



## TRABAJO PRACTICO N° 2

Características de las señales de telecomunicaciones

- 1) Graficar una señal analógica y una señal digital, indicar sus principales características y el modo por el cual transportan la información.
- 2) Comparando la transmisión digital frente a la analógica:
  - a) Indicar las ventajas más notables.
  - b) Indicar la principal desventaja.
- 3) Indicar qué funciones cumple un repetidor regenerativo.
- 4) Funciones periódicas:
  - a) Dada  $f(t) = A \text{ sen}(\omega \cdot t + \varphi)$  definir ciclo, período, frecuencia, pulsación angular, longitud de onda, valor instantáneo, medio y eficaz.
  - b) Dada  $f(t) = V(t) = 300 \text{ sen}(100 \pi \cdot t + \pi / 2)$  [V], hallar los valores de amplitud máxima, frecuencia, pulsación angular, fase inicial, valor medio y valor eficaz.
- 5) Calcular el rango de variación de la longitud de onda para las señales electromagnéticas portadoras de las emisoras de radio comerciales ubicadas en la banda de FM de 88 a 108 MHz.
- 6) Graficar un tren de pulsos y definir: frecuencia de repetición de pulsos (FRP), ancho de pulso, período y amplitud del pulso.
- 7) Si por una línea de comunicaciones de longitud L y resistencia total R circula una corriente periódica  $i(t)$ , y como resultado de la misma se disipa una potencia P, hallar la expresión de la corriente continua equivalente que al circular por la resistencia R disipe la misma potencia P que la generada por la corriente  $i(t)$ .
- 8) Calcular el valor medio de un pulso rectangular cuyas características son amplitud de 10 V, ancho de pulso de 250  $\mu$ s y período de 1 ms.
- 9) Hallar el valor medio de una señal diente de sierra, que tiene un periodo de 2 segundos y un valor máximo de 50 mV.
- 10) Dada una señal rectangular periódica, en base a la serie de Fourier, calcular los coeficientes si la señal rectangular tiene los siguientes valores:  
 $f(t) = 1$  para  $0 < t < T/2$   
 $f(t) = -1$  para  $-T/2 < t < 0$



- 11) Dado un tren de pulsos con simetría par:
- Hallar la expresión del espectro de amplitud de la Serie Compleja de Fourier.
  - Sacar conclusiones del análisis pedido.
- 12) Considerando una señal en que la FRP es de 4 pps (pulsos por segundo) y la velocidad de modulación es de 20 baudios:
- Hallar el espectro de amplitud de la Serie Compleja de Fourier.
  - Calcular el ancho de banda que debería tener el canal de comunicaciones.
- 13) Indicar qué sucede si en el ejemplo del problema anterior se producen las siguientes variaciones:
- Se aumenta al doble la FRP y no se varía la velocidad de modulación.
  - Se aumenta la velocidad de modulación al doble y no se varía la FRP.
- 14) Dado los siguientes datos: FRP = 100 pps (pulsos por segundos), velocidad de modulación = 2000 baudios y amplitud del pulso ( $A = 1 \text{ V}$ ):
- Realizar el gráfico de amplitud del espectro de Fourier.
  - Calcular el ancho de banda necesario, la cantidad de armónicas y el valor máximo de  $C_n$ .
- 15) Dado los siguientes datos:
- FRP = 300 pps (pulsos por segundos)
  - velocidad de modulación = 1200 baudios
  - amplitud del pulso ( $A = 1 \text{ V}$ ):
- Se solicita realizar el gráfico de amplitud del espectro de Fourier.
  - Calcular el ancho de banda necesario, la cantidad de armónicas y el valor máximo de  $C_n$ .
- 16) Dado un tren de pulsos de:
- FRP = 10 pps (pulsos por segundos)
  - velocidad de modulación igual a 50 baudios
  - amplitud del pulso ( $A = 1 \text{ V}$ ):
- Se solicita realizar el gráfico de amplitud del espectro de Fourier.
  - Calcular el ancho de banda necesario, la cantidad de armónicas y el valor máximo de  $C_n$ .
- 17) Si se utiliza un modem que opera a 1200 baudios, indicar cuánto tardaría en transmitir 1000 caracteres ASCII.



18) Para un canal que transmite en modo serie, utiliza cuatritbits y tiene pulsos con un ancho  $\tau = 833,32$  microsegundos:

- a) Calcular la velocidad de transmisión.
- b) Qué valor toma  $V_m$  y cuál es el ancho de banda de la señal?

19) Indicar bajo qué condiciones la velocidad de modulación es igual a la velocidad de transmisión.

20) Un sistema de transmisión asincrónica de 75 baudios envía 1500 caracteres del código Baudot uno a continuación de otro.

- a) Calcular el tiempo de transmisión.
- b) Repetir para el código ASCII extendido.

21) Para un sistema que transmite a 1200 baudios se quiere aumentar la velocidad a 4800 bps. Indicar cómo se logra y cuál es el ancho de pulso resultante.

22) Calcular el rendimiento de una transmisión sincrónica cuando se envían bloques de datos de 1500 bytes y se utilizan 14 bytes de cabecera y 4 bytes de terminación.

23) Calcular el rendimiento de una transmisión asincrónica que utiliza un código que tiene 1 bit de arranque, 1 de parada, 7 de datos y uno de paridad.

24) Supongamos una transmisión sincrónica a 2400 baudios de 1024 bytes de datos, con un protocolo que agrega 32 bytes de control.

- a) Calcular el tiempo de transmisión
- b) Calcular el rendimiento

25) Supongamos una transmisión asincrónica a 2400 baudio de 1024 bytes mediante un código que emplea 8 bits de datos, 1 de arranque, 1 de paridad y 2 de parada.

- a) Calcular el tiempo de transmisión
- b) Calcular el rendimiento
- c) Comparar el rendimiento con el ejercicio anterior

26) Dado el siguiente mensaje 1000 0000 0000 0000 0100 transmitido en forma sincrónica y a una velocidad de modulación de 2400 baudios, se requiere utilizar una transmisión multinivel para pasar a 9600 bps.

- a) Graficar las señales resultantes con y sin transmisión multinivel.
- b) Calcular el tiempo total de transmisión en ambos casos.



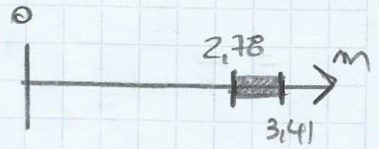
- 27) Dado el problema anterior:
- a) Calcular la disminución en la velocidad de transmisión de datos si se emplea un procedimiento asincrónico que emplea un bit de arranque, uno de parada y uno de paridad.
  - b) Comparar con el caso de utilizar transmisión multinivel.
- 28) Indicar las causas por las cuales en determinados canales de comunicación no se puede aumentar la velocidad de modulación.
- 29) Definir qué es el "access rate" en un canal de comunicaciones.
- 30) Indicar los factores que condicionan o limitan la velocidad efectiva de transmisión de datos en una línea digital de comunicaciones.
- 31) Calcular el tiempo total de transmisión de 1800 caracteres de datos enviados en un sistema de transmisión sincrónico de 3600 baudios. El rendimiento del protocolo es del 90%.

1) Calcular el rango de variación de long. de onda para las señales electromagnéticas portadoras de los emisores de radio comerciales ubicados en la banda de FM de 88 a 108 MHz

C = velocidad de la luz

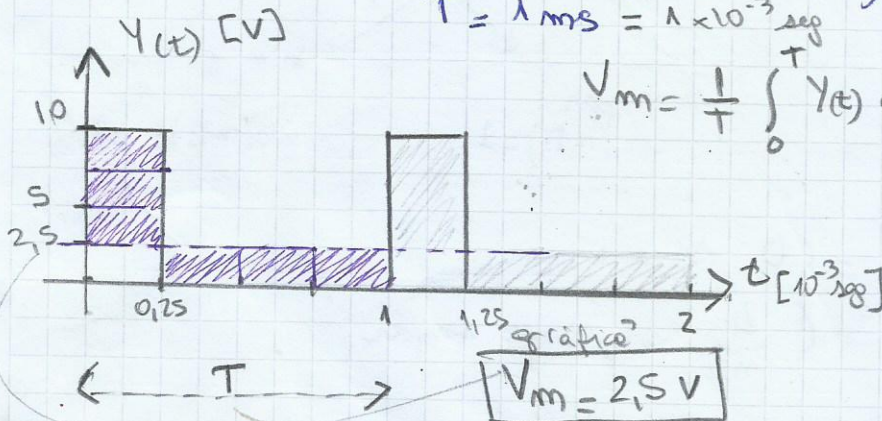
$$\lambda_{88\text{MHz}} = \frac{c}{f_{88\text{MHz}}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/seg}}{88 \cdot 10^6 \text{ 1/seg}} = 3,41 \text{ m}$$

$$\lambda_{108\text{MHz}} = \frac{c}{f_{108\text{MHz}}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/seg}}{108 \cdot 10^6 \text{ 1/seg}} = 2,78 \text{ m}$$



2) Calcular el valor medio ( $V_m$ ) de un pulso rectangular cuyas características son:  $A = 10V$

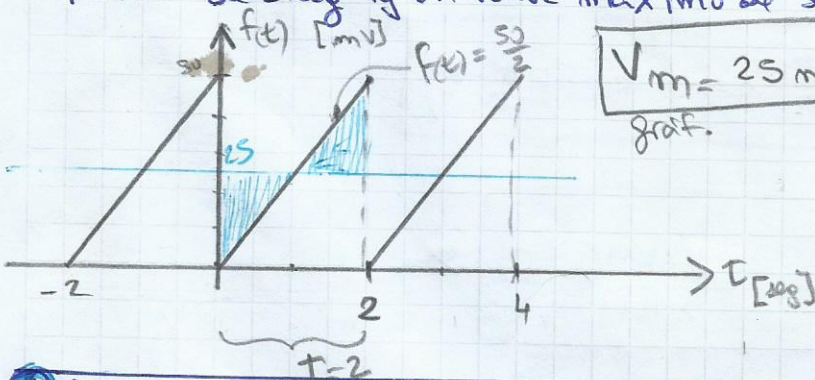
ancho de pulso =  $250 \mu s = 250 \cdot 10^{-6} s = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ seg}$   
 $T = 1 \text{ ms} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ seg}$



$$V_m = \frac{1}{T} \int_0^T Y(t) dt = \frac{1}{10^{-3} \text{ seg}} \int_0^{0,25 \cdot 10^{-3} \text{ seg}} 10 dt = 2,5 \text{ V}$$

$V_m = 2,5 \text{ V}$  ✓

3) Hallar el valor medio de una señal diente de sierra que tiene un periodo de 2 seg y un valor máximo de 50 mV

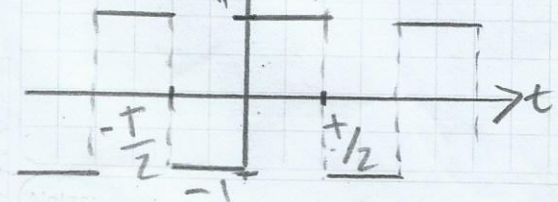


$V_m = 25 \text{ mV}$   
graf.

$$V_m = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt = \frac{1}{2} \int_0^2 \frac{50}{2} dt = 25 \text{ mV} = V_m$$

4) Dada una señal rectangular periódica, en base a la serie de Fourier, calcular los coef. si la señal rectangular tiene los sig. valores:

$f(t) = 1$  si  $0 < t \leq T/2$   
 $f(t) = -1$  si  $-T/2 < t < 0$



$V_m = 0$ ,  $f(t)$  es impar  $\Rightarrow a_n = 0$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) \sin(n\omega t) dt = \frac{2}{T} \left[ \int_{-T/2}^0 -1 \sin(n\omega t) dt + \int_0^{T/2} 1 \sin(n\omega t) dt \right]$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\cos(x) = \cos(-x)$$

$$= \frac{2}{T} \left[ \frac{\cos(m\omega t)}{m\omega} \Big|_{-\frac{T}{2}}^0 + \frac{(-)\cos(m\omega t)}{m\omega} \Big|_0^{\frac{T}{2}} \right] =$$

$$= \frac{2}{T m \omega} \left[ \cos(0) - \cos\left(m\omega\left(-\frac{T}{2}\right)\right) - \cos\left(m\omega\frac{T}{2}\right) + \cos(0) \right] =$$

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

$$= \frac{1}{m\pi} (1 - \cos(m\pi) - \cos(m\pi) + 1) =$$

$$= \frac{1}{m\pi} (2 - 2\cos(m\pi)) = \frac{2}{m\pi} (1 - \cos(m\pi))$$

si m par:  
 $\cos(m\pi) = 1$

si m impar  
 $\cos(m\pi) = -1$

Entonces:  
 $b_m = \begin{cases} 0 & \text{si } m \text{ es par} \\ \frac{4}{m\pi} & \text{si } m \text{ es impar} \end{cases}$

$a_m \rightarrow \cos$   
 $b_m \rightarrow \sin m \omega t$

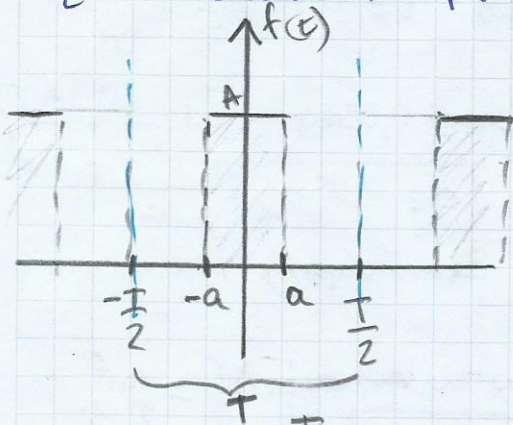
$a_0 = 0$     $a_m = 0$     $b_m = \frac{4}{m\pi}$  si m es impar (y 0 si m es par)  
 $m = 2k+1$

$$f(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{4}{(2k+1)\pi} \sin\left((2k+1)\frac{2\pi}{T}t\right)$$

$$f(t) = \frac{4}{\pi} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{\sin[(2k+1)\omega t]}{2k+1}$$

5) Dado un tren de pulsos con simetría par, hallar la expresión del espectro de amplitud de la serie compleja de Fourier.

¿Qué conclusiones podemos obtener del análisis pedido?



$$f(t) = \begin{cases} A & \text{si } t \in [-a, a] \\ 0 & \text{si } -\frac{T}{2} < t < -a \text{ or } a < t < \frac{T}{2} \end{cases} \quad f(t) = f(t+T)$$

$$f(t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} C_m e^{-im\omega_0 t}$$

$$C_m = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} f(t) e^{-im\omega_0 t} dt = \frac{1}{T} \int_{-a}^a A e^{-im\omega_0 t} dt =$$

$$= \frac{A}{T} \left( \frac{1}{-im\omega_0} e^{-im\omega_0 t} \right) \Big|_{-a}^a =$$

$$= \frac{A}{T(-i)m\omega_0} \left( e^{-im\omega_0 a} - e^{im\omega_0 a} \right) = \frac{2A}{2i T m \omega_0} \left( e^{im\omega_0 a} - e^{-im\omega_0 a} \right) =$$

$$= \frac{2A}{T m \omega_0} \cdot \frac{e^{im\omega_0 a} - e^{-im\omega_0 a}}{2i} = \frac{2A}{T m \omega_0} \sin(m\omega_0 a) = C_m$$

En el apunte multiplico - donde por a porque cuando

$$x \rightarrow 0: \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$$

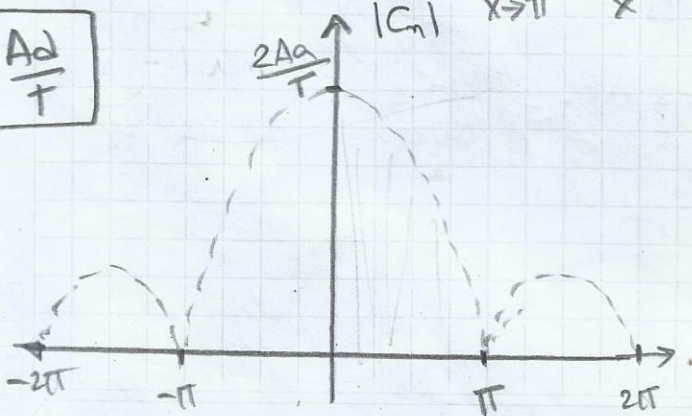
$$C_m = \frac{2Aa}{T} \frac{\sin(m\omega_0 a)}{m\omega_0 a}$$

pero m x → π:  $\lim_{x \rightarrow \pi} \frac{\sin x}{x} = 0$

Quando m ω₀ a → π entonces Cₘ = 0

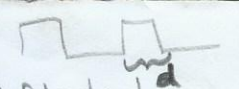
$$a = \frac{d}{2}$$

$$C_m = \frac{Ad}{T}$$



La mayor concentración de energía está entre 0 y π ⇒ son los armónicos más importantes para construir el pulso

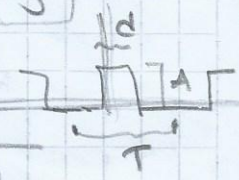
El ancho de banda del medio debe contemplar los armónicos hasta m ω₀ = π

$m = \frac{T}{d}$    $V_m = \frac{1}{d}$   
 Baudios: es el núm. de símbolos por segundos en un medio de transmisión

7) Hallar el espectro de amplitud de la serie compleja de Fourier teniendo en cuenta que la FRP es de 4 pps (pulsos por segundos) y la velocidad de modulación es de 20 baudios.

Calcular el ancho de banda que debería tener el canal de comunicaciones  $f = 4 \text{ Hz}$

$$FRP = \frac{1}{T} = \frac{4}{\text{seg}} \Rightarrow T = \frac{1}{4} \text{ seg} \Rightarrow T = 0,25 \text{ seg}$$

$$V_m = 20 \text{ 1/seg} = \frac{1}{d} \Rightarrow d = \frac{1}{V_m} = \frac{1 \text{ seg}}{20} = 0,05 \text{ seg}$$


$$m = \frac{T}{d} = \frac{0,25 \text{ seg}}{0,05 \text{ seg}} = 5 \Rightarrow m = 5 \text{ (cinco armónicos)}$$

$$m \omega_0 = 5 \omega_0$$

$$\text{Ancho de banda} = \Delta f = m \cdot f$$

$\uparrow$  5     $\uparrow$  4 Hz

$$\text{Ancho de banda necesario} = 20 \text{ Hz} = \Delta f$$

7) Indicar qué sucede si en el ejemplo del problema anterior no producen los sig. variaciones:

a) Se aumenta al doble la FRP y no se varía la veloc. de modulación

$$FRP^* = 2 FRP \Rightarrow T^* = \frac{T}{2} \quad V_m^* = V_m \Rightarrow d^* = d$$

$$m^* = \frac{T^*}{d^*} = \frac{T/2}{d} = \frac{1}{2} \frac{T}{d} = \frac{1}{2} m \Rightarrow m^* = \frac{m}{2} \quad f^* = 2f$$

$$\Delta f^* = m^* \cdot f^* = \frac{m}{2} \cdot 2f = mf = 20 \text{ Hz} = \Delta f^* \quad \text{NO VARIA}$$

b) Se aumenta la velocidad de modulación al doble y no se varía la FRP

$$FRP^* = FRP \Rightarrow T^* = T \Rightarrow f^* = f \quad V_m^* = 2V_m \quad V = \frac{1}{d^*}$$

$$m^* = \frac{T^*}{d^*} = \frac{T}{\frac{1}{2} d} = 2 \frac{T}{d} = 2m = m^* \quad d^* = \frac{1}{V_m^*} = \frac{1}{2 V_m} = \frac{1}{2} d = d^*$$

$$\Delta f^* = m^* \cdot f^* = 2m \cdot f = 2 \Delta f = 40 \text{ Hz} = \Delta f^* \quad \text{Aumenta al doble}$$

- 8) Dado los sig. datos: FRP = 100 pps (pulsos por segundo)  
 $V_m = 2000$  baudios  
 $A = 1V$  (amplitud)

Se solicita rediseñar el gráfico de amplitud del espectro de Fourier.

Calcular el ancho de banda, cantidad de armónicos y el valor máximo de  $C_n$ .

$$FRP = \frac{1}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{100 \text{ 1/seg}} = 0,01 \text{ seg} = T \rightarrow F = 100 \text{ 1/seg}$$

$$V_m = \frac{1}{d} \Rightarrow d = \frac{1}{V_m} = \frac{1}{2000 \text{ 1/seg}} = 5 \times 10^{-4} \text{ seg} = d$$

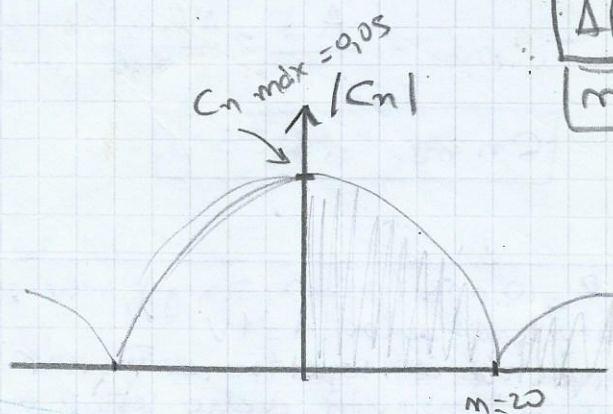
$$m = \frac{T}{d} = \frac{0,01 \text{ seg}}{5 \times 10^{-4} \text{ seg}} = 20 = m \quad \Delta f = m \cdot F = 20 \cdot 100 \text{ 1/seg} = 2000 \text{ Hz}$$

$$\Delta f = 2000 \text{ Hz} \leftarrow \text{ancho de banda necesaria}$$

$$m = 20 \leftarrow \text{cant. armónicos}$$

$$C_m = \frac{A d}{T} \quad C_{n \text{ max}} = \frac{1V \cdot 5 \times 10^{-4} \text{ seg}}{0,01 \text{ seg}}$$

$$C_n \text{ max} = 0,05$$



9) Dado los sig. datos: FRP = 300 pps (pulsos por seg)  
 Veloc. modul. = 1200 baudios  
 Amplitud del pulso: A = 1V

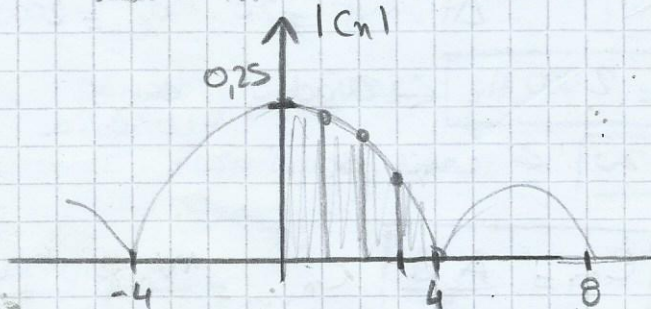
Se solicita realizar el grafico de amplitud del espectro de Fourier.  
 Calcular el ancho de banda, cont. de armónicas y el valor máx. de  $C_n$

$$FRP = \frac{1}{T} \rightarrow T = \frac{1}{300/\text{seg}} = 3,33 \times 10^{-3} \text{ seg} = T \rightarrow f = 300 \text{ Hz}$$

$$V_m = \frac{1}{d} \rightarrow d = \frac{1}{V_m} = \frac{1}{1200/\text{seg}} = 8,33 \times 10^{-4} \text{ seg} = d$$

$$m = \frac{T}{d} = \frac{3,33 \times 10^{-3} \text{ seg}}{8,33 \times 10^{-4} \text{ seg}} = 4 = m \rightarrow \text{cont. de armónicas}$$

$$\Delta f = m \cdot f = 4 \cdot 300 \text{ Hz} = 1200 \text{ Hz} = \Delta f \rightarrow \text{Ancho de banda neces.}$$



$$C_n \text{ máx} = \frac{A \cdot d}{T} = \frac{1V \cdot 8,33 \times 10^{-4} \text{ seg}}{3,33 \times 10^{-3} \text{ seg}}$$

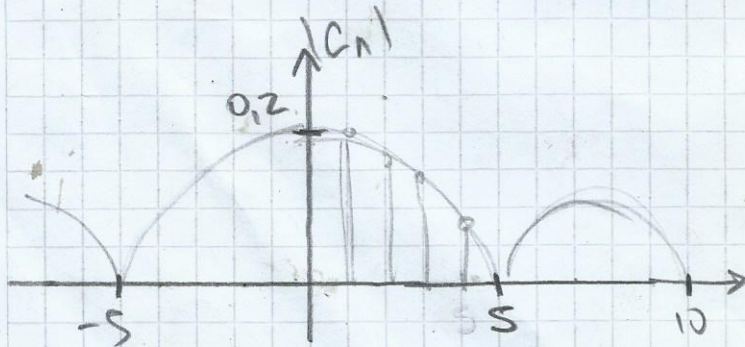
$$C_n \text{ máx} = 0,25 \text{ V}$$

10) Dado un tren de pulsos de FRP = 10 pps (pulsos por seg), veloc. de mod. igual a 50 baudios y amplitud del pulso A = 1V  
 Se solicita realizar el grafico de amplitud del espectro de Fourier  
 Calcular el ancho de banda necesario para transmitir dicho señal, cont. armónicas y valor máx  $C_n$

$$FRP = \frac{1}{T} \Rightarrow T = 0,1 \text{ seg} \rightarrow f = 10 \text{ 1/seg} \quad V_m = \frac{1}{d} \rightarrow d = 0,02 \text{ seg}$$

$$m = \frac{T}{d} = \frac{0,1 \text{ seg}}{0,02 \text{ seg}} = 5 = m \rightarrow \text{cont. armónicas} \quad \Delta f = m \cdot f = 5 \cdot 10 \text{ 1/seg}$$

$$\Delta f = 50 \text{ Hz} \rightarrow \text{Ancho de banda nec}$$



$$C_n \text{ máx} = \frac{A \cdot d}{T} = \frac{1V \cdot 0,02 \text{ seg}}{0,1 \text{ seg}}$$

$$C_n \text{ máx} = 0,2 \text{ V}$$