



# Matemáticas de Radio

Fundamentos de Redes Inalámbricas  
Dra. Nora Erika Sánchez Velázquez

# + Definiciones

## ■ Energía es:

- la habilidad de hacer trabajo.
- La unidad métrica para medir energía es el Joule.
- Es vista con una **cantidad**.

## ■ Potencia:

- Está relacionada con energía.
- Es vista con una **tasa**.

## ■ Watt es:

- la unidad básica de potencia.
- $1 \text{ Watt} = 1 \text{ Joule de energía} / \text{segundo}$

| Trabajo realizado                             | Tipo de energía          | Potencia creada o utilizada |
|---|--------------------------|-----------------------------|
| Pluma láser                                   | Óptica                   | 5 mW                        |
| Operación de un AP                            | Microondas               | 30 a 100 mW                 |
| Levantar un libro un metro arriba de una mesa | Kinética y gravitacional | 5 W                         |
| Luz de noche                                  | Eléctrica                | 7 W                         |
| Foco  | Eléctrica                | 60 W                        |
| Ruido   | Acústica                 | 100 W                       |
| Opración de planta de energía                 | Eléctrica                | 100 W                       |

# + Definiciones

- La fórmula de potencia es:
  - $P = DE / Dt$ 
    - DE es la cantidad de energía transferida.
    - Dt es el intervalo de tiempo en el que dicha energía fue transferida.
- La FCC permite una potencia máxima de **4 Watts** de potencia para la emisión de transmisiones en una WLAN punto a multipunto en la banda de **2.4 GHz**.
- Para pequeñas áreas las WLANs operan en niveles de potencia bajos de **un milliwatt (mW)** o una milésima (1/1000) de un Watt.



# Niveles de potencia en WLANs

- Puntos de acceso trabajan en el orden de **30 a 100 mW**, dependiendo del fabricante.
- Las aplicaciones edificio a edificio (puentes) son los únicos que utilizan potencias **mayores a 100 mW**.



# + Decibeles

- El **decibel (dB)** es la unidad utilizada para medir potencia eléctrica.
- Un **dB** es **una décima del Bel**, que es una unidad de sonido nombrada en honor a Alexander Graham Bell.
- El **dB** es medido en una **escala logarítmica en base 10**.
  - La base incrementa 10 veces por cada 10 dB medidos.
  - La escala permite trabajar más fácilmente con números grandes.
  - Otro ejemplo es la **escala de Richter** utilizada para medir terremotos:
    - Un terremoto de magnitud **6.4** es **10 veces más fuerte** que un terremoto de magnitud **6.3**.

| Sonido                  | Unidades o decibeles | Valor en la escala decibel |
|-------------------------|----------------------|----------------------------|
| Movimiento de las hojas | 10                   | 10                         |
| Susurro                 | 100                  | 20                         |
| Conversación suave      | 1,000                | 30                         |
| Conjunto residencial    | 10,000               | 40                         |
| Oficina                 | 100,000              | 50                         |
| Conversación telefónica | 10,000,000           | 70                         |
| Tráfico                 | 1,000,000,000        | 90                         |
| Metro                   | 10,000,000,000       | 100                        |
| Avión                   | 1,000,000,000,000    | 120                        |

# + Decibeles

- La fórmula para el cálculo de dB es:

$$\text{dB} = 10 \log_{10} (\text{Pfinal}/\text{Pref})$$

- dB representa la cantidad de decibele
  - Esto usualmente indica:
    - La pérdida de energía por interacción con materia o atenuación.
    - La ganancia de energía por amplificadores.
- Pfinal = La potencia final. Esta es la potencia entregada después de que un proceso ha ocurrido.
- Pref = La potencia de referencia. Esta es la potencia original.

# + Decibeleles

- Existen algunas reglas generales para aproximar la relación dB y potencia:
  - +3 dB = Doble de la potencia
  - -3 dB = Mitad de la potencia
  - +10 dB = Diez veces la potencia
  - -10 dB = Una décima de la potencia

# + Referencias del Decibel

- El **dB** no tiene una **referencia particular definida**.
- **dBx**, donde la **x** **representa un valor específico**, es normalmente utilizado en vez de dB.
  - Por ejemplo, el **dBm** hace referencia al **milliwatt**.
  - Milliwatt = 0.001 Watts
- Dado que dBm tiene una referencia definida, es posible convertirlo a Watts.
- La **ganancia o pérdida de potencia en una señal es determinada comparándola a su punto de referencia fijo: el milliwatt**.



# + Referencias del Decibel

## ■ Ejemplo:

- 1 mW = 0.001 Watts
- **Usando 1 mW como nuestro punto de referencia entonces iniciamos en 0 dB.**
- Usando la fórmula de dB, incrementado los milliwatts al doble (2 mW) obtenemos +3 dBm
- +10 dBm es 10 veces el valor original de 1 mW (10 mW)
- +20 dBm es 100 veces el valor original de 1 mW (100 mW)

| mW<br>(milliwatts) | W<br>(Watts) | dBm<br>(decibels per 1 mW) | dBW<br>(decibels per 1 Watt) |
|--------------------|--------------|----------------------------|------------------------------|
| 1                  | .001         | 0                          | -30                          |
| 2                  | .002         | 3                          | -27                          |
| 5                  | .005         | 7                          | -23                          |
| 10                 | .01          | 10                         | -20                          |
| 20                 | .02          | 13                         | -17                          |
| 50                 | .05          | 17                         | -13                          |
| 100                | .1           | 20                         | -10                          |
| 1,000              | 1            | 30                         | 0                            |
| 2,000              | 2            | 33                         | 3                            |
| 4,000              | 4            | 36                         | 6                            |

# + Referencias del Decibel

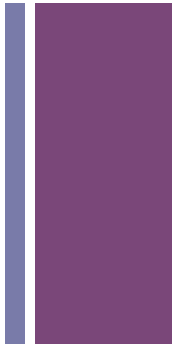
- **dB milliWatt (dBm)** es la **unidad de medición del nivel de potencia o fuerza de la señal**.
- Si una persona **recibe una señal de 0.001 milliwatt** entonces ocurrió una **pérdida de 30 dBm (-30 dBm)**.
  - -n dBm no es un número negativo sino un valor entre 0 y 1.

| mW<br>(milliwatts) | W<br>(Watts) | dBm<br>(decibels per 1 mW) | dBW<br>(decibels per 1 Watt) |
|--------------------|--------------|----------------------------|------------------------------|
| 0.001              | .000001      | -30                        | -60                          |
| 0.01               | .00001       | -20                        | -50                          |
| 0.1                | .0001        | -10                        | -40                          |
| 1                  | .001         | 0                          | -30                          |
| 2                  | .002         | 3                          | -27                          |
| 5                  | .005         | 7                          | -23                          |
| 10                 | .01          | 10                         | -20                          |
| 20                 | .02          | 13                         | -17                          |
| 50                 | .05          | 17                         | -13                          |
| 100                | .1           | 20                         | -10                          |
| 1,000              | 1            | 30                         | 0                            |
| 2,000              | 2            | 33                         | 3                            |
| 4,000              | 4            | 36                         | 6                            |

# + Referencias del Decibel

- Otras referencias del decibel:
  - **dB dipole (dBd)** : Se refiere a la **ganancia de una antena** al ser comparada con una **antena dipolar** en la misma frecuencia.
    - Una antena dipolar es la **antena práctica más pequeña y con menor ganancia** que puede ser creada.
  - **dB isotropic (dBi)** : Se refiere a la **ganancia de una antena** al ser comparada con una **antena teórica isotrópica**
    - Estas antenas no existen en el mundo real pero son útiles para calcular la cobertura teórica y áreas de dispersión
  - Una antena dipolar tiene una ganancia de 2.14 dB sobre una antena isotrópica de 0dBi.
    - $\text{dBd} = \text{dBi} - 2.14$

# + Referencias del Decibel



- Otras referencias del decibel:
  - **Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)** – es la potencia efectiva encontrada en el **lóbulo principal de la antena transmisora**.
    - Es igual a la suma de la ganancia de la antena (dBi) más el nivel de potencia (dBm) menos las pérdidas por cables.
  - **Ganancia** – Se refiere a la cantidad de **incremento de energía** que una antena parece añadir a la señal de RF.
    - Existen diferentes métodos para medir esto.
    - Cisco utiliza dBi para especificar ganancia.
    - Otras antenas utilizan dBd.

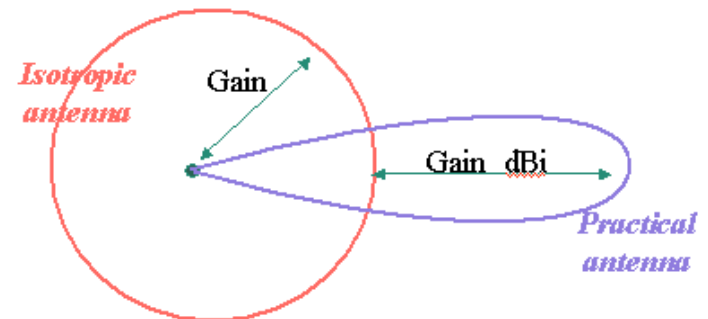
# + Effective Isotropic Radiated Power

- EIRP es la cantidad de potencia de salida cuando una señal está concentrada en un área pequeña de la antena.
- El EIRP es calculado utilizando la fórmula:

$$\text{EIRP} = \text{Pout} - \text{Ct} + \text{Gt}$$

■ Donde:

- Pout = potencia de transmisión (dBm)
- Ct = pérdida por cable (dB) o conectores
- Gt = Ganancia de la antena (dBi)



# + Ejercicios

- En parejas, realizar los ejercicios proporcionados por tu instructor.

