

Geofísica de la Tierra Sólida 2011 - Certamen 2

2 horas

Importante: Hay que elegir 5 de las 7 preguntas de la sección A, y elegir 2 de las 4 preguntas en la sección B.

La sección A consta de 25 puntos, la sección B de 25.

Sección A [Elige 5 de las 7 preguntas. Todas las preguntas constan de 5 pts (=50% en total)]

A1)

(a) [2 pts] El tensor de tensión esta dada por:

$$\epsilon_{ij} = \begin{pmatrix} \epsilon_{11} & \epsilon_{12} & \epsilon_{13} \\ \epsilon_{21} & \epsilon_{22} & \epsilon_{23} \\ \epsilon_{31} & \epsilon_{32} & \epsilon_{33} \end{pmatrix} \quad (\text{A1})$$

¿que representan los subíndices i y j ?

(b) [3 pts]

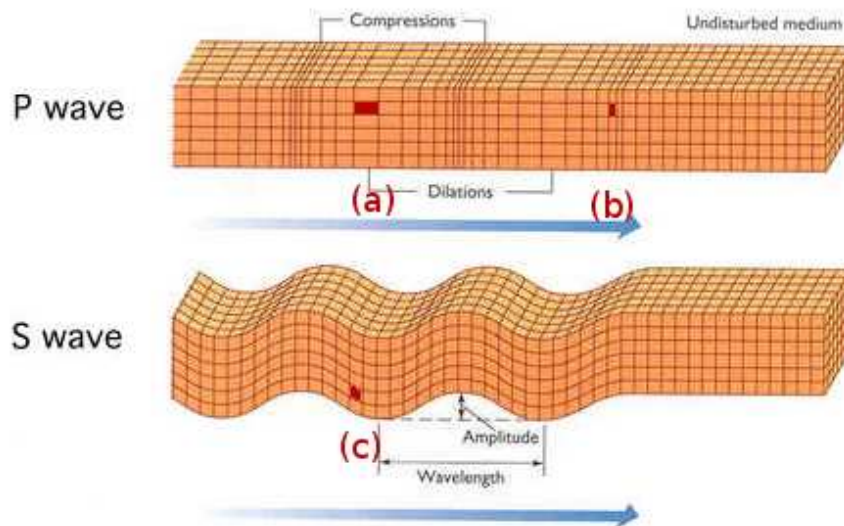


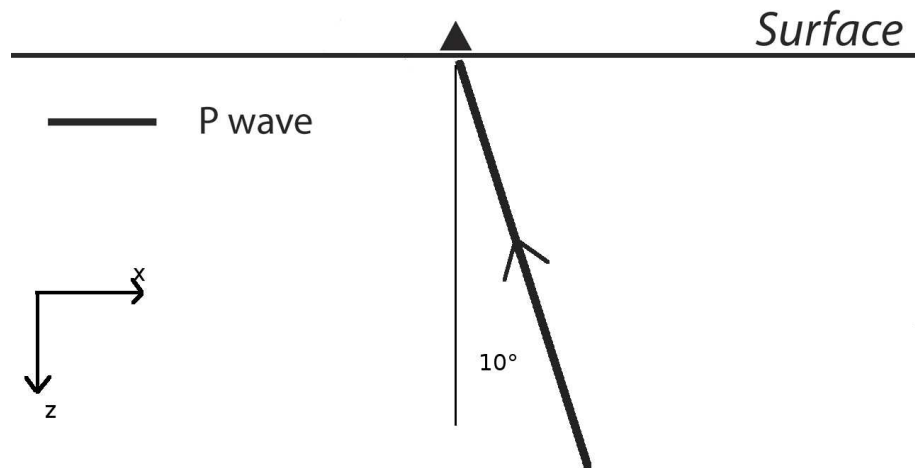
Fig A1: El cambio en la forma de los elementos de volúmen cuando pasa una onda- P y una onda- S .

La figura muestra ondas- P y S pasando por un medio. ¿Cuál es ϵ_{ii} , es decir $\epsilon_{11} + \epsilon_{22} + \epsilon_{33}$, para los elementos de volúmen marcados en rojo (positivo, negativo, o cero)?

- (a) Una dilatación por la onda- P .
- (b) Una compresión por la onda- P .
- (c) Una deformación de cizalle por la onda- S .

A2)

[5 pts] La figura muestra una onda- P en el plano $x - z$ llegando a un sismómetro de tres componentes (x, y, z). El ángulo del rayo con la vertical es de 10° , y el medio es homogéneo e isotrópico.

Fig A2: Onda- P llegando a un sismómetro.

Calcule la tasa entre la amplitud de la onda- P en las tres componentes del sismómetro.

- Amplitud en la componente x : Amplitud en la componente z
- Amplitud en la componente x : Amplitud en la componente y
- Amplitud en la componente z : Amplitud en la componente y

A3)

(a) [1 pt] ¿Qué es una onda de cuerpo?

(b) [2 pts] ¿Qué es una onda evanescente?

(c) [2 pts] De un ejemplo de una onda de cuerpo, y un ejemplo de una onda evanescente, en sismología.

A4)

[5 pts] Use dibujos para describir las siguientes fases sísmicas:

- PcP, SKJKP, SS, PKKP, LQ

A5)

La figura muestra una falla transformante en el océano, entre dos secciones de dorsal mid-oceánica.

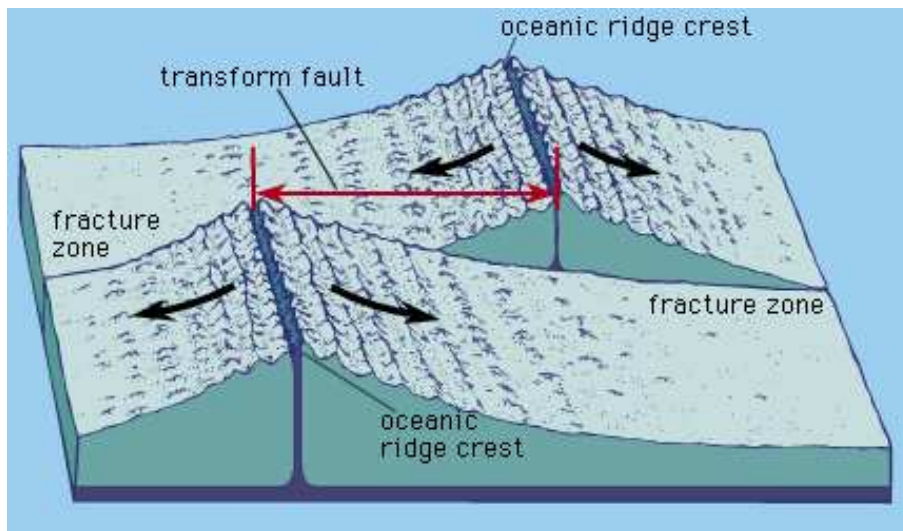


Fig A5: Una falla transformante en el océano.

[5 pts] Explique en detalle ¿por qué existen fallas transformantes en los océanos?

A6)

La ecuación de difusión es

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \nabla^2 T \quad (\text{A6})$$

(a) [1 pt] ¿Qué son las unidades de la difusividad térmica, κ ?

(b) [2 pts] Use las unidades de κ para definir la longitud de difusión, L , en términos de κ y t .

(c) [2 pts] Tengo una taza de cerámica ($\kappa = 4 \times 10^{-6} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$) que tiene lados con un espesor de 2mm. Si tengo la taza en mi mano, y la lleno con agua caliente, estime el tiempo hasta que siento un aumento de temperatura en mis dedos.

A7)

La ley de Fourier de conducción es

$$\mathbf{q} = -k\nabla T \approx -k \frac{\Delta T}{\Delta z} \hat{\mathbf{z}} \quad (\text{A7})$$

donde \mathbf{q} es el flujo de calor en Wm^{-2}

(a) [1 pt] ¿Por qué hay un signo negativo en esta ecuación?

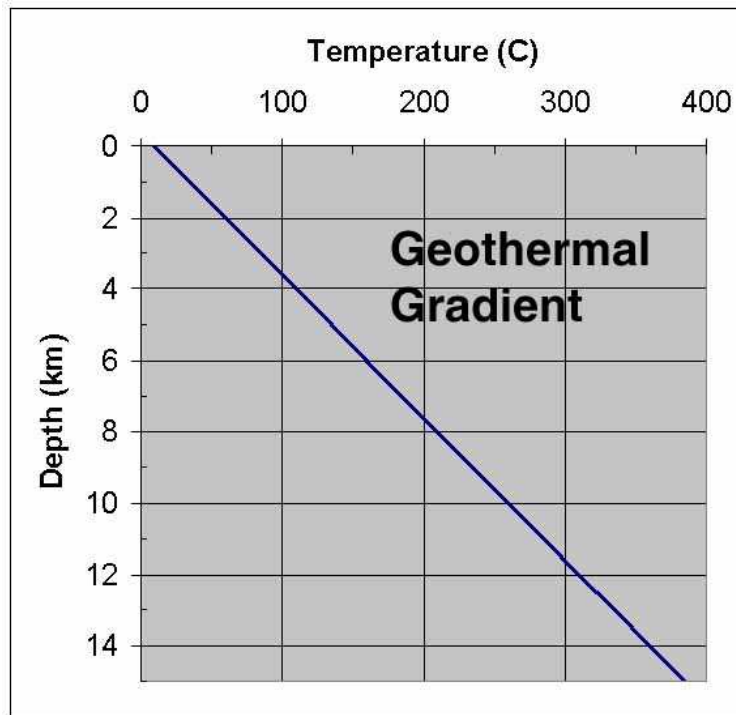


Fig A7: El geotérmo en la corteza.

(b) [4 pts] La figura muestra el aumento de temperatura con la profundidad en la corteza de la Tierra. Use la figura para estimar el flujo de calor en la superficie de la Tierra. (Use una conductividad para roca de $k = 3.0 \text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$).

Sección B [Elige 2 de las 4 preguntas, 12.5 pts cada una (=50% en total)]

B1) [12.5 pts total]

La ecuación de ondas en un medio puede ser escrito como

$$\rho \ddot{\mathbf{u}} = (\lambda + \mu) \nabla(\nabla \cdot \mathbf{u}) + \mu \nabla^2 \mathbf{u} \quad (\text{B1-1})$$

(a) [2.5 pts] ¿Qué significan ∇ , ρ , \mathbf{u} , λ y μ en esta ecuación?

(b) [5 pts] Use la ecuación de ondas, y la identidad vectorial

$$\nabla^2 \mathbf{u} = \nabla(\nabla \cdot \mathbf{u}) - (\nabla \times \nabla \times \mathbf{u}) \quad (\text{B1-2})$$

para mostrar que existen dos soluciones oscilatorias a la ecuación de ondas:

- (i) una ecuación que describe la propagación de una distorsión compresional que viaja a una velocidad α , y
 - (ii) una ecuación que describe la propagación de una distorsión rotacional que viaja a una velocidad β .
- (c) [2 pts] Escriba las velocidades α y β en términos de ρ , λ y μ .

(d) [3 pts] Suponga que $\lambda = \mu$ y que $\alpha = 6 \text{ km s}^{-1}$ en la corteza continental. En Concepción, si siento una onda- P de un terremoto superficial cerca de Arauco, estime ¿en cuantos segundos más viene la onda- S ?



Fig B1: La distancia entre Arauco y Concepción.

B2) [12.5 pts en total]

En sismología, podemos expresar el desplazamiento \mathbf{u} como

$$\mathbf{u} = \nabla\Phi + \nabla \times \Psi \quad (\text{B2-1})$$

donde el potencial escalar Φ esta asociado con la onda- P , y el potencial vectorial $\Psi = (\Psi_x, \Psi_y, \Psi_z)$ esta asociado con la onda- S .

(a) [4 pts] Para un rayo que se propaga en el plano $x - z$, muestre que el desplazamiento debido a una onda- P es

$$\mathbf{u} = (u_x, u_y, u_z) = \left(\frac{\partial\Phi}{\partial x}, 0, \frac{\partial\Phi}{\partial z} \right) \quad (\text{B2-2})$$

y que el desplazamiento debido a una onda- SV es

$$\mathbf{u} = (u_x, u_y, u_z) = \left(-\frac{\partial\Psi_y}{\partial z}, 0, \frac{\partial\Psi_y}{\partial x} \right) \quad (\text{B2-3})$$

(b) [3 pts] Use la definición para el tensor de estrés

$$\sigma_{ij} = \lambda\delta_{ij}(\nabla \cdot \mathbf{u}) + \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (\text{B2-4})$$

para mostrar que las componentes del tensor de estrés de una onda- P son

$$\begin{aligned} \sigma_{xz} &= 2\mu \frac{\partial^2\Phi}{\partial x\partial z} \\ \sigma_{yz} &= 0 \\ \sigma_{zz} &= \lambda\nabla^2\Phi + 2\mu \frac{\partial^2\Phi}{\partial z^2} \end{aligned} \quad (\text{B2-5})$$

(c) [3 pts] Encuentre una expresión similar para las componentes del tensor de estrés de una onda- SV , que muestra el acoplamiento entre las ondas P y SV .

(d) [2.5 pts] Explique la polarización de una onda con fase sísmica SKS, cuyo rayo se propaga en el plano $x - z$.

B3) [12.5 pts en total]

(a) [6 pts] Existen dos diferentes tipos de ondas de superficie. Describa sus características.

Piensen en

- Generación
- Movimiento particular
- Velocidad

(b) [4 pts] Ondas superficiales muestran dispersión:

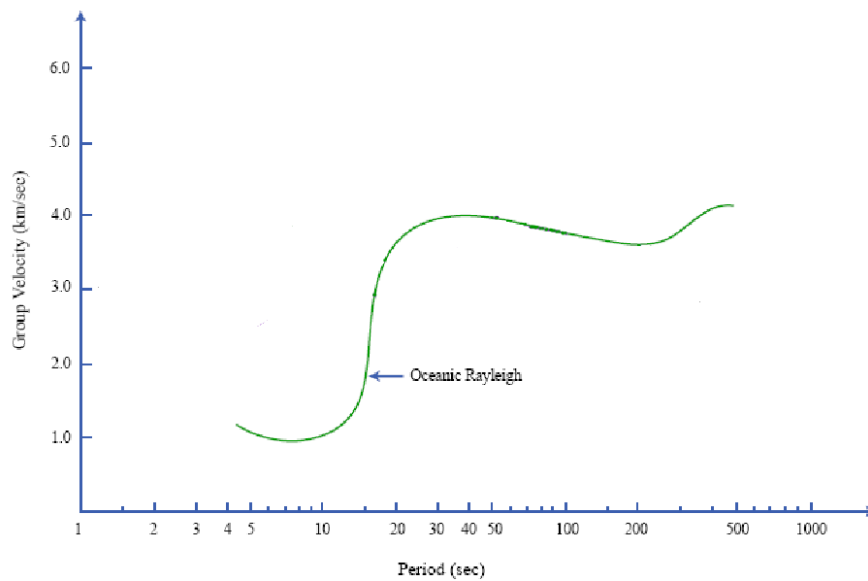


Fig B3: La curva de dispersión para una onda Rayleigh que cruza el océano.

La figura muestra la velocidad (de grupo) de una onda Rayleigh cuando cruza un océano. Explique por qué ondas superficiales muestran dispersión, y la forma de la curva en la figura.

(c) [2.5 pts] ¿Cómo cambia la curva de dispersión en la figura B3 para:

- (i) Fondo oceánico viejo (~150 millones de años de edad)
- (ii) Fondo oceánico recién formado (~10 millones de años de edad)

B4) [12.5 pts en total]

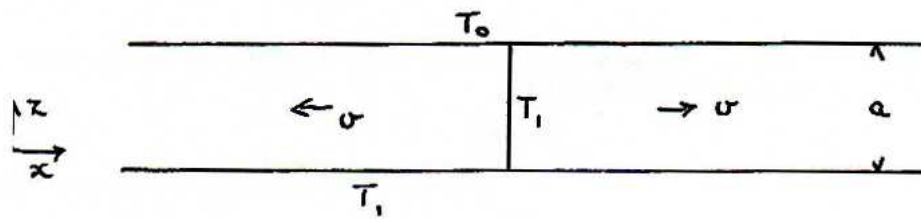


Fig B4-1: Aproximación simple para la geometría y condiciones de borde en una dorsal.

La ecuación para la distribución de temperatura, T' , con distancia, x' , de un dorsal es:

$$T' = 1 - z' + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2(-1)^{n+1}}{n\pi} e^{((Pe/2) - \sqrt{(Pe/2)^2 + n^2\pi^2})x'} \sin(n\pi z') \quad (B4-1)$$

con $z = az'$, $x = ax'$, $T = (T_1 - T_0)T' + T_0$, $Pe = \frac{va}{\kappa}$; κ es la difusividad térmica del basalto.

(a) [2 pts] ¿Por qué el término $n = 1$ domina la expresión?

(b) [7 pts] Para casi todas las dorsales, $Pe \gg 2\pi$. Muestre que en este caso, considerando la parte (a), que

$$T \simeq (T_1 - T_0) \left(1 - \frac{z}{a} + \frac{2}{\pi} e^{-\frac{x}{l}} \sin\left(\frac{\pi z}{a}\right) \right) + T_0 \quad \text{con} \quad l = \frac{va^2}{\pi^2\kappa} \quad (B4-2)$$

(c) [3.5 pts]

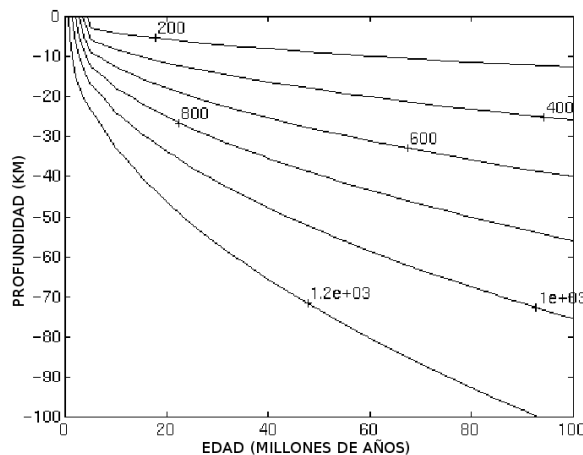


Fig B4-2: Isotérmicas en la litosfera oceánica. Mostrados son las isotérmicas de 200, 400, 600, 800, 1000 y 1200 °C.

La ecuación (B4-2) esta representada en la figura (B4-2), mostrando las isotérmicas en los océanos con la edad de la placa oceánica. Use la figura para explicar la forma de la batimetría de los océanos.