Propagación libre de ondas de ultrasonido (clase 1)

A lo largo de estas 3 clases vamos a caracterizar un par de **transductores piezoeléctricos** y estudiar el tipo de **ondas emitidas**

Qué es un transductor ?

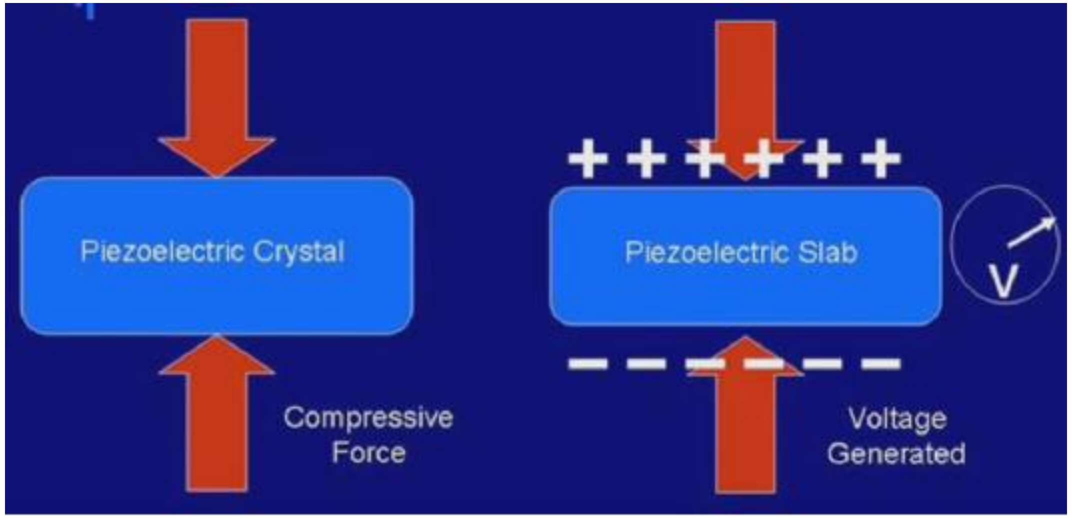
Es un dispositivo que convierte un tipo de energía en otra

Ejemplos:

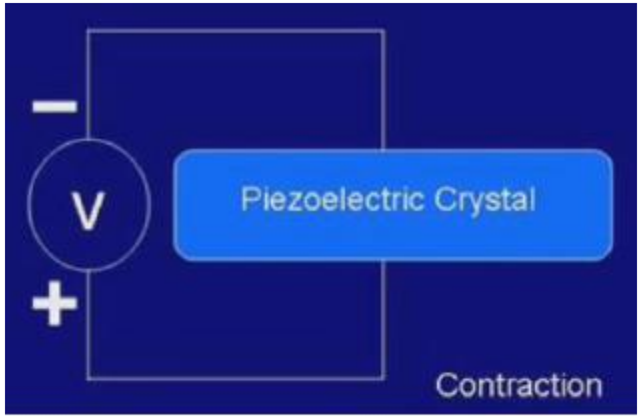
- Generador: movimiento -> electricidad
- Parlante: electricidad -> sonido
- Micrófono: sonido -> electricidad
- Termocupla: calor -> electricidad
- Fotodiodo: luz -> electricidad

Piezoelectricidad

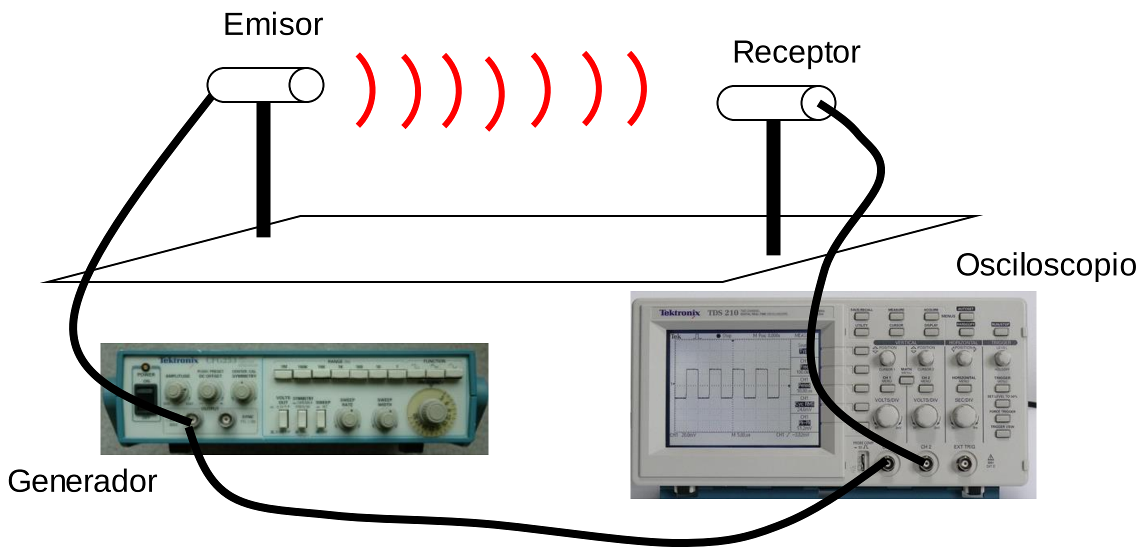
Es la propiedad de algunos cristales que al ser sometidos a una tensión mecánica se deforman y generan un campo eléctrico.



El efecto piezoeléctrico inverso se da cuando al aplicar un tensión eléctrica se genera una deformación en el material.



Qué podemos caracterizar?



De los transductores:
- Rango de frecuencias de trabajo **(υ)**
- Linealidad
- Ángulo de emisión

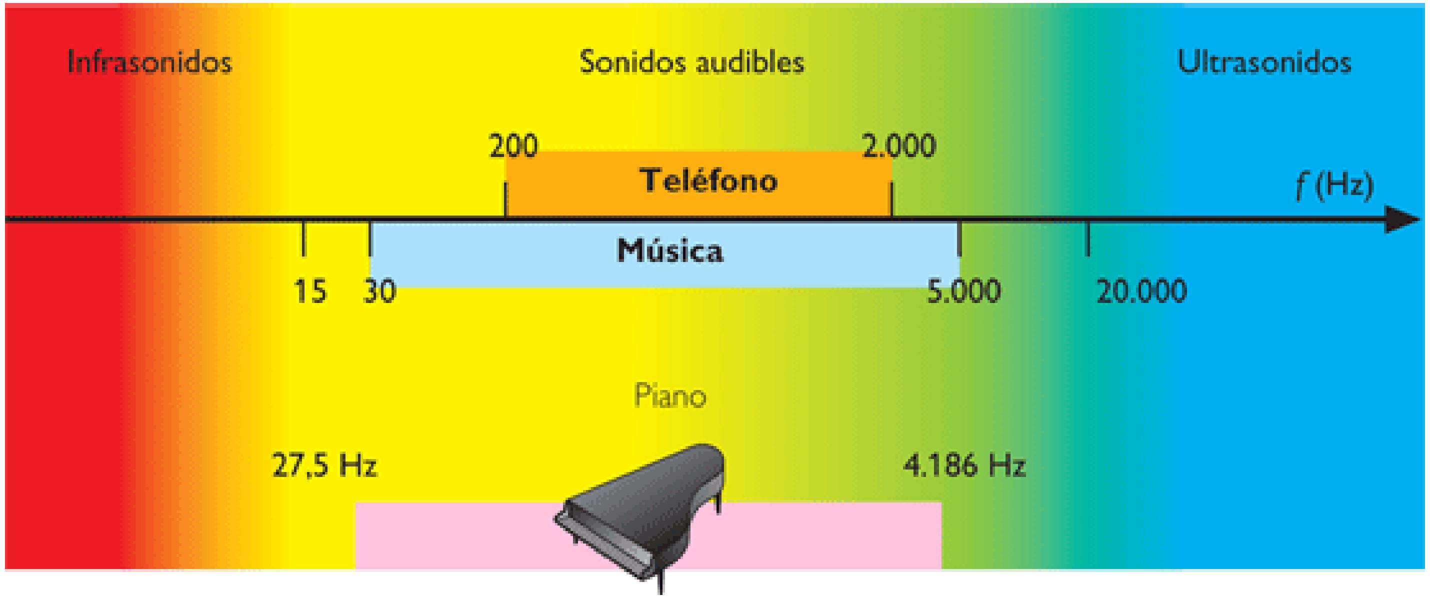
$\Psi(r,t) = \mathbf{A(r)}$ sen $(\mathbf{k}\ r - \mathbf{w}\ t)$;

$k = 2\pi/\,\boldsymbol{\lambda}$; $w = 2\pi/\,T = 2\pi\,\boldsymbol{\upsilon}$

$\mathbf{c} = \boldsymbol{\upsilon}\,\boldsymbol{\lambda}$

De las ondas:
- Decaimiento con la distancia **(A(r))**
- Forma del frente de ondas
- Longitud de onda **(λ)**
- Velocidad de propagación **(c)**

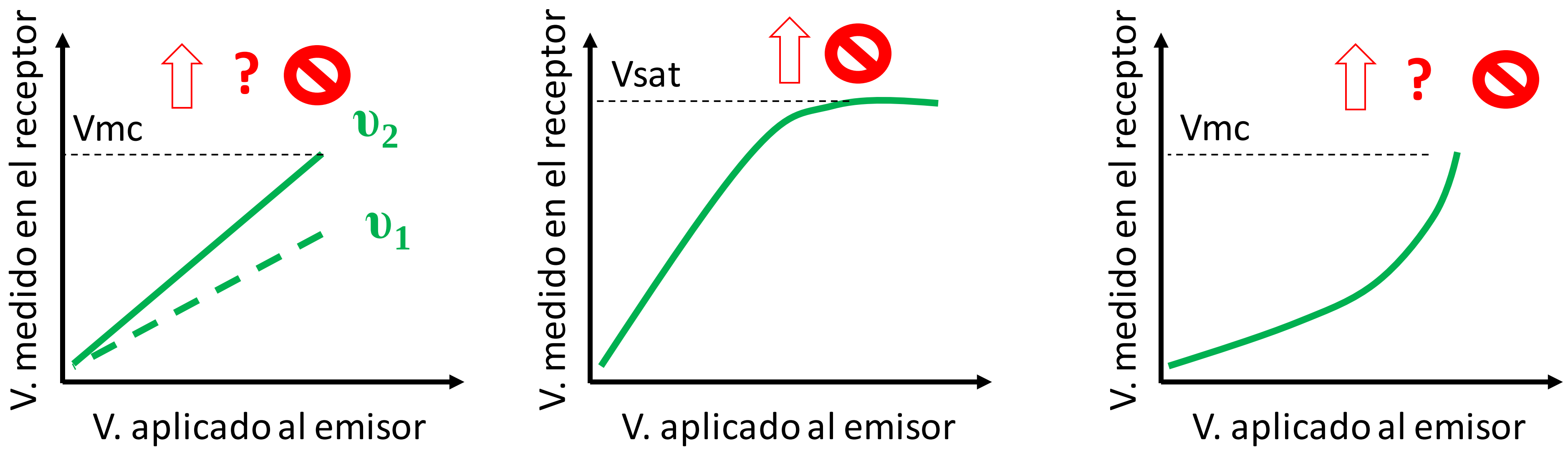
En esta primera clase vamos a estudiar la respuesta en frecuencia y la linealidad del sistema



Mencionamos que trabajaríamos con ultrasonido, lo que establece un rango de frecuencias, pero ¿cómo responde el par emisor-receptor dentro de ese rango?

- Habrá una frecuencia para la cuál el sistema responde con máxima eficiencia? -> Encontrarla
- En esa frecuencia de máxima respuesta ¿cómo varía esta última cambiando el voltaje? Este es el primer estudio que hay que hacer -> Ver si el sistema es lineal

Posibles respuestas del sistema al variar el voltaje:

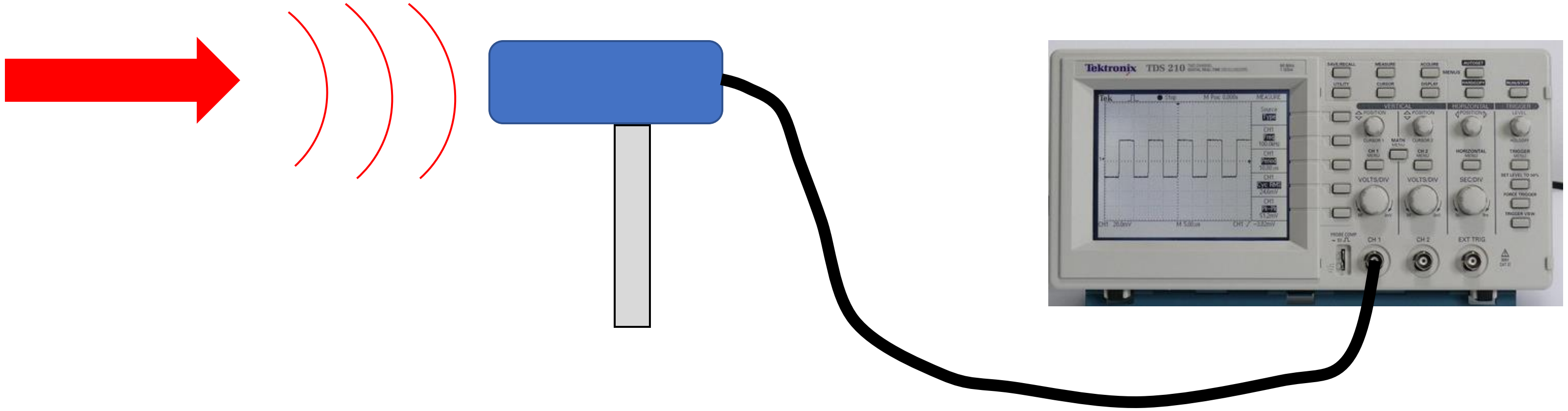


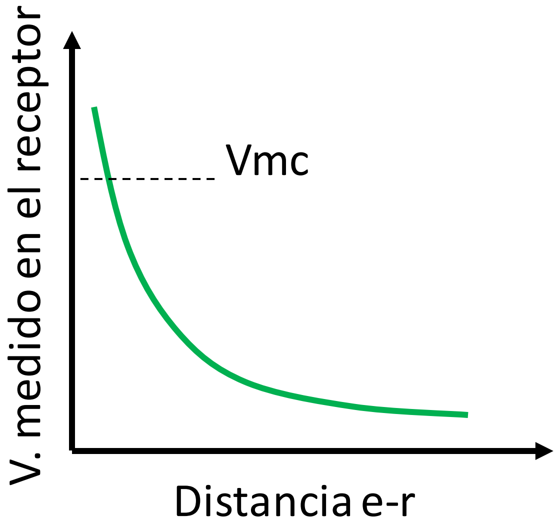
- Cuál es el rango en el que el dispositivo puede utilizarse como instrumento de medida?
- Las mediciones que en futuras experiencias superen el voltaje máximo de calibración (Vmc) o el voltaje de saturación (Vsat), no son confiables

Para hacer este estudio ¿qué montaje experimental propone? ¿a qué frecuencia haría este análisis? A qué distancia ubicaría el emisor del receptor? ¿porqué hay que hacerlo primero?

El voltaje medido es linealmente proporcional con la amplitud de la onda sonora?

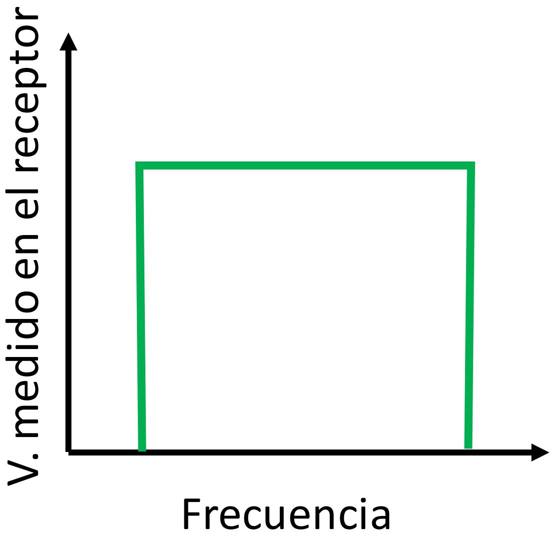
Si no conocemos esta respuesta no son confiables ninguna de las mediciones que hagamos

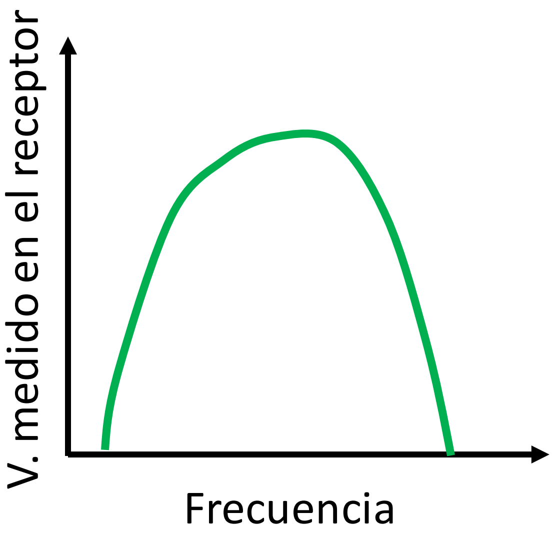


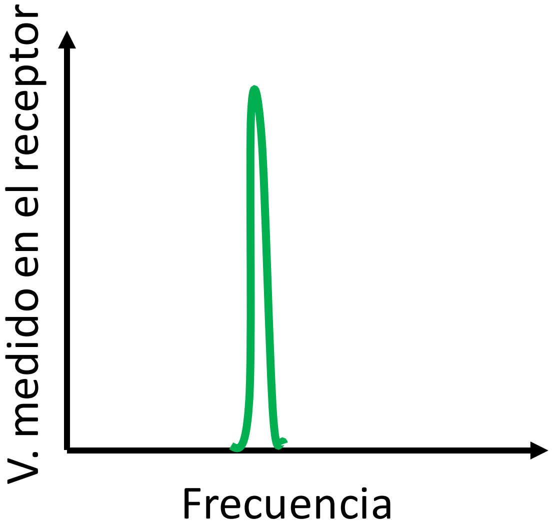


El voltaje decae de esta forma porque así varía la amplitud de la onda con la distancia, o está “modificado” por la respuesta del instrumento?

Posibles respuestas del sistema al variar la frecuencia:







¿Cómo propone hacer el estudio?

Es importante recordar que se caracteriza el par emisor-receptor y no cada elemento por separado

-> Espectroscopía: se analiza la respuesta del sistema alimentándolo con una señal sinusoidal (υ único) y se varía su frecuencia **A MEDIR !!!**

De acuerdo a la medición obtenida, qué función usaría como curva de ajuste? Porqué? Qué modelo físico sustenta la elección de esa curva?

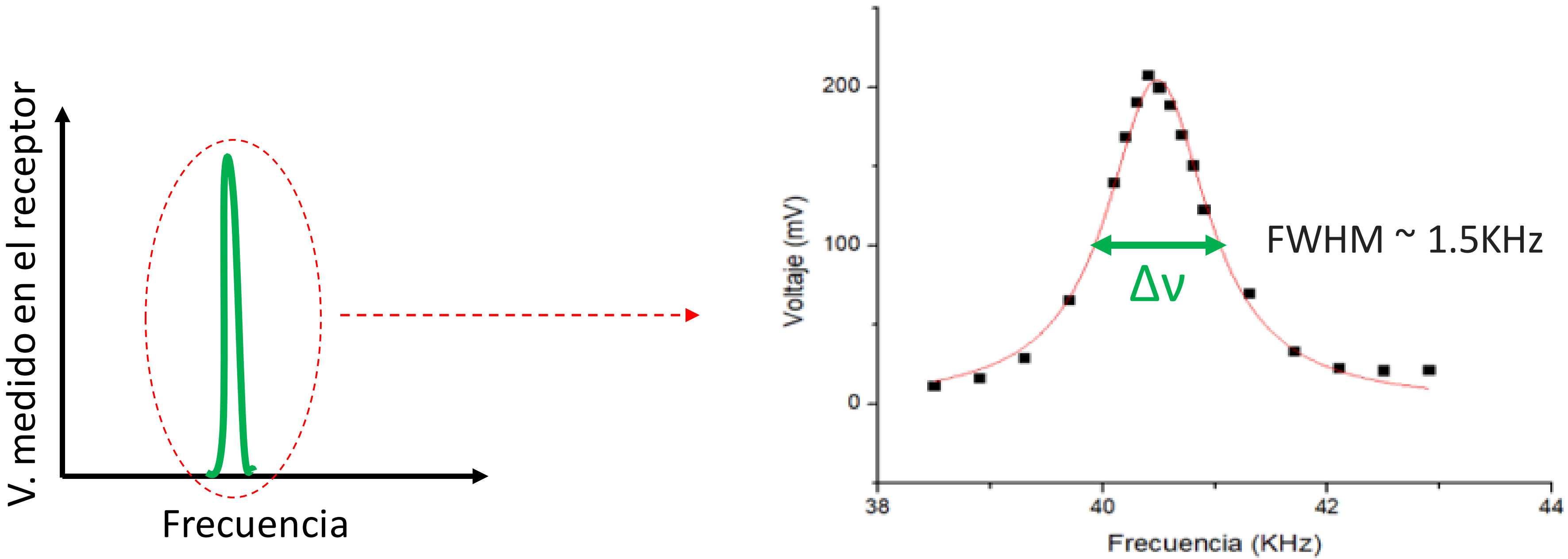


Figura 3.3.1. Voltaje obtenido en función de la frecuencia utilizada, ajustado por

????

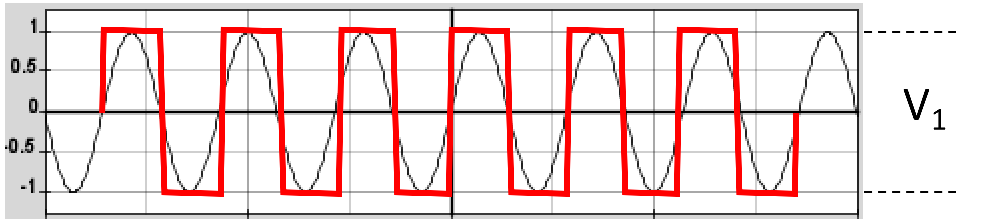
FWHM (del inglés Full Width at Half Maximum)

Qué sucede si alimentamos con una onda cuadrada?

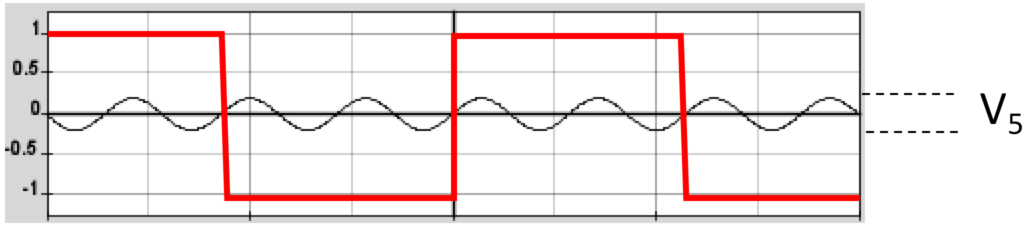
- De acuerdo a las características de la curva de resonancia, qué cree que se observará, como respuesta del sistema, al variar la frecuencia de la onda cuadrada? -> Hay que comprobarlo

- Se podrá hacer un análisis de Fourier de la onda? Porqué? Cómo lo haría? Esto es: a partir de lo observado en el osciloscopio ¿qué se le ocurre medir para poder “reconstruir” una onda cuadrada? -> Hacerlo

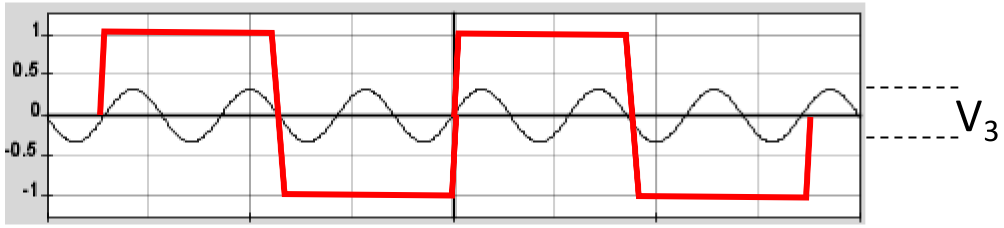
Cuadrada de 40 kHz n=1



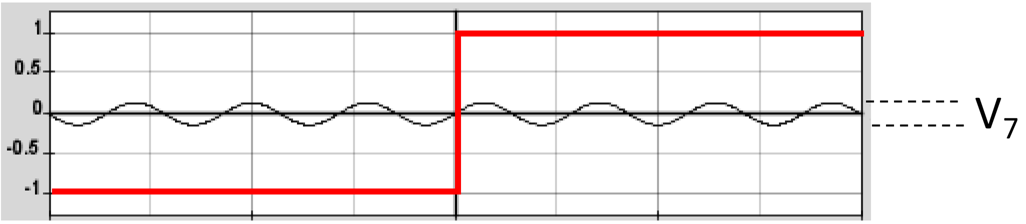
Cuadrada de 8 kHz n=5



Cuadrada de 13.3 kHz n=3



Cuadrada de 5.7 kHz n=7



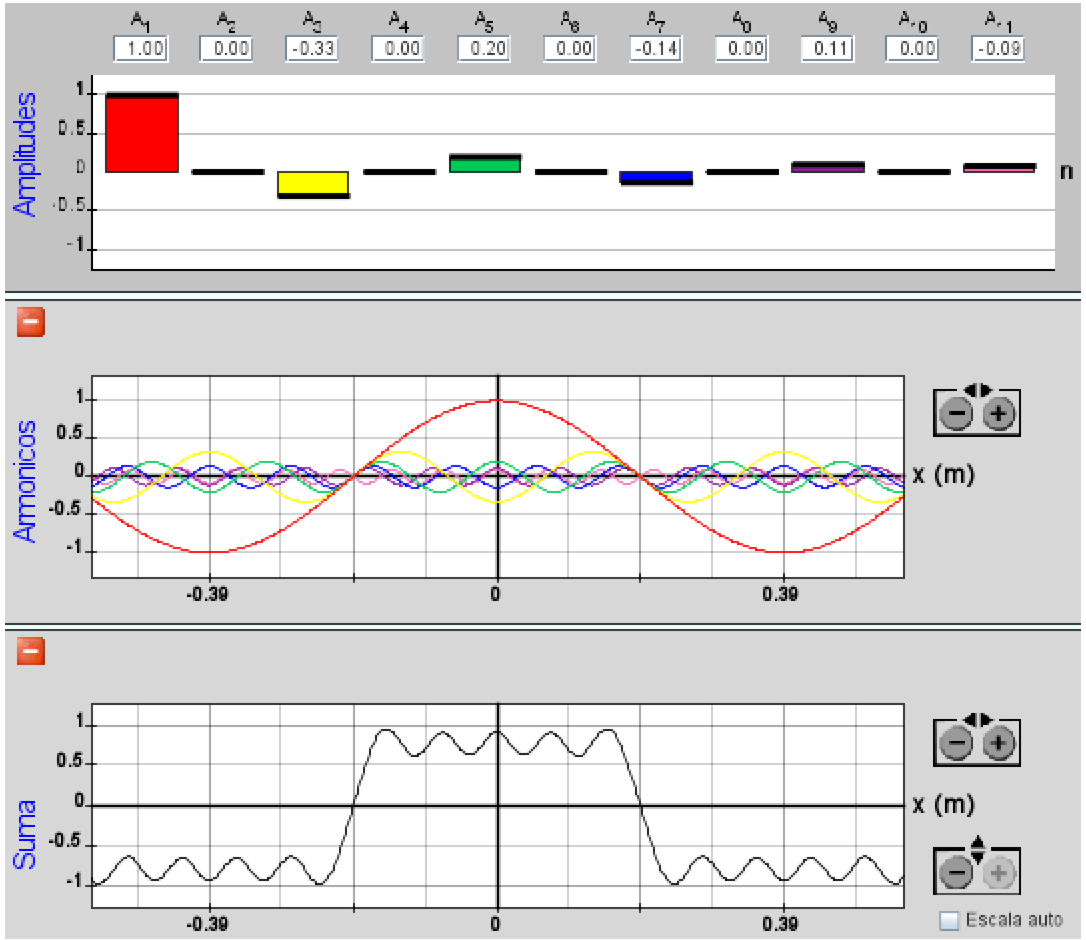
Cuál es el desarrollo de Fourier de una onda cuadrada?

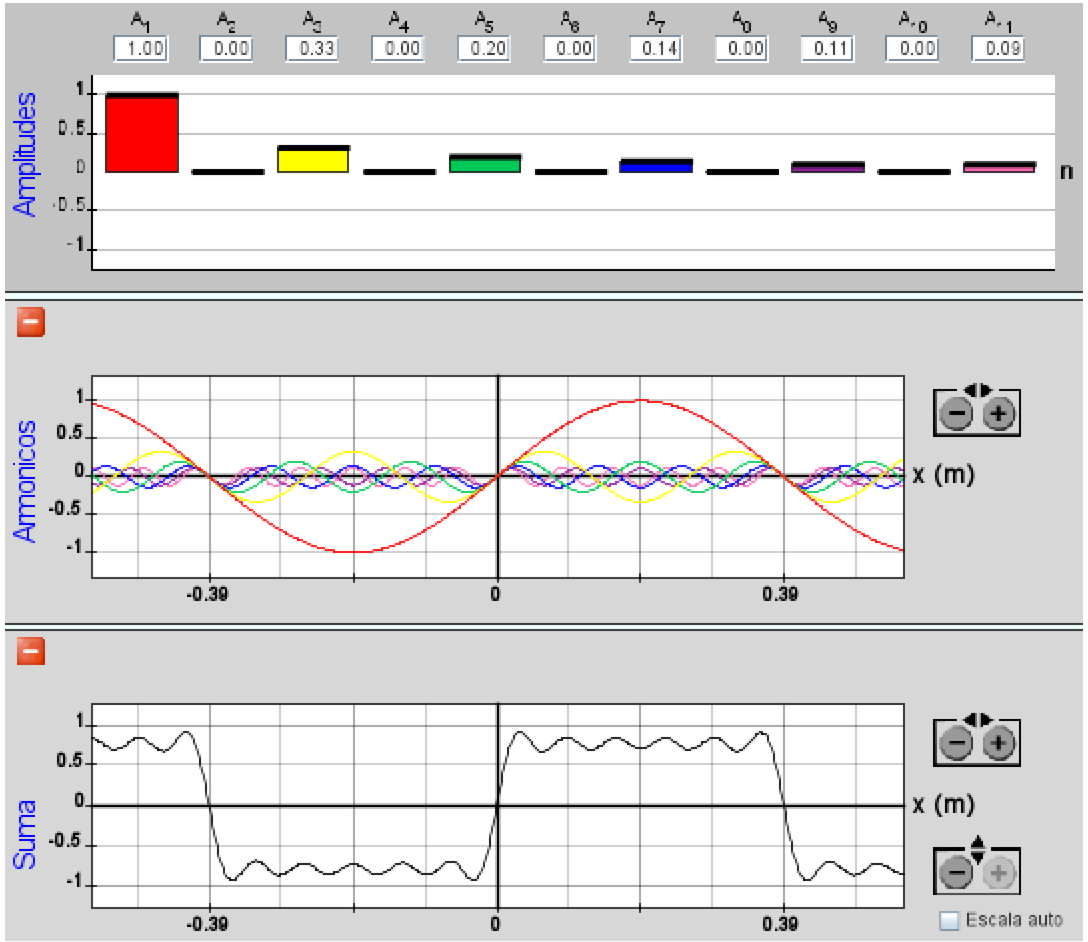
$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(n\omega_0 t) + b_n \sin(n\omega_0 t)]$$

$$f(t) = \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(2\pi(2n-1)\omega_0 t)}{2n-1} = \frac{4}{\pi} \left[\sin(\omega_0 t) + \frac{1}{3}\sin(3\omega_0 t) + \frac{1}{5}\sin(5\omega_0 t) + \cdots\right]$$

V_1 / V_1 V_3 / V_1 V_5 / V_1

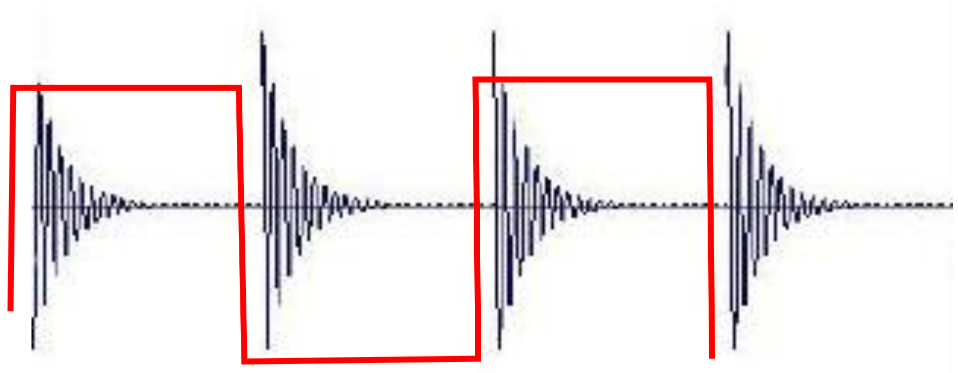
Una señal cuadrada cuya frecuencia es submúltiplo impar de la frecuencia característica (~40KHz), excita el sistema y es detectada por el receptor con una amplitud que disminuye como 1/n





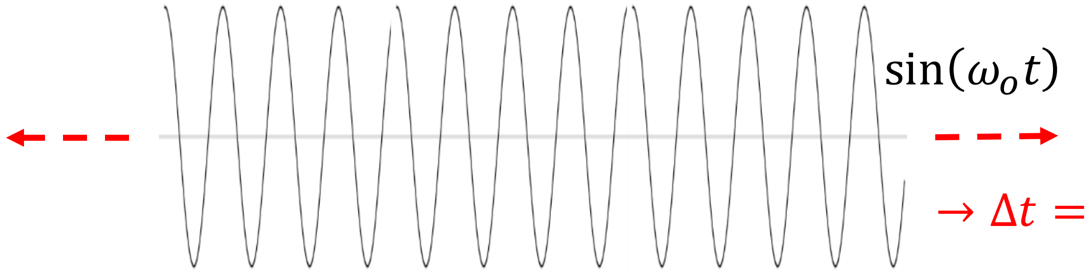
https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/fourier/latest/fourier.html?simulation=fourier&locale=es

Qué pasa ahora si bajamos mucho la frecuencia de la onda cuadrada?



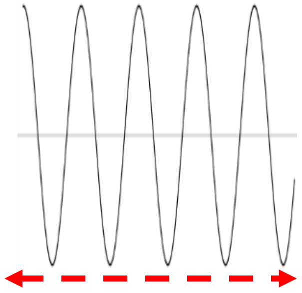
Cada flanco de la onda cuadrada es una discontinuidad muy abrupta por lo tanto su contenido de frecuencias es ENORME !!!

Repasemos Fourier: la “extensión” de una función y su transformada son inversamente proporcionales



$\sin(\omega_o t)$

$\rightarrow \Delta t = \infty$

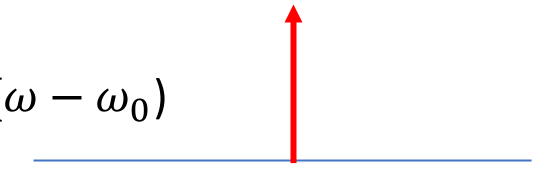


$\sin(\omega_o t) \times rect(\frac{t}{\Delta t})$

Δt

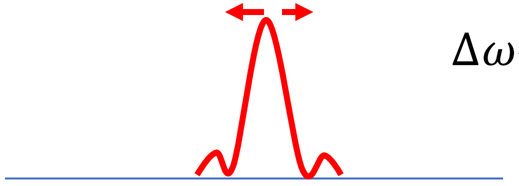
TF

$\delta(\omega - \omega_0)$



ω_o ω

$\Delta\omega$

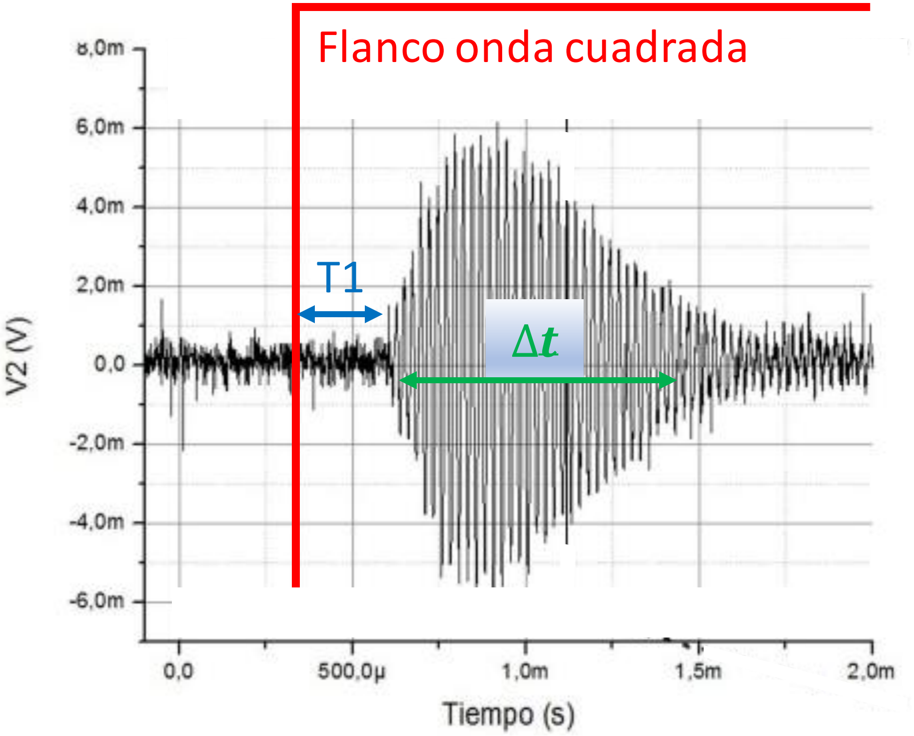


$\Delta\omega \sim \frac{1}{\Delta t}$

ω_o ω

$\delta(\omega - \omega_0) \odot sinc(\frac{\omega}{\Delta\omega})$

- Ahora, en vez de alimentar al sistema con una frecuencia pura (como hacíamos en espectroscopía), lo alimentamos con un "pulso" cuyo contenido de frecuencias es infinito. El sistema responde a aquellas que estén en un entorno de 40 KHz generando un batido (paquete de ondas)
- Es importante que la frecuencia (fundamental) de la onda cuadrada sea lo suficientemente baja como para que el sistema, excitado por un flanco de la onda cuadrada, decaiga antes de que llegue el otro. O sea, el sistema NUNCA ve onda cuadrada sino solo "pulsos" **->** Comprobarlo



$\frac{1}{\Delta t} \sim \Delta\nu$ Ancho campana de resonancia

$c = \frac{d}{T1}$ Velocidad de propagación de la onda

d Distancia emisor-receptor

$T1$ Tiempo de retardo entre la señal de excitación y la detección

- Si el sistema tuviese una respuesta uniforme para todas las frecuencias reproduciría perfectamente el pulso usado como señal
- La respuesta al impulso es una forma de estudiar, en general, “sistemas lineales”. Se aparta al sistema del equilibrio aplicándole una señal con altísimo contenido de frecuencias (pulso) y se analiza su respuesta.
- Acá vimos un ejemplo con señales temporales. Volveremos sobre estos conceptos cuando estudiemos temas de óptica, donde en ese caso serán señales espaciales.