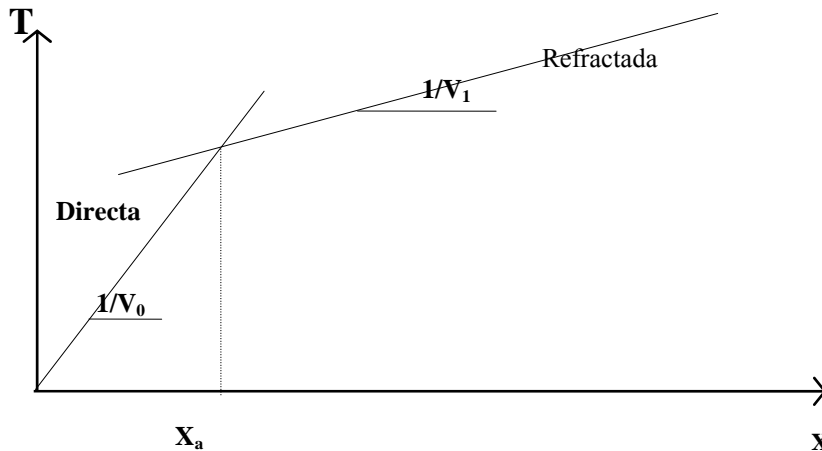


*Guía de Ejercicios**Sísmica*

1)



Considere el gráfico camino-tiempo de la figura anterior, correspondiente al caso de una capa horizontal sobre un semi-espacio de velocidades sísmicas  $V_0$  y  $V_1$  respectivamente ( $V_1 > V_0$ ). Demuestre que el espesor  $H$  de esta capa viene dado por:

$$H = \frac{X_a}{2} \sqrt{\frac{V_1 - V_0}{V_1 + V_0}}$$

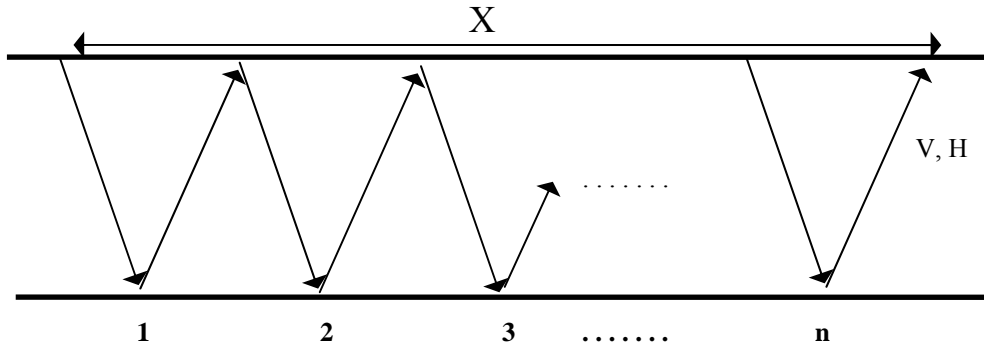
donde  $X_a$  es la distancia en que se interceptan las rectas correspondientes a las ondas directa y refractada.

2)

**a)** Explique qué se entiende por: Frente de Ondas, Rayos, Principio de Fermat, Ondas P y S.

**b)** ¿Qué factores contribuyen a la disminución de la amplitud de una señal sísmica que se propaga desde una fuente puntual? ¿Qué papel juega el contenido de frecuencia de esta señal?

3)

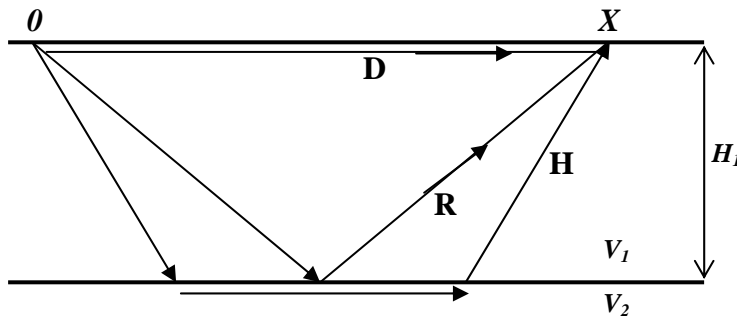


Para el n-esimo múltiplo representado en la figura de arriba, demuestre que la curva camino-tiempo es una hipérbola del tipo:

$$T^2 = T_n^2 + \frac{X^2}{V_n^2}$$

Encuentre explícitamente los valores de  $T_n$  y  $V_n$  en función de  $V$  y  $H$ .

4)



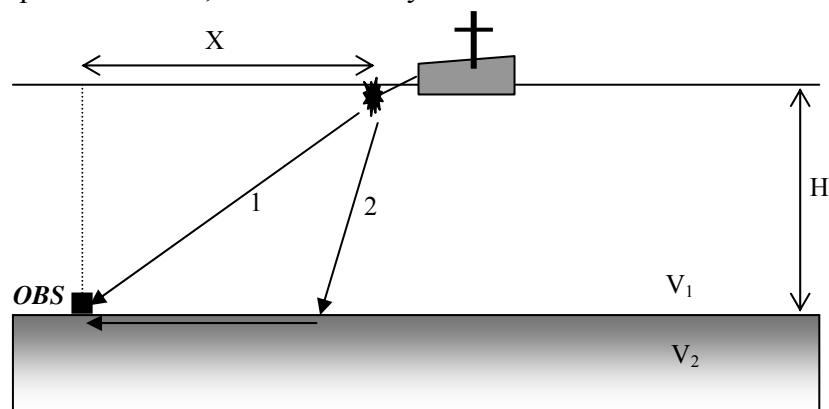
Considere el modelo sísmico básico de una capa homogénea de espesor  $H_1$  y velocidad  $V_1$ , sobre un semi-espacio también homogéneo de velocidad  $V_2 > V_1$ .

- Considere  $H_1 = 50$  m,  $V_1 = 2$  km/s y  $V_2 = 5$  km/s, y calcule la distancia mínima ( $X_c$ ) en la que comienza a existir la onda refractada ( $H$ ).
- Para los mismos valores de la parte a), calcule la distancia mínima ( $X_a$ ) en la cual la onda refractada ( $H$ ) comienza a ser primera llegada.
- Grafique esquemáticamente las curvas camino-tiempo ( $X-T$ ) correspondientes a las ondas directa ( $D$ ), reflejada ( $R$ ), y refractada ( $H$ ). Muestre claramente sus propiedades y las relaciones existentes entre ellas, en particular la ubicación de los puntos  $X_c$  y  $X_a$  de las preguntas anteriores.

- 5) Considere un experimento típico de sismica marina donde la adquisición de datos se lleva a cabo usando sismómetros de fondo de mar (Ocean Bottom Seismometer, OBS), y como fuente se usan cañones de aire arrastrados por un barco en la superficie. Considere una línea hecha en un sector donde la profundidad de agua  $H$  se mantiene constante, existen sedimentos homogéneos por debajo del fondo, y las velocidades de propagación de ondas sísmicas del agua y los sedimentos son  $V_1$  y  $V_2$  respectivamente,  $V_2 > V_1$ .

a) Calcule las curvas camino-tiempo  $T = T(X)$  para las ondas directa (1) y refractada (2). Grafique su resultado.

b) ¿A partir de que distancia se comienza a recibir la onda refractada? ¿Cuál es esta distancia para  $H = 1$  km,  $V_1 = 1.5$  km/s y  $V_2 = 2.0$  km/s ?



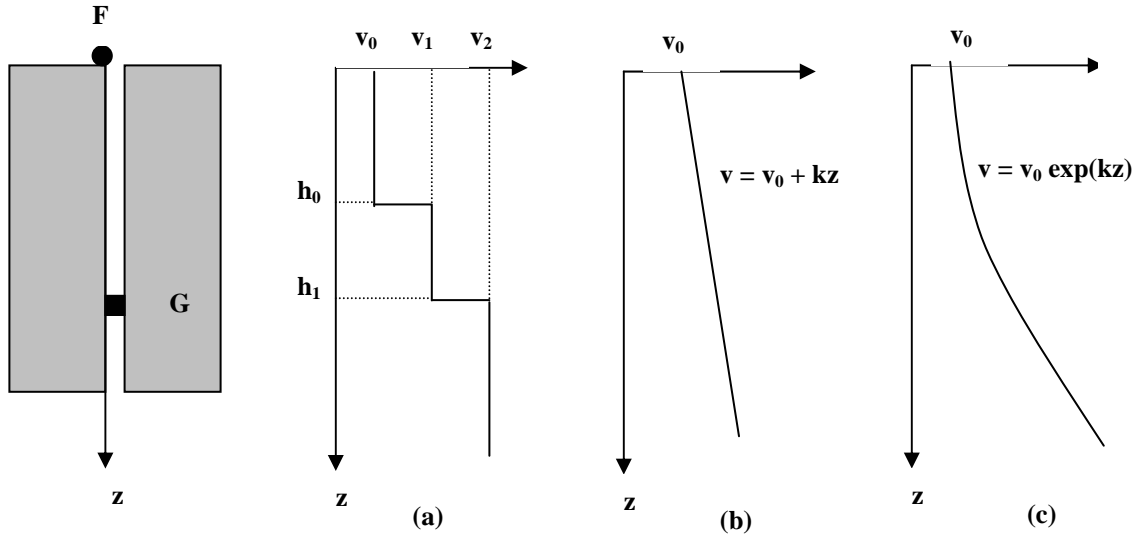
6)

a) Considere una fuente sísmica que produce una señal cuyo espectro es plano entre frecuencias  $f$  de 10 y 100 hz, que se propaga por espacio de 1 km en un medio atenuante con velocidad de propagación  $V = 2$  km/s y factor de calidad  $Q=100$ . ¿Al cabo de esta propagación, cuál es la amplitud relativa de las componentes de 50 hz y 100 hz respecto de la componente de 10 hz? ¿Qué efecto sobre la amplitud y la forma de la señal que emana desde la fuente tiene esta propagación? Recuerde que para señales sísmicas el coeficiente de absorción  $\alpha$  viene dado por:

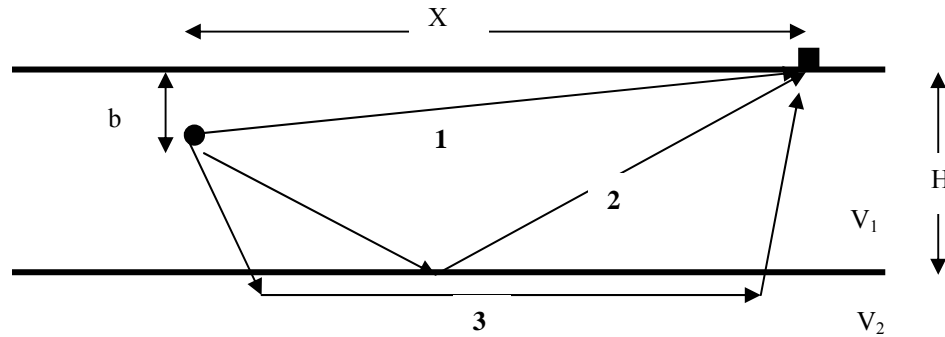
$$\alpha = (\pi f) / (QV)$$

b) Aparte de la atenuación intrínseca considerada en 2a) ¿Qué otros factores contribuyen a la disminución de la amplitud de una señal sísmica que se propaga desde una fuente puntual?

- 7) Considere un perfil sísmico vertical, llevado a cabo con geófonos (G) ubicados en profundidad ( $z$ ) dentro de un pozo, y donde la fuente (F) se ha colocado en la boca del pozo directamente sobre ellos. Calcule curvas camino-tiempo,  $T = T(z)$ , para los 3 tipos de modelos de velocidad representados en la figura. Represente su resultado gráficamente.



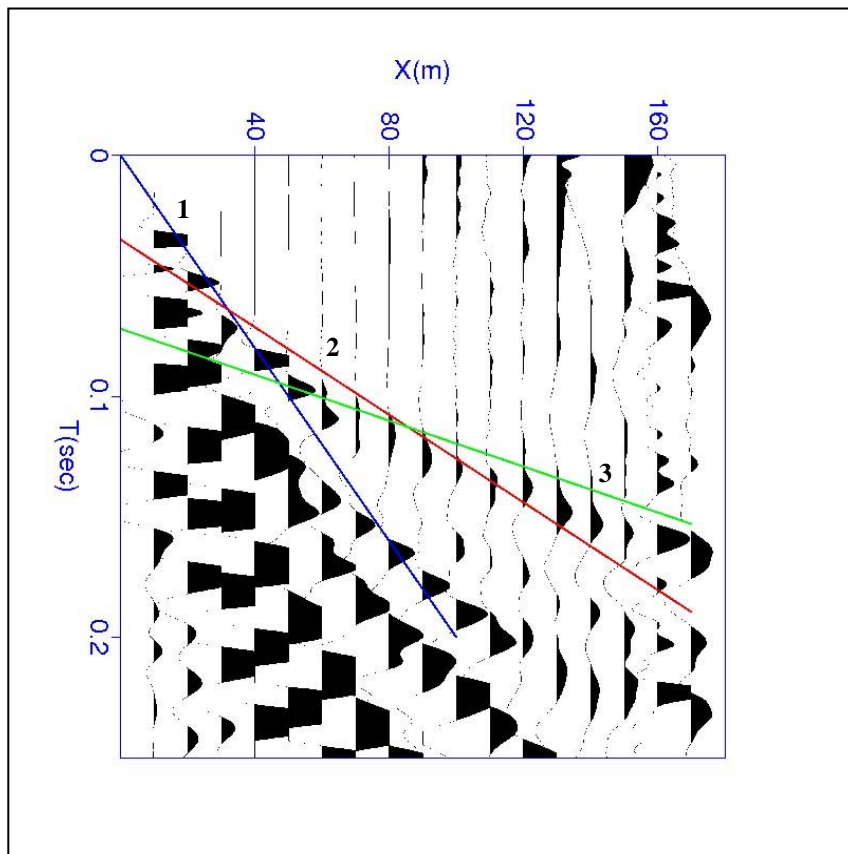
- 8) Considere una capa homogénea de espesor  $H$  y velocidad  $V_1$  sobre un semiespacio de velocidad  $V_2 > V_1$ . Calcule las curvas camino-tiempo  $T = T(X)$  para las ondas directa (1), reflejada (2), y refractada (3) de la situación mostrada en la figura, donde la fuente se encuentra a una profundidad  $b < H$  y el receptor está en la superficie. Grafique su resultado. ¿A partir de que distancia se comienza a recibir la onda refractada? ¿A partir de que distancia la onda refractada comienza a ser primera llegada?



9) Para encontrar la profundidad al basamento en una cuenca sedimentaria, se midieron tiempos de travesía entre un disparo y 12 geófonos espaciados cada 50 pies y ubicados sobre una línea recta a partir del punto de disparo. Asumiendo un relleno sedimentario homogéneo y una interfaz plana entre sedimentos y basamento, determine la profundidad al basamento a partir de los datos camino-tiempo resumidos en la siguiente tabla:

X(pies)	T(msec)	X	T	X	T
50	19	250	59	450	72
100	29	300	62	500	76
150	39	350	65	550	78
200	50	400	68	600	83

10)



La figura muestra un registro sísmico adquirido en la salida a terreno del curso (2007) al sector de Las Vizcachas-Pte.Alto. El registro muestra 17 trazas sacadas de dos disparos (martillazos) efectuados hacia el NW de la línea de geófonos durante la adquisición del segundo perfil. Considerando una estructura lateralmente homogénea, se puede asumir que el registro mostrado es equivalente a un disparo realizado en  $X=0$ , con geófonos ubicados a distancias  $X=10,20,30,\dots,170$  m. Para la interpretación de este registro y obtener un modelo de velocidad versus profundidad, los tiempos para las primeras llegadas se ajustan mediante tres rectas:

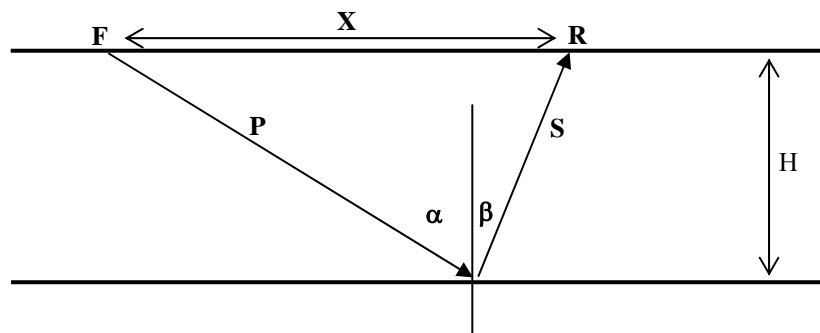
Recta 1:  $T_1 = X/500$ , Recta 2:  $T_2 = 0.035 + X/1100$ , Recta 3:  $T_3 = 0.072 + X/2100$

donde  $T_1, T_2$  y  $T_3$  son tiempos en segundos, y  $X$  es la distancia en metros.

**a)** Asumiendo una estructura sísmica unidimensional ( $V=V(z)$ ), invierta la información camino-tiempo resumida en las rectas de ajuste  $T_1, T_2$  y  $T_3$ , y obtenga una estructura de 2 capas sobre un semi-espacio inferior.

**b)** Discuta e interprete su resultado. ¿Son las velocidades y espesores encontrados coherentes con lo observado en terreno?

**11)** Considere una reflector al fondo de una capa homogénea, en el cual una onda **P** incidente desde una fuente **F** en superficie, se convierte en onda **S** y es reflejada de vuelta a un receptor **R** también en superficie. En su trayectoria entonces, esta onda viaja con velocidad  $V_p$  hacia abajo, y con  $V_s < V_p$  hacia arriba. Note que en este caso, el ángulo de incidencia ( $\alpha$ ) no es igual que el ángulo de reflexión ( $\beta$ ). Los rayos sin embargo, siguen cumpliendo el principio de Fermat de tiempo mínimo. Utilice este principio, y obtenga una relación que ligue los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$ . Para  $X \gg H$  ¿Hacia que valores tienden estos ángulos? En general para este tipo de reflexión ¿cómo calcularía las curvas camino-tiempo  $X-T$  correspondientes?



**12)**

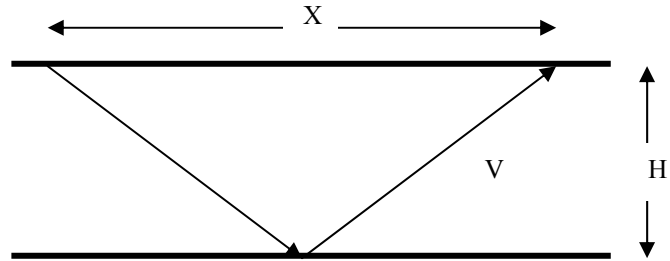
**a)** Explique que se entiende por: Frente de ondas, rayos, ondas P y S, principio de Fermat.

**b)** ¿Qué factores contribuyen a la disminución de la amplitud de una señal sísmica que se propaga desde una fuente puntual? ¿Qué papel juega el contenido de frecuencia de esta señal?

**c)** ¿Qué se entiende por frecuencia de Nyquist y como se relaciona esta con el intervalo de muestreo de una señal sísmica?

- 13) La tabla muestra datos camino-tiempo ((X-T) correspondientes a las reflexiones desde el fondo de una capa homogénea de espesor H y velocidad de propagación de ondas elásticas V. Encuentre V y H a partir de los datos entregados en la tabla.

X(m)	T(ms)
20	51
70	61
80	64
130	82
140	86
180	103



- 14) Considere un perfil sísmico vertical, llevado a cabo con geófonos (G) ubicados a profundidad (z) dentro de un pozo, y donde la fuente (F) se ha colocado en la boca del pozo directamente sobre ellos. Calcule la curva camino-tiempo,  $T = T(z)$ ,  $0 \leq z \leq h_n$ , para el modelo de velocidad representado en la figura, donde la velocidad varía linealmente a tramos de profundidad, manteniéndose continua al pasar de un tramo al siguiente. Represente su resultado gráficamente.

