

# I N D I C E

=====

	PAGINA Nº
Prólogo .....	1
CAPITULO Nº 1	
Descripción y Funcionamiento de una Bomba Centrífuga	
1.- Conceptos .....	3
1.1. Bombeo .....	3
1.2. Clasificación .....	3
1.2.1. En base a La Conversión de Energía .....	3
1.2.2. En base al impulsor .....	3
1.2.3. Según la Altura de Elevación .....	3
2.- Partes Constitutivas .....	3
2.1.	
a) Impulsor o Rotor y Anillo de Desgaste .....	3
b) Clasificación con base en el diseño de la entrada del agua en el Impulsor .....	4
2.1.2. Clasificación según forma y modelado de sus álabes ...	4
2.1.3. Clasificación en base al diseño mecánico .....	4
2.2. Anillo de Desgaste .....	4
2.3. Cubierta o Carcaza .....	5
2.3.1. Cubiertas Axialmente divididas .....	6
2.4. Flecha y Manguito de Flecha .....	6
2.5. Estoperos .....	6
2.5.1. Empaquetadura del Estopero .....	7
2.5.2. Prensa estopa del Estopero .....	7
2.5.3. Sellos Mecánicos .....	3
2.6. Cojinetes .....	3
2.7. Acoplamientos .....	3
2.8. Plancha de Cimiento .....	9
3.- Funcionamiento de una Bomba Centrífuga .....	9
3.1. Condiciones .....	9
3.2. Altura de elevación o Carga Hidráulica .....	10

3.3.1.	Altura de Elevación del Sistema .....	11
3.3.	Preparación de Solicitudes de Bombas Centrifugas .....	12
3.3.1.	Datos esenciales requeridos .....	12
3.4.	Altura de Aspiración .....	13
3.4.1.	Condiciones de funcionamiento en la Aspiración .....	15
3.4.2.	Cavitación .....	18
3.4.3.	Altura de Aspiración Máxima .....	19
3.5.	Presión Manométrica Total .....	20
3.5.1.	Pérdidas de Carga en Filtros u otras resistencias hidr- áulicas y Codos .....	20
3.6.	Potencia .....	21
3.7.	Copla o Torque de Accionamiento .....	22
3.8.	Cálculo de las Pérdidas de Carga por Rozamiento o Fricción en las Tuberías .....	23
3.9.	Concepto de Cavitación y su importancia en la deter- minación de la altura de Elevación .....	23
3.10.	Pérdidas y Rendimiento .....	25
3.10.1.	Conceptos .....	25
3.10.2.	Pérdidas Hidráulicas .....	25
4.-	Impulsión e Impulsores .....	26
4.1.	Tamaño de los Impulsores .....	26
4.2.	Motores Eléctricos .....	31
5.-	Servicio .....	31
6.-	Curvas Características de las Bombas .....	32
6.1.	Características de las Curvas de Carga .....	33
6.2.	Clasificación de la Forma de las Curvas de Potencia ...	33
6.3.	Curvas Características de las Tuberías .....	34
7.-	Determinación del Punto de Funcionamiento de la Instalación .....	36

CAPITULO N° 2

Adaptación de Norma DFL 1994 Para Pruebas de Control en Bombas Centrifugas

1.-	Términos usados en este Código .....	33
1.1.	Extensión y Alcance .....	35
1.1.1.	Extensión de este Código .....	35
1.1.2.	Alcance de este Código .....	35
2.-	Símbolos y Unidades .....	38
3.-	Características Principales a Considerar en base a la Garantía Inicial del fabricante .....	39
4.-	Cantidades Adicionales .....	40
4.1.	Energía de Succión Neta Positiva Permisible .....	40
4.2.	Características de Descarga .....	41
4.3.	Alcance de Erosión de Cavitación .....	41
4.4.	Energía Mínima de Succión de la Bomba o Máxima Descar- ga de la Bomba .....	41
4.5.	Fugas o Pérdidas de Ejes Sellados .....	41
4.6.	No descarga de la Energía Específica de la Bomba .....	41
4.7.	No descarga de la Entrada de la Bomba .....	42
4.8.	Nivel de Sonido de la Bomba .....	42
5.-	Condiciones de Pruebas .....	42
5.1.	Localización y Fecha de Prueba .....	42
5.1.1.	Localización de Pruebas .....	42
5.1.2.	Fecha de Prueba .....	42
5.2.	Desviaciones Permitidas durante las Pruebas de Control . Para Valores Establecidos con Anterioridad .....	43
5.3.	Costo de Pruebas .....	43
5.4.	Pruebas de Repetición .....	44
6.-	Procedimiento de Pruebas .....	44
6.1.	Personal de Pruebas .....	44
6.1.1.	Requerimientos .....	44
6.1.2.	Jefe de Pruebas .....	44
6.2.	Preparación de Pruebas .....	45
6.2.1.	Datos relevantes .....	45
6.2.2.	Programa de Pruebas .....	45

6.2.3. Instrumentos .....	46
6.2.3.1. Autorización e Instalación de Instrumento .....	46
6.2.3.2. Calibración de Instrumentos .....	47
6.2.3.3. Datos referentes a Energía de Potencia .....	47
6.3. Medición .....	47
6.3.1. Pruebas Preliminares .....	47
6.3.2. Ajuste de los Puntos de Prueba .....	48
6.3.3. Lecturas .....	48
6.3.4. Lámina de Observación .....	49
6.3.5. Computación .....	49
7.- Cálculo de Resultados .....	49
7.1. Valores Medidos .....	49
7.1.1. Cálculo de Valores Promedio .....	49
7.1.2. Cantidades de Medidas Necesarias para el Cálculo de Resultados .....	50
7.1.2.1. Descarga (Q) .....	50
7.1.2.2. Altura de la Bomba H .....	50
7.1.2.3. Velocidad de la Bomba .....	51
7.1.2.4. La Entrada de Potencia de la Bomba .....	51
7.1.2.5. Eficiencia de la Bomba .....	51
7.2. Conversión para diferentes valores de .....	51
7.2.1. Conversión referente al líquido de funcionamiento garantizado .....	51
7.3. Inexactitudes en medida .....	52
7.3.1. Comentario General .....	52
7.3.2. Determinación de desviaciones causadas por inexacti- tud en medición .....	52
7.3.3. Consideración de la Inexactitudes en medición en los resultados de computación .....	53
7.3.4. Punto de Medidas Nulas .....	53
7.4. Inexactitudes Totales Esperado en Medición .....	53

7.4.1.	Determinaciones exactas y Guía de Valores .....	53
7.4.2.	Guía de Valores para Inexactitud en Medición .....	54
7.4.3.	Inexactitud en las Medidas para los Valores Medidos de Entrega y para Eficiencia .....	
7.4.4.	Inexactitud en Medidas para los Valores Convertidos de Entrega .....	60
8.-	Reporte Final .....	60
8.1.	Escritura del Informe .....	60
8.2.	Contenido del Informe .....	60
8.2.1.	Generalidades .....	60
8.2.2.	Especificaciones de la Bomba Centrífuga .....	60
8.2.3.	Especificaciones de la Máquina Motriz .....	61
8.2.4.	Indicaciones del Procedimiento de Pruebas .....	61
8.2.5.	Indicación de Computación de Resultados .....	61
8.2.6.	Narración Final .....	61
9.-	Método de Medición .....	61
9.1.	Descarga .....	62
9.1.1.	Resumen de Métodos de Medición .....	62
9.1.2.	Método de Tanque Volumétrico .....	62
9.1.2.1.	Principio de Medición .....	62
9.1.2.2.	Instrumentos e Instalaciones .....	63
9.1.2.3.	Elección de Sección de Medida .....	65
9.1.2.4.	Procedimiento de Medida .....	65
9.1.2.5.	Cálculo de Resultado .....	66
9.2.	Energía de Altura H .....	67
9.2.1.	Composición de Altura de Elevación .....	67
9.2.2.	Medición de Altura Potencial .....	67
9.2.2.1.	Punto de Referencia .....	67
9.2.2.2.	Medición de Niveles de Líquido Libre .....	68
9.2.2.3.	Instrumentos e Instalaciones .....	69
9.2.2.4.	Elección de Sección de Medida .....	70

9.2.2.5. Procedimiento de Medida .....	70
9.2.2.6. Computación de Resultados .....	71
9.2.3. Medida de Altura de Presión .....	71
9.2.3.1. Principio de Medida .....	71
9.2.3.2. Instrumentos e Instalaciones .....	71
9.2.3.3. Elección de Sección de Medida .....	75
9.2.3.4. Procedimiento de Medida previa a las Pruebas .....	75
9.2.3.5. Computación de Resultados .....	75
9.2.4. Potencial de Velocidad .....	76
9.3. Velocidad .....	76
9.3.1. Principio de Medición .....	76
9.3.2. Instrumentos e Instalaciones .....	77
9.3.3. Elección del Lugar de Medición .....	76
9.3.4. Procedimiento de Medida .....	76
9.3.5. Cálculo de Resultados .....	79
9.4. Poder de Entrada .....	79
9.4.1. Medición del <b>P<sub>ae</sub></b> .....	79
9.4.1.1. Principio de Medición .....	79
9.4.1.2. Instrumentos de Medición e Instalaciones .....	79
9.4.1.3. Procedimiento de Medida .....	80
9.4.1.4. Computación de Resultados .....	82
9.4.2. Mediciones de la Potencia de Entrada Eléctrica .....	81
9.4.2.1. Principio de Medida .....	81
9.4.2.2. Instrumentos e Instalaciones .....	81
9.4.2.3. Procedimiento de Medición .....	82
9.4.2.4. Computación de Resultados .....	82
9.5. Pérdida de la Bomba, Rendimiento de la Bomba .....	82
9.5.1. Pérdidas y Rendimiento .....	83
9.5.2. Rendimiento Interno .....	85
9.5.3. Rendimiento Mecánico .....	85
9.5.3.1. Pérdidas en los Coportes .....	85
9.5.3.2. Pérdidas en los Sellos de Ejes .....	86

## CAPITULO Nº 3

### Preparación e Ejecución de Pruebas de Control

1.-	Introducción	.....
2.-	Pauta de Actividades	.....
2.1.	Medidas de Rendimiento Bombas de Refrigeración	....
2.1.1.	Las Variables a Medir	.....
2.1.2.	Instrumentos a Utilizar	.....
2.1.3.	Característica de La Bomba de Refrigeración según Referencia	.....
2.1.4.	Teoría Utilizada en Determinación de $\eta$	.....
2.1.5.	Ensayos	.....
3.-	Descripción de la Bomba de Refrigeración y su Instalación en la Central	.....
4.-	Descripción de Instrumentos	.....
4.1.	Manómetro	.....
4.1.1.	Contrastación Manómetro	.....
4.2.	Mano - Vacuómetro	.....
4.2.1.	Contrastación del Mano - Vacuómetro	.....
4.3.	Medición del Caudal	.....
4.3.1.	Tanque Volumétrico	.....
4.3.2.	Cronómetro Digital	.....
4.4.	Instrumentos Utilizados para Medición de Potencia de Entrada	.....
4.4.1.	Watt - Metro	.....
4.4.2.	Volt - Metro	.....
4.4.3.	Amperímetro	.....
4.4.4.	Tacómetro Digital (R.P.M.)	.....
4.4.5.	Contastación	.....
4.5.	Descripción Maqómetro Patrón	.....
4.6.	Operaciones Previas	.....
4.7.	Notas Importantes	.....

5.-	Conclusiones .....	102
CAPITULO Nº 4		
Resultados y Análisis de Error en Medida		
1.-	Introducción .....	103
2.-	Tablas de Lecturas de las Bombas .....	103
2.1.	Bomba Nº 2 .....	103
2.1.1.	Lectura de Presiones .....	104
2.1.2.	Medición de Caudal .....	105
2.1.3.	Medida de Potencia .....	105
2.2.	Bomba Nº 1 .....	106
2.2.1.	Lectura de Presiones .....	106
2.2.2.	Lectura de Caudal .....	108
2.2.3.	Valores de .....	108
2.2.4.	Lectura de Potencia .....	108
2.3.	Bomba Nº 3 .....	108
2.3.1.	Lectura de Presiones .....	109
2.3.2.	Medición de Caudal .....	110
2.3.3.	Valores de .....	110
2.3.4.	Lectura de Potencia .....	110
3.-	Tablas Calculadas .....	115
3.1.	Energía de Velocidad .....	119
4.-	Corrección de Valores de Presión .....	112
4.1.	Bomba Nº 2 .....	112
4.1.1.	Bomba Nº 1 .....	112
4.1.2.	Bomba Nº 3 .....	113
4.2.	Energía de Presión .....	115
4.2.1.	Bomba Nº 2 .....	115
4.2.2.	Bomba Nº 1 .....	116
4.2.3.	Bomba Nº 3 .....	116
4.3.	Determinación Altura de la Bomba .....	116
4.3.1.	Bomba Nº 2 .....	116



4.3.2.	Bomba N° 1	116
4.3.3.	Bomba N° 3	117
4.4.	Corrección del Caudal para $h$ etc.	117
4.5.	Corrección de Altura para $h$ etc.	118
4.6.	Cálculo del Rendimiento	119
4.7.	Cuadro Genral de Resultados	120
4.7.1.	Bomba N° 2	120
4.7.2.	Bomba N° 1	120
4.7.3.	Bomba N° 3	120
5.-	Estudio del Error Probable	121
5.1.	Relación Final	121
5.1.1.	Caudal	121
5.1.2.	Altura de Elevación de la Bomba	121
5.1.3.	Potencia de Accionamiento	121
5.2.	Definición del Error	122
5.2.1.	Error Cometido en la Medida del Caudal	122
5.2.1.1.	Error en el Volumen	123
5.2.1.2.	Error en el Tiempo	123
5.3.	Error Cometido en Altura de la Bomba	124
5.3.1.	Error en Medida de Presión	124
5.3.2.	Error en Medición de Altura Geodésica de los Manómetros	125
5.3.3.	Error Cometido en Medida de Velocidad	125
5.3.3.1.	Error en Caudal	125
5.3.3.2.	Error en Medida de Superficie	125
5.4.	Error Cometido en Medida de Potencia	126
6.-	Conclusiones	126
CAPITULO N° 5		
Informe Final		
1.-	Finalidad de la Prueba	128

2.-	Pruebas Realizadas .....	129
2.1.	Altura de Elevación .....	129
2.1.1.	Presión en la Entrada de la Bomba .....	129
2.1.2.	Presión a la Salida de la Bomba .....	129
2.1.3.	Velocidad del Agua .....	129
2.1.4.	Caudal en las Bombas .....	129
2.1.5.	Potencia Eléctrica .....	130
2.1.6.	Medida de R.P.M. ....	130
2.1.7.	Rendimiento .....	130
3.-	Referencia .....	131
4.-	Resultados de las Pruebas .....	131
5.-	Análisis .....	131
5.1.	Desviaciones .....	132
5.2.	Desviaciones de Altura .....	132
5.3.	Presiones de Trabajo .....	132
6.-	Conclusiones .....	133
6.1.	Valor Representativo .....	133
6.2.	Repartición de Caudal .....	133
6.3.	Origen del Problema de Refrigeración .....	133
7.-	Conclusiones Capítulo .....	134
	Apéndice .....	
	Bibliografía .....	135