

Contenido

Prefacio

XV

PARTE I CONCEPTOS

CAPÍTULO 1 Topografía y planimetría

3

1.1 Topografía 1.2 Usos de la topografía 1.3 La Tierra como un esferoide
1.4 Topografía geodésica 1.5 Topografía plana 1.6 Funcionamiento
de la topografía 1.7 Sumario de definiciones 1.8 Unidades de medida
1.9 Los dibujos de topografía 1.10 Proyecciones en los planos 1.11 Planos
1.12 Precisión de las mediciones 1.13 Principios relacionados con la
topografía 1.14 La práctica de la topografía Referencias

CAPÍTULO 2 Mediciones y errores en los levantamientos

16

2.1 Introducción 2.2 Observaciones y errores 2.3 Equivocaciones
2.4 Errores sistemáticos 2.5 Ejemplos de errores sistemáticos y sus
compensaciones 2.6 Manejo de errores sistemáticos 2.7 Errores
accidentales (aleatorios) 2.8 Conceptos elementales de probabilidad
2.9 Distribuciones de frecuencia-histogramas 2.10 Función de densidad de la
probabilidad 2.11 Función de distribución acumulativa 2.12 Distribución
normal 2.13 Muestreo 2.14 Muestras estadísticas por localización
2.15 Muestras estadísticas por dispersión 2.16 Exactitud, precisión y
precisión relativa 2.17 Concepto de peso 2.18 Problemas Referencias

CAPÍTULO 3 Trabajo de campo y de gabinete

40

3.1 Generalidades 3.2 Planeación y diseño de un levantamiento
3.3 Especificaciones 3.4 Planos existentes y puntos de control
3.5 Selección de equipos y procedimientos 3.6 Selección de procedimientos
de cálculo y métodos para la presentación de datos 3.7 Relación entre
ángulos y distancias 3.8 Definiciones 3.9 Señales 3.10 Cuidado y
manejo de los instrumentos 3.11 Ajuste de los instrumentos 3.12 Notas de
campo 3.13 Libreta de anotaciones 3.14 Registro de datos 3.15 Otros métodos
para registrar datos 3.16 Cálculos 3.17 Revisión 3.18 Cifras
significativas 3.19 Ayudas de cálculo 3.20 Problemas Referencias

PARTE II MEDICIONES BÁSICAS EN LEVANTAMIENTOS**CAPÍTULO 4 Medición de la distancia**

69

4.1 Distancia 4.2 Medición de pasos 4.3 Contador de millas, odómetro y otros métodos 4.4 Taquimetría 4.5 Mediciones con cintas 4.6 Medición electrónica de distancia 4.7 Selección de métodos 4.8 Cintas 4.9 Equipo para la medición con cinta 4.10 Mediciones con cinta en llanos 4.11 Medición horizontal sobre terrenos inclinados 4.12 Mediciones inclinadas con cinta 4.13 Errores sistemáticos en la medición con cinta 4.14 Corrección por pendiente 4.15 Precisión requerida para θ y h 4.16 Cinta fuera de la longitud reglamentaria 4.17 Cinta no horizontal 4.18 Variaciones en temperatura 4.19 Variaciones en la tensión 4.20 Corrección por catenaria o flecha 4.21 Tensión normal 4.22 Alineamiento incorrecto de la cinta 4.23 Cinta curvada 4.24 Resumen de errores sistemáticos en la medición con cinta 4.25 Correcciones combinadas 4.26 Errores accidentales en mediciones con cinta 4.27 Consecuencias de los errores en la medición con cinta 4.28 Errores en la medición con cinta 4.29 Medición electrónica de la distancia 4.30 Principios básicos de los instrumentos electroópticos para MED 4.31 Principios electromagnéticos o de microondas para MED 4.32 Errores sistemáticos en el equipo MED 4.33 Efectos de las condiciones atmosféricas en la velocidad de la onda 4.34 Errores sistemáticos instrumentales en los sistemas de MED 4.35 No linealidad en los sistemas electroópticos 4.36 Reflexión del terreno en los instrumentos de microondas para MED 4.37 Reducción de las distancias inclinadas obtenidas por MED 4.38 Aproximaciones posibles con los sistemas de MED 4.39 Problemas 4.40 Problemas de campo Referencias

CAPÍTULO 5 Medición de la distancia vertical: nivelación

128

5.1 Definiciones 5.2 Curvatura y refracción 5.3 Métodos 5.4 Nivelación diferencial o con nivel de burbuja 5.5 Nivelación trigonométrica 5.6 Nivelación barométrica 5.7 Tipos de niveles 5.8 Telescopio 5.9 Lente del objetivo 5.10 Enfoque 5.11 Reticulo 5.12 Ocular 5.13 Propiedades del telescopio 5.14 Tubo de nivel de burbuja 5.15 Sensibilidad del tubo de nivel 5.16 Nivel "dummy" 5.17 Niveles de inclinación 5.18 Niveles automáticos 5.19 Niveles de mano tipo Locke 5.20 Nivel de mano Abney y eclímetro 5.21 Estadales para nivelación 5.22 Estadales de lectura directa 5.23 Estadal para estadia 5.24 Verniers 5.25 Miras 5.26 Estadales con mira 5.27 Niveles para estadal 5.28 Puntos de liga 5.29 Instalación del nivel de ingeniero 5.30 Lectura del estadal 5.31 Nivelación diferencial 5.32 Banco de nivel 5.33 Definiciones 5.34 Procedimiento 5.35 Balanceo de las distancias a las lecturas hacia atrás y hacia adelante 5.36 Notas para la nivelación diferencial 5.37 Equivocaciones en la nivelación 5.38 Errores en la nivelación 5.39 Propagación del error en la nivelación 5.40 Nivelación recíproca 5.41 Ajuste de los bancos de nivel intermedios 5.42 Nivelación de perfil 5.43 Notas de la nivelación de perfil 5.44 Construcción del perfil 5.45 Ajuste de los niveles 5.46 Condiciones deseables en el nivel dummy 5.47 Ajustes del nivel dummy 5.48 Ajuste de niveles automáticos 5.49 Problemas 5.50 Problemas de campo Referencias

CAPÍTULO 6 Medición de ángulos y direcciones

190

6.1 Localización de puntos 6.2 Meridianos 6.3 Meridiano verdadero 6.4 Meridiano de cuadrícula 6.5 Meridiano magnético 6.6 Ángulos y direcciones 6.7 Rumbos 6.8 Azimutes 6.9 Ángulos interiores

6.10 Ángulos de deflexión 6.11 Ángulos a la derecha 6.12 Métodos para determinar los ángulos y las direcciones 6.13 Brújula magnética 6.14 Declinación magnética 6.15 Carga isogónica 6.16 Variaciones en la declinación magnética 6.17 Corrección por declinación 6.18 Atracción local 6.19 Uso de la brújula 6.20 Fuentes de error en trabajos con la brújula 6.21 Teodolito y tránsito 6.22 Tránsito de ingeniero 6.23 Tubos de nivel 6.24 Telescopio 6.25 Círculo graduado 6.26 Verniers 6.27 Excentricidades de los verniers y los centros 6.28 Tránsito con tres tornillos de nivelación 6.29 Geometría del tránsito 6.30 Teodolitos 6.31 Teodolitos digitalizados 6.32 Uso del tránsito 6.33 Instalación del tránsito 6.34 Instalación de instrumentos con tres tornillos de nivelación 6.35 Ángulos horizontales con el tránsito 6.36 Ángulos horizontales con el teodolito repetidor 6.37 Replanteo o trazo de ángulos horizontales 6.38 Errores comunes 6.39 Medición de ángulos horizontales por repetición 6.40 Ángulos y direcciones con el teodolito direccional 6.41 Ángulos medidos con el teodolito direccional 6.42 Replanteo o trazado de ángulos por repetición 6.43 Medición de ángulos verticales 6.44 Ángulos verticales por doble observación 6.45 Error de índice 6.46 Nivelación correcta del tránsito o del teodolito 6.47 Operaciones del tránsito o el teodolito: prolongación de una línea recta 6.48 Prolongación de una línea para salvar un obstáculo 6.49 Trazo de una recta entre dos puntos 6.50 Ajuste del tránsito: condiciones que debe satisfacer 6.51 Ajustes 6.52 Ajustes especiales 6.53 Ajuste de los teodolitos 6.54 Errores en la determinación de los ángulos y las direcciones: generalidades 6.55 Errores instrumentales 6.56 Errores personales 6.57 Errores naturales 6.58 Sextante 6.59 Medición de ángulos con sextante 6.60 Problemas 6.61 Problemas de campo Referencias

CAPÍTULO 7 Estadia y taquimetría

277

7.1 Generalidades 7.2 Método de la estadia 7.3 Hilos de la estadia y estadales para estadia 7.4 Teoría de la estadia 7.5 Constantes de la estadia 7.6 Factor de intervalo de la estadia 7.7 Visuales inclinadas 7.8 Aproximaciones permisibles 7.9 Reducciones con estadia 7.10 Observaciones del intervalo de la estadia 7.11 Arco de estadia de Beaman 7.12 Diferencia de nivel (desnivel) 7.13 Usos de la estadia 7.14 Nivelación indirecta con estadia 7.15 Errores con la estadia 7.16 Taquímetros autorreductores 7.17 Barra horizontal de estadia o barra subtensa 7.18 Plancheta y alidada 7.19 Instalación y orientación de la plancheta 7.20 Fuentes de error 7.21 Aplicaciones de la plancheta y la alidada 7.22 Problemas Referencias

PARTE III TRABAJOS DE LEVANTAMIENTO

CAPÍTULO 8 Poligonal

313

8.1 Generalidades 8.2 Brigada de topografía 8.3 Equipo de la brigada de topografía 8.4 Estaciones de la poligonal 8.5 Objetivos de la poligonal 8.6 Clases de poligonales 8.7 Poligonal por el método de deflexiones 8.8 Poligonal por el método de los ángulos interiores 8.9 Poligonal por el método de ángulos a la derecha 8.10 Poligonal por el método de conservación de azimutes 8.11 Poligonal con brújula 8.12 Poligonal con estadia 8.13 Poligonal con plancheta 8.14 Referencias de las estaciones de la poligonal 8.15 Cálculos de la poligonal 8.16 Cálculos para una poligonal cerrada 8.17 Cálculos para una poligonal de circuito

8.18 Ajuste de la poligonal 8.19 Ajuste de una poligonal por la regla de la brújula 8.20 Azimutes y distancias corregidas 8.21 Transformación de coordenadas 8.22 Precisión de la poligonal y propagación del error 8.23 Cálculos para el área de terrenos: generalidades 8.24 Métodos de determinación de áreas 8.25 Área con triángulos 8.26 Área por coordenadas 8.27 Área por dobles distancias, meridianos y latitudes 8.28 Área de un terreno con límites irregulares o curvos 8.29 Normales a intervalos regulares: regla del trapecio 8.30 Normales a intervalos regulares: regla del tercio de Simpson 8.31 Área de segmentos de círculo 8.32 División de terrenos 8.33 División de una superficie por medio de una línea trazada en una dirección dada 8.34 División de una superficie con una línea que pasa por un punto dado 8.35 División de una superficie trazando una línea en una dirección dada 8.36 Levantamientos radiales 8.37 Poligonal en tres dimensiones 8.38 Problemas 8.39 Problemas de campo Referencias

CAPÍTULO 9 Otros trabajos de levantamiento

387

9.1 Triangulación y trilateración 9.2 Precisión de los sistemas de control horizontal 9.3 Figuras de la triangulación 9.4 Selección de la figura 9.5 Reconocimiento 9.6 Mediciones para la triangulación 9.7 Cálculos y ajustes para la triangulación 9.8 Trilateración 9.9 Ajuste para la trilateración 9.10 Triangulación y trilateración combinadas 9.11 Localización de puntos por intersección 9.12 Resección 9.13 Sistemas modernos de posicionamiento 9.14 Sistemas electrónicos de posicionamiento 9.15 Sistemas inerciales de posicionamiento 9.16 Sistemas de posicionamiento doppler 9.17 Sistema global de posicionamiento 9.18 Problemas Referencias

PARTE IV PLANIMETRÍA

CAPÍTULO 10 Planimetría y elaboración de planos

423

10.1 Generalidades 10.2 Líneas de referencia o datums en planimetría 10.3 Planos topográficos 10.4 Representación del relieve 10.5 Curvas de nivel 10.6 Características de las curvas de nivel 10.7 Selección de la escala del plano y de la equidistancia de las curvas de nivel 10.8 Elaboración de planos topográficos 10.9 Métodos para graficar control horizontal 10.10 Dibujo con el método de coordenadas 10.11 Otros métodos para el trazado del control 10.12 Trazado de los detalles 10.13 Trazado de curvas de nivel 10.14 Trazado de curvas de nivel por interpolación 10.15 Trazado automático de curvas de nivel a partir de un modelo digital del terreno 10.16 Información detallada en los planos 10.17 Símbolos 10.18 Planimetría automatizada 10.19 Problemas 10.20 Problemas de gabinete Referencias

CAPÍTULO 11 Proyecciones cartográficas y coordenadas planas estatales

459

11.1 Introducción 11.2 Clases de proyecciones cartográficas 11.3 Proyección cartográfica en un plano 11.4 Proyección gnomónica 11.5 Proyección estereográfica 11.6 Proyección ortográfica 11.7 Proyecciones cónicas 11.8 Proyección de Albers de áreas iguales 11.9 Proyección policónica 11.10 Cartografía conformal 11.11 Proyección cónica conformal de Lambert 11.12 Proyección de Mercator

11.13 Proyección transversa de Mercator 11.14 Proyección universal transversa de Mercator 11.15 Proyección transversa de Mercator universal 3° 11.16 Sistemas estatales de coordenadas planas 11.17 Coordenadas planas estatales mediante la proyección cónica conformal de Lambert 11.18 Azimutes y distancias geodésicas y de cuadrícula en la proyección conformal de Lambert 11.19 Coordenadas planas estatales en la proyección transversa de Mercator 11.20 Usos de las coordenadas planas estatales 11.21 Problemas Referencias

PARTE V CLASES DE LEVANTAMIENTOS

CAPÍTULO 12 Levantamientos topográficos y de control

495

12.1 Generalidades 12.2 Dibujo del levantamiento 12.3 Establecimiento del control 12.4 Control horizontal 12.5 Control vertical 12.6 Control horizontal y vertical por medio de la poligonal tridimensional 12.7 Localización de detalles: Métodos generales 12.8 Precisión 12.9 Detalles con el método de puntos de control 12.10 Tránsito y estadia 12.11 Detalles con plancheta 12.12 Detalles por el método de las secciones transversales 12.13 Detalles por el método de la cuadrícula 12.14 Detalles por el método de localización directa, de las curvas de nivel 12.15 Sistemas electrónicos de posicionamiento para levantamientos topográficos 12.16 Levantamientos topográficos y modelos digitales del terreno 12.17 Problemas 12.18 Problemas de gabinete Referencias

CAPÍTULO 13 Levantamientos fotogramétricos y planimetría

523

13.1 Introducción 13.2 Cámaras y accesorios 13.3 Adquisición y procesamiento de las fotografías aéreas 13.4 Usos y productos de la fotogrametría aérea 13.5 Análisis de fotografías individuales 13.6 Desplazamiento por relieve en una fotografía vertical 13.7 Desplazamiento por inclinación 13.8 Mosaicos 13.9 Estereoscopia 13.10 Información topográfica a partir de fotografías aéreas 13.11 Operaciones elementales para obtener información planimétrica a partir de fotografías aéreas 13.12 Graficación en la planimetría 13.13 Procedimientos rigurosos en fotogrametría: generalidades 13.14 Estereograficadores fotogramétricos 13.15 Orientación y compilación de planos 13.16 Triangulación fotogramétrica 13.17 Modelos digitales del terreno 13.18 Ortofotografía 13.19 Planeación de un proyecto fotogramétrico 13.20 Sistemas fotogramétricos automatizados 13.21 Problemas Referencias

CAPÍTULO 14 Levantamientos de ruta y de construcción

562

14.1 Generalidades 14.2 Curvas en ruta para alineamiento horizontal y vertical: generalidades 14.3 Curvas circulares: generalidades 14.4 Geometría de las curvas circulares 14.5 Fórmulas de las curvas 14.6 Longitud de la curva 14.7 Replanteo de una curva por ángulos de deflexión 14.8 Colocaciones del tránsito en una curva 14.9 Curvas verticales 14.10 Curvas verticales por la ecuación de la parábola 14.11 Curvas verticales por distancias verticales desde la tangente 14.12 Trabajos de movimientos de tierras 14.13 Niveles en secciones transversales 14.14 Secciones transversales en rutas 14.15 Secciones transversales del terreno por los métodos de campo

x Contenido

14.16 Secciones transversales del terreno a partir de planos topográficos
14.17 Información de las secciones transversales del terreno a partir de estereomodelos fotogramétricos 14.18 Secciones transversales y estacas de talud 14.19 Áreas de las secciones transversales
14.20 Volúmenes de los movimientos de tierra 14.21 Volúmenes por el método de las áreas medias 14.22 Fórmula del prismoide
14.23 Corrección por curvatura en movimientos de tierra 14.24 Volúmenes en áreas de transición 14.25 Uso de los modelos digitales del terreno (MDT) en la localización de rutas 14.26 Levantamientos en la construcción de carreteras 14.27 Calles 14.28 Vías férreas 14.29 Línea y niveles
14.30 Alineamiento y niveles por medio de sistemas electrónicos de topografía
14.31 Equipo láser para nivelación y alineamiento para el replanteo de construcciones 14.32 Precisión 14.33 Drenajes, tuberías y alcantarillas
14.34 Túneles 14.35 Puentes 14.36 Edificaciones y replanteo de edificaciones 14.37 Presas 14.38 Levantamientos de la obra terminada
14.39 Problemas 14.40 Problema de campo Referencias

CAPÍTULO 15 Levantamiento de terrenos

654

15.1 Generalidades 15.2 Tipos de levantamientos de terrenos
15.3 Métodos y equipo 15.4 Registro de linderos 15.5 Descripción de las propiedades 15.6 Derechos ribereños 15.7 Autoridad legal del topógrafo 15.8 Responsabilidad del topógrafo 15.9 Levantamientos de terrenos públicos en EE.UU. 15.10 Subdivisión de secciones
15.11 Establecimiento de líneas de miendo 15.12 Marcado de líneas entre los vértices 15.13 Métodos fotogramétricos aplicados al levantamiento de propiedades 15.14 Problemas 15.15 Problema de gabinete Referencias

APÉNDICE A Propagación del error y ajuste en las mediciones de los levantamientos

679

A.1 Propagación del error A.2 Propagación de errores accidentales: desviaciones estándar de las sumas y restas A.3 Desviación estándar del múltiplo de una medición A.4 Desviación estándar de la media
A.5 Desviación estándar del área A.6 Error lineal contra error angular
A.7 Propagación del error en intersecciones A.8 Ajuste de las observaciones de los levantamientos A.9 Ajuste de levantamientos de figuras sencillas A.10 Concepto del ajuste por mínimos cuadrados A.11 Problemas Referencias

APÉNDICE B Conceptos matemáticos elementales

707

B.1 Ángulos B.2 Coordenadas polares y rectangulares (cartesianas)
B.3 Funciones trigonométricas B.4 Relaciones útiles entre las funciones trigonométricas B.5 Relaciones entre las coordenadas polares y cartesianas
B.6 Distancia entre dos puntos B.7 Pendiente de una línea entre dos puntos
B.8 Azimut y rumbo B.9 Relaciones entre el azimut y el ángulo de pendiente
B.10 Puntos interiores y exteriores de un segmento de recta B.11 Diferentes formas de la ecuación de la línea recta B.12 Línea recta con intersecciones en X e Y conocidas B.13 Ecuación general de la recta B.14 Rectas paralelas a los ejes B.15 Recta con intersección sobre el eje Y y pendiente conocida B.16 Recta con pendiente conocida que pasa por un punto dado B.17 Rectas que unen dos puntos B.18 Recta con longitud dada y pendiente de la perpendicular desde el origen B.19 Distancia perpendicular

desde el origen a una recta B.20 Distancia perpendicular desde un punto a una recta B.21 Ecuación de la recta que pasa por un punto y es paralela a otra recta B.22 Ecuación de la recta que pasa por un punto y es perpendicular a otra recta B.23 Ángulo entre dos rectas B.24 Punto de intersección de dos rectas B.25 Ecuación de un círculo B.26 Intersección de una recta y un círculo B.27 Áreas B.28 Problemas