

Geofísica de la Tierra Sólida 2019 - Certamen 2

2 horas

Importante: Hay que elegir 5 de las 7 preguntas de la sección A, y elegir 2 de las 3 preguntas en la sección B.

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

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

A1) (a) [2 pts] ¿Qué representa la traza del tensor de deformación ϵ_{ij} ?

(b) [3 pts] Escriba las nueve componentes del tensor de esfuerzo σ_{ij} para un punto dentro de la Tierra en equilibrio sujeto a una presión de 10 GPa.

A2)

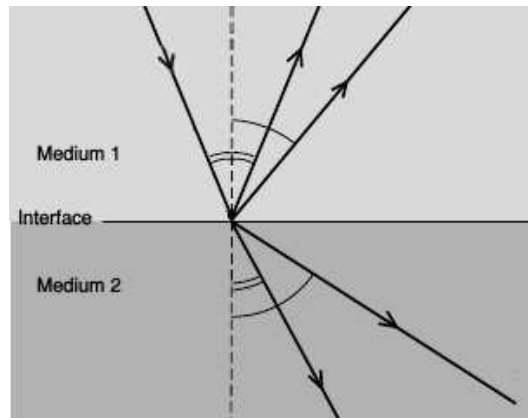


Figura 1: Onda incidente en una frontera entre dos medios.

(a) [2 pts] En la figura, ¿cuál de los dos medios posee mayores velocidades sísmicas? Justifique su respuesta.

(b) [3 pts] Marcar los 5 rayos en la figura con el tipo de onda que corresponde (P, SV o SH).

A3) Un sismograma puede tener 3 componentes: Z, R, T.

(a) [1 pt] ¿A cuáles dos componentes debería llegar la onda P?

(b) [2 pts] Si la onda P llega en la otra componente también, ¿qué dice eso sobre el medio?

(c) [2 pts] La tasa $\frac{\text{amplitud onda P componente vertical}}{\text{amplitud onda P componente horizontal}}$ es mayor para eventos locales o eventos telesísmicos? Fundamente su respuesta.

A4) [5 pts] Escriba la nomenclatura de las siguientes cinco fases sísmicas (todas las partes de los rayos representan ondas compresionales):

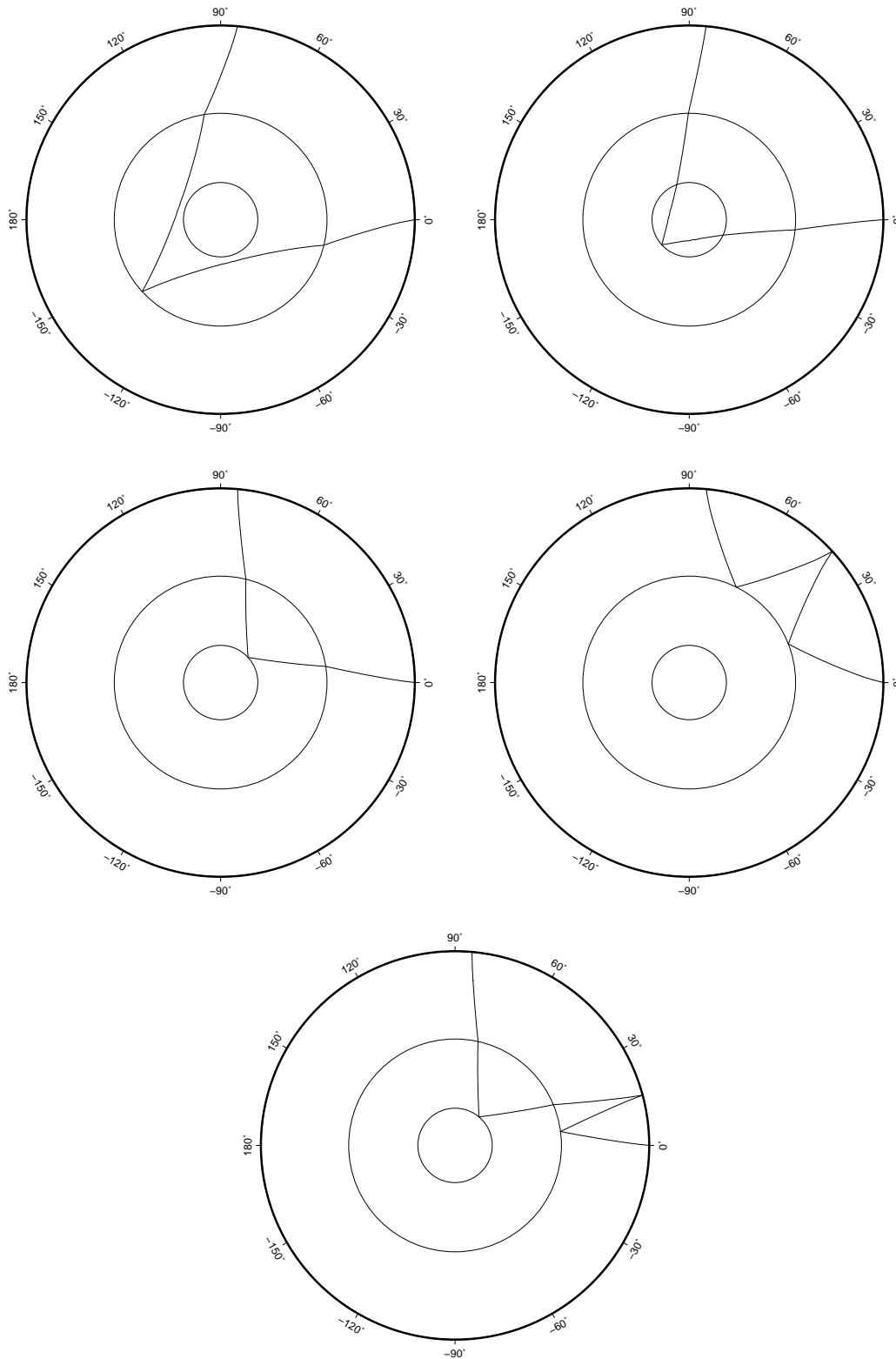


Figura 2: Cinco diferentes fases sísmicas (la fuente está a 0° cada vez, las fases llegan a una distancia de 85°).

A5) La ley de Fourier de conducción dice

$$\mathbf{q} = -k\nabla T \approx -k \frac{\Delta T}{\Delta z} \hat{\mathbf{z}}$$

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

(a) [2 pts] ¿Por qué no se debe aplicar esta ecuación a la corteza oceánica ubicada muy cerca de una dorsal?

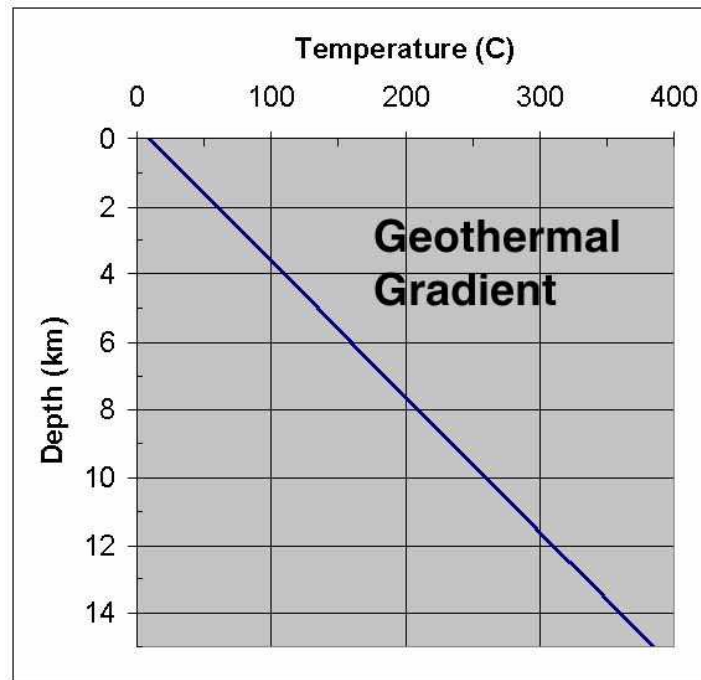


Figura 3: El geotermo en la corteza.

(b) [3 pts] La figura muestra el aumento de temperatura con la profundidad en corteza continental. Dibuje el perfil de $T(z)$ si existe una gran cantidad de material radiactivo dentro de esta corteza.

A6) La ecuación de difusión en la Tierra (ignorando la producción de calor) está dada por:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \nabla^2 T$$

con $\kappa \approx 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ dentro de la corteza continental.

(a) [2 pts] Use análisis dimensional para definir una longitud de difusión, la distancia que habría penetrado el calor dentro de un cierto lapso de tiempo.

(b) [3 pts] ¿Cuál es la distancia aproximada de penetración dentro de la corteza de los cambios de temperatura entre el verano y el invierno (es decir, un cambio semi-anual)?

A7) [5 pts]

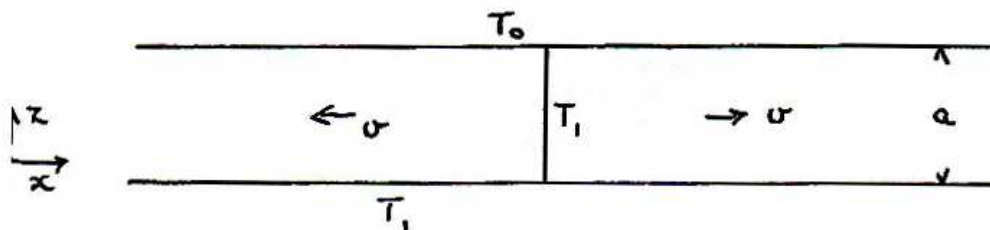


Figura 4: Modelo simple para una placa oceánica.

En las clases se derivó la distribución de temperatura para una placa oceánica:

$$T = (T_1 - T_0) \left(1 - \frac{z}{a} + \frac{2}{\pi} e^{-\frac{z}{a}} \sin\left(\frac{\pi z}{a}\right) \right) + T_0$$

Muestre que el flujo de calor ($\mathbf{q} = -k\nabla T$), en la dirección vertical, en la superficie de la placa, satisface:

$$q_z = c_1 + c_2 e^{-\frac{z}{a}}$$

y encontrar las expresiones para los constantes c_1 y c_2 .

Sección B [Elija 2 de las 3 preguntas, 12.5 pts cada una (=50% en total)]

B1) [12.5 pts total]

El desplazamiento de la Tierra puede ser escrito usando potenciales:

$$\mathbf{u} = \nabla\Phi + \nabla \times \Psi$$

(a) [4 pts] La onda P está representada por el potencial Φ , la solución que satisface su ecuación de movimiento es:

$$\Phi = Ae^{i(\mathbf{k}\cdot\mathbf{x}-\omega t)}$$

con A un número complejo: $A = (A_1 + iA_2)$

Muestre que, para la onda P, el desplazamiento del medio \mathbf{u} está en la misma dirección que el vector de onda \mathbf{k} .

(b) [2.5 pts] ¿Cuáles de las componentes de Ψ están asociadas a una onda SH viajando en el plano $x - z$? Justifique su respuesta.

(c) [6 pts] Se puede escribir las soluciones para las componentes de Ψ en la misma manera oscilatoria:

$$\Psi = (Be^{i(\mathbf{k}\cdot\mathbf{x}-\omega t)}, Ce^{i(\mathbf{k}\cdot\mathbf{x}-\omega t)}, De^{i(\mathbf{k}\cdot\mathbf{x}-\omega t)})$$

con $B = (B_1 + iB_2)$, $C = (C_1 + iC_2)$, $D = (D_1 + iD_2)$.

Calcule la amplitud de la onda SH viajando en el plano $x - z$ ($u_y|_{\max}$) en términos de B_1 , B_2 , C_1 , C_2 , D_1 , D_2 , k_x , k_y y k_z .

Sección B [Elija 2 de las 3 preguntas, 12.5 pts cada una (=50% en total)]

B2) [12.5 pts total]

Una observadora está situada a una distancia de ~ 1000 km de un gran terremoto. A esta distancia se siente las ondas de superficie.

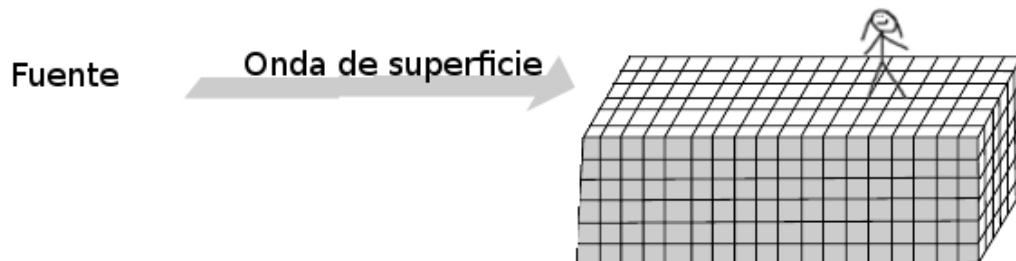


Figura 5: Onda de superficie saliendo de la fuente y llegando a una observadora.

- (a) [0.5 pts] ¿Cuál onda de superficie llega primero?
- (b) [1 pt] ¿Las ondas de superficie tienen una frecuencia mayor o menor que las ondas de cuerpo?
- (c) [3 pts] ¿Cómo se siente el movimiento de la onda Love con respecto al eje entre la observador y la fuente? ¿Cómo se siente el movimiento de la onda Rayleigh con respecto al eje entre la observador y la fuente?
- (d) [4 pts] Explique en detalle como los efectos de la dispersión afectan el cómo se sienten estas ondas.
- (e) [4 pts] Si la Tierra estuviera sin estructura interna, es decir un medio completamente homogéneo, ¿cómo cambiaría sus respuestas en las partes (a) a (d)?

Sección B [Elija 2 de las 3 preguntas, 12.5 pts cada una (=50% en total)]

B3) [12.5 pts total]

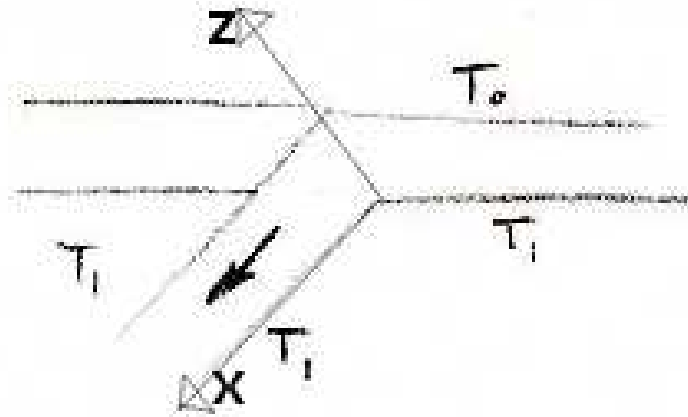


Figura 6: Aproximación simple para la geometría y condiciones de borde en una zona de subducción.

(a) [4 pts] En la tarea 5 se calculó la distribución de temperatura en una zona de subducción. Cuando se aplica el cambio de variables para tener el problema adimensional ($z = az'$, $x = ax'$, $T = (T_1 - T_0)T' + T_0$), ¿cuáles son las condiciones de borde del problema? ¿En qué posición del modelo existe una discontinuidad en la función $T'(x', z')$?

(b) [1.5 pts] La solución final calculada para una zona de subducción es:

$$T'(x', z') = 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{(-1)^n}{n\pi} e^{((Pe/2) - \sqrt{(Pe/2)^2 + n^2\pi^2})x'} \sin(n\pi z') \right]$$

¿En esta expresión, qué representa Pe y qué dimensiones tiene?

(c) [7 pts] Muestre que, a primera aproximación, la temperatura mínima dentro de la placa que subduce está en su centro (para un valor de x' fijo).