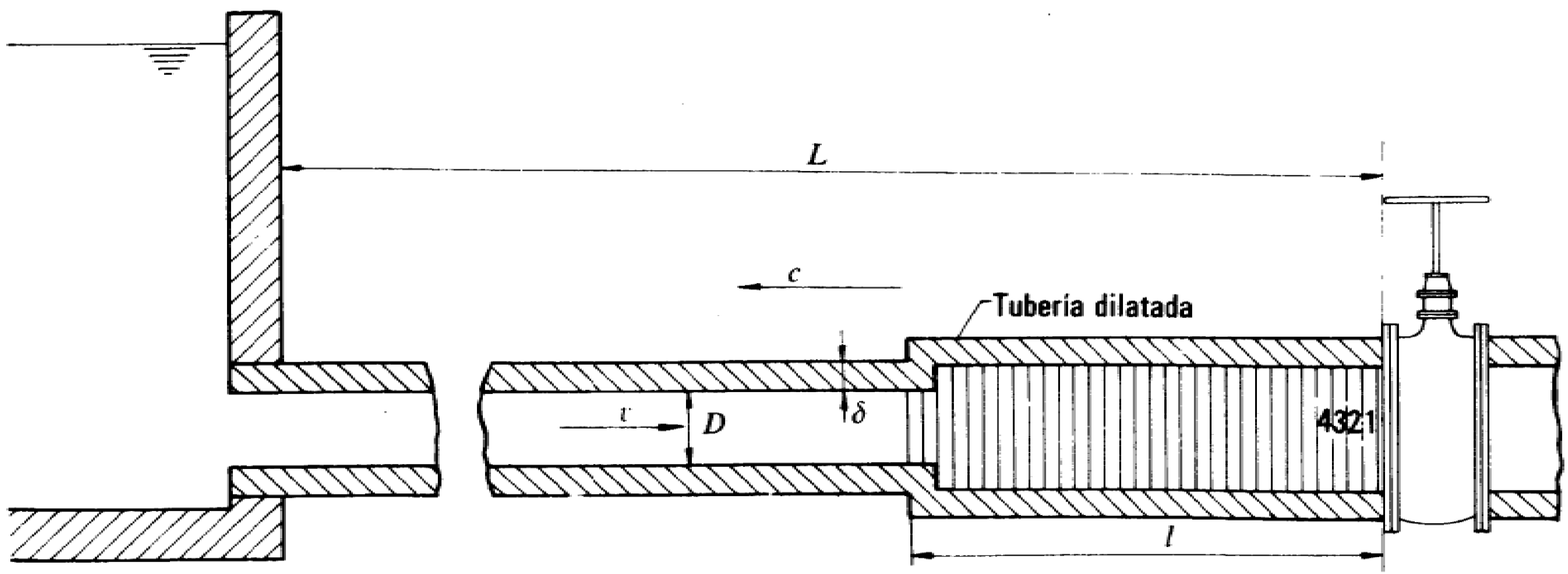
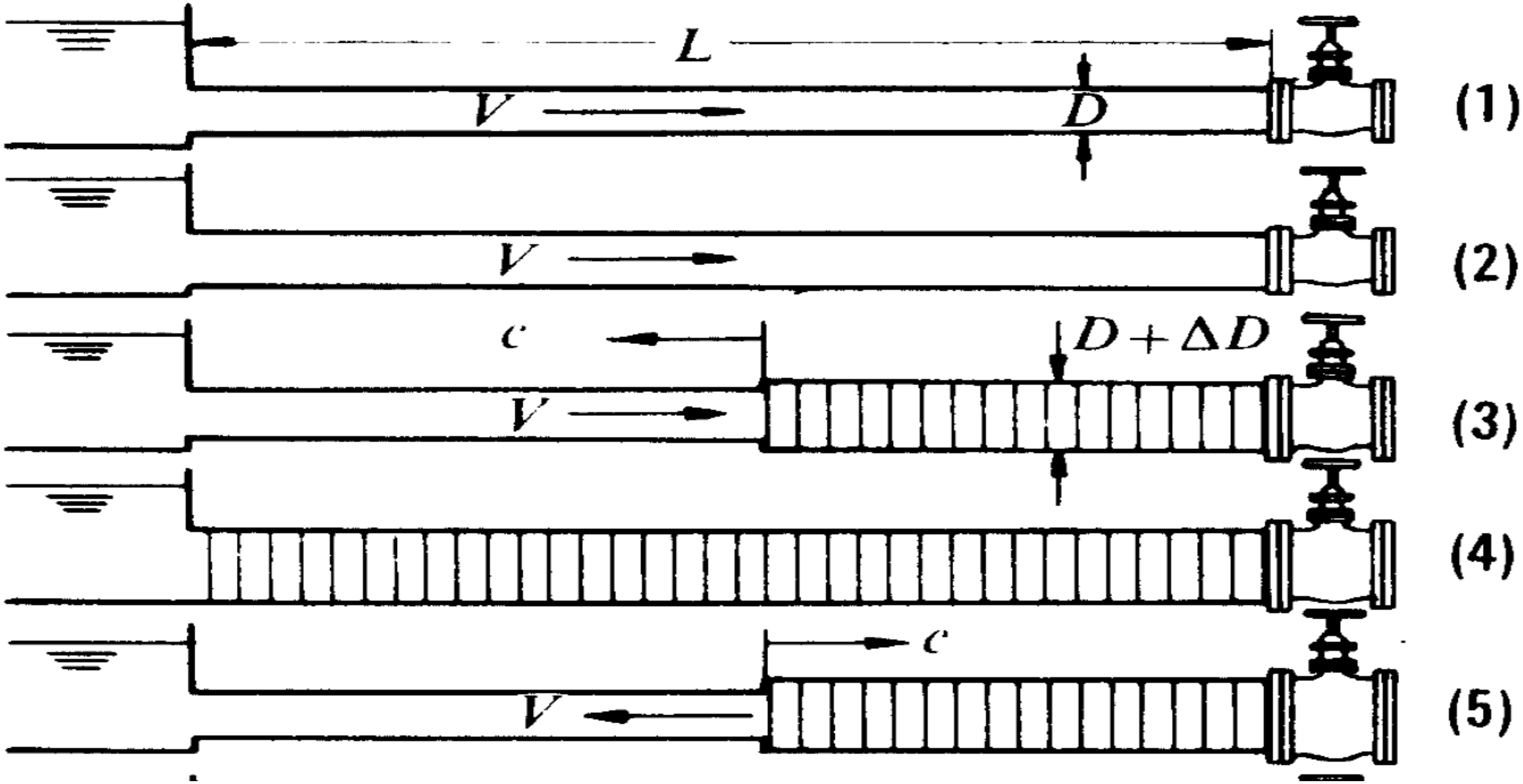
Golpe de ariete

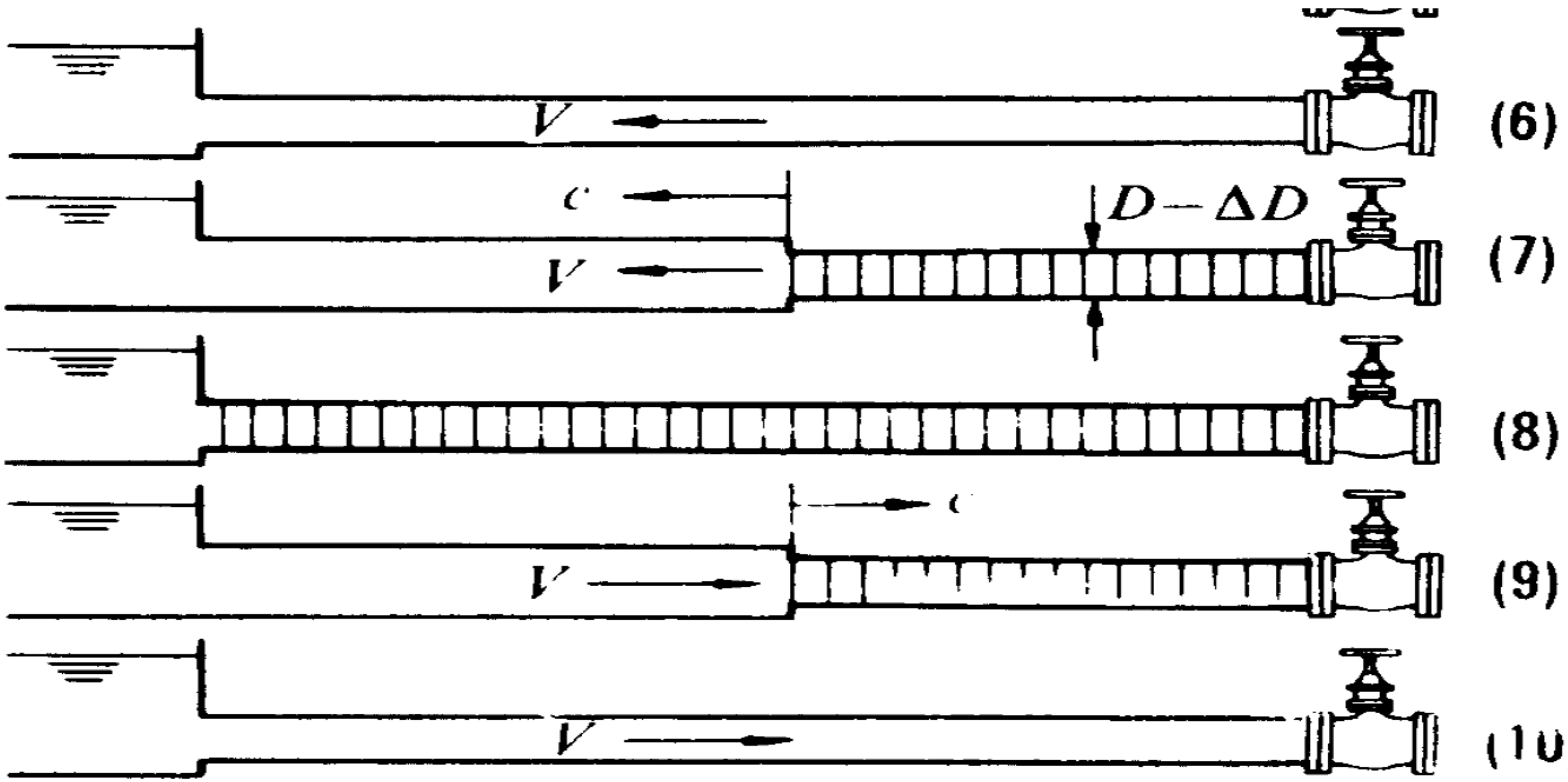
Fenómeno transitorio

$$c = \sqrt{\frac{E_v}{\rho}} = \sqrt{\frac{g}{\gamma}\, E_v}$$



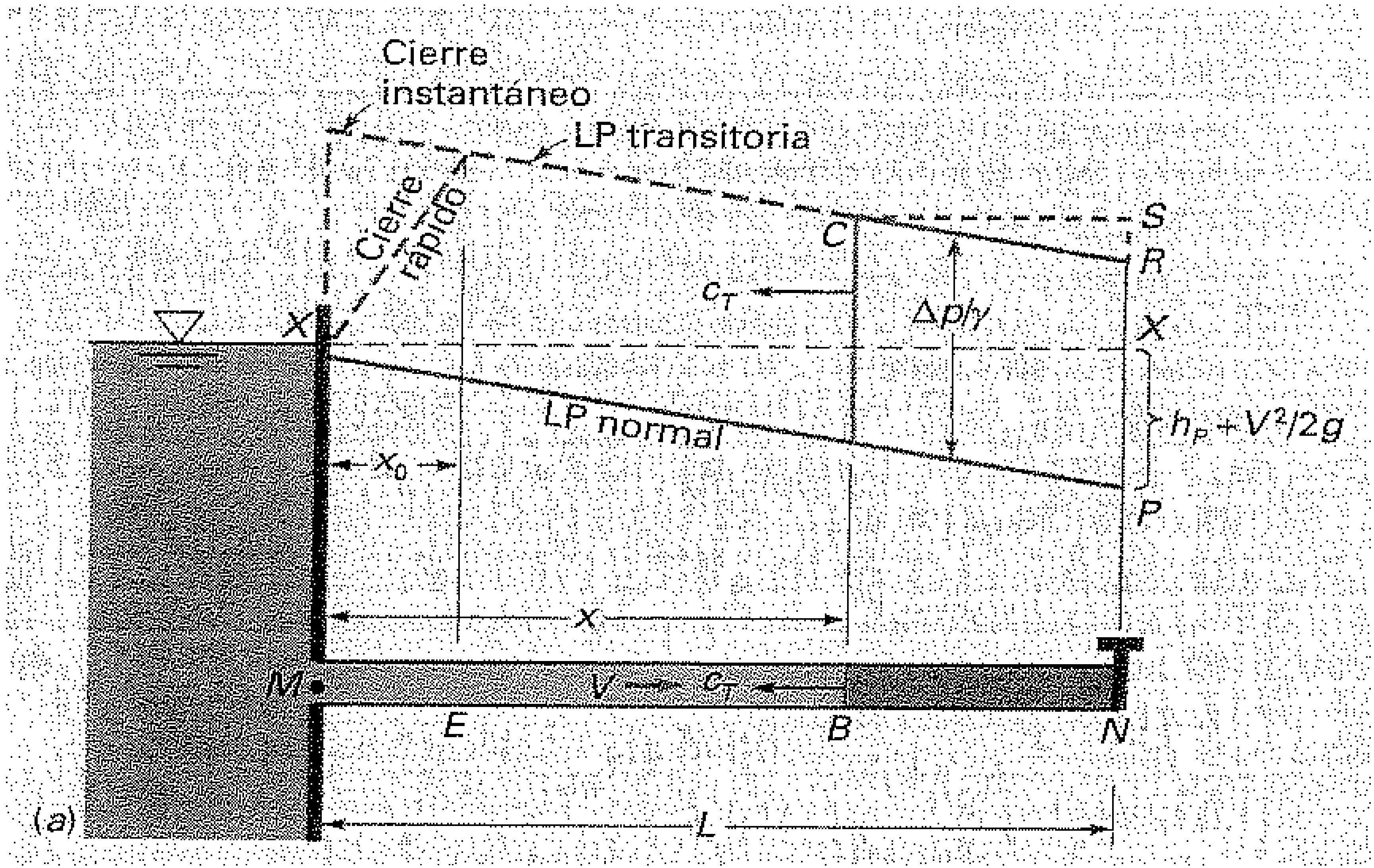


L
V
D
(1)
V
(2)
c
D + ΔD
V
(3)
(4)
c
V
(5)

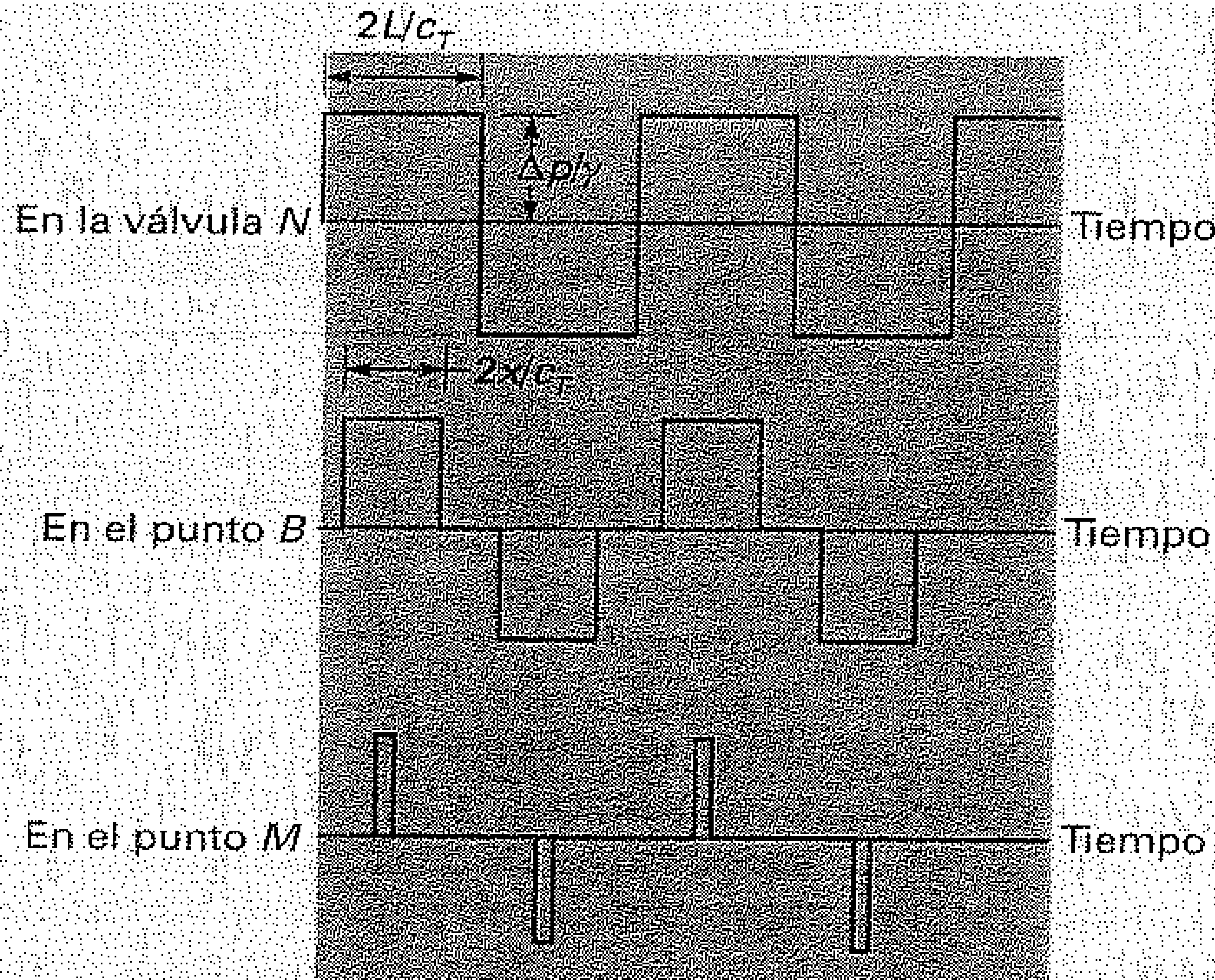


$$T_r = 2\,\frac{L}{c_T}$$

$(t_c < T_r)$ $(t_c > T_r)$



$$x_0 = \frac{c_T t_c}{2}$$

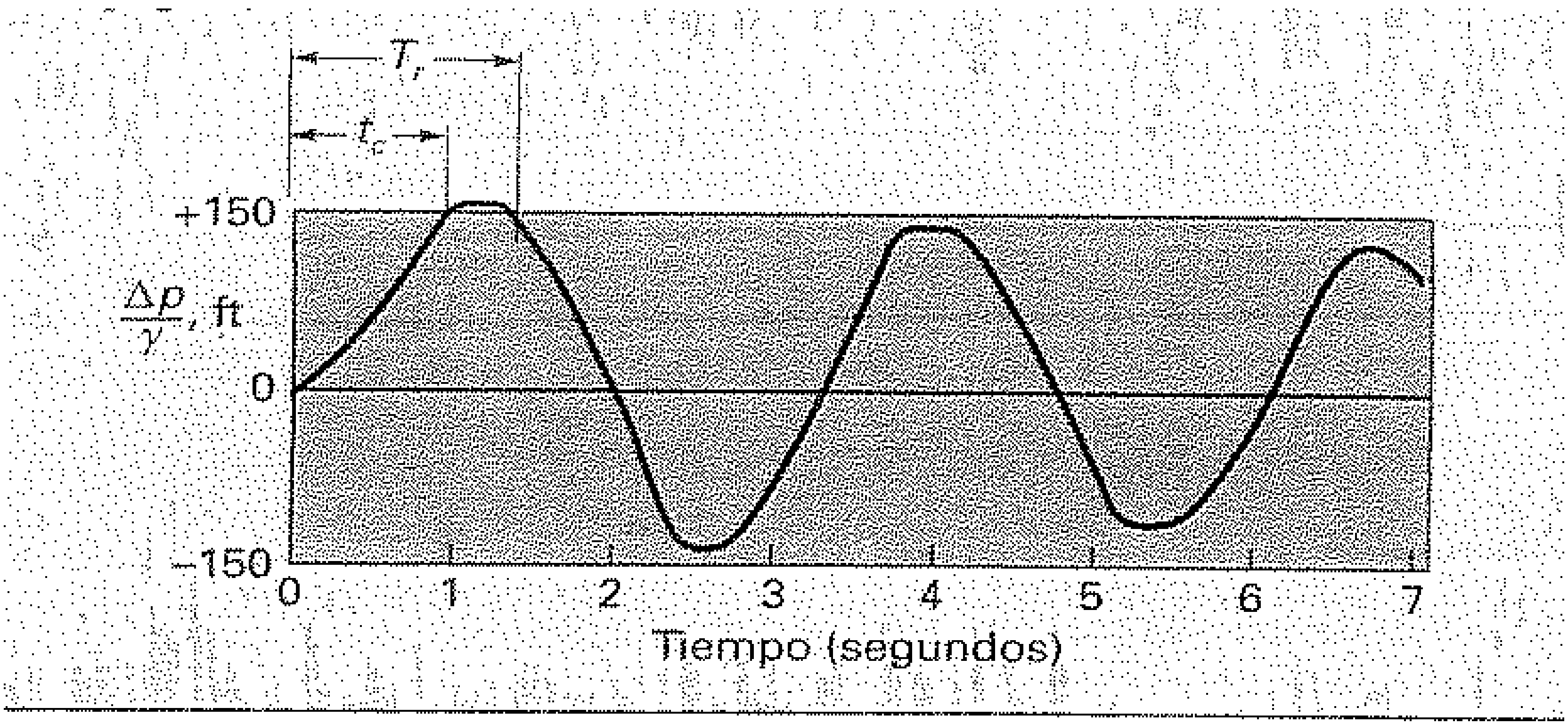


$2L/c_T$
$\Delta p/\gamma$
En la válvula N
Tiempo
$2x/c_T$
En el punto B
Tiempo
En el punto M
Tiempo

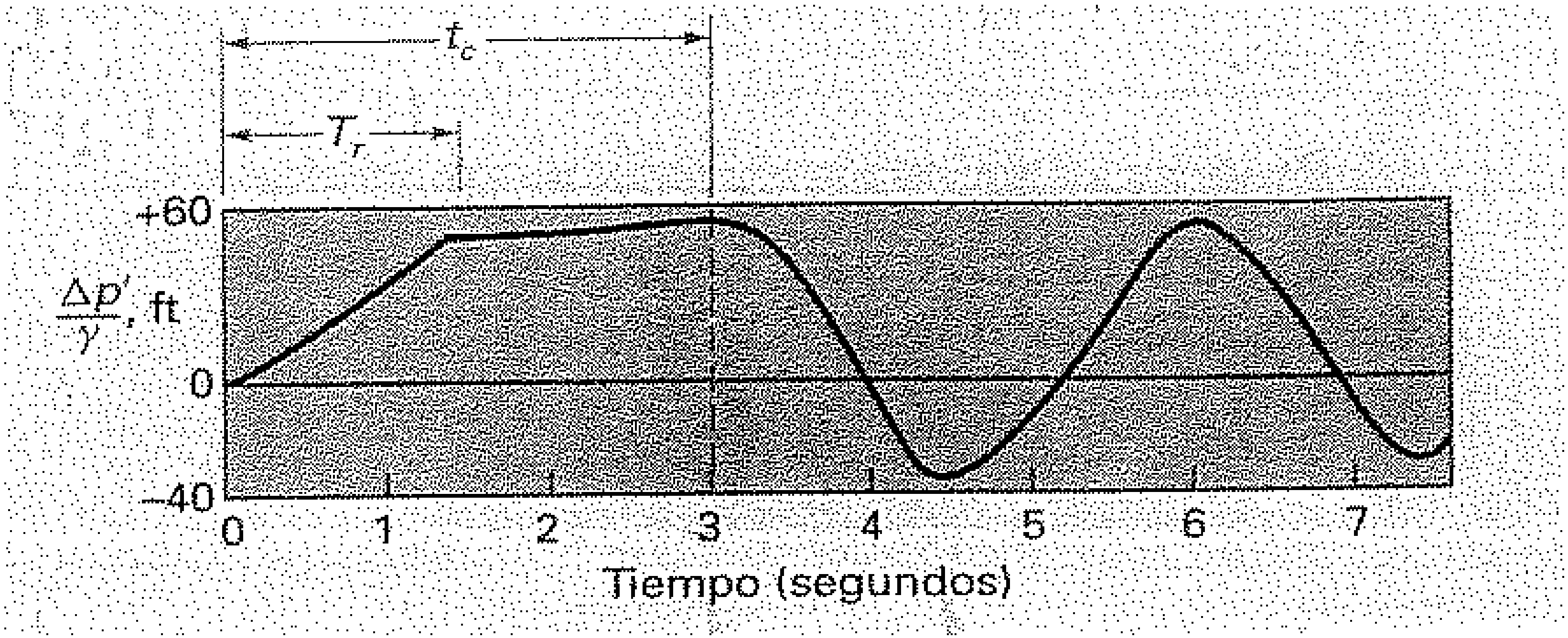
(*b*)

Cierre rápido ($t_c < T_r$)

$$x_0 = \frac{c_T t_c}{2}$$



Cierre gradual ($t_c > T_r$)



$$c = \sqrt{\frac{E_v}{\rho}} = \sqrt{\frac{g}{\gamma} E_v}$$

Agua es de 1440 m/s,
Aire es de 320 m/s

En una cañería Ev se reemplaza por Ec.

Consideramos una variación de volumen dv´ debida a la compresión de fluido y luego otra dv¨ debido a la deformación de la cañería

$$E_c = -v\, dp/(dv' + dv'')$$

$$\frac{1}{E_c} = -\frac{dv'}{v\ dp} - \frac{dv''}{v\ dp}$$

$$dv''/(v\, dp) = 2r/Et = D/Et,$$

$$E_c = \frac{E_v}{1 + \frac{D}{t}\frac{E_v}{E}} = \frac{1}{\frac{1}{E_v} + \frac{D}{tE}}$$

$$c_1 = \sqrt{\frac{E_c}{\rho}} = \sqrt{\frac{E_c}{\rho}\frac{E_v}{E_v}} = c\sqrt{\frac{E_c}{E_v}} = c\sqrt{\frac{1}{1 + (D/t)(E_v/E)}}$$

$$F\,\Delta\, t = m\,\Delta\, V$$

$$[pA - (p + \Delta p)A]\Delta t = (\rho A c_T\, \Delta t)\Delta V$$

$$\boxed{\Delta p = -\rho c_T\, \Delta V}$$

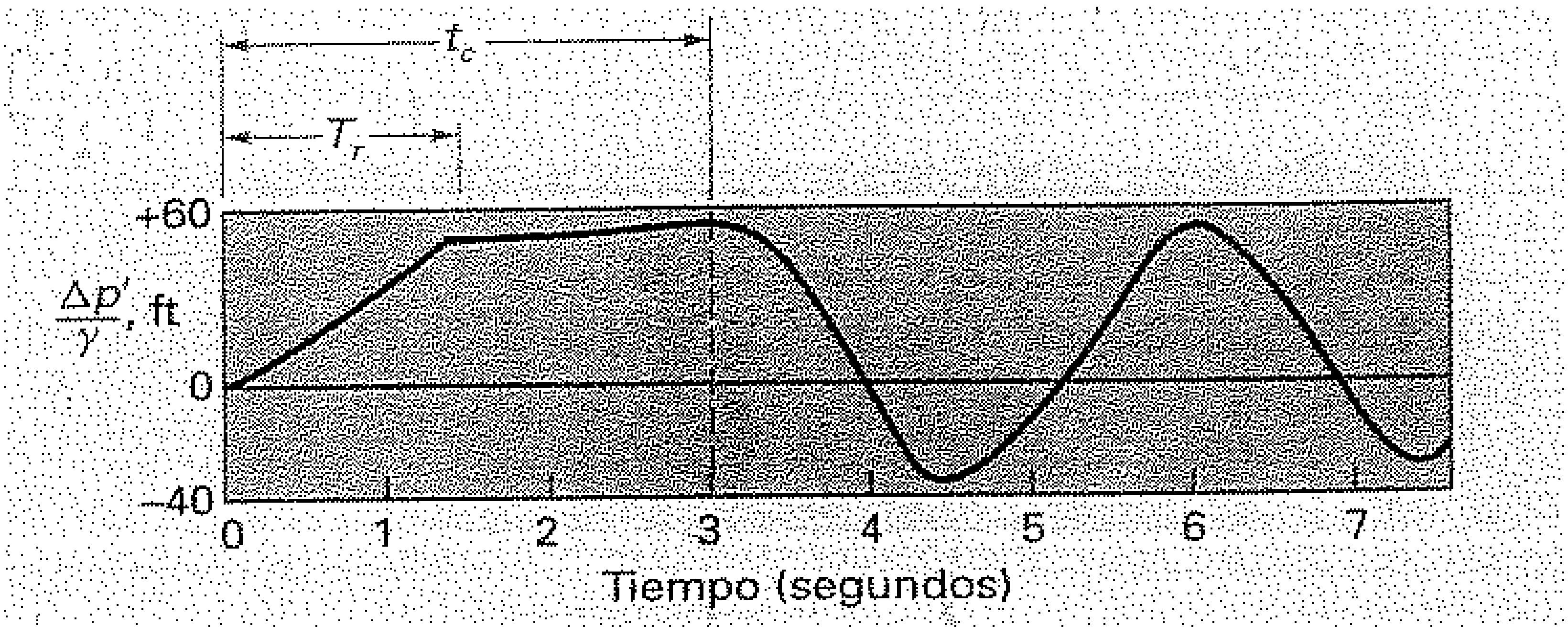
$$\Delta p = -\Delta V\sqrt{\rho E_c} = -\Delta V\sqrt{\frac{\gamma}{g\left(\frac{1}{E_v} + \frac{D}{tE}\right)}}$$

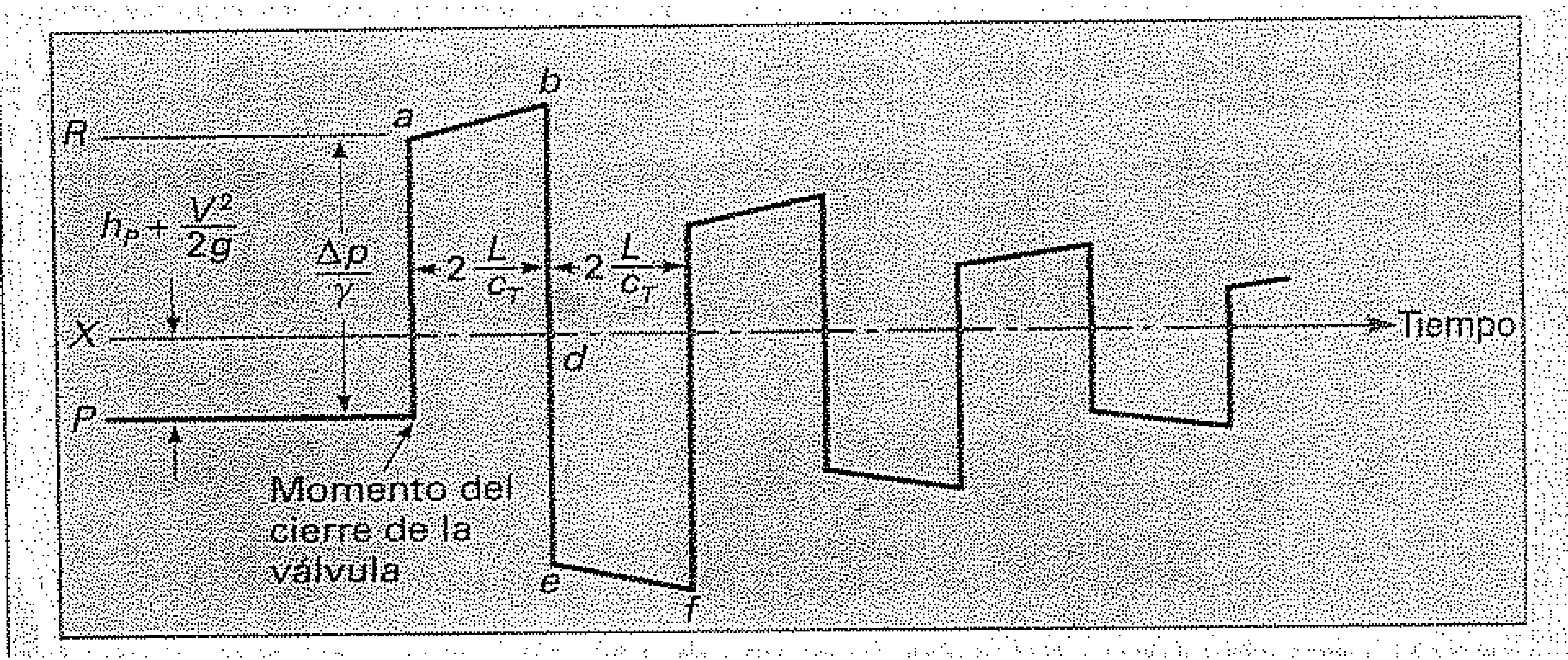
Esta fórmula es válida
para cierre instantáneo

Cierre gradual ($t_c > T_r$)

$$\frac{\Delta p'}{\Delta p} \approx \frac{L}{x_0}$$

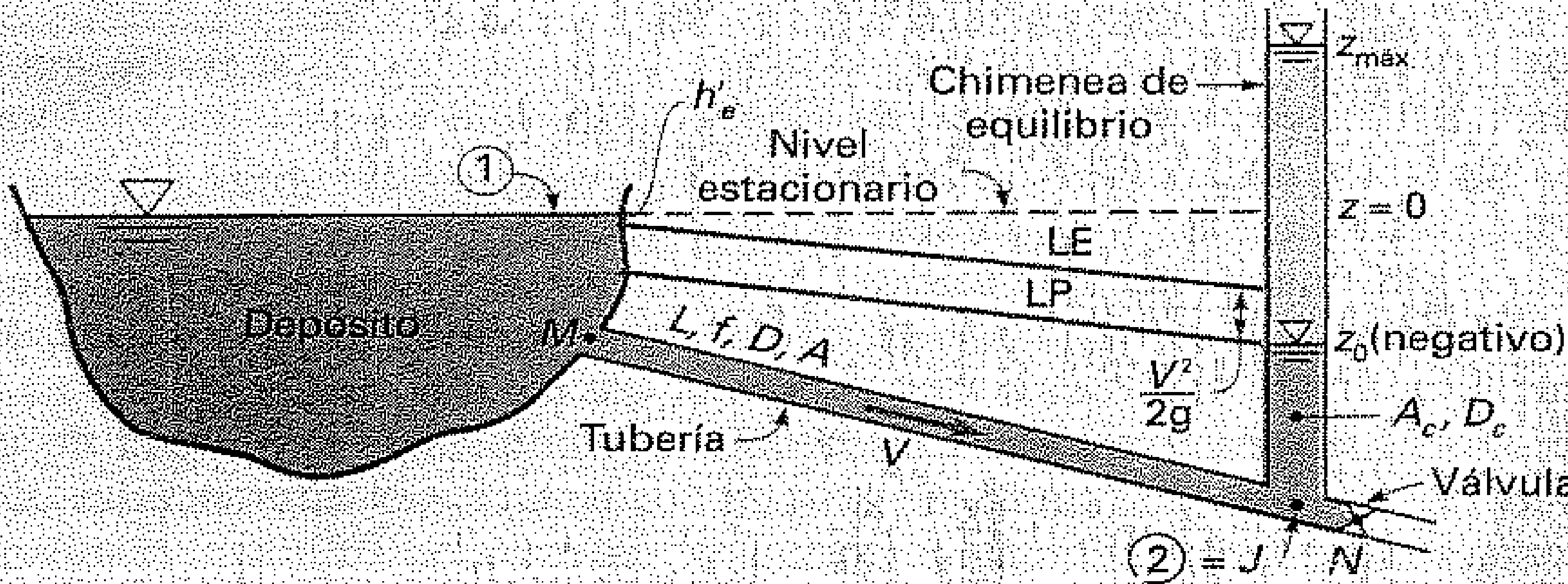
$$\Delta p' \approx \frac{L}{x_0}\Delta p = \frac{2L}{c_T t_c}\Delta p = \frac{2L\rho\ \Delta V}{t_c}$$





R
a
b
$h_P + \frac{V^2}{2g}$
$\frac{\Delta p}{\gamma}$
$2\frac{L}{c_T}$
$2\frac{L}{c_T}$
X
Tiempo
d
P
Momento del cierre de la válvula
e
f

Modelo para el análisis de las chimeneas de equilibrio.



El golpe de ariete es más peligroso cuando

- Cuanto mayor sea la longitud de la tubería
- Cuanto mayor sea la velocidad del líquido en la tubería
- Cuanto más rápido sea el cierre de la válvula