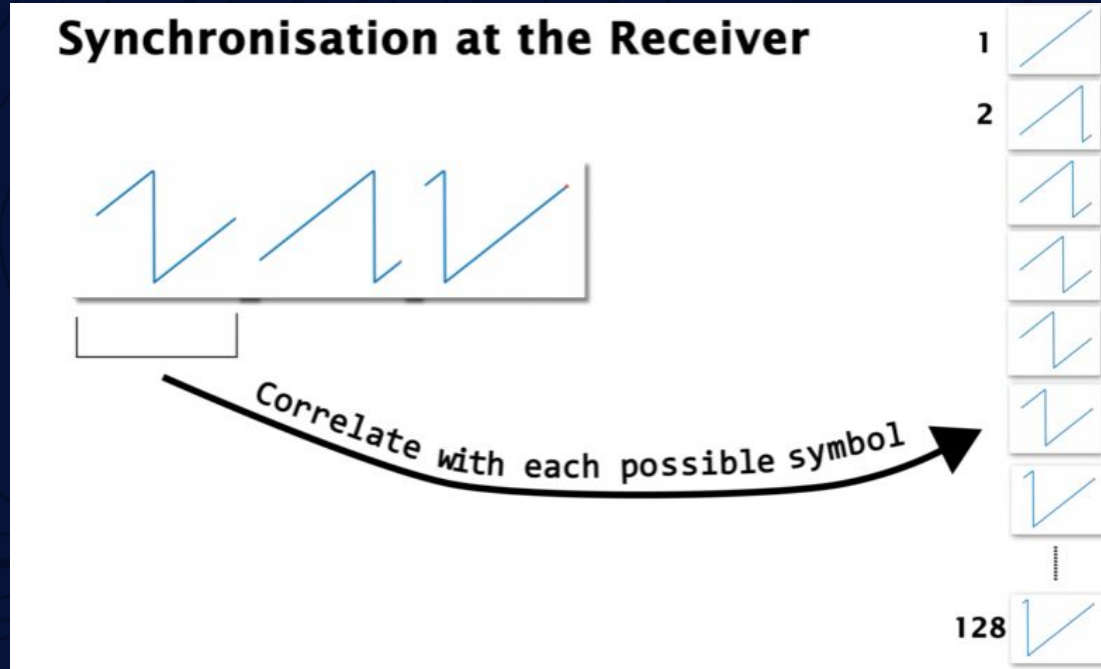
1. Se envía el "preamble" (primeros 8 símbolos)
2. Símbolos para sincronización (2 símbolos siguientes)
3. Payload (resto de símbolos)



Espectro de frecuencia para una transmisión LoRa

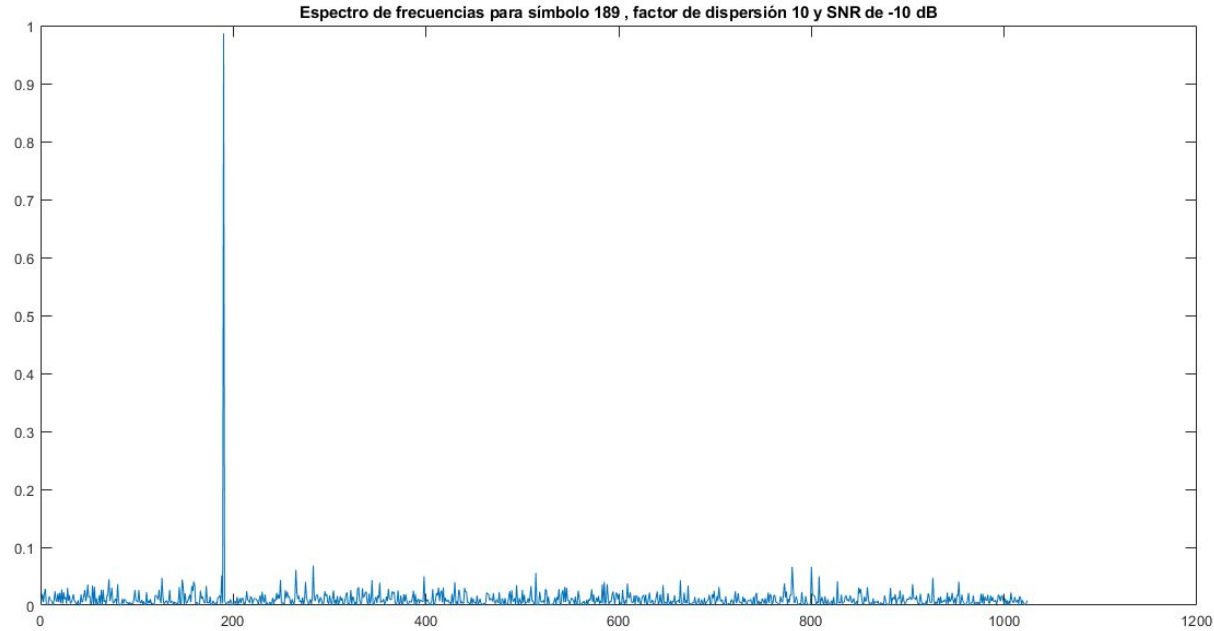
Modulación LoRa (receptor)

1. Se tiene una copia de cada símbolo
2. Correlación
3. Transformada Rápida de Fourier



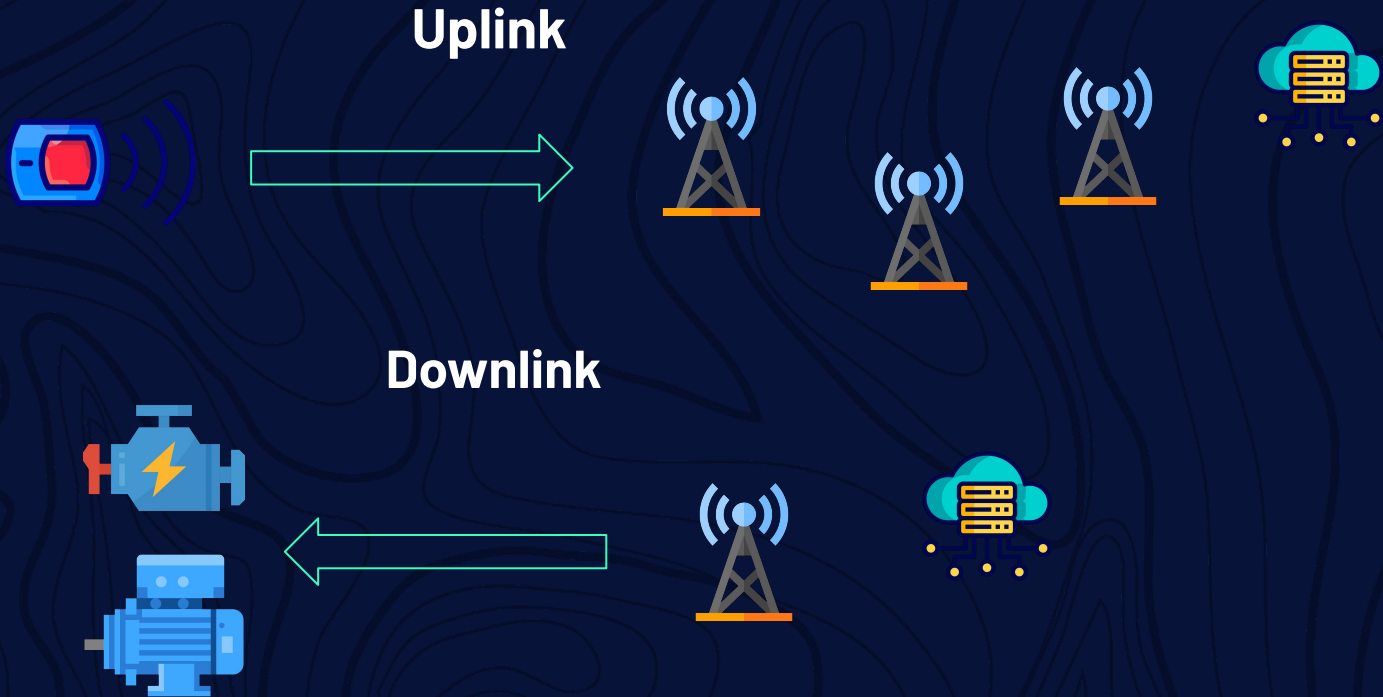
Operación de correlación en el receptor

Modulación LoRa (receptor)



Transformada de Fourier de la señal demodulada

Modulación LoRa y tipos de enlaces



Arquitectura



Clases de Dispositivos Finales

A

Presente en todos los dispositivos. Cuando detecta un cambio en el entorno se inicia un enlace ascendente. Luego se abren dos ventanas con un tiempo dado para recepción

B

Mejora de la clase A, las ventanas de recepción se programan regularmente para poder recibir enlaces descendentes de la red.

C

Siempre se encuentran abiertas las ventanas escuchando los mensajes de enlace descendente. Se detiene cuando se envía un mensaje ascendente.

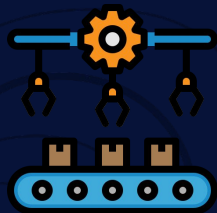
LoRaWAN

Versiones

Versión	Año	Características
1.0	2015	Versión Inicial
1.0.1	2016	Clarificaciones y correcciones
1.0.2	2017	Nuevas funciones de seguridad y roaming
1.0.3	2018	Agrega la Clase B
1.0.4	2020	Mejoras en seguridad, clase B y aclaraciones



LoRaWAN en la industria



MANUFACTURA

Monitoreo de flujos,
contaminación, fugas,
presión, etc

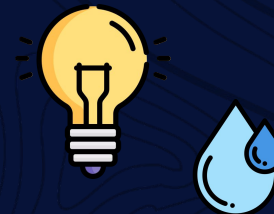
- **Stratasys**
- **Boston Scientific**



AGRICULTURA

Optimización de procesos
de irrigación, control de
humedad y mapeo de
terrenos

- **WaterBit**
- **SensoTerra**
- **itk**



DISTRIBUCIÓN DE SERVICIOS

Detección rápida de fugas,
ahorro de recursos

- **Birdz**
- **Shenzhen Kaifa
Technology**
- **Orion Systems
LLC**

Demostración de la tecnología

Se estudian aspectos de la modulación LoRa:

1. Proceso de modulación y demodulación, señales involucradas
2. Comportamiento del sistema ante el ruido para diferentes SF

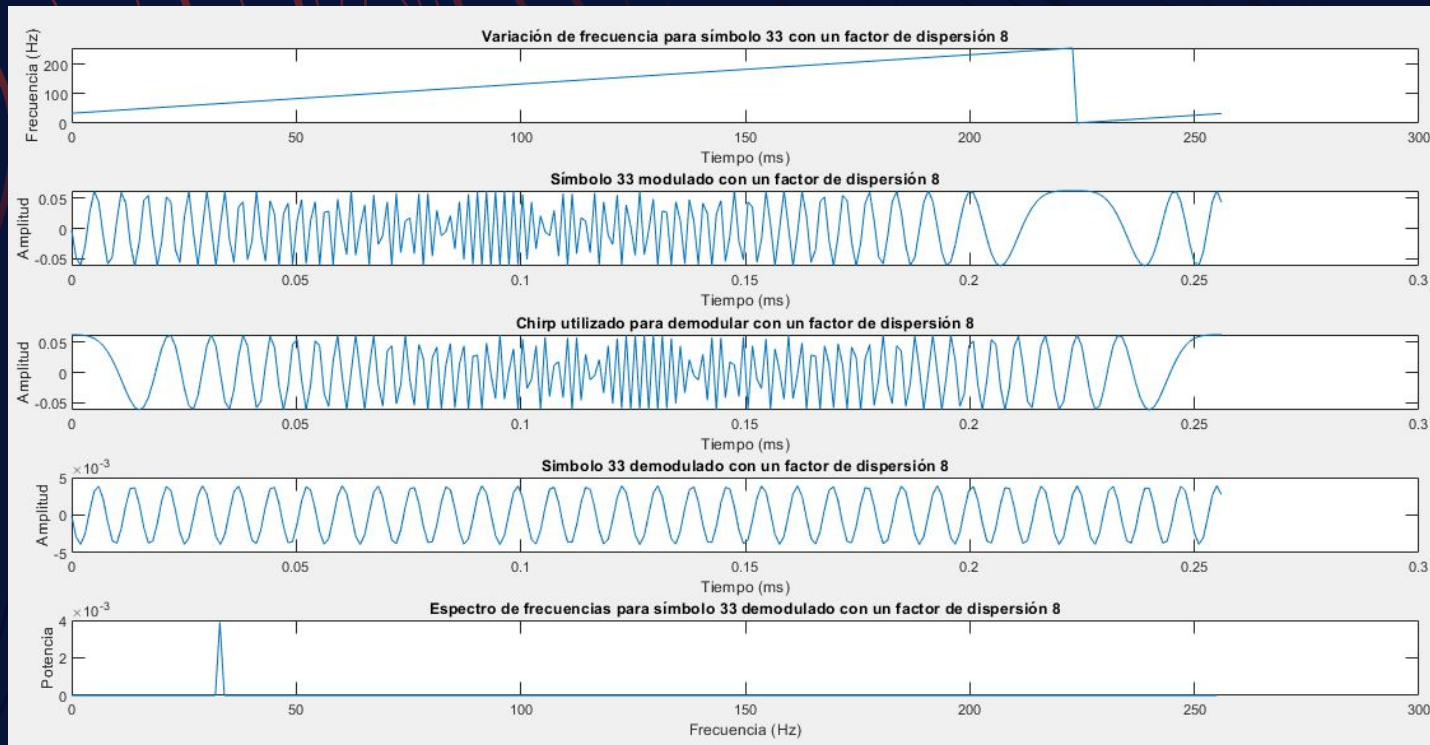
El experimento se llevó a cabo mediante un script en MATLAB y utilizando las ecuaciones presentadas en [2].



Demostración de la tecnología: Modulación LoRa

Parámetros del experimento:

- **SF = 8**
- **Símbolo 33**

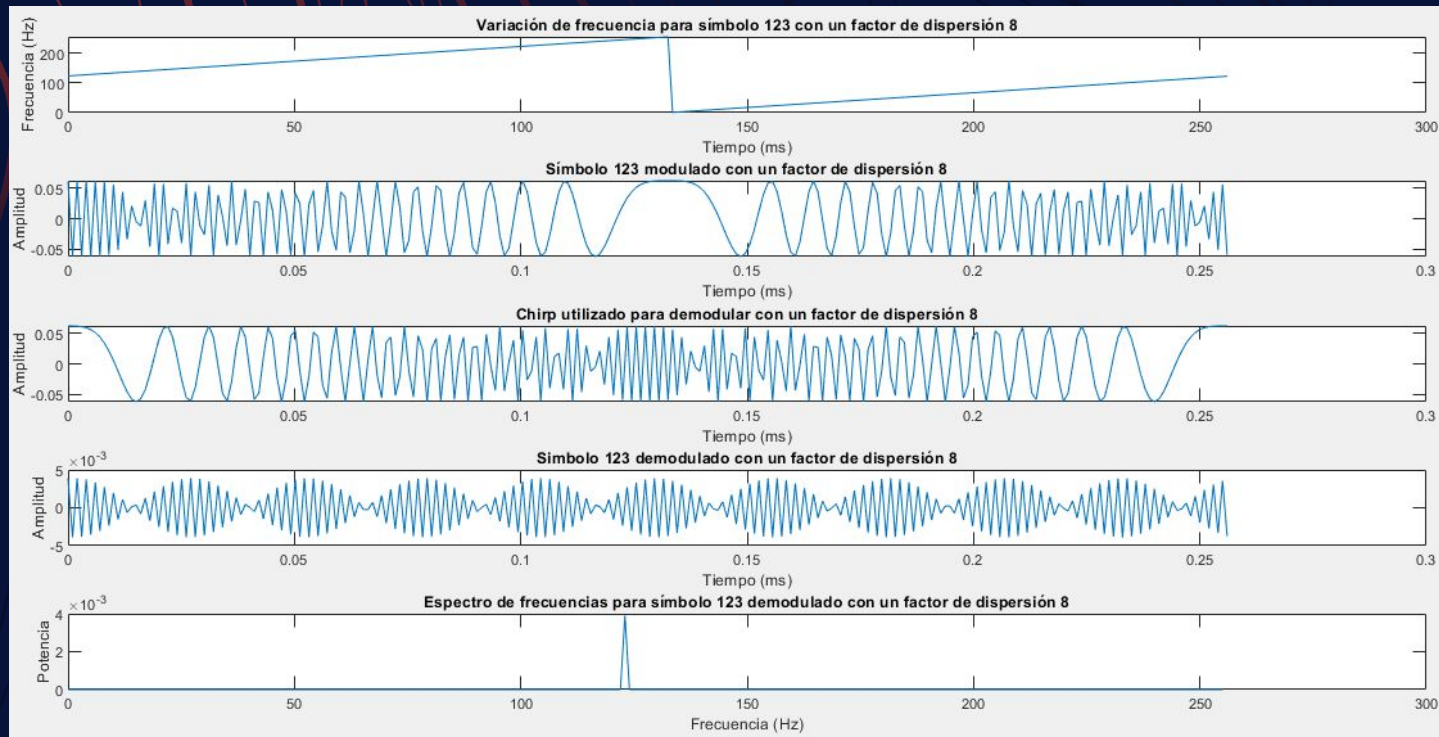


Señales involucradas en el proceso de modulación LoRa para un SF y s dados

Demostración de la tecnología: Modulación LoRa

Parámetros del experimento:

- **SF = 8**
- **Símbolo 123**

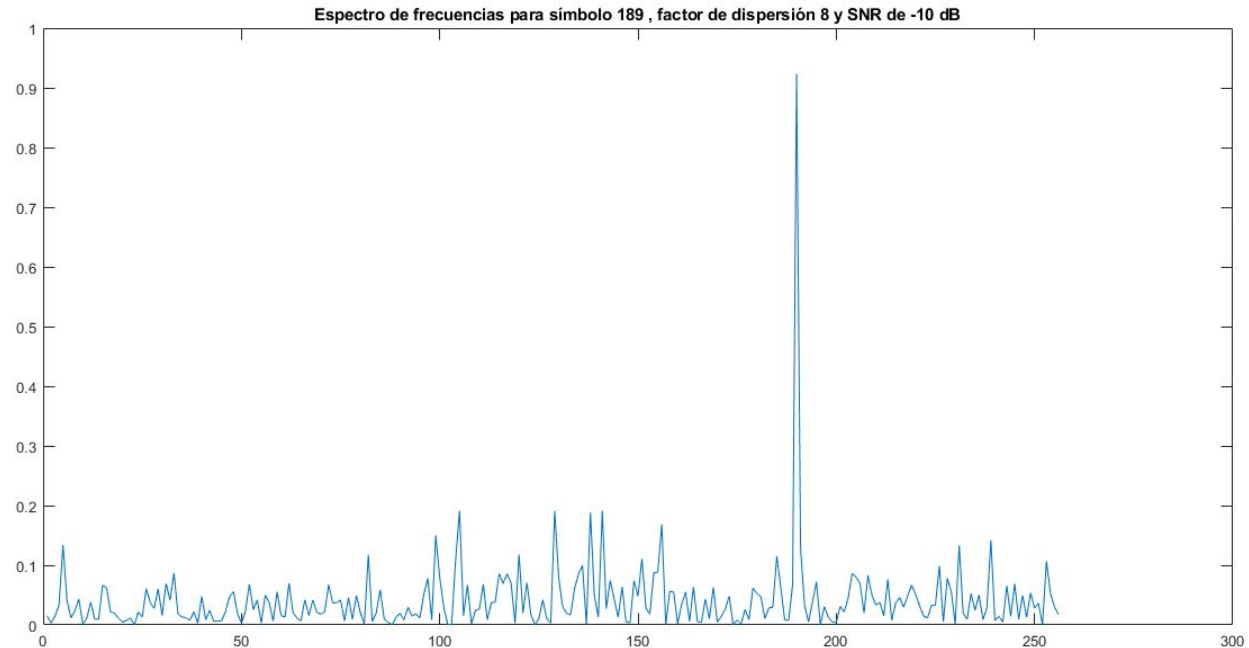


Señales involucradas en el proceso de modulación LoRa para un SF y s dados

Demostración de la tecnología: Respuesta ante ruido

Parámetros del experimento:

- SF = 8
- Símbolo 189
- SNR = -10dB

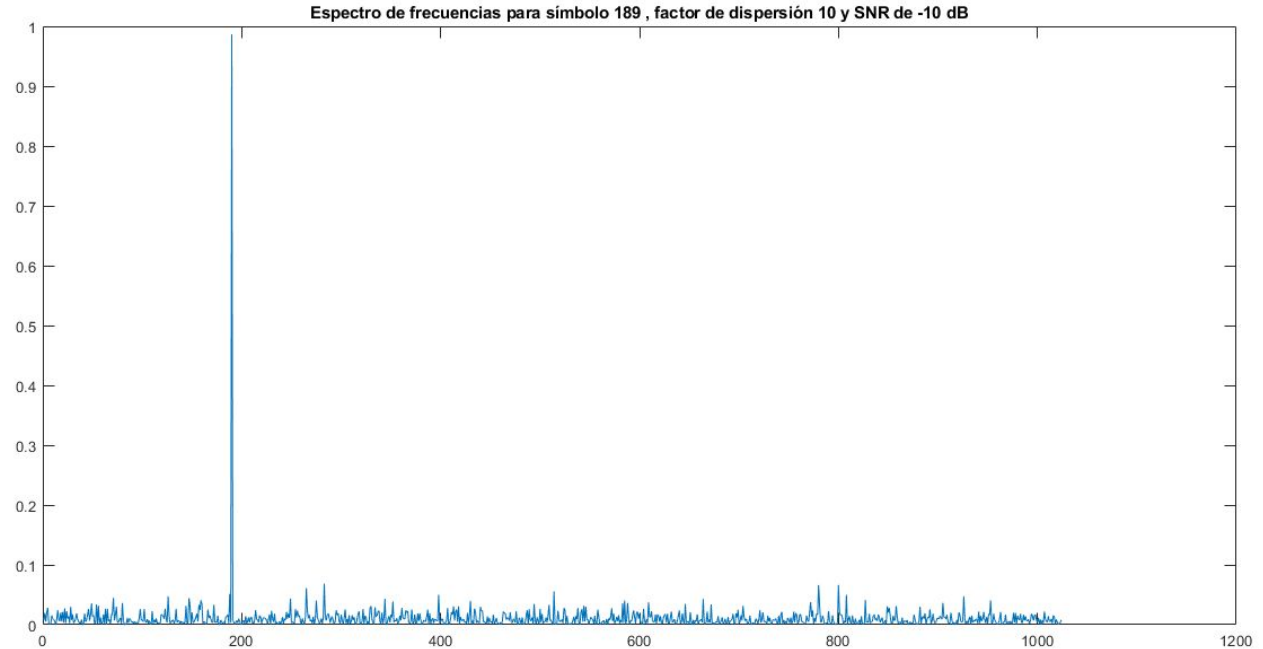


Espectro de frecuencias en receptor LoRa

Demostración de la tecnología: Respuesta ante ruido

Parámetros del experimento:

- SF = 10
- Símbolo 189
- SNR = -10dB

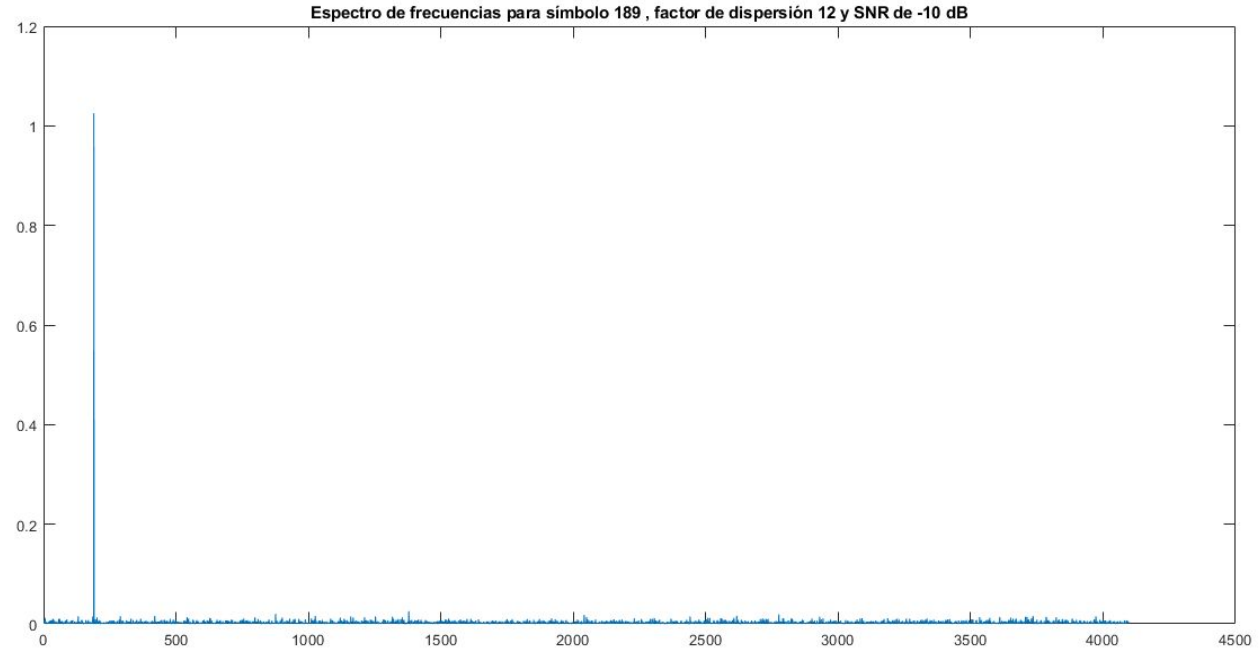


Espectro de frecuencias en receptor LoRa

Demostración de la tecnología: Respuesta ante ruido

Parámetros del experimento:

- SF = 12
- Símbolo 189
- SNR = -10dB

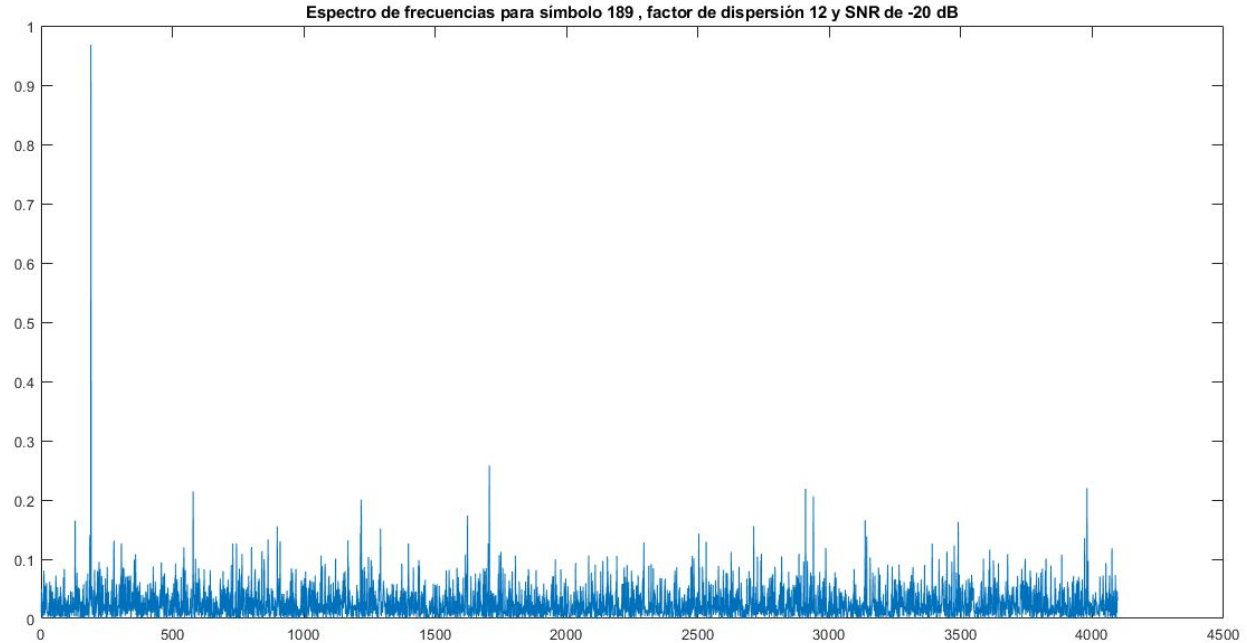


Espectro de frecuencias en receptor LoRa

Demostración de la tecnología: Respuesta ante ruido

Parámetros del experimento:

- SF = 12
- Símbolo 189
- SNR = -20dB



Espectro de frecuencias en receptor LoRa

Conclusiones



- **LoRaWAN es un protocolo basado en la modulación de radio LoRa que permite establecer conexiones a largas distancias, con requisitos de energía bajos y pequeñas tasas de datos.**
- **La modulación Lora se basa en la tecnología de Chirp Spread Spectrum para obtener señales moduladas cuya frecuencia varía linealmente y almacena la información.**
- **La modulación LoRa es altamente robusta ante el ruido de transmisión y la atenuación del mismo aumenta con el factor de dispersión SF.**
- **LoRaWAN se ha utilizado ampliamente en la industria para realizar monitoreo remoto.**

Referencias



[1] LoRa Modulation Basics. AN1200.22 Revision 2, Camarillo, CA, USA: Semtech, May 2015,

<https://lora-developers.semtech.com/documentation/tech-papers-and-guides/lora-and-lorawan/>

[2] V. Lorenzo "Frequency Shift Chirp Modulation: The LoRa Modulation". Available Online:

<https://catalog.us-east-1.prod.workshops.aws/workshops/b95a6659-bd4f-4567-8307-bd4b43a608c4/en-US/100-intro/lorawanversions>

[3] F. Adelantado et al. "Understanding the Limits of LoRaWAN" IEEE Commun. Mag. vol. 55 no. 9 pp. 34-40 Sept. 2017. doi: 10.1109/MCOM.2017.1600613

LoRaWAN

Tecnología de Comunicación



¡GRACIAS!