

# TOPOGRAFÍA

CONCEPTOS Y APLICACIONES

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

ECOE  
EDICIONES

# CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1. CONCEPTOS BÁSICOS</b> .....	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
<b>CAPÍTULO 2. LEVANTAMIENTOS CON CINTA Y BRUJÚLA</b> .....	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

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

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
<b>CAPÍTULO 6. POLIGONAL ABIERTA .....</b>	<b>101</b>
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
<b>CAPÍTULO 7. POLIGONAL CERRADA .....</b>	<b>113</b>
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

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

11.4.5 Nivel Abney .....	222
11.4.6 Altimetro.....	222
11.4.7 Equipo menor y materiales .....	223
11.5 Precisión en altimetría .....	223
11.5.1 Error permitido en nivelación .....	223
<b>CAPÍTULO 12. NIVELACIÓN GEOMÉTRICA O DIFERENCIAL .....</b>	<b>225</b>
12.1 Equipos para nivelación geométrica .....	226
12.2 Errores en nivelación geométrica .....	226
12.3 Nivelación geométrica simple .....	227
12.3.1 Ejemplo Nivelación Geométrica Simple .....	228
12.4 Nivelación geométrica compuesta.....	229
12.4.1 Procedimiento para nivelaciones geométricas compuestas .....	230
12.5 Circuito de nivelación por diferentes cambios.....	231
12.5.1 Ejemplo práctico: Circuito de nivelación por diferentes cambios .....	232
12.5.2 Ejercicio propuesto: Circuito de nivelación por diferentes cambios .....	237
12.6 Circuito de nivelación por los mismos cambios.....	238
12.6.1 Ejemplo práctico: Circuito de nivelación por los mismos cambios .....	238
12.6.2 Ejemplo práctico: Circuito de nivelación por los mismos cambios .....	243
<b>CAPÍTULO 13. NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA .....</b>	<b>245</b>
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 nivelación trigonométrica.....	249
13.4.1 Nivelación trigonométrica simple .....	249
13.4.2 Nivelación trigonométrica compuesta.....	256
13.5 Ejercicios propuestos.....	268
<b>CAPÍTULO 14. NIVELACIÓN DE LÍNEAS (PERFILES).....</b>	<b>271</b>
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
<b>CAPÍTULO 15. MODELOS DIGITALES DE TERRENO.....</b>	<b>289</b>
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 <i>Breaklines</i> 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
<b>CAPÍTULO 16. NIVELACIÓN DE SUPERFICIES .....</b>	<b>301</b>
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
<b>CAPÍTULO 17. MOVIMIENTO DE TIERRAS.....</b>	<b>347</b>
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
<b>CAPÍTULO 18. PLANOS TOPOGRÁFICOS.....</b>	<b>369</b>
18.1 Información en planos topográficos.....	375
18.2 Elaboración de planos correspondientes a levantamientos topográficos.....	380
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>381</b>

## 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 $\theta$ .....	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	Poligonal abierta.....	89
FIGURA 5.3	Poligonal de circuito cerrado.....	89
FIGURA 5.4	Poligonal de línea cerrada.....	90
FIGURA 5.5	Poligonal orientada.....	90
FIGURA 5.6	Poligonal por ceros atrás externos.....	91
FIGURA 5.7	Poligonal por ceros atrás internos.....	91
FIGURA 5.8	Poligonal por deflexiones.....	92
FIGURA 5.9	Ángulos internos de una poligonal.....	93
FIGURA 5.10	Ángulos externos de una poligonal.....	93
FIGURA 5.11	Poligonal con brazo interno.....	94
FIGURA 6.1	Poligonal abierta.....	101
FIGURA 6.2	Cartera de campo.....	103
FIGURA 6.3	Cartera de Campo.....	108
FIGURA 6.4	Ejercicio planteado: poligonal abierta.....	112
FIGURA 7.1A	Ejercicio práctico: poligonal cerrada.....	115
FIGURA 7.1B	Ejercicio práctico: poligonal cerrada.....	116
FIGURA 7.2A	Ejercicio planteado: poligonal cerrada.....	139
FIGURA 7.2B	Ejercicio planteado: poligonal cerrada.....	140
FIGURA 8.1	Poligonal punto a punto.....	141
FIGURA 8.2	Poligonal punto a punto con dos puntos de apoyo.....	142
FIGURA 8.3	Poligonal punto a punto con tres puntos de apoyo.....	142
FIGURA 8.4	Poligonal punto a punto con cuatro puntos de apoyo.....	143
FIGURA 8.5A	Ejercicio poligonal punto a punto.....	145
FIGURA 8.5B	Ejercicio Poligonal 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 poligonal punto a punto (para corregir azimuts).....	157
FIGURA 8.8B	Ejercicio poligonal punto a punto (para corregir azimuts).....	158
FIGURA 8.9	Poligonal 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	Poligonal 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 décupla .....	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

# 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

**ECOE**  
EDICIONES

[www.ecoediciones.com](http://www.ecoediciones.com)

## 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.

ISBN 978-958-771-506-4



9 789587 171506 4

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