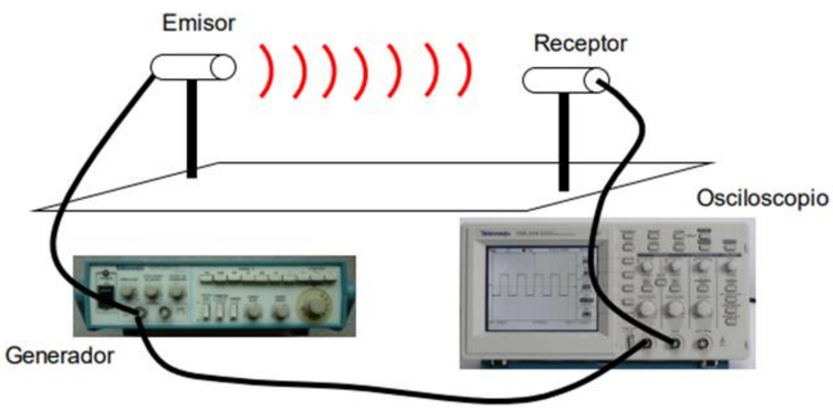
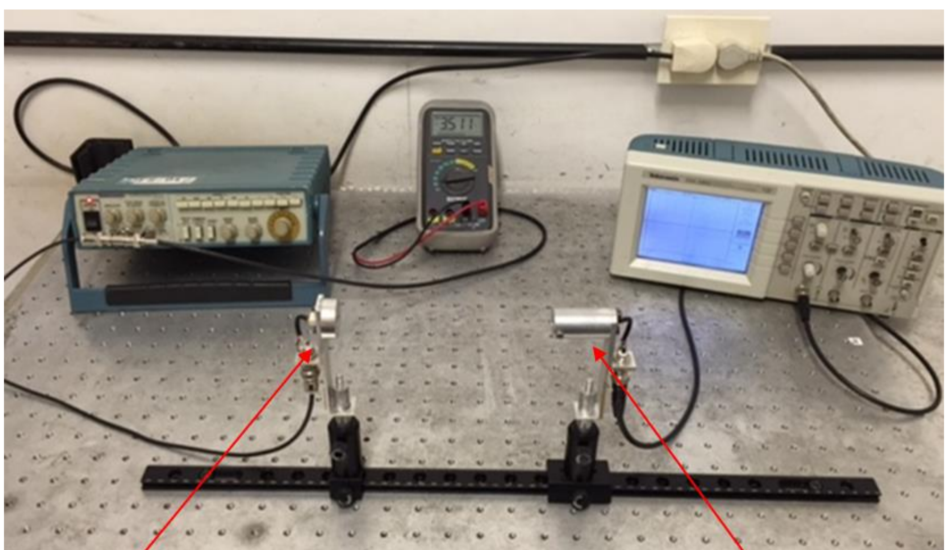
Laboratorio 2

Ultrasonido - Dependencia espacial

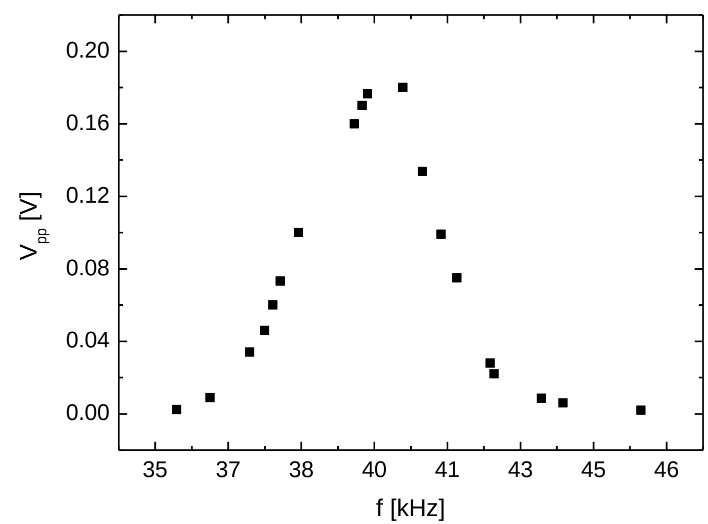
Emisor – receptor en rango de ultrasonido



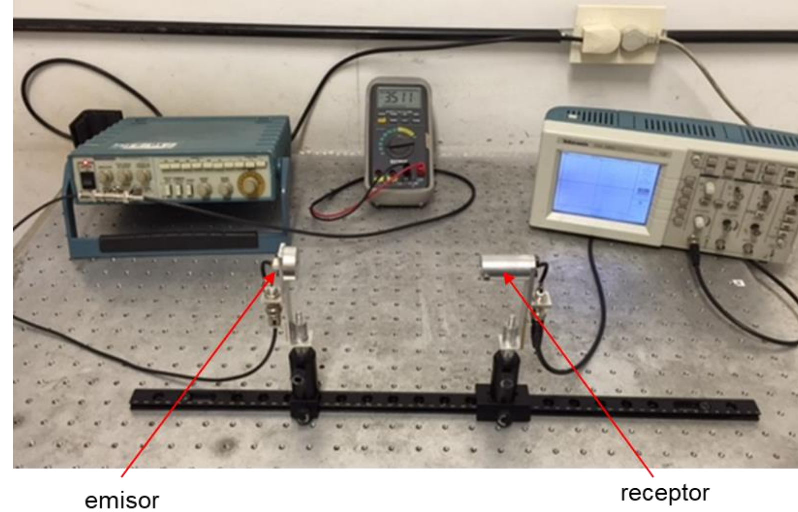
- Se realizó la caracterización temporal (en frecuencias) del sistema Emisor – Recetor de ultrasonido con distintas experiencias
- ¿ Se encontró alguna frecuencia característica donde se maximice la señal del sistema emisor - receptor ?
- Se analizó la linealidad del sistema
- Se preparó un gráfico V_{pp} (receptor) *vs* frecuencia.

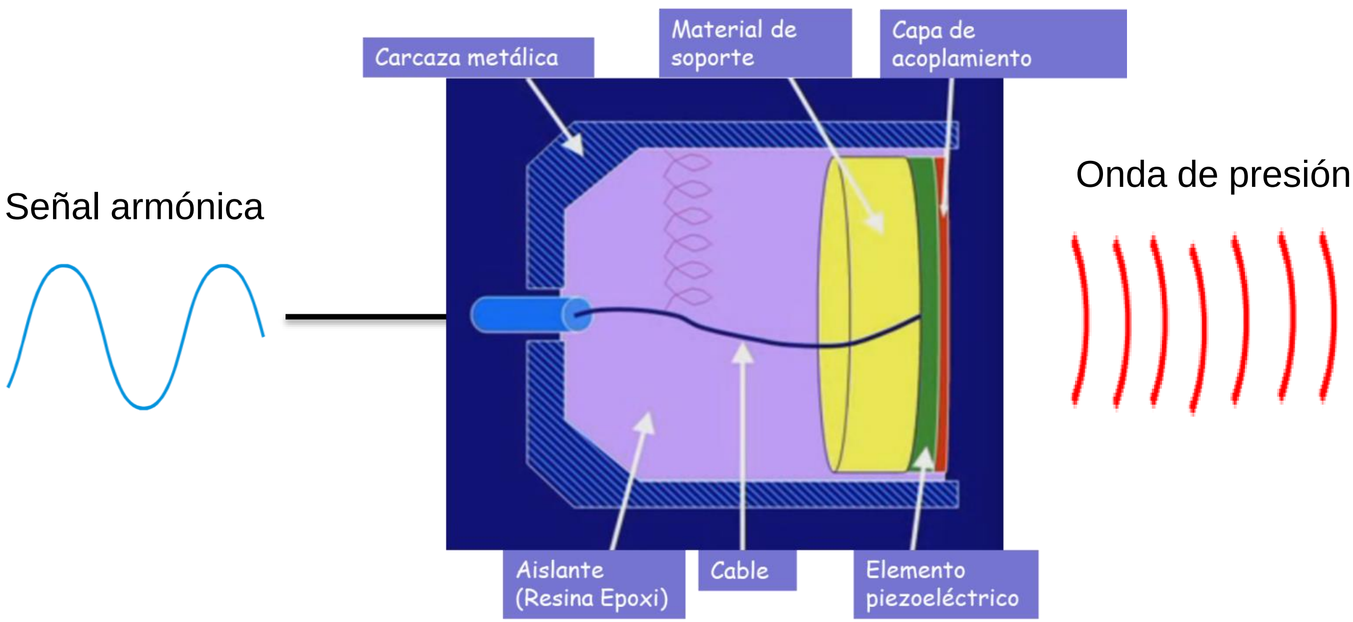


emisor receptor

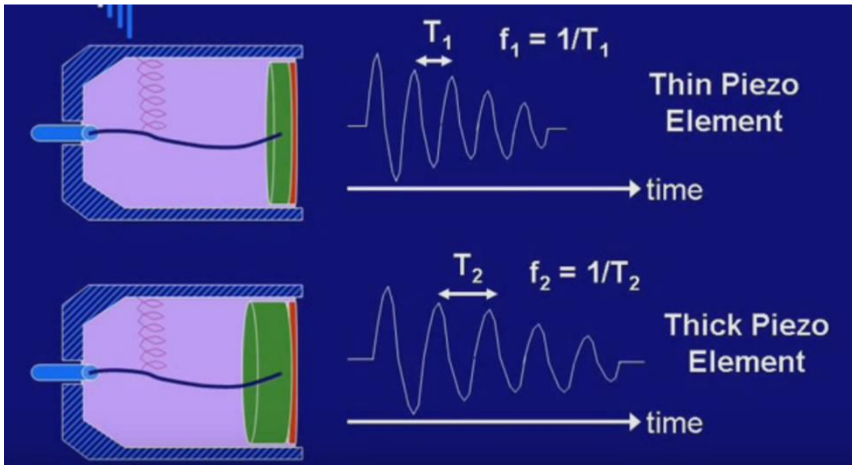


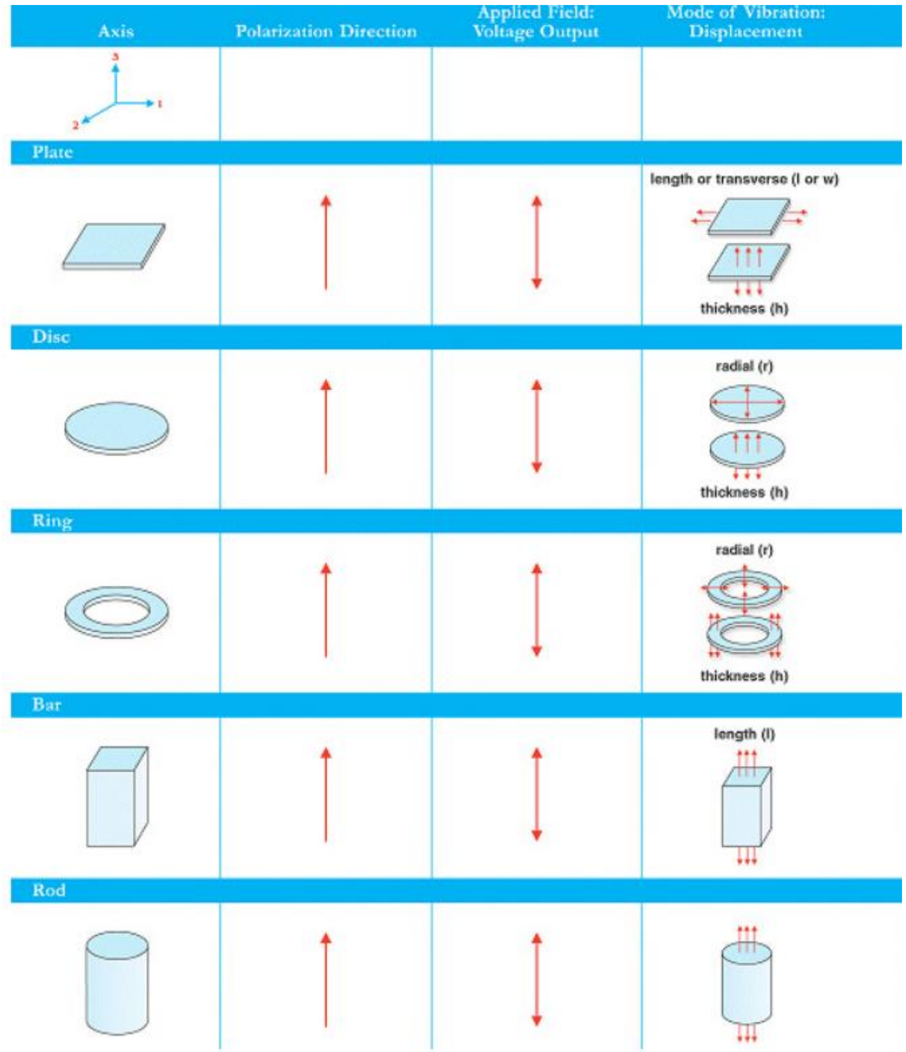
- Volvamos a nuestro transductores de ultrasonido.
- Son materiales piezoeléctricos que transforman energía eléctrica en mecánica (pueden generar entonces ondas de presión, sonido) y viceversa.
- Simplificando, en la experiencia los usamos como parlante y micrófono en el rango de ultrasonido.



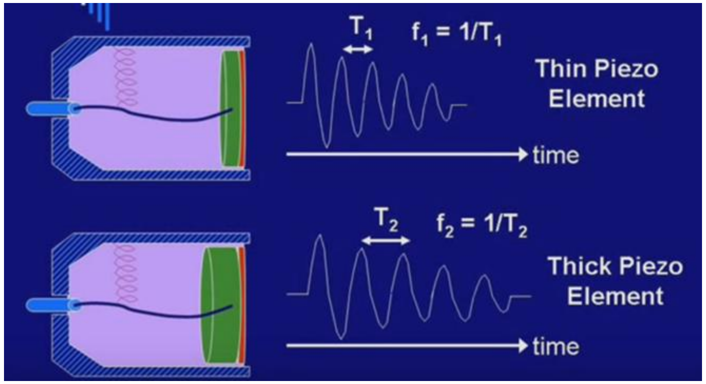


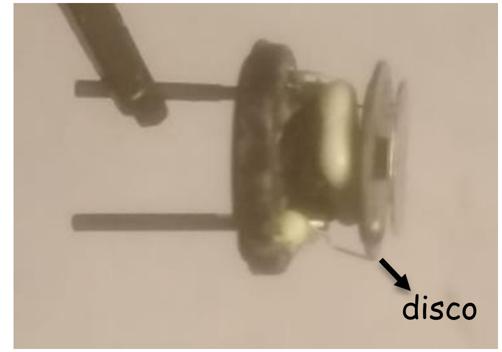
Relación entre la frecuencia característica
y el espesor del
elemento piezoeléctrico

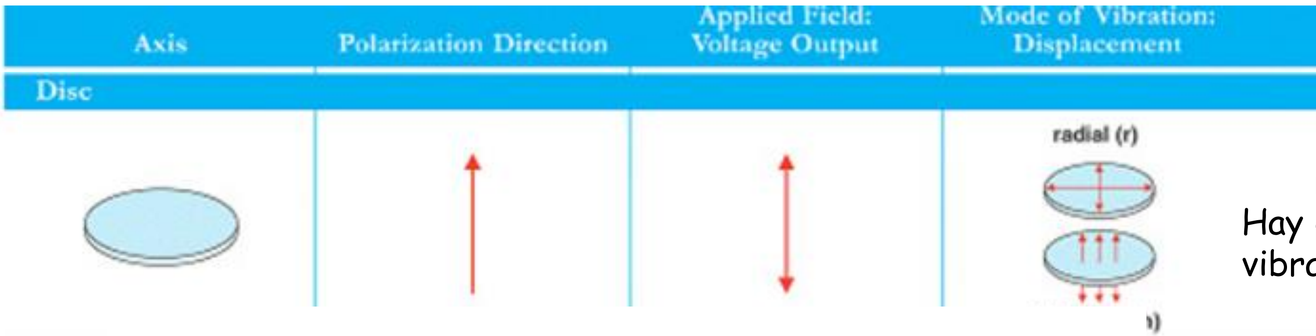




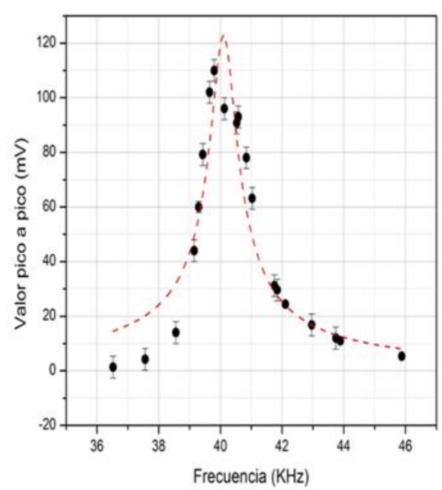
- Se pueden tener cristales piezoeléctrico (por ej. cuarzo) o cerámicos piezoeléctricos (el más común el PZT titaniato circonato de plomo)

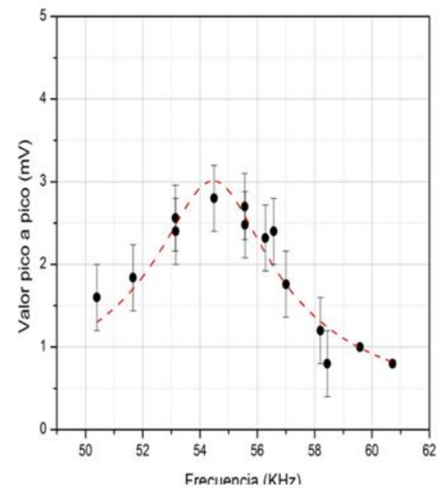






Hay dos modos de vibración



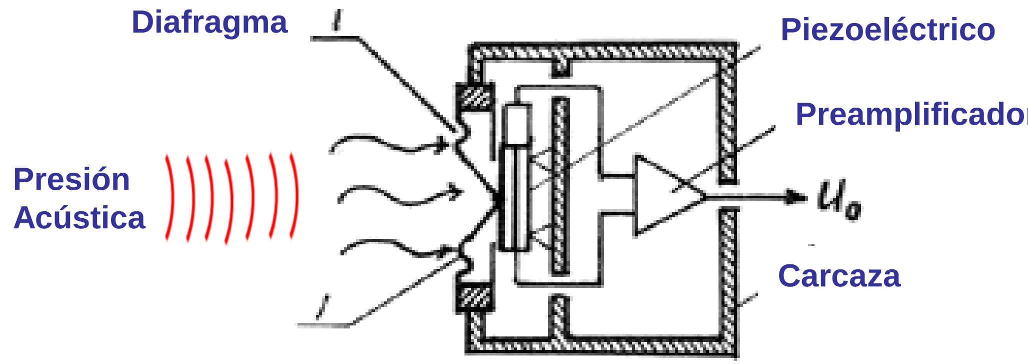


$\omega_0 = (40{,}10 \pm 0{,}06)$ ***kHz***

$\omega_0 = (54{,}5 \pm 0{,}2)$ ***kHz***

Modelo mecánico equivalente de un piezoeléctrico

Oscilador libre amortiguado



$$m\frac{d^2x}{d^2t} + b\frac{dx}{dt} + kx = 0$$

$$\frac{d^2x}{d^2t} + \gamma\frac{dx}{dt} + \omega_o^2 x = 0$$

$$\omega_o^2 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\gamma = \frac{b}{m}$$

$$\gamma < \omega_o \qquad x = Ae^{-\gamma\frac{t}{2}}\cos(\omega t + \alpha) \qquad \omega^2 = \omega_o^2 - \frac{\gamma^2}{4}$$

$$\gamma = \omega_o \qquad x = (A + Bt)e^{-\gamma\frac{t}{2}}$$

$$\gamma > \omega_o \qquad x = Ae^{-\gamma\frac{t}{2}}\sinh(\omega t + \alpha)$$

Osc. forzado amortiguado

$$\frac{d^2x}{d^2t} + \gamma\frac{dx}{dt} + \omega_o^2 x = \frac{f_o}{m}\cos(\omega t)$$

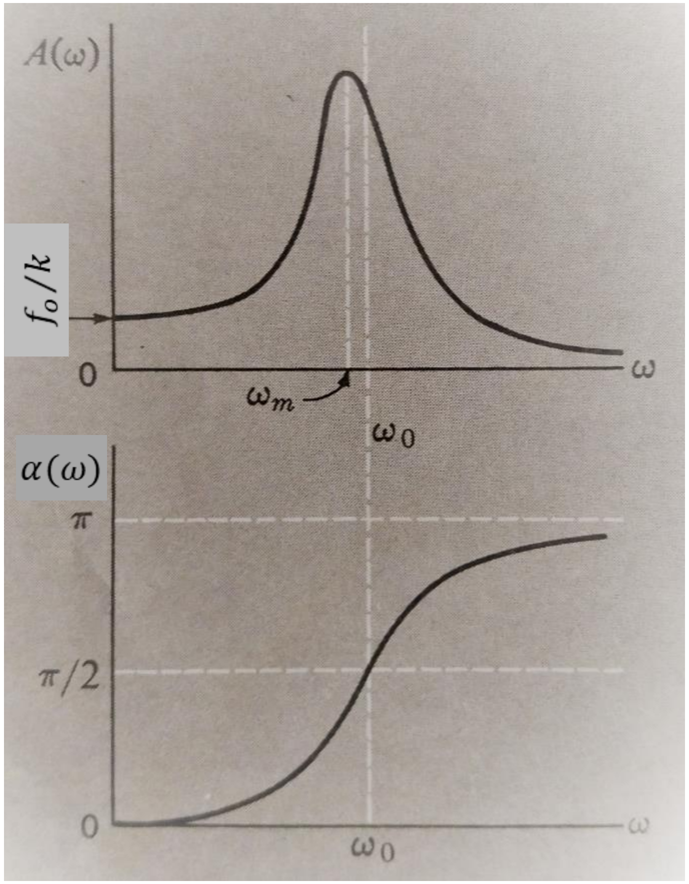
$$x = xhom(t) + xpart(t)$$

$$x = xhom(t) + A_p\cos(\omega t + \alpha) \quad \left\{ \begin{array}{l} A_p = \dfrac{f_o/m}{[(\omega_o^2 - \omega^2)^2 + (\gamma\omega)^2]^{1/2}} \\[2ex] \alpha = arctg\,\dfrac{\gamma\omega}{\omega_o^2 - \omega^2} \end{array} \right.$$

$$xhom\ (t \gg 1) \rightarrow 0$$

¿ Que pasa con amplitud ?

$$A_p = \frac{f_o/m}{[(\omega_o^2 - \omega^2)^2 + (\gamma\omega)^2]^{1/2}}$$



¿ Que pasa con la fase ?

$$\alpha = arctg\,\frac{\gamma\omega}{\omega_o^2 - \omega^2}$$

Ajustar la campana de resonancia obtenida al modelo del oscilador forzado amortiguado y obtener γ.

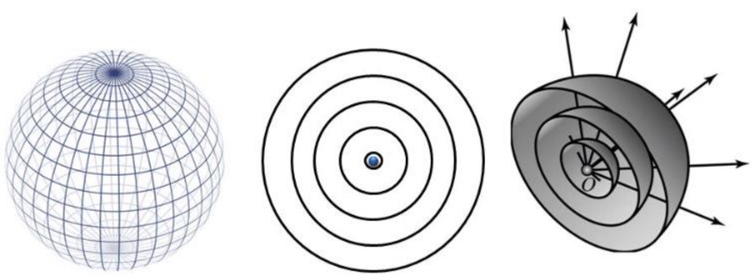
Caracterización espacial del frente de onda

$$\nabla^2\psi = \frac{1}{c^2}\frac{\partial\psi}{\partial t^2}$$ Ecuación de onda

$$\psi(r,t) = A(r)sen(\vec{k}\cdot\vec{r} - \omega t + \phi)$$

$$k = 2\pi/\lambda \qquad \omega = 2\pi/T = 2\pi\upsilon \qquad c = \upsilon\lambda$$

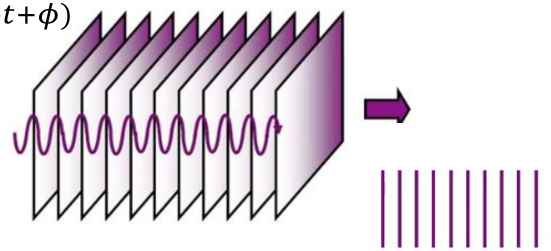
- La representación del frente de ondas de una onda esférica es de cáscaras esféricas concéntricas (en el foco/fuente puntual) separadas por una longitud de onda λ.
- Esos planos son perpendiculares al radio de las cáscaras esféricas.



$$\psi(r,t) = \left(\frac{A}{r}\right)e^{-i(\vec{k}\cdot\vec{r}-\omega t+\phi)}$$

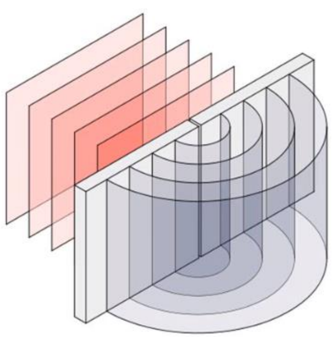
- Frente de onda : El lugar geométrico que une todos los puntos que, en un instante dado, se encuentran en idéntico estado de vibración: tienen igual fase.
- En una onda plana son planos equi-espaciados separados por una longitud de onda λ.
- Esos planos son perpendiculares a la dirección de propagación.

$$\psi(r,t) = Ae^{-i(\vec{k}\cdot\vec{r}-\omega t+\phi)}$$



- La representación del frente de ondas de una onda cilíndrica es de cáscaras cilíndricas con el mismo eje (fuente lineal) separadas por una longitud de onda λ.
- Esos planos son perpendiculares al radio del cilindro.

$$\psi(\rho,t) = \left(\frac{A}{\sqrt{\rho}}\right)e^{-i(\vec{k}\cdot\vec{\rho}-\omega t+\phi)}$$



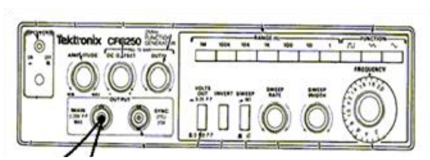
<u>Caracterización espacial del sistema receptor – emisor de ultrasonido</u>

¿ Cómo es espacialmente la onda emitida ?

- esférica → La amplitud $\sim 1/r$
- cilíndrica → La amplitud $\sim 1/r^{0.5}$
- plana → La amplitud no depende de r
- ¿otra forma?

$$Amplitud \sim \left(\frac{1}{r^n}\right)$$

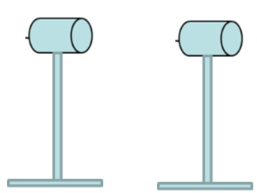
1. Dependencia de la amplitud con la distancia ⇒ ¿Cómo hacer una experiencia?



Generador de funciones

Osciloscopio

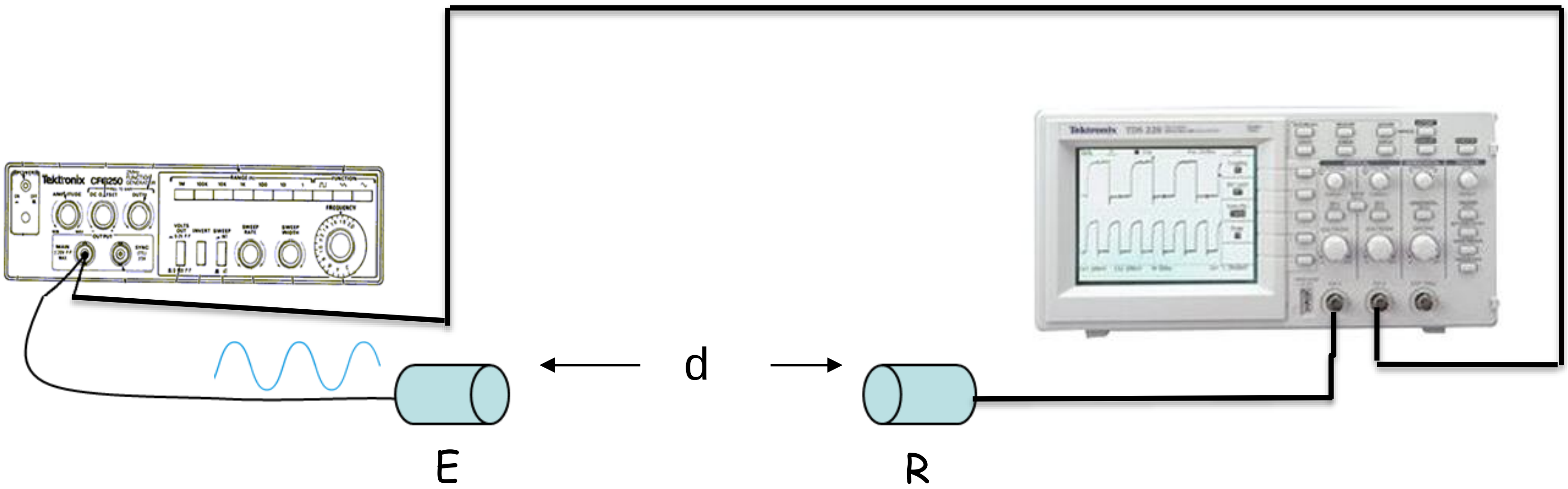
E R



Transductores de ultrasonido

¿ Como los conectarían ?

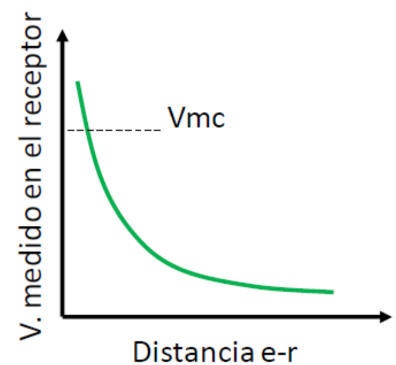
1. Dependencia de la amplitud con la distancia



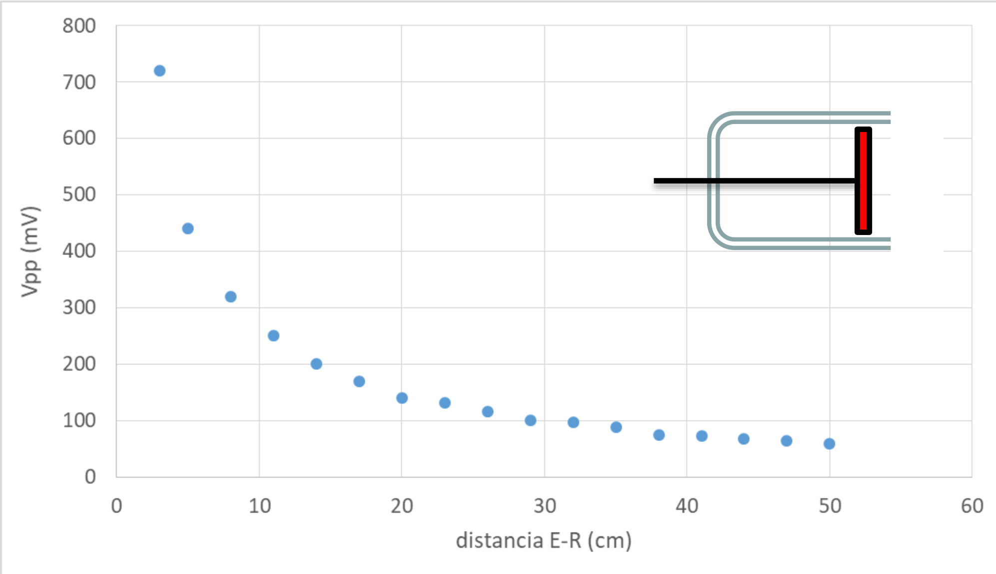
¿ En que condiciones me conviene trabajar?

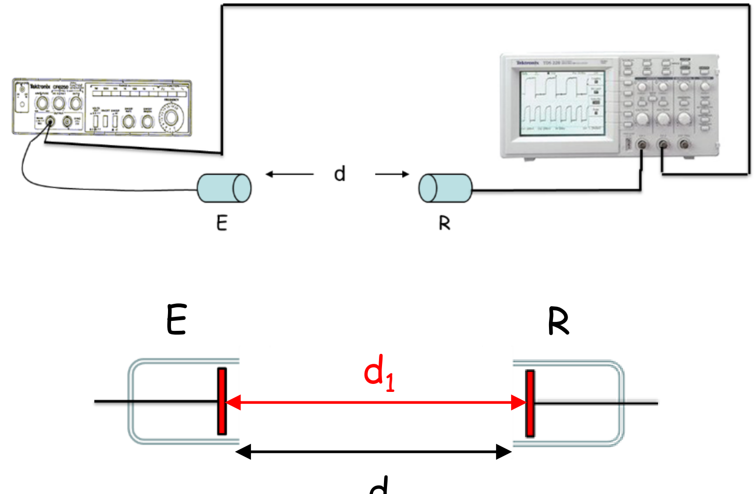
- Tipo de señal senoidal
- Frecuencia debe ser la característica del sistema.
- Amplitud alta en la señal que llega actúa en el emisor.

- Encontrar la variación de Vpp del receptor con la distancia E-R, Vpp = f(d)
- ¿ Qué observación notoria se infiere a variar la distancia E-R ?
- ¿ Cuál señal uso para referencia de trigger ?
- Inferir el tipo de frente de onda



Recorrido extenso de d

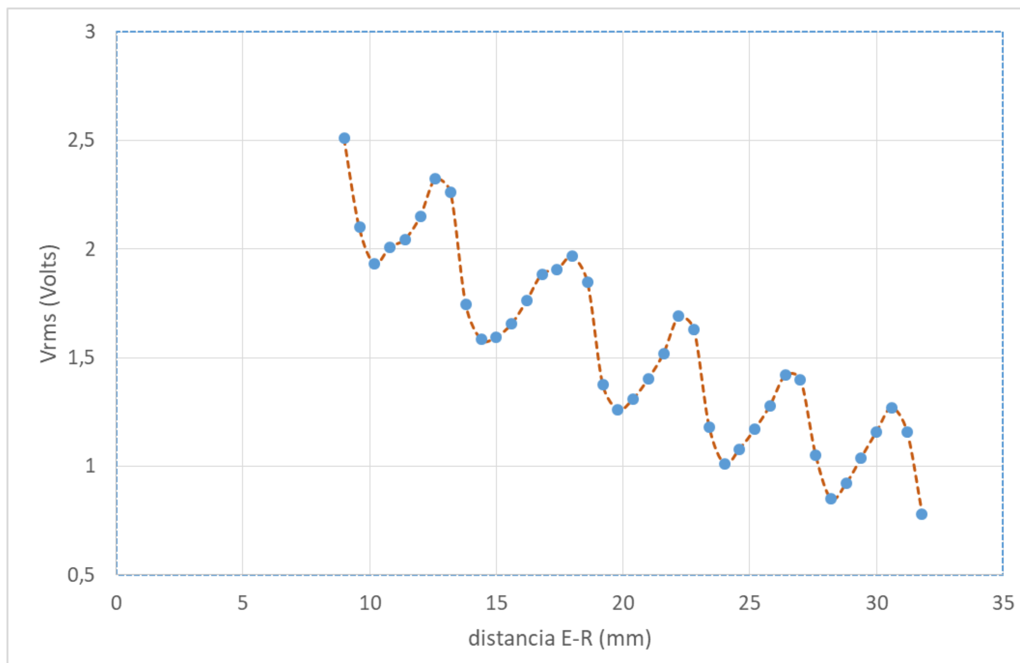




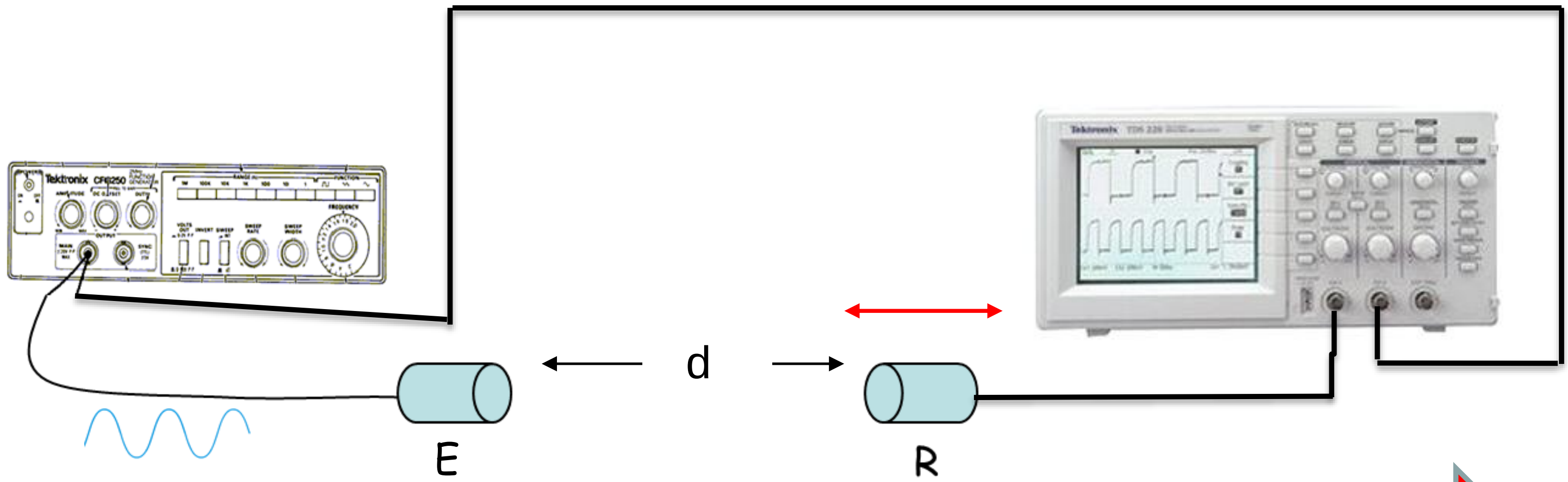
$\Delta = d_1 - d$

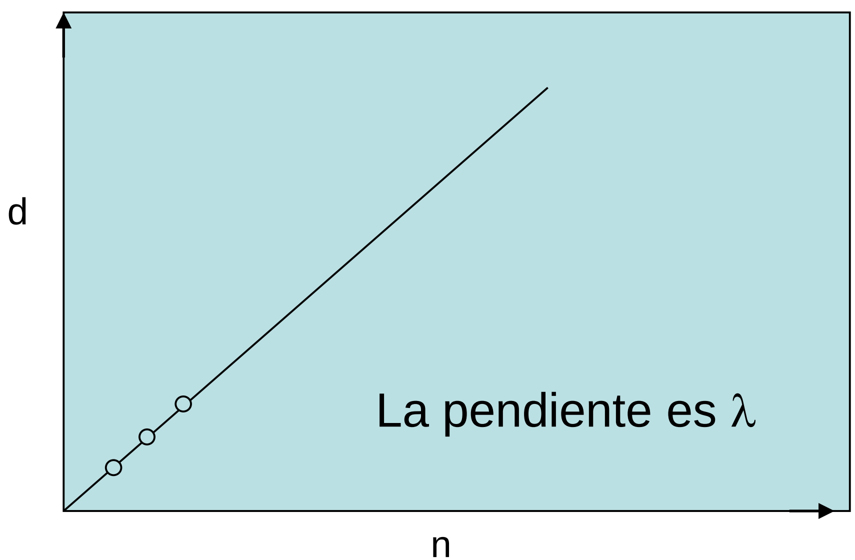
Error en d (cinta métrica)

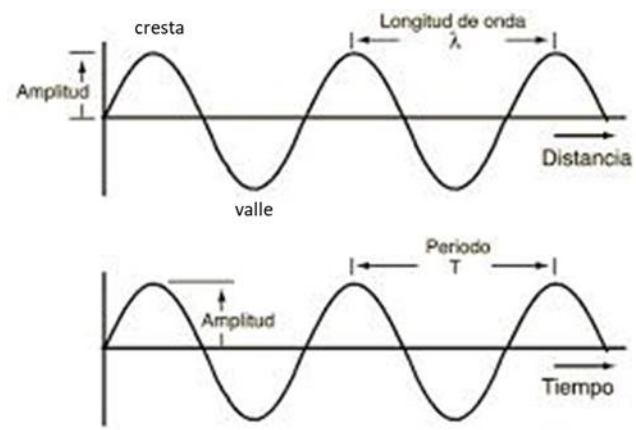
Recorrido muy pequeño de d

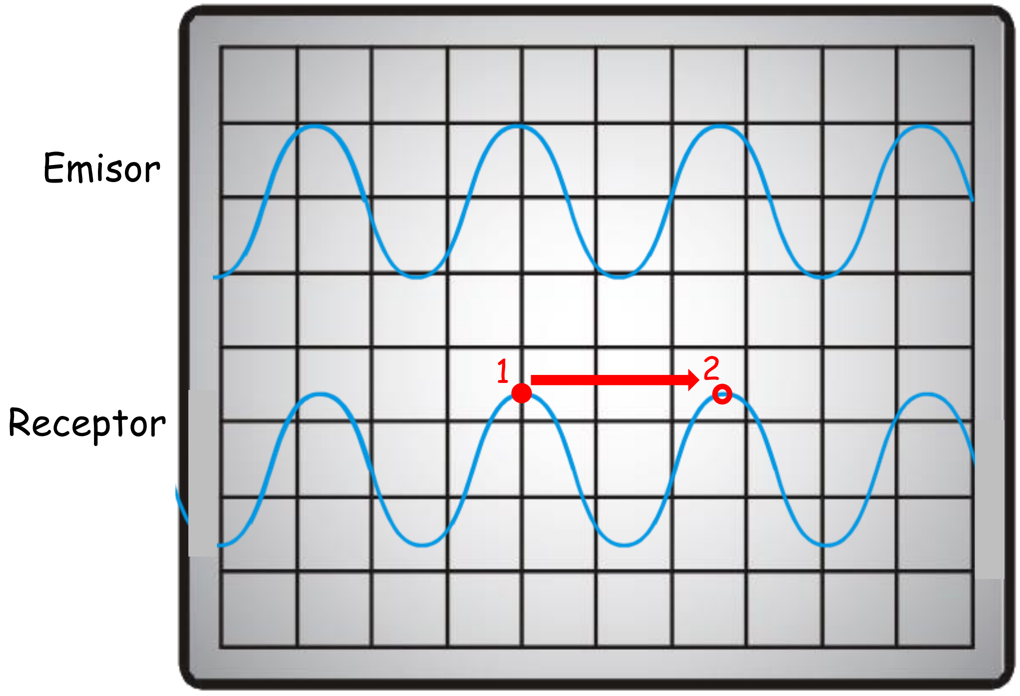


2. Estimación de la longitud de onda

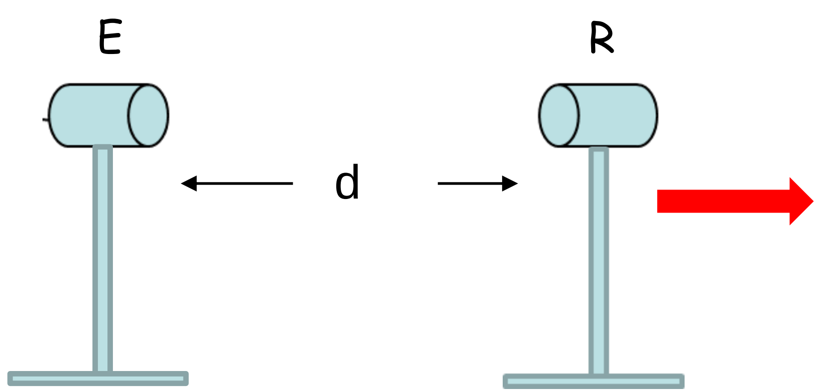




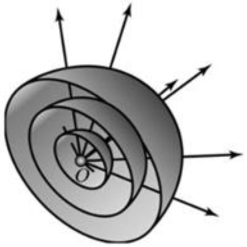




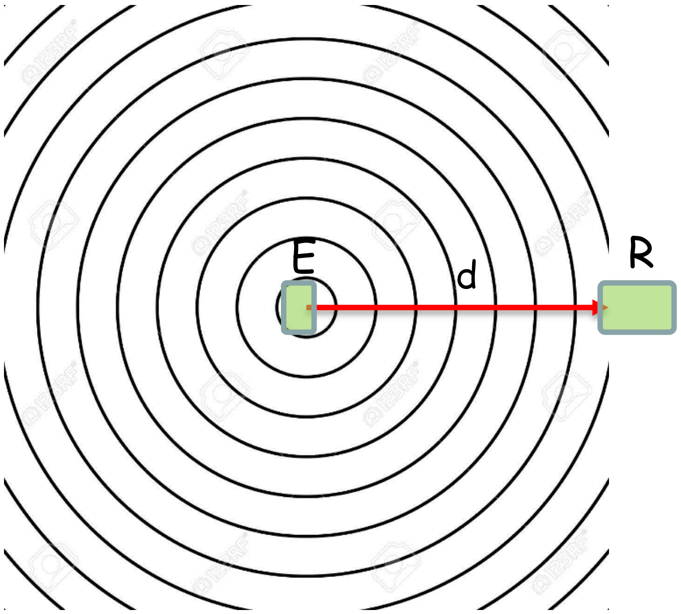
- Si se aleja el detector del emisor, cambia la distancia d.
- Además de una atenuación (si no fuese onda plana) se produce un desfasaje entre la onda emitida y la recibida.
- Se pondrán en fase en 2π
- Cuando el punto 1 se ubica en la posición 2 se avanzó 1λ en la distancia d

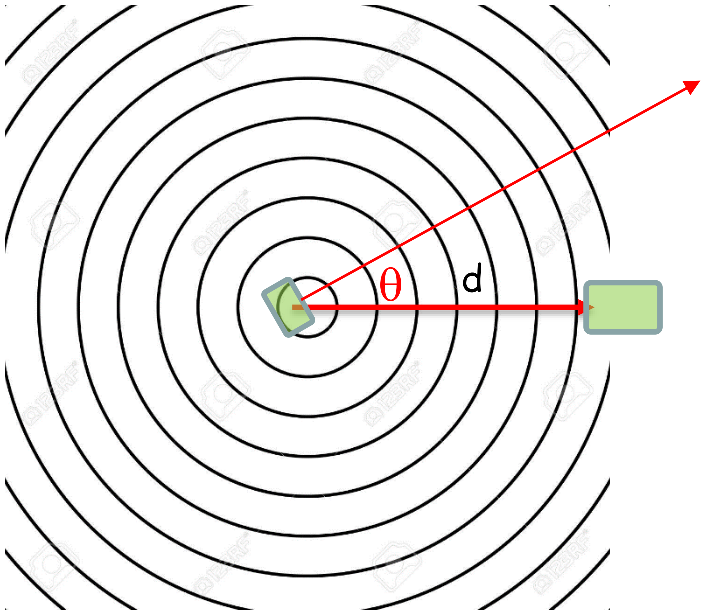


¿ Alcanza solamente con hacer una caracterización con la distancia y la longitud de onda ?

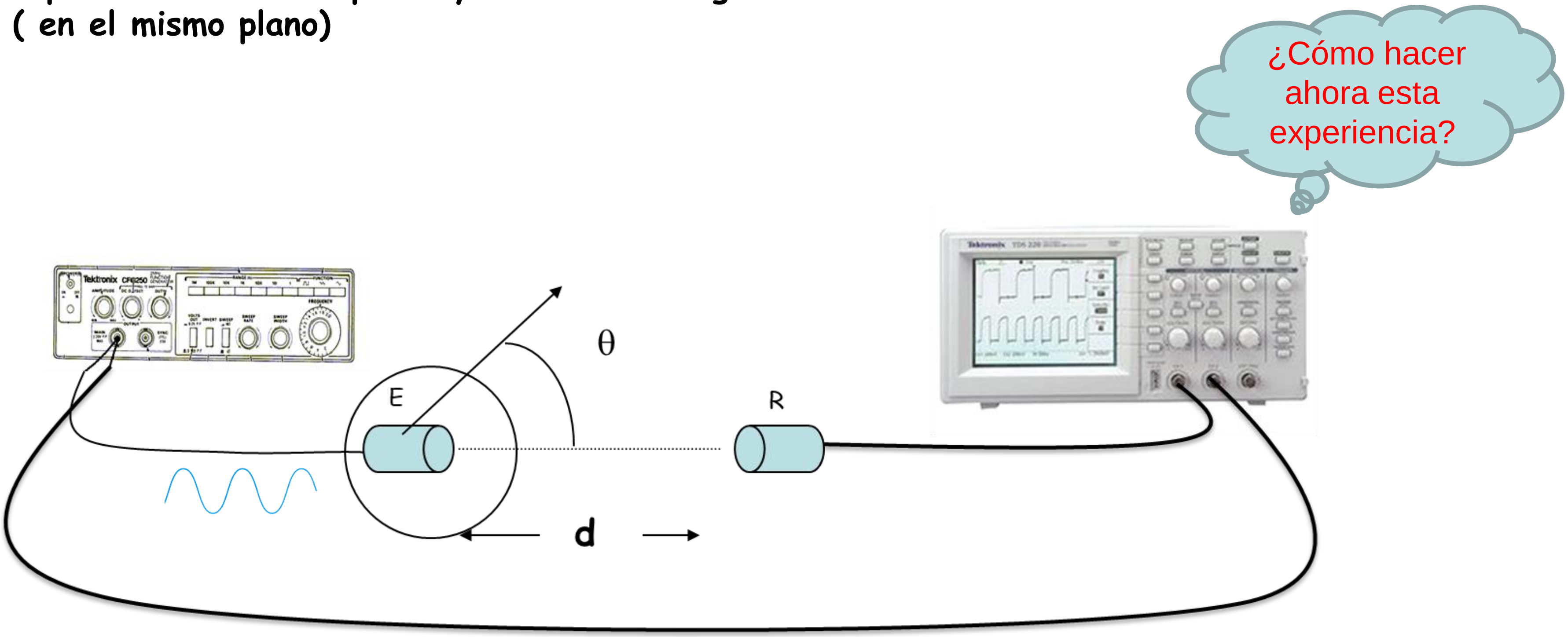


- Supongamos que el frente de ondas fuese esférico.
- Si ambos transductores están en el mismo plano.
- Se aplica una señal senoidal al emisor E.
- Para un frente de onda esférico, si se fija el receptor (R) a una distancia d del emisor (E) y se rota el emisor un ángulo θ ¿qué debería suceder con la señal detectada en el receptor (R) ?

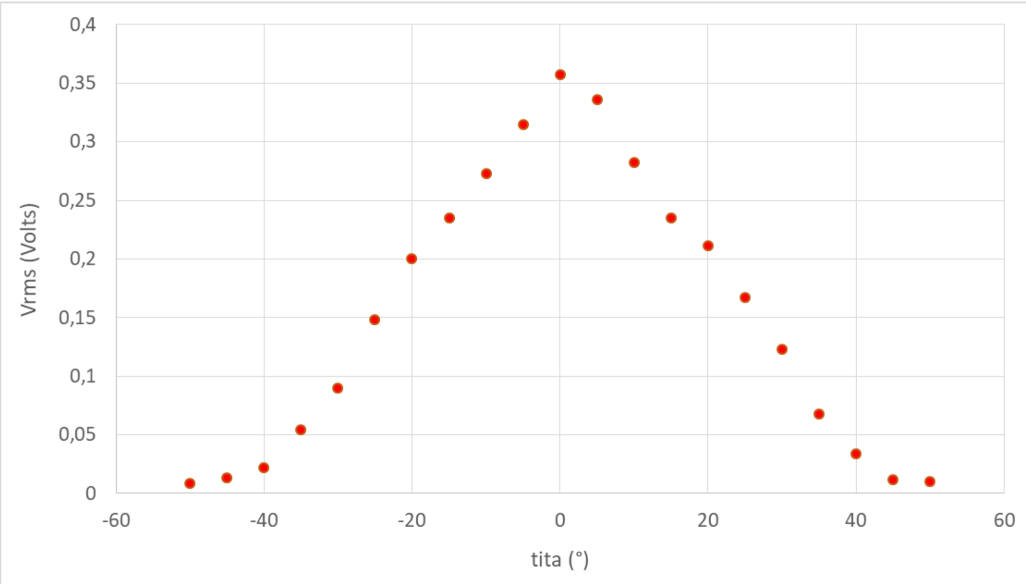


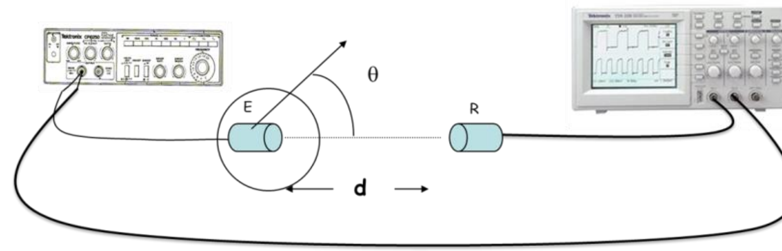


3. Dependencia de la amplitud y fase con el ángulo de emisión. (en el mismo plano)

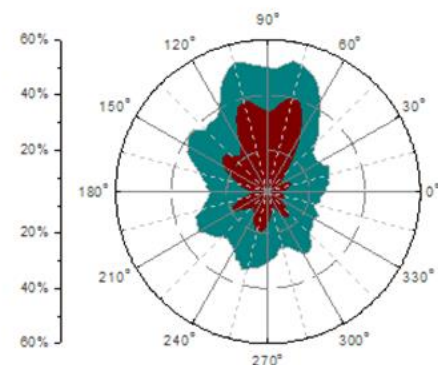


- ¿ Qué conviene medir ?
- Amplitud (Vpp) y fase cuando se rota el emisor un ángulo θ.
- Realizar mediciones entre -90° y 90°.

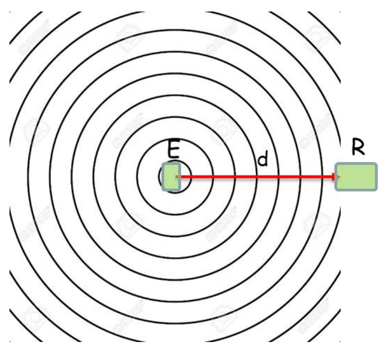


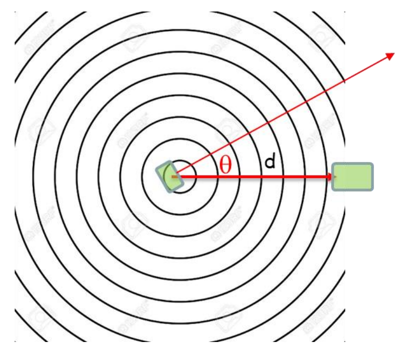


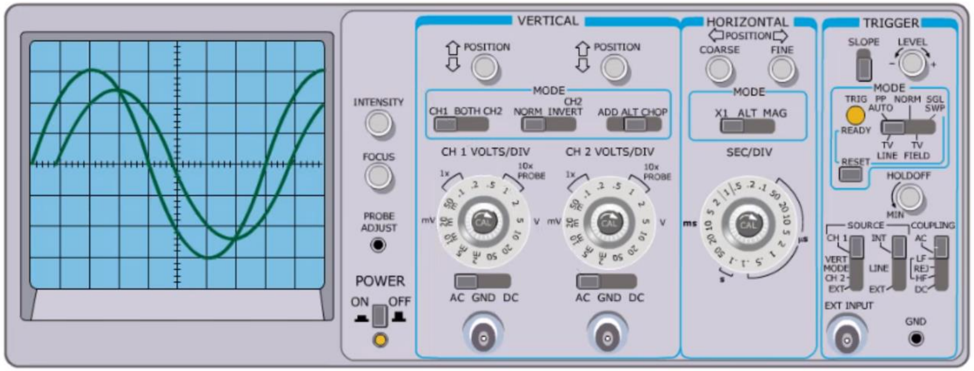
- Agregar errores
- Presentar Vpp vs θ como grafico polar.
- ¿ Que sucede si cambio d ?



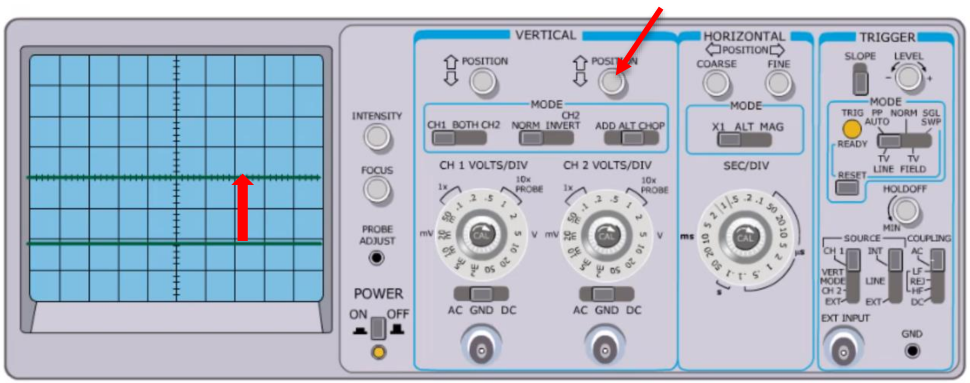
¿Cómo mido la fase?



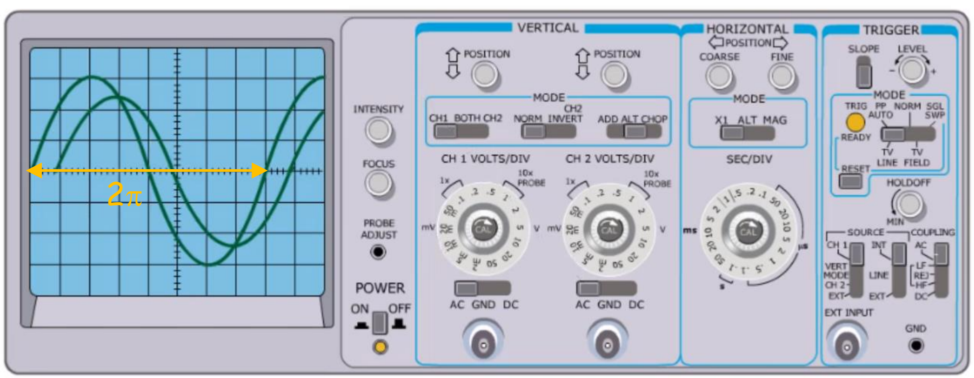




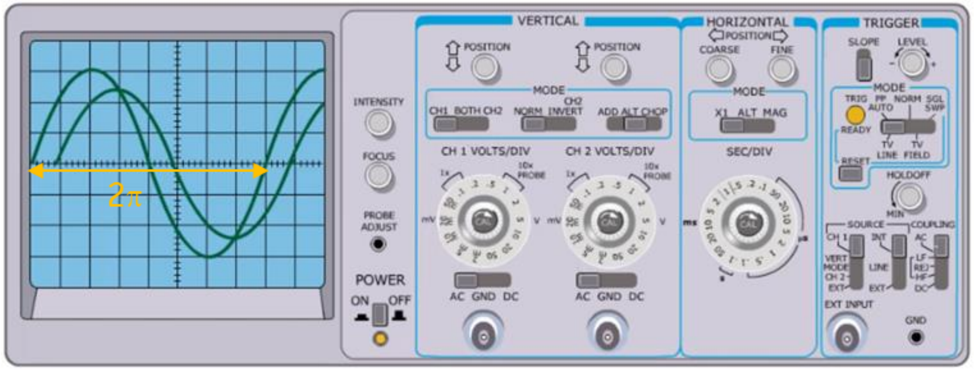
- Tenemos dos señales armónicas , una en el canal 1 y la otra en el canal 2.
- Por ej. , podrían ser el emisor y el receptor.
- Queremos medir su desfasaje.



- Ponemos ambos canales a GRN
- Tomamos un canal como referencia y lo centramos
- Con la perilla de Posición Vertical llevamos la señal del canal 2 sobre la del canal 1.
- Seteamos el acopalmiento de ambos canales en AC (para eliminar componentes CC)

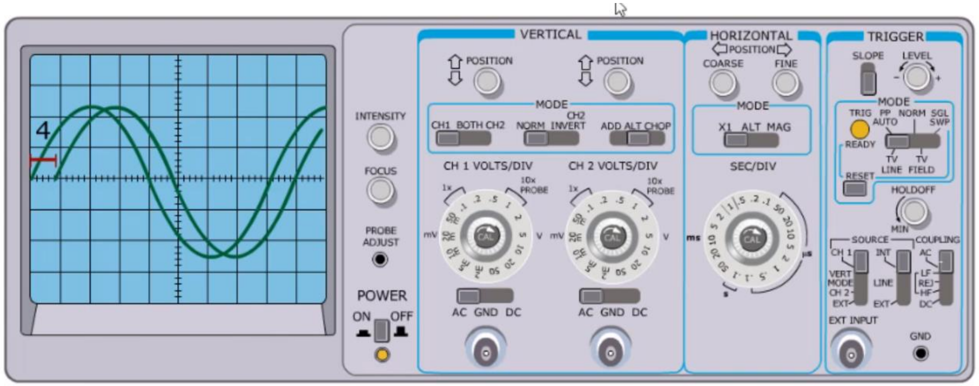


- Sobre la señal de referencia, se normaliza el periodo a 2π.
- Se lee la escala horizontal en s/div y se cuentan las divisiones del periodo normalizado.



- Sobre la señal de referencia, se normaliza el periodo a 2π.
- Se lee la escala horizontal en s/div y se cuentan las divisiones del periodo normalizado.
- En el ejemplo el periodo tiene 8,1 div

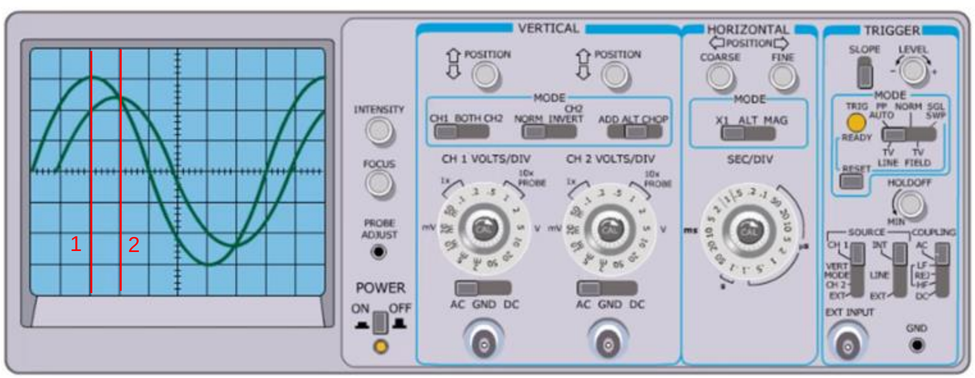
$$8{,}1 \text{ div} = 2\pi$$



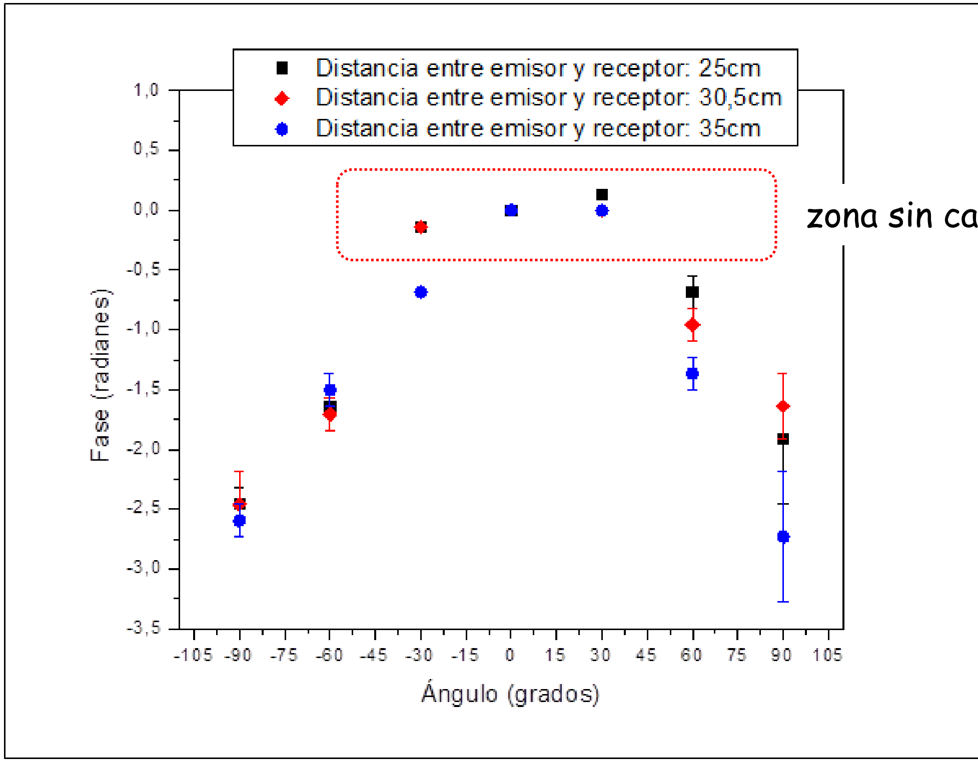
- El corrimiento (desfasaje ϕ) entre la señal del canal 1 y 2 es 0,8 div (4 líneas)

$$\phi = (2\pi/8{,}1 \text{ div}) \times 0{,}8$$

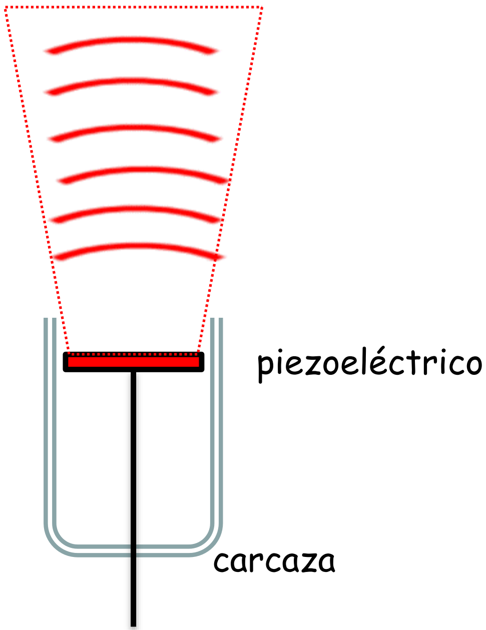
$$\phi = 0{,}62 \text{ rad}$$

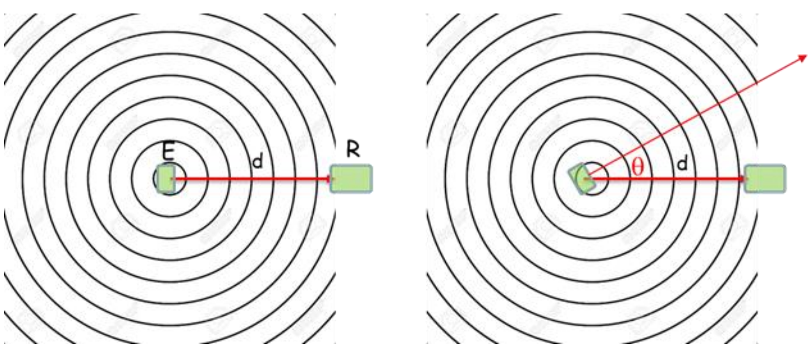


- El método mas rápido es con los cursores (opción tiempo).
- Con los cursores se mide el periodo de la señal de referencia y se normaliza a 2π
- Se ubican los cursores 1 y el 2 en las cresta adyacentes de las señales 1 y 2.
- Se lee Δt, diferencia de tiempos entre ambos cursores.
- ϕ es el valor convertido a radianes



zona sin cambio de fase





4. Estimación de la velocidad del sonido

Relación de dispersión $c = \upsilon\lambda$

Velocidad de propagación
del sonido en el medio

Longitud de onda

Frecuencia del sistema

- Calcular *c*, calculando su error
- Comparar con lo que se presenta en la literatura. Variación con condiciones atmosféricas.
- ¿El medio es dispersivo o no dispersivo ? ¿ Cómo lo comprobarían ?

En base a las experiencia realizadas :

¿Cómo es la onda emitida ?

¿Se puede inferir algo de los resultados?

Estimación de la velocidad de propagación del sonido c en el medio.