



a) $f_1 > f_0$ debido a que el murciélago recibe la onda ultrasónica cuando ambos se acercan (se agoriza) mientras que en f_0 la onda se aleja (más grave).

b) Dividamos el problema en partes:

i) El murciélago emite un sonido con frecuencia f_0 y la pared actúa como receptor percibiendo una frecuencia f_p .

ii) El sonido rebota en la pared siendo emitida con frecuencia f_p y el murciélago actúa como receptor percibiendo una frecuencia f_1 .

i) Por definición la frecuencia percibida por efecto doppler viene dada por:

$$f' = \frac{v + v_r}{v + v_f} f_i$$

v_f : velocidad de la fuente wr al medio
 v_r : velocidad receptor

v : velocidad de la onda en el medio

f_i : frecuencia emitida

f' : frecuencia observada

$$\text{Aquí } f' = f_p, \quad f_i = f_o, \quad v_r = 0$$

(la pared está quieta), $v_f = v_m$ (velocidad murciélago) y $v = v_s$ (la velocidad del sonido en el aire).

$$\rightarrow f_p = \frac{v_s}{v_s - v_m} f_o$$

La resta es porque el murciélago se acerca a la pared.

ii) Análogamente en el segundo caso:

$$\rightarrow f_i = \frac{v_s + v_m}{v_s} f_p$$

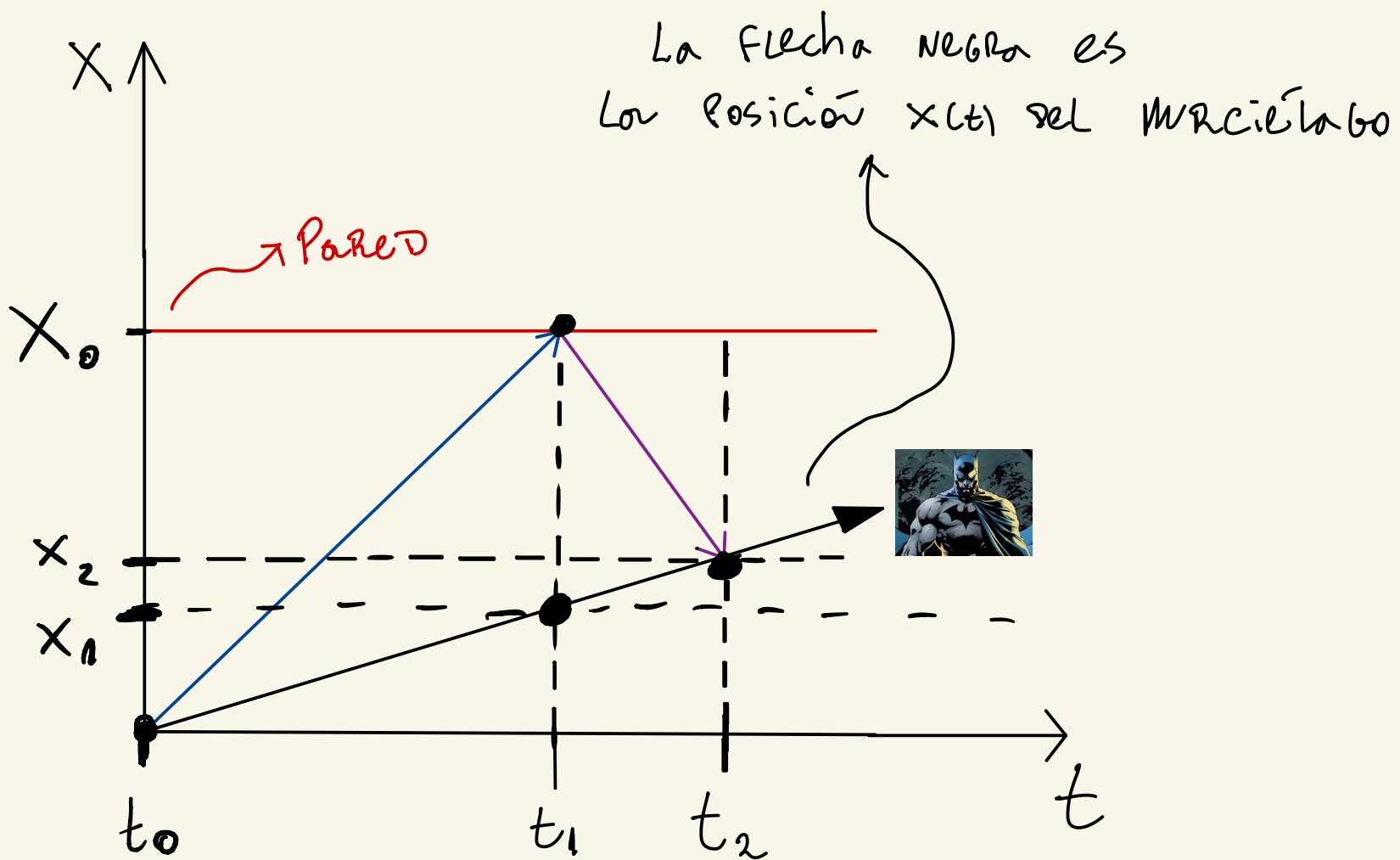
$$\Rightarrow f_i = \left(\frac{v_s + v_m}{v_s} \right) \cdot \left(\frac{v_s}{v_s - v_m} \right) f_o$$

$$\Rightarrow f_i = \frac{v_s + v_m}{v_s - v_m} f_o$$

$$\rightarrow F_1 v_s - F_1 v_m = F_0 v_s + F_0 v_m$$

$$\Rightarrow v_m = \frac{F_1 - F_0}{F_1 + F_0} v_s$$

Ahora para la distancia observamos la figura:



t_0 : tiempo en el que el murciélago emite la onda

t_1 : " " " " la pared recibe la onda

t_2 : " " " " el murciélago recibe la onda de nuevo

X_0 : posición de la pared $x(t)$ al sist. de coord. con origen en la pos. inicial del murciélago.

X_1 : " del murciélago cuando el sonido llega a la pared.

X_2 : " " " cuando recibe el eco de la pared

La distancia de la pared y el murciélago cuando este recibe el eco es simplemente:

$$d = X_0 - X_2$$

Pero $X_2 = v_m \cdot \Delta t$

$$\Rightarrow d = X_0 - v_m \Delta t \quad (1)$$

Notamos que:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \underbrace{(t_2 - t_1)}_{\Delta t_2} + \underbrace{(t_1 - t_0)}_{\Delta t_1}$$

$$\rightarrow \Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 \quad (2)$$

Por (1):

$$X_0 = d + v_m \Delta t$$

Pero $X_0 = v_s \cdot \Delta t_1$

$$\Rightarrow \Delta t_1 = \frac{d + v_m \Delta t}{v_s} \quad (3)$$

$$\text{Y adem\u00e1s } \Delta t_2 = \frac{d}{v_s} \quad (4)$$

el tiempo que se tarda la onda en devolverse hasta llegar al murci\u00e9lago a una distancia d .

Reemplazando (3) y (4) en (2):

$$\rightarrow \Delta t = \frac{d + v_m \Delta t}{v_s} + \frac{d}{v_s}$$

$$\rightarrow d = \frac{1}{2} (v_s - v_m) \Delta t$$

$$\rightarrow d = \frac{1}{2} \left(v_s - \left(\frac{f_1 - f_0}{f_1 + f_0} \right) v_s \right) \Delta t$$

$$\Rightarrow d = \frac{1}{2} \left[1 - \left(\frac{f_1 - f_0}{f_1 + f_0} \right) \right] v_s \Delta t$$