

Indice

INTRODUCCIÓN	XV
1 CRITERIOS DE DISEÑO: ESQUEMA GENERAL	1
2 COSTE TOTAL DE LA VIDA DE UN BOMBEO	3
3 TIPOS DE BOMBAS Y CAMPOS DE APLICACIÓN	11
3.1 Clasificación general de las bombas	11
3.1.1 Bombas volumétricas	12
3.1.2 Bombas rotodinámicas	13
3.1.3 Otras clasificaciones de las rotodinámicas	15
4 TIPOS DE IMPULSORES Y CAMPOS DE APLICACIÓN	33
5 EL CONCEPTO DE LA BOMBA SUMERGIBLE FLYGT	41
5.1 Campos de aplicación de las bombas sumergibles	42
5.2 Formas de instalación de las bombas sumergibles	57
5.3 Ventajas de las instalaciones con bombas sumergibles	59
6 DESCRIPCIÓN GENERAL DE UNA BOMBA	61
6.1 Apartado eléctrico. Motor	61
6.1.1 Descripción de un motor eléctrico de inducción	61
6.1.2 Esquema del bobinado de un estator	63
6.1.3 Aislamiento de un motor	64
6.1.4 Tipos de servicio	66
6.1.5 Grados de protección ambiental	67
6.1.6 Conexionado de un motor asíncrono	68
6.1.7 Selección correcta de un motor	70
6.1.8 Problemas en un motor de inducción	70
6.1.9 Parámetros característicos de un motor	74
6.1.10 Refrigeración de motores eléctricos	75
6.1.11 Cables eléctricos	78

6.2	<i>Apartado hidráulico. Bomba</i>	81
6.2.1	Descripción del conjunto hidráulico	81
6.2.2	Características de los impulsores	82
6.3	<i>Parte mecánica</i>	84
6.3.1	Solicitaciones y diseño de ejes	85
6.3.2	Problemas en ejes	88
6.3.3	Generalidades de los rodamientos	90
6.3.4	Dimensionamiento y selección de rodamientos	92
6.3.5	Elementos estáticos de sellado	94
6.3.6	Elementos dinámicos de sellado	95
7	MATERIALES CONSTRUCTIVOS	99
7.1	<i>Materiales metálicos usados en la fabricación de bombas</i>	99
7.2	<i>Materiales plásticos y elastómeros usados en la fabricación de algunos componentes</i>	101
7.3	<i>Deterioro de los materiales</i>	104
7.3.1	Corrosión de los metales	104
7.3.2	Corrosión de los materiales poliméricos	113
7.3.3	Protección en agua residual urbana	115
7.3.4	Protección en agua residual industrial	115
7.3.5	Protección en agua de mar	115
7.3.6	Desgaste de piezas	119
8	CURVAS Y PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LAS BOMBAS	121
8.1	<i>Potencia y rendimiento</i>	121
8.2	<i>Curvas características de una bomba. Caudal-Altura, potencias, rendimientos, NPSH</i>	123
8.3	<i>Curva del sistema (curva resistente). Punto de trabajo</i>	126
8.4	<i>Curvas a distinta velocidad: variación de frecuencia</i>	127
8.5	<i>La zona de trabajo segura y eficiente</i>	130
8.6	<i>Carta del motor</i>	131
8.7	<i>Curvas de par e intensidad</i>	132
9	SISTEMAS HIDRÁULICOS MULTIBOMBA	133
9.1	<i>Conexión de bombas en paralelo</i>	133
9.2	<i>Conexión de bombas en serie</i>	136

10	PROTECCIONES DE UN GRUPO MOTO-BOMBA	139
10.1	<i>Protecciones internas</i>	139
10.1.1	Sensores de temperatura	139
10.1.2	Sensores de filtración o de humedad	141
10.2	<i>Protecciones externas</i>	142
10.2.1	Sistemas de protección estándar	142
11	SISTEMAS DE ARRANQUE DE BOMBAS	147
11.1	<i>Arranque directo</i>	147
11.2	<i>Arranques indirectos: disminución de la punta de intensidad en el arranque</i>	148
11.2.1	Arranque estrella-triángulo	150
11.2.2	Arranque por autotransformador	151
11.2.3	Arrancadores estáticos (Arrancador suave)	151
11.2.4	Variadores de frecuencia	154
11.3	<i>Arranque de bombas contra un sistema hidráulico</i>	154
11.3.1	Arranque de una bomba centrífuga contra un sistema en carga	155
11.3.2	Arranque de una bomba centrífuga contra un sistema vacío	156
11.3.3	Arranque de una bomba axial contra un sistema en carga	157
11.3.4	Arranque de una bomba axial contra un sistema vacío	157
11.3.5	Arranque de una bomba centrífuga contra una válvula cerrada	158
12	CONTROL DE ESTACIONES DE BOMBEO	161
12.1	<i>Sección de potencia</i>	161
12.1.1	Sistemas de conmutación de energía	161
12.1.2	Sistemas de protección física	163
12.2	<i>Sección de control</i>	163
12.2.1	Control por hardware	165
12.2.2	Control por software	166
12.2.3	Programación: abierta y cerrada	169
12.2.4	La simplicidad en el mantenimiento	170
12.2.5	Controlador específico o PLC	171
12.2.6	Funciones de un sistema de control	172

13 VARIADORES DE FRECUENCIA	175
13.1 <i>Comportamiento de la bomba trabajando con variador</i>	175
13.2 <i>Descripción de un variador</i>	177
13.3 <i>Control del variador con varias bombas en paralelo</i>	178
13.4 <i>Par constante y par variable</i>	179
13.5 <i>Consideraciones en la selección de un variador</i>	180
13.6 <i>Compatibilidad electromagnética</i>	182
13.7 <i>Pérdidas producidas por un variador</i>	184
13.8 <i>Problemas causados por los variadores</i>	185
14 DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DE UN POZO DE BOMBEO	189
14.1 <i>Volumen activo y tiempo ciclo</i>	191
14.1.1 <i>Cálculo del volumen activo mínimo en pozos con una bomba</i>	192
14.1.2 <i>Cálculo del volumen activo mínimo en pozos con dos o más bombas</i>	193
14.1.3 <i>Cálculo simplificado del volumen útil de un pozo</i>	196
14.2 <i>Diseño de un pozo de bombeo con bombas sumergibles centrífugas</i>	198
14.2.1 <i>Principios generales</i>	198
14.2.2 <i>Diseño estándar de un pozo de bombeo con dos bombas</i>	200
14.2.3 <i>Diseños alternativos a partir de 200 l/seg</i>	203
14.3 <i>Diseño de un pozo de bombeo con bombas sumergibles axiales</i>	208
14.3.1 <i>Principios generales</i>	208
14.3.2 <i>Diseños estándar de estaciones de bombeo con bombas axiales</i>	209
14.3.3 <i>Configuración y dimensiones recomendadas</i>	211
14.3.4 <i>Estaciones con varias bombas</i>	214
14.4 <i>Efectos nocivos en los bombeos y elementos correctores</i>	217
14.4.1 <i>Entrada de aire</i>	217
14.4.2 <i>Distribución de velocidad no uniforme</i>	218
14.4.3 <i>Prerrotaciones</i>	219
14.4.4 <i>Vorticidad</i>	221
14.4.5 <i>Sedimentaciones y flotantes</i>	223
14.4.6 <i>Cámara tranquilizadora</i>	224
14.4.7 <i>Elementos correctores</i>	224

15 DEPÓSITOS DE RETENCIÓN. FUNCIONAMIENTO Y CONTROL	227
15.1 <i>Introducción</i>	227
15.2 <i>Sistemas de control</i>	228
15.3 <i>Secuencia de procesos</i>	231
15.4 <i>Conclusiones finales</i>	236
16 FENÓMENOS A TENER EN CUENTA EN EL DISEÑO DE SISTEMAS DE BOMBEO	239
16.1 <i>Golpe de ariete</i>	239
16.1.1 Descripción del fenómeno	239
16.1.2 Definición de los parámetros que intervienen	240
16.1.3 Sobrepresiones y depresiones	245
16.1.4 Protección contra el golpe de ariete	247
16.2 <i>Cavitación</i>	250
16.2.1 Descripción del fenómeno	250
16.2.2 La cavitación en las bombas. Concepto de NPSH	252
16.2.3 Otras causas de la cavitación en bombas	253
16.3 <i>Pérdidas de carga</i>	255
16.3.1 Régimen laminar y régimen turbulento	256
16.3.2 El Número de Reynolds y la rugosidad relativa	257
16.3.3 Coeficiente de pérdidas de carga. Fórmulas de cálculo	259
16.3.4 Fórmulas empíricas de cálculo	261
16.3.5 Pérdidas de carga secundarias	262
16.4 <i>Vibraciones</i>	262
16.4.1 Fuentes de vibración en las bombas	263
16.4.2 Formas de reducir los niveles de vibración	264
16.4.3 Niveles y medición de la vibración	265
16.5 <i>Ruido</i>	266
16.5.1 Procedencia del ruido en instalaciones de bombeo	267
16.5.2 Medida del ruido. La escala en decibelios	267
16.5.3 Otras causas del ruido en bombas	269
16.5.4 Recomendaciones para reducir el nivel de ruido	270
16.6 <i>Sumergencia</i>	271
16.6.1 La sumergencia en bombas sumergidas	271

16.6.2	Cálculo de la sumergencia mínima	272
17	PRUEBAS DE BOMBAS	273
17.1	<i>Pruebas en motores</i>	273
17.2	<i>Pruebas en bombas</i>	274
17.3	<i>Medición de la presión</i>	275
17.4	<i>Medición del caudal</i>	277
17.5	<i>Medición de la potencia consumida</i>	278
17.6	<i>Tolerancias permitidas en la prueba</i>	279
17.7	<i>Funcionamiento del banco de pruebas</i>	280
17.8	<i>Puesto de control. Sistema de adquisición de datos</i>	280
17.9	<i>Informe de los resultados obtenidos</i>	281
17.10	<i>Calibración</i>	284
ANEXO I:	DETERMINACIÓN DE CAUDALES	285
I.1.	<i>Determinación del caudal de diseño en sistemas pequeños o domésticos</i>	285
I.2.	<i>Cálculo de caudales para sistemas de alcantarillado sanitarios y pluviales</i>	287
I.2.1	Introducción	287
I.2.2	Cálculo de caudales sanitarios o de aguas residuales	287
I.2.3	Cálculo de caudales pluviales o de drenaje	293
ANEXO II:	TABLAS DE PÉRDIDAS DE CARGA	296
II.1.	<i>Coefficientes de pérdidas de carga puntuales</i>	297
II.2	<i>Monograma de cálculo de la longitud equivalente</i>	301
II.3	<i>Tablas para el cálculo de l en función de Re y K/D</i>	302
II.4	<i>Pérdidas de carga en mangueras</i>	308
ANEXO III:	TABLAS DE PRESIÓN DE SATURACIÓN (VAPOR) DEL AGUA A DISTINTAS TEMPERATURAS	309
ANEXO IV:	OTROS EQUIPOS ITT-FLYGT	311
IV.1	<i>Agitadores sumergibles</i>	311
IV.1.1	Requisitos del agitado	311
IV.1.2	Conceptos básicos para el cálculo de un sistema de agitación	312
IV.1.3	Agitadores sumergibles: tipos y aplicaciones	316

IV.2	<i>Difusores de burbuja fina</i>	317
IV.3	<i>Tamiz autolimpiante</i>	320
IV.3.1	Principio de funcionamiento: sistema de trabajo a la demanda	320
IV.3.2	Tamiz autolimpiante de escalera	321
IV.3.3	Tamiz autolimpiante por manto continuo	321
IV.4	<i>Estaciones Elevadoras Cloacales Prefabricadas</i>	322
IV.4.1	Alcance del suministro	323
IV.4.2	Equipamiento opcional	323
IV.4.3	Características técnicas	324
IV.4.4	Datos requeridos	325