

# OFDM

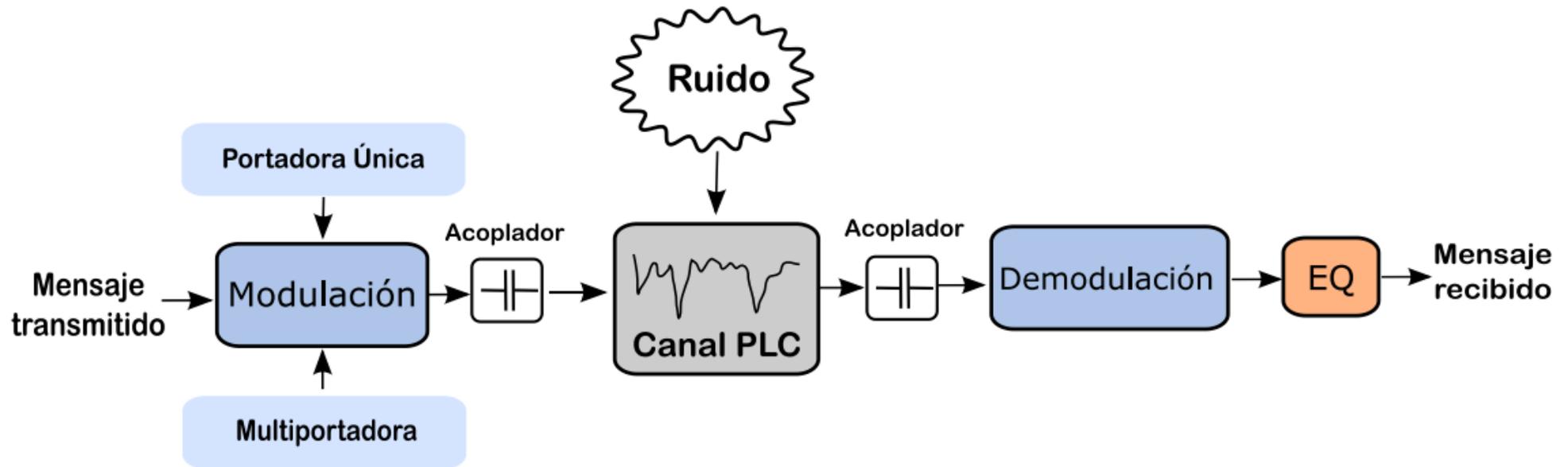
---

*Orthogonal Frequency-Division Multiplexing*

Multiplexación por división ortogonal de frecuencia

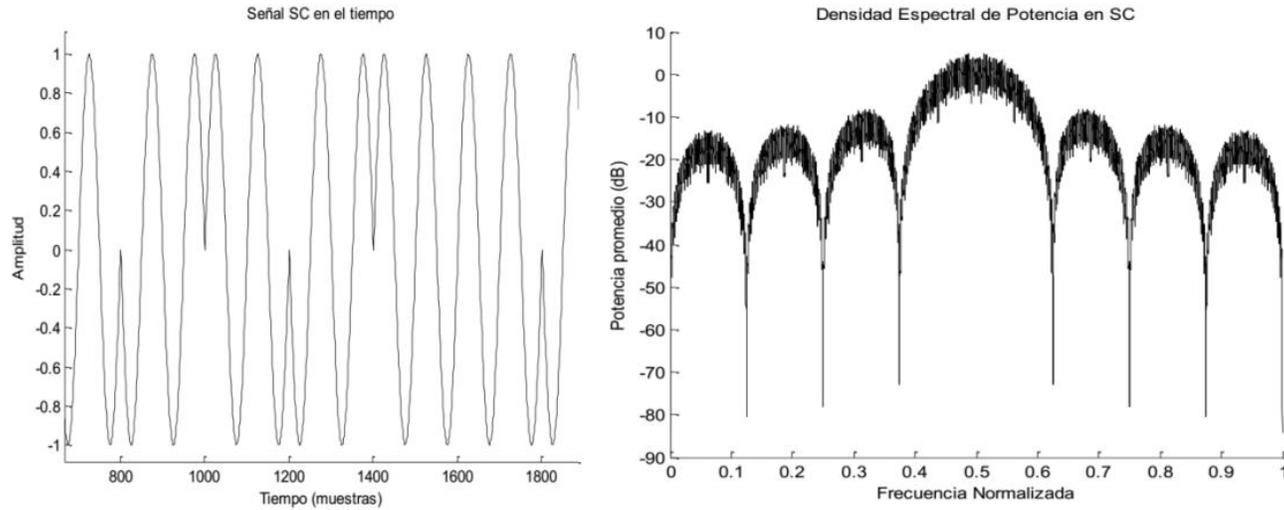
# Aplicación de OFDM en sistemas de comunicación por la red eléctrica (PLC)

El esquema general de un sistema PLC puede ser:



# Datos modulados en Portadora única Vs. OFDM

BPSK (*binary phase-shift keying*).



En Portadora Única (SC) la señal en el tiempo es muy sencilla de manipular. La información se transmite en serie y cada bit se distribuye en un ancho de banda determinado.

En OFDM la información se distribuye en N canales y cada bit ocupa un ancho de banda mínimo. La señal en el tiempo es muy compleja en amplitudes y sufre de PARP (*Peak-to-Average Power Ratio*)

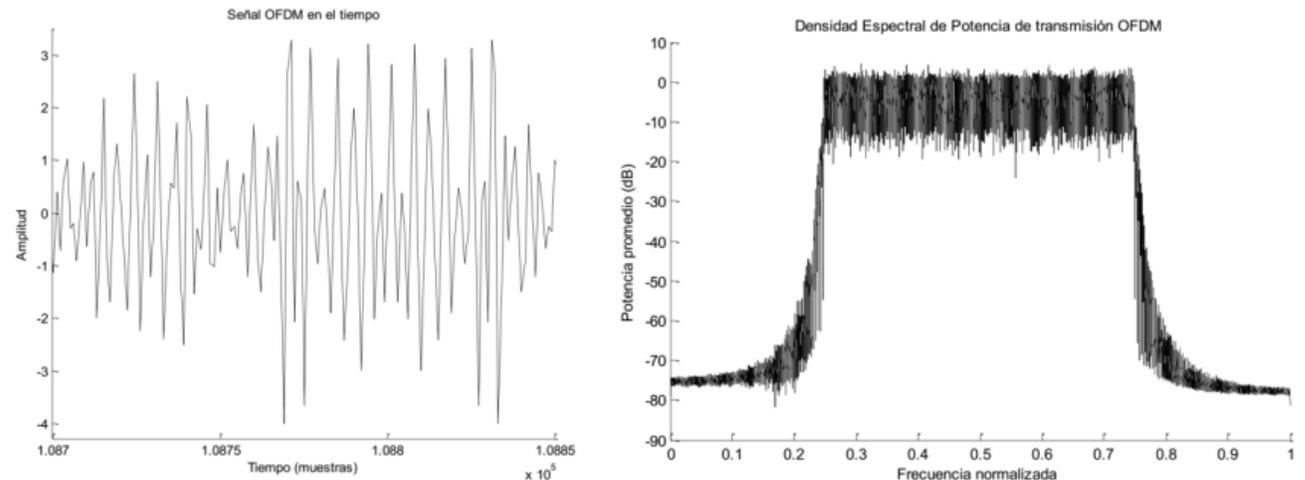
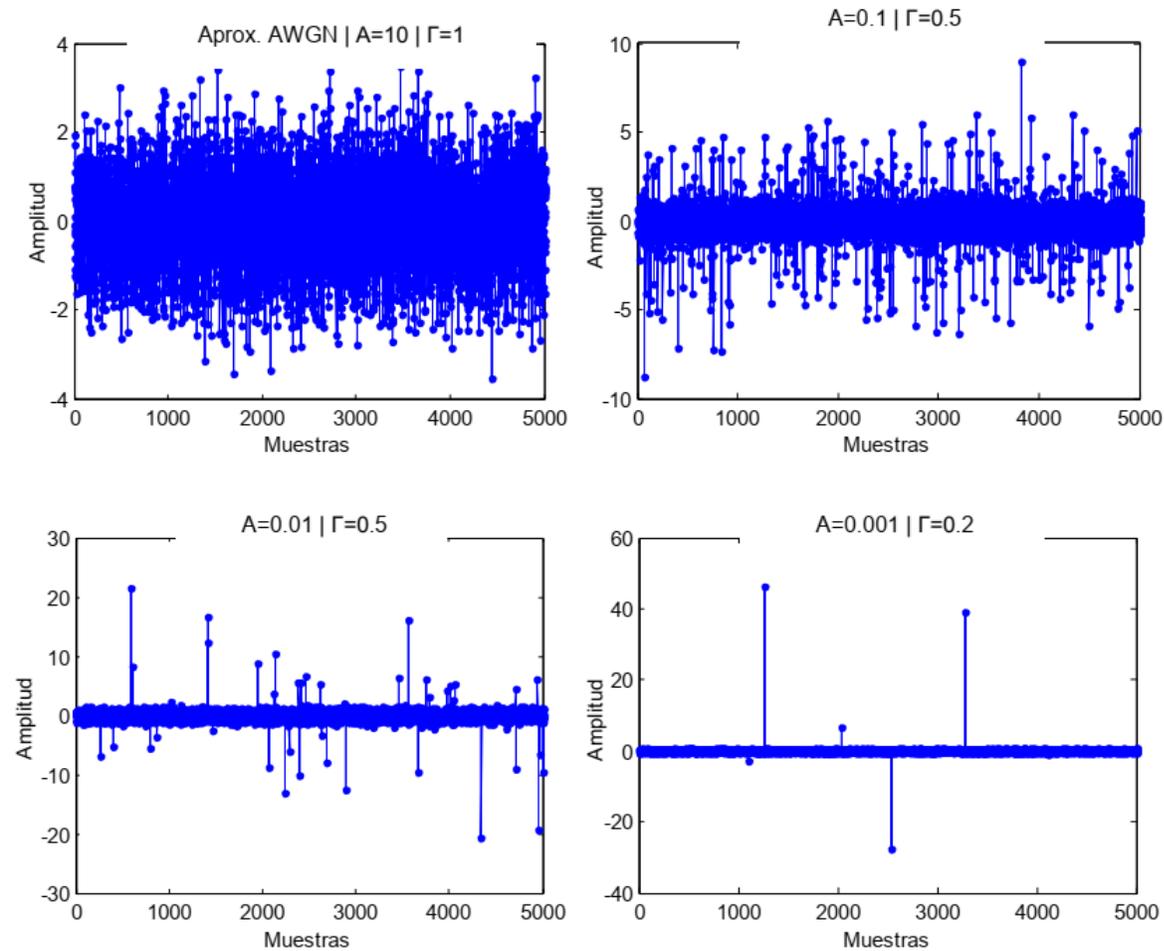


Figura 2-5: Características de tiempo y frecuencia de una señal OFDM con 128 portadoras.

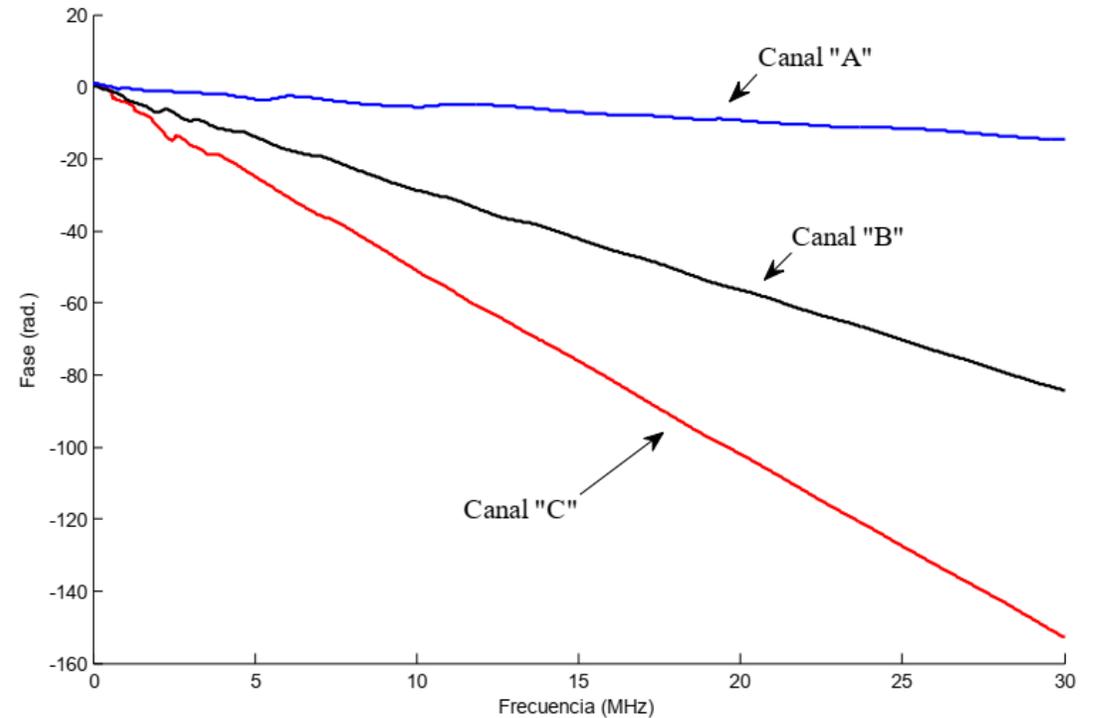
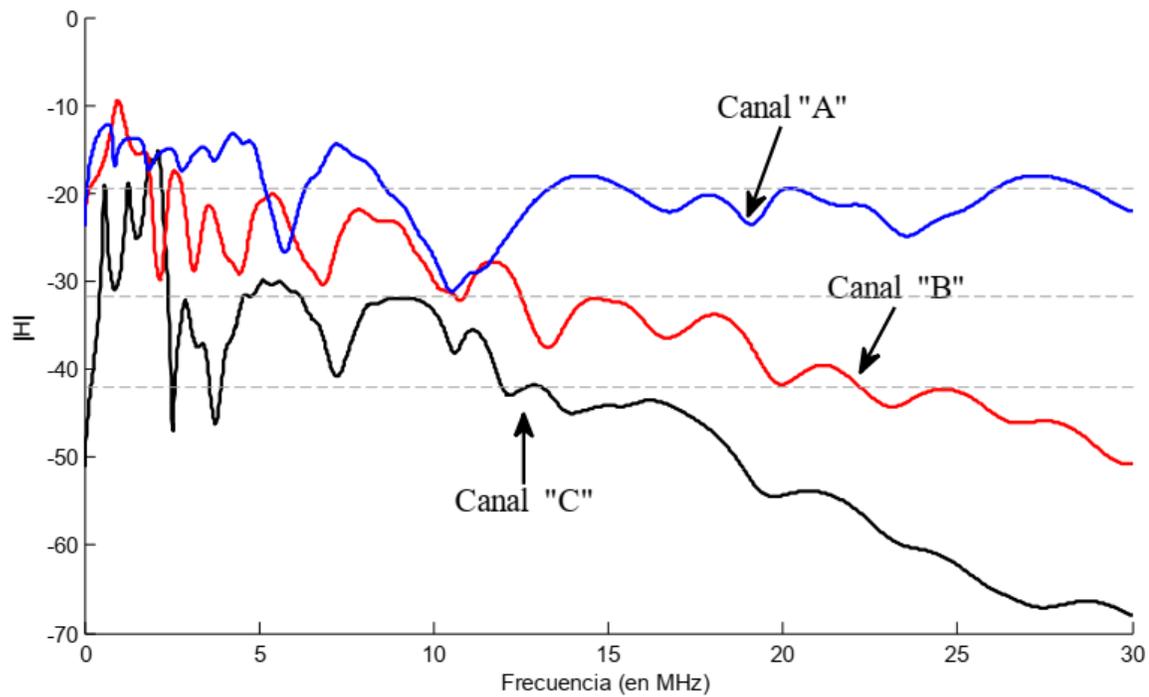
## Tipos de ruidos en sistemas de comunicación reales:



**Figura 2-2:** Tipos de ruido impulsivo generados mediante el modelo Middleton Clase A (MCA).

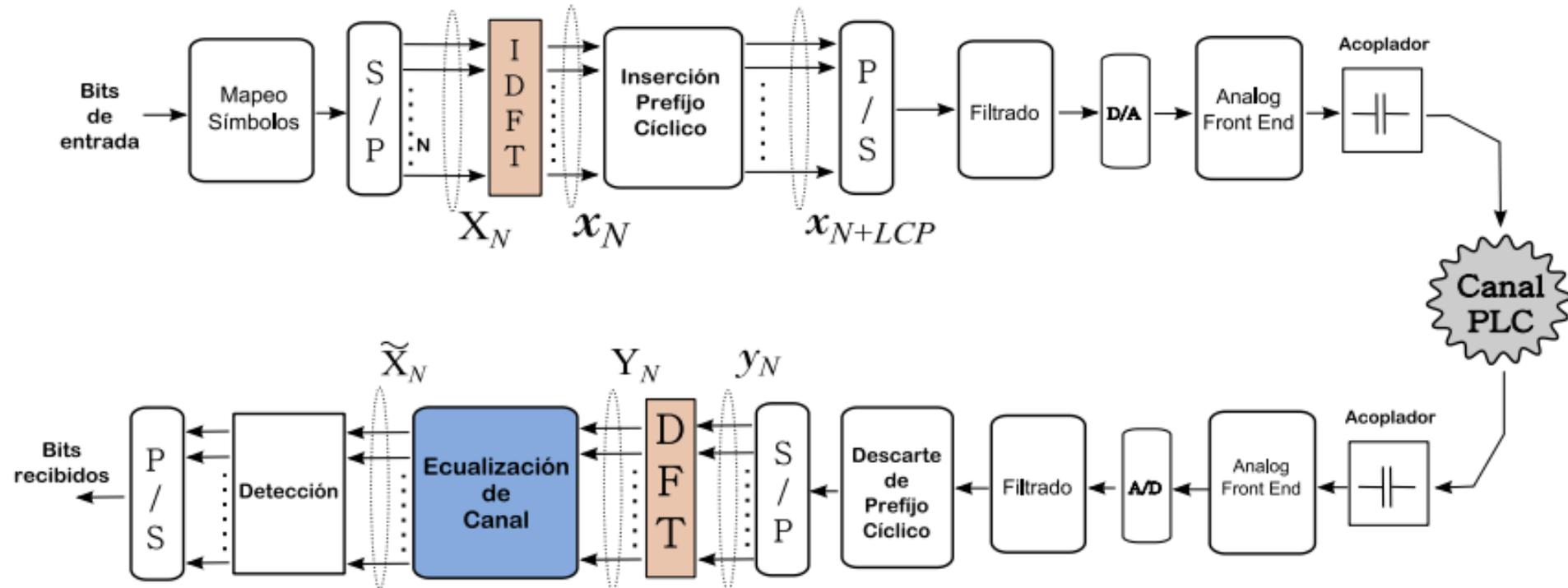
## Modelos de canales en sistemas PLC

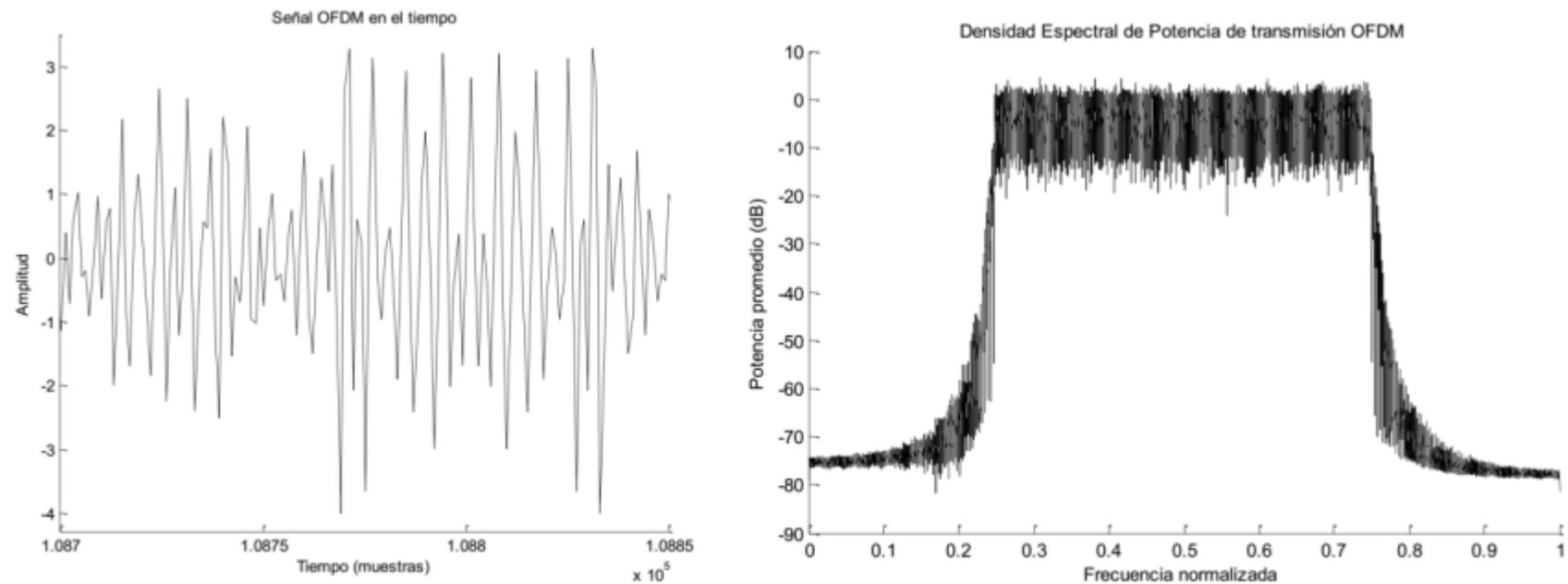
En función a la distancia y las ramificaciones, los canales pueden ser como:



# Esquema de comunicación mediante OFDM

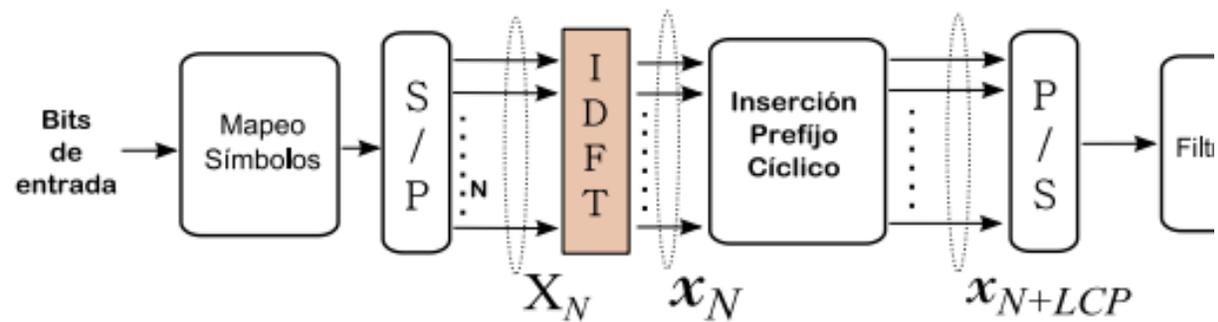
Un sistema PLC con ecualización de canal basado en OFDM es:





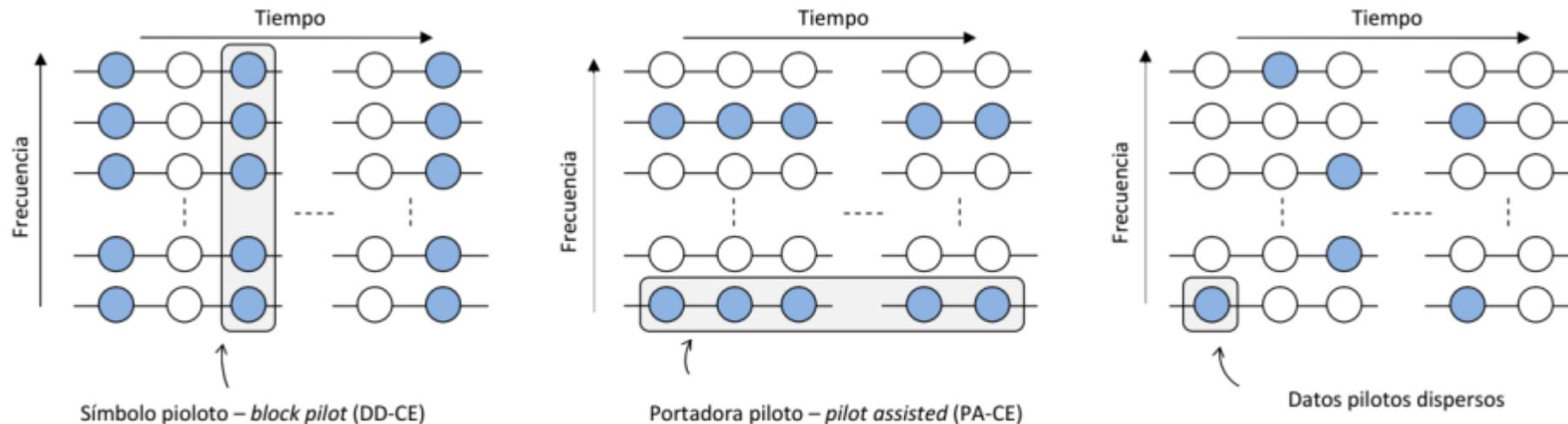
**Figura 2-5:** Características de tiempo y frecuencia de una señal OFDM con 128 portadoras.

$$\mathbf{x}_N = [x_0, x_1, x_2, \dots, x_{N-1}]^T = \text{IDFT}_N[\mathbf{X}_N]$$



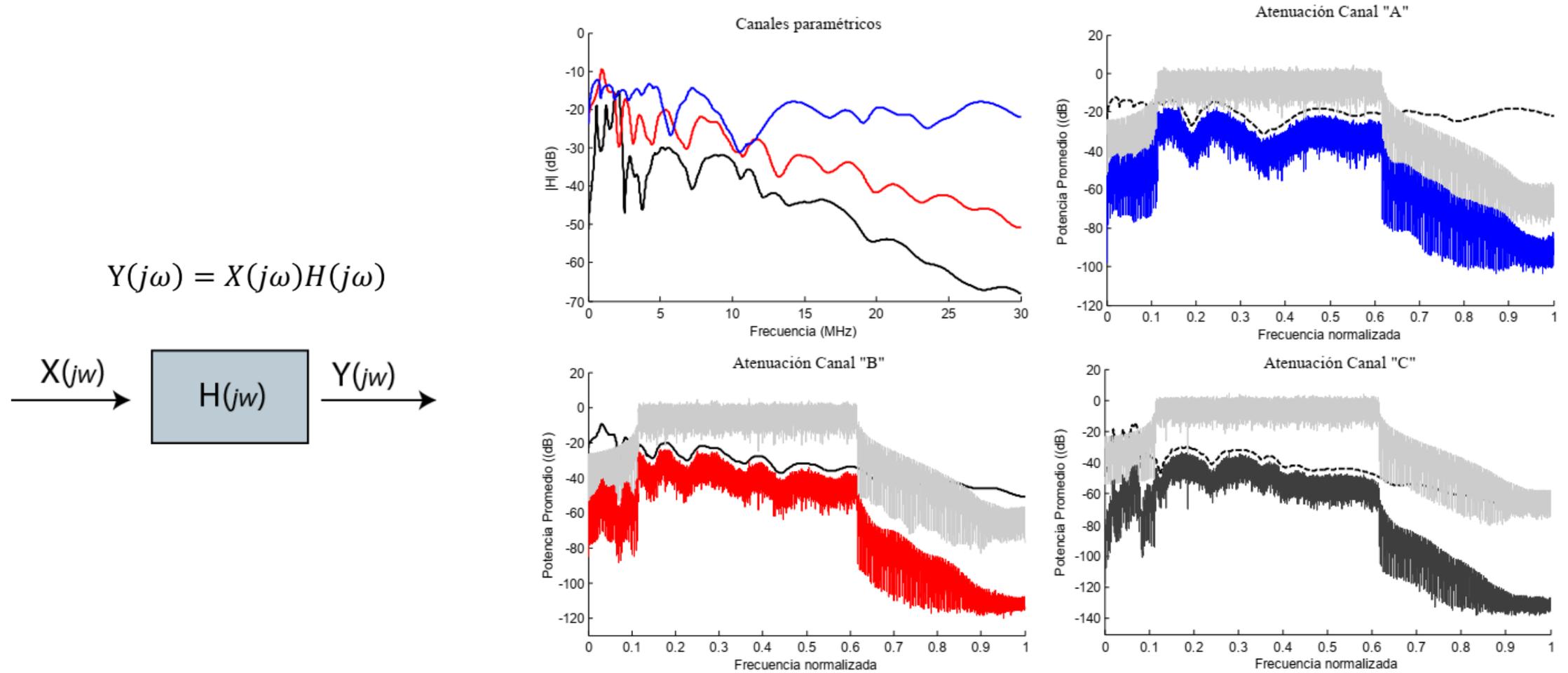
$$\mathbf{x}_N = [x_0, x_1, x_2, \dots, x_{N-1}]^T = \text{IDFT}_N [\mathbf{X}_N]$$

En la etapa de mapeo de símbolo, el diseñador puede “acomodar” los bits o datos en el vector “ $X_n$ ” para adecuar la transferencia de información de la manera más conveniente, incluso utilizando redundancias frecuenciales y temporales.

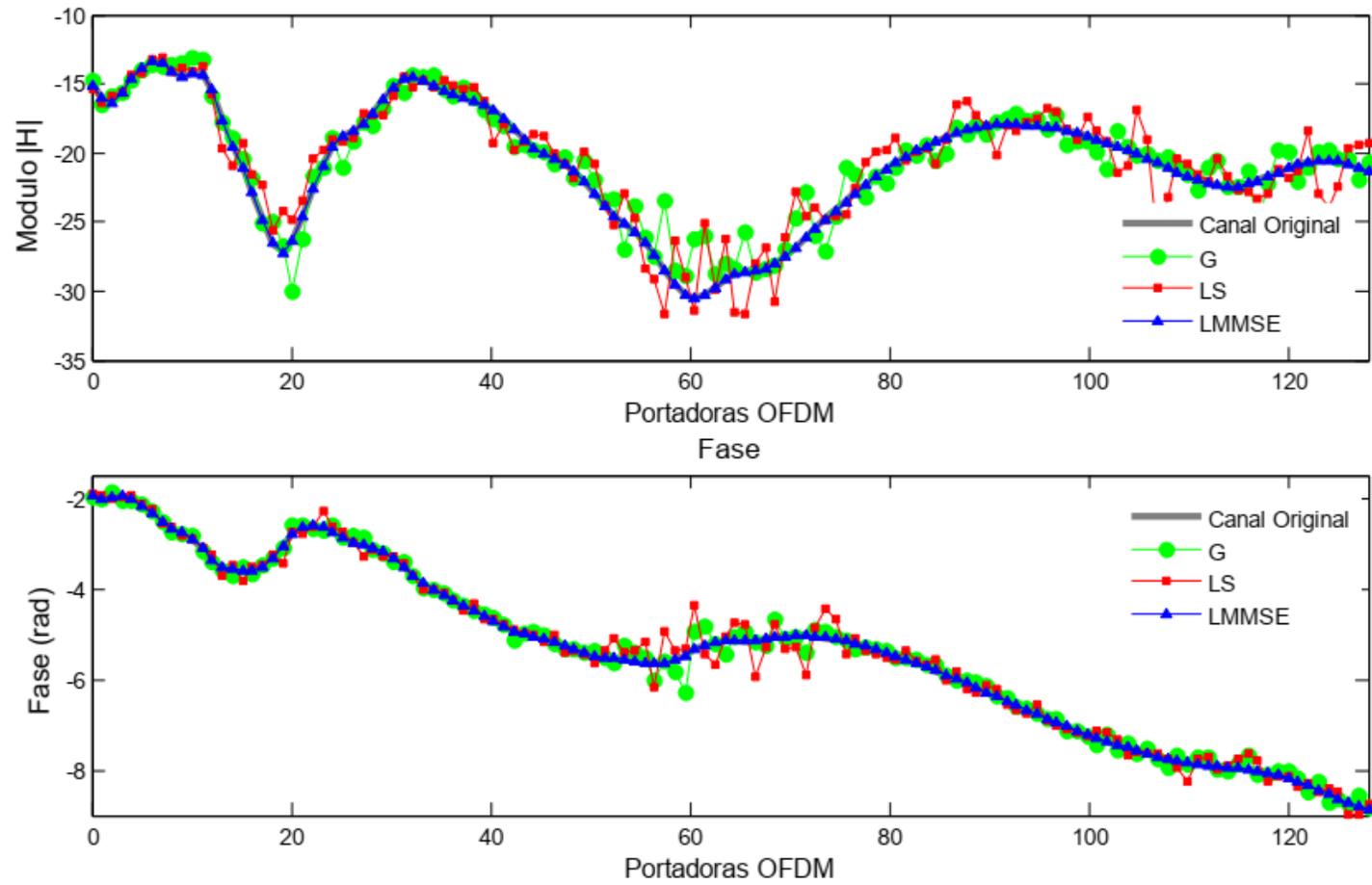


**Figura 2-8:** Distribución de datos piloto en portadoras OFDM.

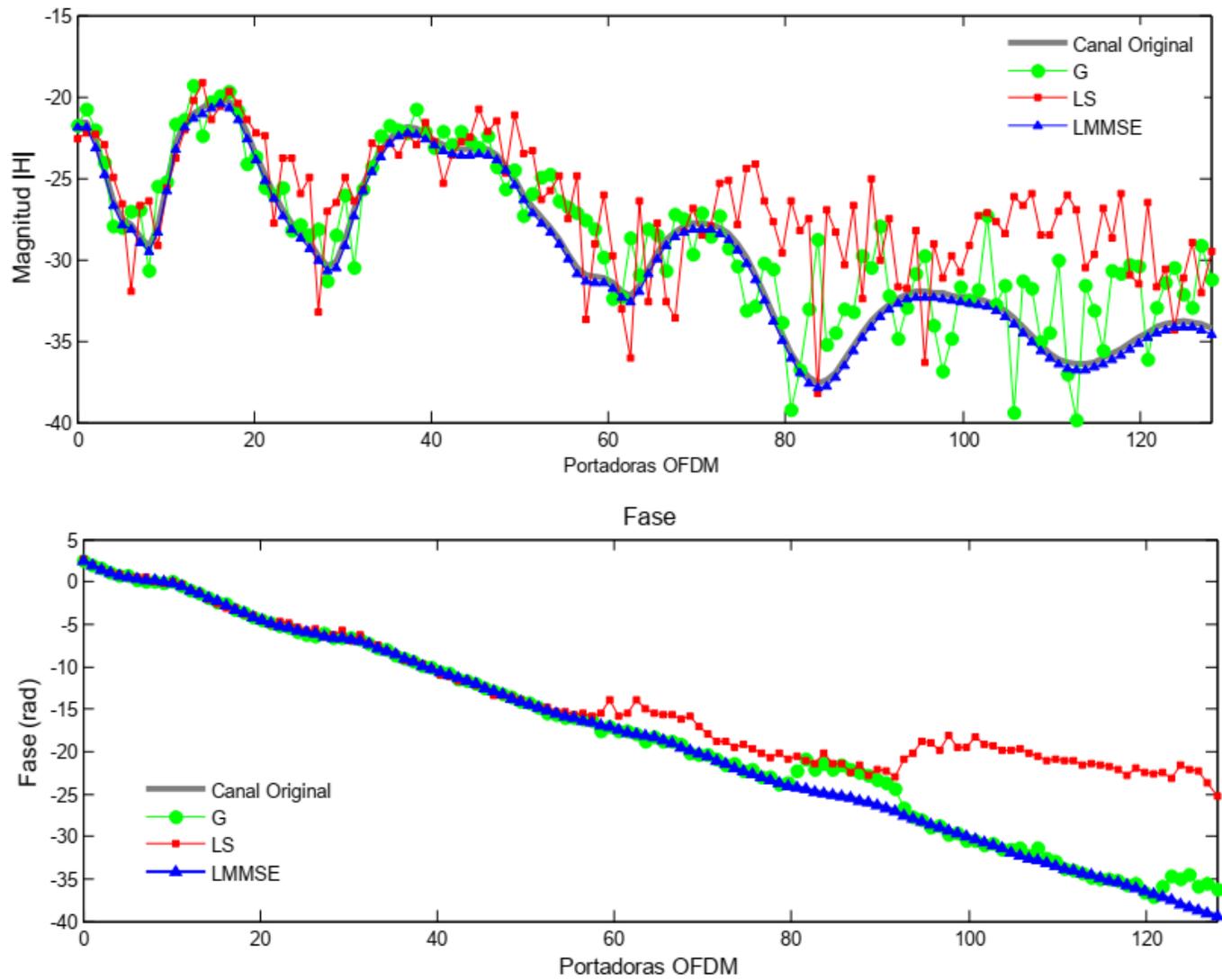
El espectro plano de OFDM permite mapear la distorsión en frecuencia que introduce un canal de comunicaciones desconocido, y por lo tanto, estimarlo y compensarlo muy fácilmente.



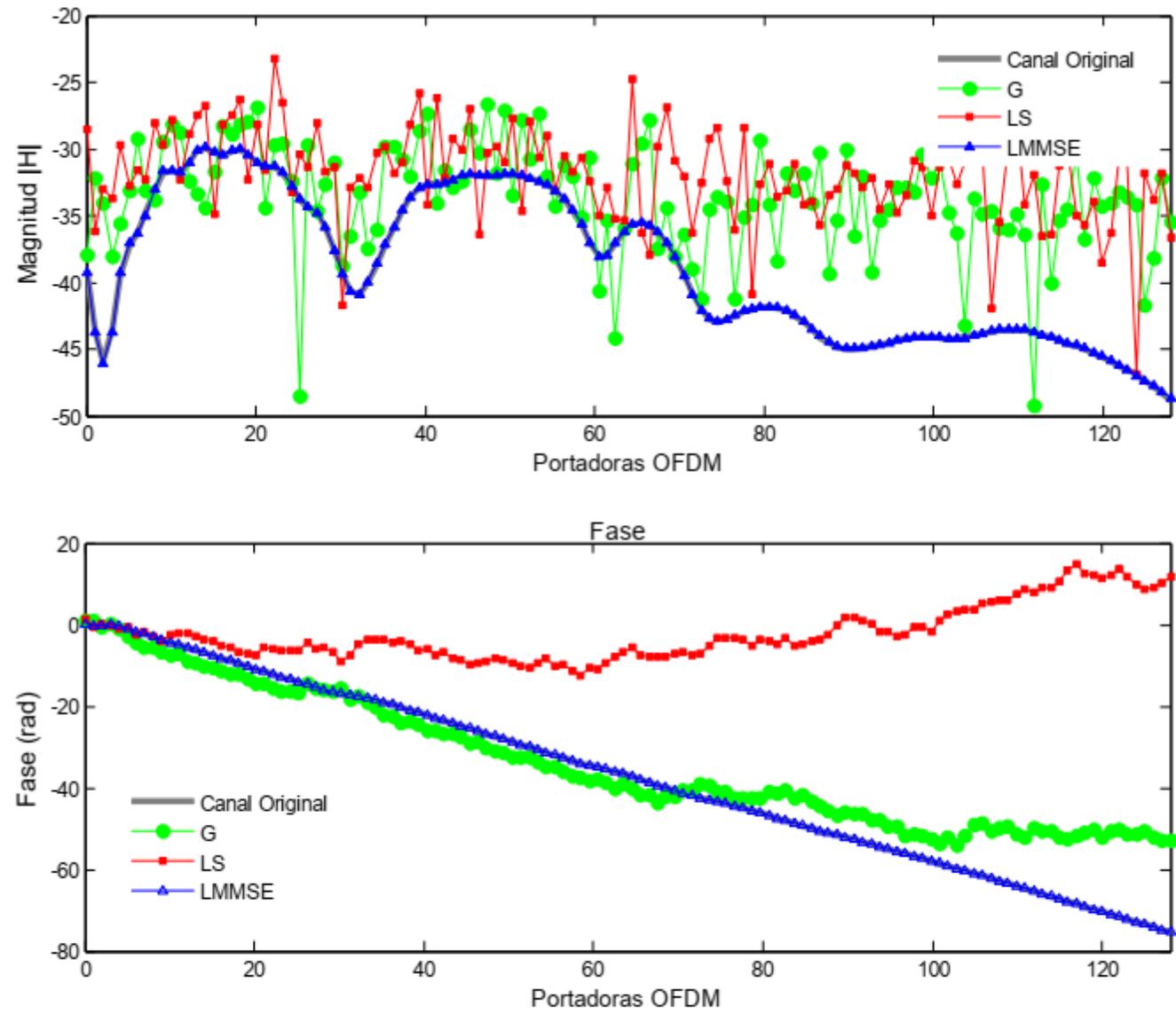
**Figura 3-2:** Canales usados en simulación y espectros OFDM original (color gris) y distorsionados



**Figura 3-7:** Estimación del canal "A" según los distintos métodos de equalización en OFDM frente a ruido impulsivo ( $A=0.1$ ,  $\Gamma=0.1$ ).



**Figura 3-10:** Estimación del canal "B" según los distintos métodos de equalización en OFDM frente a ruido impulsivo ( $A=0.1$ ,  $\Gamma=0.1$ ).



**Figura 3-13:** Estimación del canal "C" según los distintos métodos de ecualización en OFDM frente a ruido impulsivo ( $A=0.1$ ,  $\Gamma=0.1$ ).

## Ensayos reales de transmisión PLC en OFDM

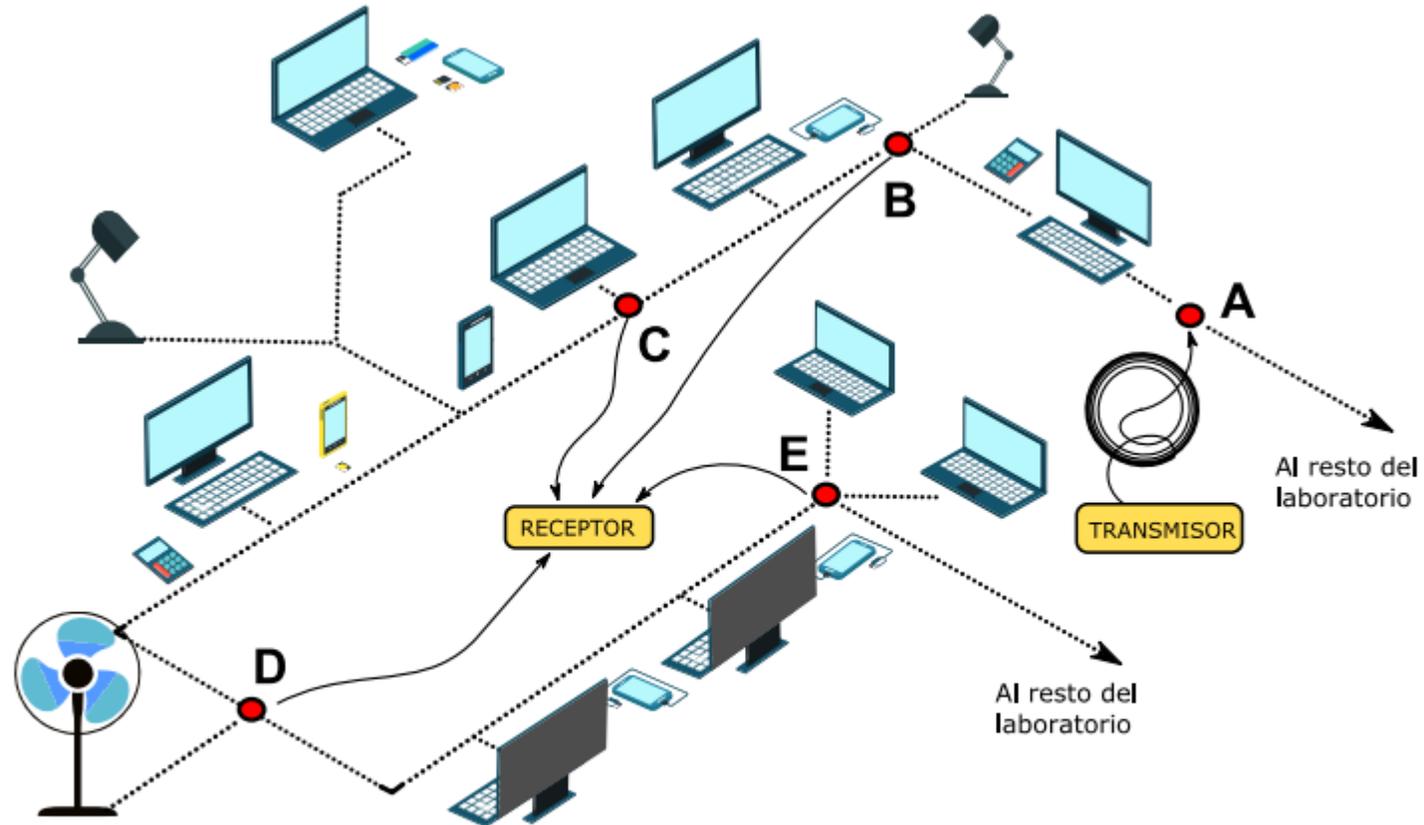
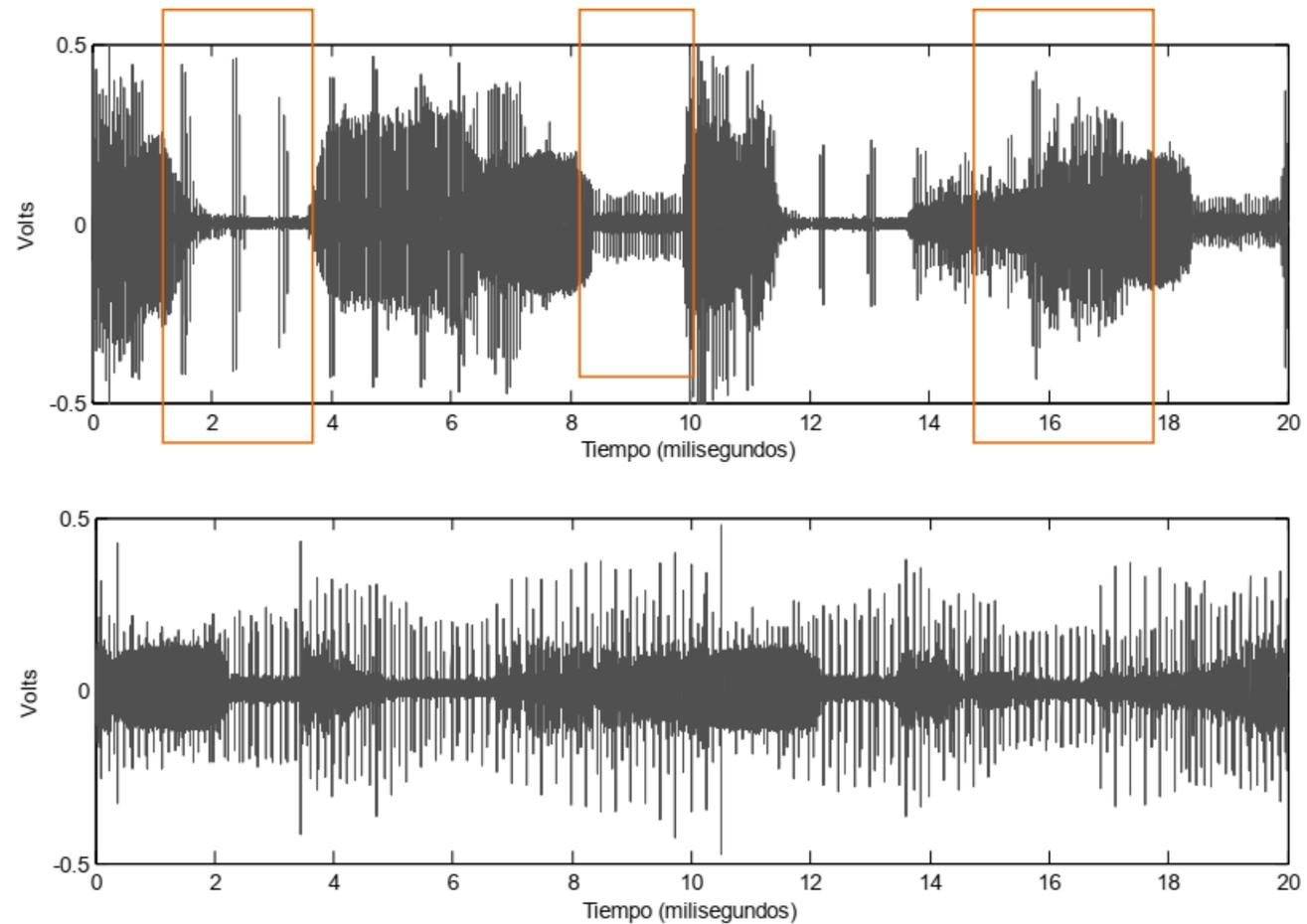


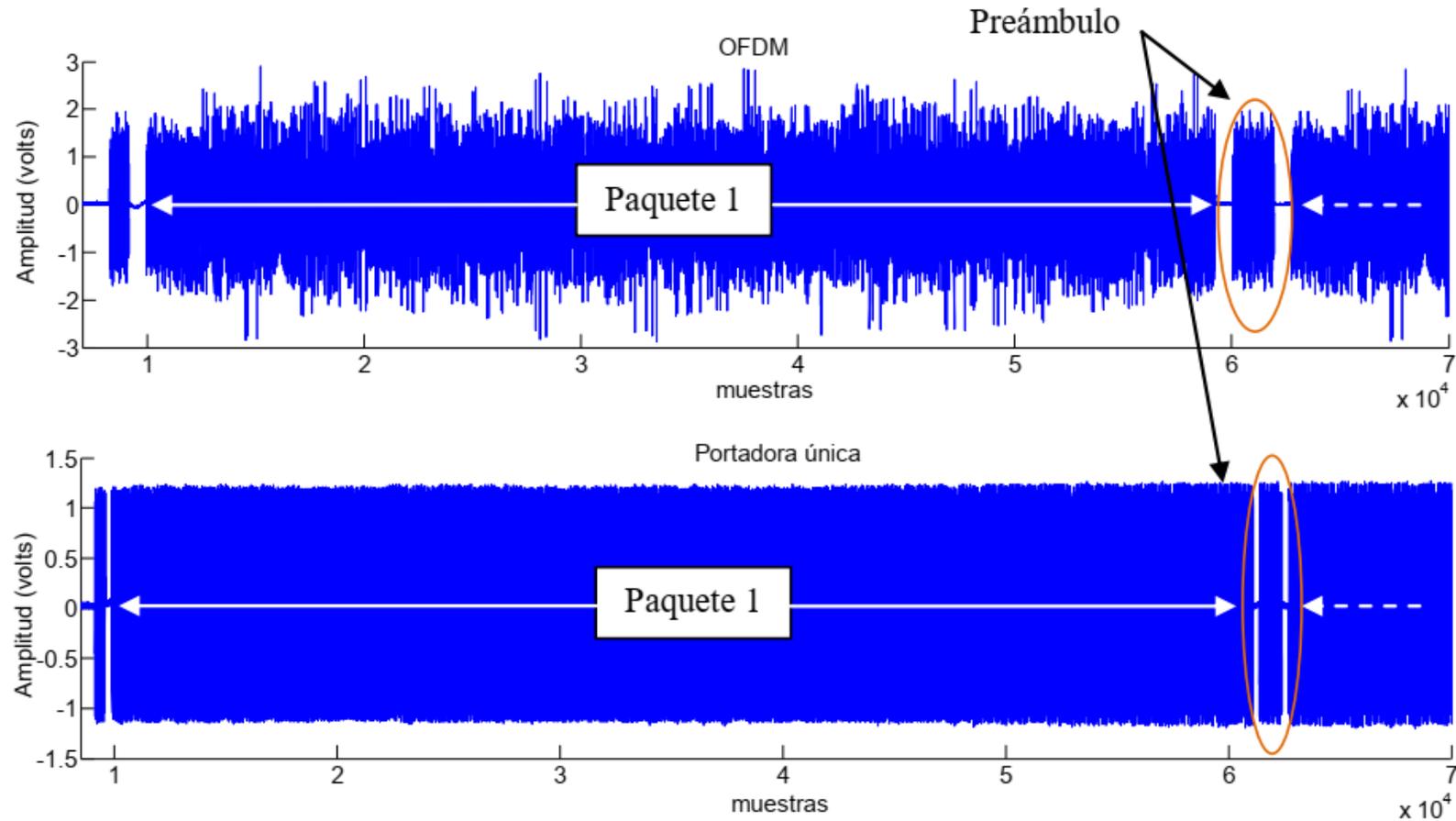
Figura 6-2: Plano esquemático donde se realizaron los ensayos experimentales.

## Ensayos reales de transmisión PLC en OFDM



**Figura 6-5:** Ruido real muestreado en distintos puntos de la red eléctrica. Recepción en el punto “C” (superior) y recepción en el punto “E” (inferior).

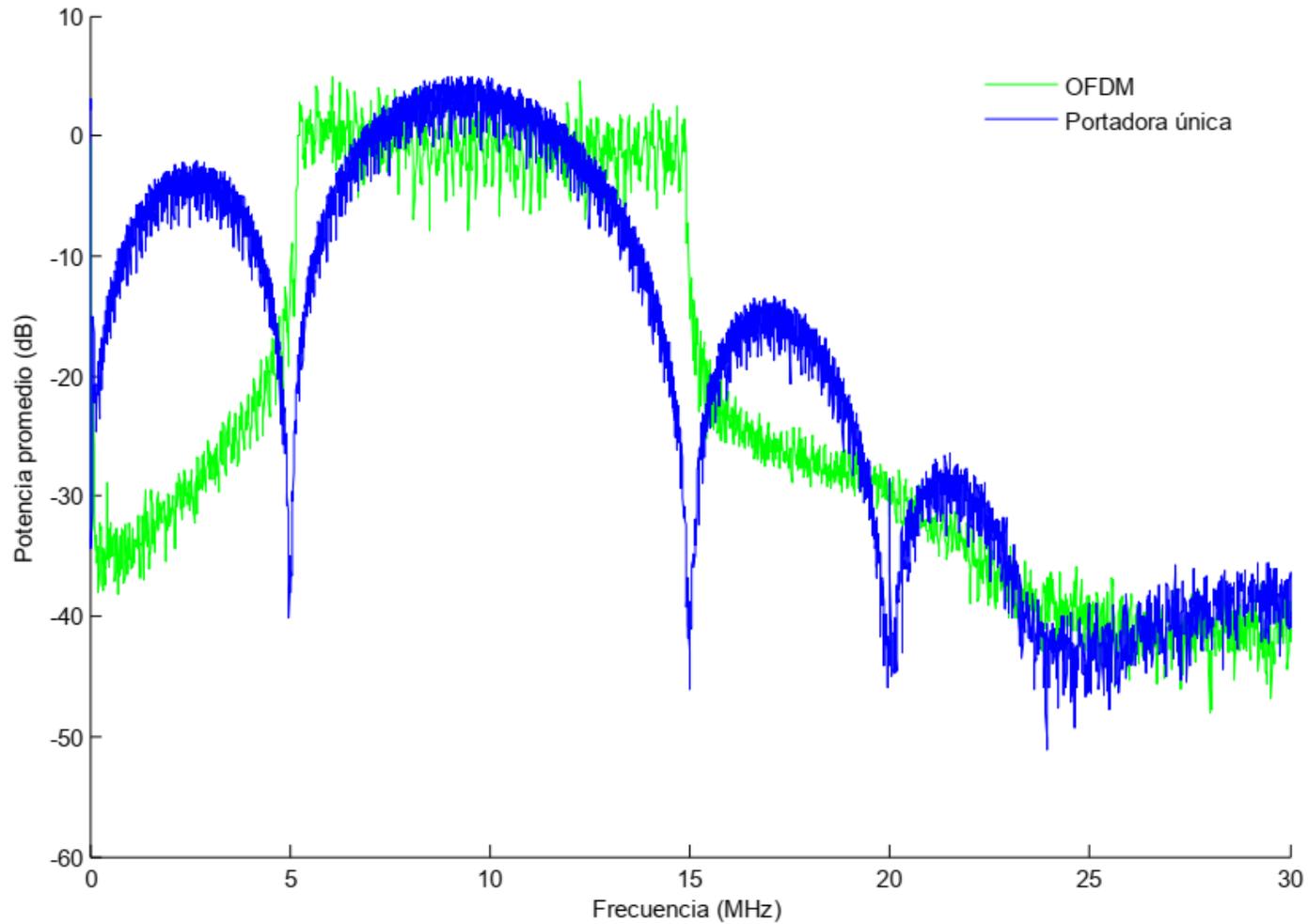
# Ensayos reales de transmisión PLC en OFDM



**Figura 6-6:** Paquetes de datos transmitidos en función del tiempo. OFDM (sup.), portadora única (inf.).

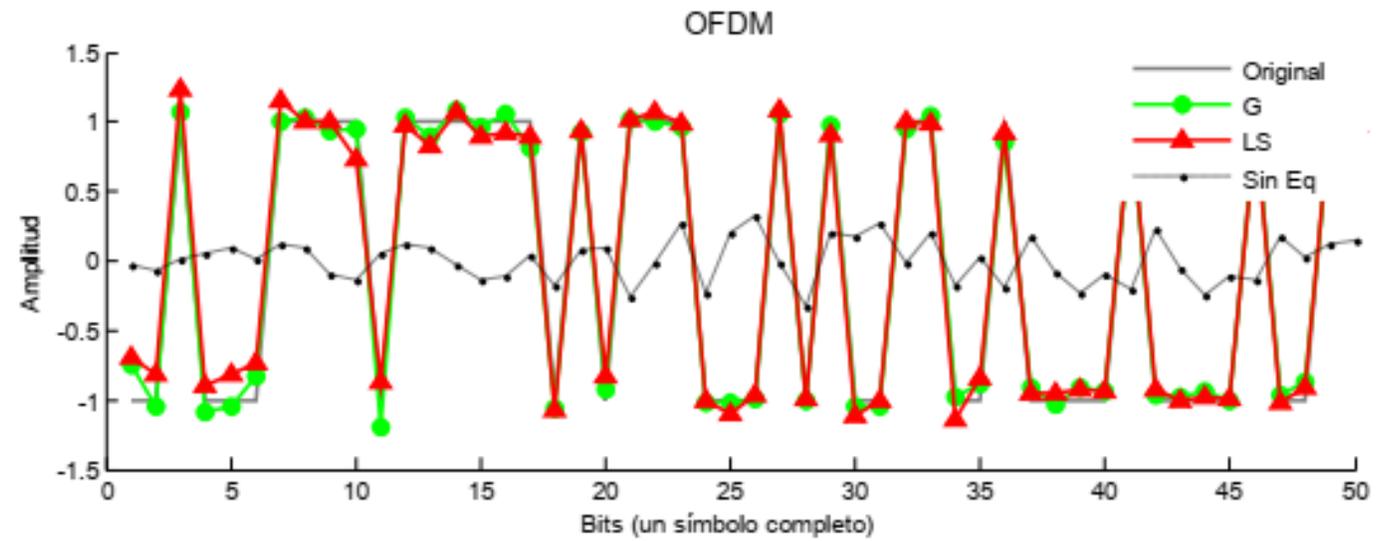
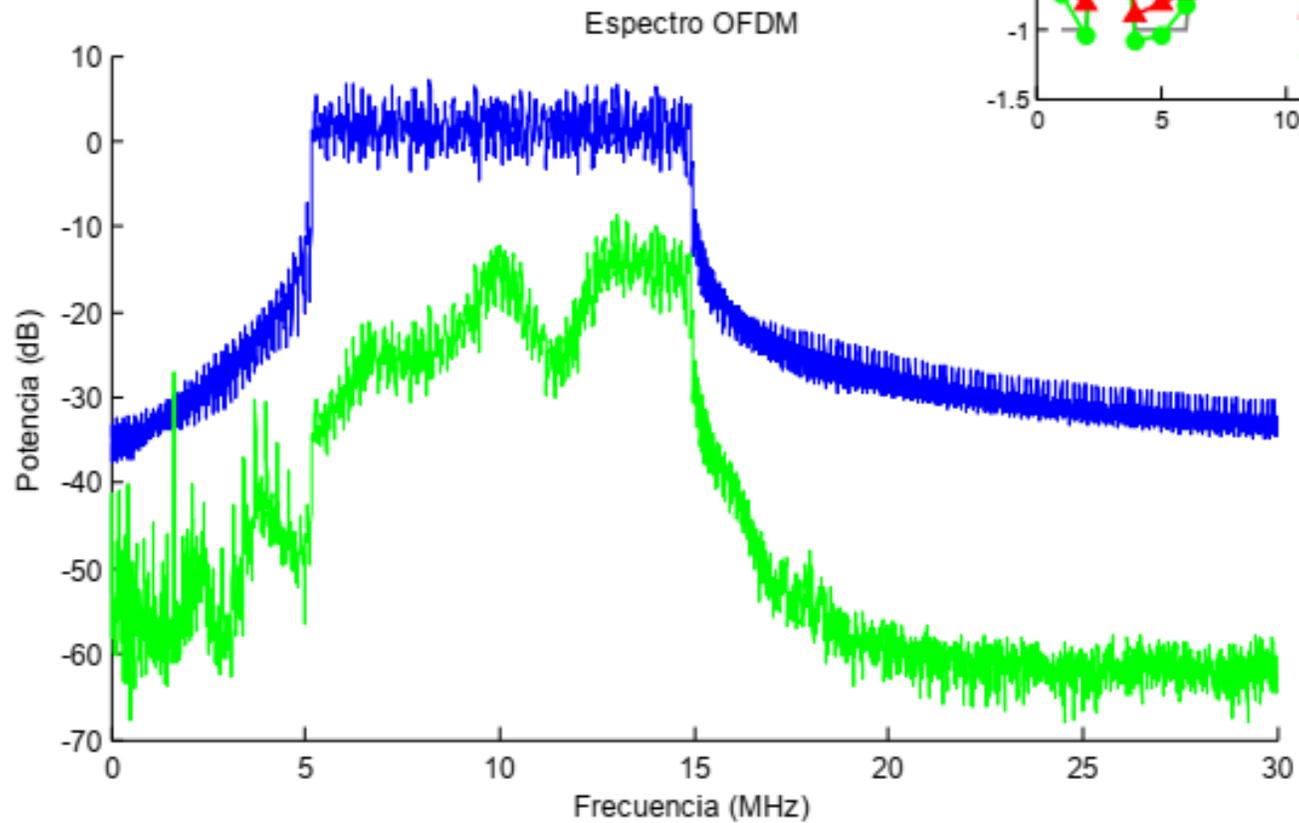
Nótese que la escala del eje vertical es diferente en cada caso. Frecuencia de muestreo: 100MHz.

## Ensayos reales de transmisión PLC en OFDM

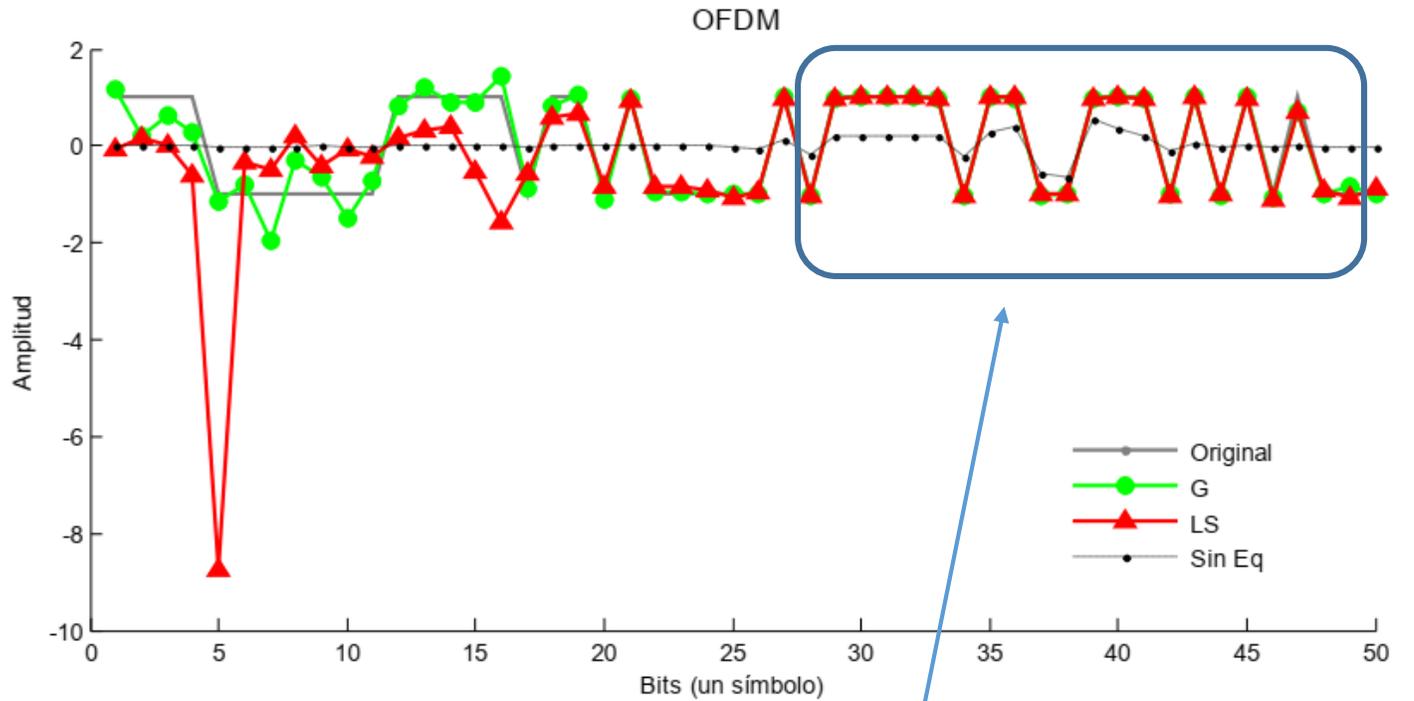
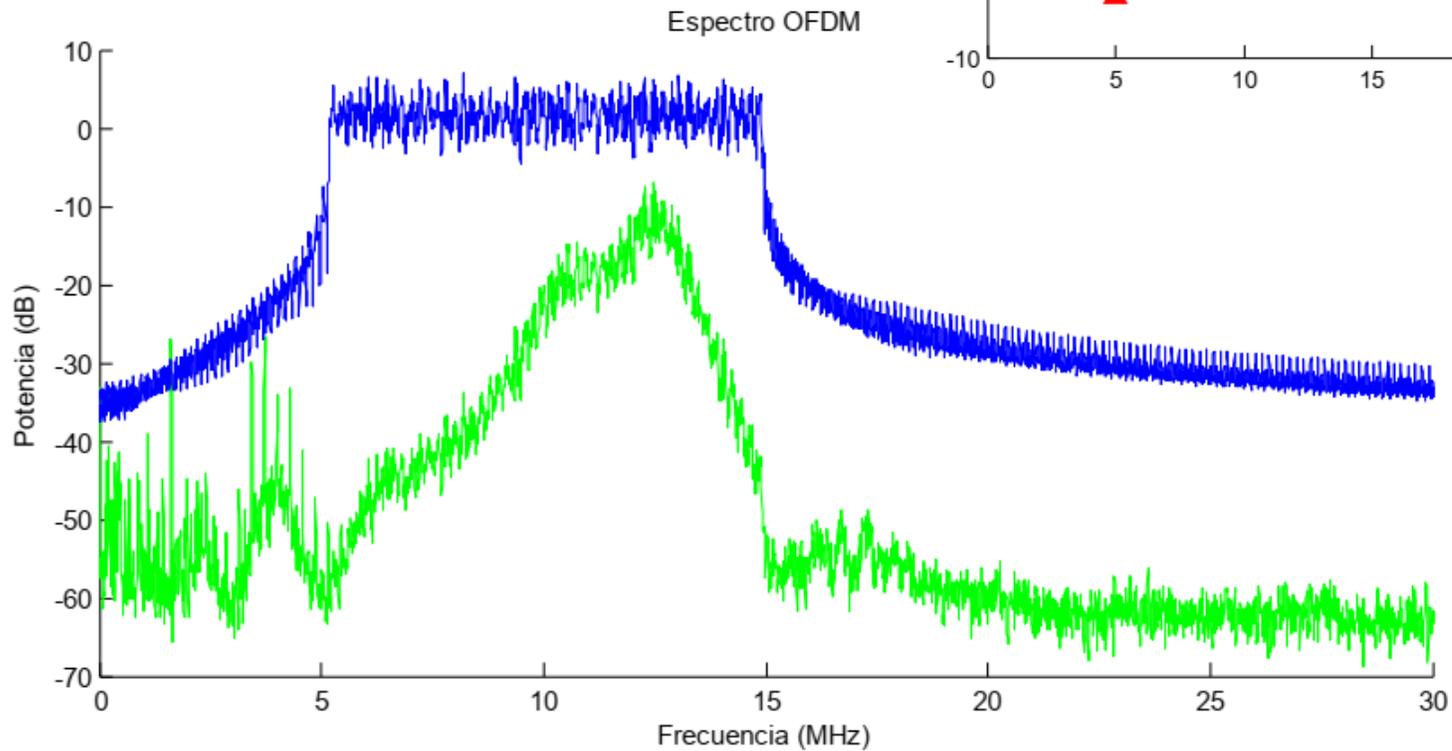


**Figura 6-7:** Espectros OFDM y de portadora única inyectados al canal BB-PLC.

# Ensayos reales de transmisión PLC en OFDM



# Ensayos reales de transmisión PLC en OFDM



La lectura de la tasa de error por portadora, permite elegir aquellas que tengan menor errores y transmitir los datos por esas frecuencias.

# Implementación práctica de OFDM

Los esquemas de comunicación tipo OFDM permiten diversas alternativas para ser implementadas. El caso más general es el siguiente:

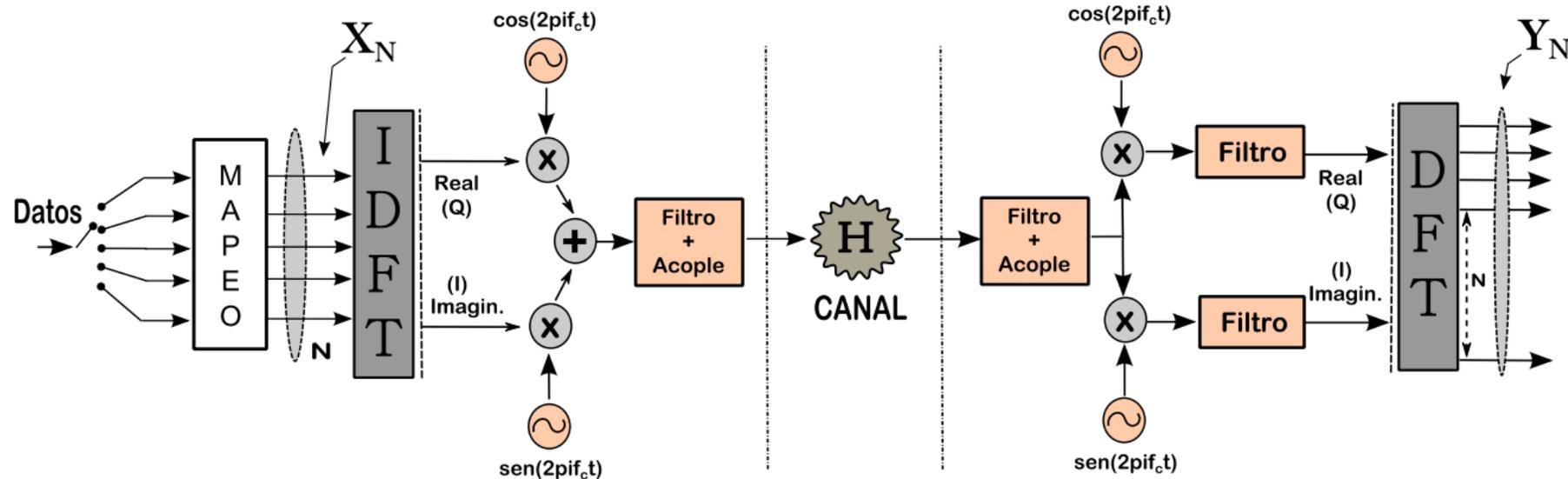


FIGURA 1: ESQUEMA OFDM CONVENCIONAL

## Implementación práctica de OFDM

La generación de portadoras a “gusto” del usuario, es una de las ventajas principales de OFDM. Es posible definir el ancho de banda de la transmisión ampliando o disminuyendo las portadoras, o trabajar en esquemas multiusuario fácilmente.

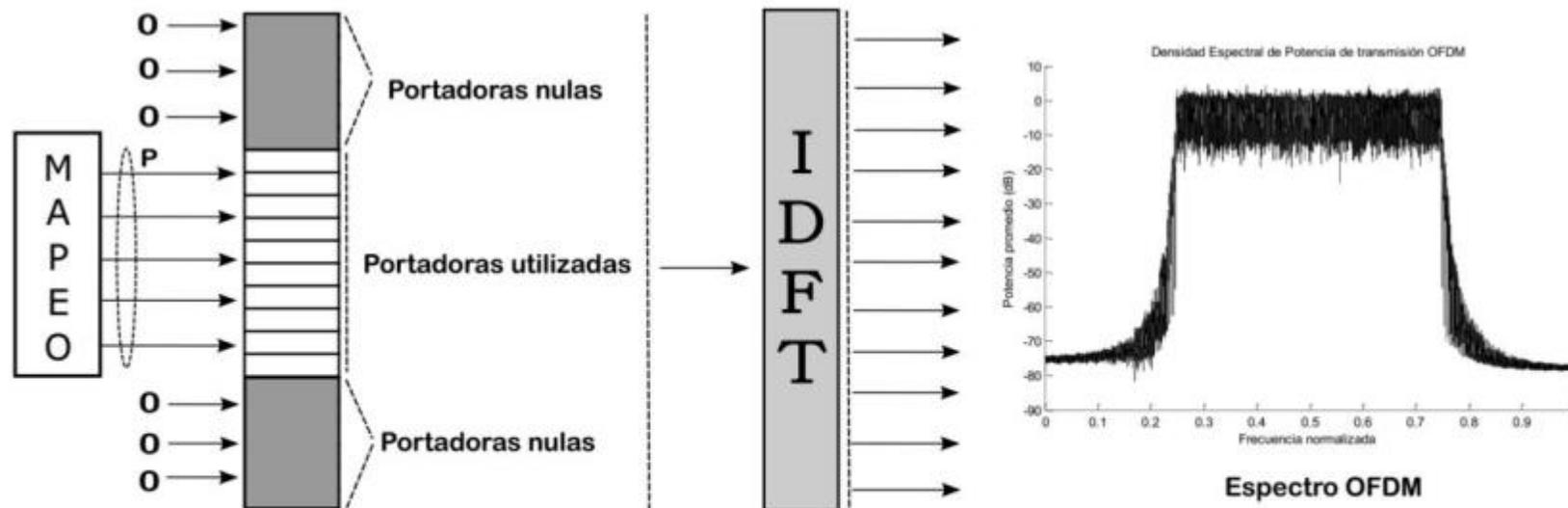


FIGURA 2: GENERACIÓN DE PORTADORAS EN OFDM Y ESPECTRO.

## OFDM con simetría Hermitiana

El caso general de OFDM requiere modular ortogonalmente las componentes reales e imaginarias (I/Q) que resultan del bloque IFFT. Para evitar esto, puede utilizarse la propiedad de que la DFT de una señal real posee simetría Hermitiana

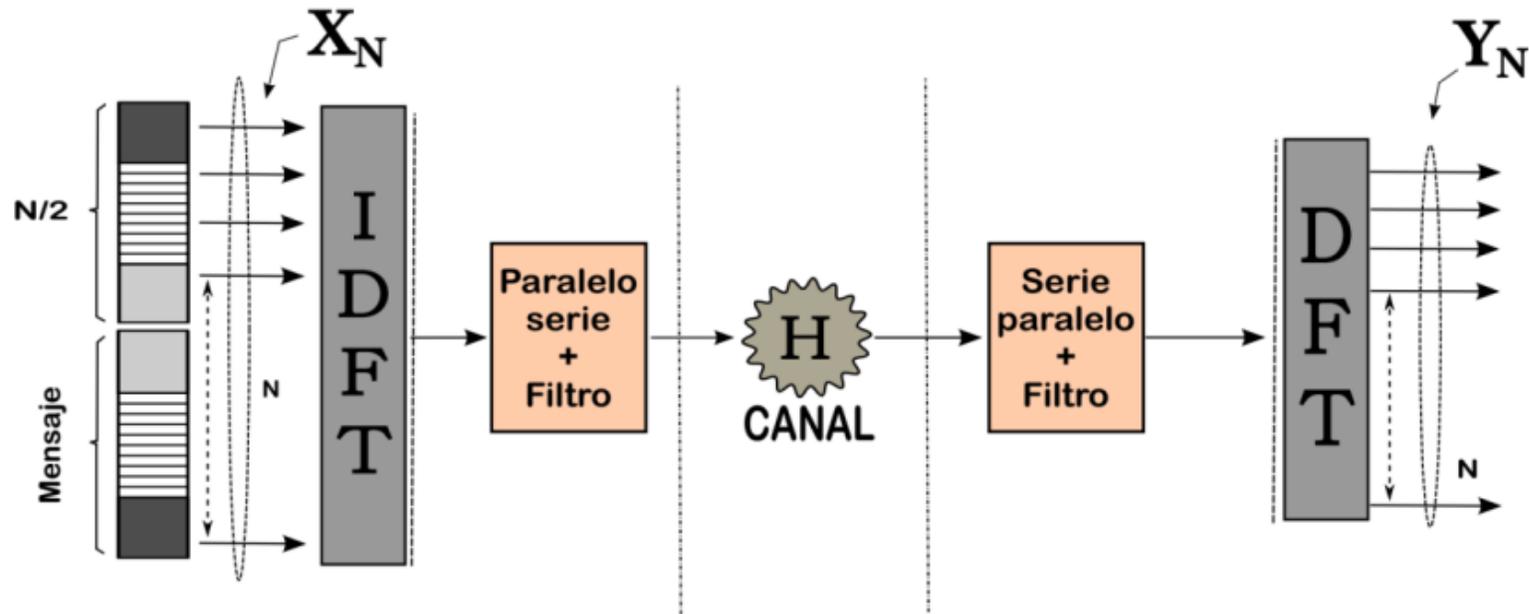


FIGURA 3: ESQUEMA OFDM CON SIMETRÍA HERMITIANA.