



## Redes de Computadores

### Entregable 1

Nombre: Alejandro Rodríguez López, U0281827 / 53777253X.



## Tabla de Contenido

Ejercicio 1 (3 puntos).....	4
Preámbulo.....	4
Apartado a.....	5
Opción 1: Despejar SNR_A.....	5
Opción 2: Despejar SNR_C.....	5
Apartado b.....	6
Apartado c.....	7
Ejercicio 2 (2 puntos).....	10
Preámbulo.....	10
Apartado a.....	11
Apartado b.....	12
Apartado c.....	13
Apartado a.....	13
Apartado b.....	13
Ejercicio 3 (3,5 puntos).....	14
Tabla.....	14
Descripción.....	15
Ejercicio 4 (1,5 puntos).....	16
Anexo.....	18



## Tabla de Ilustraciones

Illustration 1: $\text{babc}(\text{snr})$ .....	7
Illustration 2: $\text{babc}(\text{snr})-9$ .....	8
Illustration 3: Resultado Bisección.....	9
Illustration 4: Muestreo PCM.....	10
Illustration 5: Error muestra PCM.....	11

## Tabla de Funciones

Function 1: Shannon, C.....	4
Function 2: Shannon, B.....	4
Function 3: Shannon, SNR.....	4
Function 4: $\text{SNR} \rightarrow \text{SNR}_{\text{dB}}$ .....	4
Function 5: $\text{SNR}_{\text{dB}} \rightarrow \text{SNR}$ .....	4
Function 6: Nyquist.....	10
Function 7: Error PCM.....	11
Function 8: Bits necesarios para un error dado.....	12

## Ejercicio 1 (3 puntos)

Se tienen 3 estaciones (A, B y C) que comparten por multiplexación de frecuencias un mismo medio con un ancho de banda de 9 Mhz, dividido de forma equitativa entre las 3 estaciones. De las estaciones, A y B transmiten a 4 Mbps, mientras que C transmite a 12 Mbps. Si se tiene en cuenta que el medio compartido es ruidoso, que A y B transmiten a la misma potencia y que la  $SNR_{dB}$  de C es 8 dB superior a la de A, se quiere saber:

### Preámbulo

Shannon:

$$C = B \cdot \log_2(SNR + 1)$$

*Function 1: Shannon, C*

$$B = \frac{C}{\log_2(SNR + 1)}$$

*Function 2: Shannon, B.*

$$\log_2(SNR + 1) = \frac{C}{B} \rightarrow SNR + 1 = 2^{\left(\frac{C}{B}\right)} \rightarrow SNR = 2^{\left(\frac{C}{B}\right)} - 1$$

*Function 3: Shannon, SNR*

$SNR_{dB}$ :

$$SNR_{dB} = 10 \cdot \log_{10}(SNR)$$

*Function 4: SNR  $\rightarrow$  SNR\_dB*

$$\log_{10}(SNR) = \frac{SNR_{dB}}{10} \rightarrow SNR = 10^{\left(\frac{SNR_{dB}}{10}\right)}$$

*Function 5: SNR\_dB  $\rightarrow$  SNR*

Nota: Como la estación A es igual a la B, todos los cálculos que se realicen para la A son los mismos para la B.

## Apartado a

- a) Qué relación señal a ruido en decibelios debe tener cada una de las estaciones para que se pueda hacer un reparto de frecuencias como el propuesto. (1 punto)

### Opción 1: Despejar $SNR_A$ .

Despejamos  $SNR_A$  de la ecuación de Shannon:

$$SNR_A = 2^{\left(\frac{C_A}{B_A}\right)} - 1 = 2^{\left(\frac{4 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^6}\right)} - 1 = 2^{\left(\frac{4}{3}\right)} - 1 \approx 1.519842099789746$$

Utilizando  $SNR_A$  podemos calcular  $SNR_C$ . Para ello, primero convertimos  $SNR_A$  a  $SNR_{dBA}$ , incrementamos  $SNR_{dBA}$  en 8 para obtener  $SNR_{dBC}$  y convertimos  $SNR_{dBC}$  a  $SNR_C$ .

$$SNR_{dBC} = SNR_{dBA} + 8 = 10 \cdot \log_{10}(SNR_A) + 8 \approx 9.817984703447031$$

$$SNR_C = 10^{\left(\frac{SNR_{dBC}}{10}\right)} \approx 9.589555353125345$$

Finalmente, comprobamos que  $SNR_C$  es válido calculando  $C_C'$  mediante Shannon.

$$C_C' = B_C \cdot \log_2(SNR_C + 1) = 10.21371032367022 \text{ MHz}$$

Como  $C_C' < C_C$ , la estación C no es capaz de retransmitir lo indicado, por lo tanto, los SNR calculados no sirven.

### Opción 2: Despejar $SNR_C$ .

Despejamos  $SNR_C$  de la ecuación de Shannon:

$$SNR_C = 2^{\frac{C_C}{B_C}} - 1 = 2^{\frac{12}{3-1}} - 1 = 2^4 - 1 = 15$$

Utilizando  $SNR_C$  podemos calcular  $SNR_A$ . Para ello realizamos el mismo proceso que en Opción 1.

$$SNR_A = 10^{\left(\frac{SNR_{dBA}}{10}\right)} \rightarrow SNR_A = 10^{\left(\frac{SNR_{dBC}-8}{10}\right)} \rightarrow SNR_A = 10^{\left(\frac{10 \cdot \log_{10}(SNR_C)-8}{10}\right)} \approx 2.37733978869167$$

Finalmente, comprobamos que  $SNR_A$  es válido calculando  $C_A$  mediante Shannon:

$$C_A' = B_A \cdot \log_2(SNR_A + 1) \approx 5.267662001583611 \text{ MHz}$$

Como  $C_A' \geq C_A$ , la estación A (y por lo tanto, la B) es capaz de retransmitir lo indicado, por lo tanto, los SNR calculados sirven.

Por lo tanto:

$$SNR_{dBA} = SNR_{dBB} = 3.760912590556812 \text{ dB}$$

$$SNR_{dBC} = 11.76091259055681 \text{ dB}$$



## Apartado b

- b) Si el reparto de frecuencias propuesto es óptimo o no y por qué. En caso de no serlo, indicar cuánto espectro se está desperdiciando. (0,5 puntos)

Para averiguar si el reparto de frecuencias es óptimo, calculamos el ancho de banda necesario por cada estación para retransmitir.

En el caso de la estación C, como calculamos el SNR en función de  $C_C$ , no se desperdicia ancho de banda.

En el caso de la estación A (y por tanto, la B), se desperdicia claramente parte del ancho de banda ya que  $C_A' > C_A$ .

Para hallar el ancho de banda necesario, al que llamaremos  $B_A'$ , utilizaremos Shannon una vez más:

$$B_A' = \frac{C_A}{\log_2(SNR_A' + 1)} \approx 2.278050489266862 \text{ MHz}$$

A continuación, calculamos la diferencia entre  $B_A'$  y  $B_A$ :

$$|B_A' - B_A| = 0.721949510733138 \text{ MHz}$$

La estación B es igual a la A, por lo tanto tiene el mismo desperdicio. Entonces, el desperdicio total es:

$$|B_A' - B_A| \cdot 2 = 1.443899021466276 \text{ MHz}$$

## Apartado c

- c) En caso de que el reparto no sea óptimo, proponer un nuevo reparto de frecuencias y calcular la nueva relación señal a ruido en decibelios que debería tener el canal. **Nota:** Si no puedes encontrar una respuesta analítica, utiliza algún programa tipo MATLAB para obtener una aproximación experimental.  
(1,5 puntos)

### Preámbulo

Dado que no es óptimo el reparto de frecuencias porque se desperdicia parte de la señal, se reorganizará cumpliendo las siguientes restricciones:

- $SNR_A = SNR_B = SNR_C = SNR$  (calcular la nueva relación señal a ruido en decibelios que debería tener el canal)
- $SNR / \min(|\sum B_i - 9|)$

Dichas restricciones se pueden resumir en las siguientes ecuaciones:

$$\begin{cases} C_A = B_A \cdot \log_2(SNR + 1) \\ C_C = B_C \cdot \log_2(SNR + 1) \\ 2 \cdot B_A + B_C \leq 9 \end{cases}$$

De este sistema de ecuaciones, se conoce que tiene solución, pero al haber una inecuación, podrán existir múltiples soluciones. Esta situación se solventará al aplicar la restricción  $SNR / \min(|\sum B_i - 9|)$ .

Sean las funciones  $b(c, snr) = \frac{c}{\log_2(snr + 1)}$  y  $bab(c, snr) = 2 \cdot b(4, snr) + b(12, snr)$ , realizamos una representación de la función  $bab(c, snr) \forall snr \in [1, 10]$ . Dado que  $\exists snr \in [1, 10] / bab(c, snr) = 9$ , afirmamos que es posible encontrar una solución al problema que cumpla todas las restricciones.

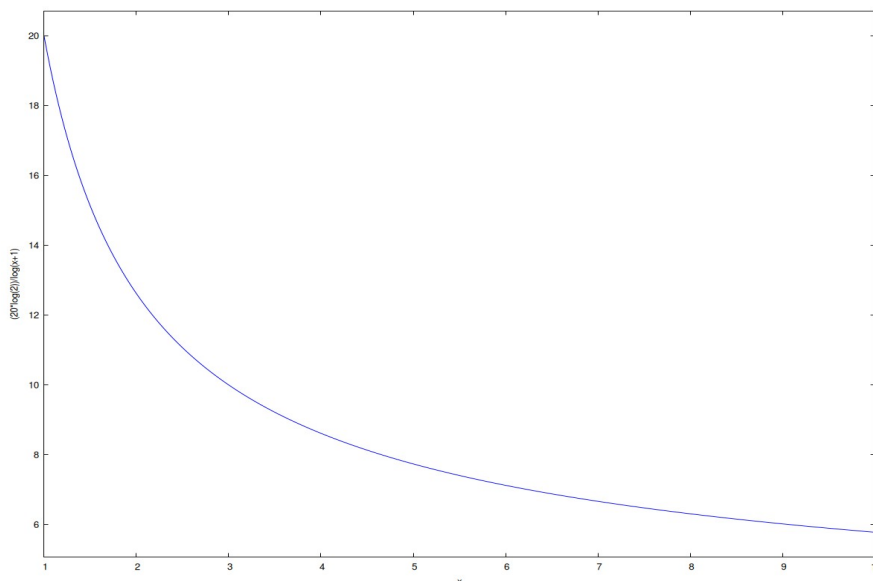


Illustration 1:  $bab(c, snr)$

A continuación, realizamos una representación de  $babc(snr) - 9 \forall snr \in [1, 10]$  con el objetivo de hallar un intervalo  $[a, b] / \exists snr \in [a, b] / babc(snr) - 9 = 0$ . De ello, obtenemos que el intervalo  $[3, 4]$  será nuestro punto de trabajo inicial.

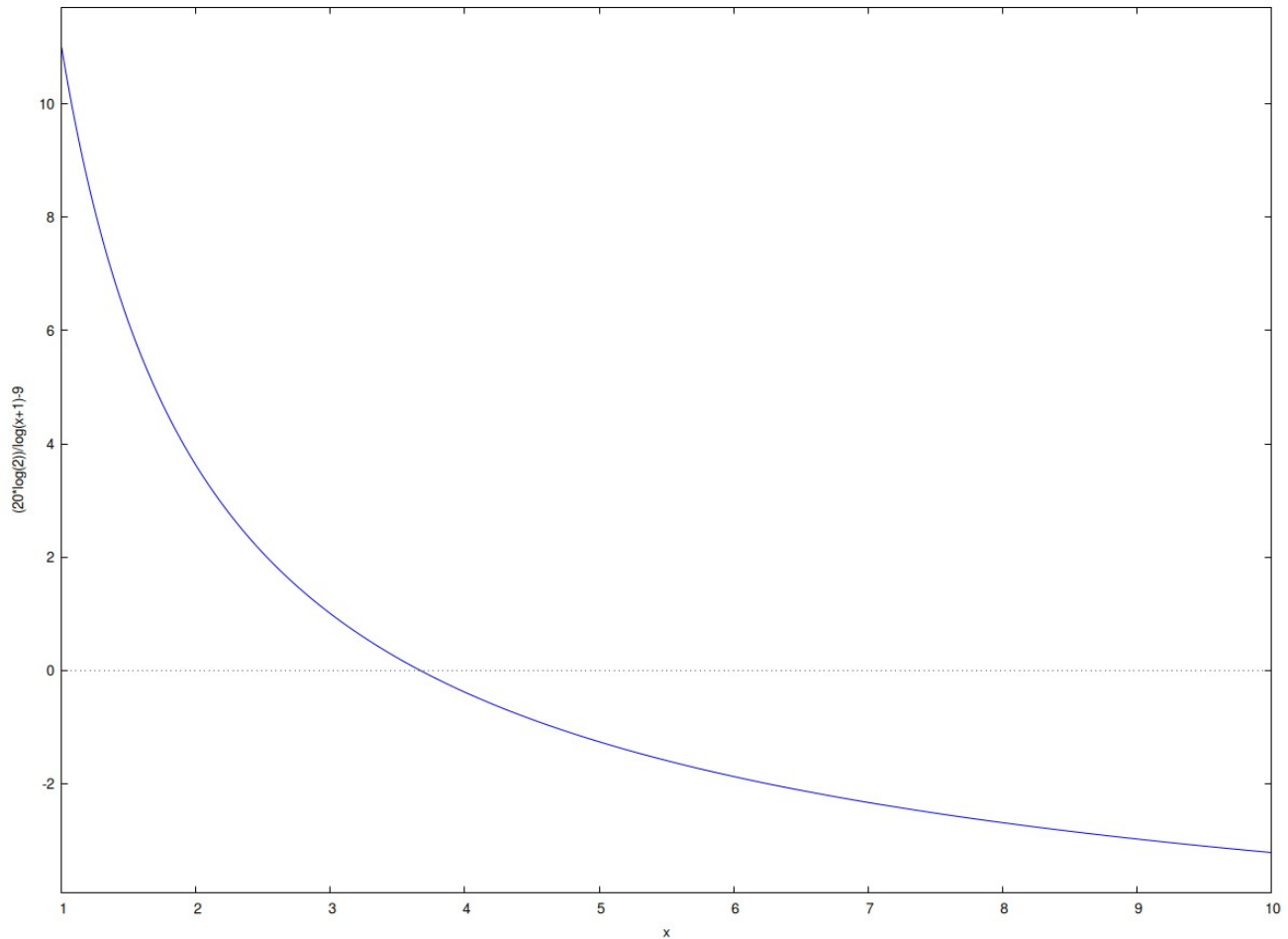
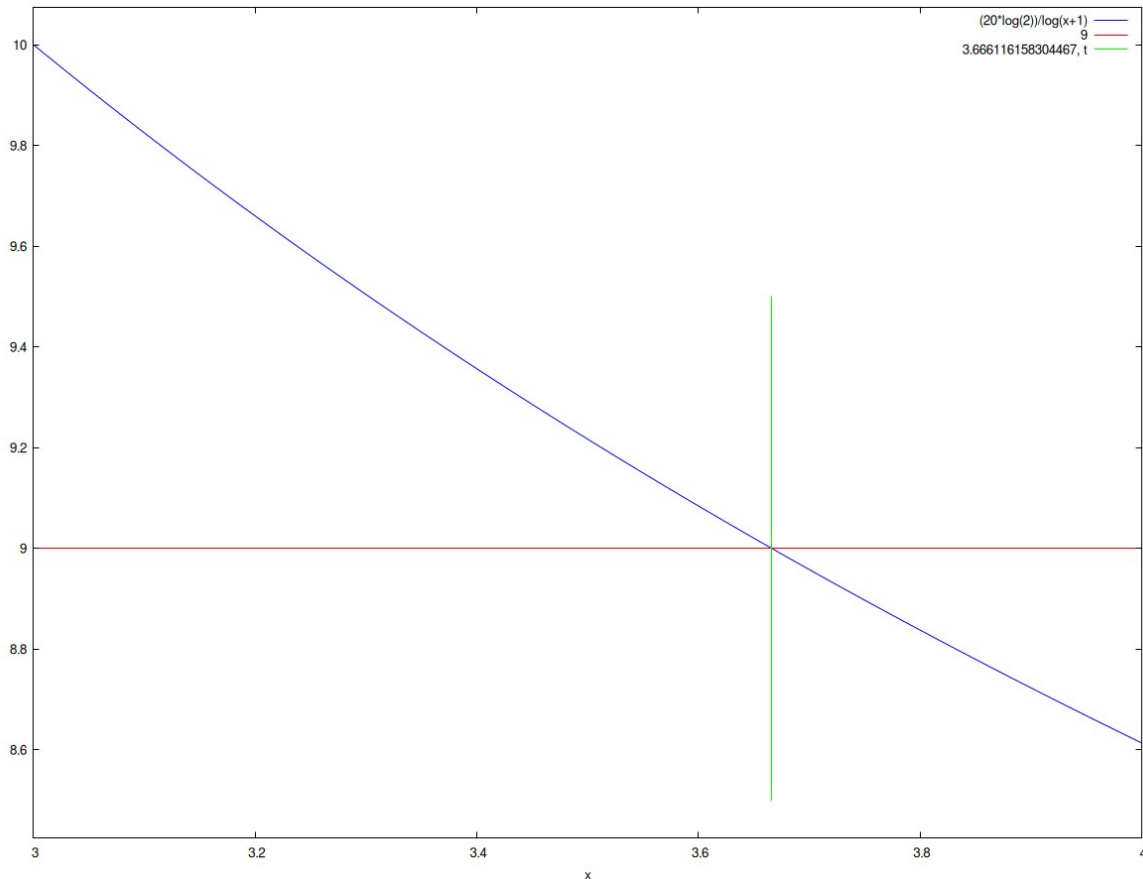


Illustration 2:  $babc(snr) - 9$



Dado que se trata de una función de Clase 1 ( $\mathbb{C}^1$ , funciones continuas y derivables), y  $\exists \text{snr} \in [a, b] / \text{babc}(\text{snr}) - 9 = 0$ , se cumplen todas las condiciones necesarias para aplicar el método de bisección para hallar la raíz de una función.

Tras aplicarlo, obtenemos el siguiente resultado:  $\text{snr} \approx 3.666116158304467$ . Realicemos una última representación con la función  $\text{babc}(\text{snr})$ ,  $x=9$  y una recta vertical en el punto  $x=3.666116158304467$ .



*Illustration 3: Resultado Bisección.*

Por lo tanto:

$$\text{SNR}_{dB} = 5.399999999999999, B_A = B_B = 1.8 \text{ MHz y } B_C = 5.399999999999999 \text{ MHz},$$

#### **Anotación final.**

De no ser por la restricción  $\text{SNR} / \min(|\sum B_i - 9|)$ , la solución al problema se volvería trivial, ya que entonces, estaríamos buscando  $\text{SNR} / \sum B_i \leq 9$  y de acuerdo con la función  $\text{babc}(\text{snr})$ , una de las soluciones más simples al problema sería  $\text{snr} = \infty$  ya que  $\lim_{\text{snr} \rightarrow \infty} \text{babc}(\text{snr}) = 0$ . Ya que sería poco realista suponer que las estaciones

emiten con una potencia  $\infty$ , en su lugar se ha calculado el SNR más alto que permite las transmisiones indicadas.

Debido al enunciado “calcular la nueva relación señal a ruido en decibelios que debería tener el canal”, se ha supuesto que todas las estaciones transmiten con la misma potencia, ignorando la ecuación del apartado a

$$\text{SNR}_{dBC} = \text{SNR}_{dBA} + 8.$$

## Ejercicio 2 (2 puntos)

Se tiene una señal con un ancho de banda de 1,5 KHz la cual quiere digitalizarse utilizando PCM. Si se tienen 5 bits para codificar la señal y los valores analógicos de intensidad de la señal van desde los 2 hasta los 5 amperios, se quiere saber:

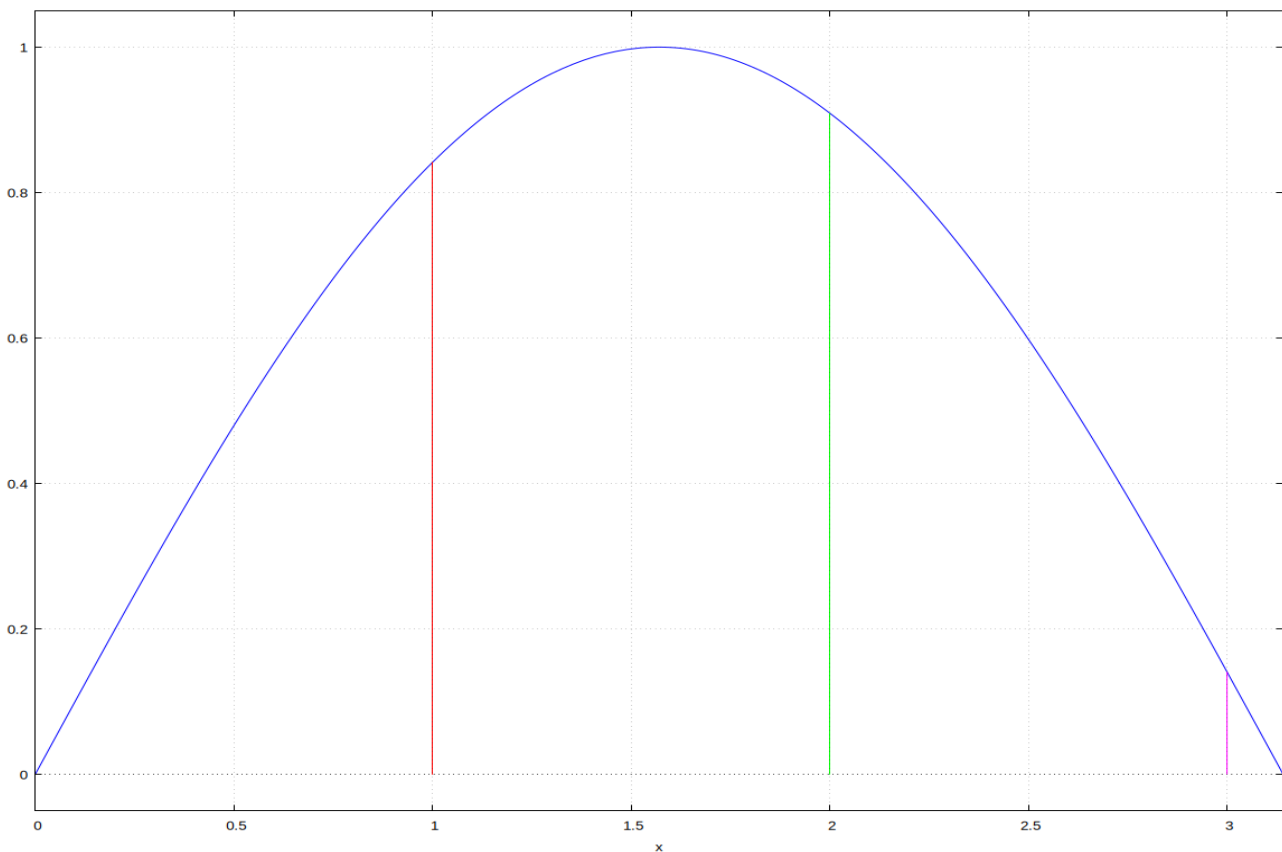
### Preámbulo

Nyquist:

$$C = 2 \cdot B \cdot \log_2(M)$$

*Function 6: Nyquist.*

PCM:



*Illustration 4: Muestreo PCM.*

Se toman muestras con una frecuencia dada de las imágenes de la señal analógica y para cada una, se aproxima al nivel que esté más cerca.

Por ello, el error de una digitalización utilizando PCM depende tanto de la frecuencia de muestreo como de la onda en cuestión. Distinto es el error cometido al realizar una muestra en un momento cualquiera de la señal, en este caso, el cálculo depende del intervalo entre niveles, o lo que es lo mismo, el intervalo que ocupen los valores analógicos de la señal y el número de bits utilizado para digitalizar.

## Apartado a

- a) El error máximo (medido en amperios) que se obtiene al realizar la conversión de valores analógicos a digitales y por qué se obtiene ese valor. (0,75 puntos)

Sean las líneas verde (arriba) y roja (abajo) dos niveles consecutivos, la azul (diagonal) una señal analógica y la rosa (vertical) el punto en el que la señal analógica se encuentra equidistante entre nivel verde y el rojo.

El error se define como la diferencia entre el valor de la señal analógica y el digitalizado. En este caso, el error máximo sucede sobre la línea rosa, cuando la señal analógica se encuentra exactamente a medio camino entre el nivel rojo y el verde. O lo que es lo mismo, la mitad del intervalo.

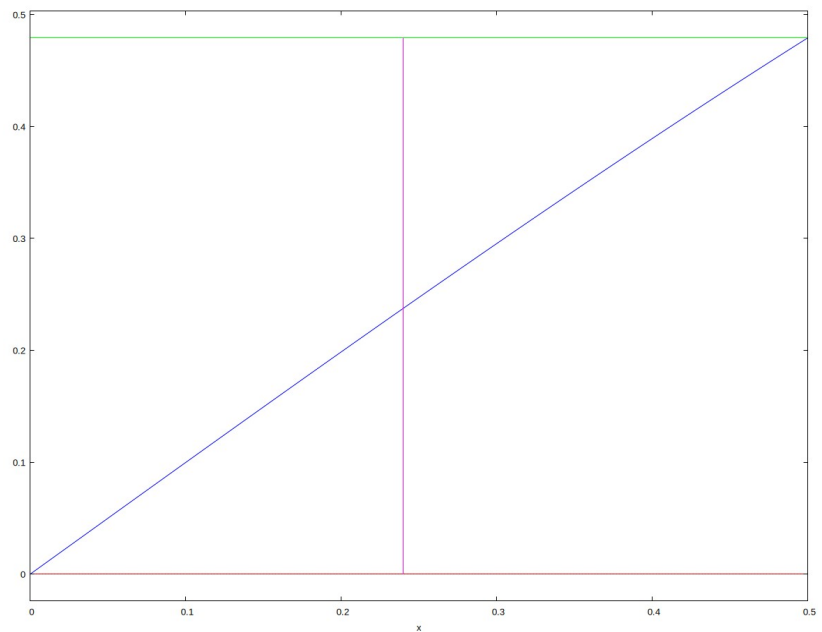


Illustration 5: Error muestra PCM.

El error para una muestra tomada en un instante cualsea de la señal analógica viene dado por:

$$\text{error}(b, a, \text{bits}) = \frac{\frac{b-a}{2^{\text{bits}}}}{2} = \frac{b-a}{2^{\text{bits}} \cdot 2} = \frac{b-a}{2^{\text{bits}+1}}$$

Function 7: Error PCM.

Siendo  $a$  y  $b$  los valores más bajo y alto medidos respectivamente y  $\text{bits}$  el número de bits utilizado para digitalizar.

Por ello, sustituyendo los datos en la función  $\text{error}(b, a, \text{bits})$ , obtenemos:

$$\text{error}(b, a, \text{bits}) = \frac{b-a}{2^{\text{bits}+1}} = \frac{5-2}{2^{5+1}} = \frac{3}{2^6} = \frac{3}{64} = 0.0468 \text{ A}$$



## Apartado b

- b) El número necesario de bits para codificar la señal si se quiere que dicho error sea menor que 0,01 amperios. (0,75 puntos)

Utilizando la función *error* despejamos el número de bits y resolvemos para  $error = 0,01 A$ .

$$\begin{aligned} error &= \frac{b-a}{2^{bits+1}} \rightarrow error \cdot 2^{bits+1} = b-a \rightarrow 2^{bits+1} = (b-a) \cdot error \rightarrow \log_2(2^{bits+1}) = \log_2((b-a) \cdot error) \rightarrow \\ &\rightarrow bits+1 = \log_2((b-a) \cdot error) \rightarrow bits = \log_2((b-a) \cdot error) - 1 \end{aligned}$$

*Function 8: Bits necesarios para un error dado.*

$$bits = \log_2((5-2) \cdot 0.01) - 1 = 7.22881869049588$$

Al ser un valor decimal, redondeamos y sumamos uno, resultando en:

$$bits = 8$$

Con 8 bits, se obtiene un error máximo de: 0.005859375 A.



### Apartado c

- c) El ancho de banda necesario para transmitir la información para cada uno de los apartados a y b por un canal no ruidoso si la señal se muestrea a 2.000 muestras/s. (0,5 puntos)

Utilizando la Nyquist ya que nos encontramos en un medio sin ruido podemos resolver utilizando 5 y 10 bits para los apartados a y b respectivamente.

$$C = 2 \cdot B \cdot \log_2(M) \rightarrow B = \frac{C}{2 \cdot \log_2(M)} \rightarrow B = \frac{C}{2 \cdot \log_2(2^{bits})}$$

### Apartado a

$$B_a = \frac{2000 \cdot 5}{2 \cdot \log_2(2^5)} = 1000 \text{ Hz} = 1 \text{ KHz}$$

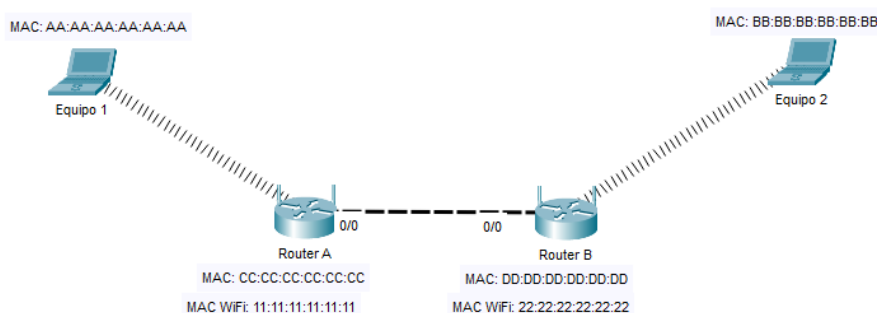
### Apartado b

$$B_b = \frac{2000 \cdot 10}{2 \cdot \log_2(2^{10})} = 1000 \text{ Hz} = 1 \text{ KHz}$$

## Ejercicio 3 (3,5 puntos)

Se tiene una red como la de la figura, en la que los Equipos 1 y 2 son portátiles conectados mediante WiFi a los Router A y B, que tienen una conexión cableada entre ellos.

Si se asume que un administrador ha configurado de forma estática las IPs de los dos *routers* y del Equipo 1, mientras que el Equipo 2 ha obtenido la suya del Router B mediante DHCP. Tras esto, el Equipo 1 envía un mensaje al Equipo 2. **Describe el proceso de mensajes intercambiados** (asume como punto de inicio del envío del mensaje el instante después de que el Equipo 2 recibe su IP mediante DHCP), explicando por qué se genera cada mensaje a nivel de enlace y **completa una tabla** especificando las MACs de origen y destino de cada mensaje, además del tipo de información enviada.



Tabla

Nº Mensaje	Origen	Destino	MAC Origen	MAC Destino	Datos
0	Equipo1	RouterA	AA:AA:AA:AA:AA:AA	FF:FF:FF:FF:FF:FF	ARP
1	RouterA	Equipo1	11:11:11:11:11:11	AA:AA:AA:AA:AA:AA	ARP-R
2	Equipo1	RouterA	AA:AA:AA:AA:AA:AA	11:11:11:11:11:11	RTS
3	RouterA	Equipo1	11:11:11:11:11:11	AA:AA:AA:AA:AA:AA	CTS
4	Equipo1	RouterA	AA:AA:AA:AA:AA:AA	11:11:11:11:11:11	DATOS
5	RouterA	RouterB	CC:CC:CC:CC:CC:CC	FF:FF:FF:FF:FF:FF	ARP
6	RouterB	RouterA	DD:DD:DD:DD:DD:DD	CC:CC:CC:CC:CC:CC	ARP-R
7	RouterA	RouterB	CC:CC:CC:CC:CC:CC	DD:DD:DD:DD:DD:DD	DATOS
8	RouterB	EquipoB	22:22:22:22:22:22	BB:BB:BB:BB:BB:BB	RTS
9	EquipoB	RouterB	BB:BB:BB:BB:BB:BB	22:22:22:22:22:22	CTS
10	RouterB	EquipoB	22:22:22:22:22:22	BB:BB:BB:BB:BB:BB	DATOS

En la tabla anterior, se han omitido los mensajes de confirmación en comunicaciones Wi-Fi, que irían siempre tras los DATOS enviados mediante Wi-Fi (Mensajes 4 y 10), desde el receptor de los DATOS hacia el emisor de los mismos.



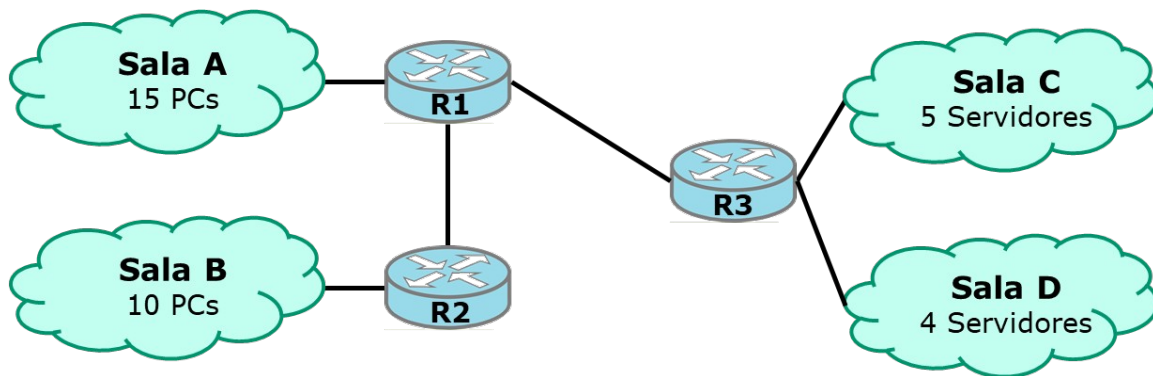
## Descripción

0.
  - 0.1. El Equipo 1 desea enviar un mensaje al Equipo 2.
  - 0.2. El Equipo 2 no pertenece a la red del Equipo 1, se comunicará con la puerta de enlace (Router 1).
  - 0.3. El Equipo 1 no conoce la MAC del Router 1, por lo que envía una ARP.
1.
  - 1.1. El Router 1 recibe una ARP proveniente de Equipo 1.
  - 1.2. El Router 2 envía al Equipo 1 la respuesta de ARP (ARP-R).
2.
  - 2.1. El Equipo 1 recibe una ARP-R del Router 1.
  - 2.2. El Equipo 1 conoce ahora la MAC del Router 1.
  - 2.3. El Equipo 1 envía una señal RTS al Router 1.
3.
  - 3.1. El Router 1 recibe una RTS del Equipo 1.
  - 3.2. El Router 1 envía una CTS al Equipo 1.
4.
  - 4.1. El Equipo 1 envía sus datos al Router 1.
5.
  - 5.1. El Router 1 recibe los datos del Equipo 1.
  - 5.2. El Router 1 no pertenece a la red del Equipo 2, se comunicará con el Router 2.
  - 5.3. El Router 1 envía una ARP.
6.
  - 6.1. El Router 2 recibe una ARP del Router 1.
  - 6.2. El Router 2 envía una ARP-R al Router 1.
7.
  - 7.1. El Router 1 envía los DATOS al Router 2.
8.
  - 8.1. El Router 2 pertenece a la misma red del Equipo 2.
  - 8.2. El Router 2 envía una señal RTS al Equipo 2.
9.
  - 9.1. El Equipo 2 recibe la RTS del Router 2.
  - 9.2. El Equipo 2 envía una CTS al Router 2.
10.
  - 10.1. El Router 2 envía los DATOS al Equipo 2.

## Ejercicio 4 (1,5 puntos)

Se dispone de la dirección de red 156.35.20.0/25 y se quiere dividir en subredes para formar la topología que se muestra en la figura. Calcular las direcciones base y las máscaras de subred de cada subred que es necesario crear, **cumpliendo obligatoriamente el requisito** de que las redes más pequeñas tienen que tener las IPs más bajas.

Ejemplo: La red A no puede tener el rango de IP 156.35.20.0/26 si la red B tiene el rango 156.35.20.64/26, ya que B tiene menos PCs que A, por lo que lo correcto sería que el rango 156.35.20.0/26 fuese para la B y la 156.35.20.64/26 para la A.



NET: 156.35.20.0/25

NET	10011100	00100011	00010100	00000000
MASK	11111111	11111111	11111111	10000000

R12:  $(\log_2(2+2) \approx 2 \text{ bit})$

NET	10011100	00100011	00010100	00000000	156.35.20.0/30
MASK	11111111	11111111	11111111	11111100	
FIRST	10011100	00100011	00010100	00000001	
LAST	10011100	00100011	00010100	00000010	
BCAST	10011100	00100011	00010100	00000011	

R13:  $(\log_2(2+2) \approx 2 \text{ bit})$

NET	10011100	00100011	00010100	00000100	156.35.20.4/30
MASK	11111111	11111111	11111111	11111100	
FIRST	10011100	00100011	00010100	00000101	
LAST	10011100	00100011	00010100	00000110	
BCAST	10011100	00100011	00010100	00000111	





D:  $(\log_2(2+1+4) \simeq 3)$

NET	10011100	00100011	00010100	00001000	156.35.20.8/29
MASK	11111111	11111111	11111111	11111000	
FIRST	10011100	00100011	00010100	00001001	
LAST	10011100	00100011	00010100	00001110	
BCAST	10011100	00100011	00010100	00001111	

C:  $(\log_2(5+2+1) \simeq 3 \text{ bit})$

NET	10011100	00100011	00010100	00010000	156.35.20.16/29
MASK	11111111	11111111	11111111	11111000	
FIRST	10011100	00100011	00010100	00010001	
LAST	10011100	00100011	00010100	00010110	
BACAST	10011100	00100011	00010100	00010111	

B:  $(\log_2(10+2+1) \simeq 4 \text{ bit})$

NET	10011100	00100011	00010100	00100000	156.35.20.32/28
MASK	11111111	11111111	11111111	11110000	
FIRST	10011100	00100011	00010100	00010001	
LAST	10011100	00100011	00010100	00011110	
BCAST	10011100	00100011	00010100	00011111	

A:  $(\log_2(15+2+1) \simeq 5 \text{ bit})$

NET	10011100	00100011	00010100	01000000	156.35.20.64/27
MASK	11111111	11111111	11111111	11100000	
FIRST	10011100	00100011	00010100	00100001	
LAST	10011100	00100011	00010100	00111110	
BCAST	10011100	00100011	00010100	00111111	



## Anexo

UO281827\_Redes\_E1\_Calculos.wmxm:

### 1 Ejercicio 1 (3p)

#### 1.1 Funciones

```
(%i6) snr_db(snr) := 10 * log(snr)/log(10)$  
db_snr(snr_db) := solve([snr_db(snr) = snr_db], [snr])$  
c(b, snr) := (b) * log(snr+1) / log(2)$  
b(c, snr) := (log(2)*c)/log(snr+1)$  
snr(c, b) := %e^((log(2)*c)/b)-1$
```

#### 1.2 Calcular SNR de las estaciones.

##### 1.2.1 Opción 1. Despejar SNR\_A de Shannon.

```
(%i7) /* Despejamos snr_a: */  
snr(4*10^6, 3*10^6), numer;  
(%o7) 1.519842099789746  
(%i8) /* Calculamos snr_db_c = snr_db_a(snr_a) + 8: */  
snr_db(1.519842099789746)+8, numer;  
(%o8) 9.817984703447031  
(%i9) /* Calculamos snr_c: */  
db_snr(9.817984703447031), numer;  
(%o9) [snr=9.589555353125347]  
(%i10) /* Comprobamos que con el snr_c despejado, la estacion C puede retransmitir lo necesario: */  
c(3, 9.589555353125345), numer;  
(%o10) 10.21371032367022
```

Como  $C_C < 12$  Mbps, entonces la estacion C necestaria mas ancho de banda (B).

##### 1.2.2 Opción 2. Despejar SNR\_C de Shannon.

```
(%i11) /*Despejamos snr_c: */  
snr(12, 3);  
(%o11) 15  
(%i12) /* Calculamos snr_a: */  
10^((log(15)/log(10))-4/5), numer;  
(%o12) 2.37733978869167  
(%i13) /* Comprobamos que con el snr_a despejado, la estacion A puede retransmitir lo necesario: */  
c(3, 2.37733978869167), numer;  
(%o13) 5.267662001583611
```



Como  $C_A \geq 4$  Mbps, entonces la estación A es capaz de retransmitir mas de lo

necesario.

```
(%i15) snr_db(15), numer;
```

```
snr_db(2.37733978869167), numer;
```

```
(%o14) 11.76091259055681
```

```
(%o15) 3.760912590556812
```

1.3 Calcular el ancho de banda (B) desperdiciado con este reparto:

```
(%i16) /* Calculamos en B que necesitaria A para retransmitir con el snr_a calculado en 1.2.2: */
```

```
b(4, 2.37733978869167), numer;
```

```
(%o16) 2.278050489266861
```

```
(%i17) /* Calculamos la diferencia entre el B necesario y el B utilizado inicialmente: */
```

```
abs(2.278050489266862 - 3);
```

```
(%o17) 0.721949510733138
```

```
(%i18) /* Calculamos la diferencia entre el B necesario y el B utilizado inicialmente por ambas estaciones (A y B): */
```

```
abs(2.278050489266862 - 3)*2;
```

```
(%o18) 1.443899021466276
```

Como hay dos estaciones retransmitiendo con este ancho de banda y cada una desperdicia 0.721949510733138 MHz, entonces en total se desperdician 1.443899021466276 MHz.

1.4 Proponer un nuevo reparto:

```
(%i24) babc (snr) :=2*b(4, snr) + b(12, snr)$
```

```
sol_snr:find_root(babc(x) - 9, 3, 4);
```

```
b(4, sol_snr), numer;
```

```
b(12, sol_snr), numer;
```

```
snr_db(sol_snr), numer;
```

```
wxplot2d([babc(x), 9, [parametric, sol_snr, t, [t, 8.5, 9.5]]], [x, 3, 4]);
```

```
(%o20) 3.666116158304467
```

```
(%o21) 1.8
```

```
(%o22) 5.399999999999999
```

```
(%o23) 5.642062211585114
```

```
(%t24) (Graphics)
```

```
(%o24)
```



```
(%i25) limit(babc(x), x, inf);
```

```
(%o25) 0
```

## 2 Ejercicio 2 (2p)

### 2.1 Funciones

```
(%i28) err_max(rango_A, n_bits) := rango_A / 2^(n_bits+1)$
```

```
      n_bits(rango_A, err_max) := solve([err_max(rango_A, n_bits)=err_max], [n_bits])$
```

```
      nyquist(B, M) := 2*B*log(M)/log(2)$
```

### 2.2 Calcular el error maximo

```
(%i29) /* Calculamos el error maximo como la mitad de los amperios que haya entre dos imagenes digitales. */
```

```
      err_max(5-2, 5), numer;
```

```
(%o29) 0.046875
```

### 2.3 Calcular el numero de bits necesarios para un error menor a 0.01

```
(%i30) n_bits(5-2, 0.01)[1], numer;
```

```
(%o30) n_bits=7.22881869049588
```

```
(%i31) err_max(5-2, 8), numer;
```

```
(%o31) 0.005859375
```

### 2.4 Calcular ancho de banda (B) necesario con C=2000 muestras/seg

```
(%i32) solve([nyquist(B, 2^5) = 2000])[1], numer;
```

```
(%o32) B=200.0
```

```
(%i33) solve([nyquist(B, 2^10) = 2000])[1], numer;
```

```
(%o33) B=99.99999999999999
```

### 2.5 Gráficas

```
(%i34) wxplot2d(append([sin(x)], makelist([parametric, k, t, [t, 0, sin(k)]], k, 1, %pi, 1)), [x, 0, %pi], nolegend,  
[gnuplot_postamble, "unset yzeroaxis; set grid ytics; set grid xtics"]);
```

```
(%t34) (Graphics)
```

```
(%i35) wxplot2d([sin(x), 0, sin(0.5)], [parametric, 17986985/75035573, t, [t, 0, sin(0.5)]]], [x, 0, 0.5], nolegend);
```

```
(%t35) (Graphics)
```