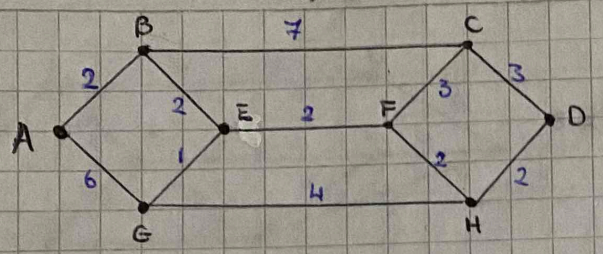
Dijkstra

~~EXAMEN FINAL~~

DD MM AA

1

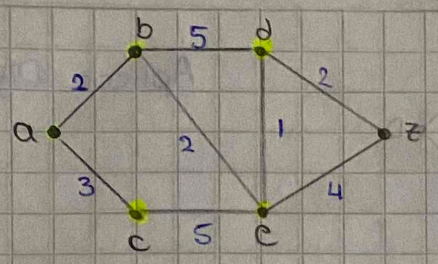


Aplicar Dijkstra

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	(0,A)	*							
B	(2,A) →	(2,A)	*						
C		(9,B)			(9,C)		→ (9,B)	*	
D						(10,H)	(12,C) →	(10,H)	*
E		(4,B) →	(4,B)	*					
F			(6,E)		→ (6,F)	*			
G	(6,A)		(5,E)	→ (5,E)	*				
H				(9,G)	(8,F)	→ (8,F)	*		

Distancias desde A		Ruta
B	2	A,B
C	9	A,B,C
D	10	A,B,E,F,H,D
E	4	A,B,E
F	6	A,B,E,F
G	5	A,B,E,G
H	8	A,B,E,F,H

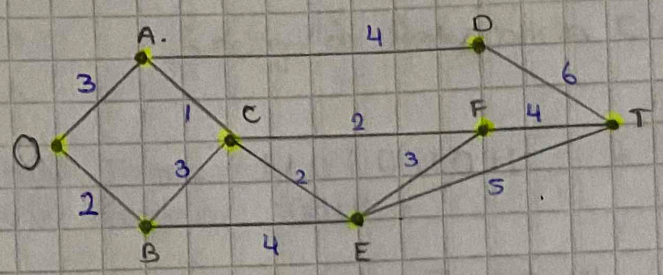
②



	1	2	3	4	5	6	7
a	$\boxed{(0,a)}$	*					
b	(2,a)	$\boxed{(2,a)}$	*				
c	(3,a)		$\boxed{(3,a)}$	*			
d		(7,b)		(5,e)	$\boxed{(5,e)}$	*	
e		(4,b)	(8,c)	$\boxed{(4,b)}$	*		
z				(8,e)	(7,d)	$\boxed{(7,d)}$	*

Distancias desde a		Ruta
b	2	a,b
c	3	a,c
d	5	a,b,e,d
e	4	a,b,e
z	7	a,b,e,d,z //

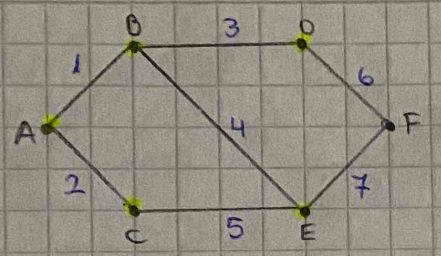
③



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
O	$\boxed{(0,0)}$	*							
A	(3,0)		$\boxed{(3,0)}$	*					
B	(2,0)	$\boxed{(2,0)}$	*						
C		(5,B)	(4,A)	$\boxed{(4,A)}$	*				
D			(7,A)				$\boxed{(7,A)}$	*	
E		(6,B)		(6,C)	$\boxed{(6,B)}$	*			
F				(6,C)	(9,E)	$\boxed{(6,C)}$	*		
T					(11,E)	(10,F)	(13,D)	$\boxed{(10,F)}$	*

Distancias desde O		Ruta
A	3	O, A
B	2	O, B
C	4	O, A, C
D	7	O, A, D
E	6	O, B, E
F	6	O, A, C, F
T	10	O, A, C, F, T

4



	1	2	3	4	5	6	7
A	$\boxed{(0,A)}$	*					
B	(1,A)	$\boxed{(1,A)}$	*				
C	(2,A)		$\boxed{(2,A)}$	*			
D		(4,B)		$\boxed{(4,B)}$	*		
E		(5,B)	~~(7,C)~~		$\boxed{(5,B)}$	*	
F				(10,D)	~~(12,E)~~	$\boxed{(10,D)}$	*

Distancias desde A		Ruta
B	1	A, B
C	2	A, C
D	4	A, B, D
E	5	A, B, E
F	10	A, B, D, F

Código de Redundancia Cíclica (CRC)

① $M(x)$ Trama: 1101011011
$G(x)$ Generador: 10011

Mensaje: 1101011011 0000

```
1101011011 0000 | 10011
10011           |  1111
01001 11
 10011
 00000 10110
        10011
        00101 00
          10011
          00111 0 -> residuo
```

Mensaje: 1101011011 1110

- Comprobación:

```
1101011011 1110 | 10011
10011           |  11110
01001 11
 10011
      01011 1
       10011
       00100 11
         10011
         000000
```

∴ el mensaje está corregido ya que el residuo es 0.

②

M(x) Trama: 111101

G(x) Generador: $x^3 + x^2 + 1$ → 1101

Mensaje tras anexar 3 bits cero: 111101000

```
111101000 | 1101
1101      |-----
-----     | 1111
001001    |
 1101     |
 -----    |
 01000    |
  1101    |
  -----   |
  01010   |
   1101   |
   -----  |
   01110  |
    1101  |
    -----
    0011  → residuo
```

Trama transmitida: 111101011 //

- Comprobación:

```
111101011 | 1101
1101      |-----
-----     | 1111
001001    |
 1101     |
 -----    |
 01000    |
  1101    |
  -----   |
  01011   |
   1101   |
   -----  |
   01101  |
    1101  |
    -----
        0
```

Como el residuo es cero no hay errores //

② Datos = 0101001

- Codificación

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ASCII (Dato)			0		1	0	1		0	0	1
2^n											
1	1		0		1		1		0		1
2		0	0			0	1			0	1
4				0	1	0	1				
8								1	0	0	1
	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1

Hamming: 10001011001

- Decodificación

Error en el último bit: 0101000

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ASCII (Dato)			0		1	0	1		0	0	0
2^n											
1	0		0		1		1		0		0
2		1	0			0	1			0	0
4				0	1	0	1				
8								0	0	0	0
	0	1	0	0		0	1	0	0	0	0

Bit Paridad:	1	2	4	8
Bits recibidos	1	0	0	1
Bits recepton	0	1	0	0
	error	error		error

- Potencias de 2 donde hubo error: $1 + 2 + 8 = 11$

El bit 11 está errado

1

Códigos de Hamming

Datos: 1001000

- Codificación

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ASCII (Dato)			1		0	0	1		0	0	0
2^n											
1	0		1		0		1		0		0
2		0	1			0	1			0	0
4				1	0	0	1				
8								0	0	0	0
	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0

Hamming: 00110010000

- Error en el bit

Dato enviado: 1001000
Dato con error: 1001001

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ASCII (Dato)			1		0	0	1		0	0	1
2^n											
1	1		1		0		1		0		1
2		1	1			0	1			0	1
4				1	0	0	1				
8								1	0	0	1
	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1

	1	2	4	8
Bits de Paridad	1	2	4	8
Bits recibidos	0	0	1	0
Bits receptor	1	1	1	1
	error	error		error

- Potencias de 2 donde hubo error:

1 + 2 + 8 = 11 → el bit 11 está errado.

Error: 1001001
Dato corregido: 1001000

③ M(x) Trama: 11010110
G(x) Generador: 1001

Mensaje tras anexar 3 bits: 11010110 000

```
11010110000 | 1001
1001        |------
------      | 111111
01000
 1001
 -----
 0001110
    1001
    -----
    01110
     1001
     -----
     01110
      1001
      -----
      01110
       1001
       -----
       0111
       residuo
```

Trama transmitida: 11010110 111

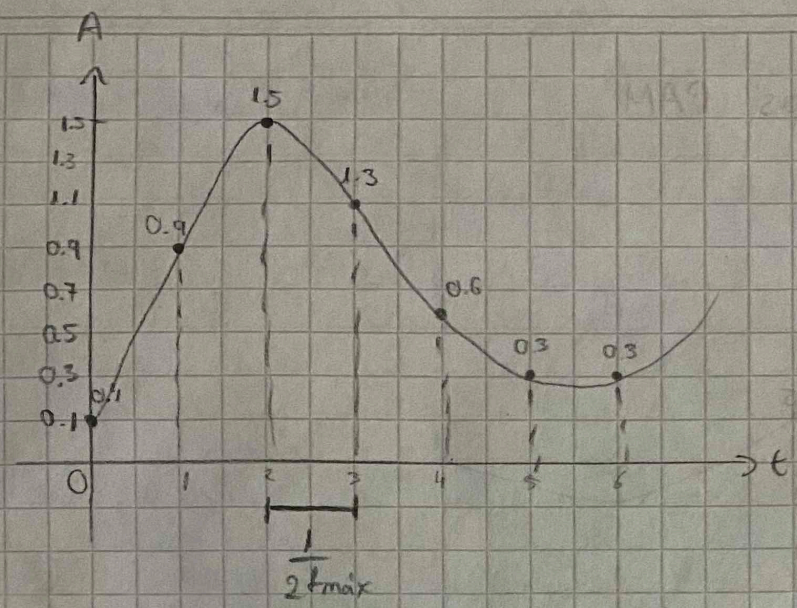
- Comprobación:

```
11010110111 | 1001
1001        |------
------      | 111111
01000
 1001
 -----
 0001110
    1001
    -----
    01111
     1001
     -----
     01101
      1001
      -----
      01001
       1001
       -----
       0000
```

∴ trama correcta //

DD MM AA

2



A · 10 =

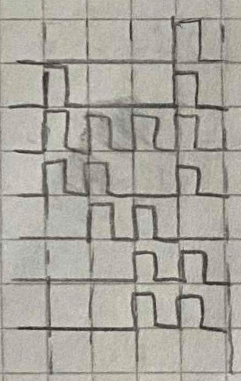
1.5 · 10 = 15

0.1 · 10 = 1

0.9 · 10 = 9

t	Muestra PAM	Código digital
0	1	0001
1	9	1001
2	15	1111
3	13	1101
4	6	0110
5	3	0011
6	3	0011

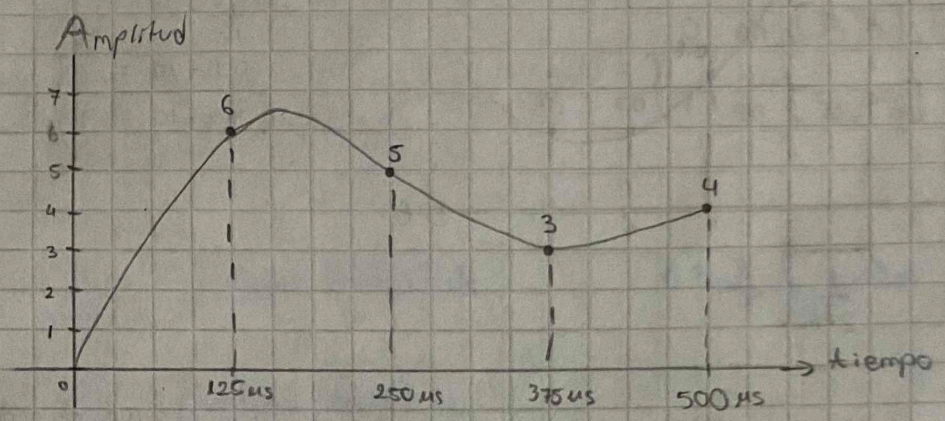
Forma de onda PCM



muestras = 2 fmax

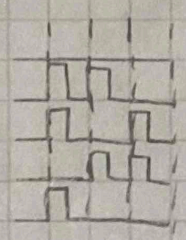
Gráficas PAM

① $f_{máx} = 4000$ Hz



$2 f_{máx} = 2(4000) = 8000$ muestras en 1 segundo, es decir:

$$t = \frac{1}{2f_{máx}} \rightarrow t = \frac{1}{8000} = 125\ \mu s$$

t	Muestra PAM	Código digital	Forma de onda (PCM)
0 s	0	000	
125 µs	6	110	
250 µs	5	101	
375 µs	3	011	
500 µs	4	100	

③ Dato original: 11011

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ASCII (Dato)			1		1	0	1		1
2^n									
1	0		1		1		1		1
2		0	1			0	1		
4				0	1	0	1		
8								1	1
	0	0	1	0	1	0	1	1	1

Hamming = 001010111

• Decodificación:

Error en el bit 1

Dato original : 11011
Dato con error : 01011

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ASCII			0		1	0	1		1
2^n									
1	1		0		1		1		1
2		1	0			0	1		
4				0	1	0	1		
8								1	1
	1	1	0	0	1	0	1	1	1

Bit de Paridad:	1	2	4	8
Bits recibidos	0	0	0	1
Bits recepter	1	1	0	1
	error	error		

• Potencias de 2 donde hubo error: 1 + 2 = 3

El bit 3 está errado

Error : 01011
Dato corregido : 11011

- $b_m = \frac{2}{T}\int_0^{T/2} \cos(2\pi m f t)\,dt = \frac{\cancel{2}}{\cancel{T}} \cdot \frac{\cancel{T}}{\cancel{2}\pi m}\left[\operatorname{sen}\left(\frac{2\pi m}{T}t\right)\right]_0^{T/2}$

$$= \frac{1}{\pi m}\left[\operatorname{sen}\left(\frac{\cancel{2}\pi m}{\cancel{T}} \cdot \frac{\cancel{T}}{\cancel{2}}\right) - \underbrace{\cancel{\operatorname{sen}(0)}}_{0}\right]$$

$$= \frac{1}{\pi m}\operatorname{sen}(\pi m) \quad //$$

- $a_1 = \frac{2}{\pi}$ - $b_1 = 0$

$$\sqrt{a_1^2 + b_1^2} = \sqrt{\left(\frac{2}{\pi}\right)^2} = \frac{2}{\pi} \quad //$$

$$b_n = \frac{1}{\pi n}\left[\operatorname{sen}\left(\frac{3\pi n}{4}\right) - \operatorname{sen}\left(\frac{\pi n}{4}\right) + \operatorname{sen}\left(\frac{7\pi n}{4}\right) - \operatorname{sen}\left(\frac{6\pi n}{4}\right)\right] \quad //$$

$$c = \frac{2}{T}\left[\int_{T/8}^{3T/8} dt + \int_{6T/8}^{7T/8} dt\right] = \frac{2}{T}\left(\frac{3T}{8} - \frac{T}{8} + \frac{7T}{8} - \frac{6T}{8}\right)$$

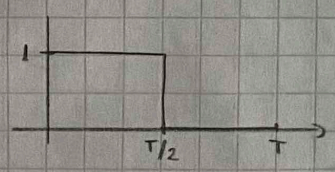
$$c = \frac{\cancel{2}}{\cancel{T}}\left(\frac{3}{\cancel{8}\,4}\cancel{T}\right) = \frac{3}{4} \quad //$$

$$a_1 = \frac{1}{\pi}\left[-\cos\left(\frac{3\pi}{4}\right) + \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) - \cos\left(\frac{7\pi}{4}\right) + \cos\left(\frac{6\pi}{4}\right)\right] = \frac{\sqrt{2}}{2\pi} = 0.71$$

$$b_1 = \frac{1}{\pi}\left[\operatorname{sen}\left(\frac{3\pi}{4}\right) - \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{4}\right) + \operatorname{sen}\left(\frac{7\pi}{4}\right) - \operatorname{sen}\left(\frac{6\pi}{4}\right)\right] = \frac{2-\sqrt{2}}{2\pi} = 0.29$$

$$\sqrt{a_1^2 + b_1^2} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2}}{2\pi}\right)^2 + \left(\frac{2-\sqrt{2}}{2\pi}\right)^2} = 0.244 \quad //$$

2



Obtener el término a_m, b_m, y calcular $\sqrt{a_1^2 + b_1^2}$

$$a_m = \frac{2}{T}\int_0^T g(t)\operatorname{sen}(2\pi m f t)\,dt \qquad b_m = \frac{2}{T}\int_0^T g(t)\cos(2\pi m f t)\,dt$$

$$g(t) = \begin{cases} 0 & \text{en } [T/2, T] \\ 1 & \text{en } [0, T/2] \end{cases}$$

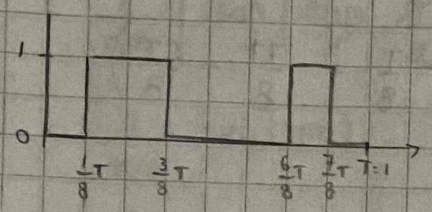
- $$a_m = \frac{2}{T}\int_0^{T/2} \operatorname{sen}(2\pi m f t)\,dt = \frac{\cancel{2}}{\cancel{T}}\cdot\frac{1}{\cancel{2}\pi m \cancel{f}}\left[-\cos(2\pi m \cancel{f} t)\right]_0^{T/2}$$

$$= \frac{1}{\pi m}\left[-\cos\left(\frac{\cancel{2}\pi m}{\cancel{T}}\left(\frac{\cancel{T}}{\cancel{2}}\right)\right) + \cancel{\cos(0)}^{\,1}\right]$$

$$a_m = \frac{1}{\pi m}\left[1 - \cos(\pi m)\right] \quad //$$

Serie de Fourier

1



$$g(t) = \begin{cases} 0 & \text{en } [0, T/8], [3T/8, 6T/8], [7T/8, T] \\ 1 & \text{en } [T/8, 3T/8], [6T/8, 7T/8] \end{cases}$$

$$a_n = \frac{2}{T}\int_0^T g(t)\,\text{sen}(2\pi n f t)\,dt \qquad c = \frac{2}{T}\int_0^T g(t)\,dt$$

$$b_n = \frac{2}{T}\int_0^T g(t)\cos(2\pi n f t)\,dt \qquad f = \frac{1}{T}$$

- $$a_n = \frac{2}{T}\left[\int_{T/8}^{3T/8} \text{sen}(2\pi n f t)\,dt + \int_{6T/8}^{7T/8} \text{sen}(2\pi n f t)\,dt\right]$$

$$= \frac{2}{T}\left[\int_{T/8}^{3T/8} \text{sen}(u)\cdot\frac{du}{2\pi n f} + \int_{6T/8}^{7T/8} \text{sen}(u)\,\frac{du}{2\pi n f}\right] \qquad u = 2\pi n f t \quad du = 2\pi n f\,dt \quad dt = \frac{du}{2\pi n f}$$

$$= \frac{2}{T\cdot 2\pi n f}\left[\int_{T/8}^{3T/8} \text{sen}(u)\,du + \int_{6T/8}^{7T/8} \text{sen}(u)\,du\right]$$

$$= \frac{1}{T\pi n f}\left[\Big(-\cos(u)\Big)_{T/8}^{3T/8} + \Big(-\cos(u)\Big)_{6T/8}^{7T/8}\right]$$

$$= \frac{1}{T\pi n f}\left[\Big[-\cos(2\pi n f t)\Big]_{T/8}^{3T/8} + \Big[-\cos(2\pi n f t)\Big]_{6T/8}^{7T/8}\right]$$

$$= \frac{1}{\cancel{T}\pi n\left(\frac{1}{\cancel{T}}\right)}\left[\left[-\cos\left(\cancel{2}\pi n\left(\frac{1}{\cancel{T}}\right)\left(\frac{3\cancel{T}}{\cancel{8}_4}\right)\right) + \cos\left(\frac{2\pi n}{\cancel{T}}\left(\frac{\cancel{T}}{\cancel{8}_4}\right)\right)\right] + \left[-\cos\left(\frac{\cancel{2}\pi n}{\cancel{T}}\left(\frac{7\cancel{T}}{\cancel{8}_4}\right)\right) + \cos\left(\frac{\cancel{2}^{1}\pi n}{\cancel{T}}\left(\frac{6\cancel{T}}{\cancel{8}_4}\right)\right)\right]\right]$$

$$= \frac{1}{\pi n}\left[-\cos\left(\frac{3\pi n}{4}\right) + \cos\left(\frac{\pi n}{4}\right) - \cos\left(\frac{7\pi n}{4}\right) + \cos\left(\frac{6\pi n}{4}\right)\right] \quad //$$

- $$b_n = \frac{2}{T}\left[\int_{T/8}^{3T/8} \cos(2\pi n f t)\,dt + \int_{6T/8}^{7T/8} \cos(2\pi n f t)\,dt\right]$$

$$= \frac{2}{T}\cdot\frac{1}{2\pi n f}\left[\Big[\text{sen}(2\pi n f t)\Big]_{T/8}^{3T/8} + \Big[\text{sen}(2\pi n f t)\Big]_{6T/8}^{7T/8}\right]$$

$$= \frac{\cancel{2}}{\cancel{T}}\,\frac{\cancel{T}}{\cancel{2}\pi n}\left[\text{sen}\left(\frac{\cancel{2}\pi n}{\cancel{T}}\left(\frac{3\cancel{T}}{\cancel{8}_4}\right)\right) - \text{sen}\left(\frac{\cancel{2}\pi n}{\cancel{T}}\left(\frac{\cancel{T}}{\cancel{8}_4}\right)\right) + \text{sen}\left(\frac{\cancel{2}\pi n}{\cancel{T}}\left(\frac{7\cancel{T}}{\cancel{8}_4}\right)\right) - \text{sen}\left(\frac{\cancel{2}\pi n}{\cancel{T}}\left(\frac{6\cancel{T}}{\cancel{8}_4}\right)\right)\right]$$

Norma

DSSS

1

Transmisor

Datos	0 1 0 1 0
Secuencia PN	0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 1 0 1 0 0
Señal Trans.	0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0 1 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1

2

Tran

Datos	0 1
Secuencia PN	0 1 1 0
Señal Transmitida	0 1 0 1

Receptor

Señal recibida	0 1 0 1
Secuencia PN	0 1 1 0
Datos Salida	0 1

② Secuencia Pseudoaleatoria: 00, 11, 01, 10, 00

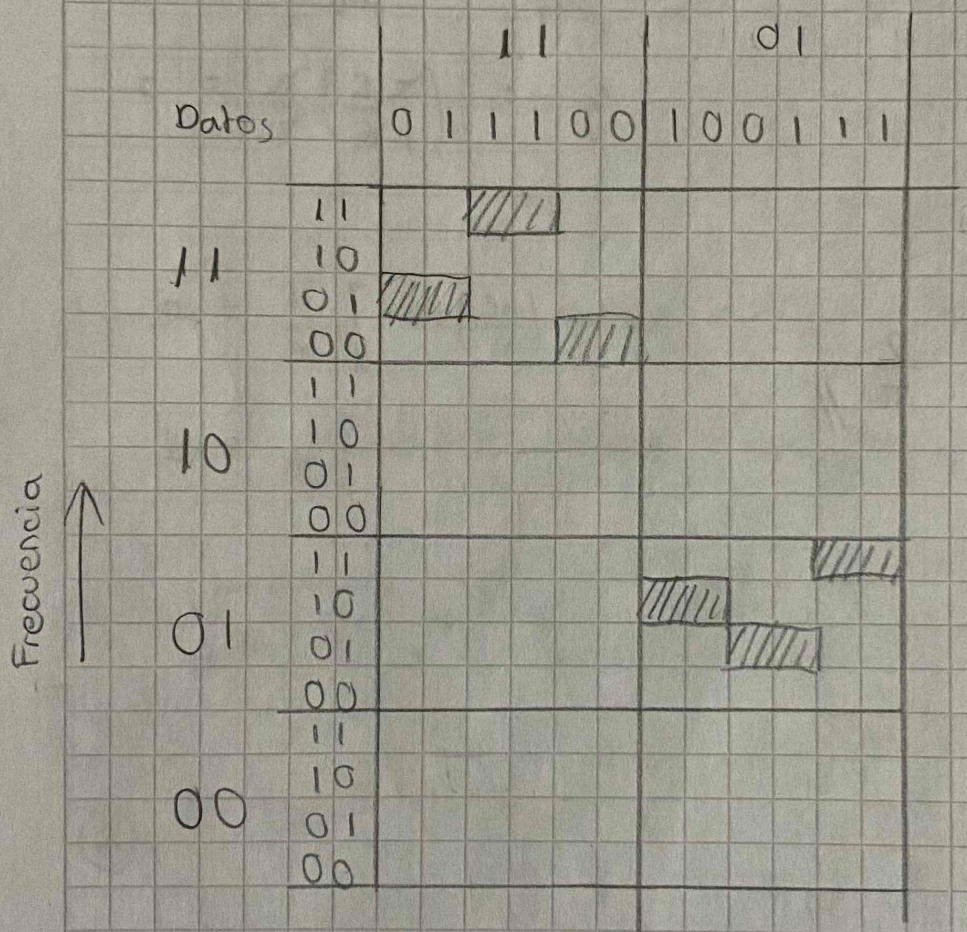
Dato: 0111 | 0011 | 1101 | 1000 | 0011

		00	11	01	10	00
Datos		0111	0011	1101	1000	0011
11	11					
	10					
	01					
	00					
10	11					
	10					
	01					
	00					
01	11					
	10					
	01					
	00					
00	11					
	10					
	01					
	00					

FHSS

1. Datos : 011100 100111

Números pseudoaleatorios : 11 , 01



Máscara de Longitud Fija

① Se necesitan 3 subredes

Red Clase A: 10.0.0.0 $\qquad$ r = # subredes
Máscara de Red: 255.0.0.0

- obtenemos n

$$2^n \geq r \rightarrow 2^n \geq 3$$

$$2^2 \geq 3 \quad 4 \geq 3 \quad \therefore n = 2$$

* Máscara de subred:

Se toman los 2 primeros bits del segundo octeto para las subredes y el restante para hosts.

11111111.11000000.00000000.00000000

255 . 192 . 0 . 0

256 / 2^2 = 4 subredes → se obtienen 64 hosts/subred

2^{22} − 2 (Gateway + Broadcast) = 4194302 hosts/subred

2do Octeto	Dirección SR			IP's	USO
		00000000	00000001	10.0.0.1	Gateway (Primera IP)
00000000	10.0.0.0	00111111	11111110	10.63.255.254	Ultima IP
		00111111	11111111	10.63.255.255	Broadcast
				10.64.0.1	
01000000	10.64.0.0			10.127.255.254	
				10.127.255.255	
				10.128.0.1	
10000000	10.128.0.0			10.191.255.254	
				10.191.255.255	

Aloha Ranurado

$S = P_0 G = Ge^{-G}$

S -> velocidad efectiva de transporte
G -> promedio de tramas nuevas y retransmitidas

- Derivamos S:

$$\frac{dS}{dG} = \frac{d}{dG}\left(Ge^{-G}\right)$$

$$\frac{dS}{dG} = e^{-G} - Ge^{-G} = e^{-G}(1-G)$$

- Igualamos a cero

$$e^{-G}(1-G) = 0$$

$$1 - G = 0$$

$$G = 1 \;//$$

- Reemplazamos en S:

$$S_{max} = 1e^{-1}$$

$$S_{max} = e^{-1} = 0.368$$

eficiencia Smáx de un canal Aloha ranurado es 36.8% //

Eficiencia del Canal Aloha (Puro)

$S = e^{-2G} \cdot G$

Velocidad máxima efectiva de transporte → $S_{máx}$
G → promedio de tramas transmitidas + retransmitidas

- Para encontrar la velocidad máxima se deriva S y se iguala a cero.

$$\frac{dS}{dG} = e^{-2G} + \left(-2e^{-2G}\right) G$$

$$\frac{dS}{dG} = e^{-2G}(1 - 2G) \quad //$$

- Igualamos a cero:

$$e^{-2G}(1 - 2G) = 0$$

① $e^{-2G} = 0$

ind.

② $1 - 2G = 0$

$$G = \frac{-1}{-2} = \frac{1}{2} \quad //$$

- Reemplazamos en S:

$$S = e^{-2(1/2)} \cdot \frac{1}{2}$$

$$S = \frac{1}{2} e^{-1} = 0.184$$

∴ la eficiencia máxima $S_{máx}$ de un canal Aloha puro es del 18.4 % //

EXAMEN

④ 2 subredes

Dirección de Red: 192.168.1.0
Máscara de Subred: 255.255.255.0

- Calculamos n:

$2^n \geq r$ $\quad$ $r \rightarrow$ # subredes

$2^1 = 2 \geq 2$ $\quad$ entonces $\quad n = 1$ //

- Máscara de Subred

11111111 . 11111111 . 11111111 . 00000000

255 . 255 . 255 . 128 //

Salto: 256 / 2 = 128

$2^7 - 2$ = 126 hosts/red

- Tabla

Subred	Cuarto Octeto	Dirección SR	Gateway	Última IP	Broadcast
1	00000000	192.168.1.0	192.168.1.1	192.168.1.126	192.168.1.127
2	10000000	192.168.1.128	192.168.1.129	192.168.1.254	192.168.1.255

CLASE C

③ Se necesitan 3 subredes

Dirección de Red: 210.10.56.0
Máscara de Red: 255.255.255.0

- Calcular n:

$$2^n \geq 3 \rightarrow 2^2 = 4 \geq 3 \qquad \therefore \quad n = 2$$

- Máscara de Subred

11111111 . 11111111 . 11111111 . 11000000

255 . 255 . 255 . 192

$256 / 4 = 64 \rightarrow$ salto $\qquad 2^6 - 2 = 62$ host por subred

Subred	Cuarto Octeto	Dirección SR	Gateway	Última IP	Broadcast
1	00000000	210.10.56.0	210.10.56.1	210.10.56.62	210.10.56.63
2	01000000	210.10.56.64	210.10.56.65	210.10.56.126	210.10.56.127
3	10000000	210.10.56.128	210.10.56.129	210.10.56.190	210.10.56.191

CLASE B

② Se necesitan 7 subredes

Dirección de Red: 150.131.0.0
Máscara de Red: 255.255.0.0

- Calculamos:

$2^n \geq 7$

$2^3 \geq 7 \rightarrow n = 3$

Se tomarán los 3 primeros bits del tercer octeto para subred

- Máscara de Subred

11111111.11111111.01100000.00000000

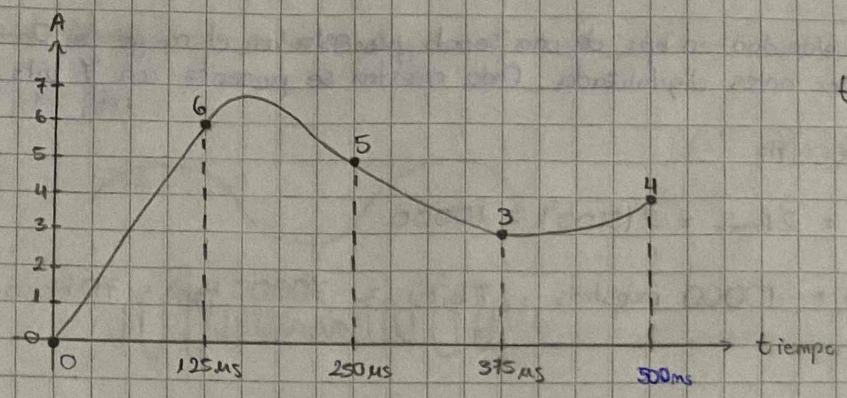
255 . 255 . 224 . 0

$2^8 = 256 \;/\; 2^3 = 8 \rightarrow 32$

$2^{13} - 2 = 8190$ hosts / subred

Subred	Tercer Octeto	Dirección SR	Gateway	Última IP	Broadcast
1	00000000	150.131.0.0	150.131.0.1	150.131.31.254	150.131.31.255
2	00100000	150.131.32.0	150.131.32.1	150.131.63.254	150.131.63.255
3	01000000	150.131.64.0	150.131.64.1	150.131.95.254	150.131.95.255
4	01100000	150.131.96.0	150.131.96.1	150.131.127.254	150.131.127.255
5	10000000	150.131.128.0	150.131.128.1	150.131.159.254	150.131.159.255
6	10100000	150.131.160.0	150.131.160.1	150.131.191.254	150.131.191.255
7	11000000	150.131.192.0	150.131.192.1	150.131.223.254	150.131.223.255

②



$t = \frac{1}{2 f_{máx}}$

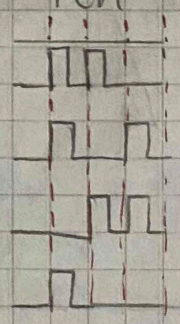
- $f_{máx} = 4000\,Hz$

$\#\text{ muestras} = 2 f_{máx} = 2(4000) = 8000\,Hz$

$t = \frac{1}{2 f_{máx}} = \frac{1}{8000\,Hz} = 125\,\mu s$

tiempo	Muestras PAM	Dígitos en binario
0	0	0 0 0
125 µs	6	1 1 0
250 µs	5	1 0 1
375 µs	3	0 1 1
500 µs	4	1 0 0

PCM



Ejercicios:

① Rango de frecuencias: 300 - 4000 Hz
Cada muestra se representa con 8 bits

$f_{máx} = 4000\,Hz$

$\text{muestras} = 2 f_{máx} = 2 \cdot 4000 = 8000$

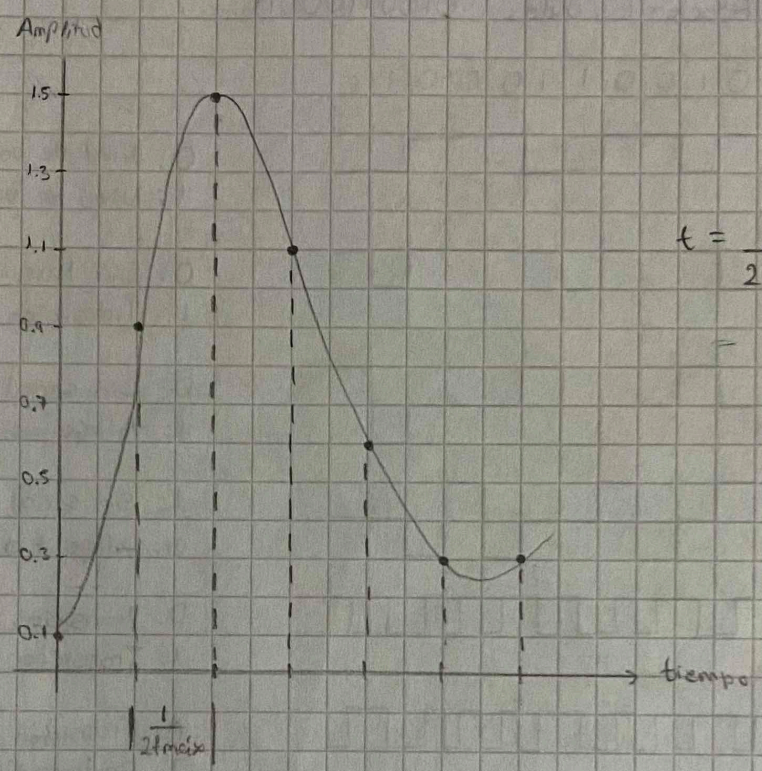
- Ancho de banda requerido (velocidad):

$8000 \text{ muestras} \cdot 8 \text{ bits} = 64000 \text{ bps} = 64 \text{ Kbps}$ //

2.2.3. Datos analógicos, señales digitales

- Modulación por codificación de impulsos (PCM)

(1) Teorema de Muestreo de Nyquist → # muestras = $2f_{máx}$
↳ estas muestras se llaman PAM



$$t = \frac{1}{2f_{máx}}$$

Dígitos	Equivalente en binario	PCM
0	0000	
1	0001	
2	0010	
3	0011	
4	0100	
5	0101	
6	0110	
7	0111	
8	1000	
9	1001	
10	1010	
11	1011	
12	1100	
13	1101	
14	1110	
15	1111	

EJERCICIOS

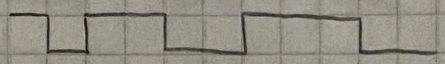
Capitulo 2:

2.2.1. Datos digitales, señales digitales

Represente en codificación los datos 01001100011

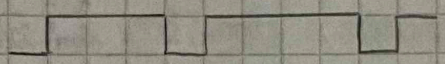
0 1 0 0 1 1 0 0 0 1 1

NRZ-L



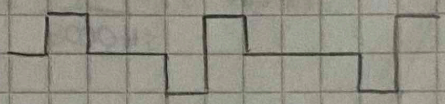
0: Nivel de voltaje alto
1: Nivel de voltaje bajo

NRZI



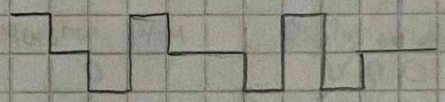
0: Sin transición de voltaje
1: Transición de voltaje

Bipolar-AMI



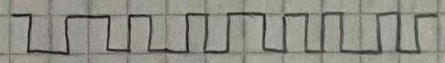
0: Sin señal
1: Voltaje positivo o negativo alternante

Pseudoternario



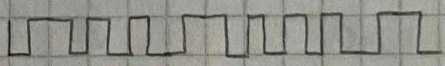
1: Sin señal
0: Voltaje + o - alternante

Manchester



0: Transición alto-bajo
1: Transición bajo-alto

Manchester diferencial

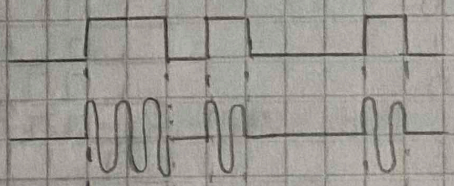


0: Transición al inicio
1: Sin transición al inicio

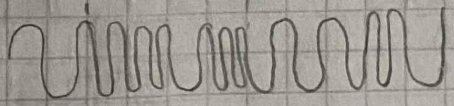
2.2.2. Datos digitales, señales analógicas

- ASK (Amplitude Shift-Keying)

0 0 1 1 0 1 0 0 0 1 0



- FSK (Frecuency ")



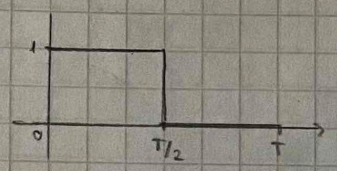
$$\blacktriangleright\ c = \frac{2}{T}\int_{T/8}^{3T/8} dt + \frac{2}{T}\int_{6T/8}^{7T/8} dt = \frac{2}{T}\left[\frac{3T}{8} - \frac{T}{8} + \frac{7T}{8} - \frac{6T}{8}\right] = \frac{\cancel{2}^{1}}{\cancel{T}}\left[\frac{3\cancel{T}}{\cancel{8}_{4}}\right]$$

$$c = \frac{3}{4}$$

1er Armónico: $a_1 = 0.225$ $\quad b_1 = 0.093$

$$RMS = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} = \sqrt{(0.225)^2 + (0.093)^2} = 0.243 \quad //$$

② Serie de Fourier, encontrar el b_m y a_m, además $\sqrt{a_1^2 + b_1^2}$



$$g(t) = \begin{cases} 0 & \text{en } [T/2, T] \\ 1 & \text{en } [0, T/2] \end{cases}$$

$$\blacktriangleright\ a_m = \frac{2}{T}\int_0^{T/2} \operatorname{sen}(2\pi m f t)\, dt$$

$$= \frac{\cancel{2}}{\cancel{T}} \cdot \frac{\cancel{T}}{\cancel{2}\pi m}\left[-\cos(2\pi m f t)\Big|_0^{T/2}\right] = \frac{1}{\pi m}\left[-\cos\left(\frac{\cancel{2}\pi m}{\cancel{T}} \cdot \frac{\cancel{T}}{\cancel{2}}\right) + \cos(0)\right]$$

$$a_m = \frac{1}{\pi m}\left[1 - \cos(\pi m)\right] \quad //$$

$$\blacktriangleright\ b_m = \frac{2}{T}\int_0^{T/2} \cos(2\pi m f t)\, dt$$

$$= \frac{\cancel{2}}{\cancel{T}} \cdot \frac{\cancel{T}}{\cancel{2}\pi m}\left[\operatorname{sen}(2\pi m f t)\Big|_0^{T/2}\right] = \frac{1}{\pi m}\left[\operatorname{sen}\left(\frac{\cancel{2}\pi m}{\cancel{T}} \cdot \frac{\cancel{T}}{\cancel{2}}\right) - \cancel{\operatorname{sen}(0)}^{\,0}\right]$$

$$b_m = \frac{1}{\pi m} \operatorname{sen}(\pi m)$$

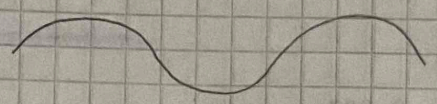
$\blacktriangleright\ a_1 = \frac{2}{\pi}$ $\qquad \blacktriangleright\ b_1 = 0$

$$RMS = \sqrt{a_1^2 + b_1^2} = \sqrt{\left(\frac{2}{\pi}\right)^2} = \frac{2}{\pi} \quad //$$

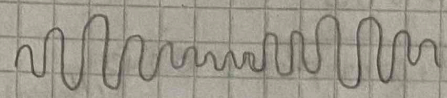
2.2.4. Datos Analógicos, señales analógicas

AM, FM, PM

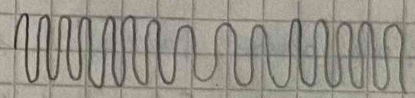
Señal



AM

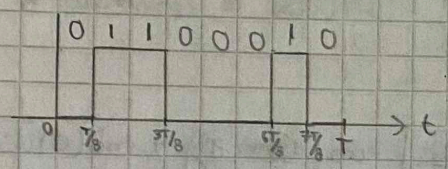


FM



2.3.2. Señales de ancho de banda limitado

① Series de Fourier



$$g(t) = \begin{cases} 0 & \text{en } [0, T/8], [3T/8, 5T/8], [7T/8, T] \\ 1 & \text{en } [T/8, 3T/8], [5T/8, 7T/8] \end{cases}$$

$$a_n = \frac{2}{T}\int_0^T g(t)\,\text{sen}(2\pi n f t)\,dt \qquad b_n = \frac{2}{T}\int_0^T g(t)\cos(2\pi n f t)\,dt \qquad c_n = \frac{2}{T}\int_0^T g(t)\,dt$$

$$f = \frac{1}{T}$$

- $$a_n = \frac{2}{T}\int_{T/8}^{3T/8} \text{sen}(2\pi n f t)\,dt + \frac{2}{T}\int_{5T/8}^{7T/8} \text{sen}(2\pi n f t)\,dt$$

$$= \frac{2}{T}\cdot\frac{1}{2\pi n f}\left[\left[-\cos(2\pi n f t)\right]_{T/8}^{3T/8} + \left[-\cos(2\pi n f t)\right]_{5T/8}^{7T/8}\right]$$

$$= \frac{\cancel{2}}{\cancel{T}}\cdot\frac{\cancel{T}}{\cancel{2}\pi n}\left[-\cos\left(\frac{\cancel{2}\pi n}{\cancel{T}}\cdot\frac{3\cancel{T}}{\cancel{8}_4}\right) + \cos\left(\frac{\cancel{2}\pi n}{\cancel{T}}\cdot\frac{\cancel{T}}{\cancel{8}_4}\right) - \cos\left(\frac{\cancel{2}\pi n}{\cancel{T}}\cdot\frac{7\cancel{T}}{\cancel{8}_4}\right) + \cos\left(\frac{\cancel{2}\pi n}{\cancel{T}}\cdot\frac{5\cancel{T}}{\cancel{8}_4}\right)\right]$$

$$= \frac{1}{\pi n}\left[-\cos\left(\frac{3\pi n}{4}\right) + \cos\left(\frac{\pi n}{4}\right) - \cos\left(\frac{7\pi n}{4}\right) + \cos\left(\frac{5\pi n}{4}\right)\right] \quad //$$

- $$b_n = \frac{2}{T}\int_{T/8}^{3T/8} \cos(2\pi n f t)\,dt + \frac{2}{T}\int_{5T/8}^{7T/8} \cos(2\pi n f t)\,dt$$

$$b_n = \frac{\cancel{2}}{\cancel{T}}\cdot\frac{\cancel{T}}{\cancel{2}\pi n}\left[\text{sen}\left(\frac{\cancel{2}\pi n}{\cancel{T}}\cdot\frac{3\cancel{T}}{\cancel{8}_4}\right) - \text{sen}\left(\frac{\cancel{2}\pi n}{\cancel{T}}\cdot\frac{\cancel{T}}{\cancel{8}_4}\right) + \text{sen}\left(\frac{\cancel{2}\pi n}{\cancel{T}}\cdot\frac{7\cancel{T}}{\cancel{8}_4}\right) - \text{sen}\left(\frac{\cancel{2}\pi n}{\cancel{T}}\cdot\frac{5\cancel{T}}{\cancel{8}_4}\right)\right]$$

$$b_n = \frac{1}{\pi n}\left[\text{sen}\left(\frac{3\pi n}{4}\right) - \text{sen}\left(\frac{\pi n}{4}\right) + \text{sen}\left(\frac{7\pi n}{4}\right) - \text{sen}\left(\frac{5\pi n}{4}\right)\right] \quad //$$

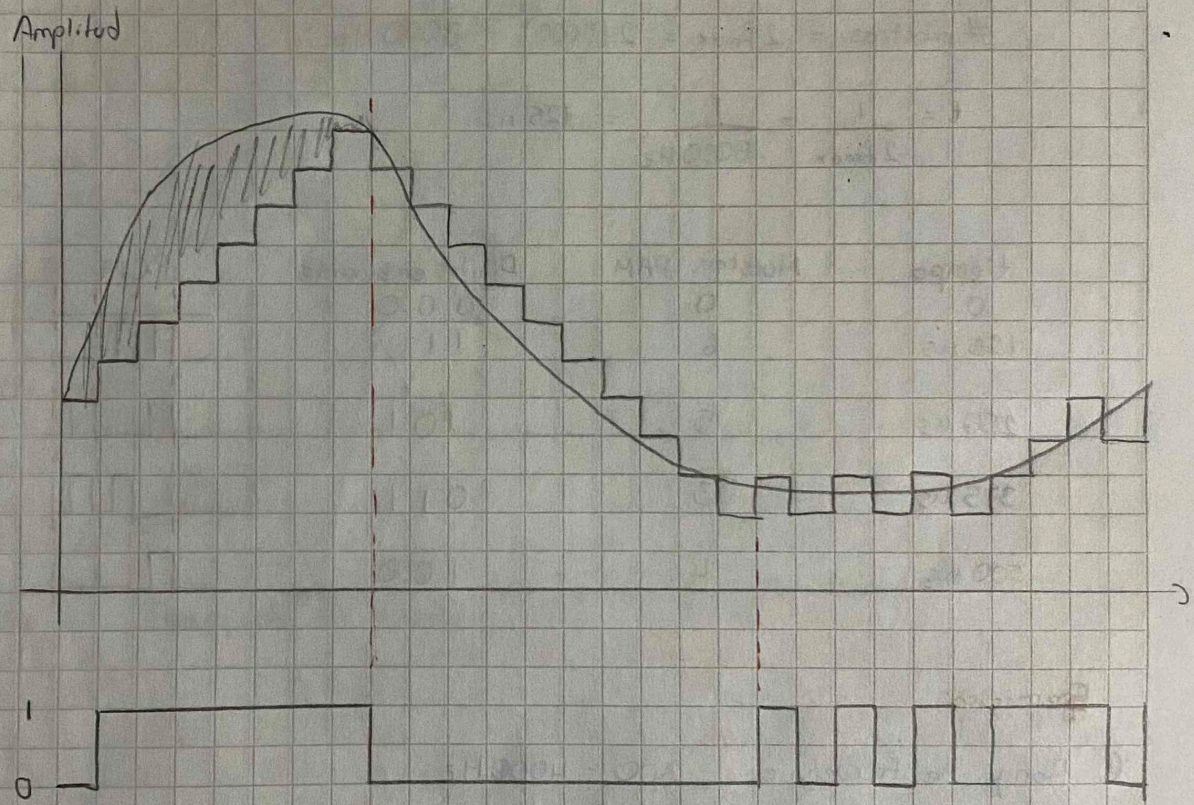
② Calcule la velocidad en bps de una señal que está en el rango de 0 a 5000 Hz que debe ser antes digitalizada. Cada muestra se presenta con 7 bits.

$f_{máx} = 5000\ Hz$

muestras $= 2 f_{máx} = 2(5000) = 10000$

velocidad $= 10000$ muestras $\cdot$ 7 bits $= 70000$ bps $= 70$ kbps //

- Modulación delta (DM)



▸ SALIDA

- CASO III

$$s(t) = \frac{4}{\pi}\left[\operatorname{sen}(2\pi f t) + \frac{1}{3}\operatorname{sen}(2\pi 3 f t)\right]$$

$f = 2MHz$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2MHz} = 0.5\,\mu s$$

$B = 3f - f = 2f = 2(2MHz) = 4MHz$

$$V = \frac{1}{T/2} = \frac{1}{1/4} = 4\,Mbps \;//$$

Ruido térmico:

$N_0 = KT$ $\qquad K = 1.3803 \cdot 10^{-23}$ watio/°K·Hz

$N = N_0 \cdot B$ $\qquad N$ = ruido

- Datos: $T = 17°C$
  $B = 10MHz$

$T = 17 + 273 = 290°K$

- Calculamos:

$N = KT \cdot B$

$$N = 1.3803 \cdot 10^{-23}\left[\frac{\text{watio}}{\cancel{°K}\cdot\cancel{Hz}}\right] \cdot 290\cancel{°K} \cdot 10^{7}\,\cancel{Hz}$$

$N = 4 \cdot 10^{-14}$ watio //

$\downarrow$

$N = 10\log(N) = 10\log(4 \cdot 10^{-14})$

$N = -133.98$ dBW //

- Calcule el porcentaje que tiene el voltaje V_2 respecto de V_1, si la potencia P_2 es el 50% de P_1.

$P_2 = \frac{P_1}{2} \rightarrow 50\%$ $\qquad \frac{P_2}{P_1} = \frac{1}{2}$ $\qquad \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{P_2}{P_1}}$

$P_1 = V_1 \cdot I$ $\qquad V = I \cdot R$ $\qquad P_1 = \frac{V_1^2}{R}$ $\qquad P_2 = \frac{V_2^2}{R}$

$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_2^2 \cancel{R}}{V_1^2 \cancel{R}}$ $\qquad V_2 = \sqrt{\frac{P_2}{P_1}}\, V_1 = \sqrt{\frac{1}{2}}\, V_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} V_1$

- $V_2 = 0.7071\, V_1 \rightarrow V_2 = 70.71\%$

$\therefore$ El porcentaje que tiene V_2 de V_1 es 70,71% //

- Relación entre velocidad de transmisión y ancho de banda (B)

- CASO I $\qquad$ Calcular la velocidad de transmisión:

$s(t) = \frac{4}{\pi}\left[\operatorname{sen}(2\pi f t) + \frac{1}{3}\operatorname{sen}(2\pi 3 f t) + \frac{1}{5}\operatorname{sen}(2\pi 5 f t)\right.$

Frecuencia fundamental $f = 1\,MHz$

$T = \frac{1}{f} = 1\,\mu s$

$B = 5f - 1f = 4f = 4(1MHz) \Rightarrow B = 4MHz$

$V = \frac{1}{T/2} = \frac{1}{1/2} = 2\,Mbps$ //

- CASO II

Frecuencia fundamental: 2MHz

$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2} = 0.5\,\mu s$

$B = 5f - f = 4f = 4(2MHz) = 8MHz$

$V = \frac{1}{T/2} = \frac{1}{1/4} = 4\,Mbps$ //

- Ejercicios frecuencia de corte:

f_{corte} (f_c) = 3000 Hz Patrón que se repite: 8 bits

~~velocidad de transmisión:~~

- Fórmulas:

$T = \frac{8 \text{ bits}}{\text{bps (velocidad transmisión)}}$ 1er armónico $= \frac{1}{T}$ # armónicos $= \frac{f_c}{\text{1er armónico}}$

① - Por ejemplo:

velocidad de transmisión: 300 bps, entonces:

$T = \frac{8 \text{ bits}}{300 \text{ bps}} = \frac{2}{75}$ 1er armónico $= \frac{75}{2}$

- # armónicos $= \overset{40}{\cancel{3000}}$ Hz $\cdot \frac{2}{\cancel{75}} = 80$ armónicos

② Calcule el número de armónicos que pueden ser transmitidos por una línea de transmisión cuya frecuencia de corte es 3000 Hz. El patrón que se repite es 8 bits y la velocidad de transmisión es 4800 bps.

$T = \frac{8 \text{ bits}}{4800 \text{ bps}} = \frac{1}{600}$ 1er armónico $= \frac{1}{T} = 600$

armónicos $= \frac{f_c}{\text{1er armónico}} = \frac{3000}{600} = 5$ armónicos //

Ancho de banda

① $P_2 = \frac{P_1}{2}$ - decibelio = db = $10 \cdot \log_{10}(P_2/P_1)$

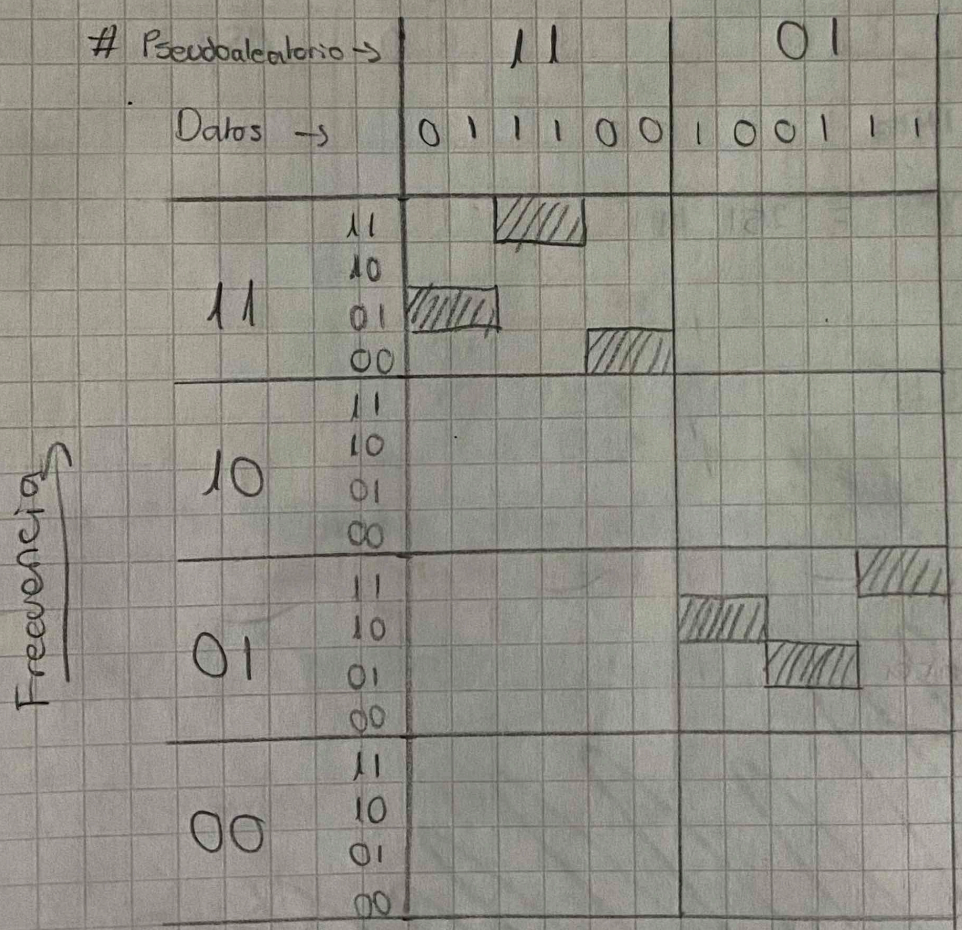
$db = 10 \log_{10}(\cancel{P_1}/2 \cdot 1/\cancel{P_1}) = 10 \cdot \log\left(\frac{1}{2}\right) = -3.01$

2.5. Transmisión Inalámbrica (Spread Spectrum)

- FHSS (Frecuency-Hoping Spread Spectrum)

(i) Datos: 011100 100111

Utilizar números/secuencia pseudoaleatoria: 6 primeros bits de datos 11, y el número pseudoaleatorio 01 para los 6 bits de datos restantes



- Transmisión en canal con ruido térmico → Shannon

Tasa de datos máxima → C

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

$\cancel{C = 2B}$ $C = B \log_2 (1 + SNR)$

- Canal entre 3MHz y 4MHz

$SNR_{dB} = 24\ dB$

$B = 4MHz - 3MHz = 1MHz$

$SNR = 10^{\frac{SNR_{dB}}{10}} = 10^{24/10} = 251.19$

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

$C = 1MHz \log_2 (1 + 251.19)$

$C = 7.98\ Mbps$ //

2.5. Transmisión Inalámbrica

- FHSS

Datos: 011001001111

Usar números pseudoaleatorios: 11 para los primeros 6 bits, y 01 para los 6 bits de datos restantes

2.3.3. Teoría de la Información

- Tasa de datos máxima de un canal perfecto.

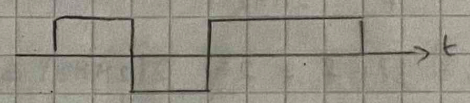
Tasa de datos máxima → $C = 2B \log_2(N)$ bps

B → ancho de banda N → # niveles de tensión

$N=2$, $C=2B$

bit	
0	+1V
1	-1V

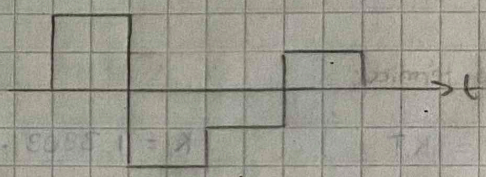
0 1 0 0



$N=4$, $C=4B$

00	+2V
01	+1V
10	-1V
11	-2V

00 11 10 01



Encontrar la tasa de datos máxima de Nyquist.

- CASO 1 (Canal Perfecto → Nyquist)
  sin ruido

$$s(t) = \frac{4}{\pi}\left[\operatorname{sen}(2\pi f t) + \frac{1}{3}\operatorname{sen}(2\pi 3 f t) + \frac{1}{5}\operatorname{sen}(2\pi 5 f t)\right]$$

f fundamental $= 1\,MHz$ $N = 2$ niveles de tensión

$T = \frac{1}{f} = 1\,\mu s$ $B = 5f - f = 4f = 4(1MHz) = 4MHz$

$V = \frac{1}{T/2} = \frac{1}{1/2} = 2\,Mbps$

- $C = 2B\log_2(N)$

$C = 2(4MHz)\cdot \cancel{\log_2(2)}$

$C = 8\,Mbps$ //

- Si $N=4$

$C = 2(4MHz)\cdot\log_2(4) = 8MHz\cdot 2$

$C = 16\,Mbps$ //

CAPITULO 3:

3.1.2. Entramado

- Banderas con relleno de caracteres

Datos Originales		Después de Rellenar
A Flag B	→	A ESC FLAG B
A ESC B	→	A ESC ESC B
A ESC FLAG B	→	A ESC ESC ESC FLAG B
A ESC ESC B	→	A ESC ESC ESC ESC B

- Banderas con relleno de bits

a) 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0

b) 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 0 1 0

bits rellenados

recepter c) 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 //

3.2 Detección y Corrección de errores

1 0 0 0 1 0 0 1

1 0 1 1 0 0 0 1

XOR 0 0 1 1 1 0 0 0

h = 3 → distancia de Hamming

- DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

①

Transmisor

Datos	0				1				0				0				1				0				1							
PN sequence	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0				
Señal transmitida	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1				

②

Trans

Datos	1								0											
PN Sequence	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1		
Señal Transmitida	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1		

③

T

Datos	0		1	
~~PN Sequence~~ PN Sequence	0	1	0	1
Señal Transmitida	0	1	1	0

R

Señal Recibida	0	1	1	0
PN Sequence	0	1	0	1
Datos Salida	0		1	

② Datos: 0111 0011 1101 1000 0011

Pseudoaleatorios: 00, 11, 01, 10, 00

# Pseudoaleatorio		00	11	01	10	00
Datos →		0111	0011	1101	1000	0011
11	11					
	10					
	01					
	00					
10	11					
	10					
	01					
	00					
01	11					
	10					
	01					
	00					
00	11					
	10					
	01					
	00					

Frecuencia ↑

- Codigos de Hamming $M(x) = 1001000$ $m=7$, $r=4$

• Codificación

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ASCII (Datos)			1		0	0	1		0	0	0
2^n											
1	0		1		0		1		0		0
2		0	1			0	1			0	0
4				1	0	0	1				
8								0	0	0	0
	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0

Hamming = 00110010000

• Decodificación

Dato enviado: 1001000
Dato recibido error: 1001001

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ASCII (Datos)			1		0	0	1		0	0	1
2^n											
1	1		1		0		1		0		1
2		1	1			0	1			0	1
4				1	0	0	1				
8								1	0	0	1
	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1

Hamming: 11110011001

	1	2	4	8
Bits de Paridad	1	2	4	8
Bits recibidos	0	0	1	0
Bits receptor	1	1	1	1
	error	error		error

- Suma Potencias de 2 en donde hubo error: $1 + 2 + 8 = 11$

∴ el bit 11 está errado

Error: 1001001

Dato corregido: 1001000

② Utilice los códigos de Hamming para que el receptor corrija el error en el quinto bit desde la izquierda del dato enviado. 010101

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ASCII			0		1	0	1		0	1
2^n										
1	0		0		1		1		0	
2		0	0			0	1			1
4				0	1	0	1			
8								1	0	1
	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1

Hamming = 0000101101

* Decodificación

Dato enviado: 010101
Dato erróneo: 010111

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ASCII			0		1	0	1		1	1
2^n										
1	1		0		1		1		1	
2		0	0			0	1			1
4				0	1	0	1			
8								0	1	1
	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1

	1	2	4	8
Bits Paridad:	1	2	4	8
Bits recibidos:	0	0	0	1
Bits receptor:	1	0	0	0
	error			error

Suma Potencias de 2 = 1 + 8 = 9

∴ el bit 9 está errado

Error : 010111

Dato corregido: 010101

3.2.2. Códigos de detección de errores

- CRC (Código de Redundancia Cíclica)

M(x) Trama: 1101011011

G(x) Generador: 10011

Mensaje tras anexar 4 bits cero: 11010110110000

```
11010110110000 | 10011
10011          |  1111
01001 1
 10011
 00000 10110
        10011
        00101 00
          10011
          00110
```

residuo

T(x) = 11010110111110

- Comprobación:

```
11010110111110 | 10011
10011          |  11110
01001 1
 10011
 00000 10111
        10011
        00100 11
          10011
          00000
```

Como el residuo es cero, el error se ha corregido.

CAPITULO 4:

- Asignación estática del canal: Calcular el tiempo para despechar la cola: $T = ?$

$C = 100$ Mbps — $C \rightarrow$ capacidad del canal

$\lambda = 5000$ tramas/s — $\lambda \rightarrow$ tasa de llegada

$1/\mu = 10000$ bits/trama — $1/\mu \rightarrow$ tamaño promedio de las tramas

▸ Tasa de salida (μC)

$$\mu C = \frac{C}{1/\mu} = \frac{100 \cdot 10^6 \text{ bps}}{10000 \text{ bits/trama}} = 10000 \text{ tramas/s}$$

▸ T para despechar la cola:

$$T = \frac{1}{\mu C - \lambda} = \frac{1}{10000 \text{ tramas/s} - 5000 \text{ tramas/s}}$$

$$T = 2 \cdot 10^{-4} \text{ s/trama}$$

$$T = 200 \, \mu s/\text{trama} \quad //$$

▸ T sin considerar λ

$$T = \frac{1}{\mu C} = \frac{1}{10000 \text{ tramas/s}}$$

$$T = 100 \, \mu s/\text{trama} \quad //$$

② Calcule el rendimiento del canal aplicando canalización.

$C = 40$ Kbps satélite geo = 36000 Km Tamaño de trama $L = 800$ bits

Ida y vuelta al emisor = $4 \cdot 36000$ Km = 144000 Km

- Retardo: $P = 4 \cdot \frac{36000 \text{ Km}}{300000 \text{ Km/s}} = 0{,}48 \text{ s} = 480 \text{ ms}$

- $T = \frac{L}{C} = \frac{800 \text{ bits}}{40 \text{ Kbps}} = 20 \text{ ms}$

- $TP = T + P = 480 \text{ ms} + 20 \text{ ms} = 500 \text{ ms}$

- Uso del Canal U1:

$$U_1 = \frac{T}{TP} = \frac{20 \text{ ms}}{500 \text{ ms}} \cdot 100\% = 4\% \quad //$$

- Tramas que puede enviar el emisor:

$$w = \frac{TP}{T} = \frac{500 \text{ ms}}{20 \text{ ms}} = 25 \text{ tramas}$$

- $TT = TP + 25T = 500 \text{ ms} + 25(20 \text{ ms})$

$TT = 1000 \text{ ms}$

- Uso del Canal U_2

$$U_2 = \frac{TP}{TT} \cdot 100 = \frac{500 \text{ ms}}{1000 \text{ ms}} \cdot 100\%$$

$$U_2 = 50\% \quad //$$

3.4.1 Protocolos de Ventana deslizante

- Retroceso N: Canalización

① Calcular el rendimiento. $C = 50$ Kbps Longitud de trama $L = 1000$ bits

distancia satélite geoestacionario = 36000 Km

- Ida y vuelta al emisor = $4 \cdot 36000$ Km = 144000 Km

- Retardo de propagación ida y vuelta (P):

$$P = 4 \cdot \frac{36000 \text{ Km}}{300000 \text{ Km/s}} = 0.48 \text{ s} = 480 \text{ ms}$$

- Tiempo (T) de transmisión de la trama:

$$T = \frac{L}{C} = \frac{1000 \text{ bits}}{50 \text{ Kbps}} = 0.02 \text{ s} = 20 \text{ ms}$$

- Tiempo de transmitir y recibir ACK de una trama:

$$TP = T + P = 20 \text{ ms} + 480 \text{ ms} = 500 \text{ ms}$$

- Uso del canal U1:

$$\text{rendimiento } U1 = \frac{T}{TP} \cdot 100\% = \frac{20 \text{ ms}}{500 \text{ ms}} \cdot 100\% = 4\% \quad //$$

- Tramas que puede enviar el emisor:

$$w = \frac{TP}{T} = \frac{500 \text{ ms}}{20 \text{ ms}} = 25 \text{ tramas.}$$

- Tiempo para transmitir y recibir ACK de 25 tramas TT

$$TT = TP + 25T = 500 \text{ ms} + 25(20 \text{ ms})$$

$$TT = 1000 \text{ ms}$$

- Uso del canal U2:

$$\text{rendimiento } U2 = \frac{TP}{TT} = \frac{500 \text{ ms}}{1000 \text{ ms}} \cdot 100\% = 50\% \quad //$$

- Desempeño de los protocolos simétricos

$P_e = K \cdot p(1-p)^{K-1}$ ¿Con qué valor de p se alcanza una probabilidad m
de transmitir con éxito P_e?

- Primero derivamos:

$$\frac{dP_e}{dp} = K \frac{d}{dp}\left(p(1-p)^{K-1}\right)$$

$$\frac{dP_e}{dp} = K\left[(1-p)^{K-1} - p(K-1)(1-p)^{K-2}\right]$$

- Igualamos a cero:

$$K\left[(1-p)^{K-1} - p(K-1)(1-p)^{K-2}\right] = 0$$

$$p = \frac{1}{K}$$

- Reemplazamos en P_e

$$P_e = \cancel{K} \cdot \frac{1}{\cancel{K}}\left(1 - 1/K\right)^{K-1}$$

$$P_e = \left(1 - \frac{1}{K}\right)^{K-1} \quad //$$

- Eficiencia del Canal Aloha ranurado

Calcular la eficiencia del canal Aloha ranurado → $S_{máx} = ?$

- Velocidad efectiva de transporte:

$$S = G \cdot e^{-G}$$

- Derivamos:

$$\frac{dS}{dG} = e^{-G} - Ge^{-G} = e^{-G}(1-G)$$

- Igualamos a cero:

$$e^{-G}(1-G) = 0$$

$$G = 1$$

- Reemplazamos en S:

$$S_{máx} = 1 \cdot e^{-1} = e^{-1}$$

$$S_{máx} = 0.368$$

Eficiencia del canal Aloha ranurado es 36.8%

4.2. Protocolos de Acceso Múltiple: Aloha

- Eficiencia del Canal Aloha Puro o Continuo:

Velocidad efectiva de transporte:

$S = e^{-2G} \cdot G$ ▸ Calcular $S_{max} = ?$

- Primero derivamos:

$$\frac{dS}{dG} = \frac{d}{dG}\left(e^{-2G} \cdot G\right)$$

$$\frac{dS}{dG} = e^{-2G} - 2e^{-2G}G = e^{-2G} - 2Ge^{-2G}$$

$$\frac{dS}{dG} = e^{-2G}(1-2G)$$

- Igualamos a cero:

$$e^{-2G}(1-2G) = 0$$

$$G = \frac{1}{2} = 0.5 \;//$$

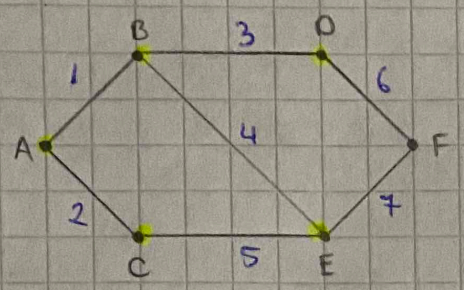
- Reemplazamos:

$$S_{máx} = e^{-2(0.5)} \cdot (0.5)$$

$$S_{máx} = 0.184 \;//$$

Por tanto la eficiencia máxima es 18.4% //

②



A → F

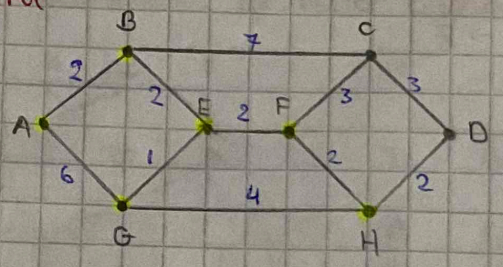
Nodo	1	2	3	4	5	6	7
A	$\boxed{(0,A)}$	*					
B	(1, A)	$\boxed{(1,A)}$	*				
C	(2, A)		$\boxed{(2,A)}$	*			
D		(4,B)		$\boxed{(4,B)}$	*		
E		(5,B)	(7,C)		$\boxed{(5,B)}$	*	
F				(10,D)	(12,E)	$\boxed{(10,D)}$	*

Distancias desde A		Ruta
B	1	A, B
C	2	A, C
D	4	A, B, D
E	5	A, B, E
F	10	A, B, D, F

5.2.2 Enrutamiento por la ruta más corta.

– Dijkstra

1



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	(0,A)	*							
B	(2,A)	(2,A)	*						
C		(9,B).			(9,F)		(9,B)	*	
D						(10,H)	(12,C)	(10,H)	*
E		(4,B)	(4,B)	*					
F			(6,E)		(6,E)	*			
G	(6,A)		(5,E)	(5,E)	*				
H				(9,G)	(8,F)	(8,F)	*		

Distancias desde A		Ruta
B	2	A, B
C	9	A, C
D	10	A, B, E, F, H, D //
E	4	A, B, E
F	6	A, B, E, F
G	5	A, B, E, G
H	8	A, B, E, F, H

CAPITULO 5: Capa de Red

- Enrutamiento dentro de una red de datagramas (Serv. sin conexión)

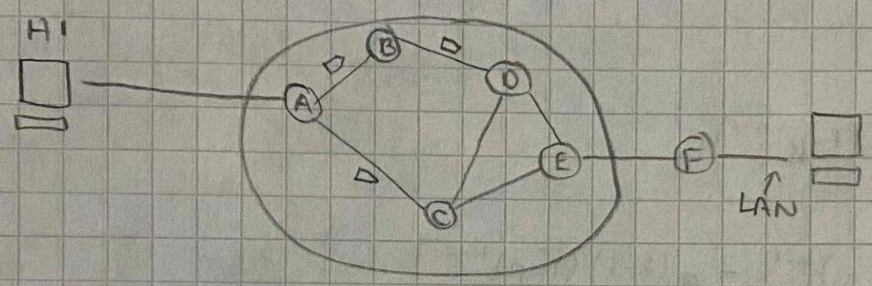


Tabla de A (inicio)

dest.	línea
A	–
B	B
C	C
D	B
E	C
F	C

Tabla A (más tarde)

dest.	línea
A	–
B	B
C	C
D	C
E	B
F	B

Tabla C

dest	línea
A	A
B	A
C	–
D	D
E	E
F	E

Tabla E

dest	línea
A	C
B	D
C	C
D	D
E	–
F	F

- ~~Circuito Virtual (Orientado a la conexión)~~

CAPITULO 6 : CT

- Protocolo TCP

A cada byte de una conexión le corresponde un número de secuencia de 32 bits.
Líneas entre enrutadores = 56 kbps
¿En cuánto t se agota la numeración?

- número máx = $2^{32} - 1 = 4.2$ GB
- 56 Kbps = 7000 bytes /s

- Al número máx se llegaba en:

$$\frac{(2^{32} - 1) \text{ bytes}}{7000 \text{ bytes /s}} = 1 \text{ semana}$$

- Si se tiene una línea de FO transoceánica de 600 Mbps, el tiempo de transmisión de una ventana de 16 bits (2^{16} bytes = 6 KB) es:

$$\frac{64 \text{ KB}}{600 \text{ Mbps}/8} = 8 \cdot 10^{-4} \text{ s} < 1 \text{ ms}$$

- Retardo de propagación = 50 ms, entonces:

el emisor estará ocioso $\left(1 - \frac{1\text{ms}}{50\text{ms}}\right) \cdot 100 = 98\%$ del tiempo

- Enrutamiento Jerárquico

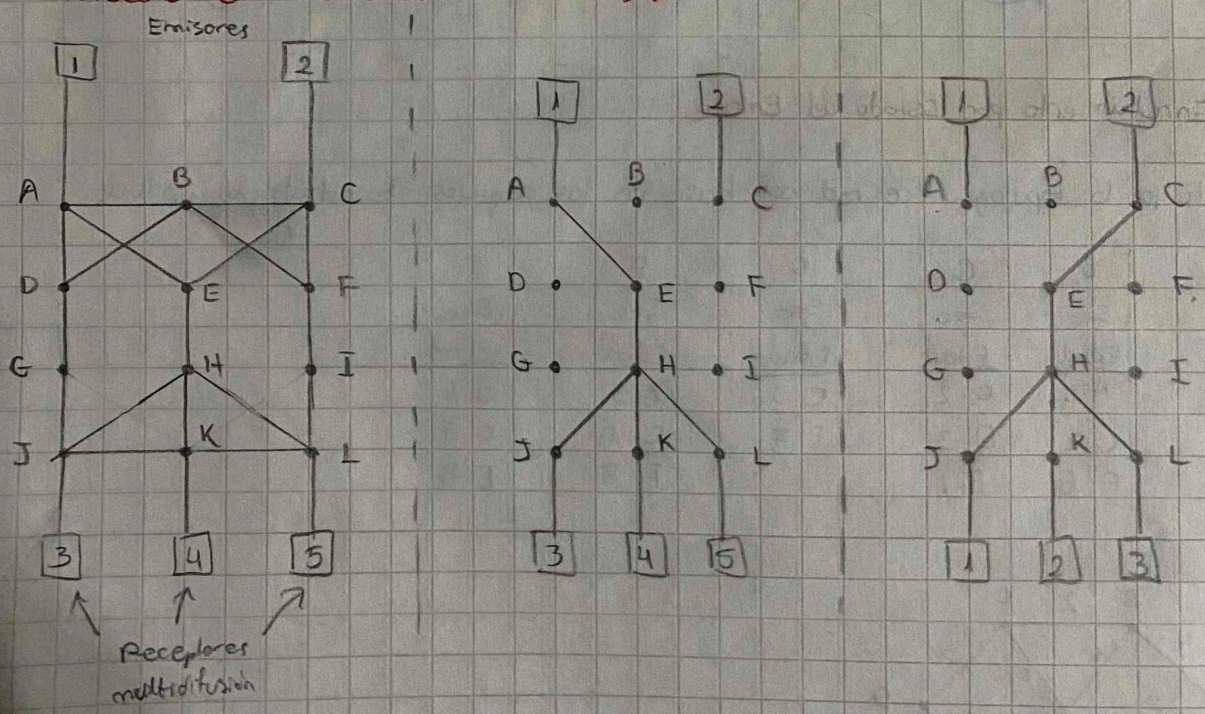
Tabla full 1A

Dest	Linea	Pasos
1A	–	–
1B	1B	1
1C	1C	1
2A	1B	2
2B	1B	3
2C	1B	3
2D	1B	4
3A	1C	3
3B	1C	2
4A	1C	3
4B	1C	4
4C	1C	4
5A	1C	4
5B	1C	5
5C	1B	5
5D	1B/1C	6
5E	1C	5

TABLA Jerárquica 1A

Dest.	Linea	Pasos
1A	–	–
1B	1B	1
1C	1C	1
2	1B	2
3	1C	2
4	1C	3
5	1C	4

Protocolo de Reservación de Recursos (RSVP)

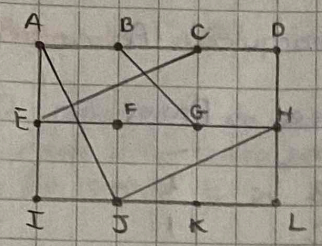


Una Red

Árbol multidifusión de 1

Árbol multidifusión de 2

5.2.4. Enrutamiento por vector distancia



To	A	I	H	K
A	0	24	20	21
B	12	36	31	28
C	25	18	19	36
G	18	31	6	31

Nueva estimación retardo desde J

	Línea
8	A
20	A
28	I
18	H

	JA	JI	JH	JK
	retardo	retardo	retardo	retardo
Retardo medido desde J a sus vecinos	8	10	12	6

(A)

A	I	H	K
0	24	20	21
8	10	12	6
$\boxed{8}$	34	32	27

(B)

A	I	H	K
12	36	31	28
8	10	12	6
$\boxed{20}$	46	43	34

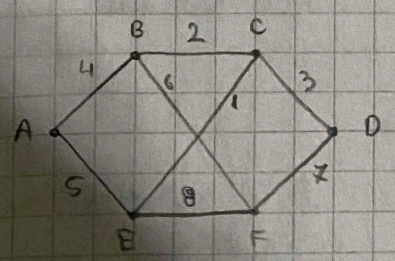
(C)

A	I	H	K
25	18	19	36
8	10	12	6
33	$\boxed{28}$	31	42

(G)

A	I	H	K
18	31	6	31
8	10	12	6
26	41	$\boxed{18}$	37

5.2.5. Enrutamiento por Estado del Enlace

- Construya la topología de red con base en los paquetes de estado del enlace

A	B	C	D	E	F
Sec	Sec	Sec	Sec	Sec	Sec
Edad	Edad	Edad	Edad	Edad	Edad
B 4	A 4	B 2	C 3	A 5	B 6
E 5	C 2	D 3	F 7	C 1	D 7
	F 6	E 1		F 8	E 8