

TOPOGRAFÍA

CONCEPTOS Y APLICACIONES



MARIO ARTURO RINCÓN VILLALBA
WILSON ERNESTO VARGAS VARGAS
CARLOS JAVIER GONZÁLEZ VERGARA

ECOE
EDICIONES

CONTENIDO

CAPÍTULO 1. CONCEPTOS BÁSICOS	1
1.1 Topografía	1
1.1.1 Representación de puntos en topografía.....	2
1.2 Operaciones topográficas.....	2
1.2.1 Levantamiento topográfico.....	3
1.2.2 Replanteo.....	3
1.2.3 Control	3
1.3 Tipos de levantamientos.....	3
1.4 Mediciones en topografía.....	4
1.4.1 Unidades de medición angular.....	5
1.4.2 Unidades de medida de longitud	6
1.4.3 Unidades de medida de superficie	8
1.4.4 Unidades de medida de volumen.....	9
1.5 Redondeo de Números	10
1.6 Exactitud y precisión	11
1.7 Equipos utilizados en Topografía.....	12
1.7.1 Estación total	12
1.7.2 Trípode	12
1.7.3 Nivel topográfico.....	13
1.7.4 Mira topográfica.....	13
1.7.5 Prisma.....	14
1.7.6 Jalones.....	14
1.7.7 Cinta métrica	15
1.7.8 Plomadas	15
CAPÍTULO 2. LEVANTAMIENTOS CON CINTA Y BRUJÚLA	17
2.1 Levantamiento con cinta	17
2.1.1 Medición de distancias con cinta.....	18
2.1.2 Medición de ángulos con cinta	20
2.1.3 Cálculo de áreas por figuras geométricas	23
2.1.4 Levantamiento con cinta método de izquierdas y derechas	26
2.1.5 Levantamiento con cinta método de medidas a dos puntos	32
2.2 Levantamiento con cinta y brújula	38
2.2.1 Ejercicio práctico.....	40
2.3 Ejercicios planteados.....	48

CAPÍTULO 3. ÁNGULOS Y COORDENADAS	49
3.1 Ángulos	49
3.1.1 Rumbo – Rb	51
3.1.2 Azimut – AZ	51
3.1.3 Ángulo de deflexión.....	52
3.2 Coordenadas.....	53
3.2.1 Coordenadas arbitrarias.....	55
3.2.2 Coordenadas asifinas.....	56
3.2.3 Coordenadas reales.....	56
3.2.4 Coordenadas Rectangulares	56
3.2.5 Coordenadas Polares	57
3.3 Conversión de coordenadas.....	57
3.3.1 Conversión de coordenadas rectangulares a polares.....	57
3.3.2 Conversión de coordenadas polares a rectangulares	61
CAPÍTULO 4. RADIACIÓN	63
4.1 Radiación simple	63
4.1.1 Definición.....	63
4.1.2 Aplicaciones.....	65
4.1.3 Procedimiento en terreno	65
4.1.4 Procedimiento en la oficina	66
4.1.5 Ejemplo Práctico	67
4.1.6 Cálculos.....	67
4.2 Radiación doble.....	71
4.2.1 Definición.....	71
4.2.2 Aplicaciones	72
4.2.3 Ley de senos	72
4.2.4 Metodología	73
4.2.5 Ejemplo.....	74
4.3 Ejercicios planteados.....	84
CAPÍTULO 5. POLIGONALES	87
5.1 Generalidades	87
5.2 Clasificación de las poligonales	88
5.2.1 Poligonal abierta.....	88
5.2.2 Poligonal cerrada.....	89
5.2.3 Poligonal orientada o de azimut directo	90
5.2.4 Poligonal no orientada	91

5.3 Ajustes y compensaciones.....	92
5.3.1 Error de cierre angular	93
5.3.2 Errores de cierre en distancia	94
5.3.3 Precisión de la poligonal	95
5.4 Métodos de ajuste.....	95
5.4.1 Método de brújula o de Bowditch	95
5.4.2 Método de tránsito.....	96
5.4.3 Método de Crandall	96
5.4.4 Método de variación de coordenadas.....	97
5.4.5 Ajuste por mínimos cuadrados	98
 CAPÍTULO 6. POLIGONAL ABIERTA.....	101
6.1 Definición.....	101
6.2 Levantamiento: Poligonal abierta método ceros atrás	102
6.2.1 Metodología.....	102
6.2.2 Ejercicio: poligonal abierta por ceros atrás.....	103
6.3 Poligonal abierta por azimut directo	106
6.3.1 Metodología.....	106
6.3.2 Ejercicio Poligonal Abierta por Azimut Directo.....	108
6.4 Ejercicios planteados.....	112
 CAPÍTULO 7. POLIGONAL CERRADA	113
7.1 Definición.....	113
7.2 Aplicaciones	113
7.3 Metodología.....	113
7.3.1 Trabajo de campo.....	113
7.3.2 Trabajo en oficina.....	114
7.4 Ejercicio práctico.....	113
7.4.1 Ajuste de la poligonal por método de brújula.....	117
7.4.2 Ajuste de la poligonal por método de tránsito	121
7.4.3 Ajuste de la poligonal por método de Crandall	124
7.4.4 Ajuste de la poligonal por método de variación de coordenadas por el número de lados	128
7.4.5 Ajuste de la poligonal por método de variación de coordenadas por el perímetro.....	130
7.4.6 Ajuste de la poligonal por método de mínimos cuadrados.....	132
7.4.7 Cálculo de los detalles	137
7.5 Ejercicios planteados.....	139

CAPÍTULO 8 POLIGONAL PUNTO A PUNTO	141
8.1 Metodología	143
8.1.1 Trabajo de campo	143
8.1.2 Trabajo de oficina	144
8.2 Ejercicio: poligonal abierta por ceros atrás corrigiendo ángulos.....	145
8.2.1 Cálculos	147
8.3 Ejercicio: poligonal abierta por ceros atrás corrigiendo Azimuts.....	156
8.3.1 Cálculos	159
8.4 Poligonal controlada en cada delta	167
8.4.1 Aplicaciones y ventajas	168
8.4.2 Metodología	169
8.4.3 Ejercicio práctico.....	170
8.5 Ejercicios planteados.....	179
CAPÍTULO 9. LOCALIZACIÓN DE PROYECTOS	181
9.1 Tipos de replanteo.....	182
9.1.1 Replanteo para obras puntuales	182
9.1.2 Replanteo para obras lineales	185
9.1.3 Control vertical.....	189
CAPÍTULO 10. CÁLCULO DE ÁREAS	193
10.1 Definición	193
10.2 Métodos de cálculo de áreas	194
10.2.1 Método de las figuras geométricas	195
10.2.2 Método de las coordenadas	200
10.2.3 Método de la herramienta CAD	205
10.2.4 Método gráfico del planímetro	209
10.2.5 Método gráfico de la malla de puntos.....	212
10.2.6 Método gráfico del papel milimetrado.....	214
CAPÍTULO 11. ALTIMETRÍA CONCEPTOS GENERALES	217
11.1 Altimetría	217
11.2 Altura o cota	218
11.3 Tipos de nivelación	219
11.4 Equipos empleados en nivelación.....	220
11.4.1 Teodolito	220
11.4.2 Nivel	220
11.4.3 Mira	221
11.4.4 Nivel de mano (nivel Locke)	222

11.4.5 Nivel Abney	222
11.4.6 Altímetro.....	222
11.4.7 Equipo menor y materiales	223
11.5 Precisión en altimetría	223
11.5.1 Error permitido en niveleración	223
CAPÍTULO 12. NIVELACIÓN GEOMÉTRICA O DIFERENCIAL	225
12.1 Equipos para niveleración geométrica	226
12.2 Errores en niveleración geométrica	226
12.3 Niveleración geométrica simple	227
12.3.1 Ejemplo Nivelación Geométrica Simple	228
12.4 Niveleración geométrica compuesta.....	229
12.4.1 Procedimiento para niveleraciones geométricas compuestas	230
12.5 Circuito de niveleración por diferentes cambios.....	231
12.5.1 Ejemplo práctico: Circuito de niveleración por diferentes cambios	232
12.5.2 Ejercicio propuesto: Circuito de niveleración por diferentes cambios	237
12.6 Circuito de niveleración por los mismos cambios.....	238
12.6.1 Ejemplo práctico: Circuito de niveleración por los mismos cambios	238
12.6.2 Ejemplo práctico: Circuito de niveleración por los mismos cambios	243
CAPÍTULO 13. NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA	245
13.1 Definición	245
13.2 Usos	246
13.3 Metodología.....	247
13.3.1 Trabajo en campo.....	247
13.3.2 Trabajo en oficina.....	247
13.4 Tipos de niveleración trigonométrica.....	249
13.4.1 Nivelación trigonométrica simple	249
13.4.2 Nivelación trigonométrica compuesta.....	256
13.5 Ejercicios propuestos	268
CAPÍTULO 14. NIVELACIÓN DE LÍNEAS (PERFILES).....	271
14.1 Concepto	271
14.2 Perfil longitudinal	272
14.2.1 Métodos de materialización de ejes.....	273

14.2.2 Ejemplo práctico	276
14.3 Perfiles o secciones transversales	280
14.3.1 Nivelación de los perfiles transversales.....	280
14.3.2 Ejemplo práctico	284
14.4 Ejercicio propuesto	287
 CAPÍTULO 15. MODELOS DIGITALES DE TERRENO.....	289
15.1 Curvas de nivel.....	290
15.1.1 Características de las curvas de nivel	291
15.1.2 Equidistancia de las curvas de nivel	291
15.2 Breaklines o divisorias de aguas.....	293
15.3 Análisis con Modelos Digitales de Terreno	296
15.3.1 Interpretación de las curvas	296
15.3.2 Mapa de pendientes.....	296
15.3.3 Mapa de elevaciones	298
15.3.4 Mapa de direcciones de pendiente	298
15.3.5 Mapa de cuencas	299
 CAPÍTULO 16. NIVELACIÓN DE SUPERFICIES	301
16.1 Generalidades.....	301
16.2 Nivelación por radiación.....	302
16.3 Nivelación por cuadrícula.....	314
16.4 Método de nivelación trigonométrica– puntos de quiebre	324
16.5 Ejercicios planteados	341
 CAPÍTULO 17. MOVIMIENTO DE TIERRAS	347
17.1 Concepto	347
17.2 Método de perfiles consecutivos o secciones transversales	348
17.2.1 Diseño de la rasante	348
17.2.2 Cálculo del área en la sección transversal.....	351
17.2.3 Cálculo de la cubicación	358
17.3 Método de las curvas de nivel	365
 CAPÍTULO 18. PLANOS TOPOGRÁFICOS.....	369
18.1 Información en planos topográficos.....	375
18.2 Elaboración de planos correspondientes a levantamientos topográficos.....	380
 BIBLIOGRAFÍA	381

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1	Representación de puntos	2
FIGURA 1.2	Distancias en topografía.....	5
FIGURA 1.3	Precisión	11
FIGURA 1.4	Estación total	12
FIGURA 1.5	Trípode.....	12
FIGURA 1.6	Nivel	13
FIGURA 1.7	Mira.....	13
FIGURA 1.8	Prisma.....	14
FIGURA 1.9	Jalones	14
FIGURA 1.10	Cinta.....	15
FIGURA 1.11	Plomada	15
FIGURA 2.1	Medidas con cinta en terreno plano	18
FIGURA 2.2	Medidas seccionadas con cinta en terreno plano	18
FIGURA 2.3	Medidas con cinta en terreno inclinado.....	19
FIGURA 2.4	Medidas seccionadas con cinta en terreno inclinado	20
FIGURA 2.5	Medidas con cinta en terreno inclinado con obstáculos	20
FIGURA 2.6	Perpendicular con cinta, método del radio	21
FIGURA 2.7	Perpendicular con cinta, método del triángulo rectángulo.....	21
FIGURA 2.8	Perpendicular con escuadras	22
FIGURA 2.9	Fórmula para ángulos con cinta	22
FIGURA 2.10A	Carteras de campo: levantamiento con cinta.....	27
FIGURA 2.10B	Carteras de campo: levantamiento con cinta.....	28
FIGURA 2.11	Área por figuras geométricas	31
FIGURA 2.12	Distancias izquierdas y derechas al restaurante	32
FIGURA 2.13	Distancias al punto 10.....	33
FIGURA 2.14A	Carteras de campo: levantamiento con cinta, método distancias a dos puntos	34
FIGURA 2.14B	Carteras de campo: levantamiento con cinta, método distancias a dos puntos	35
FIGURA 2.15A	Ejercicio planteado: levantamiento con cinta	36
FIGURA 2.15B	Ejercicio planteado: levantamiento con cinta	37
FIGURA 2.16	Azimut	38
FIGURA 2.17	Rumbo	39

FIGURA 2.18A Carteras de campo: levantamiento con cinta y brújula	41
FIGURA 2.18B Carteras de campo: levantamiento con cinta y brújula	42
FIGURA 2.19 Azimuts tomados en campo	45
FIGURA 2.20 Atracción local de cada línea del polígono	46
FIGURA 2.21 Atracción local de cada línea del polígono	47
FIGURA 2.22 Ejercicio: Medición con cinta	48
FIGURA 3.1 Ángulo	50
FIGURA 3.2 Nomenclatura de los cuadrantes	50
FIGURA 3.3 Rumbo	51
FIGURA 3.4 Azimut	52
FIGURA 3.5 Ángulo de deflexión	52
FIGURA 3.6 Proyecciones cartográficas	54
FIGURA 3.7 Orígenes de las coordenadas planas de Gauss en Colombia.....	55
FIGURA 3.8 Coordenadas	56
FIGURA 3.9 Coordenadas polares	57
FIGURA 3.10 Coordenadas rectangulares a polares	58
FIGURA 3.11 Definición de cuadrante en función del signo de las diferencias de norte y este	59
FIGURA 3.12 Signo del ángulo θ	60
FIGURA 3.13 Coordenadas rectangulares a polares.....	61
FIGURA 4.1 Radiación simple de un lote.....	64
FIGURA 4.2 Equipos empleados en levantamientos por radiación simple	65
FIGURA 4.3 Imagen del predio a levantar	67
FIGURA 4.4 A Cartera de campo: Levantamiento por radiación sencilla	68
FIGURA 4.4 B Cartera de campo: Levantamiento por radiación sencilla	69
FIGURA 4.5 Radiación doble	72
FIGURA 4.6 Ley de senos	72
FIGURA 4.7 Glorieta a ser levantada y ubicación de la base medida.....	75
FIGURA 4.8 Radiación doble en la glorieta	75
FIGURA 4.9 A Cartera de Campo: radiación desde D2	76
FIGURA 4.9 A Cartera de Campo: radiación desde D2 y D3.....	77
FIGURA 4.9 C Cartera de Campo: radiación desde D3	78
FIGURA 4.10 Ángulos del triángulo para el punto 4.....	79
FIGURA 5.1 Levantamiento con poligonales.....	88

FIGURA 5.2	Polygona abierta.....	89
FIGURA 5.3	Polygona de circuito cerrado.....	89
FIGURA 5.4	Polygona de línea cerrada	90
FIGURA 5.5	Polygona orientada	90
FIGURA 5.6	Polygona por ceros atrás externos	91
FIGURA 5.7	Polygona por ceros atrás internos.....	91
FIGURA 5.8	Polygona por deflexiones	92
FIGURA 5.9	Ángulos internos de una polygona.....	93
FIGURA 5.10	Ángulos externos de una polygona	93
FIGURA 5.11	Polygona con brazo interno.....	94
FIGURA 6.1	Polygona abierta.....	101
FIGURA 6.2	Cartera de campo	103
FIGURA 6.3	Cartera de Campo	108
FIGURA 6.4	Ejercicio planteado: polygona abierta	112
FIGURA 7.1A	Ejercicio práctico: polygona cerrada	115
FIGURA 7.1B	Ejercicio práctico: polygona cerrada	116
FIGURA 7.2A	Ejercicio planteado: polygona cerrada	139
FIGURA 7.2B	Ejercicio planteado: polygona cerrada	140
FIGURA 8.1	Polygona punto a punto	141
FIGURA 8.2	Polygona punto a punto con dos puntos de apoyo.....	142
FIGURA 8.3	Polygona punto a punto con tres puntos de apoyo.....	142
FIGURA 8.4	Polygona punto a punto con cuatro puntos de apoyo.....	143
FIGURA 8.5A	Ejercicio polygona punto a punto.....	145
FIGURA 8.5B	Ejercicio Polygona punto a punto.....	146
FIGURA 8.6	Ángulos medidos y ángulo proyectado	148
FIGURA 8.7	Ángulos externos del polígono (incluido el ángulo en proyecciones)	149
FIGURA 8.8A	Ejercicio polygona punto a punto (para corregir azimuts)	157
FIGURA 8.8B	Ejercicio polygona punto a punto (para corregir azimuts)	158
FIGURA 8.9	Polygona controlada en cada delta	168
FIGURA 8.10A	Cartera de campo	170
FIGURA 8.10B	Cartera de campo	171
FIGURA 8.11A	Cartera de campo	179
FIGURA 8.11B	Cartera de campo	180
FIGURA 9.1	Planta de bodega	183

FIGURA 9.2	Tramo vial	186
FIGURA 9.3	Tramo vial para control vertical	190
FIGURA 10.1	Unidades de área	194
FIGURA 10.2	Área a levantar	196
FIGURA 10.3	División del terreno en figuras geométricas	197
FIGURA 10.4 A	Cartera de campo: Levantamiento con cinta.....	198
FIGURA 10.4 B	Cartera de campo: Levantamiento con cinta.....	199
FIGURA 10.5	Coordenadas de la edificación - Numeración de puntos.....	201
FIGURA 10.6	Polygonal que une los puntos de la edificación de la figura 10.5	205
FIGURA 10.7	Comando AREA en la barra de comandos	206
FIGURA 10.8	Comando AREA, opción Object, selección del polígono	206
FIGURA 10.9	Área del polígono	207
FIGURA 10.10	Selección de puntos del polígono bajo el comando AREA.....	207
FIGURA 10.11	Área del polígono	208
FIGURA 10.12	Comando LIST	208
FIGURA 10.13	Área de la poligonal con el comando LIST	209
FIGURA 10.14	Planímetro rodante	210
FIGURA 10.15	Ubicación de los brazos del planímetro	210
FIGURA 10.16	Recorrido para el cálculo del área por planímetro polar	211
FIGURA 10.17	Cálculo del área por planímetro rodante	212
FIGURA 10.18	Malla de puntos	212
FIGURA 10.19	Área por malla de puntos	213
FIGURA 10.20	Conteo de puntos en el área.....	214
FIGURA 10.21	Diferentes ubicaciones de la malla sobre el área	214
FIGURA 10.22	Área con papel milimetrado	215
FIGURA 10.23	Posiciones diferentes para el conteo de puntos	215
FIGURA 11.1	Cota o altura.....	218
FIGURA 11.2	Teodolito.....	220
FIGURA 11.3	Nivel	221
FIGURA 11.4	Mira.....	221
FIGURA 11.5	Nivel Locke.....	222
FIGURA 11.6	Nivel Abney	222
FIGURA 11.7	Altímetro	223
FIGURA 12.1	Nivelación geométrica simple.....	227

FIGURA 12.2	Cartera de campo: nivelación geométrica simple	228
FIGURA 12.3	Nivelación geométrica compuesta	230
FIGURA 12.4A	Ejercicio. Circuito de nivelación por diferentes cambios.....	232
FIGURA 12.4B	Ejercicio. Circuito de nivelación por diferentes cambios.....	233
FIGURA 12.5	Ejercicio propuesto. Circuito de nivelación por diferentes cambios.....	237
FIGURA 12.6A	Ejercicio. Circuito de nivelación por los mismos cambios	238
FIGURA 12.6B	Ejercicio. Circuito de nivelación por los mismos cambios	239
FIGURA 12.7	Ejercicio. Circuito de nivelación por los mismos cambios	243
FIGURA 13.1	Diagrama general de la nivelación trigonométrica.....	246
FIGURA 13.2	Ángulo cenital mayor a 90 grados.....	248
FIGURA 13.3A	Cartera de campo	250
FIGURA 13.3B	Cartera de campo	251
FIGURA 13.4A	Cartera de campo	258
FIGURA 13.4B	Cartera de campo	259
FIGURA 13.4C	Cartera de campo	260
FIGURA 13.4D	Cartera de campo	261
FIGURA 13.5 A	Ejercicio propuesto. Cartera de campo	268
FIGURA 13.5 B	Ejercicio propuesto. Cartera de campo	269
FIGURA 14.1	Perfil topográfico	271
FIGURA 14.2	Tipo de perfiles	272
FIGURA 14.3	Materialización del eje por distancias fijas.....	273
FIGURA 14.4	Materialización del eje por puntos de quiebre	274
FIGURA 14.5	Problemas en el método de distancias fijas.....	275
FIGURA 14.6	Materialización del eje por método mixto.....	275
FIGURA 14.7	Cartera de campo. Nivelación perfil 1	276
FIGURA 14.8	Cartera de campo. Nivelación perfil 2	277
FIGURA 14.9	Dibujo perfil escala 1:1	279
FIGURA 14.10	Perfil escala a décupa	280
FIGURA 14.11	Escuadra óptica	281
FIGURA 14.12	Escuadra de agrimensor	281
FIGURA 14.13	Trazo de perpendiculares en línea recta.....	282
FIGURA 14.14	Trazo de perpendiculares en las curvas.....	282
FIGURA 14.15	Nivelación de secciones transversales.....	283

FIGURA 14.16	Nivelación de secciones transversales con cambios.....	283
FIGURA 14.17	Cartera de campo de nivelación de secciones	284
FIGURA 14.18	Sección transversal.....	286
FIGURA 14.19	Nivelación de un perfil	287
FIGURA 14.20	Nivelación secciones transversales.....	288
FIGURA 15.1	Modelo digital del terreno.....	289
FIGURA 15.2	Curvas de nivel de un modelo digital del terreno.....	290
FIGURA 15.3	Curvas de nivel de un modelo digital del terreno.....	292
FIGURA 15.4	Curvas de nivel sobre un vía sin aplicar <i>breaklines</i>	293
FIGURA 15.5	Líneas de triangulación o interpolación sin <i>breaklines</i>	294
FIGURA 15.6	Líneas de triangulación o interpolación con <i>breaklines</i>	295
FIGURA 15.7	Curvas de nivel sobre un vía aplicando <i>breaklines</i>	295
FIGURA 15.8	Curvas de nivel en corrientes de agua y en filos de montaña ..	296
FIGURA 15.9	Mapa de pendientes	297
FIGURA 15.10	Mapa de elevaciones	298
FIGURA 15.11	Mapa de direcciones de pendiente	299
FIGURA 15.12	Mapa de cuencas	299
FIGURA 16.1	Radiación. Ubicación de las visuales	302
FIGURA 16.2	Materialización de puntos de quiebre.....	303
FIGURA 16.3	Medición de ángulos y distancias.....	303
FIGURA 16.4 A	Cartera de la radiación	304
FIGURA 16.4 B	Cartera de la radiación	305
FIGURA 16.5	Cartera de la nivelación	307
FIGURA 16.6	Interpolación entre los puntos 21 - 22.....	310
FIGURA 16.7	Ubicación de las cotas cerradas.....	313
FIGURA 16.8	Plano topográfico	313
FIGURA 16.9	Terreno a nivelar.....	314
FIGURA 16.10	Coordenadas de la cuadrícula	315
FIGURA 16.11	Cuadrícula y equipo para nivelación.....	316
FIGURA 16.12	Dimensiones de una cuadrícula	320
FIGURA 16.13	Líneas y diagonales de la cuadrícula.....	321
FIGURA 16.14	Ubicación de puntos para curvas de nivel en la cuadrícula.....	323
FIGURA 16.15	Trazado de las curvas de nivel	323
FIGURA 16.16A	Cartera de campo	325

FIGURA 16.16B Cartera de campo	326
FIGURA 16.16C Cartera de campo	327
FIGURA 16.17 Cartera de nivelación	328
FIGURA 16.18 Ubicación de los puntos por coordenadas y generación de los triángulos	337
FIGURA 16.19 Creación de la superficie en Civil 3D	338
FIGURA 16.20 Creación de los puntos en la plataforma Civil 3D	338
FIGURA 16.21 Definición de la superficie por puntos en la plataforma Civil 3D	339
FIGURA 16.22 Puntos en la plataforma Civil 3D	339
FIGURA 16.23 Modelo Digital de Terreno - MDT en la plataforma Civil 3D	340
FIGURA 16.24A Nivelación de un terreno por radiación	341
FIGURA 16.24B Nivelación de un terreno por radiación	342
FIGURA 16.25A Nivelación de terrenos por puntos de quiebre	344
FIGURA 16.25B Nivelación de terrenos por puntos de quiebre	345
FIGURA 17.1 Perfil y diseño	348
FIGURA 17.2 Sección transversal típica	350
FIGURA 17.3 Trazo de la rasante en la sección transversal	350
FIGURA 17.4 Área del diseño en la sección transversal.....	351
FIGURA 17.5 Puntos de la sección transversal.....	352
FIGURA 17.6 Área por método de cartera de chaflanes.....	352
FIGURA 17.7 Multiplicaciones de la regla de cruces	353
FIGURA 17.8 Puntos sección transversal mixta	354
FIGURA 17.9 Área por método de cartera de chaflanes. Sección mixta.....	354
FIGURA 17.10 Multiplicaciones de la regla de cruces	355
FIGURA 17.11 Origen cartesiano	356
FIGURA 17.12 Multiplicaciones de coordenadas.....	357
FIGURA 17.13 Área en CAD.....	357
FIGURA 17.14 Sólido entre secciones transversales	358
FIGURA 17.15 Prismoide en corte	359
FIGURA 17.16 Prismoide en relleno	359
FIGURA 17.17 Piramoide	360
FIGURA 17.18 Tronco de piramoide	361
FIGURA 17.19 Sección especial	362

FIGURA 17.20 Volumen en secciones. Ejemplo	363
FIGURA 17.21 Área entre curvas de nivel.....	365
FIGURA 17.22 Perfil de la zona de proyecto	365
FIGURA 17.23 Zonas de corte y relleno	366
FIGURA 18.1 Formato pliego (medidas en milímetros)	371
FIGURA 18.2 Formato medio pliego (medidas en milímetros)	371
FIGURA 18.3 Formato A1 (medidas en milímetros).....	372
FIGURA 18.4 Formato A2 (medidas en milímetros).....	373
FIGURA 18.5 Grilla de coordenadas	375
FIGURA 18.6 Cuadrícula perfil longitudinal	376
FIGURA 18.7 Cuadrícula secciones transversales	377
FIGURA 18.8 Norte dibujada en la planta de un plano topográfico	377
FIGURA 18.9 Escalas gráficas	378
FIGURA 18.10A Convenciones topográficas	379
FIGURA 18.10B Convenciones topográficas	379

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1 Ángulos del polígono	29
TABLA 2.2 Ángulos corregidos.....	29
TABLA 2.3 Promedio de las distancias horizontales	30
TABLA 2.4 Cálculo del área por figuras geométricas.....	31
TABLA 2.5 Cálculo de ángulos.....	43
TABLA 2.6 Corrección de ángulos	44
TABLA 3.1 Determinación del valor del Azimut.....	59
TABLA 4.1 Determinación de los azimuts y proyecciones de los detalles.....	70
TABLA 4.2 Ángulos internos de los triángulos y distancia desde D2 a los detalles.....	80
TABLA 4.3 Azimuts proyecciones y coordenadas del levantamiento	82
TABLA 4.4 Ejercicio planteado de radiación sencilla.....	84
TABLA 4.5 Ejercicio planteado de Radiación doble.....	85
TABLA 6.1 Coordenadas base	104
TABLA 6.2 Cálculo de azimut de la poligonal	104
TABLA 6.3 Cálculo de proyecciones de la poligonal.....	105

TABLA 6.4	Cálculo de coordenadas de la poligonal	105
TABLA 6.5	Cálculo de coordenadas de los detalles.....	106
TABLA 6.6	Coordenadas base.....	109
TABLA 6.7	Cálculo de azimut de la poligonal	109
TABLA 6.8	Cálculo de proyecciones de la poligonal.....	110
TABLA 6.9	Cálculo de coordenadas de la poligonal	110
TABLA 6.10	Cálculo de coordenadas de los detalles.....	111
TABLA 8.1	Coordenadas de los puntos de amarre inicial.....	147
TABLA 8.2	Coordenadas de los puntos de amarre final	147
TABLA 8.3	Ángulos del polígono cerrado.....	149
TABLA 8.4	Ángulos corregidos	150
TABLA 8.5	Azimuts de la poligonal	151
TABLA 8.6	Proyecciones de la poligonal	151
TABLA 8.7	Proyecciones corregidas	153
TABLA 8.9	Coordenadas de la poligonal	154
TABLA 8.10	Azimut de los detalles.....	154
TABLA 8.11	Proyecciones de los detalles.....	155
TABLA 8.12	Cálculo de coordenadas de detalles.....	155
TABLA 8.13	Coordenadas de los puntos de amarre inicial.....	159
TABLA 8.14	Coordenadas de los puntos de amarre final	159
TABLA 8.15	Ángulos del polígono cerrado.....	160
TABLA 8.16	Azimuts corregidos.....	161
TABLA 8.17	Proyecciones de la poligonal	161
TABLA 8.18	Proyecciones corregidas	163
TABLA 8.19	Coordenadas de la poligonal	164
TABLA 8.20	Azimut de los detalles.....	164
TABLA 8.21	Proyecciones de los detalles	165
TABLA 8.22	Cálculo de coordenadas detalles.....	166
TABLA 8.23	Corrección de ángulos	172
TABLA 8.24	Cálculo de Azimuts	173
TABLA 8.25	Cálculo de proyecciones	174
TABLA 8.26	Corrección de proyecciones	175
TABLA 8.27	Coordenadas de la poligonal	176
TABLA 8.28	Precisiones de cada lado	177
TABLA 8.29	Coordenadas de los detalles	178

TABLA 9.1	Deltas materializados en campo	183
TABLA 9.2	Coordenadas de los ejes de construcción	184
TABLA 9.3	Distancias y azimuts calculados.....	184
TABLA 9.4	Coordenadas punto de amarre	186
TABLA 9.5	Coordenadas del eje y los chaflanes del tramo	187
TABLA 9.6	Datos replanteo desde GPS-1	188
TABLA 9.7	Datos replanteo desde D2	189
TABLA 9.8	Control vertical	191
TABLA 10.1	Cálculo del área por figuras geométricas.....	195
TABLA 10.2	División en figuras geométricas.....	197
TABLA 10.3	División en figuras geométricas.....	200
TABLA 10.4	Coordenadas de los puntos	202
TABLA 10.5	Cálculos discriminados del primer método.....	202
TABLA 10.6	Cálculos discriminados del segundo método	204
TABLA 10.7	Cálculo del área por planímetro rodante.....	211
TABLA 10.8	Cálculo del área por malla de puntos.....	213
TABLA 10.9	Número de cuadros	216
TABLA 11.1	Tipos de nivelación.....	219
TABLA 11.2	Constante por clase de nivelación	224
TABLA 11.3	Errores permitidos por clase de nivelación	224
TABLA 12.1	Cálculos nivelación geométrica simple.....	229
TABLA 12.2	Nivelación de cambios del circuito de nivelación.....	234
TABLA 12.3	Cálculos de distancias	234
TABLA 12.4	Ajuste del circuito	235
TABLA 12.5	Cotas de los detalles	236
TABLA 12.6	Chequeo y ajuste del circuito	241
TABLA 12.7	Cálculo de las cotas de los detalles	242
TABLA 13.1	Datos de campo cálculo nivelación simple.....	252
TABLA 13.2	Cálculo de desniveles y cotas de los puntos	254
TABLA 13.3	Cálculo de coordenadas - Radiación simple	255
TABLA 13.4	Ajuste de la poligonal cerrada	263
TABLA 13.5	Cálculo de desniveles y cotas de los deltas	266
TABLA 14.1	Lecturas a los cambios.....	278
TABLA 14.2	Chequeo y Ajuste de Traslado de cotas.....	278
TABLA 14.3	Cálculo cotas del eje	278

TABLA 14.4	Cotas de eje longitudinal.....	285
TABLA 14.5	Cartera de cálculo de cotas de la sección transversal.....	286
TABLA 15.1	Equidistancia sugerida según la escala del plano	292
TABLA 15.2	Áreas para tipo de terreno	297
TABLA 16.1	Cálculo de coordenadas.....	306
TABLA 16.2	Cálculo de la nivelación	308
TABLA 16.3	Interpolación de las línea de visual – IV = 0.5 m	310
TABLA 16.4	Cálculo de la nivelación	316
TABLA 16.5	Interpolación de un cuadro de la cuadrícula	322
TABLA 16.6	Ajuste de la poligonal. Cálculo de coordenadas	329
TABLA 16.7	Coordenadas de los detalles y nube de puntos	331
TABLA 16.8A	Coordenadas y cotas – Tablas 13.4 y 13.5.....	334
TABLA 16.8B	Coordenadas y cotas – Tablas 13.4 y 13.5.....	334
TABLA 16.8C	Coordenadas y cotas – Tablas 13.4 y 13.5.....	334
TABLA 16.9	Nivelación Trigonométrica.....	334
TABLA 16.10	Nivelación de un terreno por cuadrícula.....	343
TABLA 17.1	Cotas del Diseño	349
TABLA 17.2	Datos para el área por método de cartera de chaflanes.....	353
TABLA 17.3	Cálculo del área por método de cartera de chaflanes.....	353
TABLA 17.4	Datos para el área por método de cartera de chaflanes. Sección mixta.....	355
TABLA 17.5	Coordenadas de los puntos de la sección	356
TABLA 17.6	Cálculo del área por método de coordenadas.....	357
TABLA 17.7	Áreas de las secciones. Ejemplo	363
TABLA 17.8	Cálculo del volumen. Ejemplo	364
TABLA 17.9	Áreas entre las curvas de nivel	367
TABLA 17.10	Cálculo de las diferencias de altura. Relleno.....	367
TABLA 17.11	Cálculo de las diferencias de altura. Corte	368
TABLA 17.12	Cálculo volumen de relleno.....	368
TABLA 17.13	Cálculo volumen de corte.....	368
TABLA 18.1	Derivaciones de un pliego.....	370
TABLA 18.2	Formatos DIN	372
TABLA 18.3	Equivalencias de las escalas topográficas	374

CAPÍTULO 1

CONCEPTOS BÁSICOS

1.1 Topografía

Traditionalmente la topografía se ha definido como una ciencia aplicada, encargada de determinar la posición relativa de puntos sobre la Tierra y la representación en un plano de una porción de la superficie terrestre.

En un sentido más general, se puede definir como la disciplina que abarca todos los métodos para reunir información de partes físicas de la Tierra, tales como el relieve, los litorales, los cauces de corrientes hídricas, entre otros, usando para ello los métodos clásicos de medición en terreno, la fotogrametría y los Sensores Remotos.

Si se analiza la palabra topografía desglosándola del griego topo- *topos* (lugar/ región/sitio) y -grafía *graphe* (descripción), Topografía significaría el arte o la técnica que se encarga de la descripción detallada de la superficie de un terreno en una determinada región o lugar.

Una definición muy acertada es: topografía es la ciencia por medio de la cual se establecen las posiciones de puntos situados sobre la superficie terrestre, encima y debajo de ella; para lo cual se realizan mediciones de distancias, ángulos y elevaciones.

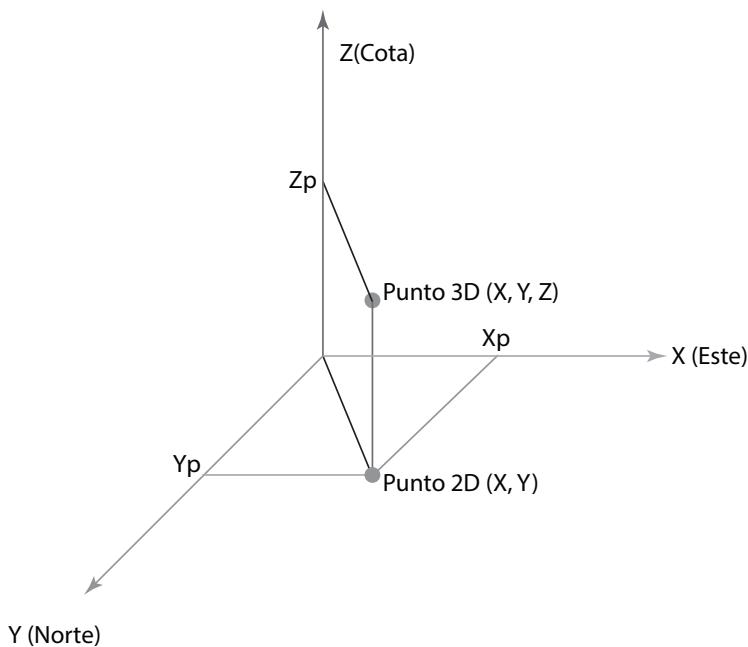
1.1.1 Representación de puntos en topografía

Un punto en el espacio puede representarse en 3D o en 2D, a través de los sistemas cartesianos tridimensionales y bidimensionales respectivamente.

En 3D o sistema cartesiano tridimensional:

- XP: Proyección Este de P.
- YP: Proyección Norte de P.
- ZP: Cota o altitud de P.

FIGURA 1.1 Representación de puntos



1.2 Operaciones topográficas

En los métodos topográficos de medición en terreno no se considera la verdadera forma de la Tierra, solo se utilizan modelos aproximados a la realidad, entre las prescindencias esta se considera plana, la dirección de la plomada entre dos puntos sería paralela y los trabajos se desarrollan en extensiones relativamente pequeñas. Las actividades topográficas se pueden clasificar en: el levantamiento, el replanteo y el control.

1.2.1 **Levantamiento topográfico**

Conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar la posición de puntos en el espacio y su representación en un plano, el conjunto de operaciones incluye:

- Selección del método de levantamiento.
- Elección del equipo a utilizar.
- Identificar y ubicar posibles vértices de apoyo.
- Realización de mediciones en terreno.
- Cálculo y procesamiento de datos.
- Elaboración de planos.

1.2.2 **Replanteo**

Una vez realizado el levantamiento y teniendo como resultado un plano topográfico, los ingenieros o planificadores realizan proyectos sobre ellos que hay que materializar en el terreno, por lo tanto, la operación de replanteo consiste en volver a terreno a ubicar cada uno de los elementos geométricos previamente definidos en el proyecto. Esta operación contempla un replanteo en tres dimensiones, Norte, Este y Cota.

1.2.3 **Control**

Conjunto de operaciones cuya finalidad es constatar o fiscalizar en el terreno la materialización de las obras de ingeniería.

1.3 Tipos de levantamientos

Dentro de los levantamientos topográficos se encuentran:

- **Levantamiento de terrenos en general:** tiene por objeto marcar linderos o localizarlos, medir y dividir superficies, ubicar terrenos en planos generales ligando con levantamientos anteriores o proyectar obras y construcciones.
- **Topografía para vías de comunicación:** sirve para estudiar y construir caminos, ferrocarriles, canales, líneas de transmisión, acueductos, etc.
- **Topografía de minas:** tiene por objeto fijar y controlar la posición de trabajos subterráneos y relacionarlos con las obras superficiales.
- **Levantamientos catastrales:** normalmente se trata de levantamientos urbanos o rurales, con el propósito de localizar los linderos de las propiedades (agrícolas, mineras, acuicultura, derechos de agua, etc.) y las construcciones que contienen, para conocer sus detalles, su extensión, su valor, los derechos

de propiedad y transmisión, con la finalidad principal de que el estado pueda recaudar los impuestos respectivos.

- **Levantamientos hidrográficos:** levantamientos relacionados con la definición de deslindes de playas de mar, ríos, lagos, embalses y otros cuerpos de agua, así como con la configuración e irregularidades de sus profundidades (batimetría), utilizando instrumental topográfico clásico en la determinación planimétrica y sofisticados instrumentos electrónicos para determinar sus profundidades. Las finalidades pueden ir desde la delimitación de sus playas para uso público, pasando por la navegación, hasta el estudio de sedimentos y el dragado de sus fondos.
- **Levantamientos de ingeniería:** incluye los trabajos topográficos requeridos antes, durante y después del término o cierre de los proyectos de ingeniería. Un plano topográfico resultante de un levantamiento que entregue la configuración del terreno más la incipiente concepción mental de algún proyecto de ingeniería son las materias primas más elementales y suficientes para que un ingeniero comience a plasmar en el plano su proyecto. Posteriormente necesitará materializar cada uno de sus elementos en el terreno (operación de replanteo) y alguna institución de fiscalización tendrá la facultad para verificar si lo materializado efectivamente corresponde a lo proyectado (control topográfico), de ahí la importancia que tiene la topografía para los estudiantes de ingeniería en el desarrollo u orientación de sus potencialidades ingenieriles.
- **Levantamientos aéreos:** se hacen por medio de la fotografía, generalmente desde aviones y/o drones, y se usan como auxiliares muy valiosos de todas las otras clases de levantamientos. La fotogrametría se dedica especialmente al estudio de estos trabajos.

1.4 Mediciones en topografía

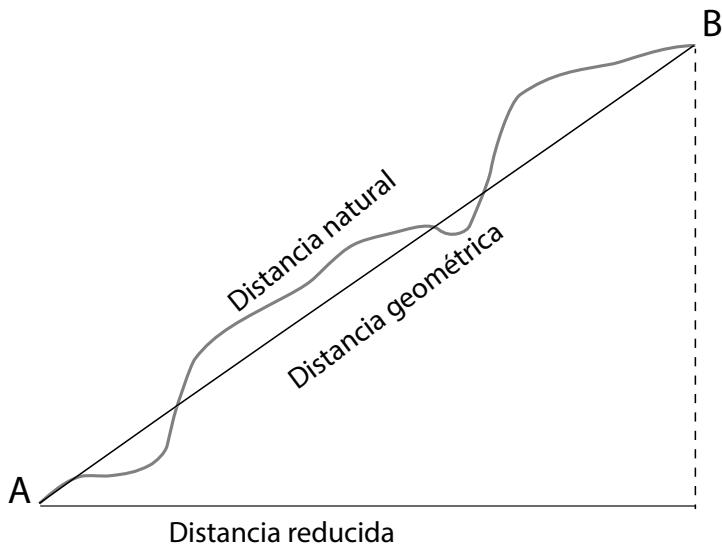
La medición es la técnica mediante la cual asignamos un número a una propiedad física, como resultado de comparar dicha propiedad con otra similar tomada como patrón, la cual se adopta como unidad. La medida de una superficie da lugar a dos cantidades diferentes si se emplean distintas unidades de medida. Así, surgió la necesidad de establecer una unidad de medida única para cada magnitud, de modo que la información fuese fácilmente comprendida por todos.

Los levantamientos topográficos se basan en la medición de distancias y ángulos. Las distancias pueden ser: horizontales, que son las medidas principales en planimetría; verticales, que se utilizan para establecer las diferencias de nivel; y las inclinadas, mediciones sobre la superficie terrestre.

En topografía, cuando se hacen mediciones lineales, es importante tener claridad en los siguientes conceptos:

- **Distancia Natural:** distancia entre dos puntos siguiendo el relieve del terreno.
- **Distancia Geométrica:** longitud del segmento de recta que une los dos puntos, también se denomina distancia inclinada.
- **Distancia Reducida:** distancia medida sobre el plano horizontal, también denominada distancia horizontal.

FIGURA 1.2 Distancias en topografía



Los ángulos que se miden en topografía son horizontales y verticales. Los ángulos horizontales permiten determinar la ubicación de los detalles en coordenadas X y Y, mientras que los verticales se utilizan para determinar diferencias de cota o altura.

1.4.1 Unidades de medición angular

Los círculos horizontales y verticales en los equipos vienen generalmente graduados en los sistemas angulares sexagesimales o centesimales, sin embargo algunos equipos para el uso militar pueden también venir graduados en el sistema de milésimas.

1.4.1.1 Sistema sexagesimal (*MODE DEG*)

- 1 Círculo horizontal o vertical graduado = 360° grados sexagesimales.
- $1^\circ = 60'$ (minutos sexagesimales).
- $1' = 60''$ (segundos sexagesimales).

Las cantidades expresadas en este sistema deben sumarse o restarse por separado, los grados, los minutos y segundos. Es importante que los usuarios de calculadoras aprendan a usarlas, seleccionando apropiadamente el sistema de medición de ángulos, en este caso *Mode DEG*, así como también conocer el proceso de conversión de mediciones angulares, expresadas en formato de fracciones de grados sexagesimales, a formatos de grados, minutos, segundos sexagesimales.

1.4.1.2 Sistema centesimal (*MODE GRA*)

- 1 Círculo horizontal o vertical = 400 g.
- 1 g = 100 c (minutos centesimales).
- 1 c = 100 cc (segundos centesimales).

Las operaciones aritméticas se efectúan exactamente igual que el común de las operaciones usadas en el sistema decimal.

1.4.1.3 Sistema en radianes (*MODE RAD*)

En este sistema de unidades angulares trabajan los computadores, luego al usar algún lenguaje de programación debe conocerse la equivalencia entre los sistemas:

- 2π radianes = 360° (Sistema sexagesimal).
- 2π radianes = 400 g (Sistema centesimal).

1.4.1.4 Sistema en milésimas

En este sistema de graduación se han fabricado algunas brújulas geológicas e instrumentales de artillería.

- 1 Círculo horizontal = 6.400- (milésimas).
- $1/4$ Círculo horizontal = 1.600- (milésimas).
- $1/64$ Círculo horizontal = 100- (milésimas).

1.4.2 Unidades de medida de longitud

Una unidad de longitud es una cantidad estandarizada, por convención, de distancia. La longitud es una magnitud fundamental creada para medir la distancia entre dos puntos. Existen diversos sistemas de unidades para esta magnitud física; los más comúnmente usados son el Sistema Internacional de Unidades y el sistema anglosajón de unidades.

1.4.2.1 Sistema Internacional de Unidades

En el Sistema Internacional de Unidades (SI) la unidad fundamental de longitud es el metro, definido como la distancia que recorre la luz en el vacío durante un intervalo de 1/299.792.458 de segundo. El símbolo del metro es «m».

Múltiplos y submúltiplos del metro

Utilizando los prefijos del Sistema Internacional, es posible definir unidades de longitud que son múltiplos o submúltiplos del metro. A continuación se enlistan los múltiplos y submúltiplos del metro, aceptados dentro del SI, junto con su símbolo y su equivalencia en metros, en notación científica y decimal.

- **Múltiplos del metro:**

- » Yottametro (Ym): 10^{24} metros = 1 000 000 000 000 000 000 000 000 metros
- » Zettametro (Zm): 10^{21} metros = 1 000 000 000 000 000 000 000 000 metros
- » Exámetro (Em): 10^{18} metros = 1 000 000 000 000 000 000 000 metros
- » Petámetro (Pm): 10^{15} metros = 1 000 000 000 000 000 000 metros
- » Terámetro (Tm): 10^{12} metros = 1 000 000 000 000 metros
- » Gigámetro (Gm): 10^9 metros = 1 000 000 000 metros
- » Megámetro (Mm): 10^6 metros = 1 000 000 metros
- » Kilómetro (km): 10^3 metros = 1 000 metros
- » Hectómetro (hm): 10^2 metros = 100 metros
- » Decámetro (dam): 10^1 metros = 10 metros

- **Submúltiplos del metro:**

- » Decímetro (dm): 10^{-1} metros = 0,1 metros
- » Centímetro (cm): 10^{-2} metros = 0,01 metros
- » Milímetro (mm): 10^{-3} metros = 0,001 metros
- » Micrómetro (μm): 10^{-6} metros = 0,000 001 metros
- » Nanómetro (nm): 10^{-9} metros = 0,000 000 001 metros
- » Picómetro (pm): 10^{-12} metros = 0,000 000 000 001 metros
- » Femtómetro (fm): 10^{-15} metros = 0,000 000 000 000 001 metros
- » Attómetro (am): 10^{-18} metros = 0,000 000 000 000 000 001 metros
- » Zeptómetro (zm): 10^{-21} metros = 0,000 000 000 000 000 000 001 metros
- » Yoctómetro (ym): 10^{-24} metros = 0,000 000 000 000 000 000 000 001 metros

1.4.2.2 Sistema anglosajón de unidades

El sistema para medir longitudes en los Estados Unidos se basa en la pulgada, el pie, la yarda y la milla. Cada una de estas unidades tiene dos definiciones ligeramente distintas, lo que ocasiona que existan dos diferentes sistemas de medición.

Una pulgada de medida internacional mide exactamente 25,4 mm (por definición), mientras que una pulgada de agrimensor de Estados Unidos se define para que 39,37 pulgadas sean exactamente un metro. Para la mayoría de las aplicaciones, la diferencia es insignificante (aproximadamente 3 mm por cada milla). La medida internacional se utiliza en la mayoría de las aplicaciones para topografía.

Las medidas de topografía emplean una definición más antigua, que se usó antes de que los Estados Unidos adoptaran la medida internacional:

- 1 mil = 25,4 μm (micrómetros)
- 1 pulgada (*in*) = 1 000 miles = 2,54 cm
- 1 pie (*ft*) = 12 *in* = 30,48 cm
- 1 yarda (*yd*) = 3 *ft* = 36 *in* = 91,44 cm
- 1 rod (*rd*) = 5,5 *yd* = 16,5 *ft* = 198 *in* = 5,0292 m
- 1 cadena (*ch*) = 4 *rd* = 22 *yd* = 66 *ft* = 792 *in* = 20,1168 m
- 1 furlong (*fur*) = 10 *ch* = 40 *rd* = 220 *yd* = 660 *ft* = 7.920 *in* = 201,168 m
- 1 milla (*mi*) = 8 *fur* = 80 *ch* = 320 *rd* = 1.760 *yd* = 5.280 *ft* = 63.360 *in* = 1.609,344 m = 1,609347 km (agricultura)
- 1 legua = 3 *mi* = 24 *fur* = 240 *ch* = 960 *rd* = 5.280 *yd* = 15.840 *ft* = 190.080 *in* = 4.828,032 m = 4,828032 km

A veces, con fines de topografía, se utilizan las unidades conocidas como las *medidas de cadena de Gunther* (o *medidas de cadena del agrimensor*). Estas unidades se definen a continuación:

- 1 link (*li*) = 7,92 *in* = 0,001 *fur* = 201, ena (unidad de longitud)
- Para medir profundidades del mar, se utilizan los *fathoms* (braza):
- 1 braza = 6 *ft* = 2 *yd* = 72 *in* = 1,8288 m

1.4.3 Unidades de medida de superficie

Las unidades de superficie son medidas utilizadas para medir superficies con una determinada área, se utiliza el m^2 en el Sistema Internacional de Unidades. Igualmente, se puede utilizar el sistema anglosajón de unidades.

TOPOGRAFÍA

CONCEPTOS Y APLICACIONES

La topografía es una ciencia que avanza a grandes velocidades y cada día se realizan procesos con una gran eficiencia y mayores precisiones; los autores, como fruto de su ejercicio profesional, investigativo y docente, presentan los conceptos actualizados y las aplicaciones de la topografía en el desarrollo de obras civiles.

Esta obra explica detalladamente los conceptos principales del área de topografía y las diferentes metodologías para la realización de proyectos, abordando de manera clara y precisa las temáticas de planimetría, altimetría y su combinación en la generación de modelos digitales de terreno y planos topográficos.

Dirigido a estudiantes, docentes y profesionales en Ingeniería que tengan relación con el campo de la topografía y su aplicación a proyectos de infraestructura.

Colección: Ingeniería y salud en el trabajo

Área: Ingeniería civil

Incluye

- Explicación y desarrollo de los métodos para la realización de levantamientos topográficos.
- Desarrollo de los diferentes métodos de ajustes de Poligonales utilizados profesionalmente en Colombia.
- Presentación de nueva metodología para levantamientos topográficos en obras lineales denominadas poligonales controladas en cada delta.
- Desarrollo de cada tema acompañado de planteamientos, ejemplos prácticos y ejercicios para que sean desarrollados como complemento.

Mario Arturo Rincón Villalba
Tecnólogo en topografía, Ingeniero Topográfico y Especialista en Ambiente y Desarrollo local de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Magister en Construcción de obras viales de la Universidad Santo Tomás. Docente del programa curricular de Ingeniería Topográfica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Wilson Ernesto Vargas Vargas
Tecnólogo en topografía, Ingeniero Topográfico y Especialista en Gerencia de Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Magister en Ingeniería – Transporte de la Universidad Nacional de Colombia. Docente de las universidades Distrital Francisco José de Caldas y Nacional de Colombia.

Carlos Javier González Vergara
Ingeniero en Transportes y Vías de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Especialista en Infraestructura Vial y de Transporte de la Universidad de Los Andes, Magister en Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana. Docente de las universidades Distrital Francisco José de Caldas y Nacional de Colombia.

ECOE
EDICIONES

www.ecoediciones.com



e-ISBN 978-958-771-507-1