

**PROYECTO INTEGRADOR DE LA CARRERA  
DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**MEJORA DE LA DETECCIÓN EN RADARES  
BIESTATICOS PASIVOS BASADOS EN LA  
SEÑAL DE TELEVISIÓN DIGITAL ISDB-T A  
PARTIR DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA  
MISMA**

**Mangieri Gianfranco**

**Dr. Javier Areata**

Director

27 de diciembre de 2025

Universidad Nacional De Rio Negro  
Argentina

*To my family and mentors...*

# Acronimos

<b>16QAM</b>	Modulación de amplitud en cuadratura de 16 estados, por sus siglas en inglés.
<b>64QAM</b>	Modulación de amplitud en cuadratura de 64 estados, por sus siglas en inglés.
<b>BW</b>	Ancho de banda, por sus siglas en inglés.
<b>CAF</b>	Función de ambigüedad cruzada, por sus siglas en inglés.
<b>COFDM</b>	Multiplexación por división de frecuencias ortogonales codificada, por sus siglas en inglés.
<b>DBPSK</b>	Modulación por desplazamiento de fase binaria diferencial, por sus siglas en inglés.
<b>FEC</b>	Corrección de errores hacia adelante, por sus siglas en inglés.
<b>FFT</b>	Transformada rápida de Fourier, por sus siglas en inglés.
<b>IFFT</b>	Transformada rápida de Fourier inversa, por sus siglas en inglés.
<b>IQ</b>	En fase y cuadratura, por sus siglas en inglés.
<b>ISDB-T</b>	Radiodifusión Digital de Servicios Integrados - Terrestre, por sus siglas en inglés.
<b>OFDM</b>	Multiplexación por división de frecuencias ortogonales, por sus siglas en inglés.
<b>PRBS</b>	Secuencia binaria psudo-random, por sus siglas en inglés.
<b>QAM</b>	Modulación de amplitud en cuadratura, por sus siglas en inglés.
<b>QPSK</b>	Modulación por desplazamiento de fase cuaternaria, por sus siglas en inglés.
<b>RCS</b>	Sección equivalente de radar, por sus siglas en inglés.
<b>RS</b>	Reed-Solomon.
<b>SNR</b>	Relación señal a ruido, por sus siglas en inglés.
<b>TDT</b>	Televisión digital terrestre.
<b>TMCC</b>	[completar].
<b>CFAR</b>	[completar]
<b>DSI</b>	[completar]

# Índice general

<b>Acronimos</b> . . . . .	<b>2</b>
<b>Índice de figuras</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>Índice de tablas</b> . . . . .	<b>6</b>
<b>Resumen</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>1 Transmisión de Señal de TV Digital Terrestre ISDB-T</b> . . . . .	<b>1</b>
1.1 Dispersión de energía . . . . .	3
1.2 Código RS . . . . .	3
1.3 Entrelazador de byte . . . . .	3
1.4 Código Convolutional . . . . .	3
1.5 Entrelazador de bit . . . . .	4
1.6 Mapeo de símbolos QAM . . . . .	4
1.7 Entrelazador de tiempo y frecuencia . . . . .	8
1.8 Estructura de frame OFDM . . . . .	8
1.9 Frecuencia de muestreo y frecuencias centrales . . . . .	9
<b>2 Recepcion</b> . . . . .	<b>10</b>
<b>Bibliografía</b> . . . . .	<b>11</b>

# Índice de figuras

1.1	Orden de los segmentos en el canal de 8 MHz. . . . .	1
1.2	Recepción total y parcial. . . . .	2
1.3	Codificación de canal. . . . .	2
1.4	Entrelazador de bytes. . . . .	3
1.5	Diagrama en bloques del código convolucional. . . . .	4
1.6	Mapeo de bits a símbolos QPSK. . . . .	5
1.7	Mapeo de bits a símbolos 16 QAM. . . . .	6
1.8	Mapeo de bits a símbolos 32 QAM. . . . .	7
1.9	Estructura de datos en el frame OFDM. . . . .	8
1.10	Distribucion de portadoras pilotos. . . . .	9
1.11	Generador de secuencia binaria pseudo aleatoria . . . . .	9

# **Índice de tablas**

## **Resumen**

This is where you write your abstract. It should provide a concise summary of your research, including the problem statement, methodology, key findings, and conclusions. Typically, an abstract is between 150-350 words.

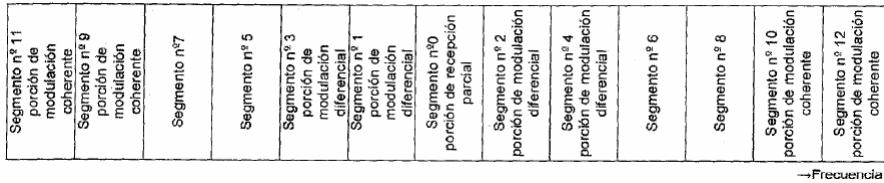
**Keywords:** keyword1, keyword2, keyword3, keyword4

# Capítulo 1

## Transmisión de Señal de TV Digital Terrestre ISDB-T

En Argentina, la transmisión de TDT está regulada por el ENACOM a través de la resolucion 7/13. Esta establece el esquema ISDB-Tb definido por la norma ABNT NBR 15601. Además, en el Anexo 1 se establece las especificaciones técnicas, tales como el tratamiento de datos, la modulación y la transmisión. En este documento también se definen los modos de recepción, especificándose la recepción total o parcial, denominada 1-seg. Asimismo, la normativa describe cómo se divide el espectro de un canal de 8 MHz en 13 segmentos, siendo el segmento central el destinado a la recepción parcial. Además, en la Figura X se presenta la cadena completa de procesamiento.

En la Figura 1.3 puede observarse todos los bloques de procesamiento aplicado en un transmisor de TDT. Este capitulo se encarga de explicar cada uno de ellos en el contexto de transmisión y recepción parcial 1-seg.



**Figura 1.1:** Orden de los segmentos en el canal de 8 MHz. Fuente: [2].

# CAPÍTULO 1. TRANSMISIÓN DE SEÑAL DE TV DIGITAL TERRESTRE ISDB-T

---

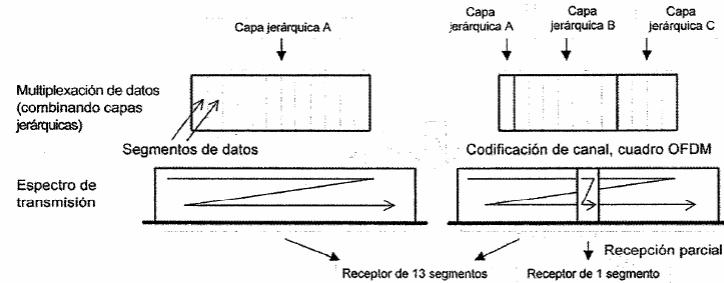


Figura 1.2: Recepción total y parcial. Fuente: [2].

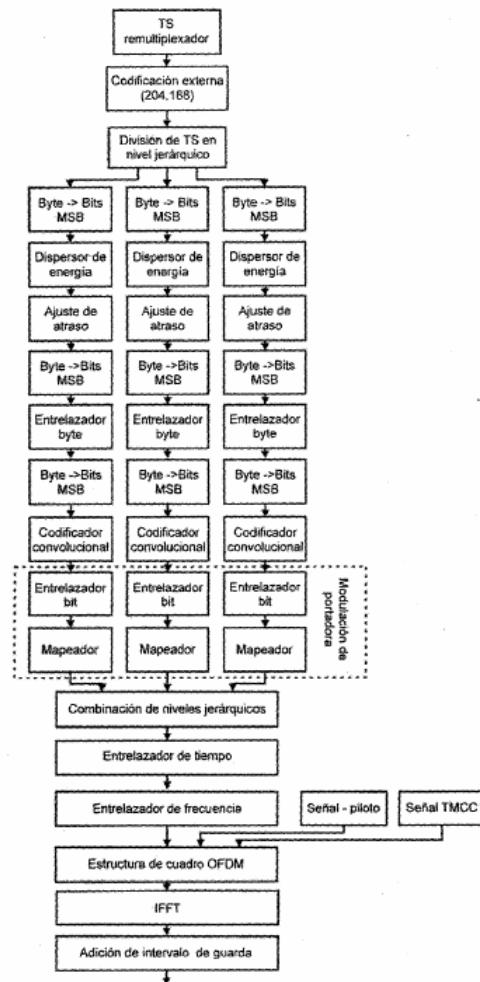


Figura 1.3: Codificación de canal. Fuente: [2]

## 1.1. Dispersión de energía

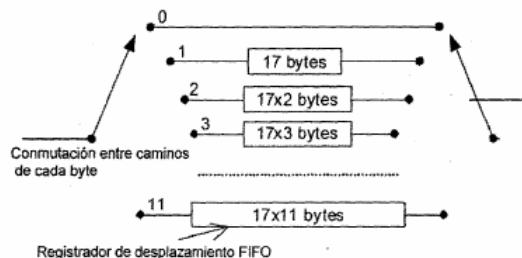
Luego del tratamiento de los \*transport streams\*, el primer bloque es el dispersor de energía. Para ello se utiliza una secuencia pseudoaleatoria que modula los bits. Esto se hace a partir de un shift register retroalimentado, el cual genera la secuencia, y una compuerta XOR que invierta los datos en función de la secuencia. La configuración inicial del generador esta dada por la semilla [] y el polinomio [], como se muestra en la Figura X.

## 1.2. Código RS

Una vez dispersada la energía, se aplica el primer nivel de codificación. Se utiliza un código RS () con capacidad para detectar y corregir hasta  $**x**$  errores. Para esto se utiliza el polinomio generador [].

## 1.3. Entrelazador de byte

Posteriormente, los datos se entrelazan a nivel de byte mediante un interleaver convolucional, consistente en una cascada de shift registers con distintos niveles de profundidad, tal como se muestra en la Figura X, de manera que las distintas ramas sufran distintos retardos y así generar el entrelazamiento.

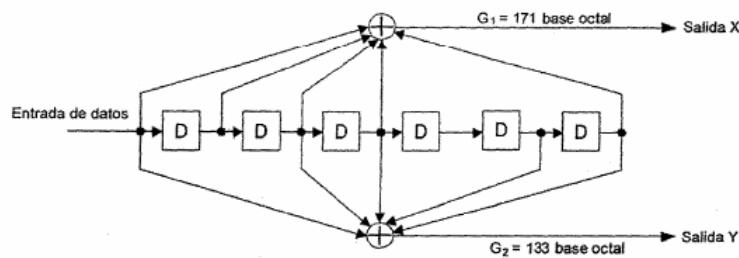


**Figura 1.4:** Entrelazador de bytes. Fuente: [2].

## 1.4. Código Convolucional

A continuación, comienza el segundo nivel de codificación. En esta etapa se emplea un código convolucional puntuado, cuyos polinomios característicos son [ ] y [ ] para las señales X e Y. Dependiendo del patrón de puntuado, la combinación correspondiente de

estas señales se utilizará como salida. En la Tabla X se detallan las combinaciones asociadas a cada patrón.



**Figura 1.5:** Diagrama en bloques del código convolucional. Fuente: [2].

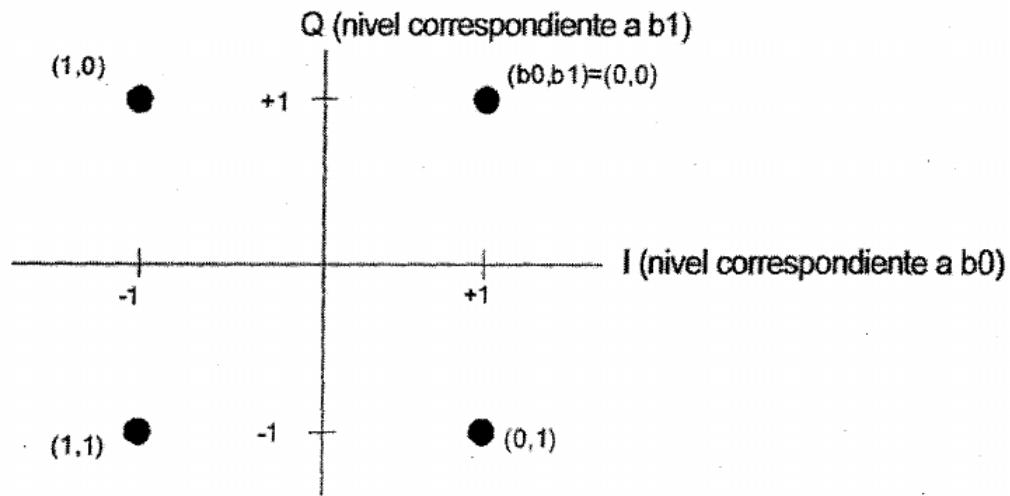
## 1.5. Entrelazador de bit

Análogamente al entrelazador de bytes, se utiliza un interleaver convolucional en donde el tamaño del registro es un bit y la cantidad de ramas y retardos, dados por la profundidad de los registros, depende del modo y modulación de operación.

## 1.6. Mapeo de símbolos QAM

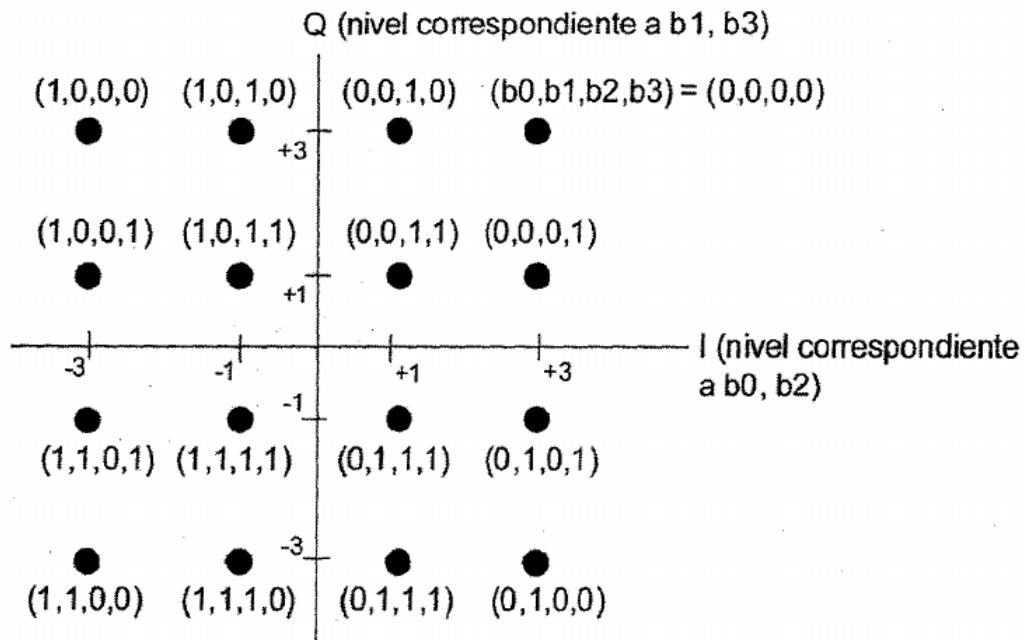
Una vez completado el segundo nivel de codificación, se aplica una segunda etapa de entrelazado, esta vez a nivel de bit. De manera análoga a la anterior, se utiliza un \*interleaver\* convolucional, aunque en este caso cada registro almacena únicamente un bit. Finalmente, los bits se mapean a símbolos de una de las tres modulaciones QAM disponibles: QPSK (grupos de 2 bits), 16-QAM (grupos de 4 bits) y 64-QAM (grupos de 6 bits). En todos los casos, los bits pares e impares representan la parte real e imaginaria, respectivamente, siguiendo el mapeo especificado.

## QPSK



**Figura 1.6:** Mapeo de bits a símbolos QPSK. Fuente: [2].

$$a_k = 1 - 2b_0 + j - 2jb_1 \quad (1.1)$$

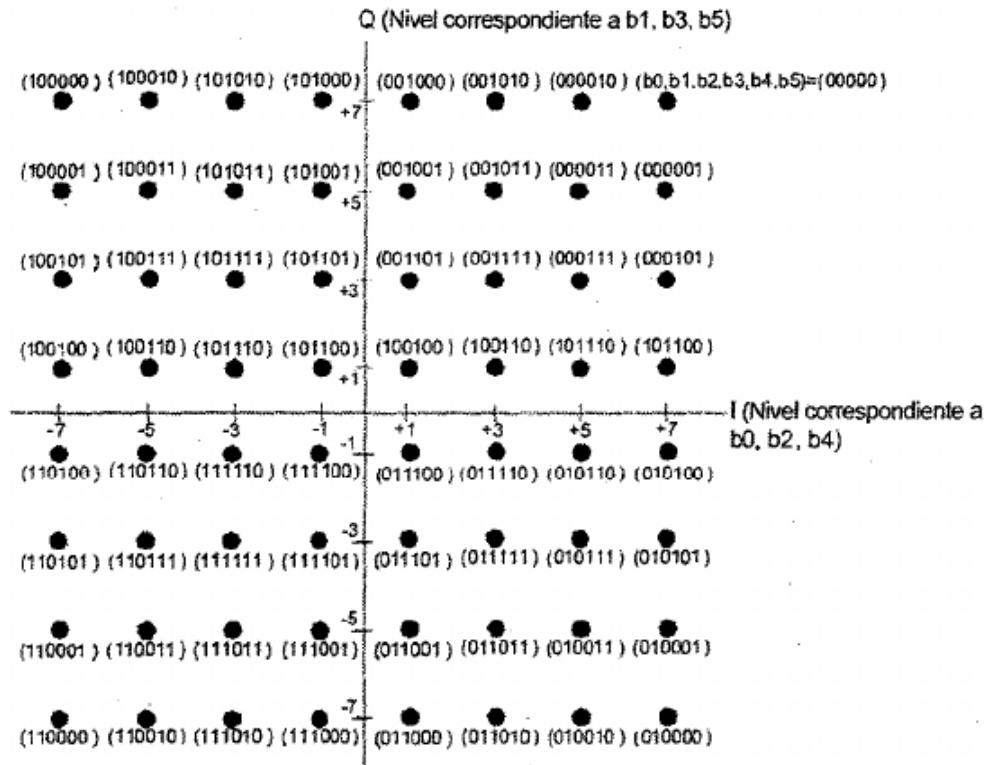
**16 QAM**

**Figura 1.7:** Mapeo de bits a símbolos 16 QAM. Fuente: [2].

$$\mathbf{R}\{a_k\} = 3 - 6b_0 - 2b_2 + 4b_0b_2 \quad (1.2)$$

$$\mathbf{I}\{a_k\} = 3 - 6b_1 - 2b_3 + 4b_1b_3 \quad (1.3)$$

## 32 QAM



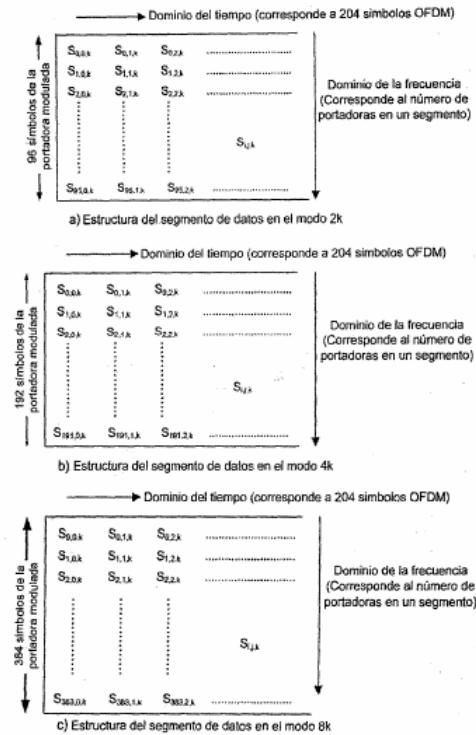
**Figura 1.8:** Mapeo de bits a símbolos 32 QAM. Fuente: [2].

$$\mathbf{R}\{a_k\} = 7 - 14b_0 - 6b_2 - 2b_4 + 12b_0b_2 + 4b_0b_4 + 4b_2b_4 - 2b_0b_2b_4 \quad (1.4)$$

$$\mathbf{I}\{a_k\} = 7 - 14b_1 - 6b_3 - 2b_5 + 12b_1b_3 + 4b_1b_5 + 4b_3b_5 - 2b_1b_3b_5 \quad (1.5)$$

## 1.7. Entrelazador de tiempo y frecuencia

## 1.8. Estructura de frame OFDM



**Figura 1.9:** Estructura de datos en el frame OFDM. Fuente: [2].

### Pilotos y PRBS

Tabla 22. Arreglo de las portadoras AC y TMCC en el modo 3 y modulación síncrona

Número del segmento	11	9	7	5	3	1	0	2	4	6	8	10	12
AC1_1	10	20	4	98	11	76	7	61	35	8	53	74	40
AC1_2	28	40	89	101	101	97	89	100	79	64	83	100	89
AC1_3	161	182	148	118	128	112	206	119	184	115	169	143	116
AC1_4	191	208	197	136	148	197	209	209	205	197	208	187	172
AC1_5	277	251	224	269	290	256	226	236	220	314	227	292	223
AC1_6	316	2295	280	299	316	305	244	256	305	317	317	313	305
AC1_7	335	400	331	385	359	332	377	398	364	334	344	328	422
AC1_8	425	421	413	424	403	368	407	424	413	352	364	413	425
TMCC 1	70	44	83	23	86	31	101	17	49	85	25	47	61
TMCC 2	133	155	169	178	152	191	131	194	139	209	125	157	193
TMCC 3	233	265	301	241	263	277	286	260	299	239	302	247	317
TMCC 4	410	355	425	341	373	409	349	371	385	394	368	407	347

Figura 1.10: Distribucion de portadoras pilotos. Fuente: [2].

$$G(x) = X^{11} + X^9 + 1$$

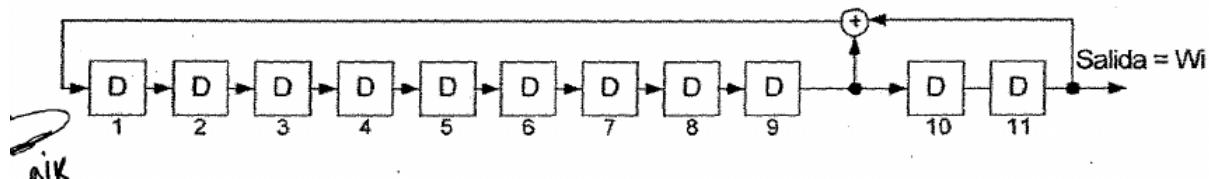


Figura 1.11: Generador de secuencia binaria pseudo aleatoria . Fuente: [2].

### 1.9. Frecuencia de muestreo y frecuencias centrales

## Capítulo 2

### Recepcion

Para la recepcion de una señal ISDBT se implean los siguientes bloques de procesamiento. En primer lugar es necesario identificar los simbolos OFDM, esto se hace a traves del prefijo ciclico agregado en la etapa de transmision. Este al ser una fraccion de la parte final del mensaje puede identificarse usando una correlacion. Al tomar X cantidad de muestras podemos obtener el incio del simbolo como el pico maximo de la correlacion sumado a la duracion del CP.

Una vez identificado el simbolo, el siguiente paso es corregir el error de fase presente en la señal. Esto puede hacerse tambien a partir del CP viendo la diferencia de fase entre este (en el incio del mensaje) y su parte correspondiente en el payload (en el final del mensaje). Sin embargo, esta correccion no es suficiente por si misma. Para terminar de centrar el espectro y ubicar la posicion de las distintas portadoras se utilizan las portadoras piloto. Al ser estas una secuencia conocida y en posiciones predeterminadas, pueden ser usadas con una correlacion para encontrar la posicion de las portadoras usando [eq] en donde el pico maximo indicara que la secuencia conocida se alineo con su contraparte dentro de los datos del simbolo OFDM. Ya con esto pueden extraerse los datos de control y de transmision y proceder con la demodulacion de manera acorde.

# Bibliografía

- [1] M. Malanowski, *Signal Processing for Passive Bistatic Radar*. Artech House, 2019.
- [2] Ente Nacional de Comunicaciones (ENACOM), *Resolución 7/2013 – Anexo 1*, Documento PDF, [https://www.enacom.gob.ar/multimedia/normativas/2013/Resolucion-7\\\_13-Anexo\%201.pdf](https://www.enacom.gob.ar/multimedia/normativas/2013/Resolucion-7\_13-Anexo\%201.pdf), 2013.