

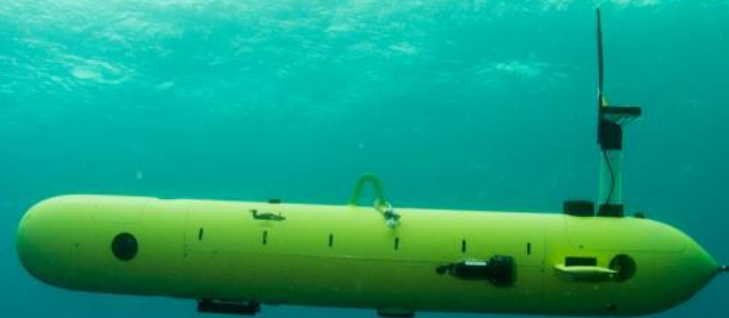
ECUALIZACIÓN BIDIMENSIONAL DE CANALES MULTIPORTADORA



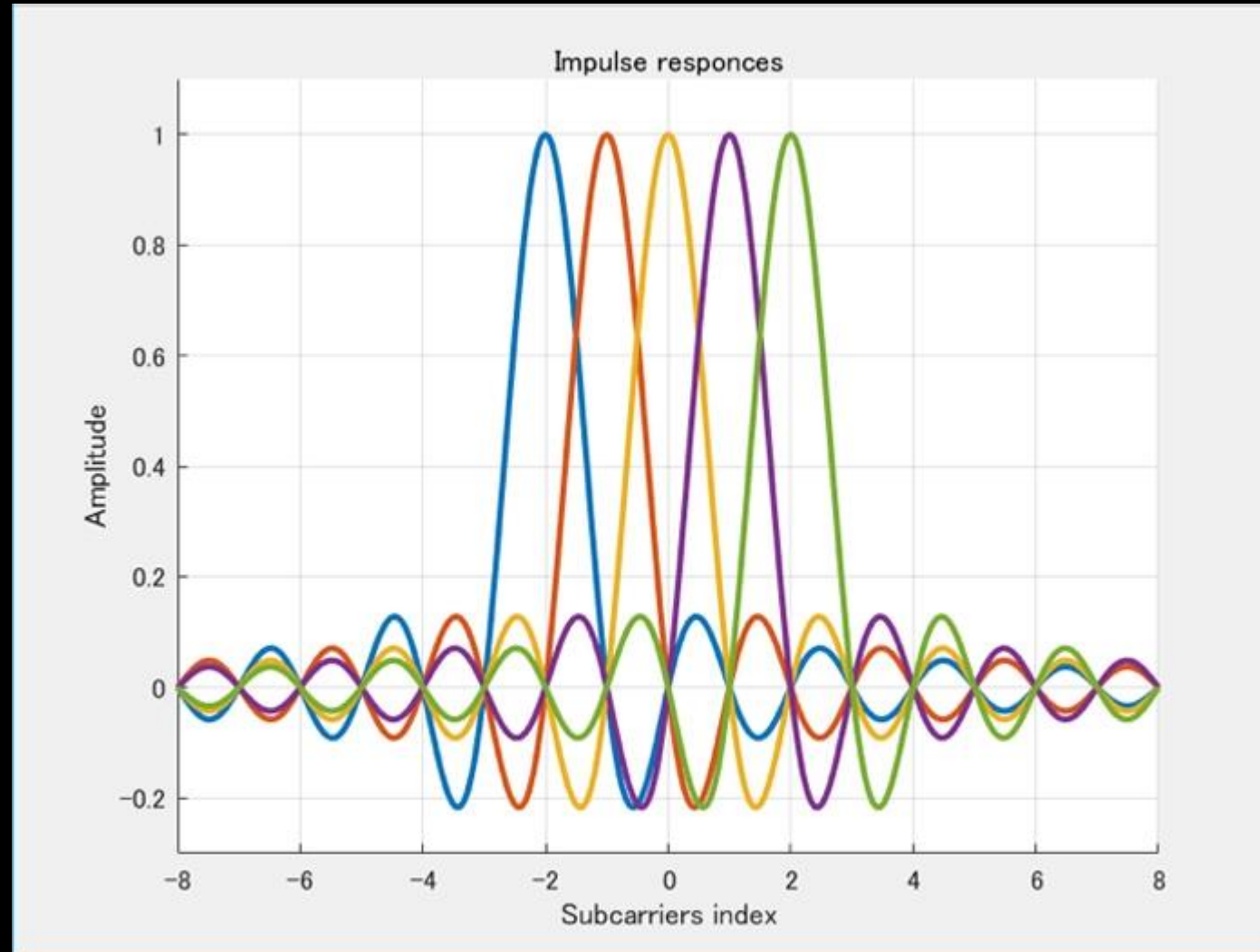
Jorge Pires

Departamento de Electrónica. Facultad de
Ingeniería. UNPSJB.

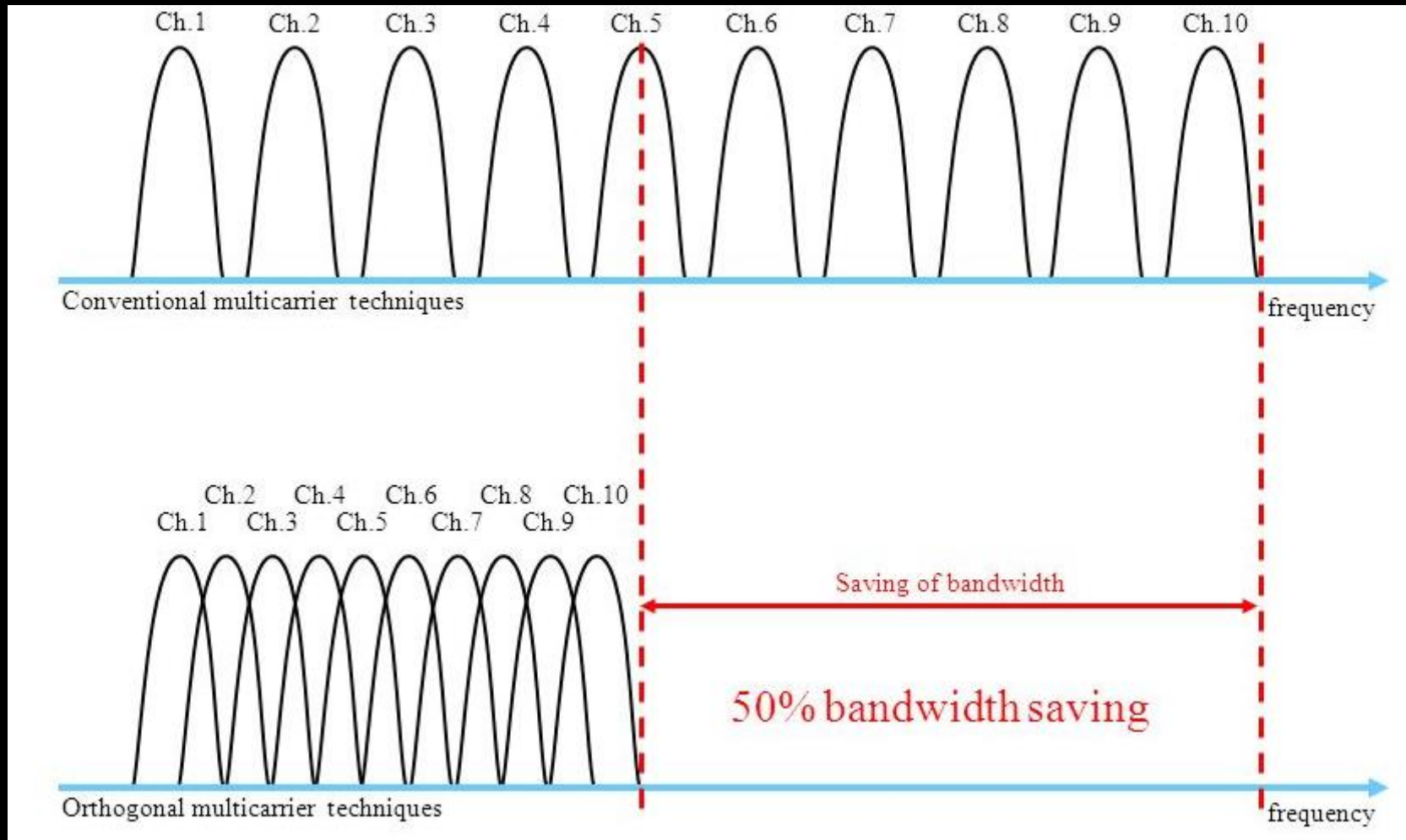
Jornadas de Electrónica y Ciencias de la
Computación. Agosto 2020



OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing



FDM vs OFDM

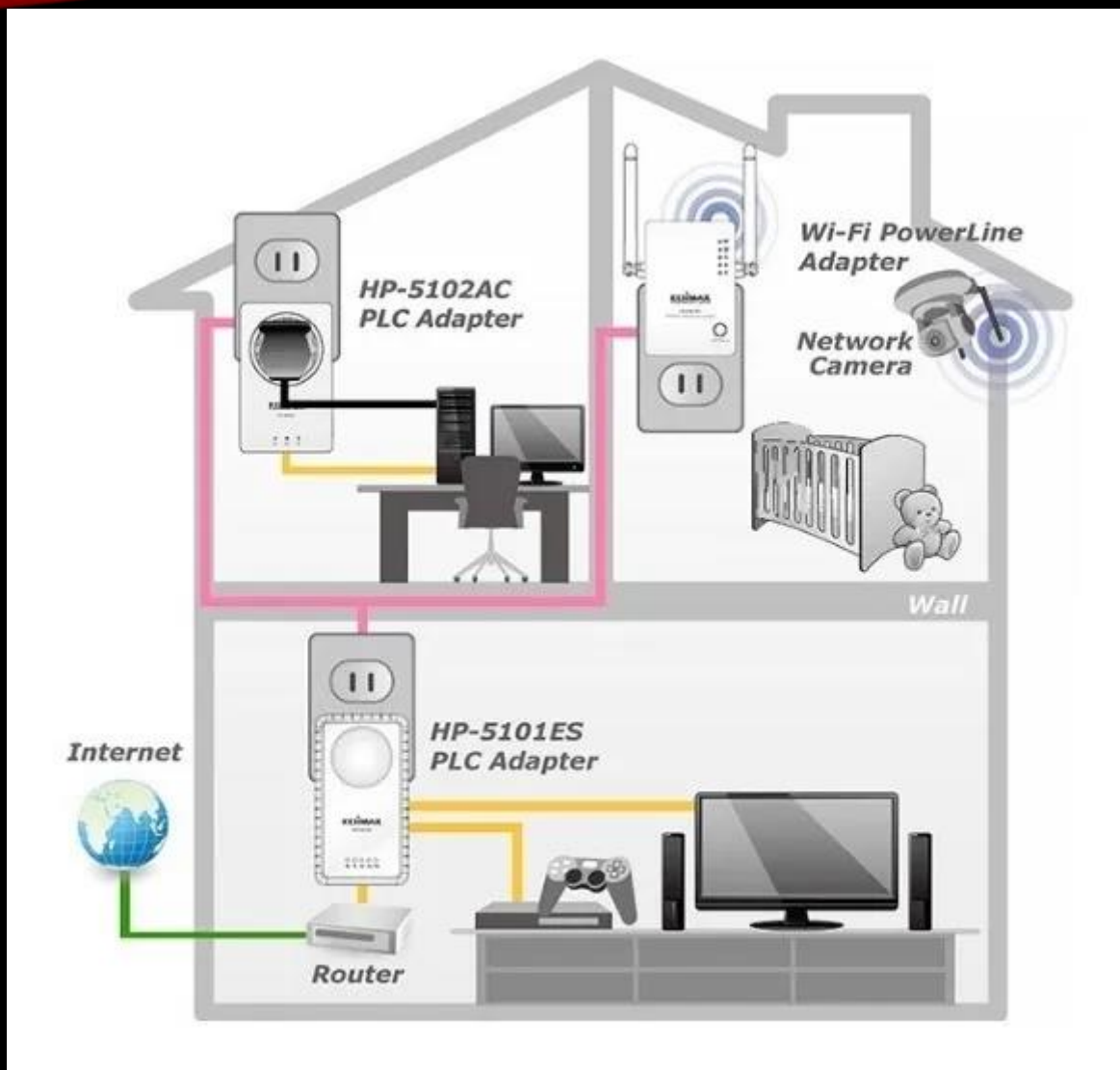


¿Se usa OFDM?



IEEE 802.11g

Power Line Communication (PLC) lo usa también



IEEE 1901

¿Cómo se hace OFDM?

Se modula cada portadora
ortogonal

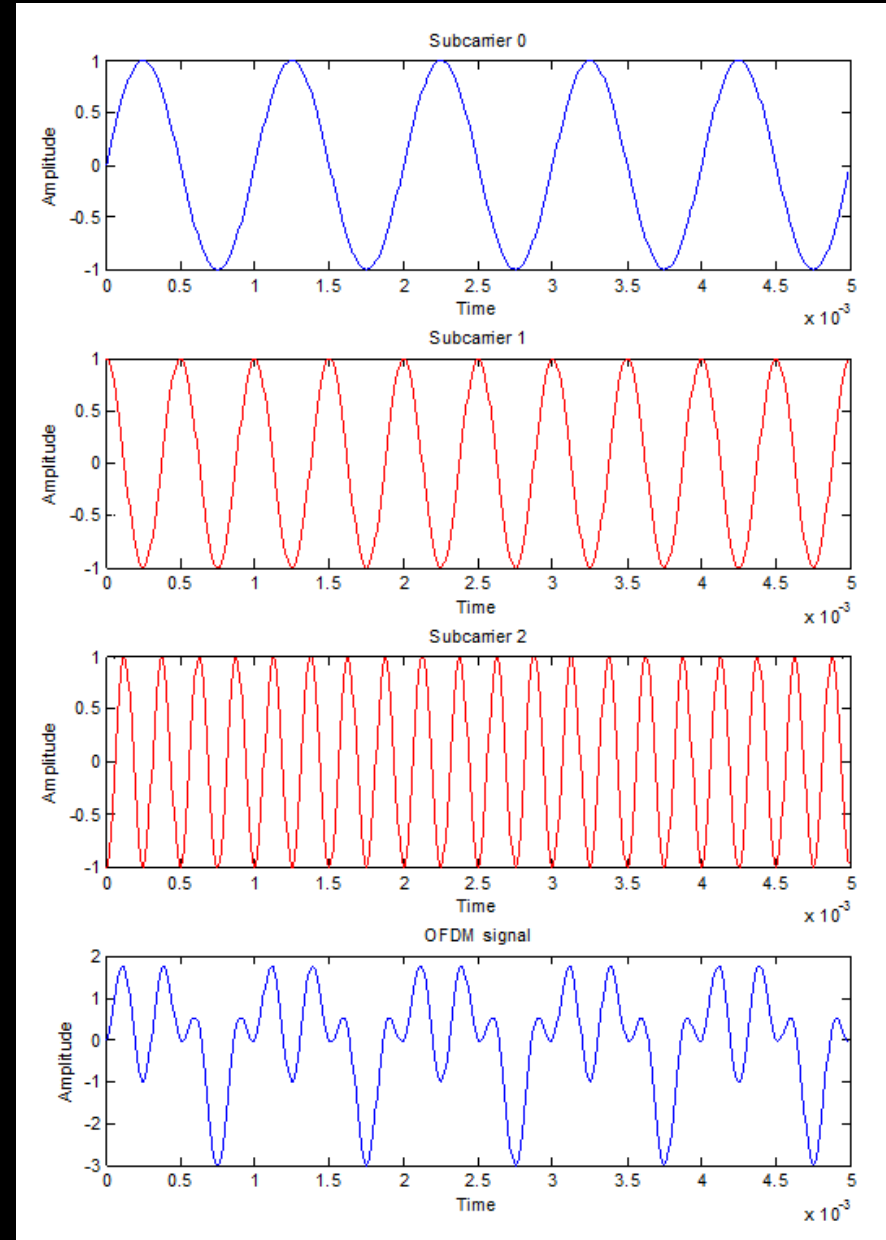
Se suman todas las portadoras

$$x[n] = \sum_{k=0}^{N-1} X[k] e^{\frac{i2\pi kn}{N}}$$

IFFT !!

FFT en
receptor

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-\frac{i2\pi kn}{N}}$$



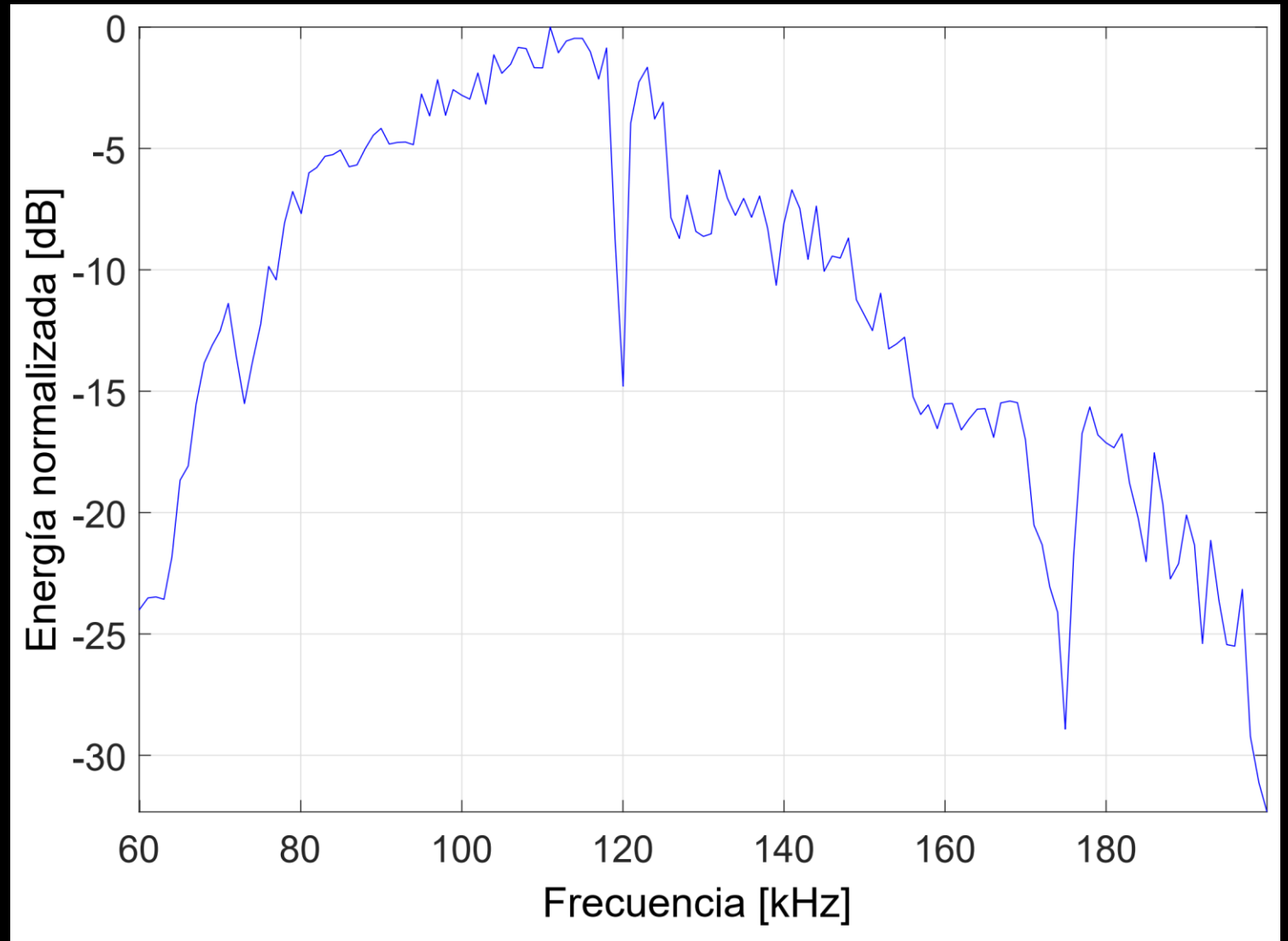
Qué bueno...

Espectralmente
eficiente

El canal se vuelve
“plano”

Ecualización
sencilla (?)

Fácil
implementación
(FFT, IFFT)



Los malos de la película

ISI: Interferencia Inter-Símbolo
Ocasionada por caminos múltiples,
dispersión temporal

ICI: Interferencia Inter-portadora
Ocasionada por corrimientos en
frecuencia **y movimiento (Efecto
Doppler)**

Canales “desafiantes”



Canales “desafiantes”

Virgin
hyperloop one



Los malos de la película

ISI

ICI



Los malos de la película

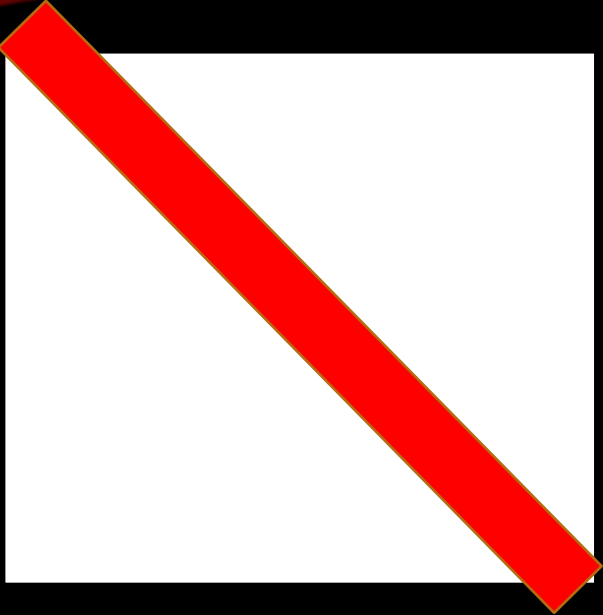
IZI

ICI

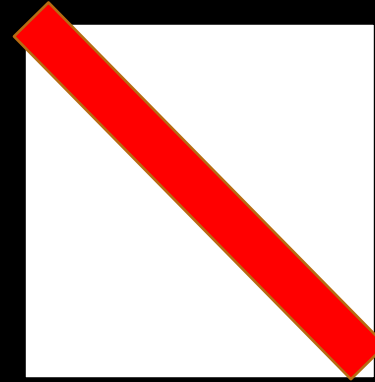


Matrices de interferencia

$$\mathbf{H}^{(ICI)} =$$



$$\mathbf{H}^{(IZI)} =$$



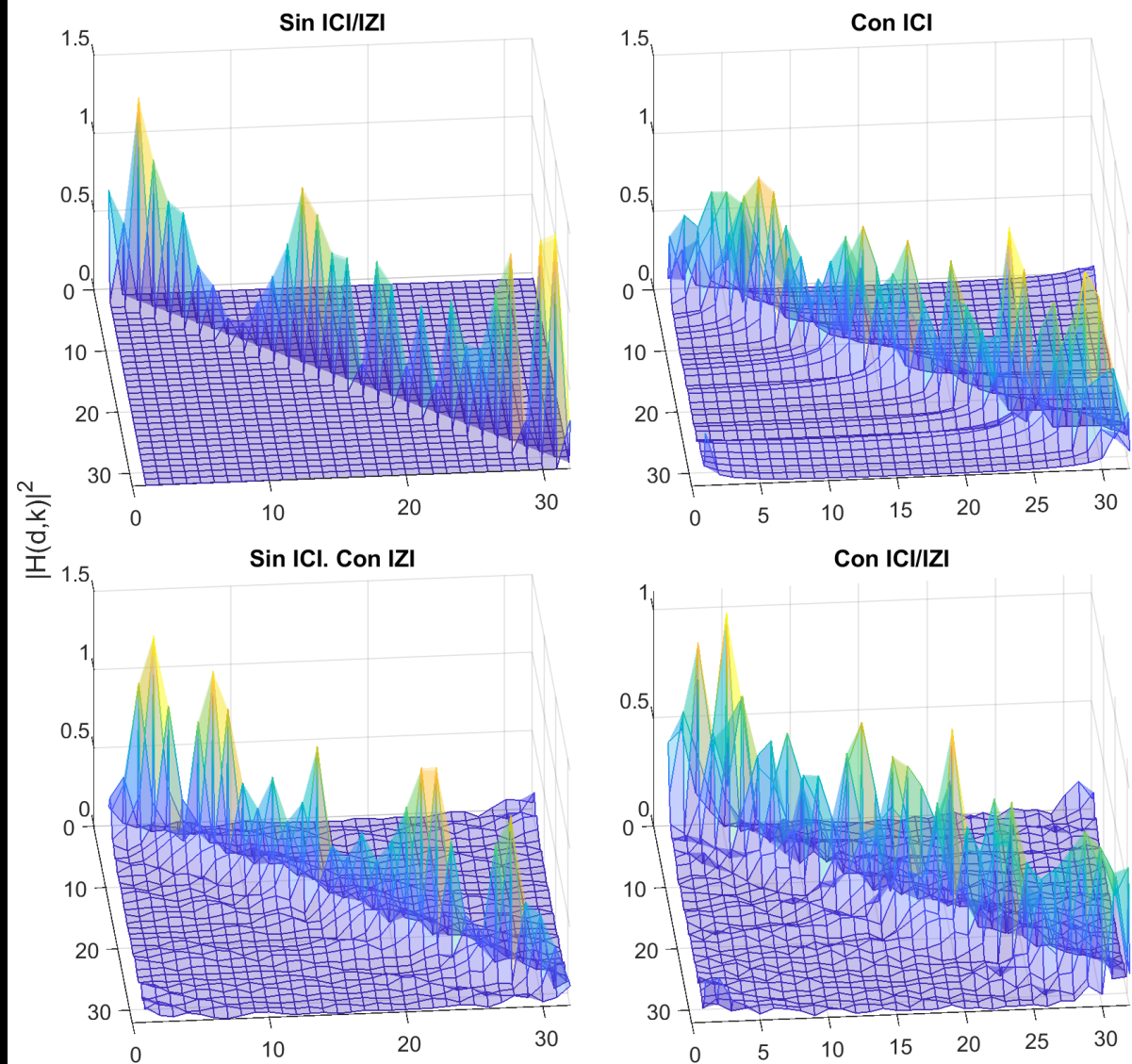
$$\mathbf{x}^{(i)} = \mathbf{H}^{(ICI)} \cdot \mathbf{s}^{(i)} + \mathbf{H}^{(IZI)} \cdot \mathbf{s}^{(i-1)} + \boldsymbol{\omega}^{(i)}$$

Matrices de interferencia: DFT en 2D de respuesta al impulso

$$\tilde{H}^{(i,p)}(d, k) = \frac{1}{N} \sum_n \sum_{l=0}^{N_h-1} h^{(i)}(n, l) b_n a_{pN_s+n-l} \times e^{-j2\frac{\pi}{N}d(n-N_0)} e^{-j2\frac{\pi}{N}k(l-pN_s)}$$

$$H^{(i,p)}(d, k) = \tilde{H}^{(i,p)}(d_k, k),$$

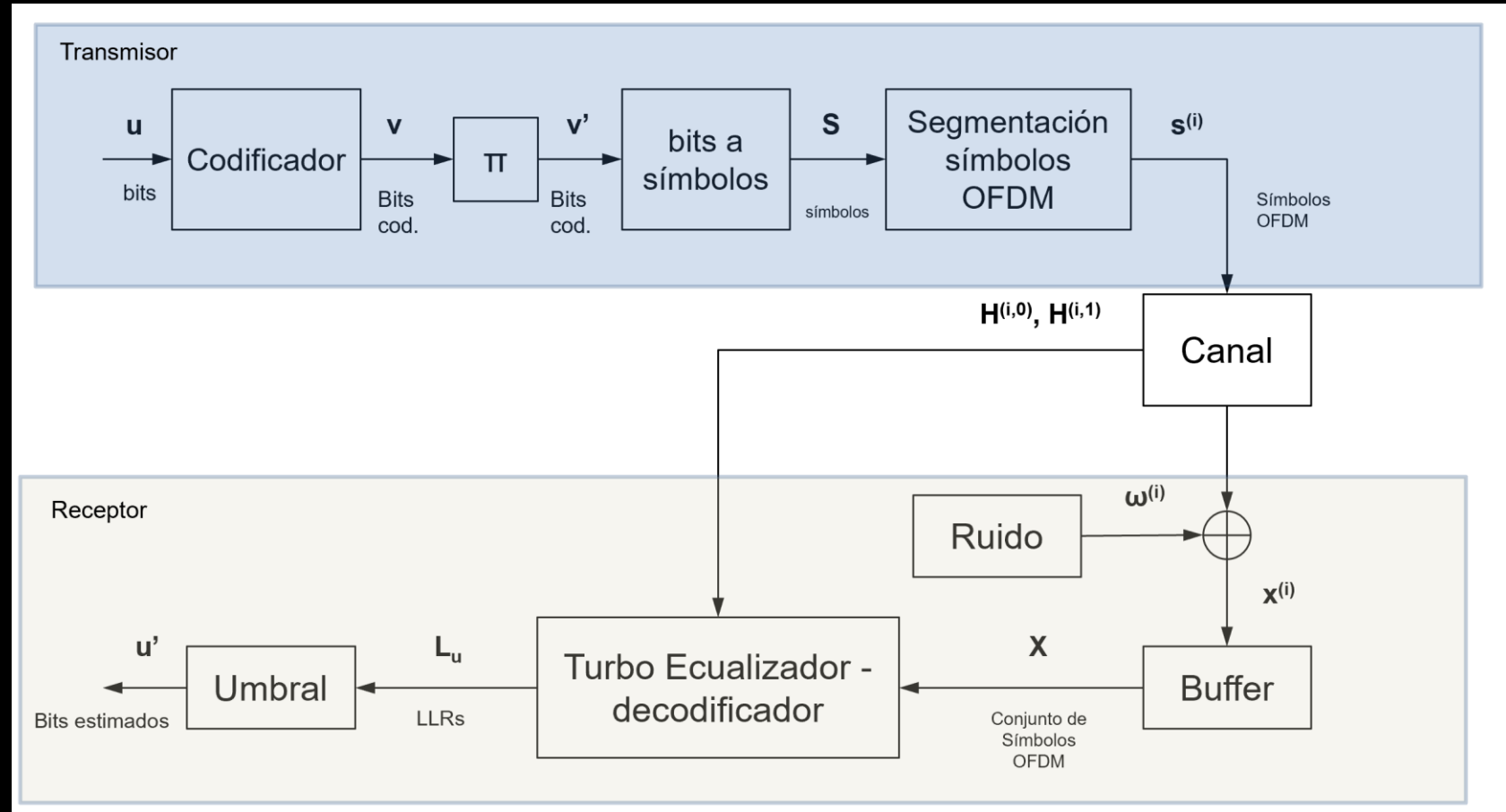
Contenido espectral de $H^{(ICI)}$



Modelo del sistema

Supuestos:

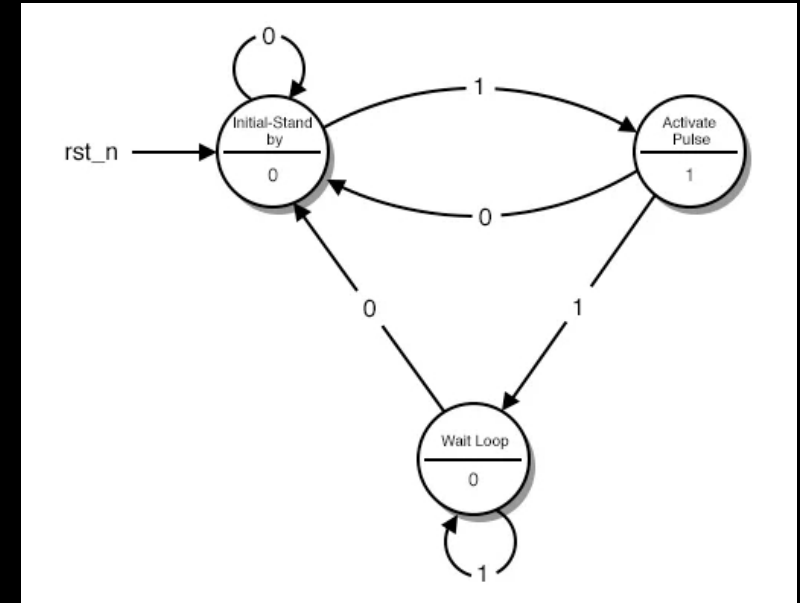
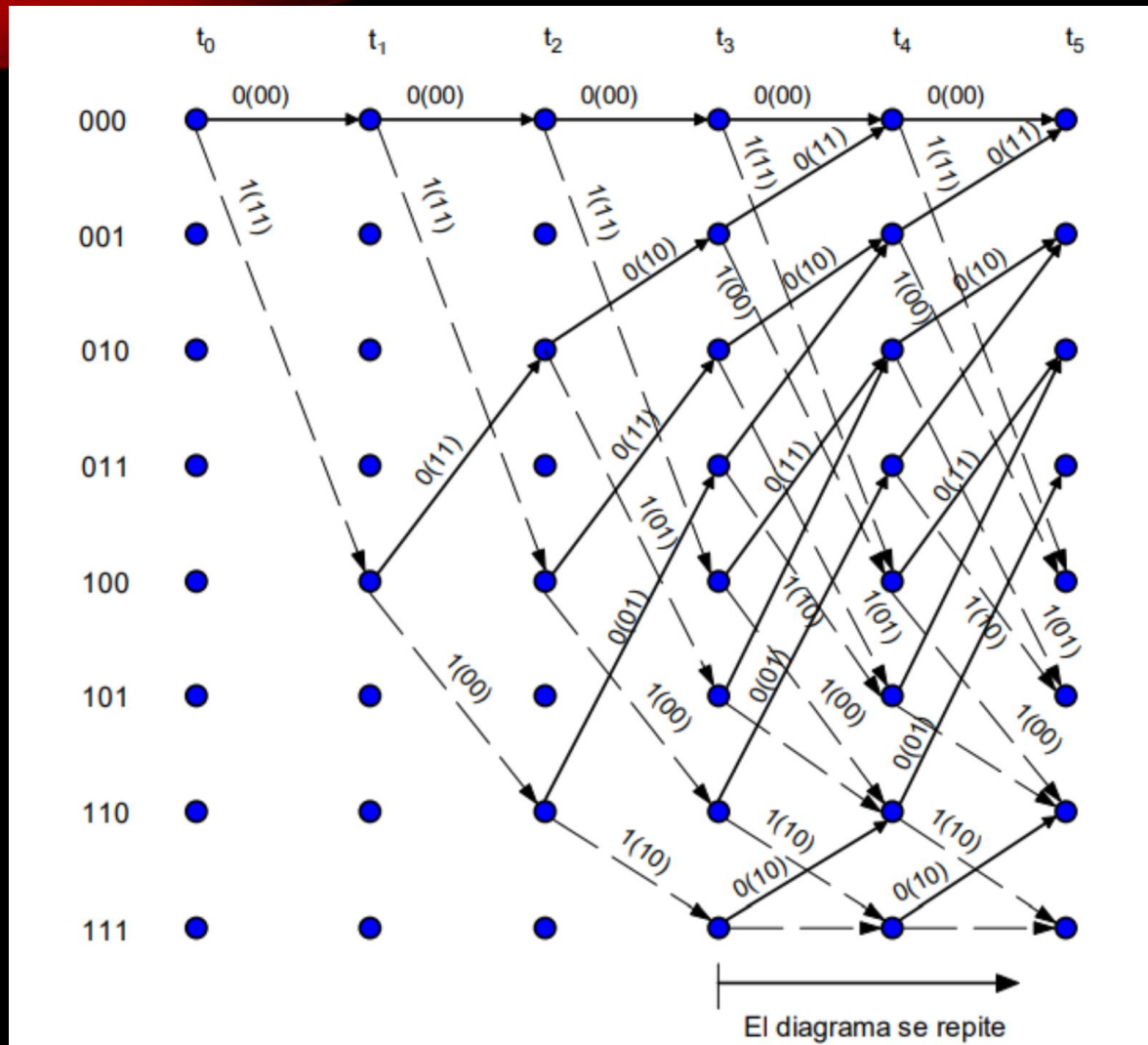
- Sincronización
- CSI en rx
- ¿Complejidad?



El ecualizador arma un trellis



¿Trellis?



Algoritmo BCJR

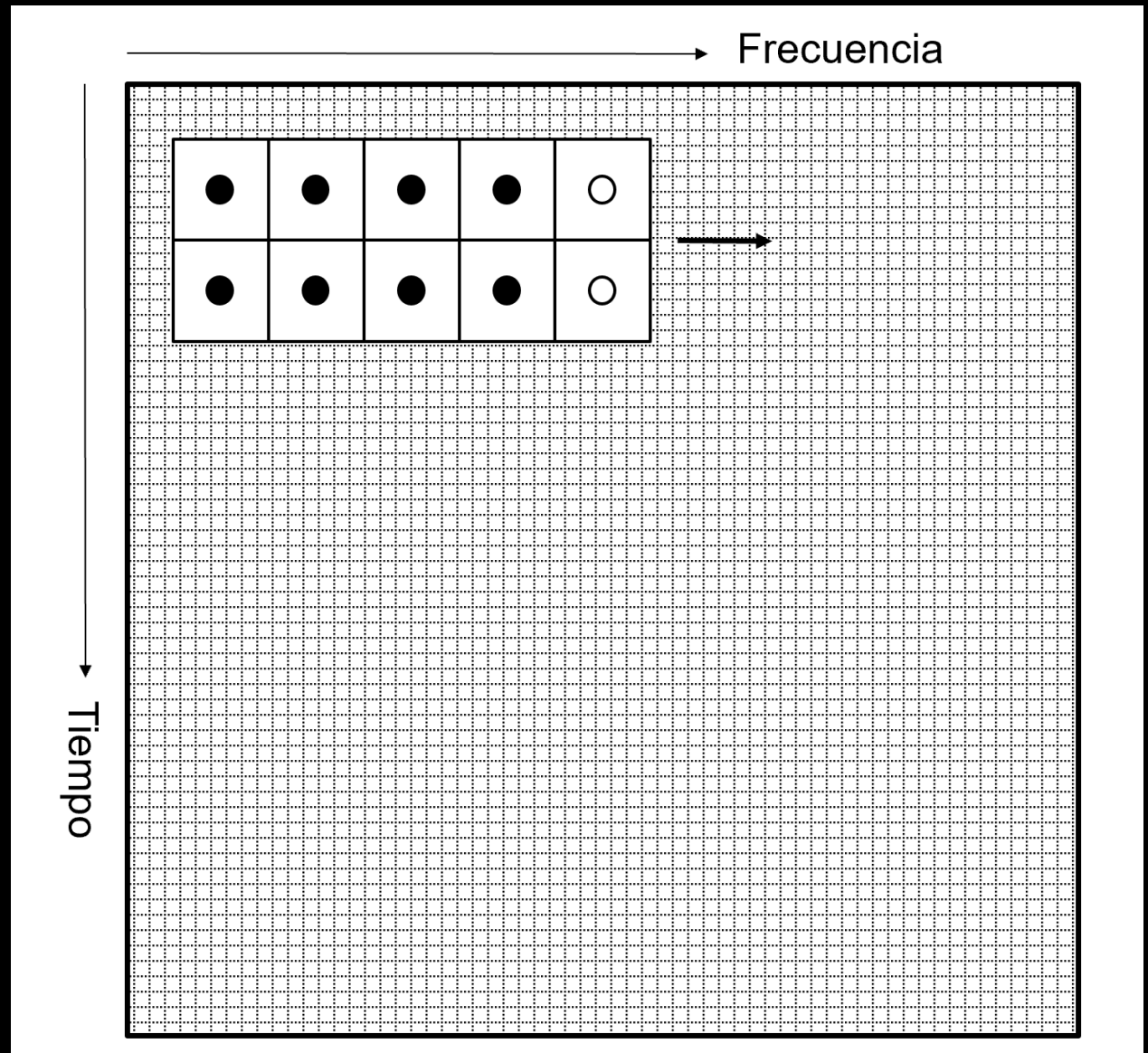
Ecualizador en frecuencia

8 bits de estado

2 bits de entrada

Crea trellis en
frecuencia

Combate ICI y
algo de ISI



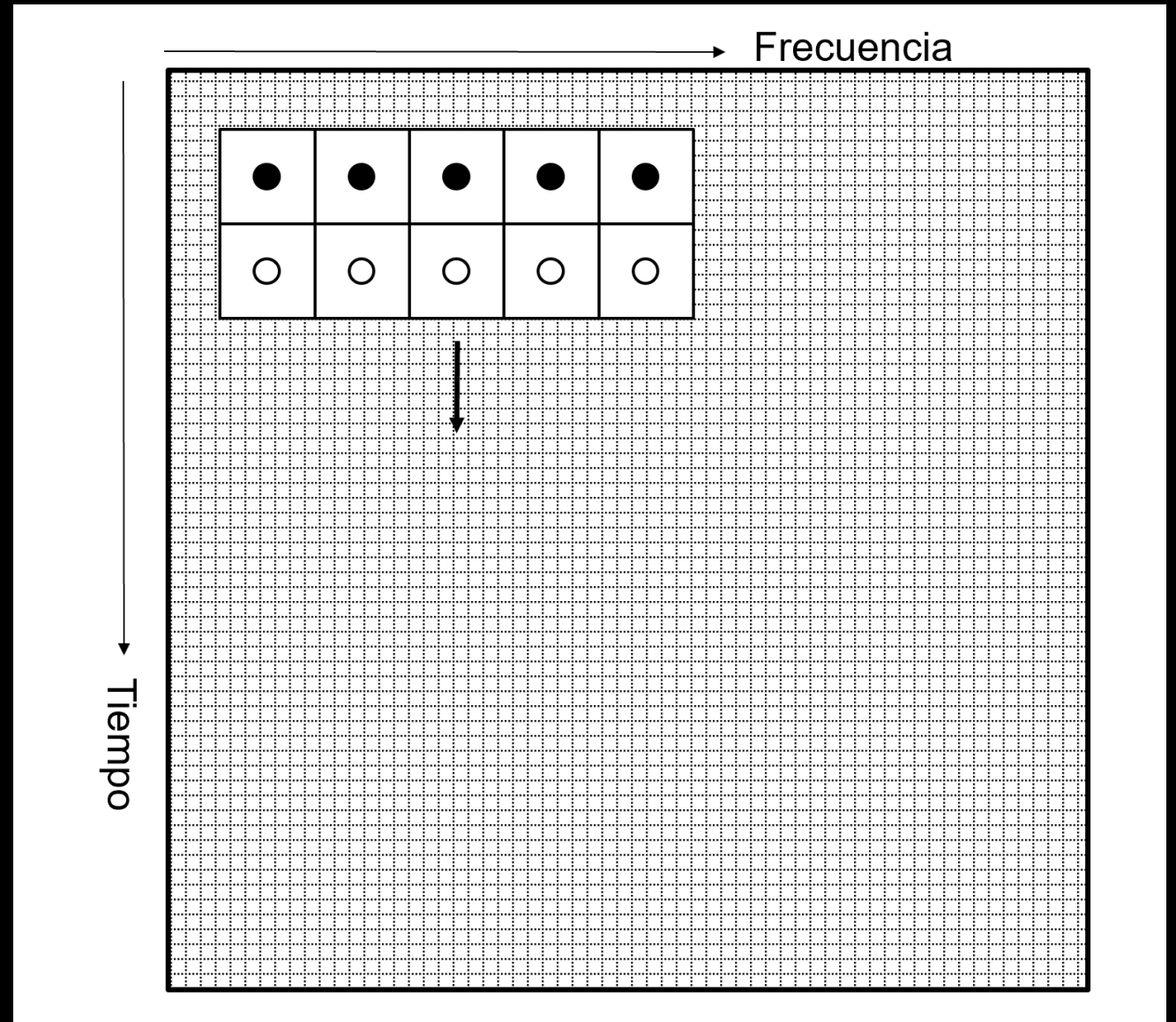
Ecualizador en tiempo

5 bits de estado

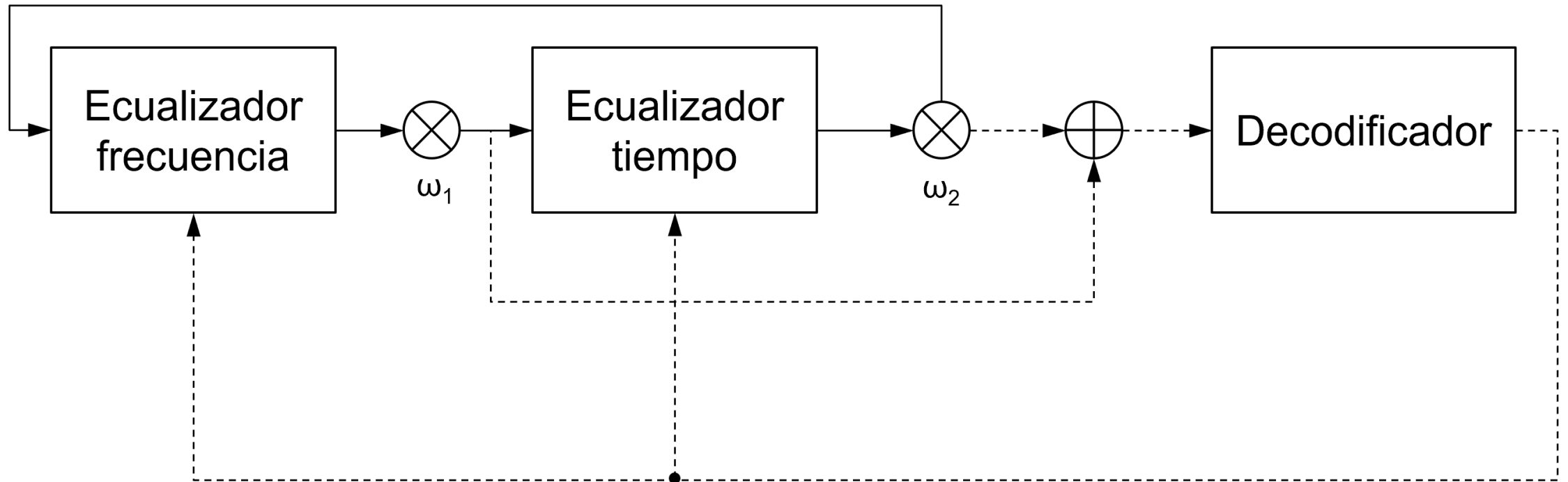
5 bits de entrada

Crea trellis en
tiempo

Combate IZI y
algo de ICI



Arquitectura del turbo - ecualizador



Algoritmo BJCR

Calcula probabilidades “a posteriori” : α , β , γ , σ

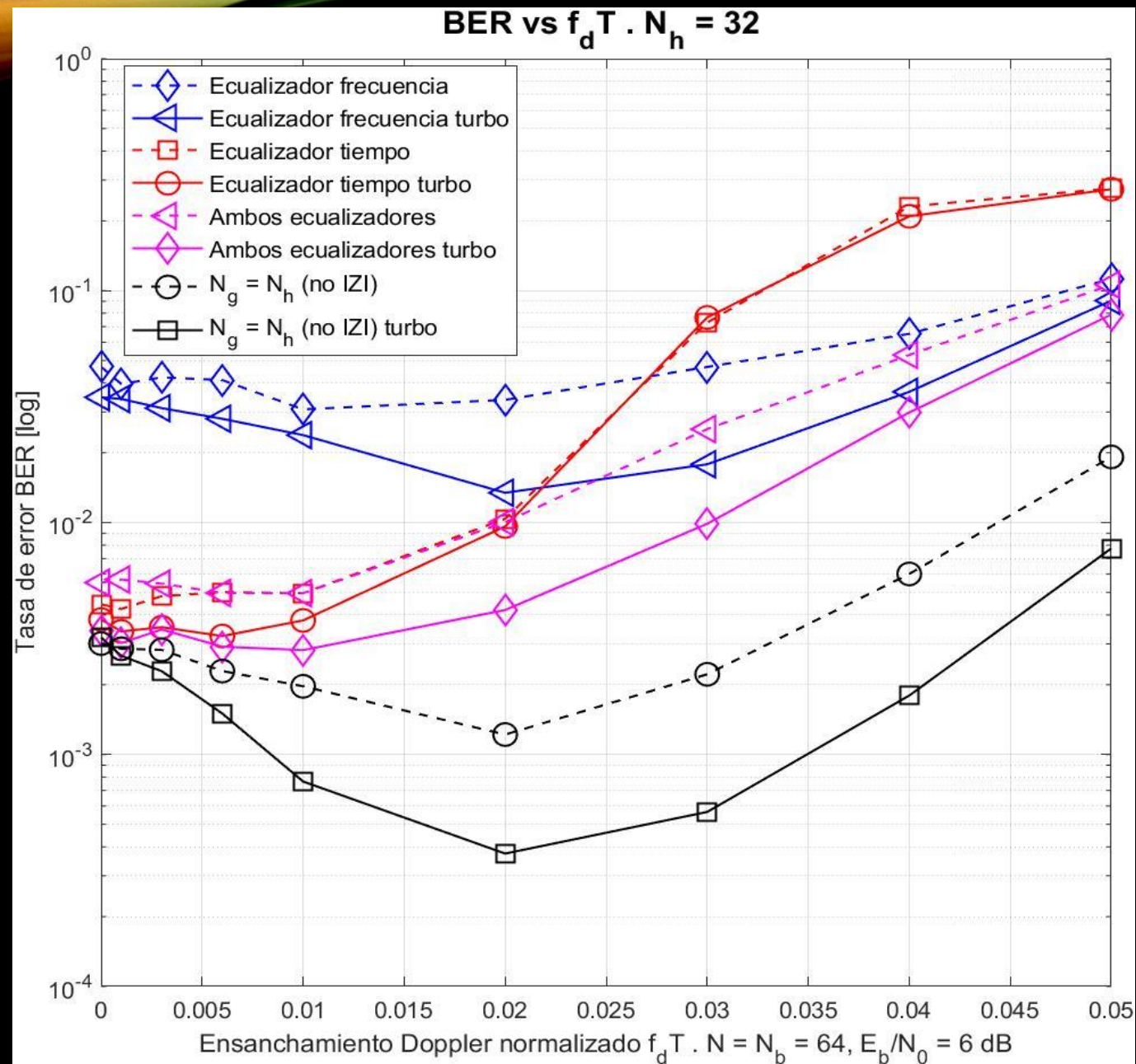
$$Pr\{u = 0|\mathbf{x}\} \quad Pr\{u = 1|\mathbf{x}\}$$

Compara símbolo recibido con todos los posibles símbolos

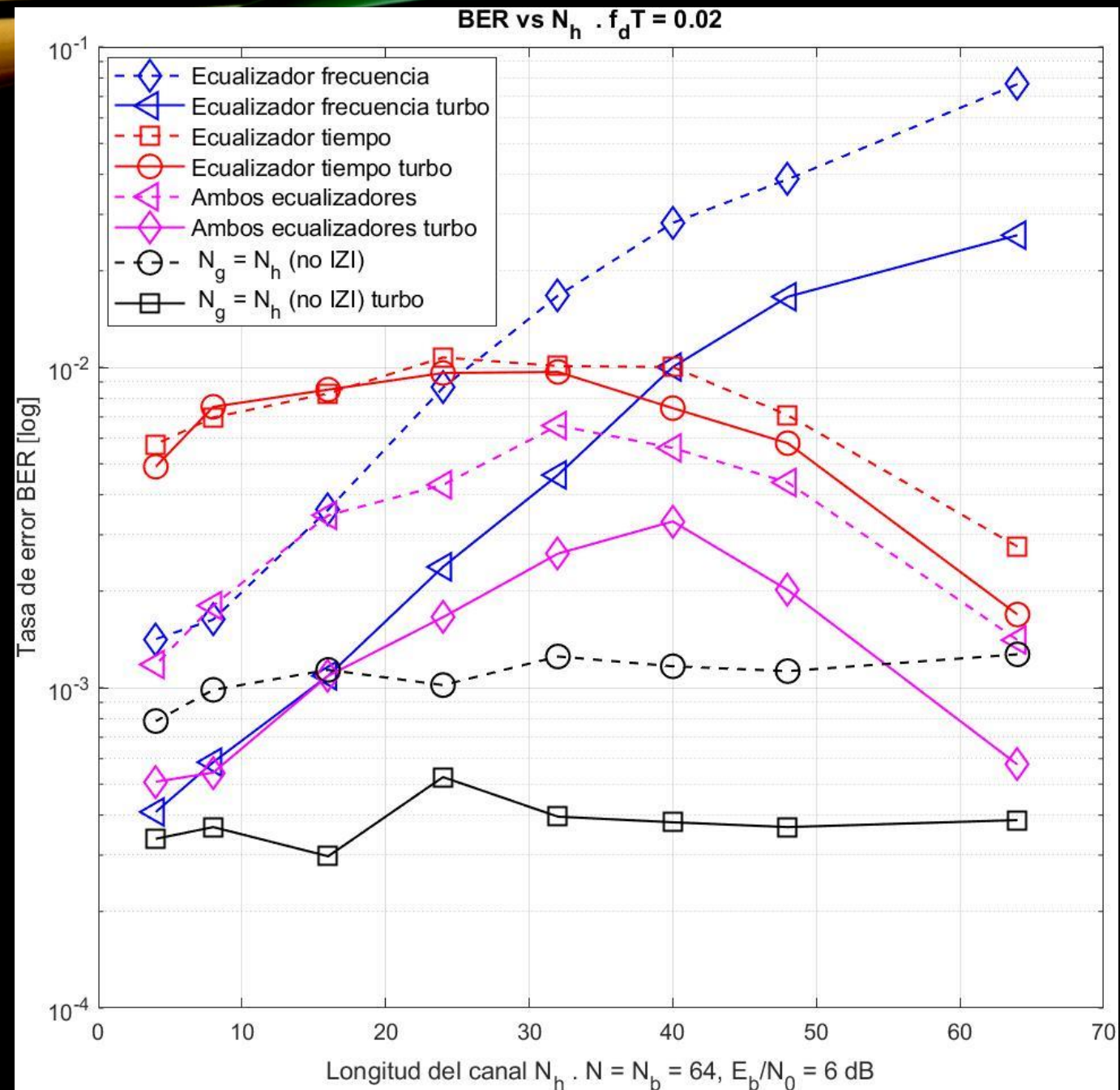
Encuentra el símbolo más probable (menor prob. de error)

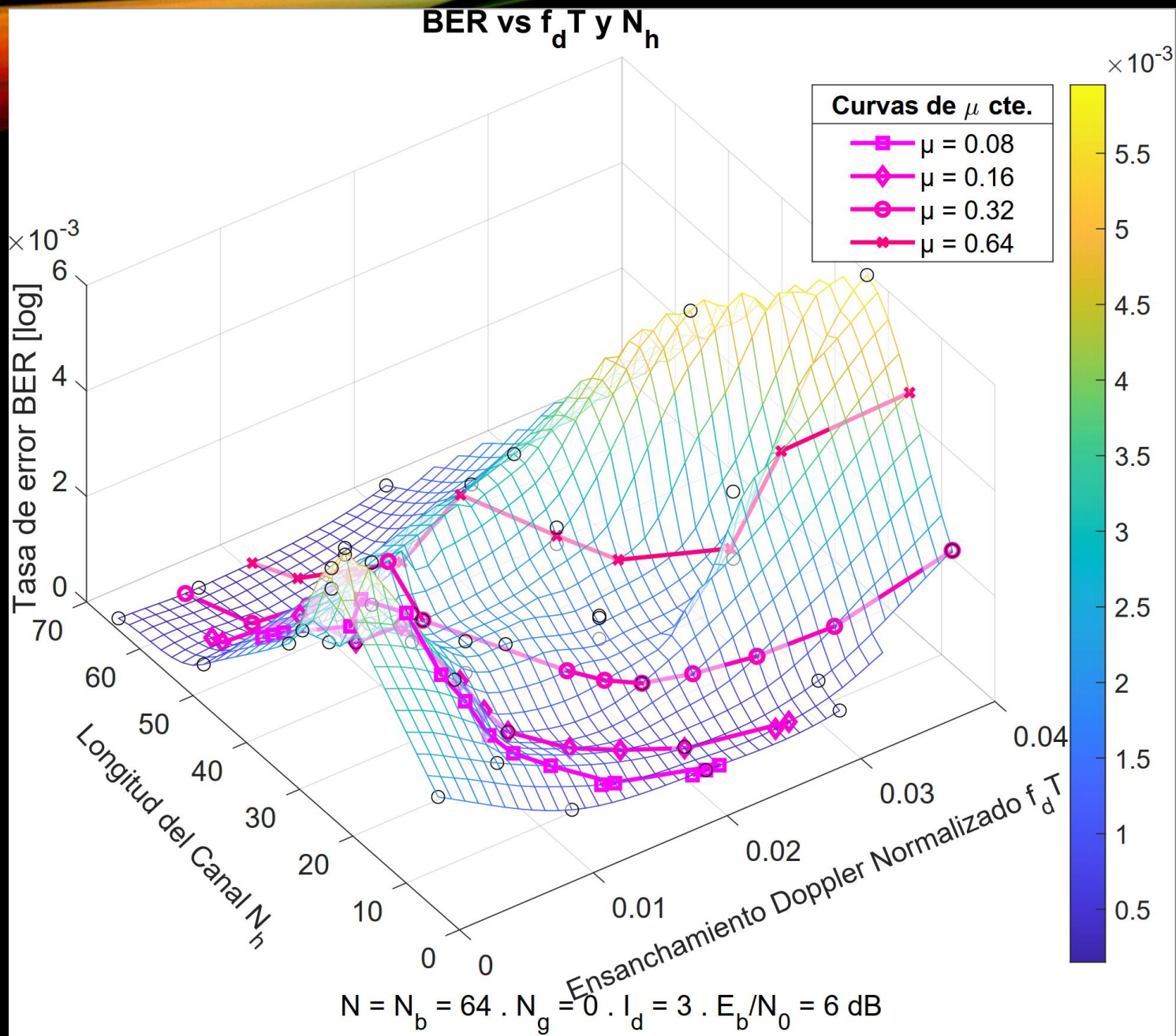
Detalles horribles: L.Bahl, J.Cocke, F.Jelinek, and J.Raviv, "Optimal Decoding of Linear Codes for minimizing symbol error rate", IEEE Transactions on Information Theory, 1974

¡Diversidad Doppler!



¡Diversidad temporal!





Trabajos futuros

Implementación y pruebas reales

Manejo de la complejidad

Estimación de canales móviles. ¿Redes neuronales?

Conclusiones / contribuciones

Arquitectura innovadora de ecualización 2D

Simulaciones para canales altamente móviles

Mejor que otros ecualizadores en BER

Diversidad Doppler: Es bueno contar con algo de ICI

Diversidad temporal: Es bueno contar con algo de IZI

Su consulta no me molesta...

