

Sistemas de Comunicación Digital

INF2010

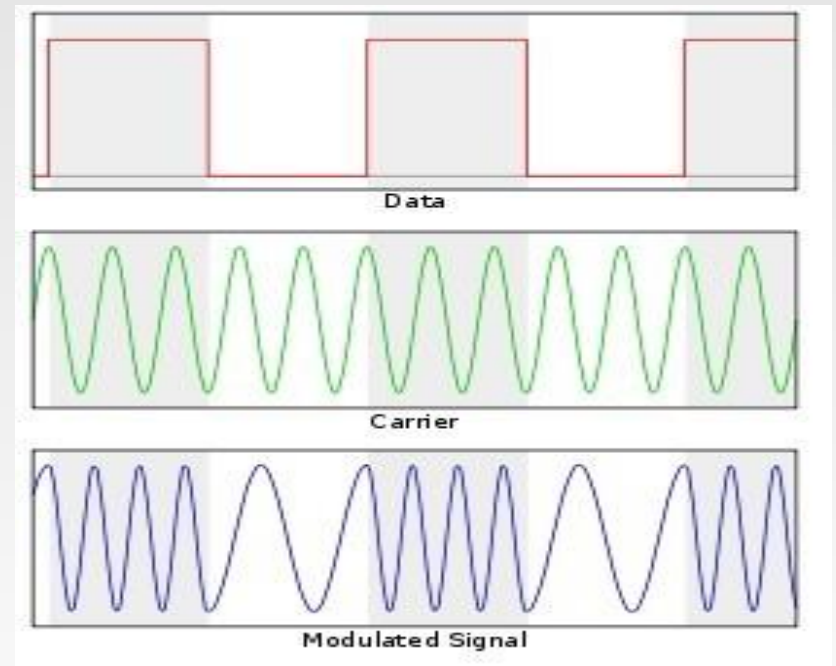
Clase 1:
Introducción a los Sistemas de Comunicación

Fuentes y Sistemas Digitales y Analógicos

- Una **fuentes digital** de información produce un conjunto finito de mensajes posibles.
- Una **fuentes analógica** de información produce mensajes que están definidos en un espacio continuo → infinitos mensajes distintos
- Una **Forma de onda digital** es una función en el tiempo que sólo puede adoptar un conjunto discreto de valores de amplitud. No sólo 1 o 0.
- Una **Forma de onda analógica** es una función del tiempo que posee un rango continuo de valores.

Fuentes y Sistemas Digitales y Analógicos

- Un sistema de comunicación posee ambos tipos de señales, tanto digitales como analógicas
- Por ejemplo, la modulación FSK:
- Qué sistema de comunicación usaría FSK?



Ventajas y Desventajas

- Circuitos económicos
- Permite encriptación de datos
- Mayor rango dinámico
- Permite reunir voz, video y datos en un mismo flujo
- El ruido no se acumula en cada repetidor
- Mayor inmunidad al ruido del canal

Ventajas y Desventajas

- Los errores pueden corregirse con codificación
- **Pero:** Usa mayor ancho de banda que sistemas analógicos
- **Pero:** Se requiere sincronización

Formas de Onda

- **Determinística:** corresponde a una función en el tiempo totalmente especificada, por ejemplo:

$$w(t) = A \cdot \cos(w_0 \cdot t + \varphi_0)$$

- Una forma de onda **aleatoria** (o estocástica) no se puede especificar completamente como una función del tiempo y debe modelarse probabilísticamente.

Diagrama en bloques

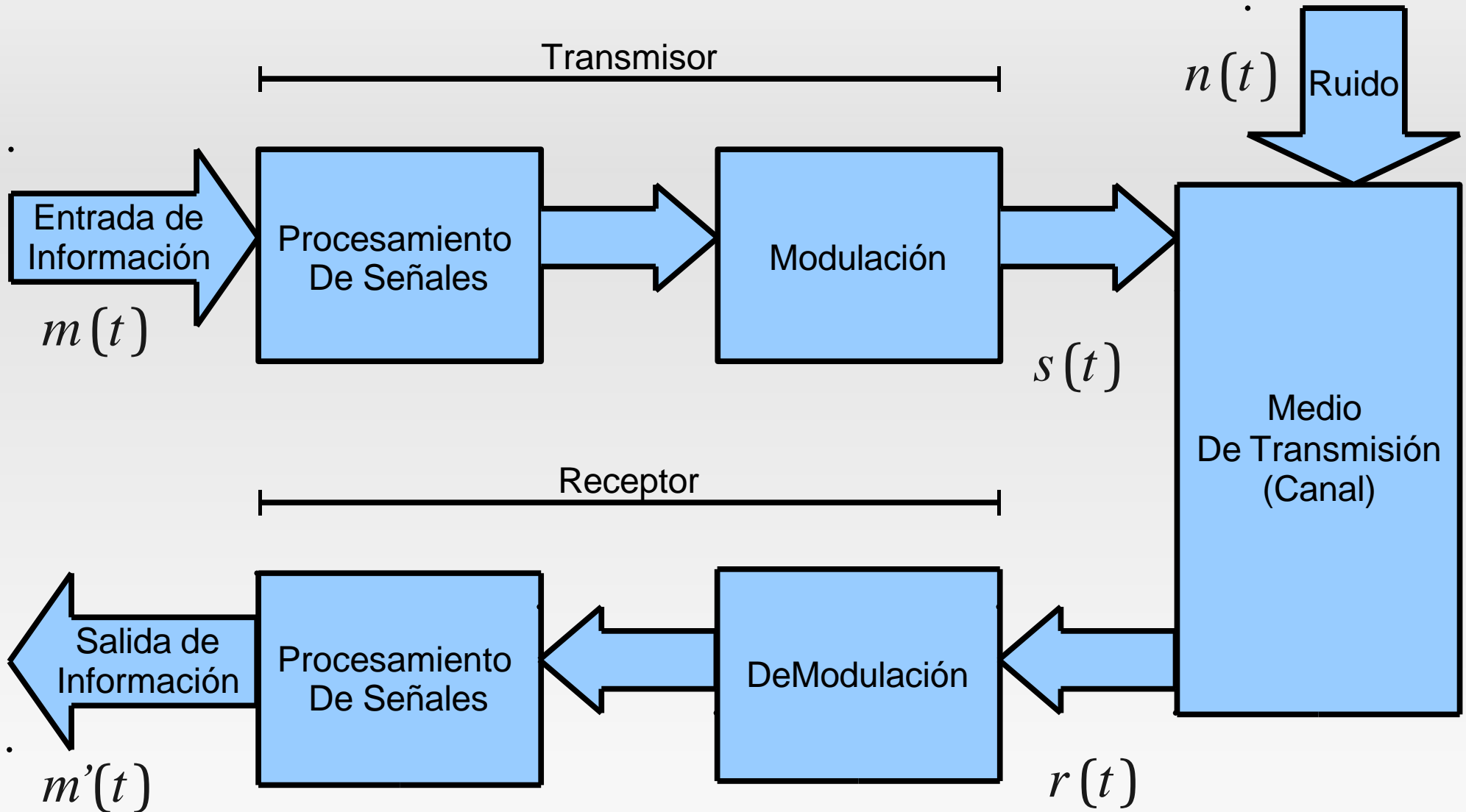


Diagrama en bloques

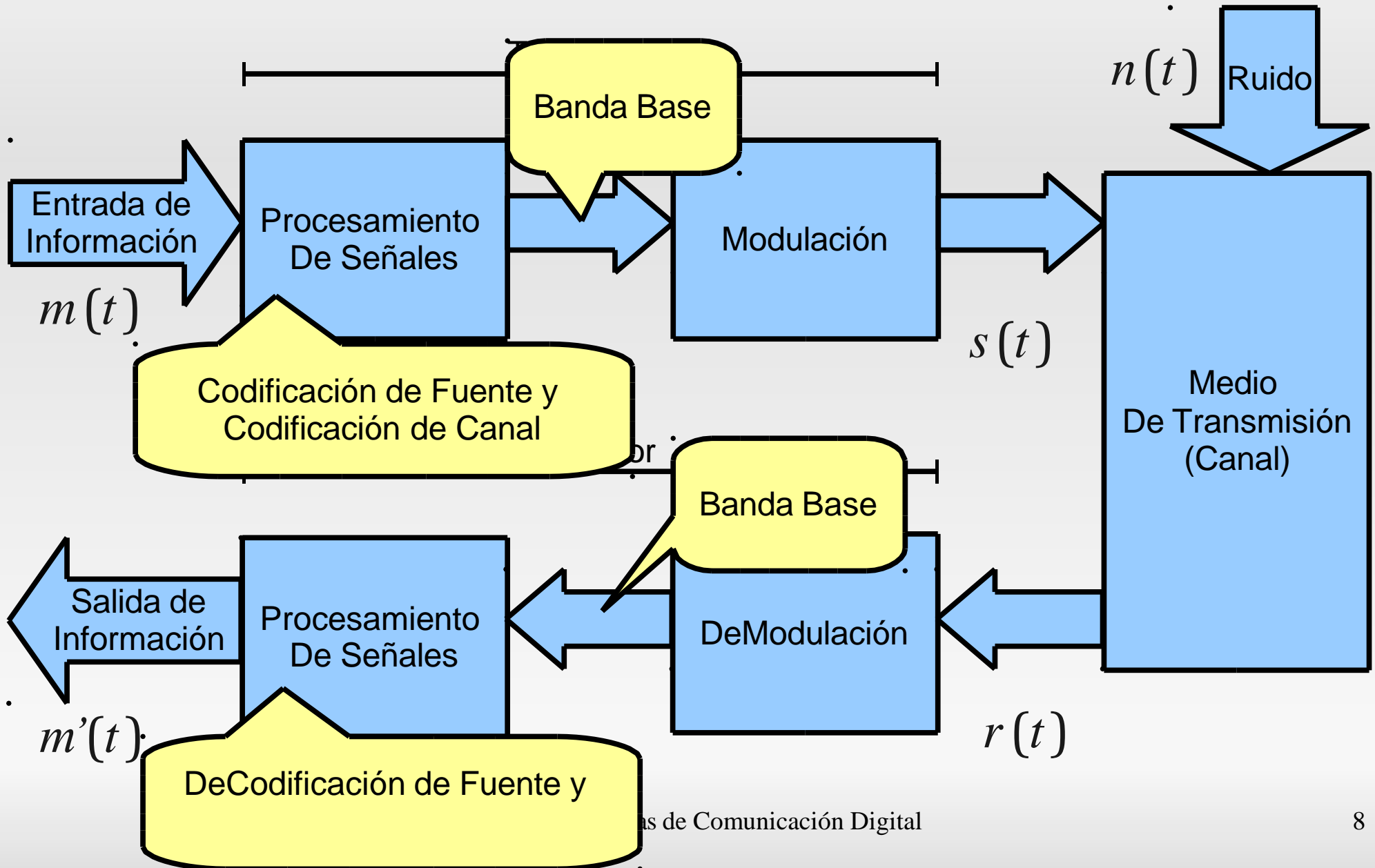


Diagrama en bloques

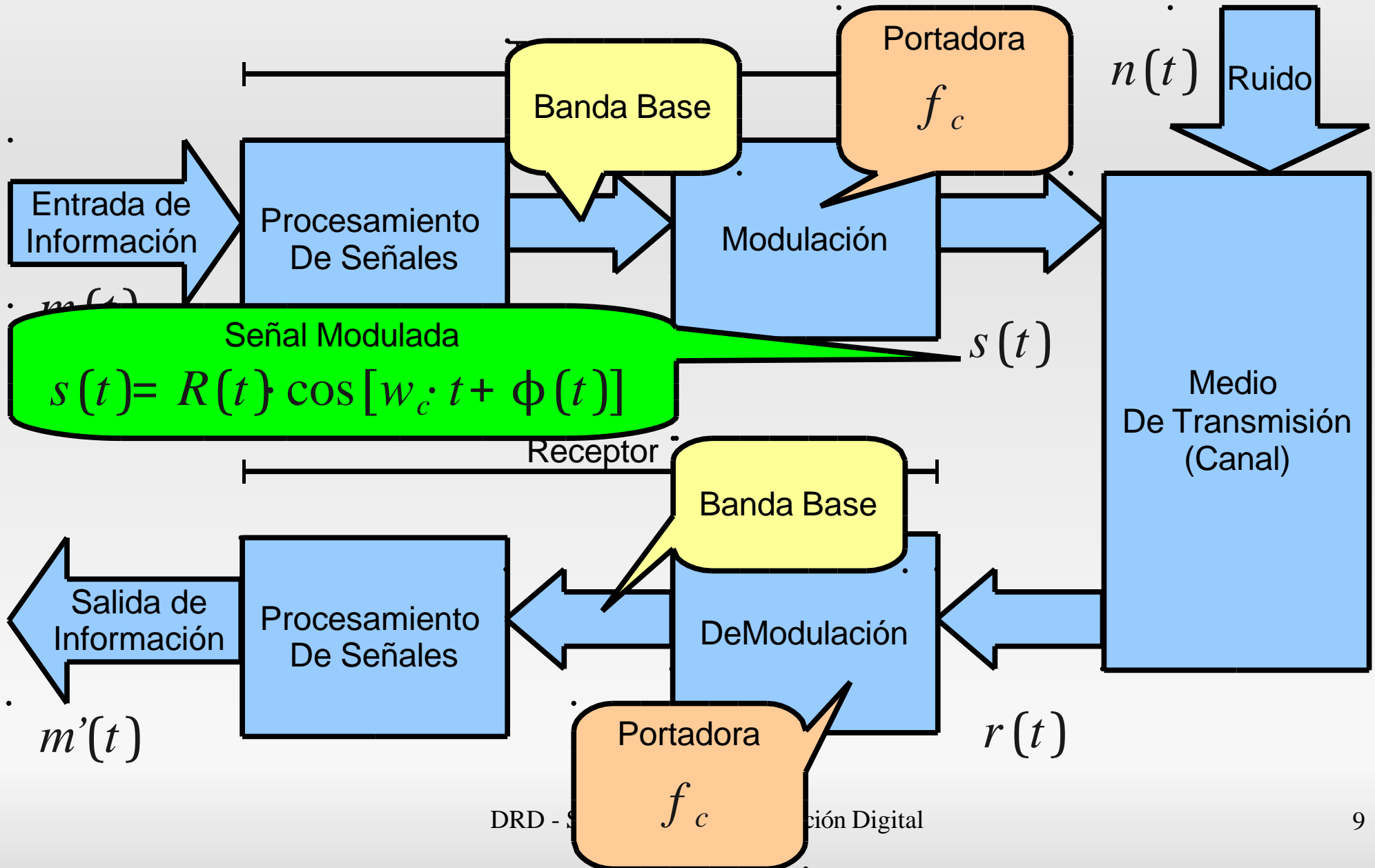
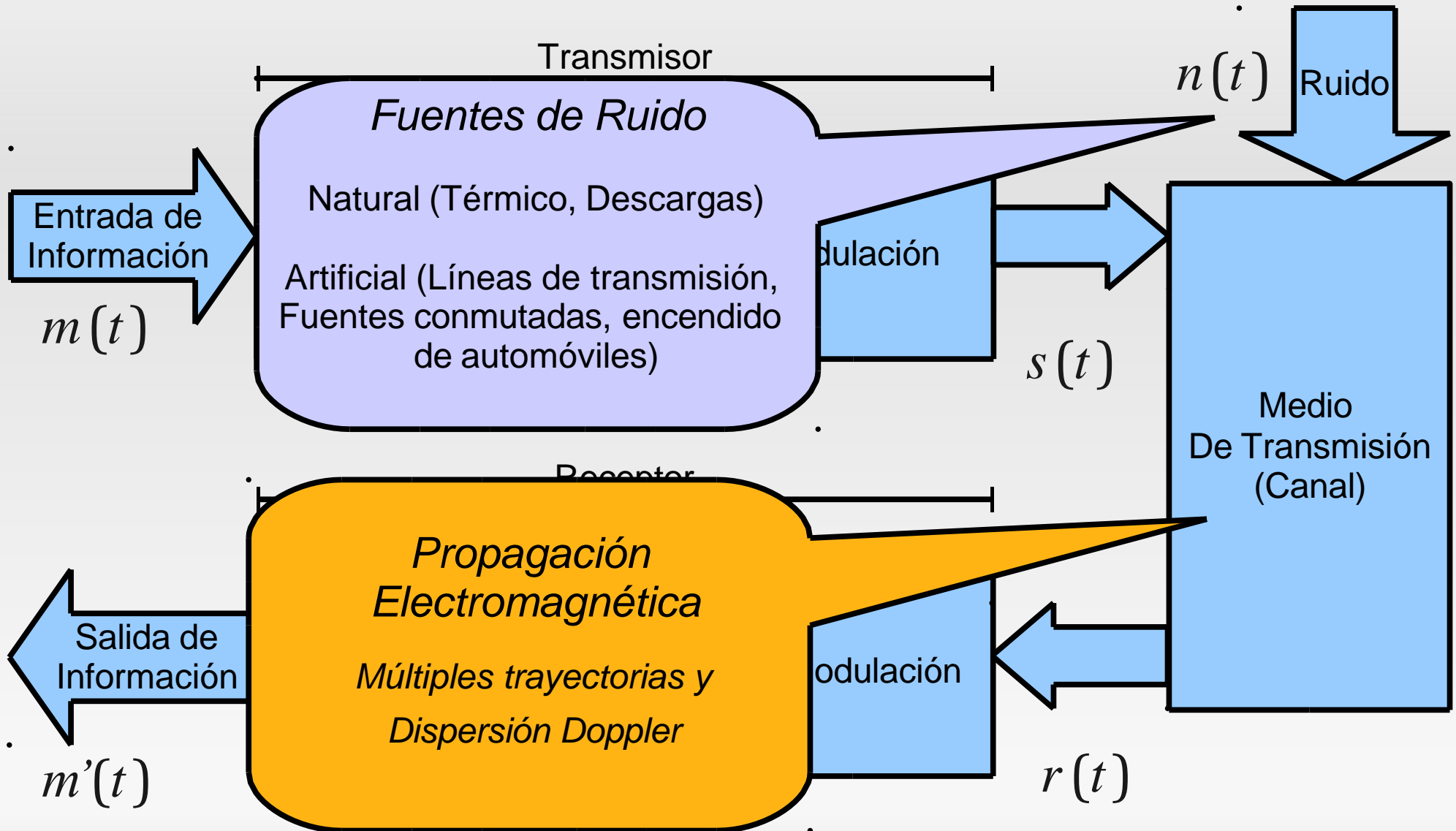
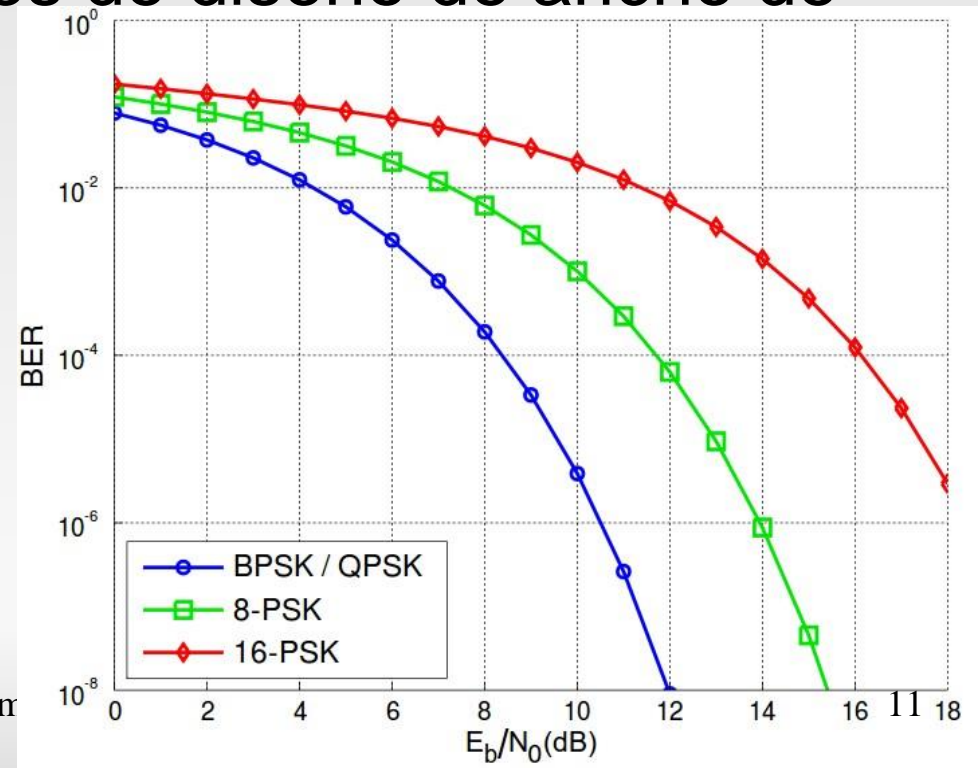


Diagrama en bloques



Sistema de Comunicación

- Objetivos de un sistema de comunicación:
 - Enviar la información con el mínimo deterioro posible
 - Satisfacer las condiciones de diseño de ancho de banda, potencia y costo
- Medida de la degradación digital:
 - BER (Bit Error Rate)



Medio Inalámbrico



Asignación de frecuencias

- Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT) / ITU
- Da la distribución internacional de frecuencias que determina:
 - Tipo de servicio
 - Modulación
 - Banda de frecuencias
 - Potencia máxima admisible

Asignación de frecuencias

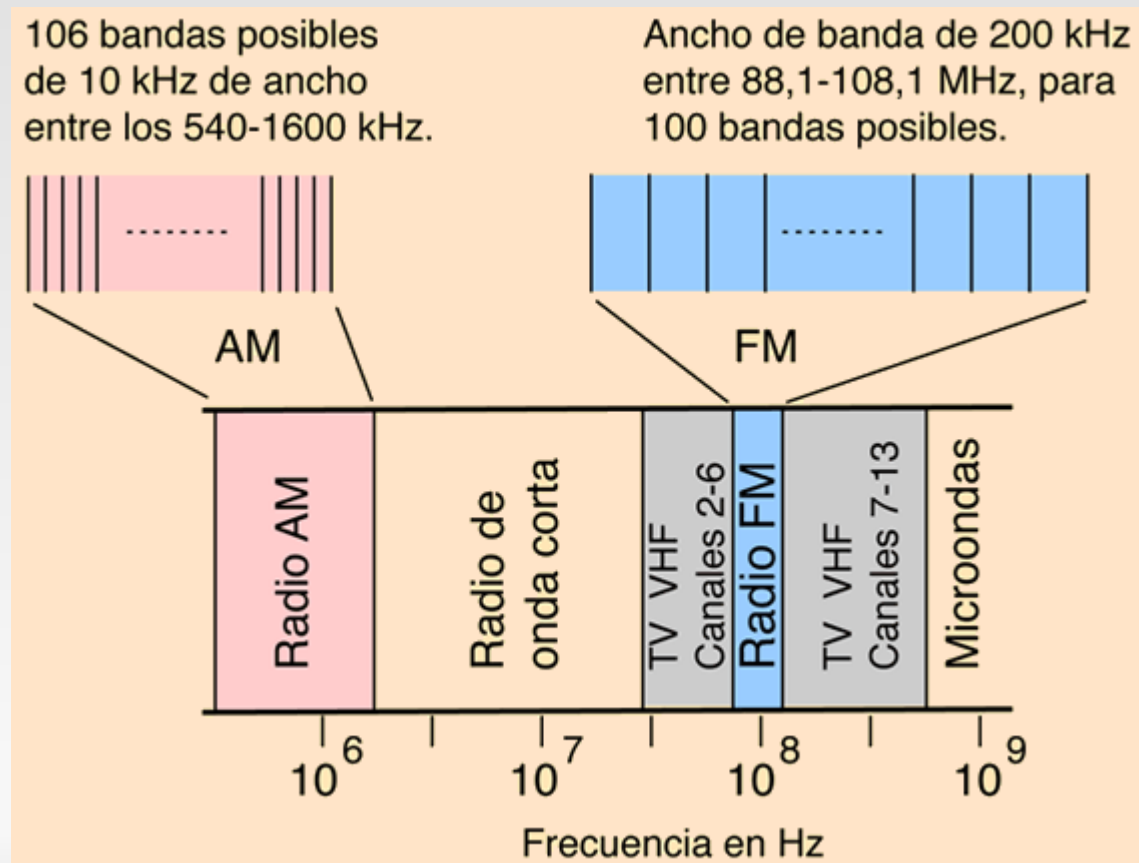
- Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT) / ITU
- Da la distribución internacional de frecuencias que determina:
 - Tipo de servicio
 - Modulación
 - Banda de frecuencias
 - Potencia máxima admisible

Propagación según la frecuencia

- Propagación Terrestre únicamente:
3KHz a 300KHz
- Propagación Terrestre e Ionosférica:
300KHz a 30MHz
- Propagación Línea de Vista (LOS):
30MHz a 300GHz
- Atenuaciones por precipitaciones y vapor de agua: 10GHz, 22.2GHz, 183GHz
- Dónde están los servicios típicos: AM, FM, TV?

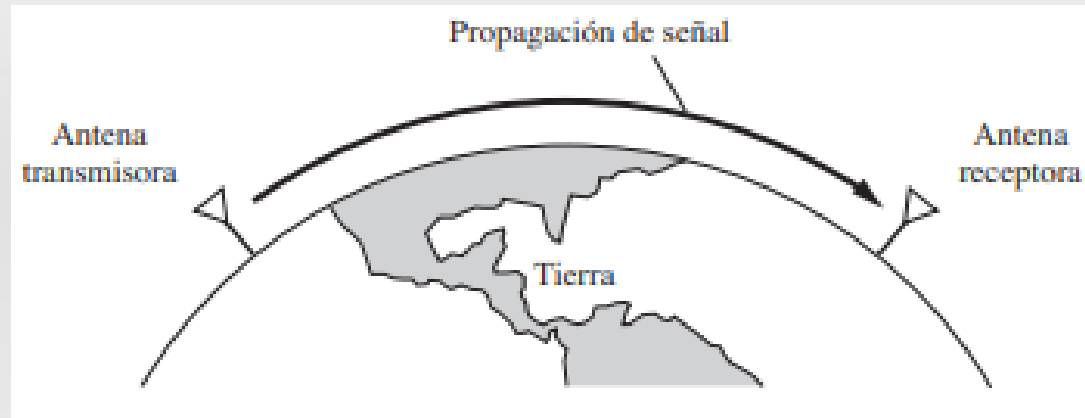
Propagación según la frecuencia

¿Dónde están los servicios típicos: AM, FM, TV?

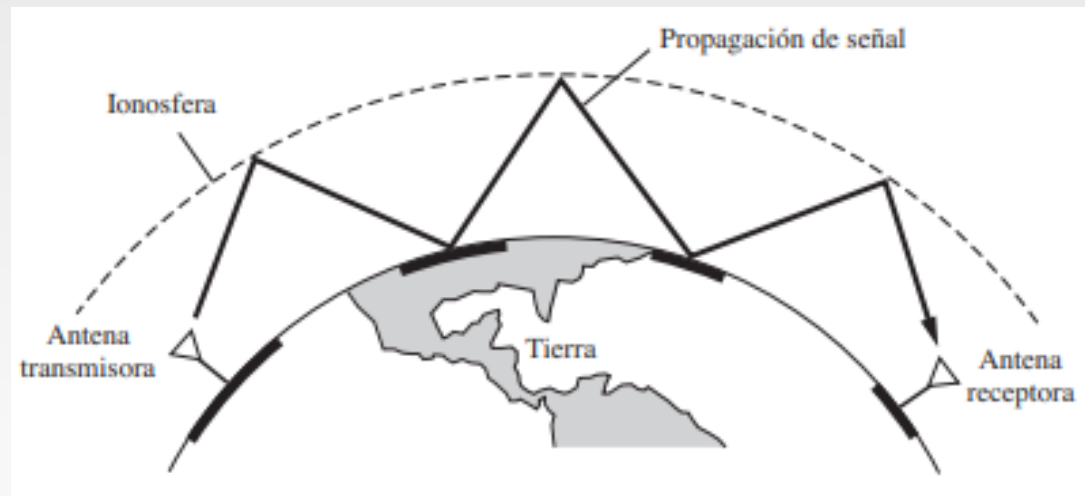


Propagación según la frecuencia

- Terrestre

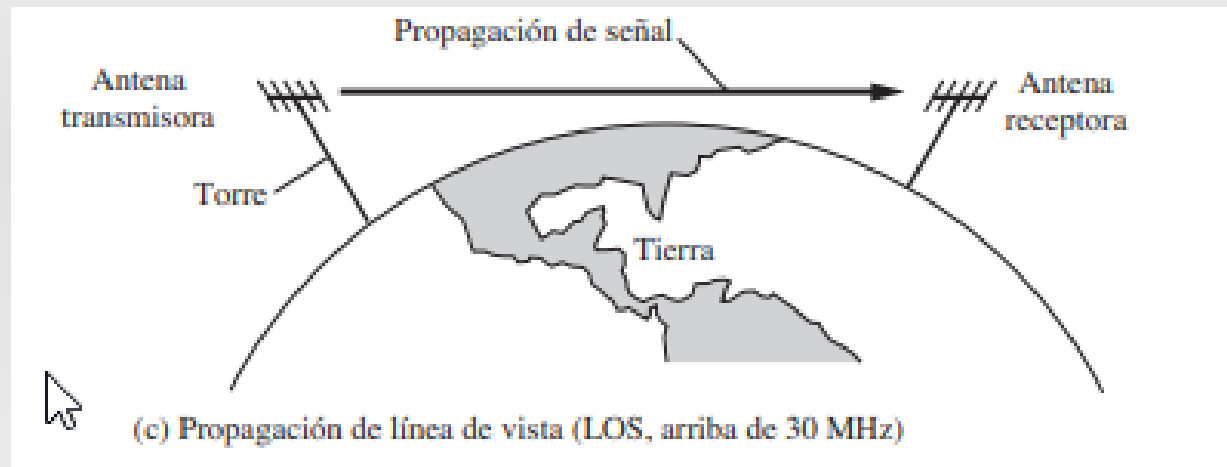


- Ionosférica



Propagación según la frecuencia

- LOS



- La propagación en línea de vista (LOS) también está limitada por la curvatura de la tierra.

Antenas

- Para una radiación eficiente, la antena debe ser más larga que 1/10 de la longitud de onda (λ). Para 10KHz, λ sería:

$$\lambda = \frac{c}{f_c} \quad \lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{10^4 \text{ Hz}} = 3 \times 10^4 \text{ m}$$

- Al menos 3000m de longitud de antena para transmitir de manera eficiente 10KHz.

Propagación Ionosférica

- Las ondas se refractan de manera gradual en la ionósfera y responde a la expresión:

$$n = \sqrt{1 - \frac{81 \cdot N}{f^2}}$$

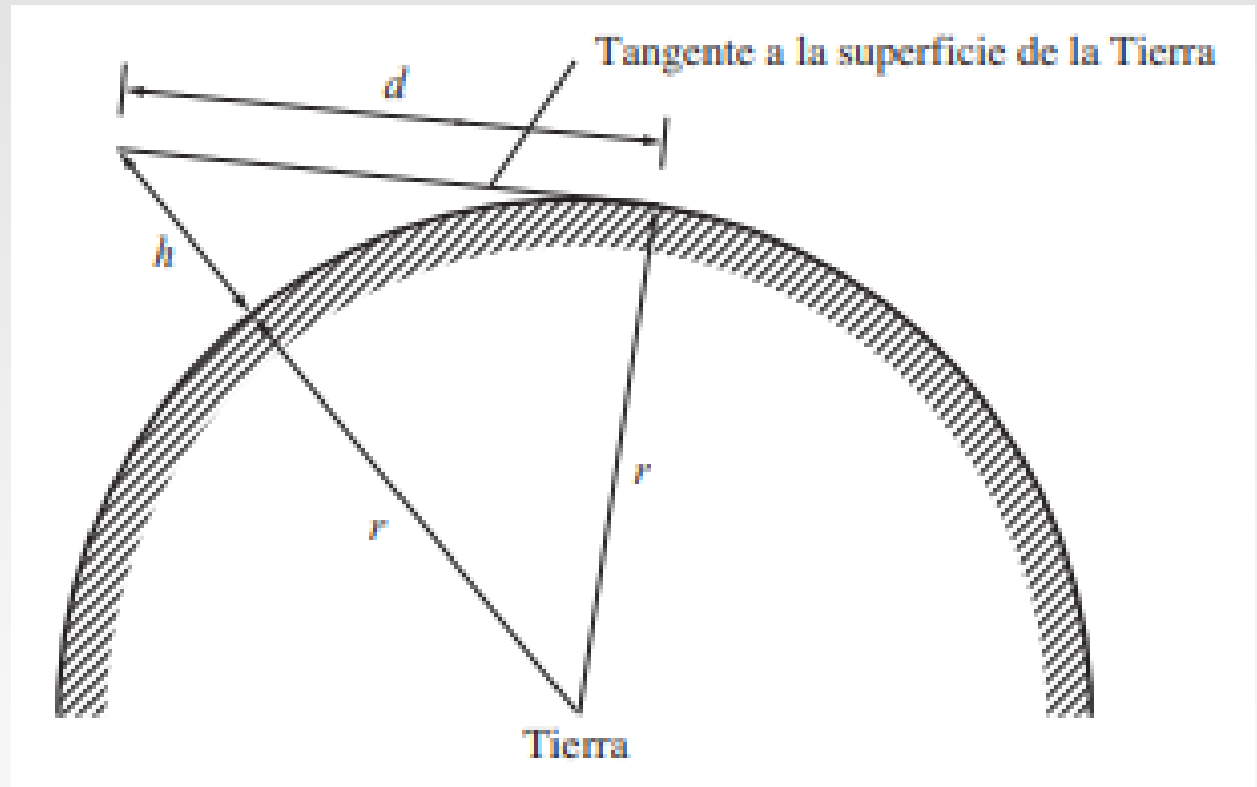
- Con n índice de refracción, N cantidad de electrones libres por metro cúbico (alrededor de 10^{12}) y f es la frecuencia en Hz.
- Esta propagación es solamente LOS para frecuencias mayores a 30MHz. $f^2 \gg 81 \cdot N$

Propagación LOS

- La propagación LOS requiere que las antenas se vean por encima del horizonte.

$$d^2 + r^2 = (r + h)^2$$

$$d^2 = 2rh + h^2$$



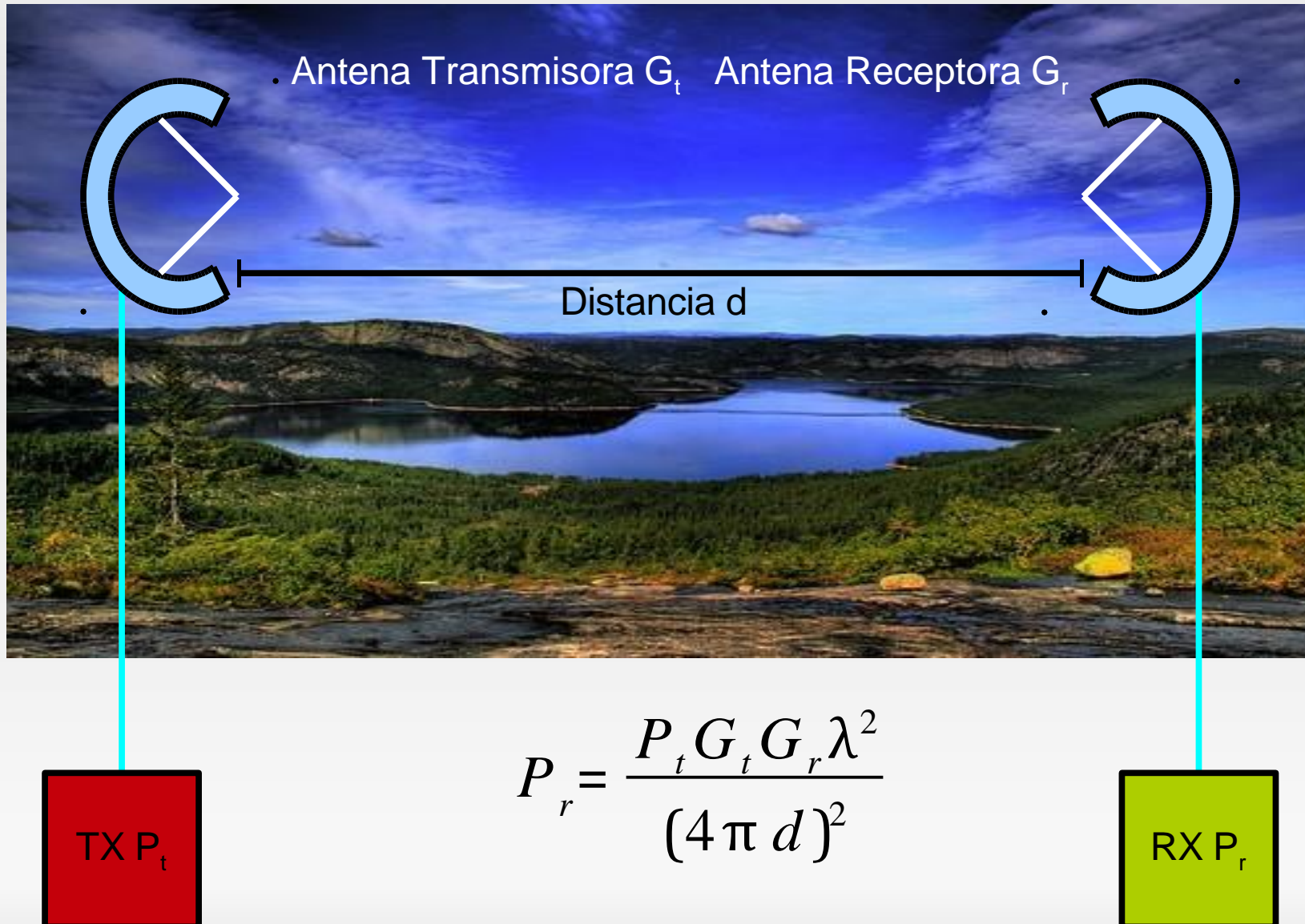
Propagación LOS

- El radio de la tierra es de 6373km pero por efecto de la atmósfera es de 8497km (4/3)
- Esto da para nuestro cálculo:
$$d = \sqrt{2 \cdot r \cdot h}$$
- Para una antena de TV de 300m de altura, cuánto vale d?
- Si un espectador en el borde de cobertura tiene una antena a 10m de altura, cuál es la distancia máxima a la que puede ubicarse?

Propagación LOS

- La distancia a la que puede llegar una señal **depende también del transmisor y el receptor**
- El transmisor **entrega una potencia al medio** a través de la antena
- El receptor tiene una **sensibilidad mínima**, una señal con potencia menor no puede ser decodificada
- Además, la señal debe ser recibida con una cierta **potencia por encima del ruido** para ser decodificada.

Propagación LOS



Propagación LOS

En resumen:

- La distancia de propagación LOS está limitada por la curvatura de la tierra
- El tamaño de la antena está relacionado con la longitud de onda de la señal a transmitir.
- La potencia del transmisor y la sensibilidad del receptor definen también el alcance de una señal LOS

Medición de la Información

- La información enviada a partir de una fuente digital para el mensaje j-ésimo es:

$$I_j = \log_2 \left(\frac{1}{P_j} \right) \text{ bits}$$

- Donde P_j es la probabilidad de transmitir este mensaje.

Medición de la Información

- Entonces, la cantidad de información depende de que tan frecuente es la aparición de un mensaje determinado:
 - Un mensaje **menos frecuente** contiene **más información**
 - Un mensaje **más frecuente**, contiene **menos información**.
 - La cantidad de información sólo depende de la probabilidad del mensaje y no del contenido en si.

$$I_j = \frac{-1}{\log_{10}(2)} \log_{10}(P_j) \text{ bits}$$

Medición de la Información

- A nosotros no nos interesa la medición por cada mensaje sino la medición a partir del promedio de una fuente digital:

$$H = \sum_{j=1}^m P_j \cdot I_j = \sum_{j=1}^m P_j \cdot \log_2 \left(\frac{1}{P_j} \right) \text{ bits}$$

- Donde m es el número de posibles mensajes y P_j es la probabilidad de mandar el j -ésimo mensaje. La información promedio se llama entropía.

Medición de la Información

- ¿Cuál es el contenido de información de un mensaje que consiste en una palabra digital de 12 dígitos y cada dígito puede tener 1 de 4 niveles?
- Suponga que la probabilidad de enviar cualquiera de los niveles es la misma y cada dígito es independiente del anterior.

Medición de la Información

- Todos los símbolos son equiprobables, por lo tanto:

$$P_j = \frac{1}{4^{12}} = \left(\frac{1}{4}\right)^{12}$$

- Y la información es:

$$I_j = \log_2 \left(\frac{1}{\left(\frac{1}{4}\right)^{12}} \right) = \log_2(4) = 24 \text{ bits}$$

Medición de la Información

- También estamos interesados en la velocidad de una fuente:

$$R = \frac{H}{T} \text{ bits /s}$$

- Donde H es nuestra información promedio, T es el tiempo de envío de un mensaje.

Medición de la Información

- Un teclado telefónico tiene los dígitos 0-9 y #,*. Asuma que la probabilidad de enviar # o * es 0.005 y la probabilidad de enviar del 0 al 9 es de 0.099 cada una. Si se presionan las teclas a 2 teclas/s, calcule la velocidad de la fuente.

Medición de la Información

- Según el símbolo: $\sum_{j=1}^m P_j \cdot \log_2 \left(\frac{1}{P_j} \right)$

$$= 2 \cdot 0.005 \cdot \log_2 \left(\frac{1}{0.005} \right) + 10 \cdot 0.099 \cdot \log_2 \left(\frac{1}{0.099} \right) = 3.3794 \text{ bits}$$

- Y la velocidad de la fuente es:

$$R = \frac{H}{T} = \frac{3.3794}{0.5} = 6.7588 \text{ bits/s}$$

Medición de la Información

En resumen,

- La medida de la información para un mensaje depende de:
 - La probabilidad de aparición del mensaje
- La entropía es la sumatoria del producto de la información por mensaje por su probabilidad.