

INDICE DE MATERIAS

PRÓLOGO A LA EDICIÓN ESPAÑOLA	VII
PRÓLOGO A LA PRIMERA EDICIÓN FRANCESA	IX
PRÓLOGO A LA SEGUNDA EDICIÓN FRANCESA	XI

PRIMERA PARTE

ESTUDIO DE LOS FACTORES DEL CAUDAL DE LAS CORRIENTES DE AGUA

CAPÍTULO I

LA ATMÓSFERA Y LA HIDROMETEOROLOGÍA.....	3
A. GENERALIDADES	3
I. Espesor y masa de la atmósfera.....	3
II. Composición	5
B. LA RADIACIÓN SOLAR, FUENTE DE ENERGÍA DEL CICLO HIDROLÓGICO....	6
I. Radiación solar incidente en los confines de la atmósfera.....	7
II. Radiación incidente al nivel del suelo.....	7
III. Medida de la radiación incidente directa y de la radiación global en el suelo.....	10
IV. Variación estacional de la intensidad de la radiación global sobre una superficie horizontal; influencia de la inclinación y orientación de la superficie receptora.....	11
V. Importancia de la radiación solar en el ciclo hidrológico.....	16
C. EL CAMPO VERTICAL DE TEMPERATURA EN LA ATMÓSFERA.....	16
I. Las diversas regiones de la atmósfera meteorológica.....	16
II. La distribución vertical de las temperaturas en la troposfera..	18
III. La estabilidad atmosférica. Criterios de estabilidad.....	21
IV. Diagramas aerológicos	23
D. LA HUMEDAD ATMOSFÉRICA	24
I. Recuento de algunas propiedades del vapor de agua.....	24
II. Diferentes expresiones de la humedad del aire atmosférico....	27
III. Altura de agua condensable.....	30

	Pág.
E. EL CAMPO DE LAS PRESIONES Y LOS VIENTOS.....	33
I. El campo vertical de las presiones en un lugar determinado...	33
II. El campo horizontal de las presiones en la superficie de la Tierra	34
III. Los vientos	36
F. PRINCIPALES FACTORES DE LA EVOLUCIÓN DE LA SITUACIÓN METEOROLÓGICA	43
I. La circulación general en la atmósfera.....	43
II. Los ciclones y los anticiclones.....	49
III. Las masas de aire	53
IV. Los frentes	55
V. La génesis de las perturbaciones; los frentes y las lluvias asociadas a aquéllas.....	56
VI. Las tempestades	61
BIBLIOGRAFÍA	62

CAPÍTULO II

LAS PRECIPITACIONES	64
A. MECANISMO DE LA FORMACIÓN DE LAS PRECIPITACIONES.....	64
I. Estructura y estabilidad de una nube.....	64
II. El desprendimiento de las precipitaciones.....	65
III. Mantenimiento de las precipitaciones.....	68
IV. Velocidad de caída y granulometría de las gotas de lluvia....	69
V. El desprendimiento artificial de las precipitaciones (lluvia artificial)	71
VI. Clasificación de las precipitaciones.....	78
B. MEDIDA DE LAS PRECIPITACIONES.....	81
I. Dificultad de la medida correcta de la altura de las precipitaciones	81
II. Pluviómetros no registradores.....	82
III. Pluviómetros registradores	87
IV. Pluviómetros totalizadores	93
V. Nivómetros	94
VI. Establecimiento de una red de pluviómetros.....	96
VII. Fuentes de documentación sobre el régimen de las lluvias en Francia	98
C. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS PLUVIOMÉTRICOS RELATIVOS A UNA ESTACIÓN.....	98
I. Recuento de los diversos modos de análisis estadísticos de una serie de observaciones	98
II. Módulo pluviométrico anual; medio y valores extremos según la duración del período de observación.....	102

	Pág.
III. Precipitaciones medias mensuales.....	108
IV. Precipitaciones diarias; número de días de lluvia.....	113
V. Las cartas pluviométricas; diversos modos de "acotación" de las isohietas	114
D. LOS REGÍMENES PLUVIOMÉTRICOS.....	117
I. Los módulos pluviométricos anuales medios en diversos puntos del Globo	117
II. Variaciones sistemáticas de las precipitaciones en el curso de los diferentes meses; los diversos regímenes pluviométricos en el mundo	120
III. El régimen de las lluvias en Francia.....	131
IV. Los valores extremos de pluviosidad en Francia.....	138
E. LEYES DE LA PLUVIOSIDAD MEDIA.....	140
I. Variación de las precipitaciones con la altura.....	141
II. Influencia de la pendiente y la orientación de las vertientes montañosas	144
III. Ley del Alejamiento (del mar).....	146
F. ANÁLISIS DE LOS AGUACEROS EN UNA ESTACIÓN DETERMINADA.....	146
I. Importancia técnica y práctica del análisis de los aguaceros....	147
II. El hietograma y la curva de las alturas de lluvia acumuladas en una estación.....	149
III. Valor de la intensidad media máxima $i_M = \frac{\Delta b}{\Delta t}$ alcanzado en el curso de un aguacero en función del intervalo de referencia Δt ; curvas de "duración-intensidad-frecuencia".....	152
IV. Posición del intervalo de intensidad máxima con relación al comienzo del aguacero.....	162
G. ANÁLISIS DE LOS AGUACEROS EN EL CONJUNTO DE UNA CUENCA.....	165
I. Cálculo de la lámina de lluvia media caída en una zona determinada	166
II. Análisis de la distribución en el tiempo y en el espacio de las precipitaciones caídas en el curso de un aguacero.....	168
III. Trazado de las curvas de "altura de precipitación-superficie-duración"	171
IV. Caso particular de las lluvias tempestuosas de pequeña extensión	176
BIBLIOGRAFÍA	178

CAPÍTULO III

CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS Y GLACIOLÓGICAS DE UNA CUENCA VERTIENTE.....	181
I. Delimitación y planimetración de la cuenca vertiente.....	181

	Pág.
II. Curvas características de la topografía de una cuenca.....	183
III. Características glaciológicas	186
IV. Otras características de la cuenca.....	188
BIBLIOGRAFÍA	189

CAPÍTULO IV

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE UNA CUENCA.....	191
I. Medida de la temperatura del aire en el suelo.....	191
II. Presentación de los datos termométricos.....	191
III. Distribución geográfica de las temperaturas.....	197
IV. Variaciones de la temperatura en el tiempo.....	200
V. La temperatura del agua.....	201
VI. La temperatura del suelo y del subsuelo.....	203
BIBLIOGRAFÍA	204

CAPÍTULO V

EVAPORACIÓN, TRANSPIRACIÓN Y DÉFICIT DE ESCURRI- MIENTO	205
A. GENERALIDADES	205
I. Algunas definiciones	205
II. Los diversos aspectos de la evaporación.....	206
III. Factores fundamentales de la evaporación.....	206
B. EL PODER EVAPORANTE DE LA ATMÓSFERA.....	207
I. Factores del poder evaporante de la atmósfera.....	208
II. Instrumentos utilizados para la evaluación directa del poder evaporante de la atmósfera.....	214
III. Fórmulas empíricas que permiten el cálculo del poder evapo- rante de la atmósfera a partir de algunos datos meteorológicos.	223
IV. Orden de magnitud del poder evaporante medio mensual....	226
C. EVAPORACIÓN A PARTIR DE LAS SUPERFICIES HÚMEDAS NATURALES....	227
I. Evaporación de las capas de agua.....	227
II. Reducción de la evaporación en los depósitos.....	233
III. Evaporación de la nieve y el hielo.....	234
IV. Evaporación a partir de un suelo desnudo.....	235
D. LA TRANSPIRACIÓN DE LA VEGETACIÓN O EVAPORACIÓN FISIOLÓGICA...	245
I. Mecanismo de la transpiración.....	245
II. Factores que influyen en la transpiración.....	246
III. Medida de la transpiración.....	247
IV. Resultados de las medidas de transpiración.....	247
V. Necesidades de agua de algunas plantas cultivadas.....	254

	Pág.
E. DÉFICIT DE ESCURRIMIENTO (EVAPORACIÓN TOTAL O EVAPOTRASPIRACIÓN)	257
I. Balance hídrico y déficit de escurrimiento medio anual de una cuenca	257
II. Constancia relativa del déficit de escurrimiento anual medio...	258
III. Fórmulas para el cálculo del déficit de escurrimiento anual medio en función de las características meteorológicas de la cuenca	260
IV. Déficit de escurrimientos medios estacionales o mensuales...	265
F. TEORÍAS MODERNAS DE LA EVAPORACIÓN DESDE UNA SUPERFICIE HÚMEDA	273
I. Generalidades	273
II. Teorías basadas en el balance calorífico al nivel de la super- ficie de evaporación.....	274
III. Teorías basadas en las ecuaciones de la mecánica de los fluidos e intercambios por turbulencia.....	283
IV. Algunas fórmulas recientes para el cálculo de la evaporación potencial y el uso consuntivo de agua de los cultivos regados.	290
BIBLIOGRAFÍA	298

SEGUNDA PARTE
ANÁLISIS DEL RÉGIMEN DE LAS
CORRIENTES DE AGUA

CAPÍTULO VI

ESTACIONES DE AFORO DE LAS CORRIENTES DE AGUA	303
A. GENERALIDADES	303
I. Diversos tipos de estaciones de aforo.....	303
B. ESTACIONES DE AFORO CON ESCALAS LIMNIMÉTRICAS	306
I. Repaso de algunas definiciones.....	306
II. Comportamiento hidráulico de una estación de una sola escala limnimétrica en el caso de flujo uniforme.....	308
III. Comportamiento hidráulico de una estación de una sola escala limnimétrica en el caso de un flujo no uniforme.....	313
IV. Necesidad de una estación de dos escalas limnimétricas en el caso de una corriente no uniforme bajo la dependencia de un "control" variable	319
V. Alteración de las curvas de gastos de las estaciones de escalas limnimétricas en el caso de flujos variados (crecidas y bajadas).	326
VI. Datos prácticos para la elección del emplazamiento de las esta- ciones de aforo de escalas limnimétricas.....	329

	<i>Pág.</i>
C. ESTACIONES DE AFORO CON VERTEDERO.....	333
I. Campo de aplicación y límite de empleo.....	333
II. Estaciones de aforo de vertederos de pared delgada.....	335
III. Estaciones de aforo de vertedero de umbral ancho (o aforador de resalto)	339
BIBLIOGRAFÍA	344
CAPÍTULO VII	
ESTUDIO DEL RÉGIMEN DE LOS CAUDALES.....	347
A. PRESENTACIÓN DE LOS DATOS ESTADÍSTICOS RELATIVOS A LOS CAUDALES.	347
I. Cuadros numéricos y curvas cronológicas de caudales absolutos medios diarios, mensuales y anuales.....	349
II. Curvas de caudales acumulados.....	350
III. Curvas monótonas; curva de los caudales clasificados; curva de las frecuencias relativas.....	352
IV. Caudales absolutos; caudales específicos; altura de la lámina de agua escurrida; coeficiente de caudales o caudales relativos.	356
V. Anuarios hidrológicos	358
VI. Interpretación algebraica y estadística de las curvas de caudales clasificados	359
B. DIVERSOS RÉGIMENES DE CAUDAL.....	367
I. Los regímenes simples o elementales.....	368
II. Regímenes mixtos	372
III. Regímenes complejos	374
IV. Órdenes de magnitud y variaciones interanuales de los módulos y de los caudales característicos específicos.....	375
C. ALGUNOS MÉTODOS PRÁCTICOS PARA SUPLIR LA INSUFICIENCIA DE LOS DATOS SOBRE EL RÉGIMEN DE UNA CORRIENTE DE AGUA.....	379
I. Errores resultantes de un período de observación demasiado corto	379
II. Estimado del régimen de los caudales de un curso de agua en un punto a partir del observado en una estación de aforo vecina	380
BIBLIOGRAFÍA	385

CAPÍTULO VIII

ANÁLISIS Y PREDETERMINACIÓN DEL HIDROGRAMA CORRESPONDIENTE A UN AGUACERO DADO.....	388
A. DISTRIBUCIÓN DE LAS AGUAS APORTADAS POR UN AGUACERO.....	388
I. La noción de altura de "lluvia eficaz" y de altura de "lluvia neta" de un aguacero.....	389

	Pág.
II. La importancia de la infiltración en el proceso del escurrimiento	392
III. Primer esquema teórico del hidrograma relativo a un aguacero uniforme de larga duración.....	397
IV. Los índices de infiltración.....	399
B. ANÁLISIS DE LOS HIDROGRAMAS OBSERVADOS.....	402
I. Diversos componentes del escurrimiento.....	403
II. La forma del hidrograma.....	407
III. La curva de concentración.....	413
IV. El pico del hidrograma.....	414
V. La curva de descenso.....	415
VI. Separación de los diversos componentes del hidrograma.....	418
C. EL MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO.....	425
I. La noción del aguacero unitario e hidrograma unitario.....	426
II. Principios del método del hidrograma unitario.....	433
III. Construcción del "hidrograma unitario" a partir de los hidrogramas observados después de aguaceros aislados.....	434
IV. Construcción del hidrograma unitario a partir de un aguacero complejo de duración muy superior a la de los aguaceros unitarios.....	439
V. Estimación de los principales elementos del hidrograma unitario cuando no se dispone de registro de los caudales en la salida..	441
VI. Algunas observaciones sobre la aplicación práctica de la técnica del hidrograma unitario.....	444
VII. Aplicación del hidrograma unitario a la predeterminación del hidrograma resultante de un aguacero.....	449
D. MÉTODOS SIMPLIFICADOS QUE PUEDEN ESTAR RELACIONADOS CON EL DEL HIDROGRAMA UNITARIO	453
I. El método llamado racional	453
II. El método del hidrograma sintético.....	460
III. Método prescrito por la Instrucción Técnica "relativa al saneamiento de las poblaciones" del Ministerio de Reconstrucción y Urbanismo	463
BIBLIOGRAFÍA	470

CAPÍTULO IX

ESTUDIO DE LAS CRECIDAS Y PREDETERMINACIÓN DE SU CAUDAL MÁXIMO PROBABLE.....	472
A. GENERALIDADES	472
I. Definición de una crecida.....	473
II. Origen de las crecidas.....	474
III. Aspecto económico del problema de la protección contra las crecidas excepcionales	480

	<i>Pág.</i>
B. PREDETERMINACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO DE CRECIDA POR LOS MÉTODOS LLAMADOS EMPÍRICOS	482
I. Métodos basados en el caudal de las grandes crecidas "históricas" y elección de un coeficiente de seguridad.....	482
II. Métodos y fórmulas empíricas que utilizan las características principales de la cuenca.....	483
III. Método de las "curvas envolventes".....	489
C. MÉTODOS ESTADÍSTICOS BASADOS EN EL ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA DE LAS CRECIDAS	495
I. Datos básicos para el análisis de la frecuencia de las crecidas..	496
II. Algunas leyes de probabilidad para el ajuste de la curva de las frecuencias de crecida.....	497
III. Ejemplo numérico: curva de frecuencia del Rhin en Rheinfelden	502
IV. El método de las "estaciones-años".....	506
D. LOS MÉTODOS HIDROMETEOROLÓGICOS	507
I. Utilización de las curvas de frecuencia de las precipitaciones..	508
II. Método de "transposición de los aguaceros".....	509
III. Método del hidrograma unitario.....	512
BIBLIOGRAFÍA	514