

PROSPECCIÓN GRAVIMÉTRICA

Unidad 2 · Geofísica



Cátedra de Geofísica · Tercer año
Facultad de Ingeniería · Universidad Nacional de Jujuy
Licenciatura en Ciencias Geológicas

Comprender campo, potencial gravitatorio, gravedad absoluta y relativa.

Reconocer unidades, densidades y contrastes que generan anomalías.

Aplicar correcciones esenciales: deriva, latitud, aire libre, Bouguer y terreno.

Relacionar anomalías gravimétricas con minería, cuencas, ingeniería y ambiente.

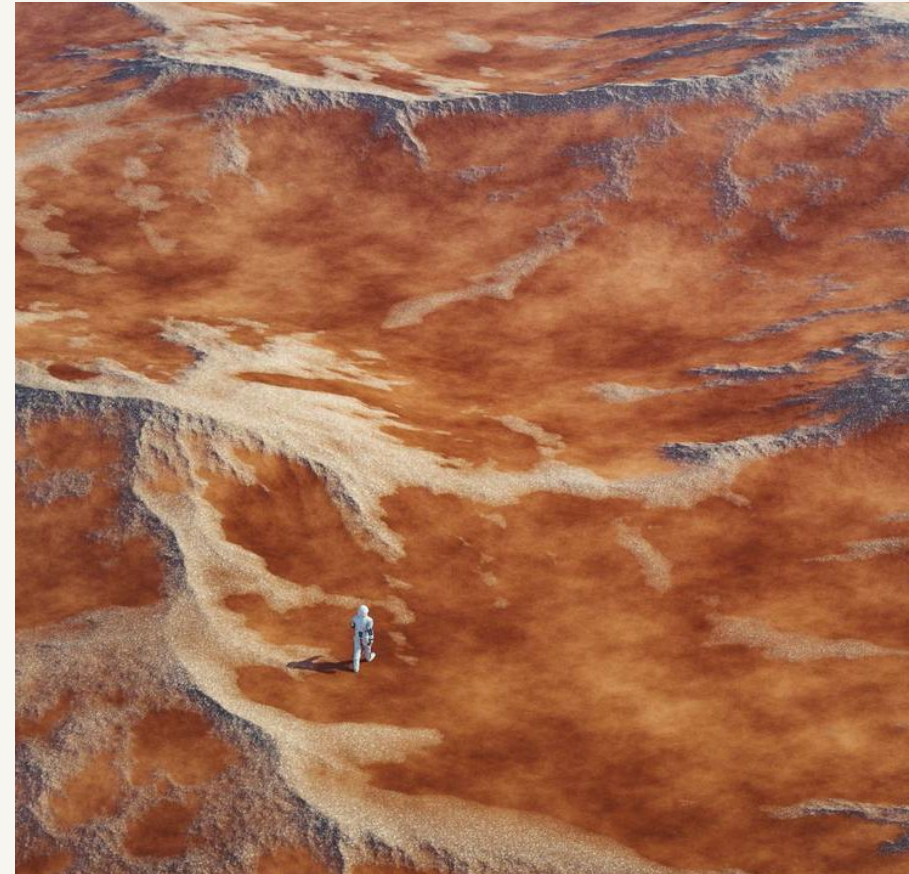


Imagen de contexto

La gravedad revela cambios de masa y densidad en el subsuelo.

La gravimetría interpreta pequeñas variaciones de g para estimar distribución de densidades y geometrías enterradas.

Campo g

Aceleración gravitatoria medida en superficie o plataforma.

Potencial

Función escalar cuya pendiente define el campo.

Geoide

Superficie equipotencial de referencia cercana al nivel medio del mar.

Densidad

Propiedad clave que controla amplitud de anomalías.

Bouguer

Corrección que remueve efecto de elevación y losa entre estación y datum.

Residual

Componente local relacionada con objetivo específico.

Lo que mide el método

Variaciones de aceleración de la gravedad en mGal o μ Gal.
Contrastes de densidad entre cuerpos y rocas encajantes.
Cambios de masa asociados a cuencas, intrusivos, cavidades o basamento.

Lo que interpreta la geología

Geometría de cuerpos densos o livianos.
Profundidad de basamento y espesor sedimentario.
Cavidades, vacíos, rellenos y cambios de compactación.

Regla didáctica: propiedad física + geometría + contexto geológico



Propiedad	Método asociado	Contraste buscado	Ejemplo
Densidad alta	Anomalía positiva	Mayor masa local	Intrusivo máfico, sulfuros masivos
Densidad baja	Anomalía negativa	Déficit de masa	Cuenca, sal, cavidad
Topografía	Corrección de terreno	Efecto de relieve	Quebradas, laderas, valles
Elevación	Aire libre/Bouguer	Distancia al centro de masa	Estaciones a distinta cota
Latitud	Corrección normal	Rotación y forma terrestre	Referencia internacional

La utilidad prospectiva aparece cuando el contraste físico es suficiente respecto del ruido y la escala del objetivo.

Relaciones básicas

$$F = G \cdot m_1 \cdot m_2 / r^2$$

$$g = G \cdot M / r^2$$

$$1 \text{ mGal} = 10^{-5} \text{ m/s}^2$$

$$\Delta g^B = g_{\text{obs}} + \text{correcciones} - g_{\text{normal}}$$



Relación dato-modelo

Las anomalías útiles son muy pequeñas: por eso la precisión instrumental y las correcciones son decisivas.



La gravimetría pasó de medir la forma de la Tierra a mapear basamento, cuencas y cuerpos mineralizados. Hoy combina datos terrestres, marinos, aéreos y satelitales con inversión 2D/3D.

Escala y plataforma

Estaciones terrestres de detalle.
Perfiles regionales o mallas regulares.
Gravimetría marina y aérea para grandes áreas.
Microgravimetría en ingeniería y ambiente.

Diseño de levantamiento

Definir tamaño y profundidad del objetivo.
Seleccionar espaciamiento compatible con longitud de onda esperada.
Asegurar control altimétrico de alta calidad.
Planificar bases de repetición para deriva instrumental.

Gravímetro relativo de resorte o cuarzo.

Gravímetro absoluto por caída libre o interferometría.

GPS diferencial o nivelación para elevaciones.

Estación base, termómetro, barómetro y planillas de control.



Trabajo de campo

La calibración, la repetibilidad y el registro de metadatos son tan importantes como la medición.

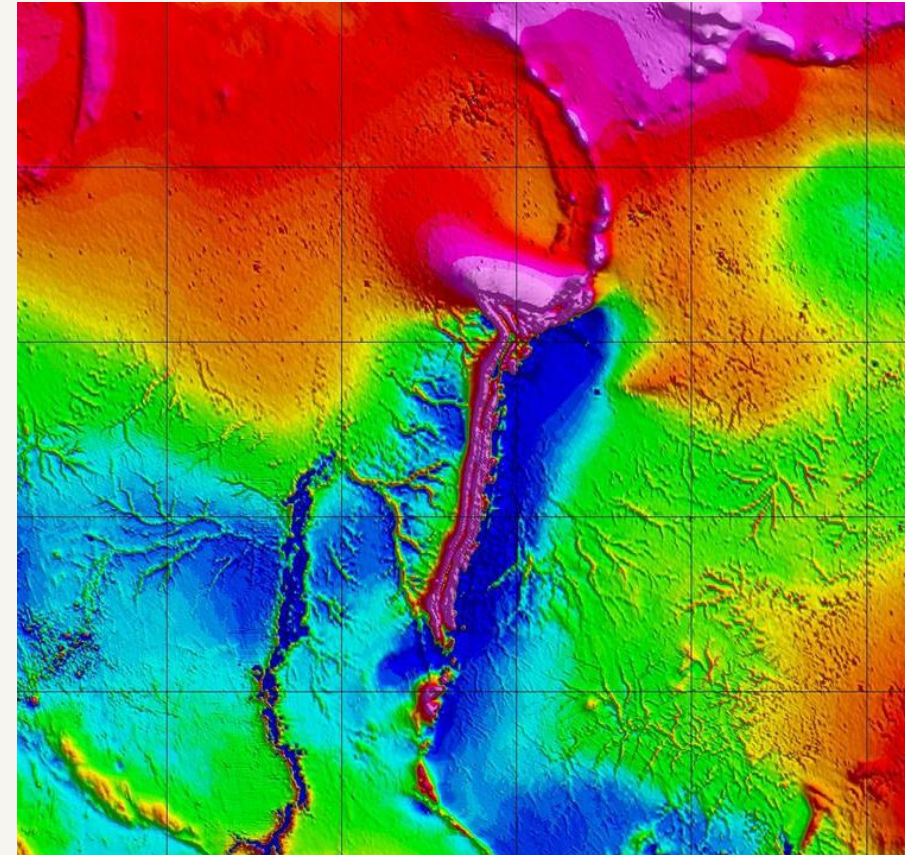


Medir ciclos base–estaciones–base para estimar deriva.
Registrar altura instrumental, cota, hora y condiciones.
Evitar vibración, vehículos y terreno inestable.
Repetir estaciones de control y puntos dudosos.



Corrección	Problema que reduce	Comentario
Deriva instrumental	Cambio temporal del gravímetro	Requiere base repetida
Latitud	Forma y rotación terrestre	Campo normal
Aire libre	Variación por elevación	Distancia al centro de la Tierra
Bouguer	Masa entre estación y datum	Depende de densidad adoptada
Terreno	Relieve cercano y lejano	Crítica en montaña

Cálculo de gravedad observada y correcciones.
Construcción de anomalía de Bouguer simple o completa.
Separación regional-residual mediante filtros o modelos.
Modelado directo/inversión con restricciones geológicas y densidades.



Mapas, perfiles y modelos

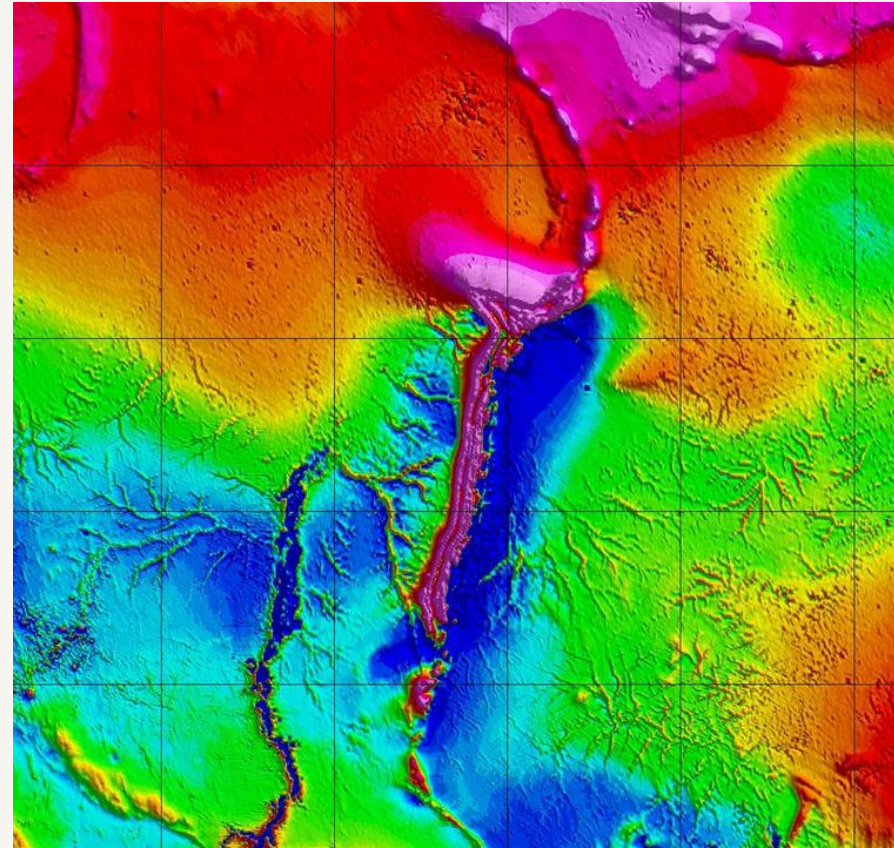
Objetivo: pasar de dato crudo a modelo interpretable

Una anomalía gravimétrica es una variación de gravedad atribuible a contraste de densidad, después de remover efectos conocidos.

Cuerpos densos generan anomalías positivas; cuerpos livianos, negativas.

La amplitud disminuye con profundidad y aumenta con volumen/contraste.

La forma es suave: la gravimetría tiende a tener menor resolución que métodos someros.

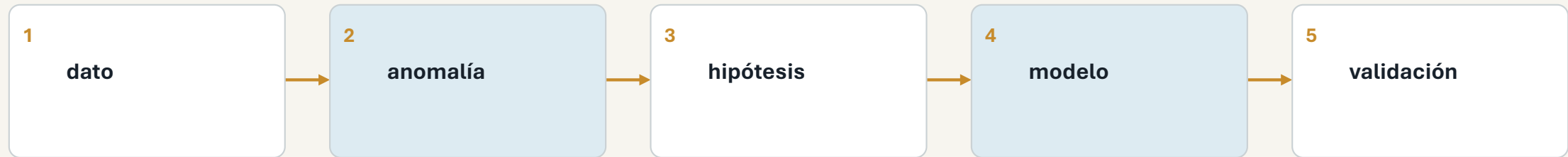


Anomalía como contraste medible

Anomalía $\neq$ mineralización automática



Producto	Qué muestra	Uso geológico
Anomalía Bouguer	Campo corregido regional	Cuencas, basamento, dominios
Residual	Respuesta local	Cuerpos o estructuras específicas
Derivadas	Bordes y gradientes	Contactos y fallas
Modelo 2D/3D	Distribución de densidad	Volumen, profundidad, geometría



Estimar densidades con muestras, testigos o literatura.
Comparar con geología superficial, magnetismo y sísmica.
Evitar sobreinterpretar bordes muy suavizados.
Usar modelos simples como primer control de plausibilidad.

Sulfuros masivos, hierro, cromita o intrusivos densos.
Mapeo de basamento y estructuras bajo cubierta.
Priorización de blancos cuando hay contraste de densidad.
Complemento de magnetometría para discriminar densidad vs susceptibilidad.



Exploración de recursos

Profundidad de basamento y relleno sedimentario.
Altos estructurales, depocentros y fallas mayores.
Modelos regionales integrados con magnetismo y sísmica.
Evaluación preliminar de cuencas con poca información.



Cuencas sedimentarias

Microgravimetría para cavidades, túneles, karst o subsidencia.
Control de rellenos, huecos y cambios de densidad en obras.
Monitoreo de masa en volcanes o sistemas hidrogeológicos.
Estudios no invasivos en zonas urbanas.



Subsuelo somero

Conviene cuando...

El objetivo tiene alto contraste de densidad.
Se requiere cobertura regional económica.
Hay buen control topográfico.
El ruido cultural y vibracional es controlable.

Conviene ser prudente cuando...

Topografía abrupta sin buena corrección de terreno.
Contraste de densidad bajo o desconocido.
Objetivo pequeño y profundo.
Ambigüedad con efectos regionales.

No unicidad densidad–geometría.
Necesidad de elevación precisa.
Suavizado natural del campo con profundidad.
Dependencia fuerte de la densidad de Bouguer adoptada.



Incertidumbre de interpretación

La no unicidad se reduce integrando información independiente

Geología

Aporta contactos, fallas y espesores plausibles.

Geoquímica

Ayuda a discriminar litologías de densidad contrastante con firmas químicas.

Geofísica

Mapea masa y geometría a escala de cuenca o depósito.

La gravimetría es más poderosa cuando densidad, geología y topografía están bien controladas.

Cuencas del NOA y Patagonia: estimación de basamento y depocentros.
Puna y Cordillera: correcciones de terreno críticas por relieve.
Minería de hierro/sulfuros: cuerpos densos pueden destacar.
Ingeniería urbana: cavidades y rellenos con microgravimetría.

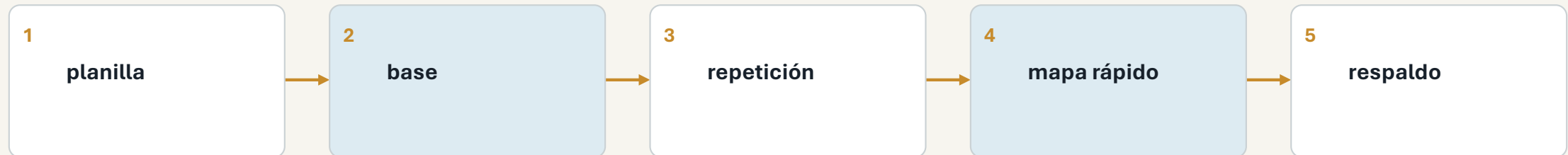


Contexto andino



Etapa	Decisión clave	Entregable
Diseño	Espaciamiento y base	Malla/perfiles
Topografía	Precisión altimétrica	Modelo de elevación
Campo	Ciclos de deriva	Datos QC
Gabinete	Bouguer y residual	Mapa interpretado

Bases al inicio y fin de cada lazo.
Repetir 5–10% de estaciones.
Controlar cierre de lazo y deriva.
Revisar cotas y datum vertical.
Documentar densidad usada para Bouguer.



Evitar mediciones en caminos activos sin señalización.
Cuidar estabilidad en laderas y quebradas.
Gestionar permisos de acceso a propiedades.
Minimizar tránsito en zonas sensibles.



Trabajo con comunidades y equipos

Calcular una anomalía de Bouguer simple

Dado g observado, latitud, elevación y densidad Bouguer.
Ordenar correcciones: deriva, latitud, aire libre y Bouguer.
Interpretar si el residual sugiere cuerpo denso o liviano.
Discutir qué dato falta para validar.

Producto esperado

Tabla de correcciones.
Perfil de anomalía corregida.
Hipótesis geológica simple.
Riesgo de interpretación.

Trabajo en grupos de 3–4 estudiantes



Tema	Idea central	Pregunta crítica
Campo gravitatorio	Mide masa/densidad	¿Qué contraste hay?
Correcciones	Transforman dato bruto	¿Está bien la cota?
Bouguer	Campo útil para interpretar	¿Qué densidad se adoptó?
Aplicaciones	Cuencas, minería, obras	¿La escala es adecuada?

Bibliografía indicada en el programa y textos históricos de consulta

Autor / evento	Título	Editorial	Año
Udías y Mezcua	Fundamentos de Geofísica	Alianza	1997
Parasnis y Orellana	Geofísica Minera	Paraninfo	1971
V. Olhovich	Curso de Sismología Aplicada	Reverté	1959
Siñeriz, J. G.	Interpretación geológica de mediciones geofísicas	Inst. Geol. Min. Madrid	1949
Howell, B. F.	Introducción a la geofísica	Omega	1962
SEGEMAR / congresos	Actas y publicaciones geológicas y geofísicas	SEGEMAR / AGA / UNLP	1995–1999

Uso recomendado: contexto, fundamentos y terminología clásica

Fuentes modernas sugeridas para actualizar la clase

Telford, W. M.; Geldart, L. P.; Sheriff, R. E. (1990). Applied Geophysics, 2nd ed. Cambridge University Press.

Kearey, P.; Brooks, M.; Hill, I. (2002). An Introduction to Geophysical Exploration, 3rd ed. Blackwell Science/Wiley.

Reynolds, J. M. (2011). An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, 2nd ed. Wiley-Blackwell.

Milsom, J.; Eriksen, A. (2011). Field Geophysics, 4th ed. Wiley.

Society of Exploration Geophysicists, SEG Wiki: términos y conceptos de geofísica de exploración.

USGS Circular 1310: uso de geofísica superficial para caracterizar el subsuelo.

SEGEMAR: repositorio de levantamientos geofísicos, magnetometría y espectrometría gamma en Argentina.

FI UNJu: página oficial y recursos institucionales de logos.

Hinze, W. J.; von Frese, R. R. B.; Saad, A. H. (2013). Gravity and Magnetic Exploration. Cambridge University Press.

Blakely, R. J. (1996). Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications. Cambridge University Press.

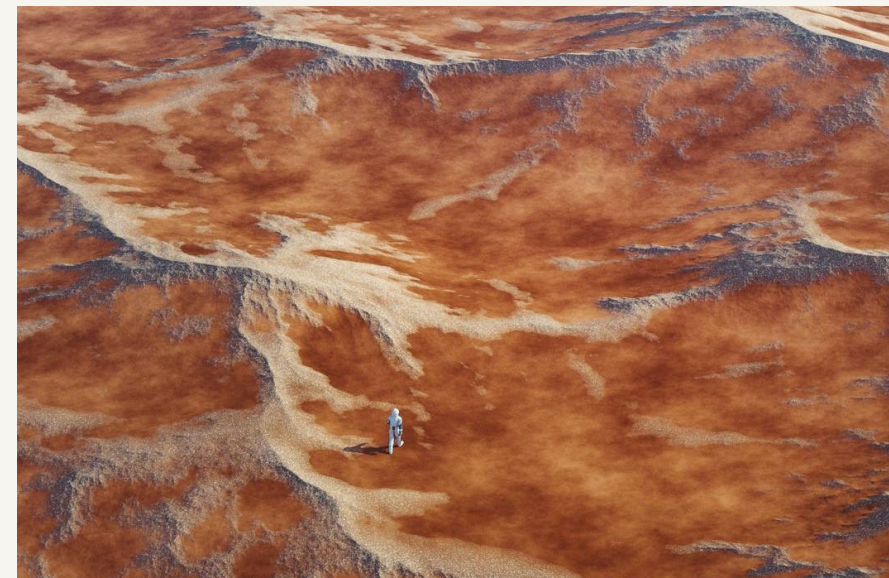


Figura de apoyo didáctico

Criterio de actualización

Combinar textos clásicos en español con manuales modernos de geofísica aplicada.

Priorizar fuentes institucionales para procedimientos, datos y definiciones operativas.

Usar la bibliografía digital como apoyo, no como reemplazo del trabajo de campo y gabinete.

Tres ideas para llevarse

La densidad es la propiedad clave de la gravimetría.
Las correcciones son parte del método, no un detalle administrativo.
La anomalía gravimétrica siempre admite más de un modelo: hay que restringirla con geología.



Preguntas guía para el próximo encuentro

¿Cuándo elegir gravimetría antes que sísmica?
¿Qué error produce una cota mal medida?
¿Qué información de densidad pedirían al laboratorio?

Cátedra de Geofísica · FI UNJu
Licenciatura en Ciencias Geológicas · 3er
año

Siguiente paso: práctica con datos, perfiles y mapas