

INDICE

Prólogo	XI
Capítulo 1 Generalidades	1
1.1 Introducción	1
1.2 Definiciones en control	1
1.2.1 Campo de medida (range)	2
1.2.2 Alcance (span)	2
1.2.3 Precisión (accuracy)	3
1.2.4 Zona muerta (dead zone o dead band)	3
1.2.5 Sensibilidad (sensitivity)	3
1.2.6 Repetibilidad (repeatability)	3
1.2.7 Histéresis (hysteresis)	4
1.3 Clases de instrumentos	4
1.4 Consideraciones sobre los errores	8
Capítulo 2 Transmisores	11
2.1 Generalidades	11
2.2 Transmisores neumáticos	12
2.3 Transmisores electrónicos	16
Capítulo 3 Variables de proceso	21
3.1 Medidas de presión	21
3.2 Medidas de caudal	24
3.2.1 Medidores volumétricos	25
3.2.1.1 Presión diferencial	25
3.2.1.2 Área variable	29
3.2.1.3 Velocidad	31
3.2.1.4 Fuerza	33
3.2.1.5 Tensión inducida	34
3.2.1.6 Desplazamiento positivo	34
3.2.1.7 Torbellino	36
3.2.2 Medidores de caudal masa	37
3.2.2.1 Compensación de variaciones de densidad	37
3.2.2.2 Medición directa del caudal masa	38
3.3 Medidas de nivel	41
3.3.1 Medidores de nivel de líquidos	41
3.3.2 Medidores de nivel de sólidos	48

VIII Índice

3.4	Medida de temperatura	51
3.4.1	Generalidades	51
3.4.2	Termómetros de resistencia	51
3.4.3	Termopares	54
3.4.4	Pirómetros de radiación	76
3.5	Otras variables	83
3.5.1	Variables físicas	88
3.5.2	Variables químicas	88
Capítulo 4	Elementos finales de control	89
4.1	Válvulas de control	89
4.1.1	Generalidades	89
4.1.2	Dimensionamiento de la válvula. Coeficientes C_v y K_v	93
4.2	Elementos finales electrónicos	99
Capítulo 5	Regulación automática	101
5.1	Generalidades	101
5.2	Tipos de control neumáticos y eléctricos	101
5.2.1	Control todo-nada	102
5.2.2	Control flotante	102
5.2.3	Control proporcional de tiempo variable	103
5.2.4	Control proporcional	104
5.2.5	Control proporcional + integral	107
5.2.6	Control proporcional + derivado	109
5.2.7	Control proporcional + integral + derivado	112
5.2.8	Cambio automático-manual-automático	112
5.3	Sistemas de control electrónicos y digitales	115
5.3.1	Generalidades	115
5.3.2	Control todo-nada	116
5.3.3	Control proporcional de tiempo variable	117
5.3.4	Control proporcional	117
5.3.5	Control integral	118
5.3.6	Control derivativo	119
5.3.7	Control proporcional + integral + derivativo	120
5.3.8	Cambio automático-manual-automático	121
5.4	Otros tipos de control	121
5.5	Selección y ajuste de los sistemas de control	124
5.5.1	Generalidades	124
5.5.2	Métodos de tanteo	125
5.5.3	Otros métodos de ajuste	132
5.5.3.1	Métodos de lazo cerrado	132
5.5.3.2	Métodos de lazo abierto o de curva de respuesta ..	138
5.5.3.3	Métodos de ajuste automático	146
Capítulo 6	Calibración de los instrumentos	149
6.1	Introducción	149

6.2	Errores de los instrumentos. Procedimiento general de calibración	150
6.3	Calibración de instrumentos de presión, caudal y nivel	160
6.3.1	Calibración de instrumentos de presión. Banco de pruebas y maletas de comprobación	160
6.3.2	Calibración de instrumentos de caudal	167
6.3.3	Calibración de instrumentos de nivel	175
6.4	Calibración de instrumentos de temperatura	178
6.5	Calibración de instrumentos para otras variables	190
6.6	Calibración de válvulas de control	193
6.7	Calibración de controladores neumáticos	197
6.7.1	Mecanismo diferencial	197
6.7.2	Control proporcional	199
6.7.3	Control integral	200
6.7.4	Control derivativo	201
6.8	Calibración de controladores electrónicos	205
6.9	Calibración de instrumentos digitales	205
6.10	El ordenador personal en el taller de instrumentos	208
6.11	Mantenimiento de registradores	209
Apéndice		213
A.1	Alimentación de los instrumentos	213
A.1.1	Alimentación neumática	213
A.1.2	Alimentación eléctrica	216
A.2	Especificaciones de funcionamiento de los instrumentos	218
A.3	Mantenimiento preventivo de los instrumentos	219
A.4	Taller de instrumentos	219
A.5	Términos ingleses empleados en el control automático	223
Glosario		233
Referencias		239