Laboratorio 2

Docentes

Gustavo Grinblat, Sebastián Bordakevich, Gianni Moretti, Franco Nieto

Pañolera: Yamila Burrafato

Departamento de Física, FCEN, UBA – Segundo Cuatrimestre, 2025

Web: https://asignaturas.df.uba.ar/l2-grinblat/

Clase **fuertemente** inspirada en las de prof. Marzocca y Capeluto.

Ondas

mecánicas	**Cuerdas** Ondas de desplazamiento (transversales)	$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$	**T** tensión [N] μ densidad lineal [kg/m]
	Acústicas Ondas de presión, densidad (longitudinales)	**Gases y líquidos** $v = \sqrt{\frac{\mathrm{K}}{\rho}}$ Gases: $\mathrm{K} = \gamma P$	**K** módulo de compresibilidad [Pa] ρ densidad [kg/m³] γ , coeficiente de dilatación adiabática P, presión del gas [Pa]
		Sólidos $v = \sqrt{\frac{\mathrm{E}}{\rho}}$	E, módulo de Young [Pa] ρ, densidad [kg/m³]
electromagnéticas	**Campo electromagnético:**	$v = \frac{c}{\eta}$	η índice de refracción $c = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$ velocidad de la luz en vacío

Ondas

Ecuación de onda en 1D

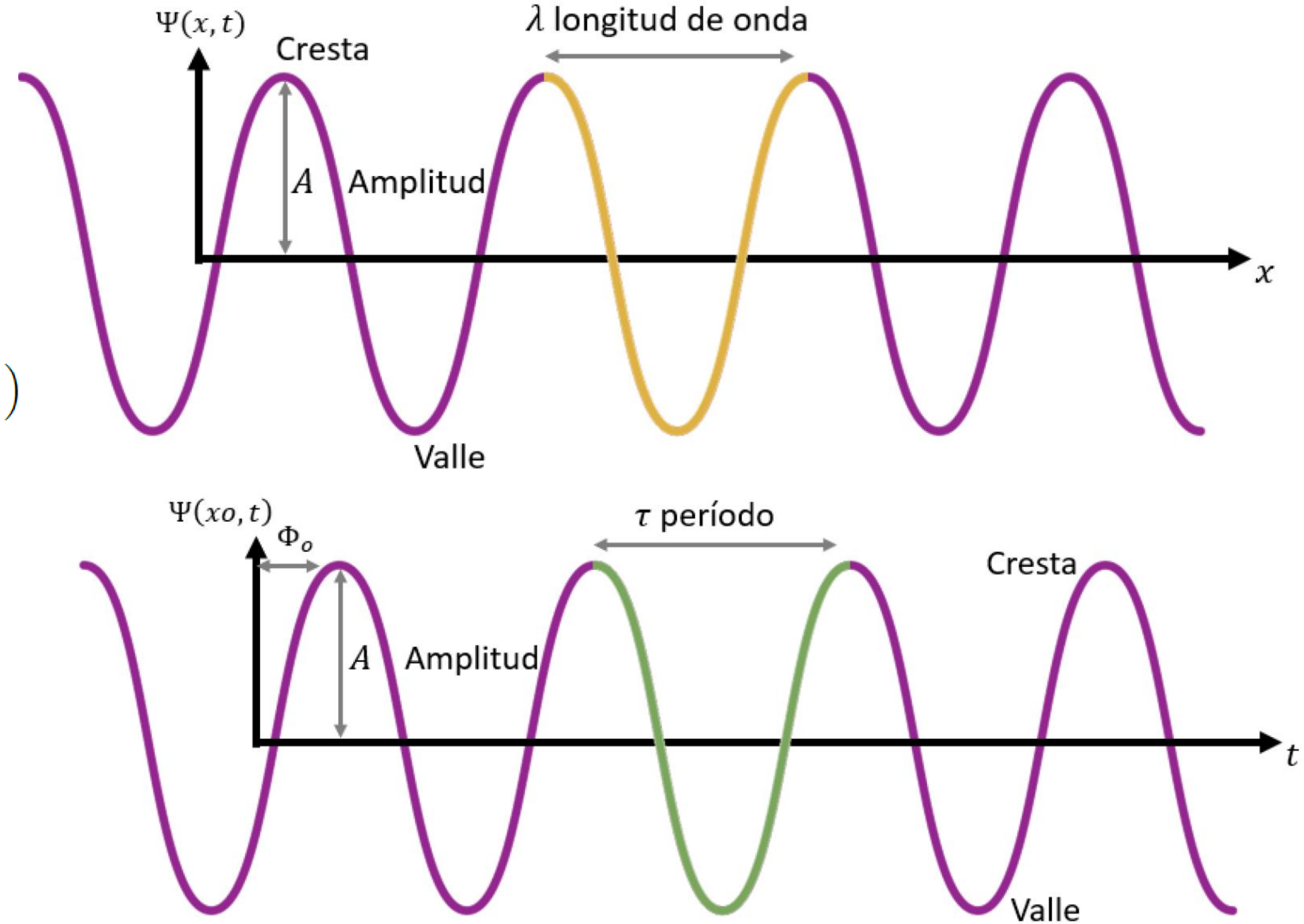
$$\frac{\partial^2 \Psi(x,t)}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 \Psi(x,t)}{\partial x^2}$$

Posible solución:

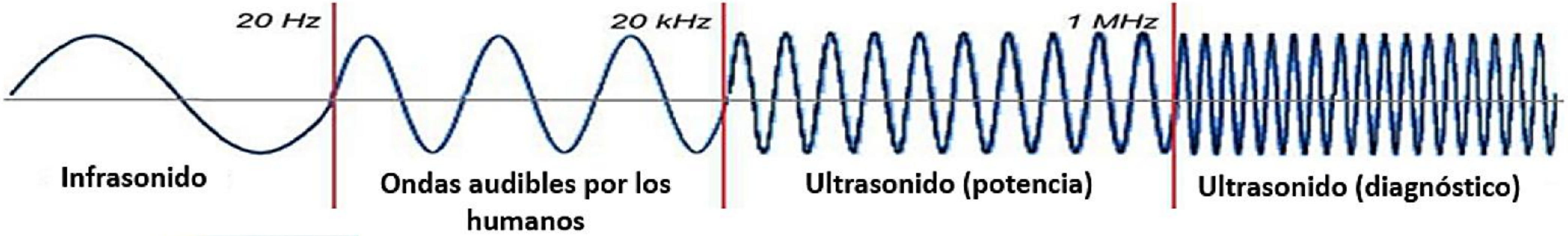
$$\Psi_+(x,t) = A\,\cos(kx - \omega t + \varphi_A)$$

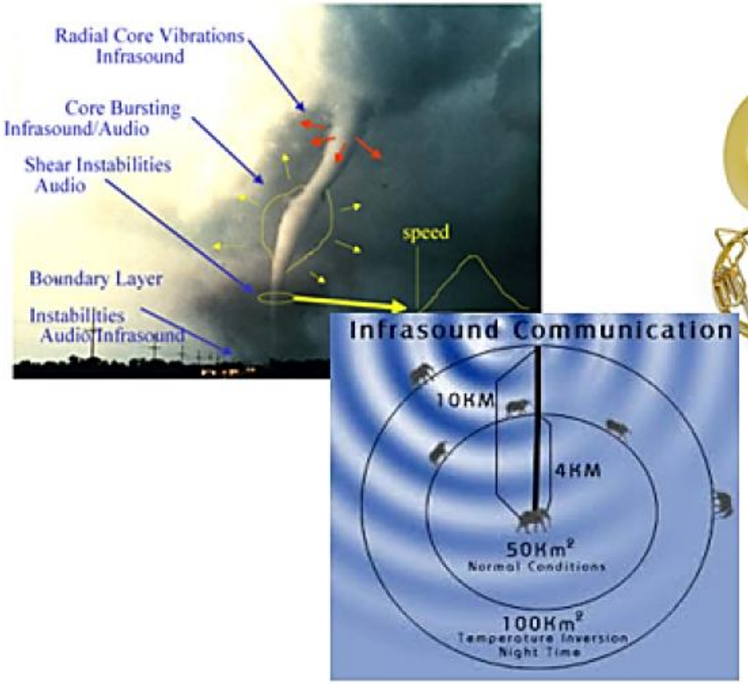
$$\Phi_+(x,t) = kx - \omega t + \varphi_A$$

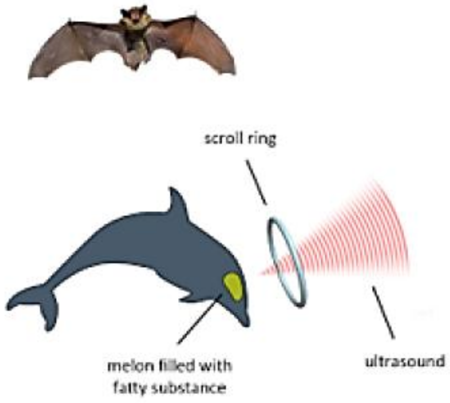
$$\boxed{\begin{aligned} k &= 2\pi/\lambda \\ \omega &= 2\pi\nu \\ \nu &= 1/\tau \\ \nu &= \frac{v}{\lambda} \rightarrow \omega = vk \end{aligned}}$$



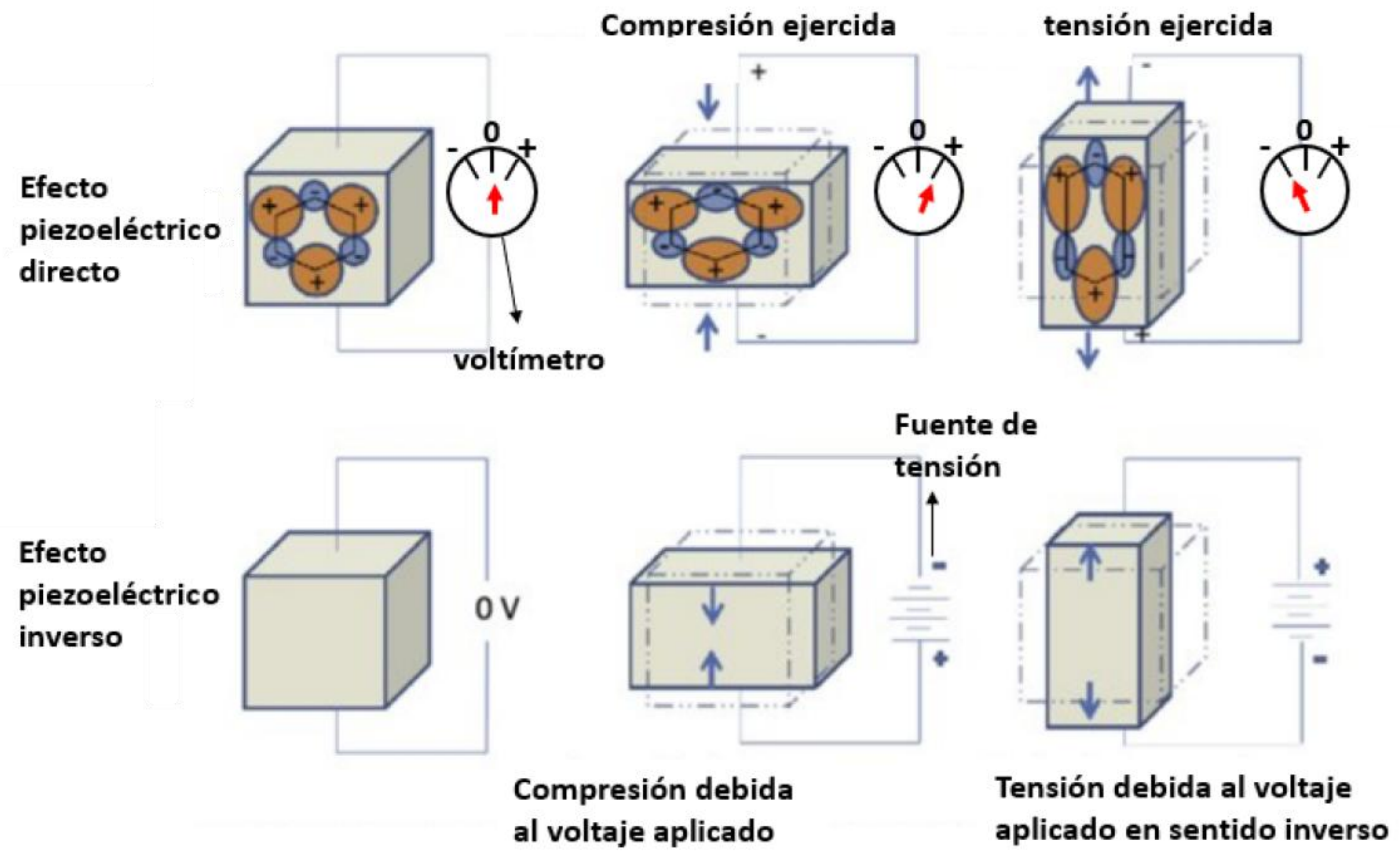
Ondas mecánicas



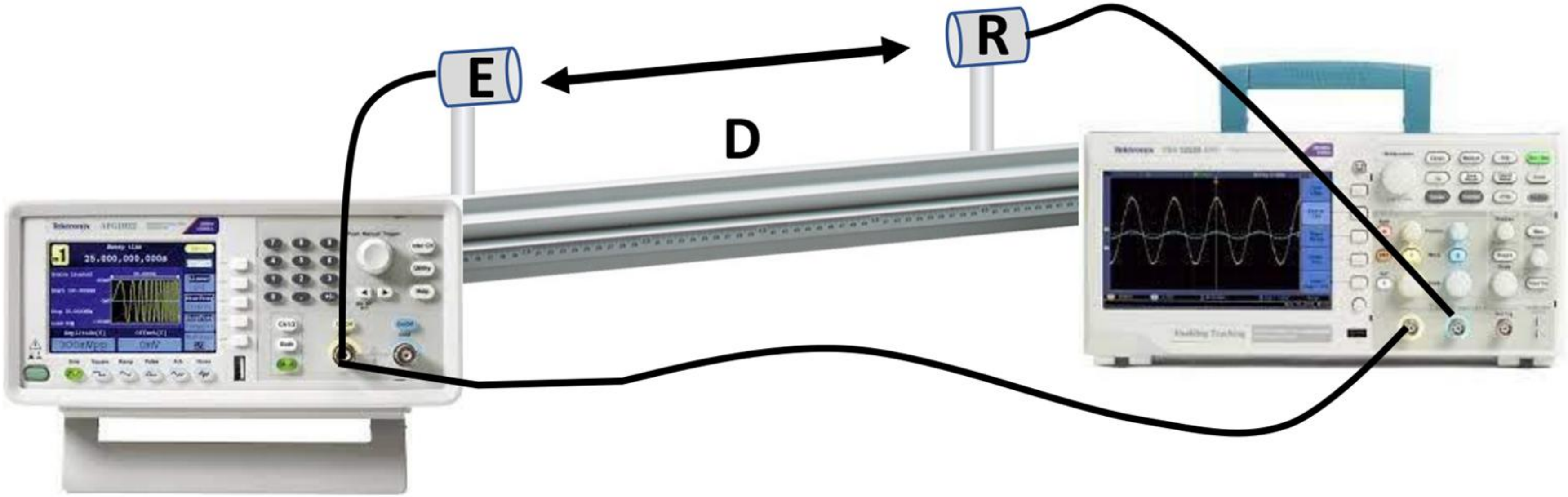




Ondas mecánicas – generación y detección



Ondas mecánicas – generación y detección



- Caracterización de la respuesta en frecuencia
- Caracterización de la respuesta en tensión
- Medición de la longitud de onda
- Determinación de la velocidad de propagación
- Decaimiento con la distancia

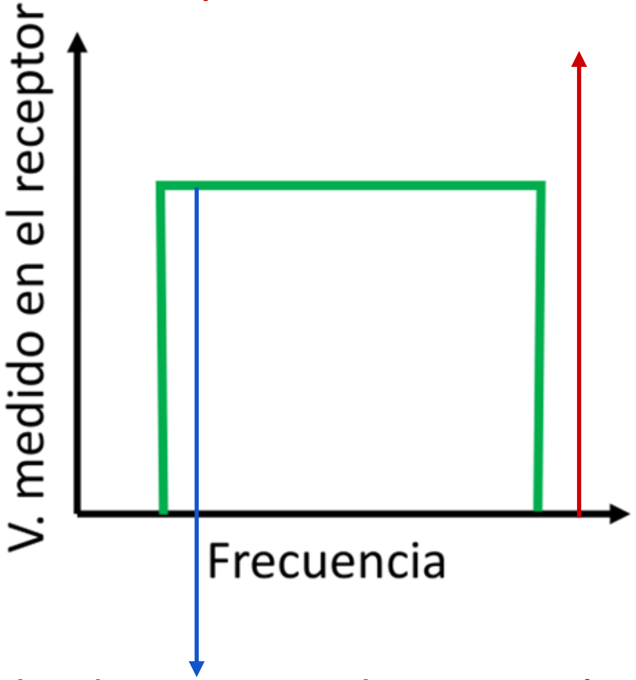
Y sobre todo:

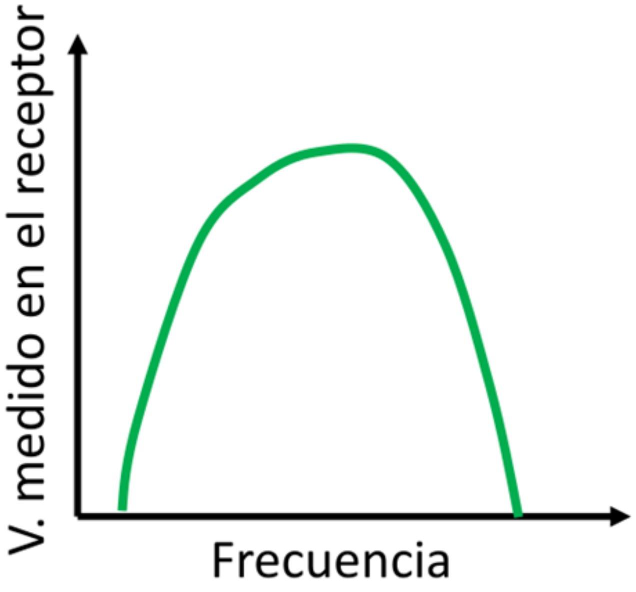
¿en qué rangos (no) funciona la teoría y por qué (no)?

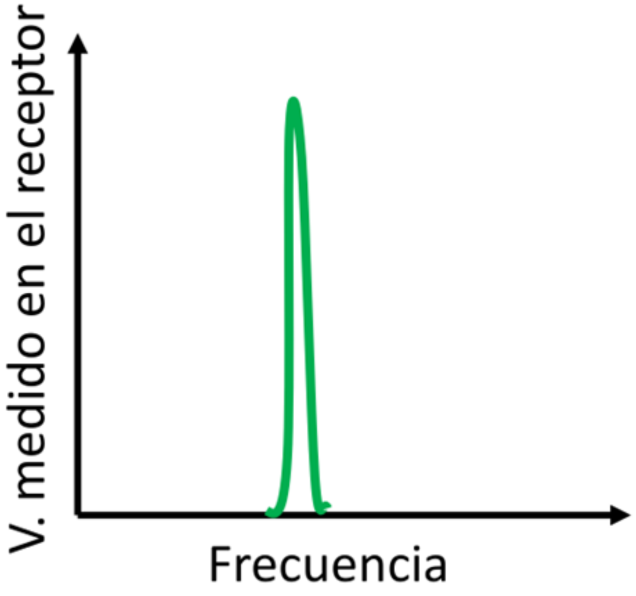
¿cómo puedo explicar lo que se aparta de lo predicho?

Caracterización de la respuesta en frecuencia

Aunque lo alimente con alta tensión,
la respuesta del sistema es baja







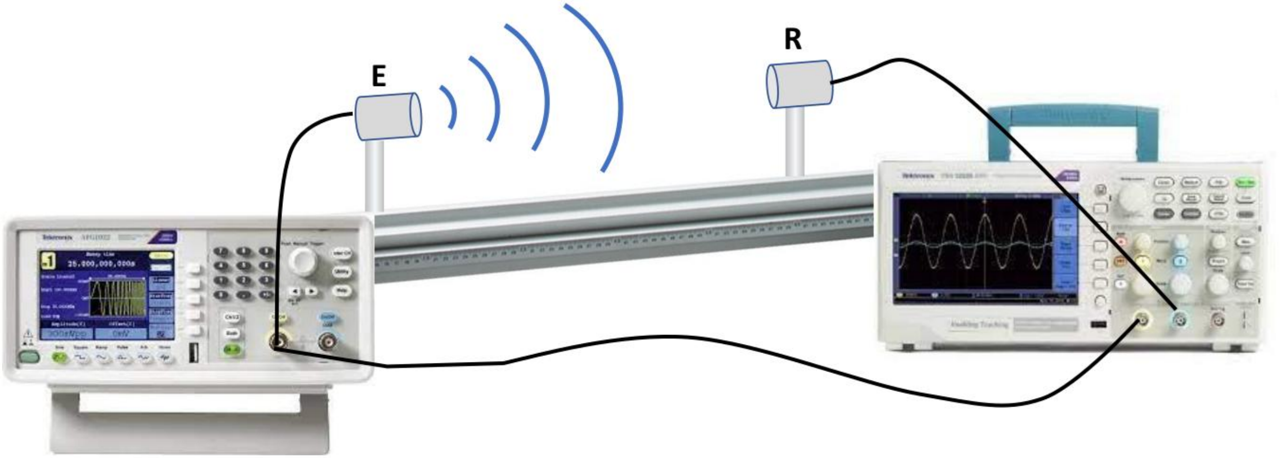
Aunque lo alimente con baja tensión,
la respuesta del sistema es alta

1) Relevar la respuesta en tensión en función de la frecuencia de alimentación. Elegir la frecuencia/s de trabajo que usarán luego.

a) ¿Depende de la distancia, orientación, etc. del E-R?

b) ¿Qué espaciado del barrido de frecuencias me conviene?

Caracterización de la respuesta en frecuencia: modelo



Forzado del emisor: $\longrightarrow$ Propongo $Be^{i\omega t}$ y obtengo: $\longrightarrow$ Forzado del receptor:

$$\ddot{x}_1 + \gamma_1 \dot{x}_1 + \omega_{01}^2 x_1 = Ae^{i\omega t}$$

$$B(\omega) = \frac{A}{(\omega_{01}^2 - \omega^2) + i\omega\gamma_1}$$

$$\ddot{x}_2 + \gamma_2 \dot{x}_2 + \omega_{02}^2 x_2 = B(\omega)e^{i\omega t}$$

$$\boxed{x_2(\omega) = \frac{Ae^{i\omega t}}{\left[(\omega_{01}^2 - \omega^2) + i\omega\gamma_1\right]\left[(\omega_{02}^2 - \omega^2) + i\omega\gamma_2\right]}}$$

Curva de respuesta en tensión: $|x_2(\omega)| = sqrt(A \cdot \frac{\left[(\omega_{01}^2-\omega^2)(\omega_{02}^2-\omega^2)-\omega^2\gamma_1\gamma_2\right]^2+\left[(\omega_{02}^2-\omega^2)\omega\gamma_1+(\omega_{01}^2-\omega^2)\omega\gamma_2\right]^2}{\left[(\omega_{01}^2-\omega^2)^2+(\omega\gamma_1)^2\right]^2\cdot\left[(\omega_{02}^2-\omega^2)^2+(\omega\gamma_2)^2\right]^2})$

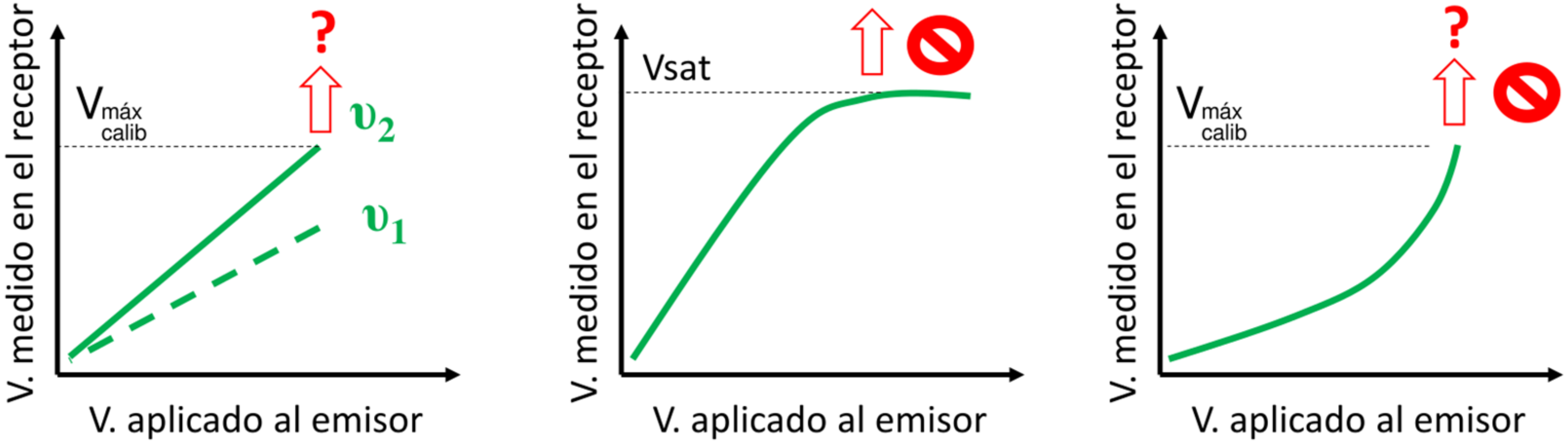
Si frecuencias y amortiguaciones son iguales:

$$|x_2(\omega)| = A \cdot \frac{1}{(\omega_0^2-\omega^2)^2+(\omega\gamma)^2}$$

2) Ver si la respuesta en tensión es explicada por el modelo.
3) (Si llegan) estudiar la respuesta en fase en la resonancia.

Caracterización de la respuesta en tensión

Algunas respuestas posibles:

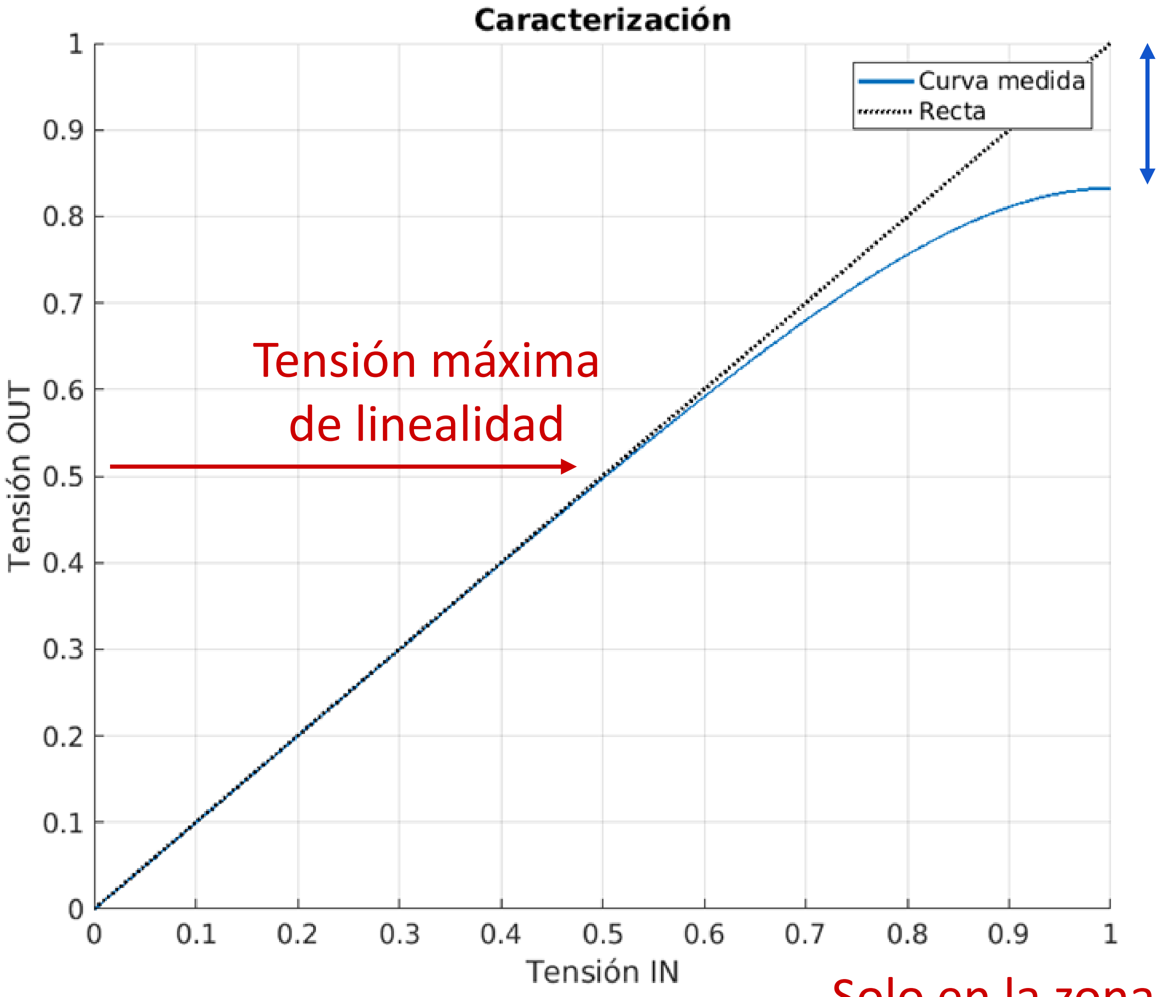


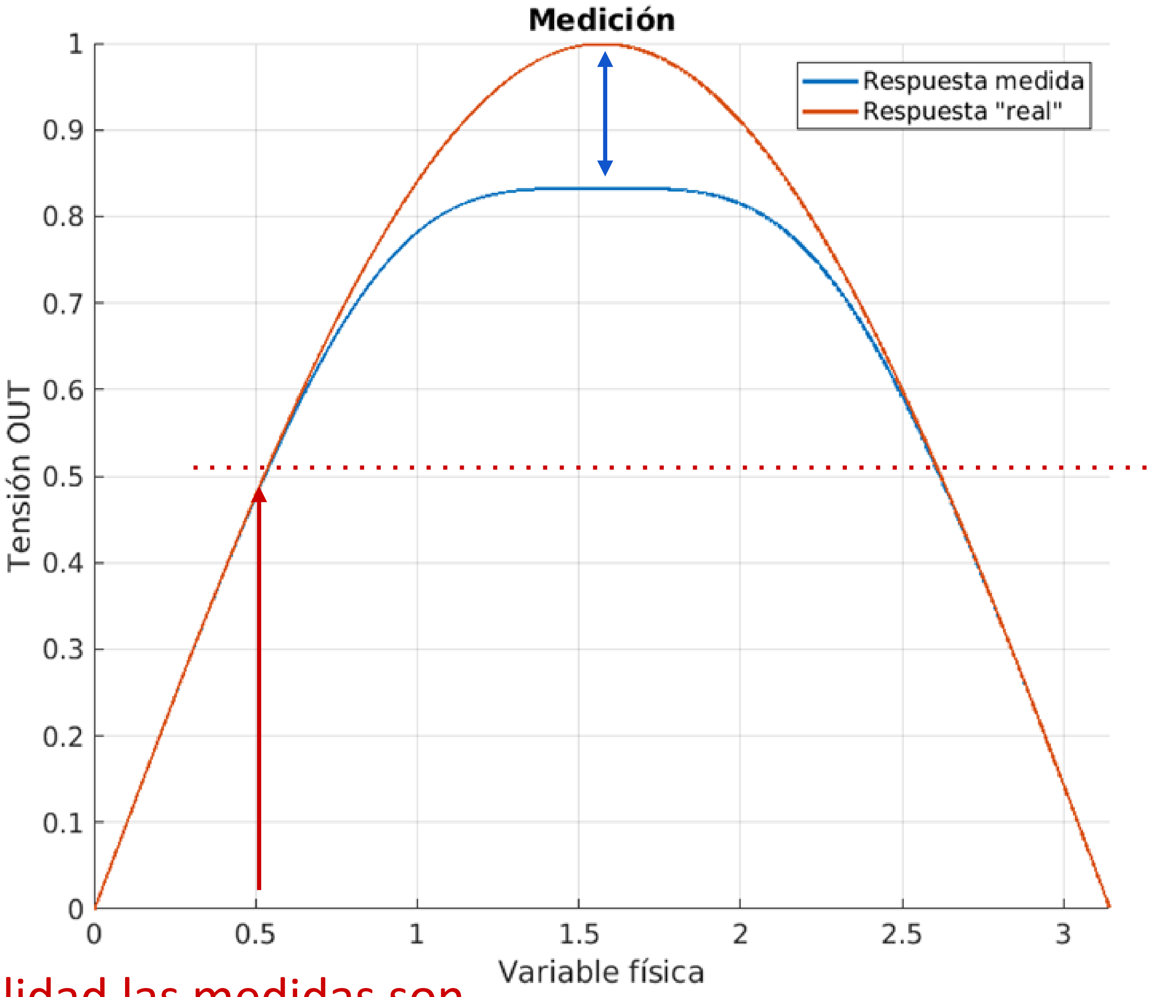
1) Relevar la respuesta en tensión en función de la tensión de alimentación. Determinar el rango de funcionamiento.

a) ¿Qué se hace con las mediciones fuera de ese rango?
b) ¿Tendríamos que haber caracterizado esto primero?

Caracterización de la respuesta en tensión

Por encima de la tensión máxima de linealidad
las mediciones se ven distorsionadas

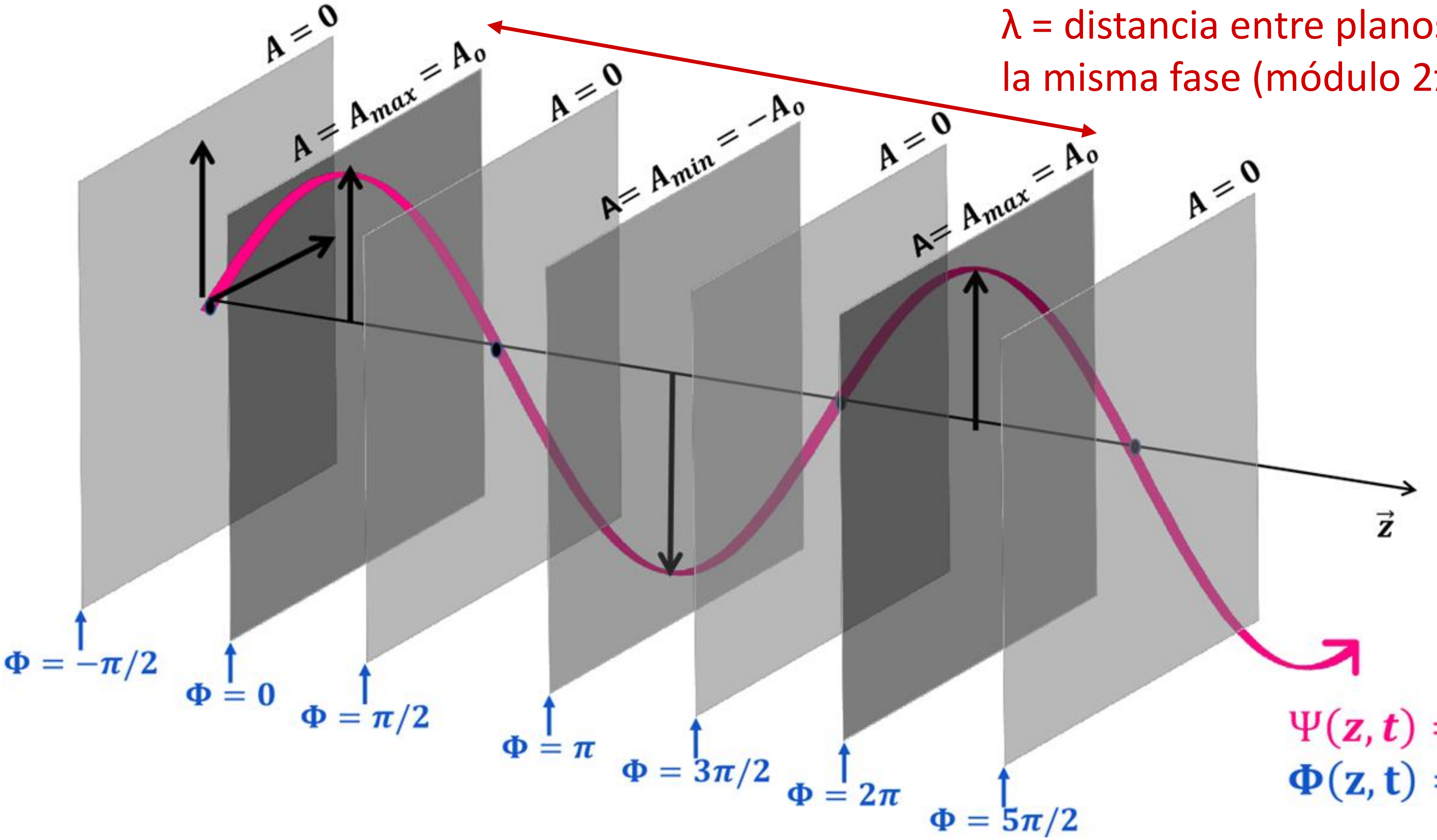




Solo en la zona de linealidad las medidas son
proporcionales a lo "real".

Medición de longitud de onda y velocidad de propagación

λ = distancia entre planos con
la misma fase (módulo 2π)

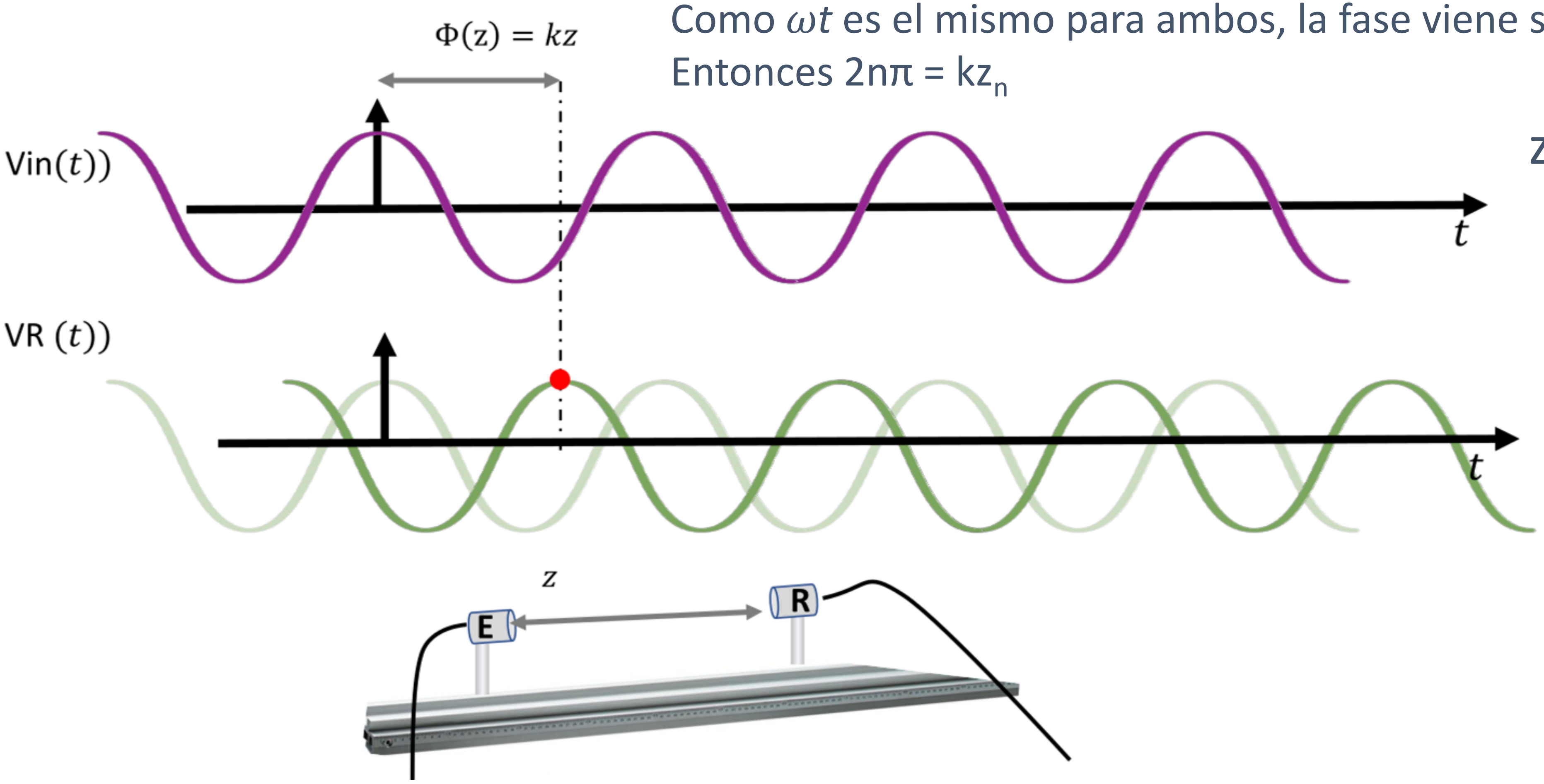


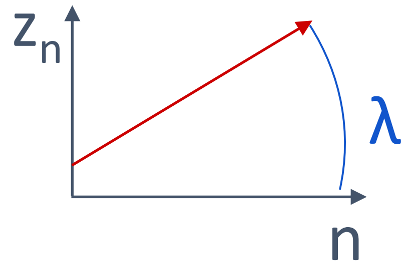
$$\Psi(z,t) = A_o cos(k_z z - \omega t)\hat{x}$$
$$\Phi(z,t) = k_z z - \omega t$$

Ok, pero
¿cómo mido esta diferencia de fase entre señales?

Medición de longitud de onda y velocidad de propagación

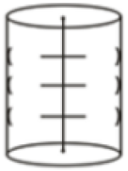
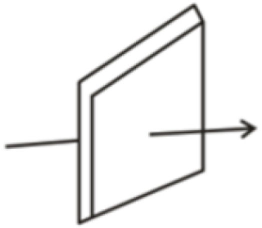
Como ωt es el mismo para ambos, la fase viene solo de kz.
Entonces $2n\pi = kz_n$

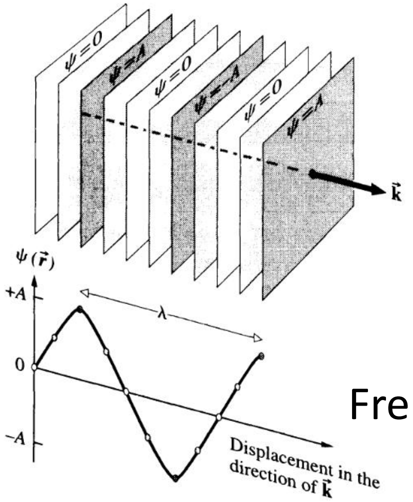




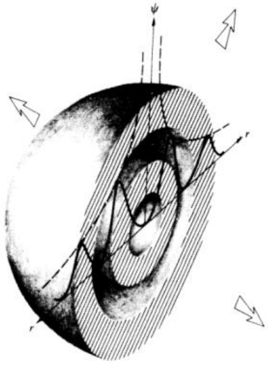
1) Determinar la longitud de onda a partir de medir la distancia necesaria para encontrar saltos de fase 2π.
2) Estimar la velocidad de propagación de la onda.
a) ¿qué cosas se fueron asumiendo en el camino? ¿valen siempre?

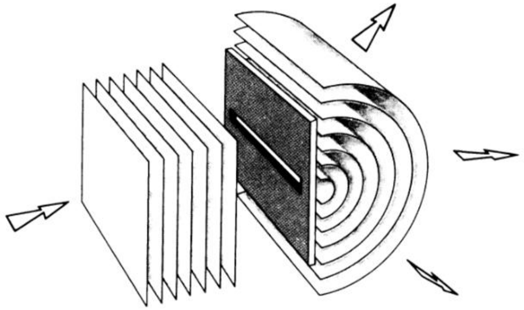
Decaimiento con la distancia

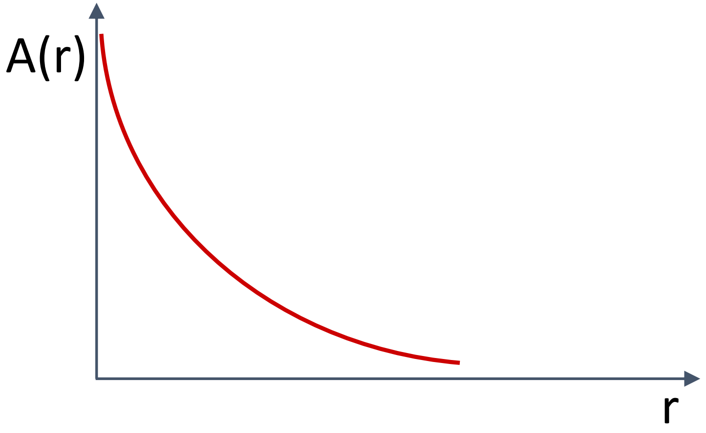
Frente de ondas	Fuente	Diagrama del Frente de ondas	Variación de la amplitud con la distancia
Esféricas	puntual		$A \propto \frac{1}{r}$
Cilíndricas	Lineal, rendija		$A \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$
planas	Extensa y grande situada en distancias grandes		$A = cte$



Frente de ondas plano


Frente de ondas esférico


Frente de ondas cilíndrico



1) Caracterizar el decaimiento de la amplitud con la distancia.
2) Determinar si se corresponde a algún tipo de onda específico.

a) Tip: pensar bien el ajuste y sus parámetros, etc.
b) ¿Tiene sentido esta forma de onda?
c) ¿Qué observa a corta distancia y cómo lo explica?