

Programa analítico de la materia Geología Estructural
Depto Cs Geológicas, FCEN - UBA-
.....!%7i Uf]a YgfYZU c '88% !'

Parte I.
Esfuerzo. Deformación. Reología. Mecanismos

1. Introducción

Definición de Geología Estructural. Esfuerzos endógenos y exógenos. Marcadores de la deformación. Estructuras primarias, estructuras secundarias tectónicas y no tectónicas, contactos. Estructuras penetrativas y no penetrativas. Geología Estructural y tectónica, escalas. Reología. Análisis geométrico, cinemático y dinámico. Desarrollo en el tiempo de las estructuras tectónicas. Paleotectónica y Neotectónica. Disciplinas conexas. Aplicaciones.

2. Fuerza y Esfuerzo

Concepto de fuerza. Equilibrio de fuerzas en la litósfera. Noción de esfuerzo. Unidades. Esfuerzo normal (compresivo o distensivo) y de cizalla. Componentes de esfuerzo en un plano y en un punto. Elipse y elipsoide de esfuerzo. Ecuaciones de esfuerzo. Círculo de Mohr para esfuerzos. Estados de esfuerzo en la litósfera. Trayectorias de esfuerzo.

3. Deformación

Definición de deformación (deformation). Cuatro aspectos de un sistema deformado (posición final, desplazamiento, camino recorrido y camino datado). Deformación de cuerpo rígido y deformación interna. Traslación, rotación, distorsión (strain) y dilatación. Distorsión homogénea y heterogénea. Dominios homogéneos. Deformación continua y discontinua. Deformación interna longitudinal: extensión, elongación y elongación cuadrática. Deformación interna por cizalla, cizalla angular. Dilatación. Elipse y elipsoide de deformación. Deformación finita e infinitesimal. Líneas de no deformación longitudinal en la elipse de deformación. Deformación interna de líneas y ángulos. Círculo de Mohr para deformación interna. Deformación por cizalla pura y por cizalla simple. Deformación coaxial y no coaxial. Campos de deformación interna en dos dimensiones.

4. Reología

Comportamiento reológico de los materiales continuos. Comportamiento elástico, plástico y viscoso. Cuerpo elástico o sólido de Hook, cuerpo plástico o de Saint-Venant, cuerpo visco-elástico o líquido de Newton.

Análisis de la relación esfuerzo-deformación. Componentes elásticas: módulo de elasticidad o de Young, coeficiente de Poisson, módulo de cizalla y módulo de compresibilidad. Curva de esfuerzo deformación.

Parámetros que influyen en la deformación. Temperatura, presión confinante, presión y composición de fluidos. Anisotropías. El factor tiempo, curva de tiempo-deformación. Ablandamiento y endurecimiento por deformación.

5. Mecanismos de deformación

Modos de fracturamiento. Criterios de ruptura para fracturas neoformadas. Envolvente de Mohr. Principio de Navier. Criterio de fractura de Coulomb-Navier. Criterio de Griffith. Zonas de grietas sin cizalla. Regla de Hartman y ley de Anderson para fallas.

Cesión en fracturas heredadas. Deslizamiento friccional, asperezas. Leyes de deslizamiento friccional. Primera ley de Amonton, coeficiente de fricción de deslizamiento. Ley de

Byerlee. Relación entre la envolvente para fracturas heredadas y neoformadas en el círculo de Mohr para esfuerzos.

Rol de los fluidos. Esfuerzo normal efectivo; su expresión en el círculo de Mohr para esfuerzos.

Parte II. Elementos estructurales

6. Fallas

a. Fallas 1. Geometría de fallas.

Cesión frágil y cesión dúctil. Fracturas: características, tipos, modos de fracturamiento. Fallas: definición, elementos constituyentes. Zona de falla: núcleo y zona de daño. Diseños y terminación en profundidad de las fallas, terminación lateral. Fallas secundarias: antitéticas y sintéticas. Pliegues secundarios asociados: pliegues de arrastre.

b. Fallas 2. Movimiento a lo largo de fallas y clasificaciones.

Movimientos absolutos y relativos. Movimiento relativo verdadero: vector desplazamiento, orientación, componentes horizontal lateral (de rumbo), vertical y horizontal transversal. Tipos de desplazamiento. Movimientos relativos aparentes: separación, componentes. Desplazamiento simple por cizalla y con componentes dilatacionales o antidilatacionales. Clasificaciones y nomenclatura de fallas basadas en (1) el desplazamiento, (2) la inclinación del plano de falla, (3) el movimiento relativo entre techo y piso, (4) el movimiento absoluto y (5) tipo de deformación de cuerpo rígido.

c. Fallas 3. Cinemática de fallas.

Cizalla Simple. Ordenamiento de elementos estructurales asociados a cizalla simple. Datum cinemático de fallas: A) Actitud del plano de falla, B) Dirección del vector desplazamiento total, C) Sentido de desplazamiento. Criterios para identificar el sentido de desplazamiento: a) Desplazamiento de marcadores que predatan la falla, b) Pliegues de arrastre, c) estructuras menores en el plano de falla y su entorno. Indicadores cinemáticos asociados al plano de falla: 1) lineaciones de espejos de fricción (estrías, marcas de herramientas, canales, corrugaciones), 2) escalones minerales, 3) facetas lustradas y rugosas, 4) cizalla de Riedel, 5) Fracturas T, 6) fábricas en el jaboncillo.

7. Diaclasas.

Modos de fracturamiento. Tipos de fracturas.

Diaclasas, definición. Tipos de diaclasas: Abiertas (grietas o fisuras) y cerradas (venas, diques clásticos, diques neptunianos). Diaclasas según su génesis: (A) No vinculadas directamente a esfuerzos regionales: A1. Por contracción de materiales (Ej., diaclasas columnares, grietas de desecación). A2. Por cambio de volumen durante la meteorización (Ej., exfoliación catafilar). A3. Por fracturamiento hidráulico. A4. Por emplazamiento de cuerpos magmáticos (Ej. diques radiales). A5. Por impacto de meteoritos o asteroides. (B) Vinculadas a esfuerzos regionales: B1. Por descarga (Ej: exfoliación en cuerpos intrusivos). B2. Por relajación. B3. Por esfuerzos tectónicos: distensión, cizalla, asociadas a pliegues, a fallas y a zonas de cizalla frágil-dúctil.

Características: Ocurrencia en juegos y sistemas. Diaclasas conjugadas. Efecto de corte. Diagramas de frecuencia. Dimensiones. Espaciamiento. Morfología de la superficie de falla (marcas plumosas y líneas de arresto). Diaclasas sistemáticas y no sistemáticas.

8. Pliegues

1. Origen de los sistemas plegados y ambientes tectónicos en los que se encuentran (posicionamiento tectónico). 2. Tipos de pliegues: anticlinales, sinclinales, monoclinales. 3. Elementos geométricos: limbo dorsal, limbo frontal, cresta y línea de cresta, línea/s de charnela/s, plano axial, traza de plano axial, eje de pliegues. 4. Medidas: amplitud y longitud de onda. Superficie media. 5. Ordenes de plegamiento. 6. Importancia de conocer la base y techo de los bancos. Anticlinales vs. Antiformas, sinclinales vs. Sinformas. 7. Clasificación según simetría: simétrico, asimétrico, volcado, recumbente. 8. Ejes buzantes. Anticlinal buzante, sinclinal buzante. Braquianticlinales y braquisinclinales. Domos estructurales y cubetas estructurales. 9. Clasificación según variación de espesor. Concéntricos paralelos, concéntricos no paralelos, similares. 10. Clasificación según forma. Pliegues en caja, chevron, etc. 11. Cizalla entre capas en un pliegue. Control de la fricción en los planos de cizalla. 12. Importancia de los pliegues especialmente en la industria hidrocarburífera. 13. Importancia como trampa e importancia de zonas de daño en un pliegue. 14. Escalas de los pliegues. 15. Modelos de pliegues relacionados a falla. 16. Pliegues de flexión de falla. 17. Pliegues de propagación de falla. 18. Pliegues por despegue. 19. Fracturación y zonas de daño vinculadas con el plegamiento.

9. Foliación y lineamientos.

Concepto de fábrica. Desarrollo de anisotropías. Tectonitas, tectonitas S, L y LS. Definición de foliación, elementos de fábrica que la definen. Foliación primaria, diagenética y secundaria. Clivaje de roca, dominio del clivaje y dominio del microlitón. Clasificación morfológica de foliaciones secundarias. Foliación continua y espaciada, clivaje y esquistosidad. Clivaje pizarreño, características, clivaje en lápiz. Clivaje disyuntivo, características, su relación con pliegues, refracción del clivaje. Clivaje de crenulación, características, pliegues asociados. Esquistosidad, características, reconstrucción de pliegues a partir de la foliación. Bandeamiento, primario y secundario. Bandeamiento por diferenciación química y tectónico (por estiramiento de clastos, por transposición, por cizallamiento) Lineaciones, tipos: por intersección, alargamiento, mineralógica, microplegamiento, varillas y boudinage.

10. Zonas de cizalla.

Zonas de cizalla: definición, tipos (frágil, dúctil y frágil-dúctil). Zonas de cizalla a diferente profundidad. Rocas generadas en zonas de cizalla. Zonas de cizalla homogéneas y heterogéneas. Geometría de las zonas de cizalla. Zonas de cizalla frágiles: estructuras internas y características generales. Zonas de cizalla frágil-dúctil: distintas combinaciones de estructuras internas. Condiciones de generación. Boudinage. Venas en echelon. Modelos de cizalla más dilatación. Zonas de cizalla dúctil, características generales. Indicadores cinemáticos. Fábricas S-C. Bandas de cizalla. Peces de mica. Porfiroblastos rotados. Porfiroblastos asimétricos, tipo sigma, tipo delta. Criostales desplazados y con deslizamiento bookshelf.

Parte III. Asociaciones de estructuras

11. Principios de Geotectónica.

Tectónica de impacto: rasgos de la tectónica planetaria. Historia de las hipótesis geotectónicas. Hipótesis de la contracción. Teoría de la deriva continental. Teoría geosinclinal.

Tectónica global. Estructura interna de la Tierra. El Paleomagnetismo. Teoría de propagación del fondo de los océanos, cordilleras centrooceánicas, anomalías del fondo oceánico. Sismología. Distribución espacial de los sismos. Zona de Wadati-Benioff. Zonas de subducción. Zonas transformantes. Tectónica de placas. Tipos de márgenes de placas. Antearco, arco magmático, retroarco. Ciclo de Wilson. Mecanismos que gobiernan los movimientos de placa.

12. Asociaciones y estilos estructurales

Asociaciones estructurales. Estilo estructural, controles: 1) régimen cinemático y dinámico, 2) litología: tectónica de piel delgada y de piel gruesa, falla de despegue basal, 3) Intensidad de los esfuerzos, 4) nivel estructural: nivel superior, medio e inferior, procesos y estructuras asociados.

13. Asociaciones extensionales

Fallas normales, diseños en planta y en profundidad. Fallas normales según su génesis: 1) En respuesta a la flexura. 2) Por colapso. 3) En respuesta a la extensión cortical.

Modelos simples de deformación extensional. 1) Modelo de fallas conjugadas no rotacionales (deformación sincrónica y secuencial). 2) Modelo dominó. 3) Modelo lítrico. 4) Modelo de plano-rampa (steep and flat structure). 5) Modelo de rotación en bisagra (Rolling hinge).

Sistemas complejos. Sistemas de fallas ligadas con ligazón dura o débil. Sistemas complejo tipo rampa-decollement (Gibbs). Sistemas complejos asociados a cizalla simple y cizalla pura litosférica.

Nomenclatura de rifts (Rosendhal). Sistemas, ramas, zonas, unidades de rift (hemigraben) y bloques. Zonas de acomodación y fallas de transferencia. Familias de hemigrabenes.

14. Asociaciones Contraccionales

Ambiente tectónico de los sistemas compresionales. Zonas de subducción tipo andina vs. tipo alpina. Fajas plegadas y corridas sintéticas y antitéticas. Cuñas doble vergentes. Teoría de la cuña de Coulomb. Variables mecánicas que controlan la geometría de la cuña de Coulomb. Modo de avance y deformación de una faja plegada y corrida. Secuencia normal de deformación. Estructuras fuera de secuencia. Espaciamiento entre estructuras en una faja plegada y corrida. Controles de la topografía en el desarrollo de las fajas plegadas y corridas. Sistemas de Corrimiento. Sistemas Duplex vs. Sistemas de abanico imbricado. Duplex de techo pasivo y zonas triangulares. Zonas de transferencia en una faja plegada y corrida.

15. Asociaciones en tectónica por desplazamiento de rumbo

1. Características generales: Definición. Frecuencia de la TDR en la litósfera. 2. Terminología y clasificación. Clasificación tectónica (Woodcock y Schmidt 1994), tomando en cuenta la posición en la placa, en la litósfera y en la corteza. Denominaciones: transformantes de dorsal, de límite, ligada a trinchera, transcurrentes ligadas a indentación de desgarre y de intraplaca. 3. TDR en regímenes por cizalla simple y cizalla pura. 4. Estructuras en zonas de cizalla de rumbo, en planta y en profundidad, diseños.

Rotaciones. Evolución temporal de estructuras en zonas de DR. 5. Zonas DR oblicuas, convergentes y divergentes. Transpresión y transtensión. Estructura en flor, positiva y negativa. Irregularidades en el plano de falla, curvaturas y sobreposos. Estructuras pull-apart y push-up. Estructura en cola de caballo, horse, duplex. 6. Cuencas sedimentarias asociadas. 7. Sismotectónica.

Parte IV. Modelos y Estructura de la República Argentina

16. Modelos observacionales, numéricos y analógicos

a. Modelos observacionales (Ejemplo de Sierras Australes de la prov. de Buenos Aires). Información previa. Objetivos (delimitación del régimen deformacional). Metodología (Análisis de estructuras mesoscópicas, de indicadores cinemáticos y marcadores de la deformación). Interpretación parcial por sectores. Análisis de variaciones espaciales. Modelo final (deformación transpresiva controlada por convergencia nor-noreste).

b. Modelado análogos y numéricos:

- Tipos de modelados estructurales. Modelos cinemáticos vs. modelos mecánicos.
- Modelos cinemáticos (ya vistos en clases anteriores)
- Modelos mecánicos análogos vs. numéricos
- Modelos análogos: escalado de los modelos. Similaridad modelo-prototipo.
- Modelado mecánico numérico.
- Modelos de elementos discretos

17. Geología Estructural de la Argentina

Estratigrafía Mecánica. Piel Gruesa o Inversión tectónica. Piel delgada (piel fina) con un plano de despegue sedimentario basal.

Ejemplos de:

- Sistema Subandino (piel delgada)
- Sistema de Santa Bárbara (inversión-piel gruesa)
- Faja plegada y Corrida de la Ramada (Mendoza)
- Andes de Tierra del Fuego (compuesto x piel fina y gruesa)