

2 had exam error => + 1pt todos

Punto
Aprob.

Geofísica de la Tierra Sólida 2022 - Evaluación 1

Fecha: 10 de mayo de 2022. Tiempo: 120 minutos.

Elije 10 de las 12 preguntas. Todas las preguntas constan de 5 pts (50 pts total). Entre porcentaje y nota, la escala sigue la sugerencia del reglamento de docencia de pregrado UdeC.

Recuerden siempre escribir sus suposiciones y mostrar sus cálculos. Cuide el uso de las unidades, por ejemplo 100 [km] es 100000 [m].

1) [5 pts]

1. Una nebulosa de masa M_1 y radio R_1
2. Una galaxia espiral de masa M_2 y radio R_2 (se puede aproximar su forma por un disco)
3. El sistema solar de masa M_3 y radio R_3

(a) Hablar de la fuerza centrífuga + la fuerza de gravedad. Luego mostrar/comentar que la combinación de fuerzas (resultante) movería las masas hacia un plano (1pt) + haber de resistencia del material a la fuerza resultante.

↑
UN DISCO HOMOGENEO
ES OTRATOSA
(CREDITO PARCIAL)
BBIEN JUSTIFICADA

(a) [2 pts] ¿Por qué se forman galaxias en una forma que es aproximadamente un disco?

(b) [3 pts] ¿Cuál de los tres (nebulosa, galaxia, sistema solar) tiene el segundo mayor momento de inercia, calculado alrededor de su eje rotacional, comparado con su masa y radio? ($\frac{I}{M_1 R_1^2}$)? De una razón para su elección.

Tiene que estar galaxia por desearse los demás. (1pt)
Sistema solar, momento de inercia pequeña → el sol contar todo (1pt) la masa y esto (1pt)
Nebulosa → aprox homogénea => I bastante grande. Cerca al centro.

2) [5 pts]

(a) [2 pts] ¿Acondritos de Hierro-Piedra vienen de qué frontera de un protoplaneta? ¿Cómo pueden llegar a la superficie terrestre?

Núcleo-manto

→ Colisiones gigantes destruyen algunos protoplanetas en el sistema solar nasciente.

(b) [3 pts] Acondritos de Hierro-Piedra tienen que haber venido de protoplanetas bastante grandes. Explique, en detalle, por qué.

→ Menor energía gravitacional de escape (1pt)
→ Menor aumento T durante la formación (1pt)

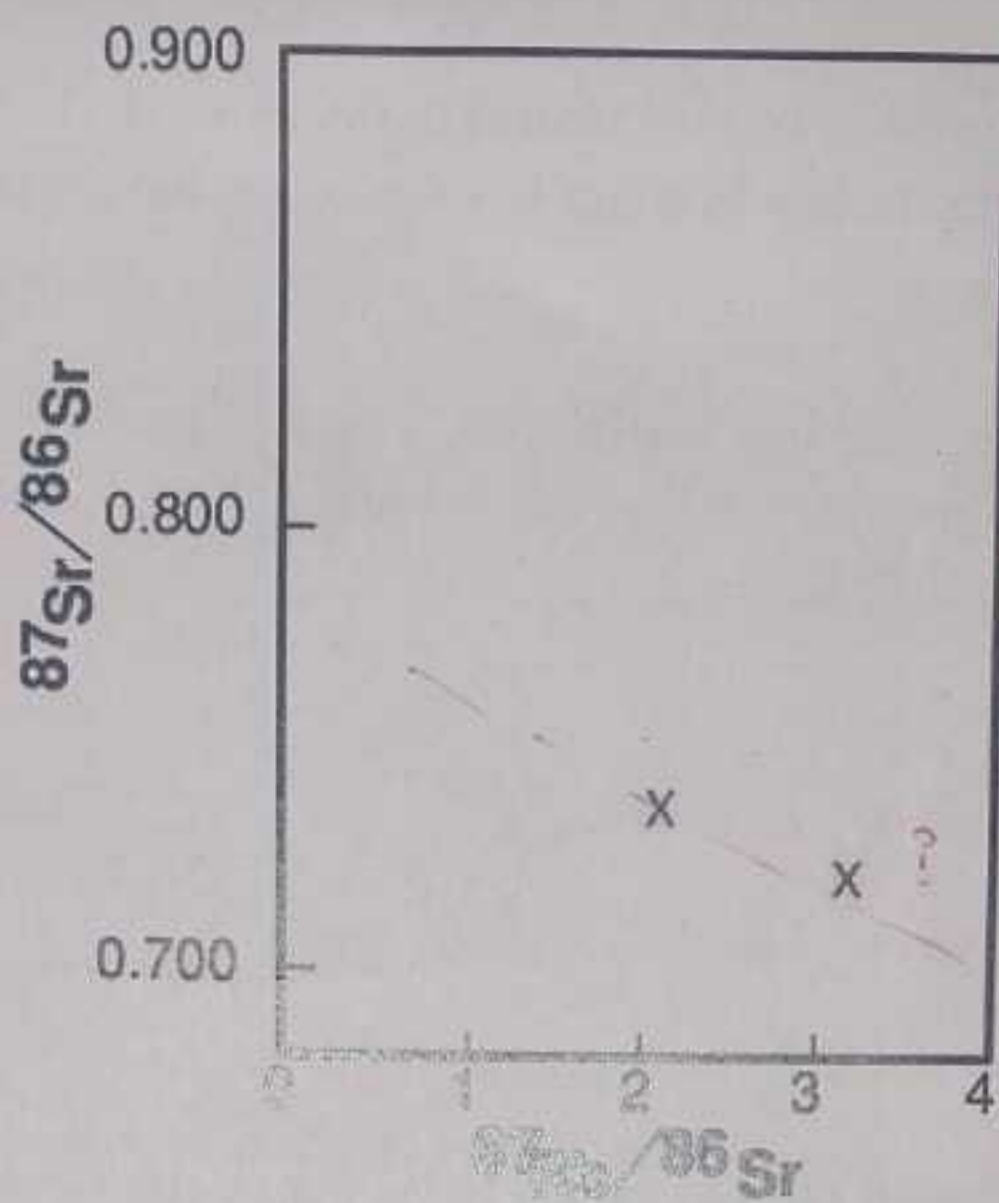
→ Cuerpos mas grandes tienen mayor ΔT (1pt)

→ Con T alto, el cuerpo es fundido

=> el hierro (mas denso) se puede (1pt)

hundir hacia el centro y formar una frontera núcleo-manto.

3) [5 pts] Una persona quiere saber la edad de una roca sedimentaria y toma las siguientes mediciones en dos minerales de la roca:



(b) Consejos:

- Mas mediciones! [1pt]
- Estar consiente que minerales en una roca sedimentaria pueden tener diferente edades, [1pt]
- Anotar que minerales tienen que puntos [1pt]
- Múltiples ~~rectas~~ rectas podrían aparecer [1pt]

Información:

- Va a conseguir las edades de los minerales cuando se enfriaron inicialmente, no la edad de la formación de la roca sedimentaria [2pt]
- + si vienen del mismo fondo inicial (intercepto)

Figura 1: Intento de datación Rb-Sr para una roca sedimentaria.

(a) [1 pts] Explíqueme a la persona por qué no es posible determinar nada con estas mediciones.

Insuficientes muestras para una recta / una recta negativa no es posible

(b) [4 pts] Que consejo le puede dar a la persona para que pueda determinar información acerca de esta roca sedimentaria - ¿cómo deberá mejorar su estudio? Además, que información se podría determinar?

4) [5 pts] • Potencial gravitacional $U = -\frac{GM}{r}$ [J/kg]; • Energía cinética $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ [J];
 • Masa de la Tierra $M_{Tierra} = 6.0 \times 10^{24}$ [kg]; Constante $G = 6.67 \times 10^{-11}$ [m³/kg/s²]

(a) [2 pts] Use la conversión entre la energía gravitacional y cinética para estimar la velocidad a la cual un meteorito con masa $m = 1000$ [kg] entra la limite de la atmósfera terrestre a un radio de 16000 [km]. *se necesita metros!*

$$0 - \left(-\frac{GMm}{r}\right) = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2GM}{r}} = \sqrt{\frac{2 \times 6.67 \times 10^{-11} \times 6.0 \times 10^{24}}{16000000}}$$

(b) [3 pts] El meteorito, por la fricción, se quema en la atmósfera superior. Use la conversión de energía para calcular el aumento de temperatura del meteorito, ΔT , con la suposición que para el meteorito su calor específico es

$$\frac{GMm}{r} = C_p m \Delta T$$

$$C_p \approx 1000 \text{ J/kg/K} \Rightarrow \Delta T = \frac{GM}{r C_p} = \frac{6.6 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24}}{16000000 \times 1000}$$

$$\Delta T \approx 25000 \text{ K}$$

$$v = 7073 \approx 7100 \text{ m/s}$$

5) [5 pts] La figura muestra cómo una variación de densidad dentro de la Tierra (áreas gris oscuro) afecta la forma del geoide.

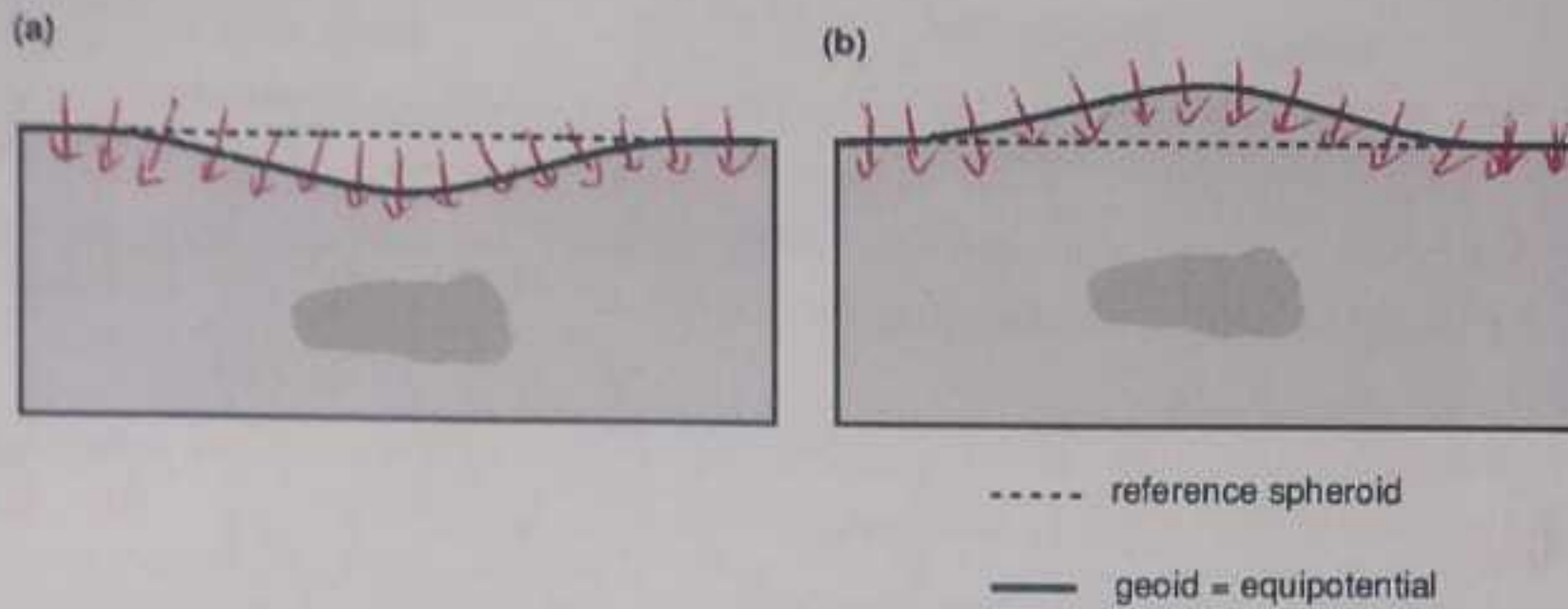


Figura 2: Efectos de cambios de densidad en la superficie equipotencial (geoide)

(a) [1 pt] De un ejemplo de una superficie equipotencial en la Tierra. *Superficie del mar... (de mas exista otras) [1, pt]*

(b) [2 pts] ¿Cuál de los casos de la figura, (a) o (b), representa un exceso de masa dentro de la Tierra? ¿Y cuál representa un déficit de masa dentro de la Tierra? *(sea de) 0,5 pt*
(a) deficit [2, pt]
(b) exceso

(c) [2 pts] Use el hecho que $\vec{g} = -\nabla U$ para dibujar en la figura las flechas pasando por el geoide que representan las líneas del campo vectorial \vec{g} . *g es perpendicular al U [2, pt]*
Asegurar que las flechas son perpendiculares

6) [5 pts] Derivada en las clases, una manera de escribir un potencial gravitacional de referencia U , en una cierta posición $P(r, \theta, \phi)$, es: *Pregunta malvada...*

$$U(P) = \underbrace{-\frac{GM}{r}}_{\text{masa puntual}} + \underbrace{\frac{GJ_2Ma^2}{r^3} \left[\frac{3}{2} \cos^2 \theta - \frac{1}{2} \right]}_{\text{corrección por el "bulto ecuatorial"}} - \underbrace{\frac{1}{2} r^2 \sin^2 \theta \omega^2}_{\text{rotación}}$$

(a) [1 pt] ¿Cómo se llama el término J_2 en esta ecuación? *Factor de forma dinámica*

(b) [2 pts] ¿Cómo depende el valor de J_2 en la velocidad de rotación terrestre (ω)? Justifique su respuesta. *Mayor $\omega \Rightarrow$ mayor bulto ecuatorial $\Rightarrow J_2$ aumenta (forma mas eliptica)*

(c) [2 pts] ¿Si la Tierra estaba completamente fundida, cómo afectaría el valor de J_2 ? Justifique su respuesta. *Tierra ~~de~~ líquida \Rightarrow mayor bulto ecuatorial $\Rightarrow J_2$ aumenta (Acepto otros argumentos bien hechos considerado I)*

7) [5 pts] ¿Cómo funciona la balanza de torsión de Cavendish? ¿Para qué se usa?

Se usa para medir constante G [1, pt]
Pendulo horizontal [1, pt] // o dibujo!
Atracción de masas [1, pt]
Fuerza de atracción gira el pendulo [1, pt]
Angulo de gira indica la fuerza F [1, pt]
 Si F, M, m y r conocidos \Rightarrow se puede calcular G [1, pt]

8) [5 pts] Los armónicos esféricos son soluciones a la siguiente ecuación:

$$\nabla^2 U(r) = 0$$

(a) [1 pts] Esta ecuación se aplica dentro de la Tierra? Justifique su respuesta.

No. porque $\rho \neq 0$

(b) [2 pts] Los armónicos son funciones escritas en coordenadas esféricas (r, θ, ϕ) . ¿Cómo comparan θ y ϕ con la latitud y la longitud terrestre?

*θ es $90^\circ - \text{latitud (colatitud)}$
 ϕ es longitud*

(c) [2 pts] ¿Puede los armónicos esféricos representar la parte rotacional del potencial terrestre $(-\frac{1}{2}r^2 \sin^2 \theta \omega^2)$? Justifique su respuesta.

No. $\nabla^2 U = 0$ es la solución en el marco irrotacional!

9) [5 pts] El potencial gravitacional puede ser representado en términos de armónicos esféricos como:

$$U(r, \theta, \phi) = \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{m=0}^l \left\{ \left(\frac{r}{r_0}\right)^{-(l+1)} \right\} [A_l^m \cos m\phi + B_l^m \sin m\phi] P_l^m(\cos \theta)$$

Polinomios de Legendre

(a) [2 pts] ¿Qué representan A_l^m , B_l^m y P_l^m ?

Coefficientes de Gauss

(b) [1 pts] Explique por qué se describe la dependencia radial de esta manera.

es o uno o el otro efectivamente

(c) [2 pts] ¿Qué valor tienen A_0^0 y B_0^0 para el potencial gravitacional?

*A_0^0 es $-GM$
 B_0^0 se multiplica por $\sin \theta = 0 \Rightarrow$ no importa*

10) [5 pts] Las expresiones para las correcciones de Bouguer y de Aire Libre son:

$$dg_B = 2\pi G \rho h$$

(a) Aire Libre es negativa porque alejar de la superficie disminuye $|g|$.

y

$$dg_{FA} = \frac{-2hg_{nm}}{r}$$

Bouguer es positiva porque capa de masa adicional

con $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ [m}^3/\text{kg/s}^2\text{]}$; $g_{nm} \approx 9.8 \text{ [m/s}^2\text{]}$; $r \approx 6371 \text{ [km]}$ *Causa que $|g|$ aumenta.*

(a) [2 pts] Explique por qué una corrección es negativa y una corrección es positiva.

(b) [3 pts] Calcule la densidad a la cual estas dos correcciones se cancelan. ¿Para una densidad de corteza de $2700 \text{ [kg/m}^3\text{]}$, cuál de estos términos tiene el mayor valor absoluto?

$$\Rightarrow 2\pi G \rho h - \frac{2kg_{nm}}{r} = 0 \Rightarrow \rho = \frac{g_{nm}}{r \pi G} = \frac{9.8}{6371000 \pi 6.67 \times 10^{-11}}$$

$$\rho = 7340 \approx 7300 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Va a estar aire libre entonces porque dg_B es menor con ρ menor...

se pone y $A_0^0 = 0$

11) [5 pts]

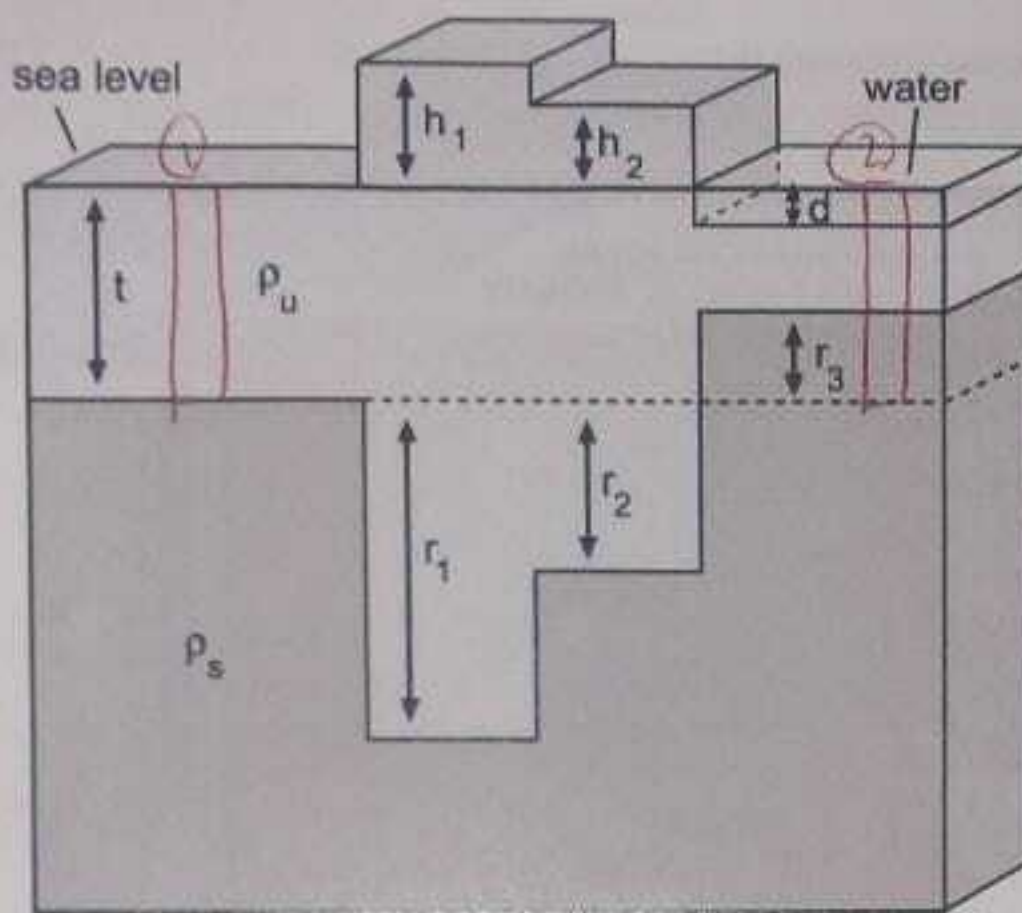


Figura 3: Esquema de la isostasia de Airy.

(a) [3 pts] Use el principio de la isostasia de Airy para calcular la reducción en el espesor de la corteza continental debajo del Mar Caspio. (Se puede usar una profundidad del Mar Caspio de 211 metros en promedio; densidad de agua = 1000 kg/m^3 ; densidad de corteza continental = 2700 kg/m^3 ; densidad de ~~corteza continental~~ ^{manto} = 3300 kg/m^3).

(b) [2 pts] El Mar de Aral, cerca del Mar Caspio, ha efectivamente desaparecido durante los últimos 50 años por la desviación del agua a proyectos de irrigación. Por este cambio, esperarías que la anomalía de Bouguer de su cuenca sea positiva, negativa o cero hoy en día? Justifique su respuesta. ^{EVIL}

(a) Comparando columnas ① y ② \Rightarrow $t\rho_c = d\rho_w + (t-r_3-d)\rho_c + r_3\rho_m$
 $\therefore r_3 = \frac{d(\rho_c - \rho_w)}{(\rho_m - \rho_c)} = \frac{211(2700 - 1000)}{(3300 - 2700)}$

(reducción = $r_3 + d \approx 810 \text{ m}$) $r_3 = \frac{211(1700)}{600} = 598 \approx 600 \text{ m}$

(b) Se fue rápidamente el agua, no hay tiempo para flujo en la astenofera para compensar

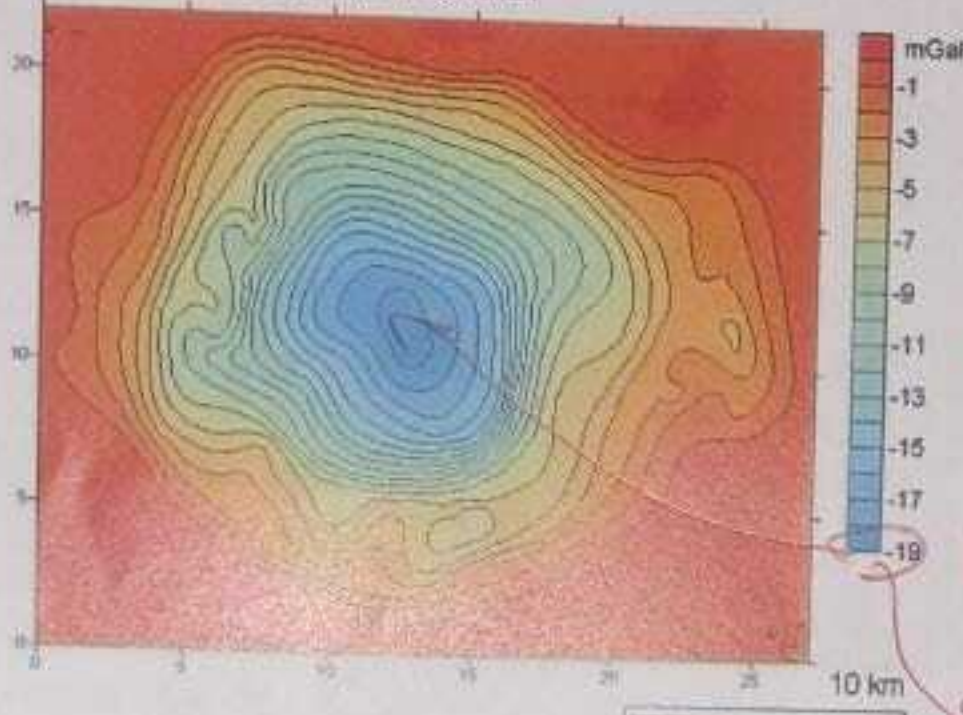
\Rightarrow menos agua, menos masa \Rightarrow déficit de masa en la columna

\Rightarrow Δg_B negativa.

12) [5 pts]

(a) [3 pts] La figura 4 muestra la anomalía de Bouguer de un cráter en la corteza ($\rho_{corteza} = 2700 \text{ kg/m}^3$) que está lleno de sedimentos pesados ($\rho_{sed} = 2300 \text{ kg/m}^3$). Estime su profundidad, explique sus suposiciones.

RIES IMPACT STRUCTURE
BOUGUER RESIDUAL ANOMALY



Δg_B en el centro causado por una lamina infinita de baja densidad entonces

$$\Delta g_B = 2\pi G \Delta \rho h$$

$$h = \frac{\Delta g_B}{2\pi G \Delta \rho}$$

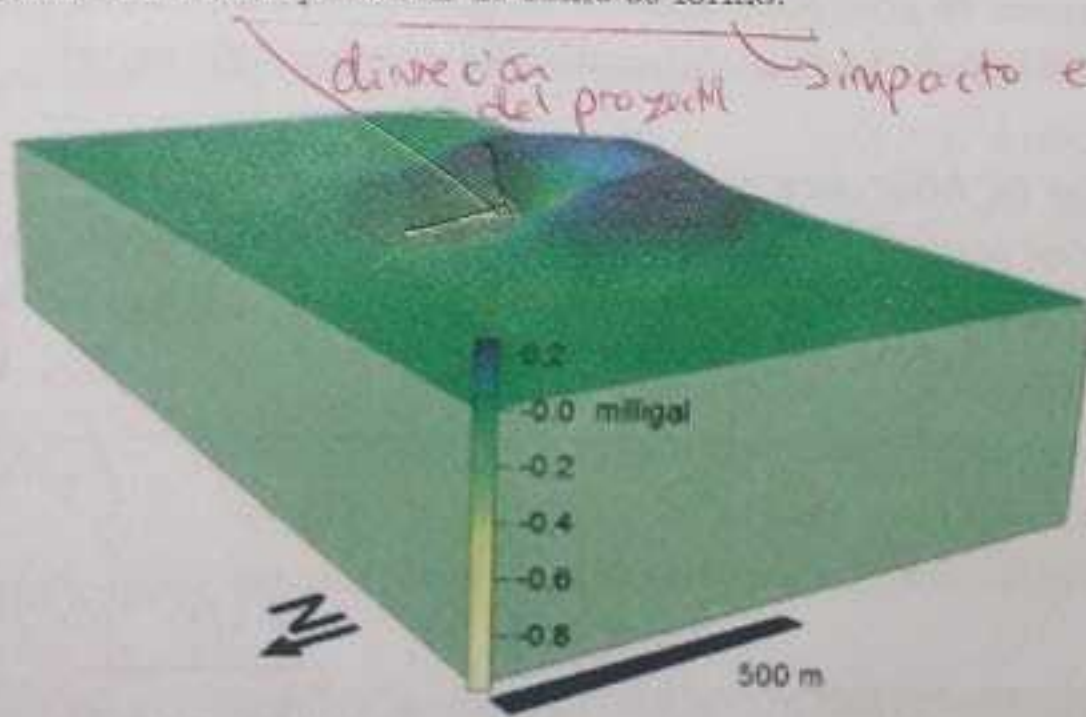
$$h = \frac{-19 \times 10^{-5}}{2\pi \cdot 6.67 \times 10^{-11} \times (2300 - 2700)}$$

$$h \approx 1133 \approx 1100 \text{ [m]}$$

Suponer el valor mínimo es -19 mGal pero algo distinto esta bien

Figura 4: Δg_B para la estructura de impacto de Ries ($1 \text{ mGal} \equiv 1 \times 10^{-5} \text{ ms}^{-2}$).

(b) [2 pts] La figura 5 muestra la anomalía de Bouguer de un cráter que es asimétrica. Justifique su forma con una explicación de cómo se formó.



dirección del proyectil → impacto estaba desde un lado [2pts]

Figura 5: Δg_B para una estructura de impacto asimétrica.

NOTAS DE REPROBACIÓN**NOTAS DE APROBACIÓN****En escala
de 1 a 100****En escala
de 1,0 a 7,0****En escala
de 1 a 100****En escala
de 1,0 a 7,0**

1

1,0

51

4,0

2

1,1

52

4,1

3

1,1

53

4,1

4

1,2

54

4,2

5

1,2

55

4,2

6

1,3

56

4,3

7

1,4

57

4,4

8

1,4

58

4,4

9

1,5

59

4,5

10

1,5

60

4,5

11

1,6

61

4,6

12

1,7

62

4,6

13

1,7

63

4,7

14

1,8

64

4,8

15

1,8

65

4,8

16

1,9

66

4,9

17

2,0

67

4,9

18

2,0

68

5,0

19

2,1

69

5,1

20

2,1

70

5,2

21

2,2

71

5,3

22

2,3

72

5,4

23

2,3

73

5,5

24

2,4

74

5,6

25

2,4

75

5,7

26

2,5

76

5,8

27

2,6

77

5,9

28

2,6

78

6,0

29

2,7

79

6,1

30

2,7

80

6,1

31

2,8

81

6,2

32

2,9

82

6,2

33

2,9

83

6,3

34

3,0

84

6,4

35

3,1

85

6,4

36

3,1

86

6,5

37

3,2

87

6,5

38

3,2

88

6,6

39

3,3

89

6,6

40

3,4

90

6,7

41

3,4

91

6,8

42

3,5

92

6,8

43

3,5

93

6,9

44

3,6

94

6,9

45

3,6

95

7,0

46

3,7

96

7,0

47

3,8

97

7,0

48

3,8

98

7,0

49

3,9

99

7,0

50

3,9

100

7,0