



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**REDISEÑO Y RECONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE ENSAYO PARA
UNA BOMBA DE ENGRANAJES EXTERNOS.**

**JIMÉNEZ, ASDRÚBAL
TAMBACO, MAURICIO**

VALENCIA, ABRIL DEL 2008



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**REDISEÑO Y RECONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE ENSAYO PARA
UNA BOMBA DE ENGRANAJES EXTERNOS.**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD DE CARABOBO
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO.

JIMÉNEZ, ASDRÚBAL
TAMBACO, MAURICIO

VALENCIA, ABRIL DEL 2008



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes miembros del jurado designado para evaluar el Trabajo Especial de Grado titulado “Rediseño y Reconstrucción de un Banco de Ensayo de Bomba de engranajes externos”, realizado por los bachilleres: Jiménez M. Asdrúbal; C.I:15.000.890, y Tambaco D. Mauricio; C.I:17.065.324, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo.

Prof. José Velásquez

Tutor

Prof. Fernando Aular

Jurado

Prof. Mirna Silva

Jurado

VALENCIA, ABRIL DEL 2008



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



AGRADECIMIENTOS.

A mi madre por haberme impulsado a estar aquí después de los problemas que me tocaron vivir, dándome durante toda mi vida su apoyo incondicional. Sin ella simplemente este logro no existiría.

A mi profesora Mirna Silva que con apenas conocernos nos dio toda su confianza y su ayuda en cada momento a pesar de todas las molestias que conllevaba y en particular por recomendarme en mi primer trabajo como profesional que no tendré vida para agradecerle. Para ella toda mi amistad y mi ayuda en cualquier momento por siempre.

A mis amigos en especial a mi compañero de Tesis que después de tantos tropiezos pudimos llegar hasta el final juntos.

Y por ultimo pero más importante a Dios quien guio mis pasos y levanto mis esperanzas, quien estuvo y estará por toda mi vida junto a mi, actuando a través de su Ángel más bella..Gracias.

Asdrúbal Jiménez.



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**



AGRADECIMIENTOS.

A Dios por haberme puesto en el camino de la verdad y por haber puesto en mi vida a todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron a que yo fuese quien soy hoy.

A mi Madre, a mi Abuela y Abuelo, mis Tíos, mis Hermanas, y mis Amigos

A todas las personas que se han involucrado directamente en la investigación, aportando un apoyo incondicional para la culminación del proyecto.

A Asdrúbal Jiménez con quien he compartido momentos difíciles para alcanzar grandes logros.

Y a ti por tener el deseo de leer esta investigación.

A la Universidad de Carabobo.

Mauricio Tambaco



RESUMEN

REDISEÑO Y RECONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE ENSAYO DE BOMBA DE ENGRANAJE EXTERNO.

Tutor:

Prof. José Gregorio Velásquez

Autores:

Br. Jiménez M., Asdrúbal J.

Br. Tambaco D., Mauricio J.

En el presente Trabajo Especial de Grado tiene como objetivo general el rediseño y reconstrucción de un banco de ensayo para bombas de engranajes externos perteneciente al Laboratorio de Térmica de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo que se encontraba en desuso por falta y deterioro de instrumentos y accesorios. Esta investigación se encuentra entre los proyectos que actualmente desarrolla la línea de investigación de Máquinas de Fluidos y Manejo de Fluidos del Departamento de Térmica y Energética.

En este proyecto se realizó el rediseño y la puesta en marcha del banco de ensayo para bombas de engranajes externos para lo cual se cumplieron siete fases: estudio del estado actual para verificar las condiciones iniciales de los componentes, propuestas de rediseño para la mejora y puesta a punto, selección de accesorios e instrumentos necesarios, implementación de las propuestas de rediseño, calibración de los sistemas de medición donde se compara los valores de las lecturas con patrones, elaboración de un manual para establecer una metodología de operación; finalmente; la realización de diferentes ensayos donde se obtuvieron las curvas características que representan el comportamiento de la bomba estudiada. El banco de ensayo fue rediseñado, reconstruido y puesto en funcionamiento.



NOMENCLATURA

Variable	Descripción	Unidades
bhp	Potencia de entrada de la bomba	kW (hp)
d	Diámetro	m
D'	Desplazamiento	m^3
$dihp$	Potencia del motor.	kW (hp)
g	Aceleración de gravedad	m/s^2 (pie/s ²)
H	Altura de máquina	m.c.f.
H_d	Altura en la brida de descarga	m.c.f.
h_{fdl}	Pérdidas de energía en el tramo de descarga	m.c.f.
h_{fos}	Pérdidas de energía en el tramo de succión	m.c.f.
H_s	Altura en la brida de succión	m.c.f.
I	Intensidad de corriente	A
k	Coefficiente adimensional de pérdida de carga	-----
L	Longitud del tramo de tubería	m
L_e	Longitud equivalente	m
N	Velocidad de giro del motor	rpm
$NPSH$	Altura Neta Positiva de Succión	m.c.f.
$NPSH_D$	Carga Neta Positiva de Succión Disponible	m.c.f.
$NPSH_R$	Carga Neta Positiva de Succión Requerida	m.c.f.
P_a	Presión atmosférica	kPa (psi)
P_d	Presión en la brida de descarga	kPa (psi)
P_m	Pérdidas mecánica	kW (hp)
P_h	Pérdidas hidráulicas	kW (hp)
P_s	Presión en la brida de succión	kPa (psi)
P_v	Presión de vapor	kPa (psi)
P_{vol}	Pérdidas volumétricas	kW (hp)
Q	Caudal	m^3/s (gpm)
Q_t	Caudal teórico	m^3/s (gpm)



T	Temperatura	°C
$tdhp$	Potencia teórica de desplazamiento	kW (hp)
V	Intensidad de voltaje	V
V_d	Velocidad media de descarga	m/s
V_s	Velocidad media de entrada	m/s
whp	Potencia de salida de la bomba	kW (hp)
Z	Altura	m (pie)
Z_d	Altura de la sección de descarga desde el Datum	m (pie)
Z_s	Altura de la sección de entrada desde el Datum	m (pie)
ρ	Densidad específica.	$[\frac{kg}{m^3}] [\frac{lb}{pie^3}]$
γ	Peso específico	N/m ³ (lbf/pie ³)
η	Eficiencia Total del sistema	%
η_p	Eficiencia de la bomba	%
η_v	Eficiencia volumétrica	%

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Valencia, 15 de Abril de 2008

Ciudadano:

Prof. Nilo Espinoza

Jefe del Departamento de Térmicas

Presente,

Nos dirigimos a Ud. con la finalidad de solicitar una extensión del número de páginas del trabajo de grado titulado “Rediseño y reconstrucción de un banco de ensayos para una bomba de engranajes externos”. El número de paginas a extender serán de **7**, sin mas que hacer referencia y agradeciendo de ante mano la ayuda que nos pueda brindar en este aspecto, quedamos de ustedes.

Atentamente,

Br. Jiménez M. Asdrúbal J.

C.I. 15.000.890

Br. Tambaco D. Mauricio J.

C.I. 17.065.324

Prof. José Velásquez
Presidente



INTRODUCCIÓN

En el transporte de fluidos en la industria, las bombas de engranajes externos son las más utilizadas, para transferir líquidos de mediana o alta viscosidad (materias prima, materiales para la fabricación y productos acabados, entre otros). Este tipo de bombas están disponibles en una variedad amplia de tamaños y formas.

Para la correcta selección debe hacerse un estudio de ingeniería del problema y encontrar una bomba que se adecue a las exigencias del sistema. Como recurso para la selección, se acude a las curvas de funcionamiento de la bomba donde se muestra el comportamiento de las principales variables que intervienen en su funcionamiento. Las curvas características se obtienen por medio de ensayos que realiza el fabricante y deben garantizar un grado admisible de exactitud y precisión.

En la Escuela de Mecánica de la Universidad de Carabobo se imparten pocos conocimientos teóricos relacionados con el transporte de fluido por medio de bombas de desplazamiento positivo. Para la formación del estudiante es imprescindible complementar con estudios experimentales. El Laboratorio de Térmica de dicha escuela posee un banco universal de máquinas de flujo pulsante, que simula los ensayos para determinar las curvas características y verificar el comportamiento del funcionamiento de una bomba de engranajes externos.

En el primer capítulo de la investigación se presenta los aspectos concernientes al problema de estudio tales como, planteamiento del problema, los objetivos del proyecto; el general y los específicos, los alcances, delimitación y limitaciones del trabajo.



En el segundo capítulo se muestran los antecedentes de este Trabajo Especial de Grado, además del estudio teórico de las bombas de engranajes externos así como su clasificación.

En el tercer capítulo se describe el marco metodológico dentro del cual se realizó este trabajo especial de grado, se desarrolla la metodología para obtener la puesta en marcha del banco de ensayo y su rediseño (evaluación del estado inicial del banco, propuestas de rediseño y selección de instrumentación,.. entre otros.).

En el cuarto capítulo se presenta el desarrollo de las diferentes etapas para llegar a la puesta en marcha del banco así como de su rediseño.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó con la elaboración de este Trabajo Especial de Grado.



CAPITULO I

1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad la universidad se ve en la obligación de afianzar cada día más los conocimientos adquiridos en los salones de clases con demostraciones didácticas de procesos reales en laboratorios, los cuales deben estar dotados de equipos de ensayo y medición que funcionen en óptimas condiciones y que satisfagan todos los requerimientos necesarios para el aprendizaje integral del estudiante de Ingeniería en cada una de las diferentes líneas de estudio.

El Laboratorio de Térmica de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo actualmente posee un banco de ensayos para una bomba de engranajes externos, que no cuenta con la instrumentación necesaria y mínima para evaluar el funcionamiento real de este tipo de bombas, aunado a lo anterior el banco de ensayos posee deficiencias en cuanto a su construcción general ya que no fue construido bajo ninguna norma existente nacional ni internacional para ensayar bombas de engranajes externos.

Por consiguiente, se deben aplicar los fundamentos de Ingeniería Mecánica para la adecuación del banco de ensayos del Laboratorio de Térmicas, según los requerimientos mínimos exigidos para el estudio de bombas de engranajes guiados a través de normas certificadas y así obtener resultados confiables a la hora del establecer un estudio real completo.



1.2.- OBJETIVOS.

A continuación se presenta el objetivo general y los objetivos específicos del proyecto.

1.2.1.- OBJETIVO GENERAL.

Rediseñar y reconstruir un banco de ensayo para una bomba de engranajes externos.

1.2.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Evaluar el banco de ensayo existente en el laboratorio para la bomba de engranajes.
- Investigar sobre los posibles diseños de construcción de bancos de ensayo para bombas de desplazamiento positivo.
- Seleccionar e implementar el diseño más factible al banco de ensayo existente en el laboratorio.
- Implementar la reconstrucción del banco de ensayo.
- Poner a punto el banco de ensayo (calibración).
- Elaborar un manual de usuario para el banco

1.3.- JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Con este proyecto se quiere proporcionar a la línea de investigación de Máquinas de Fluidos y Manejo de Fluidos, recursos suficientes para el estudio de este tipo de



bombas rotoestáticas, dotando al Laboratorio de Térmica de la información y equipos que sirvan para abrir un nuevo capítulo en lo que a bombas rotoestáticas se refiere, así como también agregar un punto más a lo que prácticas de laboratorio de térmica se refiere afianzando un conocimiento práctico que pueda servir de mucho para el desenvolvimiento del estudiante fuera del salón de clase, además de poder incluir actividades de extensión, como la de realizar servicios a empresas que cuenten con bombas de este tipo y de especificaciones similares a la existente en el laboratorio.

1.4.- LIMITACIONES Y ALCANCE.

A continuación se presenta las limitaciones y el alcance del proyecto.

1.4.1.- LIMITACIONES.

- El área de trabajo disponible actualmente para la ampliación del proyecto, es la de una base de concreto de 1.20 por 1.15 metros.
- Equipos e instrumentos disponibles en el mercado nacional.
- Se cuenta con un capital máximo para la construcción del banco, de cinco millones de bolívares.

1.4.2.- ALCANCE.

Se construirá un banco de ensayos para una bomba de engranajes externos en base a la norma internacional ASTM PTC 7.1 sobre ensayos para bombas de



desplazamiento positivo, el cual va ser diseñado específicamente para la bomba existente en el Laboratorio de Térmicas.

La investigación se basará en el Trabajo de Grado “Construcción y ensayo de una bomba de engranajes externos”, en donde se presenta el diseño del banco de ensayo actual, la bomba con la se trabajará fue diseñada para manejar un caudal de $0,67 \text{ m}^3/\text{h}$, con una presión a la descarga de $6,9 \text{ MPa}$ a una velocidad de giro de 1200 rpm , con una eficiencia total de $78,66\%$, manejando un fluido con una viscosidad cinemática entre 250 y 300 SSU .

La tecnología a utilizar para la instrumentación va ser seleccionada de acuerdo a los costos de los equipos y materiales. En la construcción se instalara la bomba de engranajes existente actualmente en el Laboratorio de Térmicas.



RECOMENDACIONES

Luego de la reconstrucción del banco de ensayos y las pruebas, se pueden hacer las siguientes recomendaciones para futuros trabajos de grado:

- Rediseñar y reconstruir la bomba con tolerancias más pequeñas para evitar las pérdidas internas como lo ocurrido con la actual.
- Se debe lubricar la bomba antes de proceder a arrancar por primera vez, para evitar que funcione en seco sin lubricación, lo cual puede acarrear daños irreversibles a las partes internas de la misma.
- Se recomienda que el usuario del banco lea todas las instrucciones de manejo del banco de ensayos y el variador de frecuencias; y entienda a la perfección antes de manipular estos equipos.
- Se recomienda digitalizar el banco de ensayos, colocando equipos e instrumentos electrónicos que permitan obtener mediciones más fiables y así conseguir mejores resultados en las evaluaciones de la bomba.
- Se recomienda rediseñar el banco de forma tal que opere con cualquier bomba de engranajes externos independientemente de las especificaciones o dimensiones de ésta.
- Se recomienda colocar un caudalímetro especialmente calibrado para el tipo de fluido utilizado (Aceite).



RESUMEN BIBLIOGRÁFICO

1. API Standard 675. *Positive Displacement Pumps*. Volume 2ed, 1994.
2. API Standard 676. *Positive Displacement Pumps - Rotary*. Volume 2ed, 1994.
3. Arellano, José. “Construcción y ensayo de una bomba de engranajes externos”. Universidad de Carabobo 2005.
4. Fernández, Pedro y Fernández, Iván. “Curso de Máquinas Térmicas e Hidráulicas”. Universidad de Cantabria, España 2002
5. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). Codificación para la identificación de tuberías que conduzcan fluidos (2da Revisión). Venezuela, 1999.
6. Creus, Antonio. (1995). *Instrumentación Industrial* (5^a ed.). México: Alfa Omega.
7. Dib, Samir; Giugni, Angel y Raniolo, Juan. “Construcción y prueba de una bomba de desplazamiento positivo de paletas oscilante. Universidad de Carabobo 2004.
8. García, Pedro. (1997). *Diseño de un Banco de Prueba para bombas Centrífugas y de Desplazamiento Positivo para Procesos que Conllevan a la Producción de Cerveza*. Trabajo de grado, Universidad de Carabobo.
9. Hydraulic Institute. (1994). *Pipe Friction Manual*. United States of America.
10. Irving, L. Kosow. (1993). *Máquinas Eléctricas y Transformadores* (2^a ed.). México: Colo. Industrial Vallejo.
11. Jiménez de Cisneros, Luis M^a. *Manual de Bombas* (4^a ed.). Editorial Blume



12. Karassik, K. y Fraser, M. (1986). *Pump Handbook* (2ª ed.). Editorial Mc Graw Hill.
13. López, Sarh y Neira Hugo. "Diseño integral de una bomba de engranajes externos". Universidad de Carabobo 2002.
14. Mataix, C. (1982). *Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas*. México, D.F.
15. Mc Naughton, K. (1999). *Selección, Uso y Mantenimiento de Bombas*. (2ª ed.). México: Santiago Acahuatepec.
16. Norton, Robert. (1999). *Diseño de Máquinas*. Editorial Prentice Hall, México.
17. The American Society of Mechanical Engineers. ASME PTC 7.1 *Displacement Pump*. United States of America, 1999.
18. UFI HYDRAULIC DIVISION – PLANET FILTRES S.p.A.

**ÍNDICE GENERAL**

AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	vi
NOMENCLATURA.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA.....	3
1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2.- OBJETIVOS.....	4
1.2.1.- OBJETIVO GENERAL.....	4
1.2.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.3.- JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.4.- LIMITACIONES Y ALCANCE.....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1.- ANTECEDENTES.....	7
2.2.-BASES TEÓRICAS.....	8
2.2.1.- BOMBAS VOLUMÉTRICAS.....	8
2.2.2.- CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.....	9
2.2.3.- BOMBAS DE ENGRANAJES EXTERNOS.....	16
2.2.4.- CAVITACIÓN.....	27
2.2.5.- BANCOS DE ENSAYOS.....	31
2.2.6.- NORMAS SOBRE BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO Y SU ENSAYO.....	33
2.2.7.- PÉRDIDAS EN EL BANCO DE ENSAYOS.....	58



CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	63
3.1.- NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	63
3.2.- DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	63
3.2.1.- FASES METODOLÓGICAS.....	64
CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL TRABAJO.....	68
4.1.- EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DEL ESTADO DEL BANCO DE ENSAYO EXISTENTE EN COMPARACIÓN CON LO ESTABLECIDO EN LA NORMA.....	68
4.2.- PROPUESTA DE REDISEÑO DEL BANCO DE ENSAYOS.....	74
4.3.- SELECCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS, EQUIPOS Y ACCESORIOS NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE ENSAYOS....	90
4.4.- IMPLEMENTACIÓN DE REDISEÑO.....	96
4.5.- ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN.....	104
4.6.- REALIZACIÓN DE ENSAYOS.....	110
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	124
5.1.- CONCLUSIONES.....	124
5.2.- RECOMENDACIONES.....	126
BIBLIOGRAFÍA.....	128
APÉNDICES.....	130
ANEXOS.....	150

**ÍNDICE DE TABLAS.**

Tabla		Pág.
2-1	Desviaciones aceptables de las condiciones de prueba para condiciones especificadas y fluctuaciones en las lecturas del ensayo. Fuente: ASME PTC 7.1.....	38
4-1	Evaluación de los componentes del banco de ensayos actual.....	73
4-2	Ventajas y desventajas de las propuestas de rediseño.....	79
4-3	Resultados obtenidos en el ensayo de succión a N = 900 rpm (30 Hz)..	111
4-4	Resultados obtenidos en el ensayo de succión a N = 1050 rpm (35 Hz).....	112
4-5	Resultados obtenidos en el ensayo de succión a N = 1200 rpm (40 Hz).....	113
4-6	Resultados obtenidos en el ensayo de succión a N = 1350 rpm (45 Hz).....	114
4-7	Resultados obtenidos en el ensayo de descarga a N = 900 rpm (30 Hz).....	116
4-8	Resultados obtenidos en el ensayo de descarga a N = 1050 rpm (35 Hz).....	116
4-9	Resultados obtenidos en el ensayo de descarga a N = 1200 rpm (40 Hz).....	117
4-10	Resultados obtenidos en el ensayo de descarga a N = 1350 rpm (45 Hz).....	117
A-1	Ensayos de Succión de la Bomba a 900 rpm (30Hz).....	131
A-2	Ensayos de Succión de la Bomba a 1050 rpm (35Hz).....	132
A-3	Ensayos de Succión de la Bomba a 1200 rpm (40Hz).....	133
A-4	Ensayos de Succión de la Bomba a 1350 rpm (45Hz).....	134
A-5	Ensayos de descarga de la bomba a 900 rpm (30Hz).....	135
A-6	Ensayos de descarga de la bomba a 1050 rpm (35Hz).....	136
A-7	Ensayos de descarga de la bomba a 1200 rpm (40Hz).....	138



A-8	Ensayos de descarga de la bomba a 1200 rpm (40Hz).....	138
D-1	Corrección de caudales a N = 600 rpm (20 Hz).....	145
D-2	Corrección de caudales a N = 900 rpm (30 Hz).....	146
D-3	Corrección de caudales a N = 1200 rpm (40 Hz).....	147
D-4	Corrección de caudales a N = 1500 rpm (45 Hz).....	148
D-5	Corrección de caudales a N = 1600 rpm (50 Hz).....	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
2-1	Esquema de bomba de émbolo de simple efecto.....	10
2-2	Esquema de cuerpo de bomba de émbolo de doble efecto.....	11
2-3	Tipos de bombas rotativas.....	13
2-4	Bomba de aletas deslizantes.....	14
2-5	Bombas rotativas de émbolos radiales.....	14
2-6	Bombas de engranajes externos.....	15
2-7	Gráfica de la curva de comportamiento de la bomba de Presión de descarga contra Caudal.....	19
2-8	Gráfica de la curva de comportamiento de la bomba de eficiencia volumétrica contra presión.....	20
2-9	Gráfica de la curva de comportamiento de la bomba de eficiencia volumétrica contra caudal.....	21
2-10	Gráfica de la curva de comportamiento de la bomba de eficiencia mecánica vs Caudal.....	22
2-11	Gráfica de la curva de comportamiento de la bomba de eficiencia total contra velocidad de giro.....	24
2-12	Nomograma para calcular la eficiencia total aproximada para bombas de engranajes externos.....	26
2-13	El líquido debe llenar por completo el espacio entre los dientes para evitar la cavitación.....	27
2-14	La velocidad de la bomba y la viscosidad influyen en el <i>NPSH</i> requerido.....	28



2-15	Esquema de la cámara de bombeo.....	30
2-16	Gráfica de $NPSH_D$	31
2-17	Esquema hidráulico de un banco de ensayo genérico.....	32
2-18	Conexión simple por orificio.....	40
2-19	Manómetro de Tubo Húmedo.....	41
2-20	Manómetro Diferencial.....	41
2-21	Galga Bourdon calibrada.....	42
2-22	Arreglos de bombeo.....	43
2-23	Curva Caudal vs. Presión Total Positiva de Entrada.....	52
2-24	Curva Potencia, Caudal y Eficiencia vs. Presión Diferencial Total....	53
2-25	Curva Caudal vs. Potencia de Entrada.....	54
3-1	Esquema de las fases metodológicas.....	64
4-1	Principales componentes del banco de ensayo sin modificar.....	68
4-2	Bomba de engranajes, sistema de transmisión de potencia y motor.	69
4-3	Tramo de succión del banco de ensayos.....	70
4-4	Fijación de la bomba y el motor.....	70
4-5	Manguera de descarga y Válvula de alivio.....	71
4-6	Válvula tipo globo presente en la tubería de descarga del banco de ensayo.....	72
4-7	Filtro de línea presente en la tubería de descarga del banco de ensayo.....	72
4-8	Área para la construcción del banco de ensayos.....	76
4-9	Primera propuesta de rediseño para banco de ensayos.....	77
4-10	Segunda propuesta de rediseño para banco de ensayos.....	78
4-11	Tercera propuesta de rediseño para banco de ensayos.....	78
4-12	Esquema general del tramo de succión del banco de ensayos.....	83
4-13	Esquema general del tramo de succión del banco de ensayos.....	86
4-14	Curva de caída de presión del filtro de succión.....	92
4-15	Parte externa del tanque (Fijación con “U” de acero).....	96



4-16	Soporte del tanque (Fijación con pernos de presión).....	97
4-17	Parte interna del tanque.....	98
4-18	Tramo de succión del Banco de Ensayos.....	99
4-19	Tramo de descarga, conexiones de las válvulas y los manómetros.....	99
4-20	Tramo de descarga, conexiones del rotámetro y desembocadura de tubería.....	100
4-21	Válvula de seguridad del rotámetro.....	101
4-22	Acople del motor y la bomba.....	101
4-23	Sujeción de la base del motor y bomba.....	102
4-24	Sistema eléctrico Fuente – Variador de Frecuencia.....	102
4-25	Sistema eléctrico Interruptores – Motor.....	103
4-26	Identificación de las tuberías, parte frontal del Banco de Ensayos.....	103
4-27	Identificación de las tuberías, parte lateral del Banco de Ensayos.....	104
4-28	Panel de control del Variador de Frecuencia.....	105
4-29	Caudalímetro digital.....	109
4-30	Curvas de correcciones de caudales.....	109
4-31	Curvas Q vs P_s para 900 rpm (30 Hz).....	111
4-32	Curvas Q vs P_s para 1050 rpm (35 Hz).....	112
4-33	Curva Q vs P_s para 1200 rpm (40 Hz).....	113
4-34	Curva Q vs P_s para 1350 rpm (45 Hz).....	114
4-35	Curvas Q vs P_{td} , bhp vs P_{td} , η vs P_{td} y Q vs bhp para 900 rpm (30 Hz).....	118
4-36	Curva Q vs P_{td} , bhp vs P_{td} , η vs P_{td} y Q vs bhp para 1050 rpm (35 Hz).....	119
4-37	Curva Q vs P_{td} , bhp vs P_{td} , η vs P_{td} y Q vs bhp para 1200 rpm (40 Hz).....	120
4-38	Curva Q vs P_{td} , bhp vs P_{td} , η vs P_{td} y Q vs bhp para 1350 rpm (45 Hz).....	121
D-1	Curva de corrección de caudales a $N = 600$ rpm (20 Hz).....	145
D-2	Curva de corrección de caudales a $N = 900$ rpm (30 Hz).....	146



D-3	Curva de corrección de caudales a $N = 1200$ rpm (40 Hz).....	147
D-4	Curva de corrección de caudales a $N = 1500$ rpm (50 Hz).....	148
D-5	Curva de corrección de caudales a $N = 1800$ rpm (60 Hz).....	149



NOMENCLATURA

Variable	Descripción	Unidades
bhp	Potencia de entrada de la bomba	kW (hp)
d	Diámetro	m
D'	Desplazamiento	m^3
$dihp$	Potencia del motor.	kW (hp)
g	Aceleración de gravedad	m/s^2 (pie/s ²)
H	Altura de máquina	m.c.f.
H_d	Altura en la brida de descarga	m.c.f.
h_{fdl}	Pérdidas de energía en el tramo de descarga	m.c.f.
h_{fos}	Pérdidas de energía en el tramo de succión	m.c.f.
H_s	Altura en la brida de succión	m.c.f.
I	Intensidad de corriente	A
k	Coefficiente adimensional de pérdida de carga	-----
L	Longitud del tramo de tubería	m
L_e	Longitud equivalente	m
N	Velocidad de giro del motor	rpm
$NPSH$	Altura Neta Positiva de Succión	m.c.f.
$NPSH_D$	Carga Neta Positiva de Succión Disponible	m.c.f.
$NPSH_R$	Carga Neta Positiva de Succión Requerida	m.c.f.
P_a	Presión atmosférica	kPa (psi)
P_d	Presión en la brida de descarga	kPa (psi)
P_m	Pérdidas mecánica	kW (hp)
P_h	Pérdidas hidráulicas	kW (hp)
P_s	Presión en la brida de succión	kPa (psi)
P_v	Presión de vapor	kPa (psi)
P_{vol}	Pérdidas volumétricas	kW (hp)



Q	Caudal	m^3/s (gpm)
Q_t	Caudal teórico	m^3/s (gpm)
T	Temperatura	$^{\circ}C$
$tdhp$	Potencia teórica de desplazamiento	kW (hp)
V	Intensidad de voltaje	V
V_d	Velocidad media de descarga	m^2/s
V_s	Velocidad media de entrada	m^2/s
whp	Potencia de salida de la bomba	kW (hp)
Z	Altura	m (pie)
Z_d	Altura de la sección de descarga desde el Datum	m (pie)
Z_s	Altura de la sección de entrada desde el Datum	m (pie)
ρ	Densidad específica.	$[\frac{kg}{m^3}] [\frac{lb}{pie^3}]$
γ	Peso específico	N/m^3 (lbf/pie ³)
η	Eficiencia Total del sistema	%
η_p	Eficiencia de la bomba	%
η_v	Eficiencia volumétrica	%



CONCLUSIONES

El banco de ensayos para la bomba de engranajes externos que poseía el laboratorio de Térmicas se encontraba fuera de las especificaciones en cuanto a funcionamiento se refiere según lo estudiado en la norma internacional ASME PTC 7.1. El banco no contaba con los equipos e instrumentos necesarios para obtener resultados satisfactorios al ensayar la bomba, además de presentar desperfectos en las tuberías, conexiones y sistema eléctrico.

El banco de ensayo fue rediseñado y reconstruido siguiendo los lineamientos de la norma ASME PTC 7.1, ahora se encuentra en condiciones operables bajo norma internacional. Se realizaron las propuestas y la implementación del rediseño en función de recuperar y mejorar el banco.

Se adquirieron nuevos equipos e instrumentos que estaban obsoletos en el banco anterior o simplemente no se encontraban, siendo fundamentales para la realización de los ensayos. Con la nueva instrumentación se pueden obtener ensayos más precisos contando con equipos modernos y digitales.

Se realizó el manual de operaciones, el cual consta de la descripción de los ensayos para el estudio de las principales variables que intervienen en la operación de este tipo de máquina de fluido: operación de una bomba de engranajes externos y estudio del fenómeno de cavitación en una bomba de desplazamiento. Las curvas características resultantes de los ensayos realizados corresponden al comportamiento de las principales variables que intervienen en las máquinas rotoestáticas.

El banco de ensayos construido cumplió con los requerimientos necesarios para evaluar el caudal, presión, velocidad de giro y potencia, datos con los cuales se trazaron las curvas de funcionamiento de la bomba.



En el caso de la presión, la máxima presión de trabajo obtenida de la bomba durante los ensayos fue de alrededor de 2757,9 kPa (400 psi), la cual está por debajo de la presión de trabajo de diseño de 6,7 MPa (971,75 psi).

En el caso del caudal, éste sí estuvo en el rango predicho por el diseño teórico a bajas presiones, pero al aumentar la presión de trabajo dicho caudal cae en una proporción mucho mayor a la predicha por el diseño teórico.

La caída del caudal con el aumento de la presión de trabajo en la proporción que ocurrió, llevan a concluir que las holguras presentes entre los elementos fijos y móviles de la bomba no son las requeridas, lo cual permite una alta recirculación y pérdidas internas. La construcción de futuros prototipos requieren de un cambio en las tolerancias para hacerlas más estrechas. Esto se pudo afirmar luego de comprobar la inexistencia de fugas externas, pérdidas y obstrucciones en el sistema hidráulico.

El alto nivel de pérdidas internas y recirculación por fugas, ocasionan la caída del rendimiento volumétrico de la bomba al ir aumentando la presión de trabajo.

Los datos obtenidos utilizando los sistemas de mediciones implementados, según la comparación de las curvas características de los ensayos realizados en el presente Trabajo Especial de Grado con los esquemas de curvas que proporciona la norma ASTM PCT 7.1 fueron aceptables, por lo que dichos sistemas de medición proporcionan lecturas fiables.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
 COORDINACIÓN DE PROYECTO DE GRADO



SINOPSIS DEL PROYECTO DE GRADO

TÍTULO DEL TRABAJO: “Rediseño y reconstrucción de un banco de ensayos para una bomba de engranajes externos”.

FECHA DE INICIO DEL TRABAJO: 1-2007

FECHA DE EX. FINAL: 2-2007

FECHA DE ENTREGA DE EJEMPLARES DEFINITIVOS A DIRECCIÓN DE ESCUELA: 15 / 04 / 2008

SINOPSIS:

En el presente trabajo se estudió el estado de un banco de ensayos para una bomba de engranajes externos que operaba en las instalaciones de la Universidad de Carabobo, específicamente en el Laboratorio de Térmicas de la escuela de Ingeniería Mecánica. Para poder realizar dicho estudio, se acudió a una norma internacional que fue la guía para la adecuación de dicho banco y así, poder realizar los ensayos de la bomba de manera fiable. La norma utilizada fue la ASME PTC 7.1 - Displacement Pumps.

Se propusieron tres (3) rediseños, los cuales fueron analizados detalladamente, escogiendo el más adecuado para las condiciones de uso y mantenimiento, pensando también en la ergonomía y costos. Los materiales y equipos seleccionados fueron de buena calidad, garantizados por los fabricantes. Otro aspecto tomado en cuenta en este trabajo de grado fue la identificación de todas las secciones del banco como lo establecen las normas venezolanas para el tipo de fluido utilizado en las pruebas. Luego de la reconstrucción del banco de ensayos se elaboró un manual de usuario para la correcta utilización de los equipos e instrumentos de medición.

En cuanto a los resultados de los ensayos, estos siempre se mantuvieron dentro de lo esperado. Las curvas características arrojadas en cada ensayo, luego de procesar todos los datos obtenidos, tendieron a las mostradas en la norma ASME PTC 7.1, lo que obviamente concluye que el funcionamiento del banco es satisfactorio.

ESTUDIANTES		
CÉDULA DE IDENTIDAD	NOMBRE	FIRMA
V- 15.000.890	JIMÉNEZ, ASDRÚBAL	_____
V- 17.065.324	TAMBACO, MAURICIO	_____
FIRMA		
TUTOR: ING. JOSÉ VELÁSQUEZ		
JURADO: ING. MIRNA SILVA		
JURADO: ING. FERNANDO AULAR		

**ÍNDICE GENERAL**

AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	vi
NOMENCLATURA.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA.....	3
1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2.- OBJETIVOS.....	4
1.2.1.- OBJETIVO GENERAL.....	4
1.2.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.3.- JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.4.- LIMITACIONES Y ALCANCE.....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1.- ANTECEDENTES.....	7
2.2.-BASES TEÓRICAS.....	8
2.2.1.- BOMBAS VOLUMÉTRICAS.....	8
2.2.2.- CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.....	9
2.2.3.- BOMBAS DE ENGRANAJES EXTERNOS.....	16
2.2.4.- CAVITACIÓN.....	27
2.2.5.- BANCOS DE ENSAYOS.....	31
2.2.6.- NORMAS SOBRE BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO Y SU ENSAYO.....	33
2.2.7.- PÉRDIDAS EN EL BANCO DE ENSAYOS.....	58



CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	63
3.1.- NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	63
3.2.- DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	63
3.2.1.- FASES METODOLÓGICAS.....	64
CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL TRABAJO.....	68
4.1.- EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DEL ESTADO DEL BANCO DE ENSAYO EXISTENTE EN COMPARACIÓN CON LO ESTABLECIDO EN LA NORMA.....	68
4.2.- PROPUESTA DE REDISEÑO DEL BANCO DE ENSAYOS.....	74
4.3.- SELECCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS, EQUIPOS Y ACCESORIOS NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE ENSAYOS....	90
4.4.- IMPLEMENTACIÓN DE REDISEÑO.....	96
4.5.- ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN.....	104
4.6.- REALIZACIÓN DE ENSAYOS.....	110
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	124
5.1.- CONCLUSIONES.....	124
5.2.- RECOMENDACIONES.....	126
BIBLIOGRAFÍA.....	128
APÉNDICES.....	130
ANEXOS.....	150



ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla		Pág.
2-1	Desviaciones aceptables de las condiciones de prueba para condiciones especificadas y fluctuaciones en las lecturas del ensayo. Fuente: ASME PTC 7.1.....	38
4-1	Evaluación de los componentes del banco de ensayos actual.....	73
4-2	Ventajas y desventajas de las propuestas de rediseño.....	79
4-3	Resultados obtenidos en el ensayo de succión a N = 900 rpm (30 Hz)..	111
4-4	Resultados obtenidos en el ensayo de succión a N = 1050 rpm (35 Hz).....	112
4-5	Resultados obtenidos en el ensayo de succión a N = 1200 rpm (40 Hz).....	113
4-6	Resultados obtenidos en el ensayo de succión a N = 1350 rpm (45 Hz).....	114
4-7	Resultados obtenidos en el ensayo de descarga a N = 900 rpm (30 Hz).....	116
4-8	Resultados obtenidos en el ensayo de descarga a N = 1050 rpm (35 Hz).....	116
4-9	Resultados obtenidos en el ensayo de descarga a N = 1200 rpm (40 Hz).....	117
4-10	Resultados obtenidos en el ensayo de descarga a N = 1350 rpm (45 Hz).....	117
A-1	Ensayos de Succión de la Bomba a 900 rpm (30Hz).....	131
A-2	Ensayos de Succión de la Bomba a 1050 rpm (35Hz).....	132
A-3	Ensayos de Succión de la Bomba a 1200 rpm (40Hz).....	133
A-4	Ensayos de Succión de la Bomba a 1350 rpm (45Hz).....	134
A-5	Ensayos de descarga de la bomba a 900 rpm (30Hz).....	135
A-6	Ensayos de descarga de la bomba a 1050 rpm (35Hz).....	136
A-7	Ensayos de descarga de la bomba a 1200 rpm (40Hz).....	138
A-8	Ensayos de descarga de la bomba a 1200 rpm (40Hz).....	138
D-1	Corrección de caudales a N = 600 rpm (20 Hz).....	145
D-2	Corrección de caudales a N = 900 rpm (30 Hz).....	146



D-3	Corrección de caudales a $N = 1200$ rpm (40 Hz).....	147
D-4	Corrección de caudales a $N = 1500$ rpm (45 Hz).....	148
D-5	Corrección de caudales a $N = 1600$ rpm (50 Hz).....	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
2-1	Esquema de bomba de émbolo de simple efecto.....	10
2-2	Esquema de cuerpo de bomba de émbolo de doble efecto.....	11
2-3	Tipos de bombas rotativas.....	13
2-4	Bomba de aletas deslizantes.....	14
2-5	Bombas rotativas de émbolos radiales.....	14
2-6	Bombas de engranajes externos.....	15
2-7	Gráfica de la curva de comportamiento de la bomba de Presión de descarga contra Caudal.....	19
2-8	Gráfica de la curva de comportamiento de la bomba de eficiencia volumétrica contra presión.....	20
2-9	Gráfica de la curva de comportamiento de la bomba de eficiencia volumétrica contra caudal.....	21
2-10	Gráfica de la curva de comportamiento de la bomba de eficiencia mecánica vs Caudal.....	22
2-11	Gráfica de la curva de comportamiento de la bomba de eficiencia total contra velocidad de giro.....	24
2-12	Nomograma para calcular la eficiencia total aproximada para bombas de engranajes externos.....	26
2-13	El líquido debe llenar por completo el espacio entre los dientes para evitar la cavitación.....	27
2-14	Grafica del $NPSH$ requerido.....	28
2-15	Esquema de la cámara de bombeo.....	30
2-16	Gráfica de $NPSH_D$	31
2-17	Esquema hidráulico de un banco de ensayo genérico.....	32
2-18	Conexión simple por orificio.....	40
2-19	Manómetro de Tubo Húmedo.....	41
2-20	Manómetro Diferencial.....	41



2-21	Galga Bourdon calibrada.....	42
2-22	Arreglos de bombeo.....	43
2-23	Curva Caudal vs. Presión Total Positiva de Entrada.....	52
2-24	Curva Potencia, Caudal y Eficiencia vs. Presión Diferencial Total....	53
2-25	Curva Caudal vs. Potencia de Entrada.....	54
3-1	Esquema de las fases metodológicas.....	64
4-1	Principales componentes del banco de ensayo sin modificar.....	68
4-2	Bomba de engranajes, sistema de transmisión de potencia y motor.	69
4-3	Tramo de succión del banco de ensayos.....	70
4-4	Fijación de la bomba y el motor.....	70
4-5	Manguera de descarga y Válvula de alivio.....	71
4-6	Válvula tipo globo presente en la tubería de descarga del banco de ensayo.....	72
4-7	Filtro de línea presente en la tubería de descarga del banco de ensayo.....	72
4-8	Área para la construcción del banco de ensayos.....	76
4-9	Primera propuesta de rediseño para banco de ensayos.....	77
4-10	Segunda propuesta de rediseño para banco de ensayos.....	78
4-11	Tercera propuesta de rediseño para banco de ensayos.....	78
4-12	Esquema general del tramo de succión del banco de ensayos.....	83
4-13	Esquema general del tramo de succión del banco de ensayos.....	86
4-14	Curva de caída de presión del filtro de succión.....	92
4-15	Parte externa del tanque (Fijación con “U” de acero).....	96
4-16	Soporte del tanque (Fijación con pernos de presión).....	97
4-17	Parte interna del tanque.....	98
4-18	Tramo de succión del Banco de Ensayos.....	99
4-19	Tramo de descarga, conexiones de las válvulas y los manómetros.....	99
4-20	Tramo de descarga, conexiones del rotámetro y desembocadura de tubería.....	100
4-21	Válvula de seguridad del rotámetro.....	101
4-22	Acople del motor y la bomba.....	101



4-23	Sujeción de la base del motor y bomba.....	102
4-24	Sistema eléctrico Fuente – Variador de Frecuencia.....	102
4-25	Sistema eléctrico Interruptores – Motor.....	103
4-26	Identificación de las tuberías, parte frontal del Banco de Ensayos.....	103
4-27	Identificación de las tuberías, parte lateral del Banco de Ensayos.....	104
4-28	Panel de control del Variador de Frecuencia.....	105
4-29	Caudalímetro digital.....	109
4-30	Curvas de correcciones de caudales.....	109
4-31	Curvas Q vs P_s para 900 rpm (30 Hz).....	111
4-32	Curvas Q vs P_s para 1050 rpm (35 Hz).....	112
4-33	Curva Q vs P_s para 1200 rpm (40 Hz).....	113
4-34	Curva Q vs P_s para 1350 rpm (45 Hz).....	114
4-35	Curvas Q vs P_{td} , bhp vs P_{td} , η vs P_{td} y Q vs bhp para 900 rpm (30 Hz).....	118
4-36	Curva Q vs P_{td} , bhp vs P_{td} , η vs P_{td} y Q vs bhp para 1050 rpm (35 Hz).....	119
4-37	Curva Q vs P_{td} , bhp vs P_{td} , η vs P_{td} y Q vs bhp para 1200 rpm (40 Hz).....	120
4-38	Curva Q vs P_{td} , bhp vs P_{td} , η vs P_{td} y Q vs bhp para 1350 rpm (45 Hz).....	121
D-1	Curva de corrección de caudales a $N = 600$ rpm (20 Hz).....	145
D-2	Curva de corrección de caudales a $N = 900$ rpm (30 Hz).....	146
D-3	Curva de corrección de caudales a $N = 1200$ rpm (40 Hz).....	147
D-4	Curva de corrección de caudales a $N = 1500$ rpm (50 Hz).....	148
D-5	Curva de corrección de caudales a $N = 1800$ rpm (60 Hz).....	149



INTRODUCCIÓN

En el transporte de fluidos en la industria, las bombas de engranajes externos son las más utilizadas, para transferir líquidos de mediana o alta viscosidad (materias prima, materiales para la fabricación y productos acabados, entre otros). Este tipo de bombas están disponibles en una variedad amplia de tamaños y formas.

Para la correcta selección debe hacerse un estudio de ingeniería del problema y encontrar una bomba que se adecue a las exigencias del sistema. Como recurso para la selección, se acude a las curvas de funcionamiento de la bomba donde se muestra el comportamiento de las principales variables que intervienen en su funcionamiento. Las curvas características se obtienen por medio de ensayos que realiza el fabricante y deben garantizar un grado admisible de exactitud y precisión.

En la Escuela de Mecánica de la Universidad de Carabobo se imparten pocos conocimientos teóricos relacionados con el transporte de fluido por medio de bombas de desplazamiento positivo. Para la formación del estudiante es imprescindible complementar con estudios experimentales. El Laboratorio de Térmica de dicha escuela posee un banco universal de máquinas de flujo pulsante, que simula los ensayos para determinar las curvas características y verificar el comportamiento del funcionamiento de una bomba de engranajes externos.

En el primer capítulo de la investigación se presenta los aspectos concernientes al problema de estudio tales como, planteamiento del problema, los objetivos del proyecto; el general y los específicos, los alcances, delimitación y limitaciones del trabajo.



En el segundo capítulo se muestran los antecedentes de este Trabajo Especial de Grado, además del estudio teórico de las bombas de engranajes externos así como su clasificación.

En el tercer capítulo se describe el marco metodológico dentro del cual se realizó este trabajo especial de grado, se desarrolla la metodología para obtener la puesta en marcha del banco de ensayo y su rediseño (evaluación del estado inicial del banco, propuestas de rediseño y selección de instrumentación,.. entre otros.).

En el cuarto capítulo se presenta el desarrollo de las diferentes etapas para llegar a la puesta en marcha del banco así como de su rediseño.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó con la elaboración de este Trabajo Especial de Grado.



BIBLIOGRAFÍA

- [1]. API Standard 675. *Positive Displacement Pumps*. Volume 2ed, 1994.
- [2]. API Standard 676. *Positive Displacement Pumps - Rotary*. Volume 2ed, 1994.
- [3]. Arellano, José. “Construcción y ensayo de una bomba de engranajes externos”. Universidad de Carabobo 2005.
- [4]. Fernández, Pedro y Fernández, Iván. “Curso de Máquinas Térmicas e Hidráulicas”. Universidad de Cantabria, España 2002
- [5]. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). Codificación para la identificación de tuberías que conduzcan fluidos (2da Revisión). Venezuela, 1999.
- [6]. Creus, Antonio. (1995). *Instrumentación Industrial* (5^a ed.). México: Alfa Omega.
- [7]. Dib, Samir; Giugni, Angel y Raniolo, Juan. “Construcción y prueba de una bomba de desplazamiento positivo de paletas oscilante. Universidad de Carabobo 2004.
- [8]. García, Pedro. (1997). *Diseño de un Banco de Prueba para bombas Centrífugas y de Desplazamiento Positivo para Procesos que Conllevan a la Producción de Cerveza*. Trabajo de grado, Universidad de Carabobo.
- [9]. Hydraulic Institute. (1994). *Pipe Friction Manual*. United States of America.
- [10]. Irving, L. Kosow. (1993). *Máquinas Eléctricas y Transformadores* (2^a ed.). México: Colo. Industrial Vallejo.
- [11]. Jiménez de Cisneros, Luis M^a. *Manual de Bombas* (4^a ed.). Editorial Blume.



- [12]. Karassik, K. y Fraser, M. (1986). *Pump Handbook* (2^a ed.). Editorial Mc Graw Hill.
- [13]. López, Sarh y Neira Hugo. “Diseño integral de una bomba de engranajes externos”. Universidad de Carabobo 2002.
- [14]. Mataix, C. (1982). *Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas*. México, D.F.
- [15]. Mc Naughton, K. (1999). *Selección, Uso y Mantenimiento de Bombas*. (2^a ed.). México: Santiago Acahuatepec.
- [16]. Norton, Robert. (1999). *Diseño de Máquinas*. Editorial Prentice Hall, México.
- [17]. The American Society of Mechanical Engineers. ASME PTC 7.1 *Displacement Pump*. United States of America, 1999.
- [18]. UFI HYDRAULIC DIVISION – PLANET FILTRES S.p.A.



CAPÍTULO I. EL PROBLEMA.

1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad la universidad se ve en la obligación de afianzar cada día más los conocimientos adquiridos en los salones de clases con demostraciones didácticas de procesos reales en laboratorios, los cuales deben estar dotados de equipos de ensayo y medición que funcionen en óptimas condiciones y que satisfagan todos los requerimientos necesarios para el aprendizaje integral del estudiante de Ingeniería en cada una de las diferentes líneas de estudio.

El Laboratorio de Térmica de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo actualmente posee un banco de ensayos para una bomba de engranajes externos, que no cuenta con la instrumentación necesaria y mínima para evaluar el funcionamiento real de este tipo de bombas, aunado a lo anterior el banco de ensayos posee deficiencias en cuanto a su construcción general ya que no fue construido bajo ninguna norma existente nacional ni internacional para ensayar bombas de engranajes externos.

Por consiguiente, se deben aplicar los fundamentos de Ingeniería Mecánica para la adecuación del banco de ensayos del Laboratorio de Térmicas, según los requerimientos mínimos exigidos para el estudio de bombas de engranajes guiados a través de normas certificadas y así obtener resultados confiables a la hora de realizar un estudio real completo.



1.2.- OBJETIVOS.

A continuación se presenta el objetivo general y los objetivos específicos del proyecto.

1.2.1.- OBJETIVO GENERAL.

Rediseñar y reconstruir un banco de ensayo para una bomba de engranajes externos.

1.2.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Evaluar el banco de ensayo existente en el laboratorio para la bomba de engranajes.
- Investigar sobre los posibles diseños de construcción de bancos de ensayo para bombas de desplazamiento positivo.
- Seleccionar e implementar el diseño más factible al banco de ensayo existente en el laboratorio.
- Implementar la reconstrucción del banco de ensayo.
- Poner a punto el banco de ensayo.
- Elaborar un manual de usuario para el banco.

1.3.- JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Con este proyecto se quiere proporcionar a la línea de investigación de Máquinas de Fluidos y Manejo de Fluidos, recursos suficientes para el estudio de este tipo de bombas rotoestáticas, dotando al Laboratorio de Térmica de la



información y equipos que sirvan para abrir un nuevo capítulo en lo que a bombas rotoestáticas se refiere, afianzando un conocimiento práctico que pueda servir de mucho para el desenvolvimiento del estudiante fuera del salón de clase, además de poder incluir actividades de extensión, como la de realizar servicios a empresas que cuenten con bombas de este tipo y de especificaciones similares a la existente en el laboratorio.

1.4.- LIMITACIONES Y ALCANCE.

A continuación se presenta las limitaciones y el alcance del proyecto.

1.4.1.- LIMITACIONES.

- El área de trabajo disponible actualmente para la ampliación del proyecto, es la de una base de concreto de 1,20 por 1,15 metros.
- Equipos e instrumentos disponibles en el mercado nacional.
- Se cuenta con un capital para la construcción del banco, de cinco millones de bolívares.

1.4.2.- ALCANCE.

Se construirá un banco de ensayos para una bomba de engranajes externos en base a la norma internacional ASTM PTC 7.1 sobre ensayos para bombas de desplazamiento positivo, el cual va ser diseñado específicamente para la bomba de engranajes externos existente en el Laboratorio de Térmicas.



La investigación se basará en el Trabajo de Grado “Construcción y ensayo de una bomba de engranajes externos”, en donde se presenta el diseño del banco de ensayo actual, la bomba con la se trabajará fue diseñada para manejar un caudal de $0,67 \text{ m}^3/\text{h}$, con una presión a la descarga de $6,9 \text{ MPa}$ a una velocidad de giro de 1200 rpm , con una eficiencia total de $78,66\%$, manejando un fluido con una viscosidad cinemática entre 250 y 300 SSU .

La tecnología a utilizar para la instrumentación va ser seleccionada de acuerdo a los costos de los equipos y materiales. En la construcción se instalará la bomba de engranajes existente actualmente en el Laboratorio de Térmicas.



CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1.- ANTECEDENTES.

A continuación se presentan varios trabajos realizados previamente en área a desarrollar:

- 1.- López, Sarh y Neira Hugo. “Diseño integral de una bomba de engranajes externos”. Universidad de Carabobo 2002.

En este trabajo se realizó un estudio de las bombas de engranajes externos disponibles en el mercado, se analizaron sus principales componentes completando un desarrollo metódico de su diseño y seguidamente se desarrolló un programa por computadora, donde se diseñó la bomba de engranajes externos cuya prueba es el objetivo de este trabajo. Dicho trabajo es utilizado en el estudio de bombas de engranajes externos.

- 2.- Dib, Samir; Giugni, Angel y Raniolo, Juan. “Construcción y prueba de una bomba de desplazamiento positivo de paletas oscilante. Universidad de Carabobo 2004.

Esta investigación tuvo como objetivo general la construcción y prueba de una bomba de desplazamiento positivo de paleta oscilante, la cual se adaptada a la línea de investigación de Maquinas de Fluidos y Manejo de Fluidos cumpliendo con las exigencias del Laboratorio de térmica de la Escuela de Ingeniería



Mecánica de la Universidad de Carabobo. Dicho trabajo es utilizado en el estudio de bancos de ensayos para bombas rotoestáticas.

- 3.- Arellano, José. “Construcción y ensayo de una bomba de engranajes externos”. Universidad de Carabobo 2005.

El objetivo general es la construcción y ensayo de una bomba de engranajes externos a la cual se le hicieron los ensayos necesarios para obtener sus parámetros de funcionamiento y datos experimentales que permitieron construir las curvas que representan su comportamiento. Dicho trabajo es utilizado en el estudio de bombas de engranajes externos y su ensayo.

2.2.- BASES TEÓRICAS.

En este capítulo se presenta una breve introducción teórica acerca de un tipo de bombas característico como son las que funcionan bajo el principio de desplazamiento positivo, haciendo énfasis en las de engranajes externos. Se presentará un análisis del diseño y la descripción de sus variables físicas y funcionales, así como también su sistema de accionamiento. Seguidamente se presenta una investigación sobre los bancos de ensayos para bombas de engranajes externos y las invenciones actuales relacionadas al tema de este trabajo de grado.

2.2.1.- BOMBAS VOLUMÉTRICAS. [4]

En la bomba volumétrica, el desplazamiento del líquido se realiza mediante un proceso, en el que se verifica el desalojo periódico del líquido contenido en unas



cámaras de trabajo, mediante un dispositivo que las desplaza, que es un órgano de trabajo, (pistón, engranaje, entre otros), con unos espacios que comunican, periódicamente, la cavidad de recepción de la carga o cámara de aspiración, con la de descarga o cámara de impulsión.

El funcionamiento consiste en el paso periódico de determinadas porciones de líquido, desde la cavidad de aspiración, a la de descarga de la bomba, con un aumento de presión; el paso del líquido por la bomba volumétrica, a diferencia del paso por los alabes de una bomba centrífuga, es siempre más o menos irregular, por lo que en general, el caudal se considerará como el valor medio del caudal trasegado.

En general, todas las bombas volumétricas son auto-aspirantes, o auto-cebantes, por lo que si comienzan a funcionar con aire, sin líquido, pueden llegar a crear un vacío tan grande capaz de succionar al líquido por la tubería de aspiración, con la condición de que la altura geométrica de aspiración no sobrepase un cierto valor, propiedad que se puede perder cuando la hermeticidad o el número de revoluciones son insuficientes.

2.2.2.- CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO. [4]

Las bombas de desplazamiento positivo se dividen dependiendo de la naturaleza del movimiento, de los elementos que producen la presión, en dos tipos:

De Émbolo o Alternativas y Rotatorias o Rotoestáticas.

a) Bombas de émbolo o alternativas.

En las bombas de émbolo el líquido es desalojado de las cámaras de trabajo por el movimiento alternativo de un pistón, mediante un mecanismo biela manivela, aunque también se pueden utilizar otros mecanismos, como levas, excéntricas, entre otros.

En las bombas de émbolo más usuales existen válvulas de aspiración y de impulsión que regulan el movimiento del líquido a través de la cámara de trabajo. Mientras se está llenando, la válvula de aspiración permanece abierta y la de impulsión cerrada, invirtiéndose la posición de las válvulas durante el desalojo o impulsión del líquido; estas válvulas, en general, son de acción, es decir, sólo se abren por la acción del gradiente de presiones, y se cierran por su propio peso o por la acción de algún mecanismo con muelle.

Según el número de cámaras de trabajo se dividen en bombas de simple efecto (Figura 2-1), $z = 1$, y de doble efecto, $z = 2$. En la *bomba de simple efecto*, el líquido se impulsa únicamente durante media vuelta de la manivela, por cuanto, en la segunda media vuelta, el líquido se aspira, existiendo en consecuencia una gran irregularidad en el suministro.

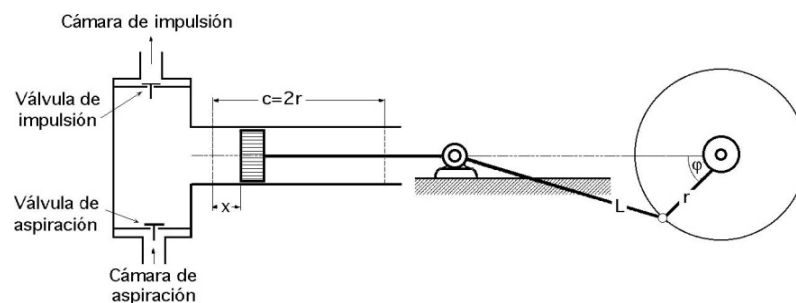


Figura 2-1.-Esquema de bomba de émbolo de simple efecto [4].



Para la *bomba de doble efecto*, ver Figura 2-2, el suministro durante una vuelta se reduce por dos veces a cero, y también, por dos veces, alcanza el valor máximo, siendo su irregularidad menor que para el caso de simple efecto, pero aún así es demasiado grande, por cuanto la presión del líquido junto al émbolo varía fuertemente debido a la corriente irregular en las tuberías.

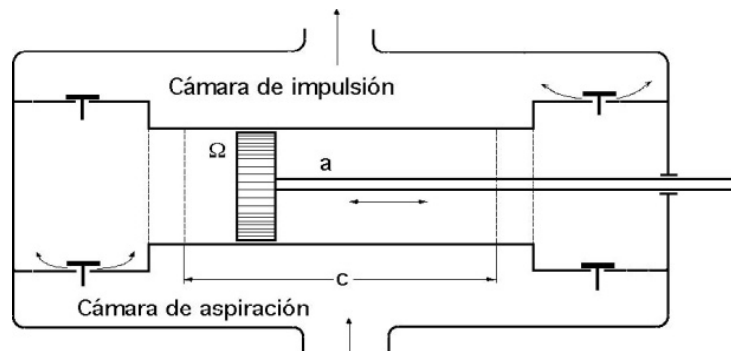


Figura 2-2.- Esquema de cuerpo de bomba de émbolo de doble efecto [4].

Durante el movimiento acelerado del émbolo, y en consecuencia, del líquido en la tubería de aspiración, tiene lugar una caída de presión junto al émbolo que puede provocar cavitación, e incluso, separación del líquido de la superficie del émbolo, consumiéndose una potencia suplementaria en el aumento periódico de las pérdidas de carga por rozamiento del líquido contenido en las tuberías de aspiración e impulsión.

Las bombas de émbolo pueden crear presiones de miles de atmósferas, siendo de entre todas las bombas existentes, las que poseen mayor impulsión; normalmente funcionan con números de revoluciones bajos, del orden de 300 a 500 rpm, ya que si las revoluciones son más altas, se puede llegar a alterar el funcionamiento normal de las válvulas de aspiración e impulsión, debido a esta marcha lenta, sus dimensiones resultan bastante mayores que las de una



bomba centrífuga que funcione en las mismas condiciones de caudal y altura manométrica.

b) Bombas rotoestáticas.

Las bombas rotoestáticas pertenecen a una clase de bombas volumétricas que en la actualidad tienen una amplia gama de aplicaciones en la construcción de maquinaria; las diversas bombas que componen este grupo se diferencian sustancialmente en su diseño y construcción, pero tienen muchas características comunes, como la traslación de las cámaras de trabajo desde la cavidad de admisión de la bomba hasta la de impulsión, o el movimiento absoluto giratorio, o el más complicado de avance y giro de los elementos móviles.

En las bombas rotoestáticas, el líquido se traslada en las cámaras de trabajo, debido al movimiento giratorio, más o menos complejo, de los elementos móviles respecto a la parte fija o estator.

En el *estator* están las cavidades de aspiración y de impulsión; el *rotor* es el órgano de la bomba, solidario con el árbol motriz, que se pone en rotación; además, en las bombas rotoestáticas existen uno o varios elementos móviles, que se desplazan realizando una serie de movimientos cíclicos respecto al rotor; en las Figura 2-3, se exponen algunos ejemplos.

La traslación de las cámaras de trabajo hace inútiles las válvulas de aspiración y de impulsión, no existiendo por lo tanto, distribución de líquido a través de válvulas; debido a esta característica, tienen la particularidad de ser reversibles, pudiendo trabajar también como motores hidráulicos cuando se les suministra un líquido a presión, lo cual asegura su amplio empleo en las

llamadas transmisiones hidráulicas. Las bombas rotativas no disponen de mecanismo biela-manivela; son considerablemente más rápidas que las de émbolo, estando su campo de trabajo entre las 3.000 y 5.000 rpm, e incluso más; a su vez disponen de una cierta uniformidad de impulsión, muy superior a la de las bombas de émbolo.

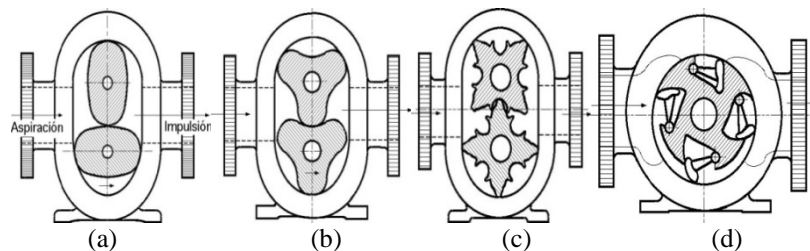


Figura 2-3.- Tipos de bombas rotativas: (a) bomba de 2 lóbulos; (b) Bomba de 3 lóbulos; (c) bomba de 4 lóbulos; (d) bomba de bloques deslizantes [4].

El proceso de trabajo de la bomba rotativa consta fundamentalmente de tres etapas:

- 1.- Llenado de las cámaras de trabajo por el líquido.
- 2.- Cierre de las cámaras de trabajo, aislándose las cavidades de aspiración y de impulsión, y trasladando el líquido de una a otra.
- 3.- Desalajo del líquido de las cámaras de trabajo.

Las bombas rotoestáticas se pueden clasificar atendiendo a diversas características peculiares de las mismas:

- *Según el tipo de movimiento absoluto de los órganos móviles:* se dividen en rotatorias y de corredera. En las *rotatorias*, los órganos móviles realizan únicamente un movimiento giratorio respecto a sus ejes, teniendo como apoyos los cojinetes fijos. En las de *corredera*, los órganos móviles giran respecto al eje del estator, al tiempo que

realizan un movimiento rectilíneo de vaivén respecto al rotor; según el tipo de cierre de las cámaras de trabajo y la forma de los elementos móviles, las bombas de corredera se dividen en bombas de aletas, ver Figura 2-4, y las rotativas de émbolo, ver Figura 2-5.

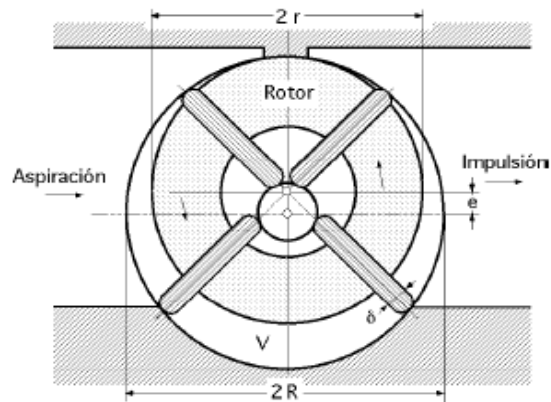


Figura 2-4.- Bomba de aletas deslizantes [4].

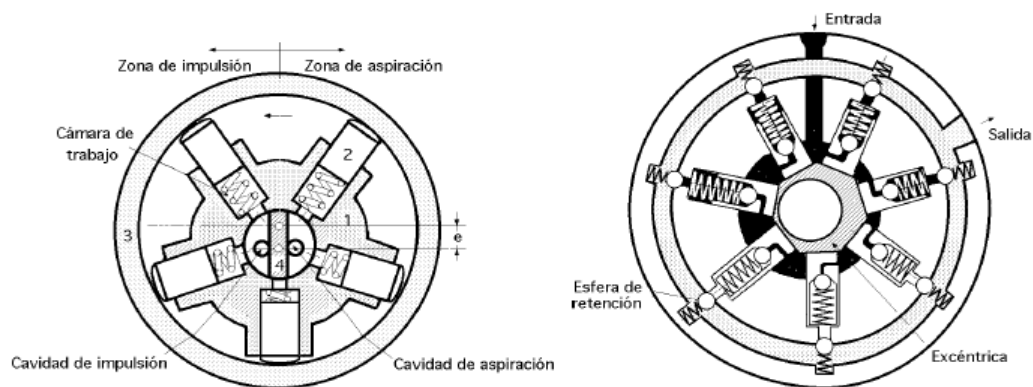


Figura 2-5.- Bombas rotativas de émbolos radiales [4].

- *Según la forma con que se trasladan las cámaras de trabajo:* es decir, según el movimiento del líquido desalojado en la bomba, pueden ser planas y helicoidales.

En las *bombas rotatorias planas*, la traslación de las cámaras de trabajo, y en consecuencia la del propio líquido, se realiza en un plano normal al eje de rotación del rotor, siendo la más interesante la de engranajes, ver Figura 2-6.

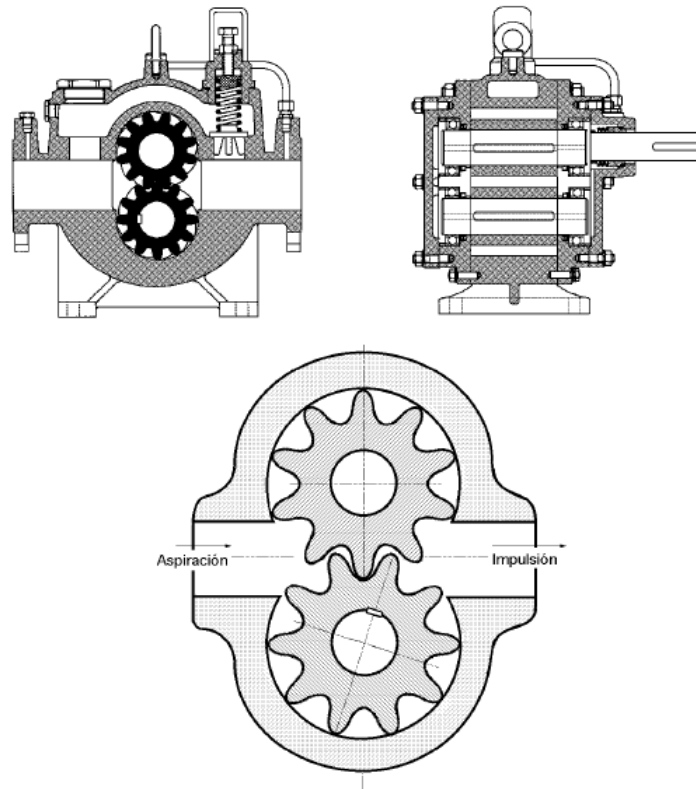


Figura 2-6.- Bombas de engranajes externos [4].

- *Según la variabilidad del volumen trasegado en cada revolución:* o desplazamiento, pueden ser de desplazamiento fijo y de desplazamiento variable.

En las de desplazamiento variable, lo que se hace es modificar la excentricidad del rotor. En muchas aplicaciones hay que variar el



caudal, lo cual se puede lograr variando n , que no es recomendable, o variando el desplazamiento, como ya se ha indicado, que es lo más frecuente.

2.2.3.- BOMBA DE ENGRANAJES EXTERNOS. [14]

La bomba de engranajes externos consiste en dos ruedas dentadas iguales, ajustadas al cuerpo de la bomba o estator como se observa en la Figura 2-6. El *rotor* es la rueda conductora, mientras que el órgano móvil, o elemento desplazante, es la conducida. Como el espacio entre elementos y la carcasa es extremadamente pequeño y el material que es bombeado actúa como agente lubricante, la bomba nunca girará en seco.

Estas bombas no están diseñadas para transportar sólidos, y por regla general llevan filtros en la línea de succión. Se accionan por un motor eléctrico y giran a elevada velocidad.

En la cavidad de aspiración, el líquido llena los espacios entre los dientes de ambas ruedas dentadas, y después, estos volúmenes se aíslan y desplazan por unos arcos de circunferencia a la parte de descarga de la bomba; al engranar los dientes entre sí, cada uno de ellos entra en el que le corresponde, desalojando al mismo tiempo el líquido contenido en el mismo; como el volumen del hueco es mayor que el del diente que engrana, una cierta porción de líquido retornará a la cavidad de aspiración.

La misión de desalojar el líquido la cumplen ambos piñones, rotor y elemento desplazante, al mismo tiempo, siendo las cámaras de trabajo, los huecos existentes



entre los dientes. Estas máquinas se utilizan mucho como bombas de combustibles y lubricantes para caudales de 0,3 a 2 m³/s y presiones de 10 a 20 bar.

a) Caudal teórico:

El Desplazamiento D' , o volumen desplazado como muestra la ecuación 2-1 es:

$$D' = A.b.2z \left[m^3 \right] \quad (2-1)$$

Donde:

- A , área o espacio ocupado por un diente [m²].
- b , altura del diente [m].
- z , número de dientes.

El número de estos volúmenes, que pasan durante una revolución del árbol de la bomba, será igual al número total de dientes de las dos ruedas dentadas, $2z$, por lo que el *caudal promediado teórico suministrado por la bomba*, por segundo, como se muestra en la ecuación 2-2:

$$Q_t = \frac{D'.N}{60} = \frac{A.b.2z.N}{60} \left[m^3/s \right] \quad (2-2)$$

Para obtener presiones más elevadas, se utilizan a veces bombas de engranajes de etapas múltiples, es decir, se hace un montaje de varias bombas de engranajes acopladas en serie, originándose así una altura de máquina igual a la suma de las alturas manométricas correspondientes a las diversas etapas; para garantizar el llenado, el suministro de cada etapa anterior debe ser mayor que el caudal impulsado por la siguiente. Si hay un exceso de suministro, se



puede extraer parte de él mediante válvulas de desagüe especiales dispuestas en cada etapa y calculadas para una presión determinada.

b) Localización de posibles fugas internas.

Las bombas de engranajes externos son bombas volumétricas, y su rendimiento volumétrico depende del caudal fugado que exista.

Las principales fuentes de las fugas internas se sitúan en:

- a) Las puntas de los dientes.*
- b) Entre los flancos de los dientes y cojinete.*

Las pérdidas por las puntas de los dientes se reducen con holguras mínimas, siempre hay que considerarlas y a ellas se le atribuye la mayor parte de las pérdidas volumétricas. Las fugas por los flancos se deben considerar sobre todo a las bombas de alta presión. Se reducen empleando elementos que equilibran la presión para mejorar el comportamiento de la bomba.

c) Curvas características de las bombas de engranajes externos

Para mostrar el comportamiento hidráulico de las bombas de engranajes externos, es necesario el uso de curvas que especifican los parámetros y características funcionales, teniendo así un conocimiento exacto de la capacidad que éstas posean. Las curvas características, indican como varía el caudal, presión de descarga, potencia al eje, la eficiencia volumétrica y



mecánica de la bomba de engranajes externos; variando la velocidad de giro y la viscosidad del fluido.

- *Curva de presión de descarga contra caudal.*

Existen gráficas que establecen una serie de curvas referidas a una velocidad de giro específica, para una bomba. En la Figura 2-7 se observa que el caudal teórico Q_t de la bomba volumétrica rotativa no depende de la presión de descarga P_d .

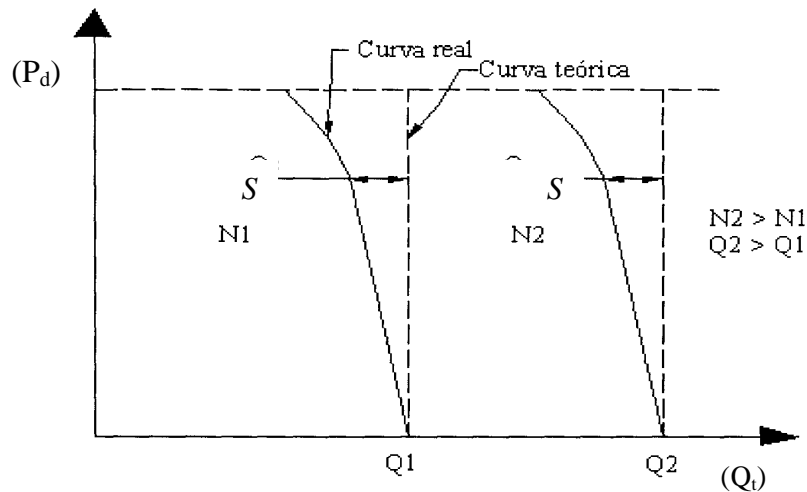


Figura 2-7.- Gráfica de la curva de comportamiento de la bomba, Presión de descarga contra Caudal. [4].

Por eso su característica teórica en el sistema de coordenadas P_d contra Q_t , siendo a velocidad de giro constante, estará representada por una recta paralela al eje de coordenadas que va al infinito. Esto quiere decir que teóricamente toda bomba volumétrica es capaz de crear cualquier magnitud de presión, independientemente del número de revoluciones y del caudal, y el caudal real es la diferencia entre el caudal teórico y el caudal por fuga S .



- *Curvas de eficiencia volumétrica (η_v):*

La eficiencia volumétrica (η_v) es la relación entre caudal real y el caudal teórico, donde el caudal real es la diferencia entre caudal teórico suministrado por la bomba y las pérdidas volumétricas a la presión de descarga. El caudal teórico va en función de la geometría y la velocidad de giro del conductor. La expresión que se utiliza para describir la eficiencia volumétrica se muestra en la ecuación 2-3:

$$\eta_v = \frac{\text{CAUDAL REAL}}{\text{CAUDAL TEORICO}} = \frac{Q}{Q_t} \quad (2-3)$$

Típicamente, las bombas de pistón tienen una eficiencia volumétrica inicial que supera los 90%. La eficiencia de los equipos de engranaje va desde más de 80% hasta aproximadamente 95%. Al variar la presión de descarga la curva de comportamiento de la eficiencia volumétrica de la bomba varía tal como se muestra en la Figura 2-8.

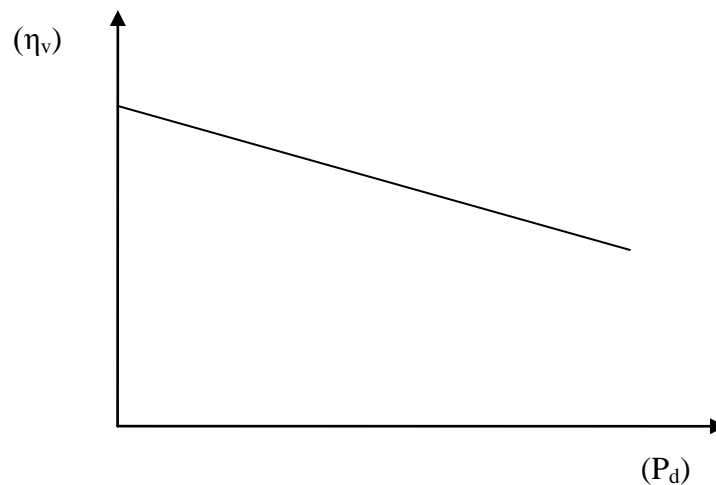


Figura 2-8.- Curva de comportamiento de la bomba, eficiencia volumétrica contra presión. Fuente: Propia.



Cuando se varía la velocidad de giro, cambia el caudal teórico, por lo tanto el comportamiento de la bomba sería como se indica en la Figura 2-9, que se encuentra a continuación:

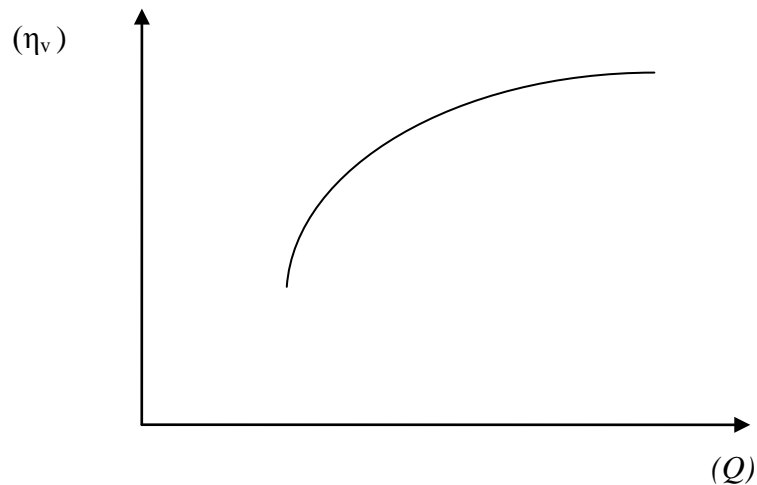


Figura 2-9.- Curva de comportamiento de la bomba de eficiencia volumétrica contra caudal.
Fuente: Propia.

- *Curva de eficiencia mecánica contra caudal.*

La eficiencia mecánica, es una relación entre el torque ideal y el torque real. El torque ideal es el producto de la presión diferencial por el volumen desplazado de líquido y el torque real es aquel que debe vencer el roce seco y viscoso. El roce seco es una pérdida que existe en los elementos mecánicos cuando existe movimiento entre ellos, mientras se encuentran en contacto y el roce viscoso se produce por la pérdida de la película de aceite entre las superficies en contacto.



El roce seco (C_f) se expresa mediante un coeficiente adimensional que tiene un valor promedio de 0,04 y el roce viscoso (C_d), se expresa mediante un coeficiente adimensional de un valor de 1×10^{-5} . Estos valores se determinaron experimentalmente en bombas de engranajes externos [3].

En la Figura 2-10 se observa una curva que representa a la eficiencia mecánica variando el caudal.

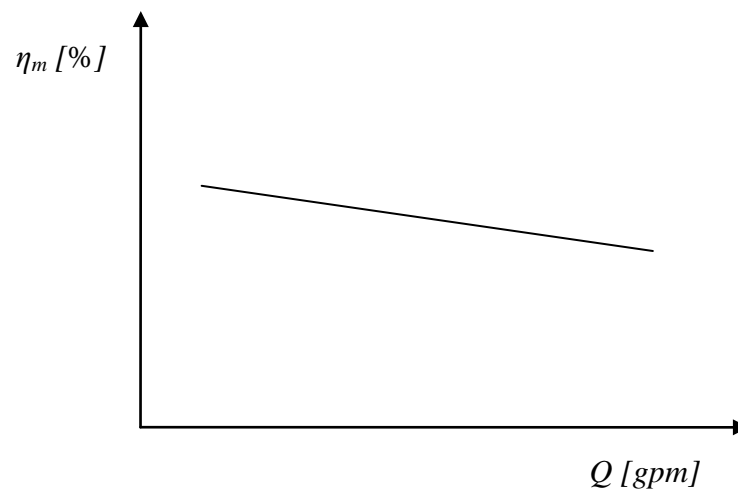


Figura 2-10.- Curva de comportamiento de la bomba de eficiencia mecánica vs Caudal. Fuente: Propia.

Las pérdidas debidas a las fugas influyen sobre el rendimiento volumétrico y diferentes pérdidas entre elementos mecánicos influyen sobre el rendimiento volumétrico y las diferentes pérdidas entre los elementos mecánicos influyen sobre el rendimiento mecánico.



El caudal por fuga es proporcional a la presión y a la temperatura del fluido y coeficiente de deslizamiento (C_s) que tiene un valor promedio de 1×10^{-7} . Las pérdidas por rozamiento seco producen un par independiente de la velocidad y proporcional a las cargas interiores, es decir, a la presión. Este par es también proporcional a la cilindrada, comprende las pérdidas en los rodamientos; este promedio es $C_f = 0,04$ como ya se indicó anteriormente. El rozamiento viscoso se inicia al romperse la película de aceite entre las superficies en deslizamiento [4].

El par de pérdida correspondiente es proporcional si se rompe la película de aceite a la velocidad y a la viscosidad en las superficies de deslizamiento, su valor típico es $C_d = 1 \times 10^5$ [4].

- *Curvas de eficiencia total contra velocidad de giro.*

La eficiencia total de una bomba hidráulica considera la eficiencia mecánica de la bomba, así como también su eficiencia volumétrica. Esto se puede determinar dividiendo la potencia útil, por la potencia al eje, ver Figura 2-11.

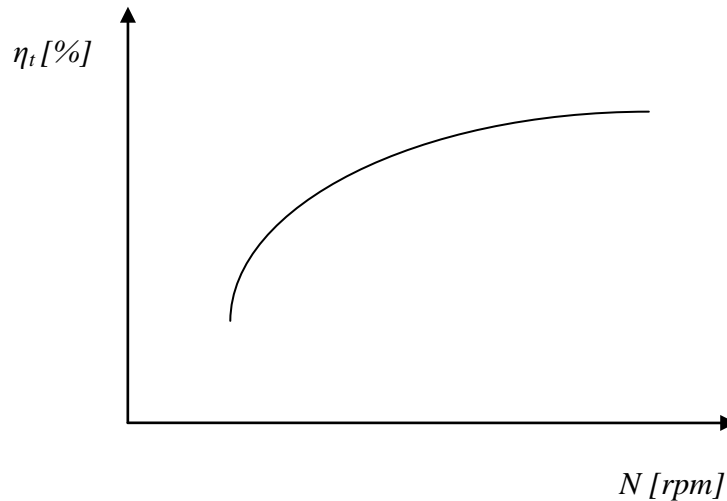


Figura 2-11.- Curva de comportamiento de la bomba de eficiencia total contra velocidad de giro.
Fuente: Propia.

d) Eficiencia total [7].

La eficiencia total de las bombas depende de ciertas variables que permiten su cálculo fácil. Las variables típicas son las pérdidas volumétricas, pérdida de caudal por cavitación y pérdidas por fricción seca y viscosa. De cualquier manera, las bombas de desplazamiento positivo tienden a seguir el mismo patrón de pérdidas y éstas se pueden estimar mediante valores promedios obtenidos de pruebas experimentales.

El caudal real de la bomba queda expresado como se muestra en la ecuación 2-4:

$$Q = \eta \frac{D' \cdot N}{60} = \eta \frac{A \cdot b \cdot 2z \cdot N}{60} \quad (2-4)$$

Donde el caudal real se obtiene con la ecuación 2-5:

$$Q = Q_t - S \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (2-5)$$



El caudal suministrado por una bomba de engranajes es directamente proporcional a su velocidad, el caudal de fuga depende de la presión del sistema y por lo tanto afecta el caudal real de salida. Siempre se produce una pérdida volumétrica, por esto el caudal impulsado disminuirá, para una misma velocidad, al aumentar la presión de descarga.

La eficiencia total aproximada se puede rápidamente determinar con el nomograma de la Figura 2-12, basado en datos actualizados de ensayos de muchas bombas de engranajes externos. El uso de esta carta podría verse con un ejemplo: aceite a 130 SSU se bombea a 3447,4 kPa (500 psi) a 1800 rpm empleando una bomba de engranajes externos. Como se observa en la carta, con los valores dados se estima una eficiencia volumétrica de 94% y una total de 70%. Si se incrementa la viscosidad a 1000 SSU, incrementará la eficiencia volumétrica por sobre el 98%, baja la total a 45%. El mejor resultado puede encontrarse con ensayo y error. La fricción se desprecia ya que una bomba de buen diseño lo tiene muy bajo. El arrastre viscoso se torna proporcional a la velocidad y a la viscosidad.

Según la posición de la zona de tolerancia del agujero con respecto a la del eje, los ajustes suelen ser:

- Ajustes móviles (con juego)
- Ajustes fijos (con apriete)
- Ajustes indeterminados (al montar las piezas, puede resultar entre ellas un juego o un apriete).

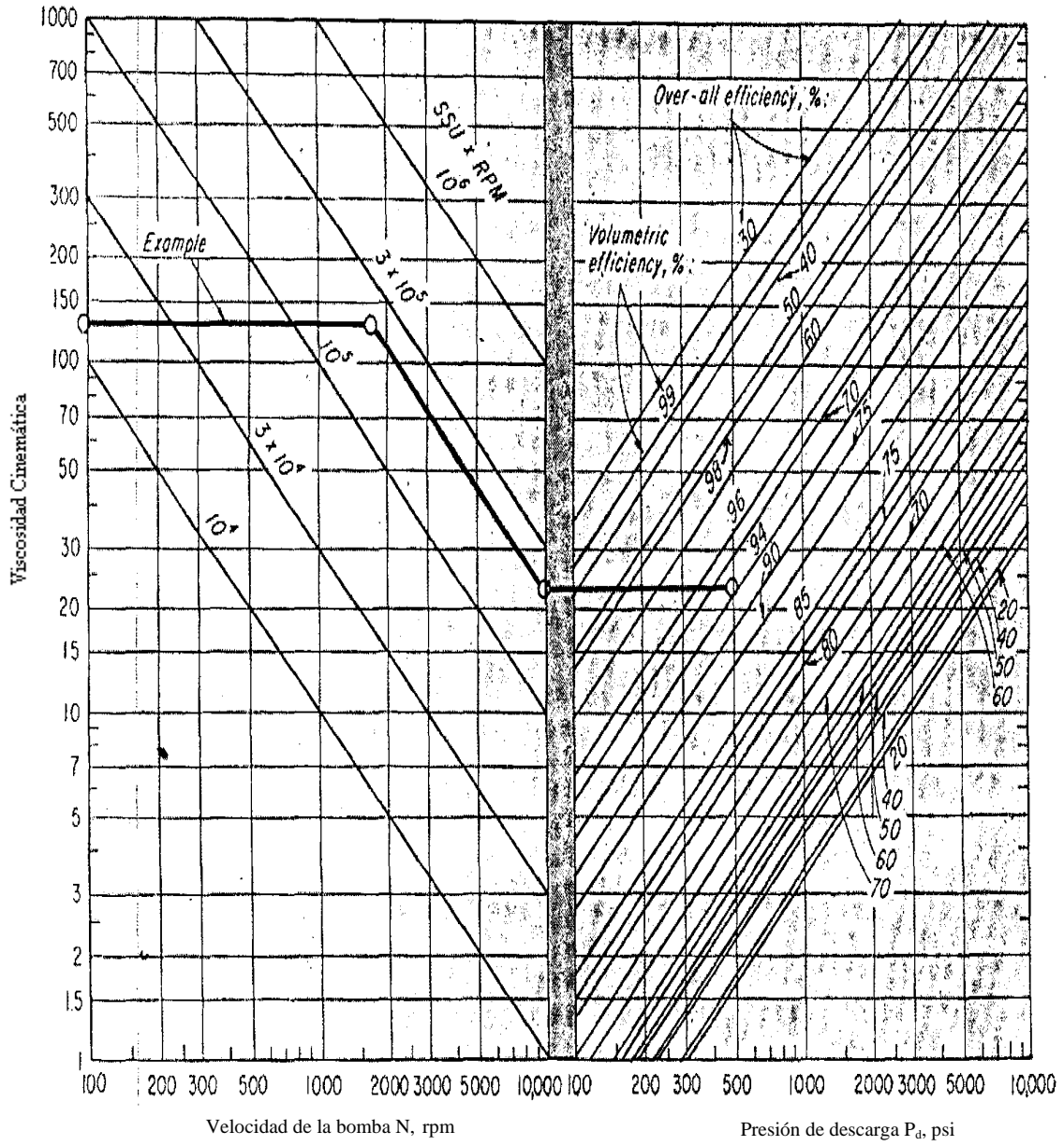


Figura 2-12. Nomograma para calcular la eficiencia total aproximada para bombas de engranajes externos. [13].

2.2.4.- CAVITACIÓN. [15]

La cavitación en las bombas rotatorias de engranajes, ocurre cuando el líquido no tiene suficiente energía para llenar por completo el espacio entre los dientes de los engranajes como se muestra en la Figura 2-13. Si el líquido no puede llenar las cámaras entre dientes, entonces se vaporizará. Esta vaporización parcial y el posterior colapso de las burbujas de vapor cuando llegan a una región de presión más alta dentro de la bomba es lo que se denomina la cavitación. Si se aumentan la velocidad de rotación o el tamaño de la cavidad entre los dientes, se aumentará la presión neta de entrada requerida para que las cavidades entre los dientes se llenen por completo con el líquido.

Este fenómeno puede ocurrir de varias formas, entre ellas se puede citar: el filtro por encima de nivel de aceite, entrada de aire a través de la propia bomba o de la tubería de succión, cuando los elementos de unión no están bien apretados.

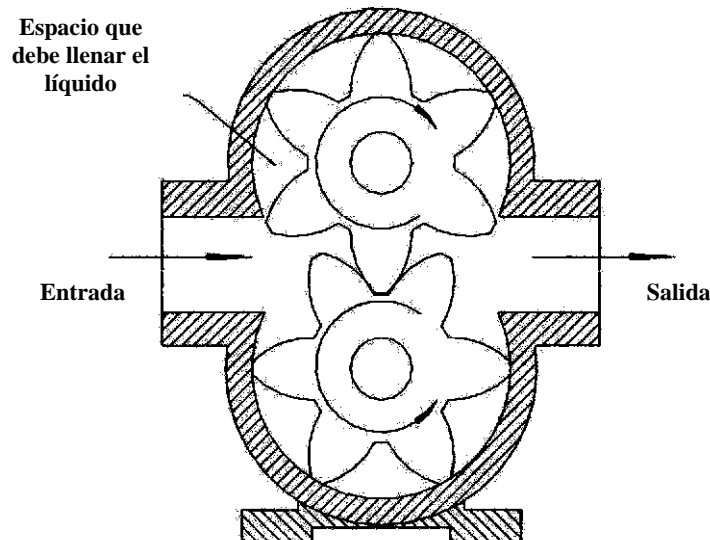


Figura 2-13. El líquido debe llenar por completo el espacio entre los dientes para evitar la cavitación [15].



Las bombas rotatorias de engranes se pueden dañar por la cavitación, aunque no es común. La cavitación produce una pérdida volumétrica adicional a la pérdida por fuga, al diseñar la bomba se asume que no hay cavitación por lo tanto el caudal real es la diferencia entre el caudal teórico y la fuga se obtiene mediante la ecuación 2-6:

$$Q = Q_t - Q_s - Q_c \quad ; \quad \text{donde: } Q_c = 0 \quad (2-6)$$

2.2.4.1.- REQUERIMIENTO DE SUCCIÓN.

La *Carga Neta Positiva de Succión Requerida* o $NPSH_R$ depende de la cota donde se instala la bomba con relación al nivel de la superficie del líquido en el depósito y es función del diseño de la bomba; sólo se puede encontrar mediante las pruebas de la bomba. El fabricante indicará su valor. En la Figura 2-14 se ilustra la relación entre $NPSH_R$ y la velocidad de giro de la bomba y la viscosidad para un tamaño y tipo particular de bomba.

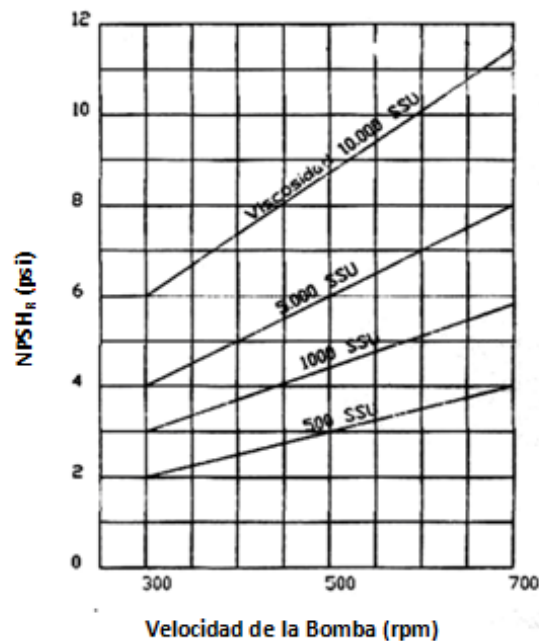


Figura 2-14.- Grafica del $NPSH$ requerido [15].



Estas relaciones se derivan de la premisa de que el $NPSH_R$ está en función del tiempo para que el líquido entre a la bomba y la llene. También la bomba rotatoria tiene un límite de la altura de aspiración cuando aumenta la viscosidad.

Esto pone en relieve la importancia de determinar y especificar la viscosidad máxima en cualquier aplicación; en especial si hay una altura de aspiración. El $NPSH_R$ para las bombas rotatorias es la Presión Neta Requerida de Entrada (P_{sv}) en kPa. El Instituto Hidráulico lo define como la presión absoluta por arriba de la presión de vapor del líquido en la entrada de la bomba que se requiere para evitar fenómenos indeseables de cavitación y cuyo cálculo se verá más adelante en el estudio de la norma ASME 7.1 para ensayos de bombas de desplazamiento positivo.

2.2.4.2.- DISPONIBILIDAD DE SUCCIÓN.

Para cada condición del fluido y velocidad hay un mínimo valor de presión total interna que previene la cavitación. Esta disponibilidad mínima interna, es conocida como *Carga Neta Positiva de Succión Disponible* requerida ($NPSH_R$), y depende de: la viscosidad del fluido, el cuadrado de la velocidad (V^2) de los elementos de bombeo (engranajes), la presión de vapor del líquido, diseño de los conductos internos y la trayectoria que hace el fluido, regularidad del ciclo de bombeo y porcentaje de aire disuelto.

La experiencia muestra que esos efectos combinados tienden a variar más con la velocidad al cuadrado V^2 , las tablas de $NPSH_R$ están basadas en las velocidades de giro y se obtienen valores, para todas las bombas de desplazamiento positivo, muy cercanos entre sí: manejando viscosidades para evitar la cavitación, el $NPSH$ disponible ($NPSH_D$) debe ser mayor que el $NPSH$ requerido.



Como se puede apreciar haciendo referencia a la Figura 2-15, el líquido en el punto 1 debe entrar a la cámara de bombeo del punto 2. En el punto 1, el líquido tiene una velocidad V_1 y presión P_1 .

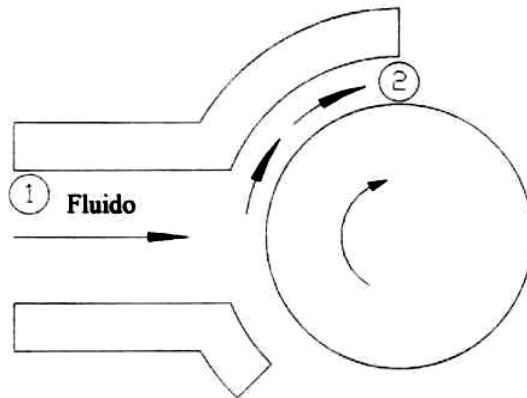


Figura 2-15.- Esquema de la cámara de bombeo [15].

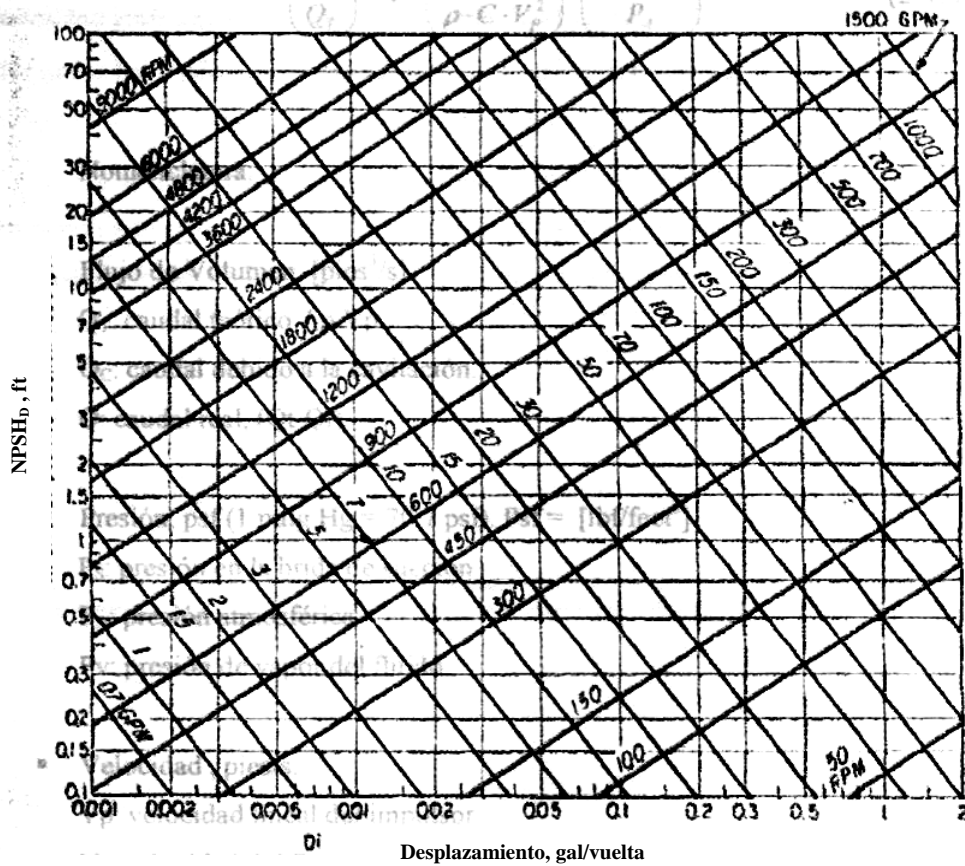
La energía (disponibilidad total) por unidad de masa disponible para mover el líquido dentro de la bomba se suma a su energía cinética y la presión menos su disponibilidad de presión de vapor.

De este modo, el $NPSH_D$ como se muestra en la ecuación 2-7 será:

$$NPSH_D = V_1^2/2g + (P_1 - P_v)/\rho g + Z. \quad (2-7)$$

Si no hay pérdidas de energía entre en punto 1 y el 2 la velocidad V_1 es exactamente igual a la de la cámara, incluso cuando $P_1 = P_v$

El $NPSH_D$ en la Figura 2-16, está basado en la velocidad al cuadrado del elemento bombeante, aunque otros criterios tienen fuerte influencia en los requerimientos de succión.

Figura 2-16.- Gráfica de $NPSH_D$ [15].

2.2.5. BANCOS DE ENSAYOS. [14]

Para realizar los ensayos de una bomba, se requiere el uso de un banco de ensayos, el cual está constituido por un circuito hidráulico, como el mostrado en la Figura 2-18. Este banco de ensayo debe tener un conjunto de instrumentos acordes con los parámetros de la bomba a ensayar y a la medición específica que se desee hacer. El esquema de la Figura 2-17 contiene los elementos esenciales de un banco de ensayo de bombas, los cuales se describen a continuación:

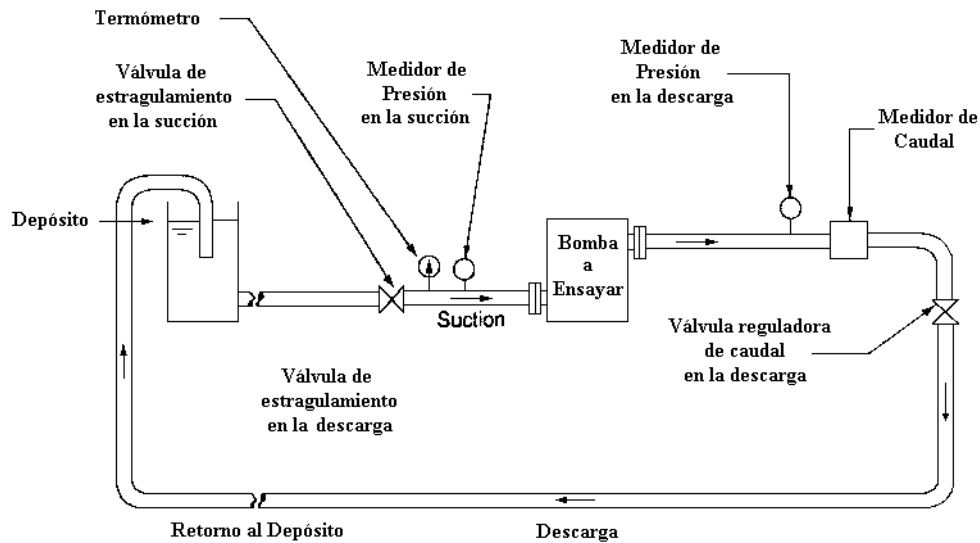


Figura 2-17.- Esquema hidráulico de un banco de ensayo genérico. *Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulica* [6].

- **Grupo de accionamiento a velocidad variable:** en los laboratorios de hidráulica se utiliza para ello motor de corriente continua, motor de corriente alterna con transmisión hidráulica mecánica, o un motor de combustión interna.
- **Medidor de par:** los dos procedimientos más utilizados son el motor de corriente continua basculante, en donde se mide (con una balanza) el par de reacción, y el torque.
- **Cuentarrevoluciones:** para medir la velocidad rotacional N . Con el par y las rpm se calcula la potencia en el eje.
- **Manómetro y vacuómetro:** a la salida y la entrada de la bomba para medir la diferencia de presiones.



- **Medidor de caudal:** los procedimientos más utilizados son: tanques volumétricos (medición de caudal por volumen), tanques gravimétricos (medición de caudal por peso), Vénturi, toberas y diafragmas, rotámetros, entre otros.
- **Termómetro:** para medir la temperatura del agua en los ensayos de cavitación. En los ensayos de cavitación es necesario variar la altura de aspiración, lo que se consigue: a) estrangulando la válvula de presión; b) aspirando la bomba de un depósito hermético, en donde se controla la presión; c) aspirando la bomba de un pozo a la presión atmosférica de nivel regulable.

2.2.6. NORMAS SOBRE BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO Y SU ENSAYO.

Actualmente existen en el mundo estándares para este tipo de máquinas y sus pruebas, donde se dictan los parámetros esenciales para su construcción y ensayo a fin de ofrecerle al cliente un producto confiable y de muy buena calidad. La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos o como se conoce con sus siglas en inglés ASME, tiene a su disposición una gama de códigos llamados “Códigos de Prueba de Potencia” o PTC, donde se destaca la PTC 7.1 que trata sobre bombas de desplazamiento positivos. Esta sección de normativas de la ASME contempla todo lo necesario (estrategias, equipos, métodos, entre otros.) para garantizar que cualquier máquina ensayada bajo su correspondiente norma y dentro de los parámetros de funcionamiento en ella establecida, estará en funcionamiento sin problemas durante un periodo de 20 años.



Pero esta norma no sólo se puede adquirir en esta institución, en la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA) existe la serie “Hydraulic Fluid Power” o en español Potencia de Fluido Hidráulico en la que se haya el código NFPA T3.9.17 R2 que trata sobre Bombas, Motores y Transmisiones integrales de desplazamiento positivo – Métodos de prueba y presentación de los datos básico de desempeño. Esta norma es un equivalente de la PTC 7.1 de la ASME pero enfocada en el uso de sistemas contra incendios, cabe destacar que aunque se tuvo ese punto de vista para la construcción de ese código no se obvia cualquier parámetro básico que se debe tener en cuenta para cualquier ensayo y/o presentación del informe.

En Venezuela, por las normas COVENIN no se encuentra un código para este tipo de maquinarias de ninguna clase, solamente se enfocan en las máquinas centrífugas las cuales son de uso más común, por ello para esta investigación se recurrió a instancias internacionales como lo es la norma ASME, la cual es la más neutral a cuanto uso y razón de funcionamiento de esta clase especial de bombas. Este código será la guía para este trabajo, quien dictará paso a paso los métodos, instrucciones y estrategias a seguir para obtener los resultados acordes con lo demandado por los usuarios no sólo en su país de procedencia sino a nivel mundial.

Aunque esta norma es inviolable reconoce que, si es necesario, se puede recurrir a otras instancias, como por ejemplos otras normas sobre equipos, instrumentos o señalizaciones que no contempla de manera detallada o no son tema para dicha investigación con la condición de no alterar el funcionamiento o la exactitud de los resultados del ensayo dentro de las tolerancias que allí se describen. En el caso de los equipos e instrumentos también resalta que si existen instrumentos modernos que cumplan con las funciones requeridas se pueden



utilizar sin ningún problema, siempre y cuando cumpla con la condición antes descrita.

A medida que se avance en la investigación se irán dando detalles sobre esta norma tales como sus objetivos y alcances, definición y descripción de términos, instrumentos y métodos de medición, recolección de datos y finalmente el reporte del ensayo.

2.2.6.1- NORMA ASME PTC 7.1 DISPLACEMENT PUMBS. [17]

La norma ASME PTC 7.1 fue aprobada en el año 1960 por la sociedad americana de ingenieros mecánicos ASME, en ella se contemplan todos los pasos, métodos, y acciones a tomar para realizar un ensayo integral de cualquier bomba de desplazamiento positivo que trabaje con fluidos “incompresibles”. Bajo este código, la ASME, garantiza una exitosa prueba de todos los parámetros de funcionamiento que una bomba de esta clase debe cumplir, para un funcionamiento óptimo. Ella se encuentra dividida en cinco secciones:

- 1.- Objetivos y alcances.
- 2.- Definiciones y descripciones de términos.
- 3.- Condiciones preliminares.
- 4.- Instrumentos y métodos de mediciones.
- 5.- Cálculo y transcripción de resultados.
- 6.- Reporte del ensayo.

A continuación se presentan las secciones más relevantes para la conducción de la investigación.



2.2.6.1.1.- SECCIÓN 3: CONDICIONES PRELIMINARES.

- **Inspección.**

Una inspección cautelosa se le debe realizar antes y después del ensayo para asegurarse de que todos los instrumentos de medición funcionen apropiadamente. Se debe tener particular cuidado con los elementos internos de la bomba y la trayectoria del fluido, la bomba y la alineación con el motor, las aberturas de tomas de presión, sellos de la bomba, conexiones eléctricas, el sistema de lubricación, escape de líquido o entrada de aire a la bomba, los pasos de la bomba y las separaciones importantes.

- **Condiciones de los instrumentos y equipos**

Los instrumentos o aparatos instalados con el propósito de medir no deben afectar el funcionamiento de la bomba. Cualquier duda en cuanto al efecto de tal aparato se puede resolver con pruebas comparativas con y sin el aparato instalado, las condiciones deben permanecer constantes.

- **Calibración de los instrumentos y equipos**

Todos los instrumentos deben ser calibrados antes del ensayo, y las curvas o tablas de calibración o corrección serán preparadas por adelantado. Después del ensayo todos los instrumentos serán recalibrados. Solamente las lecturas de esos instrumentos para los cuales las dos calibraciones convengan dentro de límites razonables serán utilizadas



como resultados. Cuando la calibración de un instrumento hecha antes de la prueba demuestre diferencia significativa de la calibración hecha después de la prueba, la prueba será repetida.

- **Comienzo del ensayo**

El ensayo no se considerará como “comenzado” si no se practica una prueba preliminar para asegurar un apropiado funcionamiento de la bomba y de los equipos de prueba, además de tener la rutina de observación del ensayo. El ensayo comenzara solo cuando se hayan alcanzado todas las condiciones necesarias establecidas. La duración de cada ensayo será la suficiente para demostrar las condiciones de operación de la bomba constantes.

Durante el ensayo, las fluctuaciones deberán ser anotadas y comparadas con la Tabla 2-1 para determinar su aceptabilidad.

Todas las lecturas serán tomadas contra tiempo, y cuando sea necesario, por señales. Todas las cantidades determinadas de una serie de lecturas serán registradas como el promedio de las observaciones hechas en los intervalos de tiempo iguales. Los resultados serán registrados durante el curso de la prueba y cualquier error detectado será corregido inmediatamente o los resultados de la prueba desechados.

Además de la tabulación de los datos de la prueba, se debe dar información acerca de interés general, tal como la fecha en que se realizo el ensayo, el tipo de bomba, las identificaciones de la bomba y el motor, las dimensiones y los condiciones físicas de todas las partes asociadas a la



planta que puedan afectar los resultados de la prueba, además, puede contener informaciones de la prueba que no estén contemplados en el código, pero que sean importantes para los interesados.

Tabla 2-1.- Desviaciones aceptables de las condiciones de prueba para condiciones especificadas y fluctuaciones en las lecturas del ensayo. Fuente: ASME PTC 7.1.

MEDICIÓN	DESVIACIONES ACEPTABLES BAJO ESPECIFICAS CONDICIONES	FLUCTUACIONES ACEPTABLES
Presión diferencial total de la bomba, P_{td}	No mayor que el máximo indicado.	
Presión de descarga, P_d	Ajústela para hacer que la presión diferencial total no sea menor que la indicada.	$\pm 5\% P_d^*$
Presión de entrada, P_s	Ajústela para hacer que la presión neta de entrada no mayor que la indicada y no menor a los límites preestablecidos para el ensayo.	$\pm 6\% P_s^*$
Caudal, Q velocidad, N	No menor que el mínimo valor indicado. $\pm 10\%$ de la velocidad especificada.	$\pm 1\% Q$ $\pm 1\% N$ (Ver Nota 2)
Potencia de entrada de la bomba, bhp	No menor que la indicada cuando se ajusten los parámetros de velocidad.	$\pm 2\% bhp$
Potencia de entrada del motor, $dihp$	No menor que la indicada cuando se ajusten los parámetros de velocidad.	$\pm 2\% dihp$
Temperatura del líquido	± 10 F de la temperatura indicada.	$\pm 2\% F$ (Ver Nota 2)

Nota 1—En todos los casos, la potencia y el caudal serán corregidos como se describirá en la Sección 5.

Nota 2—Estas fluctuaciones durante una prueba de funcionamiento. La velocidad puede variar en un 2% y la temperatura en 10 F aproximadamente a través de una serie de pruebas donde las condiciones se mantengan constantes.

* Según lo obtenido por un sistema de medición de presión con una frecuencia de respuesta de 25 ciclos por segundo.



2.2.6.1.2.- SECCIÓN 4: INSTRUMENTOS Y MÉTODOS DE MEDICIONES.

Esta sección presenta información detallada sobre los instrumentos y los métodos de mediciones comúnmente utilizados en los ensayos de las bombas de desplazamiento positivo.

Durante el ensayo es necesario medir, bajo ciertas condiciones, los siguientes parámetros:

- Presión (entrada, descarga, barométrica).
- Temperatura (líquido y temperatura local del aire).
- Caudal.
- Velocidad de la bomba.
- Potencia de entrada del motor o la bomba.

A continuación se muestra una lista de instrumentos y equipos de medición aceptables para el ensayo, con referencias a varias partes del Suplemento sobre Instrumentos y Aparatos (I&A) donde estos instrumentos y sus usos, calibraciones, entre otros son descritos:

- a) Barómetros.
- b) Termómetros.
- c) Manómetros, tuberías U, galgas de presión.
- d) Galgas diferenciales.
- e) Tubos de impacto, tubos Pitot.
- f) Inyectores.
- g) Tubos Vénturi.
- h) Placas Orificio.



- i) Medidores de desplazamiento.
- j) Tacómetros, contadores de revoluciones u otros dispositivos contadores de velocidad.
- k) Instrumentos eléctricos.
- l) Dinamómetros para la medición de potencia.
- m) Viscosímetros.
- n) Densímetros.

➤ Medición de la presión

La medición de la presión es realizada por los equipos sensibles a la presión (galgas, manómetros) conectados a la tubería, los cuales detectan por diversos mecanismos la presión que ejerce el líquido a su paso, Figura 2-18.

Es importante que el equipo de medición no obstaculice el paso del líquido a través de la tubería o la bomba. La Tabla 2-1 de desviaciones y fluctuaciones muestra los límites a los cuales tales desviaciones y fluctuaciones pueden ser desatendidas considerando las condiciones del flujo.

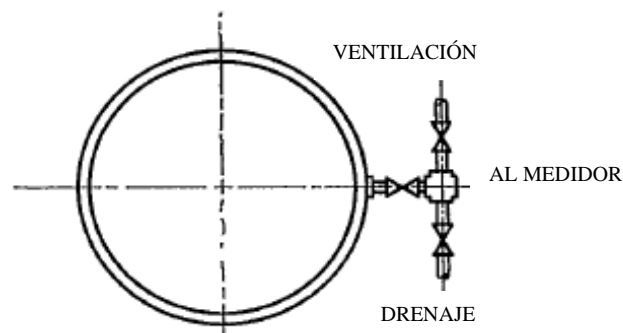


Figura 2-18.- Conexión simple por orificio [17].

En el caso de que el líquido viaje a alta velocidad, donde la velocidad dinámica es una fracción significativa de la presión total, se debe tener



particular cuidado en la medición de la presión estática para evitar errores, esto acarrea a utilizar orificios más pequeños para la medición de la presión, como se muestra en la Figura 2-19, se debe hacer una inspección minuciosa a los agujeros de presión para descartar rebabas, agudeza del borde, tubérculos, entre otros. en la vecindad de éste. Puede ser necesario proporcionar varios orificios en la misma circunferencia para chequear, la igualdad en las lecturas de la presión en cada orificio se asegura razonablemente la ausencia de errores debido a la turbulencia anormal.

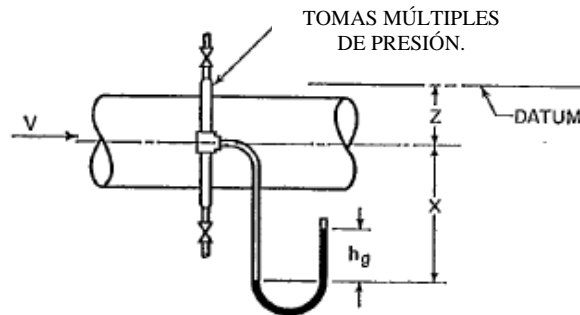


Figura 2-19.- Manómetro de Tubo Húmedo [17].

Los aparatos indicadores de la presión deben ser, cuando sea practicable, galgas Bourdon o manómetros de mercurio. Para bajas presiones son preferibles los manómetros de mercurio (ver Figuras 2-19 y 2-20). Si se desea otro líquido puede sustituir al mercurio pero debe hacerse bajo mutuo acuerdo de las partes.

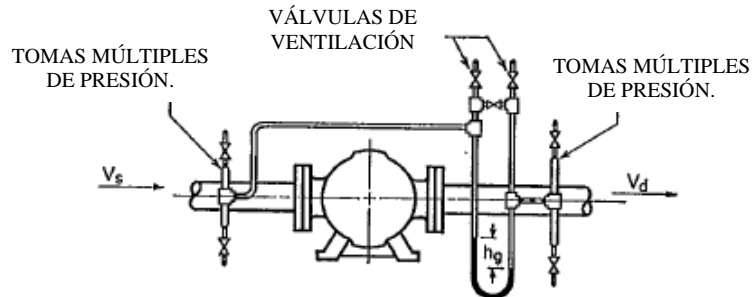


Figura 2-20.- Manómetro Diferencial [17].

Donde un manómetro no pueda ser utilizado, galgas operando bajo el principio de peso muerto o galgas calibradas mecánicamente serán utilizadas, ver Figura 2-21.

Es recomendable que el ensayo sea realizado con la mínima presión neta positiva de entrada necesaria para evitar pérdidas excesivas en la capacidad de la bomba debido al relleno incompleto de los compartimientos del desplazamiento de la bomba, por ello se recomienda utilizar para el ensayo líquido desgasificado. Si la bomba será operada a velocidad variable, es el intento del código que la prueba se realice a la velocidad máxima de la bomba especificada.

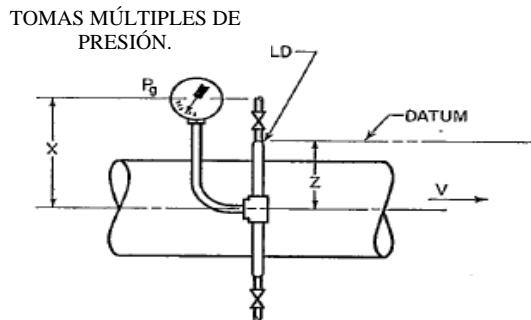


Figura 2-21.- Galga Bourdon calibrada [17].

Arreglos para realizar esta prueba son mostrados en las Figuras 2-22 (a), (b) y (c). Para todos los casos se debe tener extremo cuidado de evitar fugas de aire en la línea de entrada, especialmente en el vástago de la válvula de estrangulación si es utilizada. Cuando las condiciones de entrada no son críticas, la presión de entrada puede ser controlada colocando una restricción variable, tal como una válvula, en la línea de entrada de la bomba, ver Figura 2-22 (a). Una pantalla o unas paletas direccionadoras de flujo se debe colocar



después de la restricción para disminuir la turbulencia ocasionada por el estrangulamiento.

Para aumentar las condiciones de servicio de la bomba se debe hacer disminuyendo el nivel de succión de la bomba como se indica en la Figura 2-22 (b). El sistema cerrado mostrado en la Figura 2-22 (c) opera a un nivel constante en el tanque suplidor, con algunos medios para variar la presión de aire o gas sobre el líquido y así controlar la presión de entrada a la bomba. Los sistemas cerrados tienden a comprimir el líquido o a mezclar el aire o gas con éste, haciendo que se dupliquen las condiciones de servicio de la bomba y el líquido este mucho más cercano a su presión de vapor.

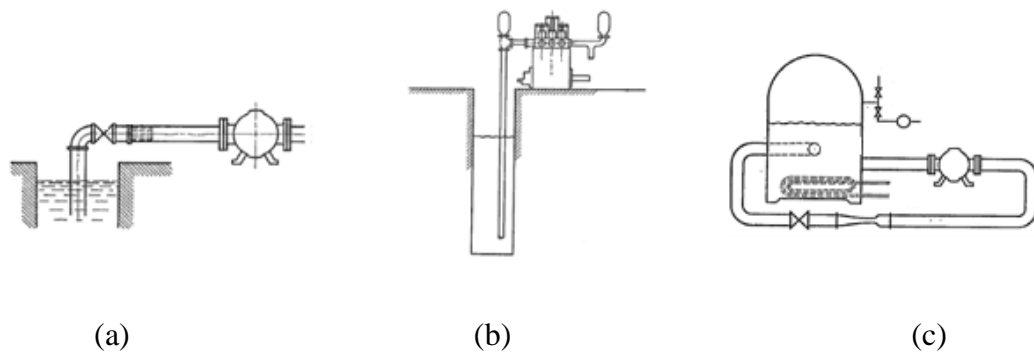


Figura 2-22.- Arreglos de bombeo [17].

Se debe tener cuidado de no tener excesiva turbulencia en tanque suplidor y la línea de entrada a la bomba. La toma en el tanque de la tubería de retorno de la bomba debe estar por debajo del nivel del líquido en el tanque en todo momento durante el ensayo. Rejillas tranquilizadoras se deben colocar en la entrada y la descarga de las líneas para minimizar las fluctuaciones de presión y caudal.



Antes de comenzar el ensayo de los parámetros de entrada se debe desgasificar el líquido, la bomba debe comenzar a funcionar con la mínima presión de descarga, en una definitiva condición de cavitación, por el tiempo que sea necesario para la desgasificación. El propósito de este inicio preliminar es el de extraer la mayor cantidad de aire disuelto en líquido para obtener mayor estabilidad y uniformidad en los resultados durante el ensayo de los parámetros de entrada. Alternativamente se puede desgasificar el líquido hirviéndolo.

El ensayo de los parámetros de entrada se realiza a un valor constante de presión diferencial y velocidad midiendo el caudal a diferentes presiones de entrada. La prueba se debe comenzar con la suficiente presión de entrada para establecer un caudal normal y continuar en presiones más bajas y más bajas hasta que las pérdidas del caudal lleguen a estar entre un 5 y 10 por ciento del inicial. Los incrementos entre las diversas presiones de entrada no deben ser mayores a un psi (1 psi = 2,036 inHg). La temperatura debe ser esencialmente mantenida constante a través de la prueba y si hay alguna variación, se debe corregir la presión de vapor del líquido.

La forma de registrar los resultados arrojados por el ensayo sobre los parámetros de entrada de la bomba será dado más adelante en la Sección 5 de la norma, además de mostrar ciertas condiciones adicionales para este ensayo.

➤ **Medición del caudal**

El ensayo para medir el caudal o la capacidad de la bomba se realiza a una velocidad constante de la bomba midiendo la cantidad de líquido entregado por la bomba a diferentes presiones de descarga, desde *la mínima presión hasta la*



máxima seleccionada para el ensayo. Las mediciones deben hacerse con no menos de cuatro presiones de descarga diferentes. La presión de descarga o salida debe ser controlada por la válvula de salida de la tubería. Esta válvula debe colocarse apropiadamente mas allá de las tomas de medición de presión de descarga, una recomendación es colocar la válvula a una distancia de seis veces el diámetro de la tubería pero no mayor a once pulgadas.

- *Medición del caudal por peso:*

Medir caudal mediante el peso depende de la exactitud en la medición de éste y el tiempo, por lo tanto es esencial la correcta selección de la precisión de las escalas, del cronometro y de los intervalos de tiempo del ensayo. Seleccionar una escala con un gran número de subdivisiones en su dial o un cronometro digital que muestre hasta décimas de segundos ayudara a obtener la exactitud deseada en la medición.

- *Medición de caudal por volumen:*

La medición de caudal por volumen consiste en recolectar el líquido en un depósito. Con un cronometro se toma el tiempo en el que el tanque alcanza cierto volumen dentro del depósito. Una exactitud en la medición de 0.25% es posibles si se tiene cuidado en la selección del depósito y la apreciación de los instrumentos. El nivel del líquido debe ser medido por un vernier o cualquier equipo de medición de altura con una precisión aceptable, seleccionar una escala con un gran número de subdivisiones en



su dial o un cronometro digital que muestre hasta décimas de segundos ayudara a obtener la exactitud deseada en la medición.

- *Medidores de desplazamiento:*

Los medidores de desplazamiento pueden ser usados para la medición del caudal. Estos tipos de instrumentos son muy útiles cuando los líquidos de la prueba son viscosos o volátiles. Deben ser calibrados antes y después de la prueba bajo condiciones indicadas por el fabricante.

Cuando se emplea este método de medición se recomienda que el mecanismo entre la parte que mecánica y el contador sea electrónica, para así asegurar un sincronismo preciso y obtener unos resultados fiables.

- *Medición de caudal por Vénturi:*

Este tipo de medidor, cuando esta correctamente calibrado e instalado, es un instrumento aceptable por el código. Exactitudes mejores a 0,5 por ciento se pueden obtener solo con una buena calibración, para ello el fabricante debe proporcionar las curvas certificadas mostrando las desviaciones aceptables para la medida. Si la calibración se puede realizar por los operadores del banco, se debe hacer bajo las condiciones exigidas por el fabricante antes y después del ensayo.



La tubería que precede al Vénturi debe estar libre, por lo menos a seis diámetros de distancia o mayor, de cualquier imperfección o tubérculos que puedan crear cualquier turbulencia en la línea con los orificios utilizados para la medición de presión. Los orificios deben ser rasantes con el interior de la tubería, libres completamente de rebabas. Se debe utilizar un manómetro líquido en “U” para medir la presión diferencial entre la entrada y la garganta del Vénturi.

- *Exactitud de los medidores de caudales:*

Los equipos mencionados en la norma son dispositivos de medición de fluido en estado estacionario y por consiguiente deben estar calibrados. Todos estos medidores son afectados por la variación cíclica de la presión o flujo a la entrada del punto de medición. Las variaciones cíclicas son características comunes de las máquinas de desplazamiento, la ampliación de la variación depende del tipo de máquina. La elección de los equipos de medición de caudal depende del tamaño de la amplitud de la red o del volumen de fluido manejado por ella.

➤ **Medición de la potencia**

La medición de la potencia puede hacerse en cualquier momento y al mismo tiempo que la medición del caudal. La medición de la potencia de entrada de la bomba, es decir, la potencia en el eje de la bomba, se realiza de cualquiera de las dos maneras siguientes:



- a) Las medidas, que dentro de sí mismas, determinan la energía o el esfuerzo de torsión real entregado a la bomba y, por lo tanto, se hacen enteramente durante la prueba por medio de una cierta clase de dinamómetro de transmisión.
- b) Medición de la potencia de entrada, durante el ensayo de la bomba, al motor y previamente o después determinar la relación entre la potencia de entrada y la potencia de salida del motor, bajo condiciones idénticas de ensayo de la bomba. El uso de de dinamómetros de transmisión o motores que hayan sido calibrados con un dinamómetro o dinamómetros electrónicos acuñados serán considerados para la medición satisfactoria de la potencia de entrada de la bomba.

- *Dinamómetros de transmisión:*

Los dinamómetros eléctricos y de torsión acuñados no pueden emplearse para el ensayo de las bombas si su esfuerzo máximo de torsión está por debajo de un cuarto del esfuerzo de torsión de la bomba. Los dinamómetros de torsión serán calibrados, después de la prueba a la misma temperatura que durante la prueba.

Para mayor información, si se requiriese, para la utilización y calibración de este instrumento se debe referir a el Capitulo 1, Párrafo 79-100 de la I & A, Parte 7 sobre Mediciones de Potencia en el Eje de Maquinas Rotatorias por Métodos Directos e Indirectos PTC 19.7.



- *Calibración de motores eléctricos:*

La mayoría de las bombas de desplazamiento son impulsadas con un motor eléctrico, y es recomendable medir la energía eléctrica de entrada al motor, multiplicar tales observaciones por la eficiencia del motor da como resultado la potencia de entrada al eje de la bomba. La eficiencia del motor se obtendrá indirectamente mediante las medidas de la potencia de entrada del motor y las obtenidas por el dinamómetro de transmisión o cualquier otro dispositivo de medición de potencia en la salida del motor.

La potencia de entrada al eje de la bomba conectada a un motor eléctrico será entonces la multiplicación de la potencia de entrada del motor y su eficacia bajo la carga observada.

La potencia eléctrica de entrada es la suma de *(a)* la potencia eléctrica en los terminales del motor, *(b)* la energía de excitación externamente proveída y *(c)* la potencia utilizada para ventilar el motor si se le coloca externamente. Si el motor es externamente excitado, la potencia de excitación, ítem *(b)* deberá incluir las pérdidas de campo de los reóstatos. Si es un motor sincrónico con excitación directa, la verdadera eficiencia del motor debe incluir las pérdidas por excitación.

La potencia de entrada entregada al eje de la bomba por un motor conectado directamente puede ser obtenida empleando los principios estipulados en Capítulo 2, Párrafo 2-10 de la I & A, Parte 7 sobre Mediciones de Potencia en el Eje de Máquinas Rotatorias por Métodos Directos e Indirectos anexada en este trabajo (PTC 19.7).



- *Exactitud de la medición de potencia:*

La exactitud de las mediciones de potencia utilizando un dinamómetro de transmisión o cualquier otro dispositivo dependen de los grados de las variaciones cíclicas de potencia exigidas por las maquinas de desplazamiento. En la mayoría de los casos se debe establecer un margen de exactitud deseada para las mediciones.

➤ **Medición de la velocidad**

Una adecuada medición de la velocidad de la bomba es considerablemente esencial. La velocidad debe ser medida por un contador de revoluciones confiable, preferiblemente que forme parte de cualquier circuito integral del cronometro utilizado para la medición del caudal o por un dispositivo que indique la velocidad según lo permitido de aquí en adelante.

En el caso de que el medidor no forme parte del circuito del cronometro, entonces los grados de simultaneidad entre éste y el cronometro deben ser considerados en el cálculo de la eficiencia total de la red.

Ciertamente los equipos medidores de velocidad son considerados satisfactorios cuando su rango de medición es suficientemente amplio y preciso para hacer un buena medición de las revoluciones por minuto.

No obstante se debe llegar a un acuerdo entre las personas que realizaran el ensayo para acordar que métodos de medición se quiere utilizar.



La velocidad de la bomba será medida todo el tiempo y al mismo tiempo que se realice la medición del caudal de la bomba.

2.2.6.1.5.- SECCIÓN 5: CÁLCULOS Y TRANSCRIPCIÓN DE RESULTADOS.

Una presentación completa del funcionamiento de la bomba de desplazamiento positivo debe ser incluida en el informe haciendo énfasis en las dos cantidades principales, caudal y potencia. Estas deberán ser declaradas bajo condiciones específicas de operación incluyendo presión de entrada, presión de descarga, velocidad y tipo de líquido.

Antes de que se realicen los cálculos finales, los datos registrados serán escudriñados para la consistencia de las condiciones de funcionamiento. Las fluctuaciones de las lecturas durante el ensayo no deberán exceder los límites prescritos en la Tabla 2-1. En cualquier prueba donde las lecturas demuestren fluctuaciones superiores a los límites prescritos en la Tabla 2-1, en ese caso, la prueba será desechada.

➤ Transcripción de los resultados del ensayo de los parámetros de entrada

Antes del reporte, todas las lecturas de las presiones de entrada deben estar corregidas como se describe en la Sección 2 de la norma, a su equivalente presión total de entrada positiva. Una curva similar a la Figura 2-23, será construida mostrando el caudal manejado por la bomba en metros cúbicos por



segundo (m^3/s) versus la presión positiva de entrada de la red en kilopascal (kPa).

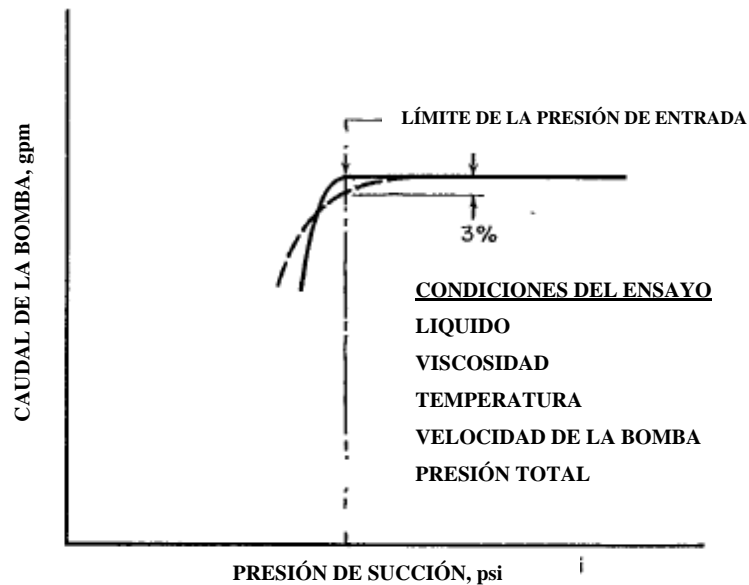


Figura 2-23.- Curva Caudal vs. Presión Total Positiva de Entrada [17].

No siempre es posible determinar con precisión la presión límite por la gran variedad de líquidos y bombas que se pueden ensayar bajo el código. Si hay una rotura significativa en la curva según como lo ilustrado por Figura 2-23, esta será tomada como la presión límite de entrada. Si la curva cambia demasiado gradualmente como para demostrar un punto específico, la presión límite a la entrada será tomada como una pérdida del caudal del 3 por ciento o en la presión de entrada en la cual el ruido de la cavitación en la bomba llega a ser definitivamente audible, cualquiera ocurre en la presión más alta de la entrada. La presión límite a la entrada se aplicara solamente al líquido específico con la temperatura y la velocidad de la bomba usadas en la prueba.



➤ **Transcripción de los resultados del ensayo del caudal.**

Antes del reporte, todas las lecturas de las presiones de entrada deben estar corregidas como se describe en la Sección 2 de la norma y la presión total de la bomba será calculada como se describió en la misma sección.

Una curva similar como se muestra en la Figura 2-24 será reportada mostrando el caudal de la bomba en metros cúbicos por segundo (m^3/s) versus la presión diferencial total en kilopascal (kPa).

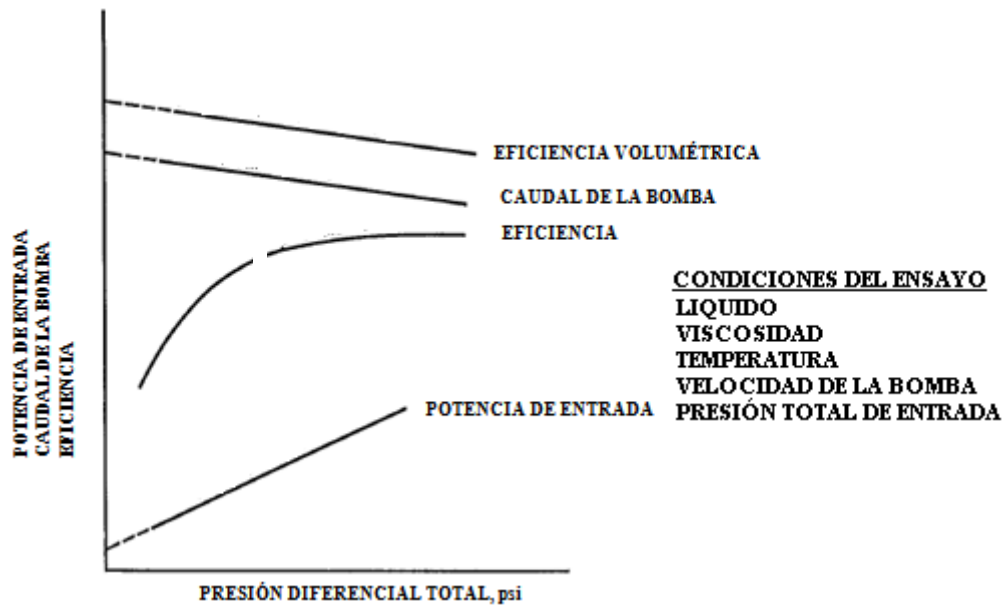


Figura 2-24.- Curva Potencia, Caudal y Eficiencia vs. Presión Diferencial Total [17].

➤ **Transcripción de los resultados del ensayo de potencia.**

La presión de entrada correcta de la bomba será calcula como se describió en la Sección 4, y llevados a kilo Vatios (kW). Una curva similar a la Figura



2-24 será reportada mostrando la potencia de entrada versus la presión diferencial total en kilopascal (*kPa*).

➤ **Transcripción de los resultados de la relación entre la potencia de entrada, el caudal, la velocidad rotacional y la presión a través de la bomba.**

Para proveer de un método conciso y directo que muestre la relación entre estos cuatro parámetros, se recomienda que las curvas se tracen como se muestra en la Figura 2-24, mostrando el caudal entregado en metros cúbicos por segundo (m^3/s) versus la potencia de entrada a la bomba en kilo Vatios (*kW*) para una velocidad de rotación y una presión diferencial constante a través de la bomba.

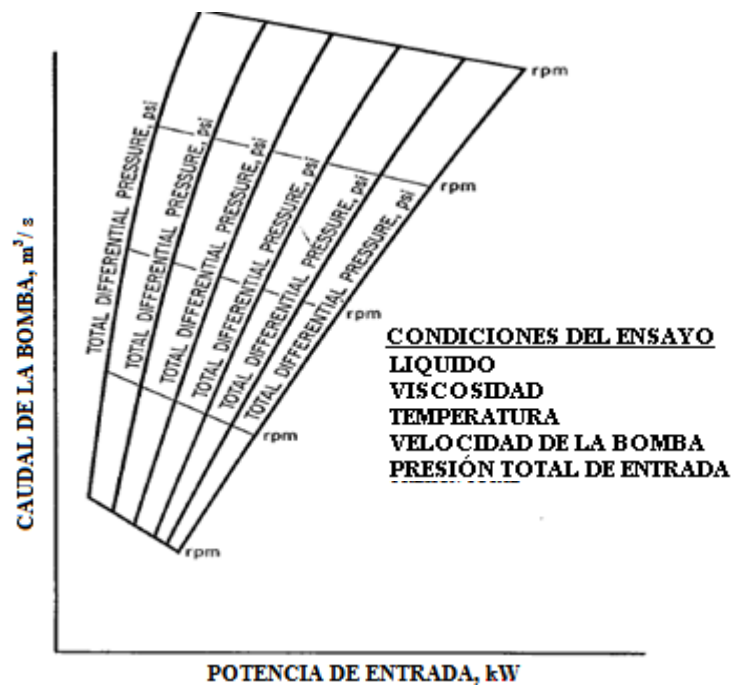


Figura 2-26.- Curva Caudal vs. Potencia de Entrada [17].



➤ **Transcripción de los resultados del ensayo de eficiencia.**

La eficiencia de la bomba como se define en la Sección 2 de la norma, será reportada como una curva, similar a la Figura 2-24, mostrando la eficiencia en porcentaje versus la presión diferencial total de la bomba en kilopascal (*kPa*).

Si se mide la potencia de entrada al motor, la eficiencia total, puede ser reportada de igual manera.

➤ **Desplazamiento de la bomba.**

El desplazamiento (*D*) de cualquier bomba de desplazamiento será dado en pulgadas cubicas por revolución. El desplazamiento será igual al cien por ciento del volumen total desplazado por los elementos de volumen en una revolución.

Si la curva del caudal de la bomba, según lo trazado en la Figura 2-24 es proyectada a la línea de presión cero, la entrega de bomba correspondiente para ese punto debe coincidir con el desplazamiento de la bomba para esa velocidad dentro de un cinco por ciento. Una diferencia entre los dos valores por encima de un cinco por ciento indica que hay error, o una gran cantidad de aire o gas ha entrado en el líquido durante el ensayo. Cualquier clase de discrepancias debe ser investigada.



➤ **La eficiencia volumétrica.**

η_o puede ser reportada como una curva, similar a la Figura 2-24, mostrando la eficiencia volumétrica en porcentaje versus la presión diferencial total en libras por pulgadas cuadradas (*psi*).

El deslizamiento (*S*) se define como el caudal desplazado menos la entrega real de la bomba, es decir como se muestra en la ecuación 2-8:

$$S = Q_d - Q \quad (2-8)$$

El deslizamiento es debido a las fugas internas entre los rotores y el líquido.

➤ **Ajuste de la velocidad de la prueba.**

El ensayo de la velocidad de la bomba debe tener una desviación máxima de un 10 por ciento de la velocidad especificada, según lo observado en la Tabla 2-1. Si cualquiera medida de la velocidad varía de la especificada, las correspondientes medidas de caudales y potencias tomadas al mismo tiempo con la velocidad serán ajustadas utilizando las subsiguientes formulas. El subíndice (*t*) se refiere al valor actual medido durante el ensayo y el subíndice (*a*) se refiere al valor ajustado correspondiente al ajuste de la velocidad.

El caudal será ajustado a la velocidad requerida según la ecuación 2-9:

$$Q_a = \left[\frac{N_a}{N_t} (Q_t + S) \right] - S \quad (2-9)$$



La potencia de entrada será ajustada a la velocidad requerida según la ecuación 2-10:

$$bhp_a = tdhp \frac{N_a}{N_t} + \left[(bhp_t - tdhp) \left(\frac{N_a}{N_t} \right)^{1,5} \right] \quad (2-10)$$

La potencia teórica de desplazamiento ($tdph$) se define por la ecuación 2-11:

$$tdhp = \frac{Q_d \cdot P_{td}}{1714} \quad (2-11)$$

Cuando Q_d es un galón por minuto durante la velocidad del ensayo y P_{td} es una libra por pulgada cuadrada.

2.2.6.2.- NORMAS COVENIN [4].

Si bien no existen en el país normas que regulen los métodos de ensayos de una bomba de desplazamiento positivo, si se hallan normativas que rigen la señalización de las tuberías por donde circulan fluidos. Para ello se utilizará la norma COVENIN 253 “CODIFICACIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE TUBERÍAS QUE CONDUZCAN FLUIDOS”. Como está expresado en el documento: “Esta norma establece la codificación que deben tener las tuberías con el fin de identificar el fluido que circula por ella”.

Esta norma no requiere de un análisis exhaustivo ya que la detallan muy bien por lo que sólo se limitará a incluirla en este trabajo como un anexo, en este caso el Anexo G.



2.2.7.- PÉRDIDAS EN EL BANCO DE ENSAYOS. [14]

Por el principio de acción y reacción, los cuerpos ejercen sobre los fluidos una fuerza igual y de sentido contrario a la que el fluido ejerce sobre el sólido. Es decir, el fenómeno de la resistencia que un sólido experimenta al moverse en un fluido es fundamentalmente igual al de la resistencia que un fluido experimenta al moverse en el interior de un sólido, como una tubería.

Así los siguientes fenómenos de trascendental interés en la ingeniería, aunque aparentemente tan dispares, están sometidas a las mismas leyes, y se han de estudiar conjuntamente

2.2.7.1.- PÉRDIDAS PRIMARIAS.

La ecuación universal para calcular las pérdidas primarias o las pérdidas por fricción en tuberías es la de Darcy – Weisbach, como se muestra en la ecuación 2-12:

$$h_f = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\bar{v}^{-2}}{2g} \quad (2-12)$$

Donde:

h_f : Representa la pérdida de carga causada por la fricción en tuberías.

λ : Coeficiente de pérdidas primarias.

L : Longitud de la tubería.

D : Diámetro interno de la tubería.

\bar{v} : Velocidad del fluido dentro de la tubería.

g : Aceleración de la gravedad..



El valor de λ depende del régimen del flujo del fluido, el parámetro por excelencia a utilizar para conocer el valor de λ es el número de Reynolds que no es más que una relación entre las fuerzas inerciales y la fuerza de la viscosidad, la cual se expresa como se muestra en la ecuación 2-13:

$$Re = \frac{\bar{v} \cdot D}{\nu} \quad (2-13)$$

Donde:

Re : Número de Reynolds.

\bar{v} : Velocidad media.

D : Diámetro interno de la tubería

ν : Viscosidad cinemática.

Los casos que pueden presentarse para el cálculo del coeficiente λ en régimen laminar pueden reducirse a estos dos:

- 1) Con tuberías lisas ($k/D \cong 0$: tuberías de vidrio o de cobre por ejemplo).
- 2) Con tuberías de hierro, hormigón, entre otros.

Pero según el libro del Dr. Claudio Mataix, en su libro *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*, menciona que:

“..si el flujo es laminar la corriente es *relativamente* lenta, la viscosidad *relativamente* grande, y la corriente no es perturbada por las protuberancias del contorno; más aun, si se inicia una turbulencia la viscosidad la destruye. Por tanto

En régimen laminar, λ no depende de la rugosidad.”



Por lo tanto la expresión a utilizar es la ecuación de Poiseuille, la cual se muestra en la ecuación 2-14:

$$h_f = \frac{64}{\text{Re}} \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2-14)$$

La ecuación 2-14 sólo es válida si:

- El valor del $\text{Re} < 2000$ ya que el fluido estará en régimen laminar y,
- El valor del $\text{Re} > 2000$ si el flujo sigue siendo laminar (el número de Reynolds crítico superior es indeterminado).

Comparando esta última ecuación con la ecuación 2-12 se deduce el valor de λ , como se muestra en la ecuación 2-15:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad (2-15)$$

2.2.7.2.- PÉRDIDAS SECUNDARIAS O PÉRDIDAS EN ACCESORIOS.

Estas pérdidas son debidas a accesorios en la tubería como codos, Tee, válvulas, entre otros, que proporcionan una caída de presión debido a su configuración y forma. Los métodos más populares para calcular estas caídas de cargas son:

a) La ecuación fundamental de las pérdidas secundarias:

Es de uso universal y deriva de la ecuación de Darcy-Weisbach para las pérdidas primarias, como se muestra en la ecuación 2-16:



$$h_s = k \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2-16)$$

Donde:

h_s : pérdida de carga secundaria.

k : coeficiente adimensional de pérdida de carga.

v : velocidad media en la tubería si se trata de codos, válvulas, entre otros. Si se trata de cambios de sección como contracción o ensanchamientos se toma la velocidad en la sección de menor diámetro.

b) Longitud de tubería equivalente

Es un método gráfico que consiste en considerar las pérdidas como longitudes equivalentes de tubería del mismo diámetro que produciría las mismas pérdidas de carga que los accesorios en cuestión. Este método relaciona tanto al accesorio como al fluido en cuestión, tomando en consideración todas las propiedades de éste por medio de λ .

A continuación se aplicaría la ecuación fundamental de pérdidas primarias en la siguiente forma:

$$h_f = \lambda \cdot \frac{(L + \sum Le)}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2-17)$$

Donde:

h_f : suma total de las pérdidas primarias y secundarias.

λ : coeficiente de pérdida.

L : longitud total de los tramos rectos de tuberías.

$\sum Le$: sumatoria de las longitudes equivalentes.

v : velocidad media en la tubería.



Ambos métodos son viables y se pueden utilizar independientemente según sea conveniente. Para este trabajo de investigación se utilizará el segundo método por ser más directo y debido a que toma en cuenta las propiedades del fluido a utilizar. Aun así se aplicará un factor de seguridad de 2 para garantizar un máximo desempeño y seguridad de operación del banco.

Para aplicar este método de cálculo es esencial contar con el Nomograma de pérdida de carga secundaria mostrada en el Anexo H. El método de uso es relativamente sencillo, cuenta con tres ejes verticales con diferentes escalas, los cuales indican de izquierda a derecha el tipo de accesorio, la longitud equivalente del accesorio en metros y el diámetro de la tubería (interno y nominal) en centímetro y pulgadas.

Sólo hay que trazar una línea entre el punto indicado en el eje para el accesorio específico con el diámetro de la tubería a utilizar. En el punto donde corte el eje central será la longitud equivalente en metros de tubería que causará una pérdida de carga igual al del accesorio en cuestión.

Por ejemplo para una válvula de globo completamente abierta colocada en una tubería de 0,0127 m ($\frac{1}{2}$ pulg) de diámetro nominal, la longitud equivalente es de aproximadamente 2 m de tubería.

Este procedimiento se realiza para cada uno de los demás accesorios y las longitudes equivalentes correspondientes se sustituyen en la ecuación (2-17) para obtener directamente la pérdida total del tramo de entrada del banco de ensayo.



CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.

3.1.- NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.

La investigación es de tipo descriptiva y explicativa pues realizada la puesta a punto del equipo se destinará para la realización de pruebas de funcionamiento cuyos resultados definirán el comportamiento de las principales variables que intervienen en el impulso de fluido mediante una bomba de engranajes externos. De igual manera, al comparar los resultados obtenidos en los ensayos y apoyándose en trabajos previos; información y datos divulgados por medios impresos, se reconocerán los efectos presentes durante la transmisión de energía en el banco de pruebas.

3.2.- DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

El diseño de la investigación es documental y de campo. La investigación se delimita en la termodinámica involucrada en el suministro y absorción de energía de los fluidos trasegados por medio de bombas de desplazamiento positivo. La realización de ensayos experimentales permitirá reconocer y cerciorar las aseveraciones planteadas durante el fenómeno de transporte de fluidos mediante bombas de desplazamiento positivo y las principales características de operación de una bomba de engranajes externos.



3.2.1. - FASES METODOLÓGICAS.

La metodología para el rediseño y puesta en marcha del banco de ensayo está enmarcada en seis fases las cuales se representan en la Figura 3-1. Las fases metodológicas se explican a continuación:

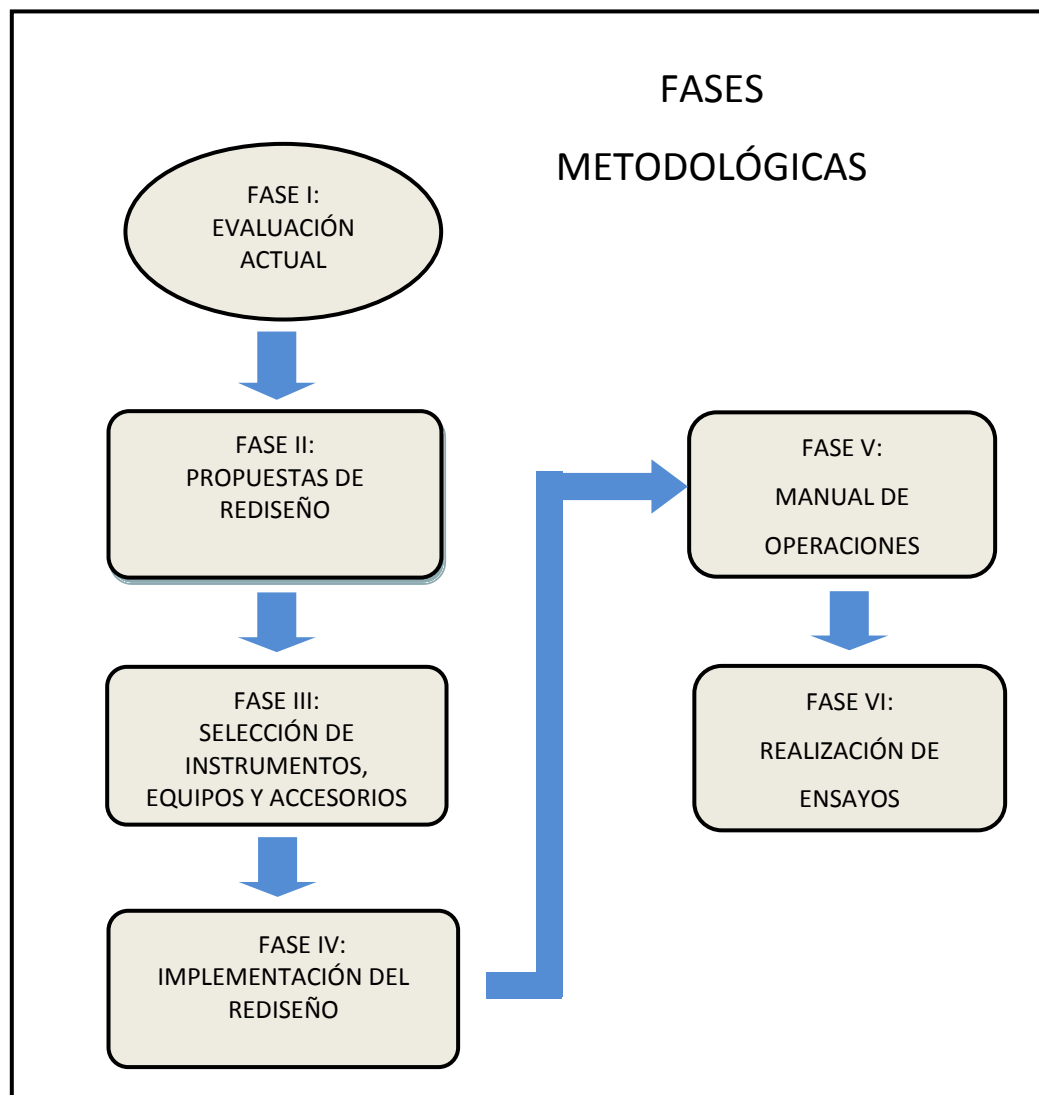


Figura 3-1.- Esquema de las fases metodológicas. Fuente: Propia.



3.2.1.1.- EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DEL ESTADO DEL BANCO DE ENSAYO EXISTENTE EN COMPARACIÓN CON LO ESTABLECIDO EN LA NORMA.

Durante esta fase se realizará una inspección detallada para la verificación del estado funcional de cada uno de los componentes que integran el banco de ensayo: tuberías y accesorios (codos, válvulas, Tee, entre otros), bomba de engranajes externos, instrumentos y equipos (medidores de caudal, medidores de presión, panel eléctrico, transductores y sensores, entre otros) y tanque de almacenamiento.

El diagnóstico de la evaluación se verá reflejado en una matriz de comparación entre los componentes que conforman cada sección y el respectivo estado de funcionamiento u operatividad. La función de la matriz es la de proporcionar una ayuda visual simplificada del estado actual del banco de ensayo.

También se verificará si los diferentes sistemas de medición que conforman el banco de ensayo cumplen con las normas ASME PTC 7.1 de métodos de ensayo de bombas de desplazamiento positivo.

3.2.1.2.- PROPUESTA DE REDISEÑO DEL BANCO DE ENSAYO.

En base a la evaluación realizada en la fase anterior para determinar las condiciones operativas, se realizarán las propuestas del rediseño para la mejora y puesta en marcha del banco de ensayo rigiéndose por el alcance establecido en el Capítulo I del presente trabajo. Se diseñará un nuevo panel que se adecue a la nueva instrumentación seleccionada para el rediseño.



3.2.1.3.- SELECCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS, EQUIPOS Y ACCESORIOS NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE ENSAYOS.

Se debe contar con los instrumentos y accesorios necesarios para determinar las principales variables de operación de los arreglos de bombas que se pueden ejecutar en el banco de ensayo.

Para la selección general, partiendo de los resultados obtenidos en la evaluación inicial del banco de ensayo, se seleccionarán los instrumentos, equipos y accesorios requeridos para la realización del rediseño y la elaboración de ensayos, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Desenvolvimiento del dispositivo para adaptarse al ambiente de trabajo.
- Características del dispositivo para proveer la exactitud requerida bajo las condiciones especificadas del proceso.
- Comparación de costos y disposición del capital de compra.
- Servicios requeridos de mantenimientos, frecuencia y costos.
- Estabilidad, durabilidad y período de calibración.
- Fácil adaptación, interface compatible a equipos existentes.

A medida que el dispositivo no cumpla con algunas de las consideraciones, es rechazado. Al cumplir con todas las consideraciones se realiza la selección final.



3.2.1.4.- IMPLEMENTACIÓN DEL REDISEÑO.

Luego de la selección de los instrumentos y accesorios para el rediseño, se realizará un procedimiento lógico para la implementación de las instalaciones pertinentes, es decir, la reconstrucción, el ensamble y la puesta en marcha del banco de ensayo.

3.2.1.5.- ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN.

Basándose en la información suministrada por la norma ASME PTC 7.1 aplicada al banco de ensayo de máquinas de desplazamiento positivo y en los procedimientos a plantear según el rediseño implementado, se elaborará el manual de operaciones para la realización de los ensayos.

3.2.1.6.- REALIZACIÓN DE ENSAYOS.

Luego de haber concluido con la puesta en marcha del banco se realizarán las pruebas de ensayo propuestas en el manual de operaciones para la verificación del comportamiento del sistema. Se realizará un análisis global y una explicación referente a los resultados obtenidos en los ensayos.



CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL TRABAJO.

4.1.- EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DEL ESTADO DEL BANCO DE ENSAYO EXISTENTE EN COMPARACIÓN CON LO ESTABLECIDO EN LA NORMA.

4.1.1.- DESCRIPCIÓN DEL BANCO DE ENSAYO.

El banco de ensayo en cuestión es un sistema de flujos pulsantes, el cual fue desarrollado para disponer de una fuente de estudio experimental que conllevara a demostrar y entender las características y relaciones básicas del funcionamiento de una bomba de engranajes externos. En la Figura 4-1 se puede observar el banco de ensayo con sus principales componentes.

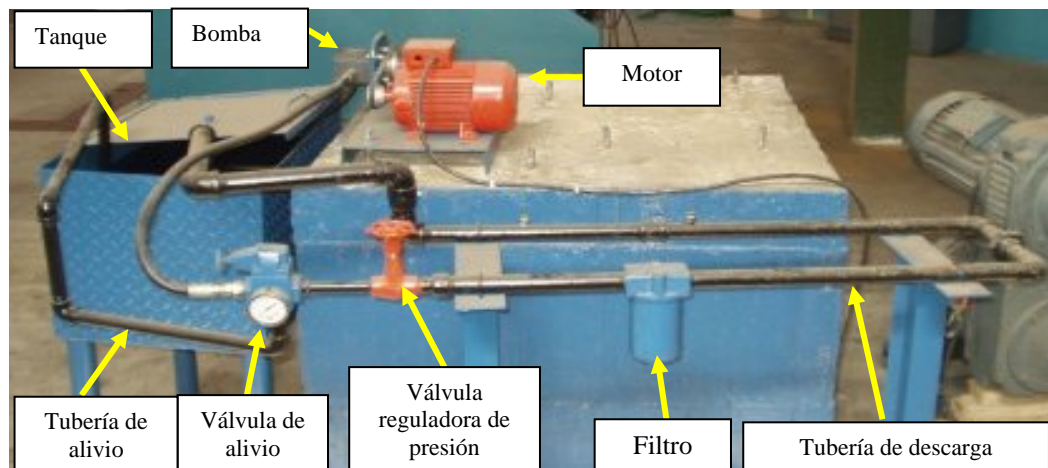


Figura 4-1.- Principales componentes del banco de ensayo sin modificar. Fuente: Propia.

El sistema consta de una bomba de engranajes externos, la cual es impulsada por un motor eléctrico de corriente alterna, trifásico, junto con un juego de poleas



que transmiten el par de torsión de éste a la bomba como se muestra en la Figura 4-2. El motor posee una potencia de 1,5 kW (2 hp). La velocidad nominal del motor es de 1700 rpm.

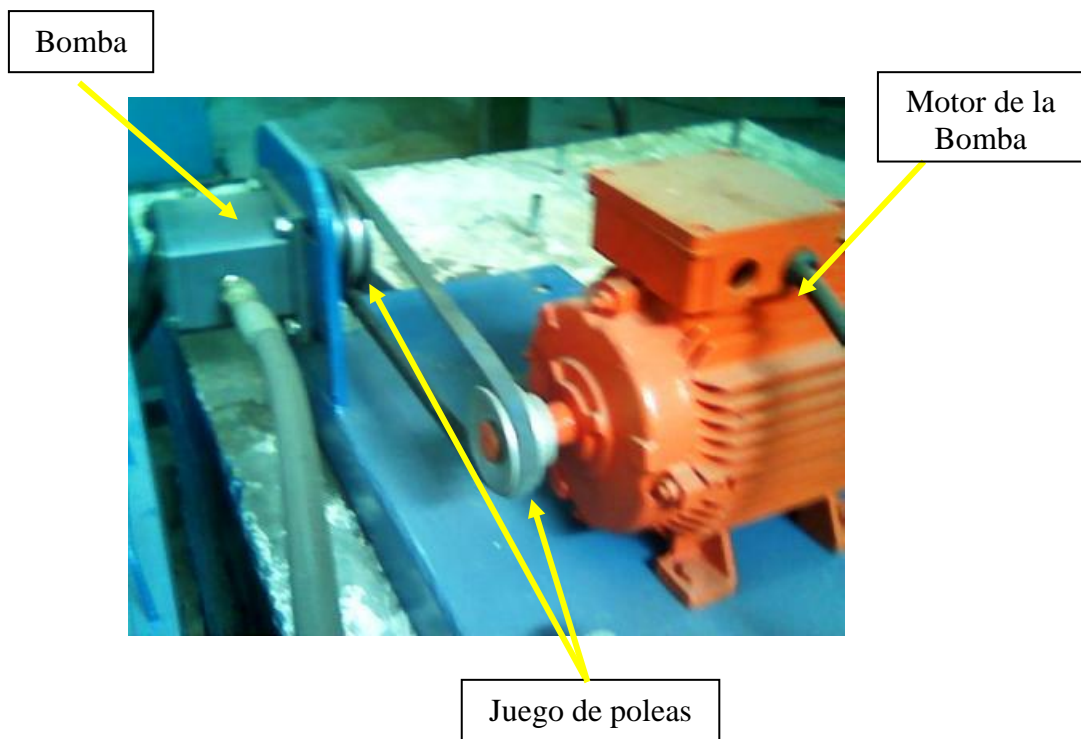


Figura 4-2. Bomba de engranajes, sistema de transmisión de potencia y motor. Fuente: Propia.

La línea de succión está compuesta únicamente por una manguera de 12,7 mm ($\frac{1}{2}$ pulg) que está conectada directamente al tanque sin ningún accesorio o equipo de medición instalado, unida por abrazaderas a una reducción de 12,7 mm a 6,35 mm (de $\frac{1}{2}$ pulg a $\frac{1}{4}$ pulg) justo a la entrada de la bomba. En la Figura 4-3 se puede apreciar éste tramo del banco de ensayos. El tanque contiene aceite usado, de un color negro y con partículas metálicas en suspensión que acelera el desgaste de los engranajes y el rendimiento de la bomba.

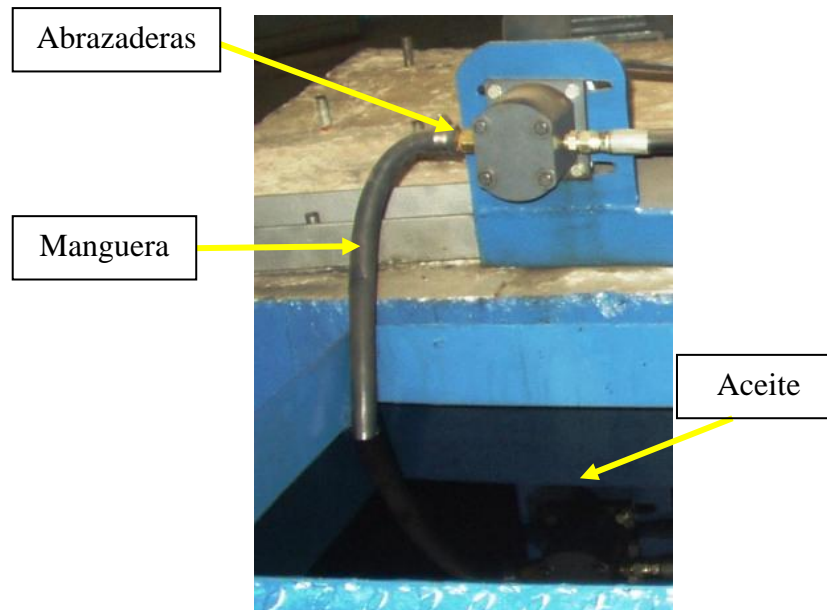


Figura 4-3.- Tramo de succión del banco de ensayos.

En la Figura 4-4 se puede apreciar que la bomba y el motor están soportados por una base metálica fijada mediante pernos a la mesa de concreto, diseñada especialmente para ese uso. La bomba está sujeta por cuatro (4) tornillos los cuales poseen sendas tuercas y arandelas de presión especiales para que no se pierda la sujeción a pesar de la vibración que el sistema pueda generar.



Figura 4-4.- Fijación de la bomba y el motor.



La línea de descarga del banco de ensayos comienza al igual que la de succión por una manguera de 12,7 mm (½ pulg), desde la salida de la bomba hasta la válvula de alivio graduable, sujeta igualmente por abrazaderas metálicas a una reducción de 12,7 mm a 6,35 mm (de ½ pulg a ¼ pulg). La válvula de alivio consta de una toma y dos descargas, una para la línea conectada a una tubería de PVC convencional de 12,7 mm (½”) de diámetro nominal y la otra para el desagüe directa al tanque, conectada a otra tubería similar a la de descarga en caso de una sobrepresión causada por la bomba. También posee un manómetro tipo Bourdon de rango 0 – 27579 kPa (0-4000 psig) el cual indica la presión que circula por la válvula en ese momento. En la Figura 4-5 se aprecia la válvula de alivio junto al tramo.

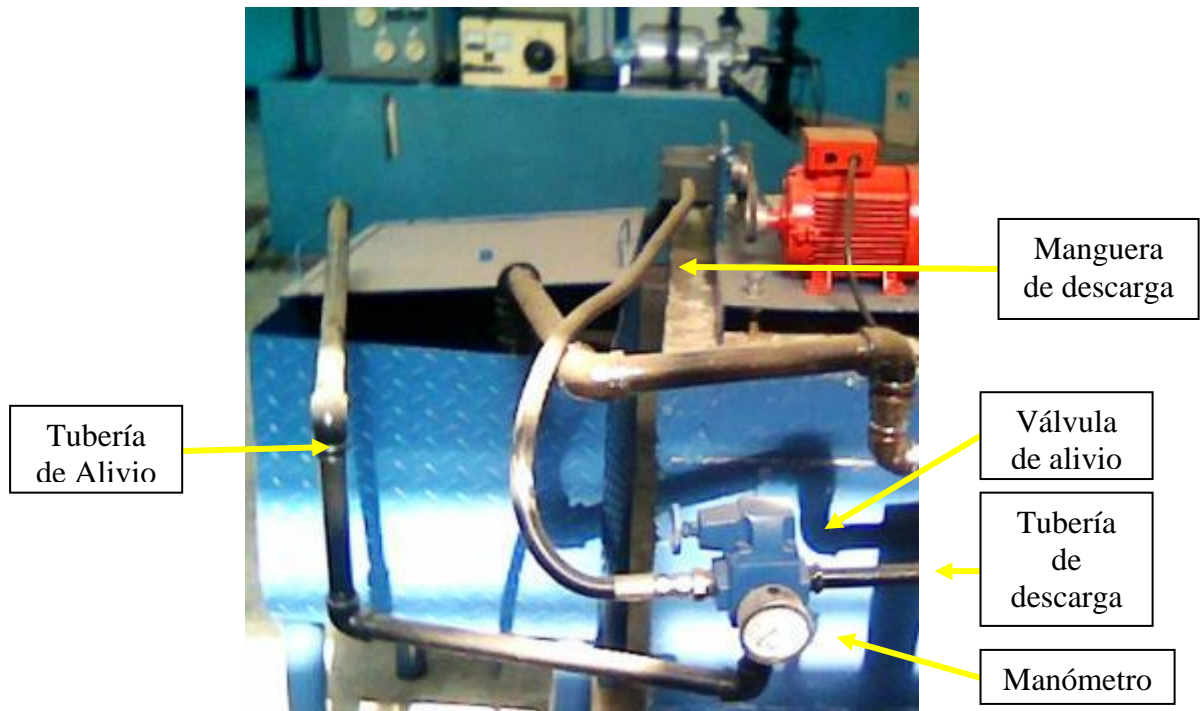


Figura 4-5.- Manguera de descarga y Válvula de alivio.

El tramo restante de descarga es de tubería de PVC con distintos diámetros nominales y con varios accesorios como codos, niples, uniones y reducciones.



También posee una válvula reguladora de presión tipo Globo y un filtro de línea como se muestran respectivamente en las Figuras 4-6 y 4-7.



Figura 4-6.- Válvula tipo globo presente en la tubería de descarga del banco de ensayo.



Figura 4-7.- Filtro de línea presente en la tubería de descarga del banco de ensayo.



4.1.2.- EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL BANCO DE ENSAYOS.

A partir de observaciones y pruebas funcionales realizadas se evaluó, basados en la norma, las condiciones operativas del banco de ensayos. En la Tabla 4-1 se presentan los resultados de esta evaluación enfocada principalmente en los instrumentos y equipos de medición y control que debería poseer para satisfacer todos los requerimientos mínimos necesarios exigidos.

Tabla 4-1.- Evaluación de los componentes del banco de ensayos actual. Fuente: Propia.

ELEMENTO (S)	CONDICIÓN	OBSERVACIÓN
Manómetros	No posee	Utilizados para determinar la altura de la bomba a la descarga
Vacuómetro	No posee	Se usa para determinar la altura de la bomba en la succión
Dinamómetro	No posee	Necesario para calcular el par torsor del eje del motor
Indicador de la velocidad de giro del motor	No posee	Necesario para la realización de ensayos a distintas velocidades de giro.
Manómetro	Rango Inapropiado	Necesario para la válvula de alivio
Indicador de caudal	No posee	Necesario para los ensayos
Protector de seguridad de la rueda dentada del motor	Excelentes condiciones	Por medidas de seguridad es necesario disponer de éste accesorio
Voltímetro	No posee	Necesario para el cálculo de la potencia eléctrica suministrada al motor
Amperímetro	No posee	Necesario para el cálculo de la potencia eléctrica suministrada al motor
Válvula de alivio	Funciona	Por medidas de seguridad es necesario disponer de éste accesorio
Válvula de estrangulación	Funciona	Necesario para los ensayos
Filtro	Deteriorado	Necesario para la protección de la bomba
Bomba	Funciona	Necesario para los ensayos
Motor	Funciona	Necesario para los ensayos
Tuberías	Deteriorada	Presentan fugas en puntos específicos



Tanto la apreciación del único indicador de presión como las dimensiones presentes en la configuración del tanque, no cumplen con las especificaciones señaladas por la norma ASME PTC 7.1 de métodos de ensayos de bombas de desplazamiento positivo, aunado a esto el banco no posee de manera general fijaciones firmes para la estructura total del banco de ensayo. Entre tanto el motor como la válvula de alivio se encuentran en óptimo estado y se utilizarán en el rediseño para abaratar costos de construcción del banco.

4.2.- PROPUESTA DE REDISEÑO DEL BANCO DE ENSAYO.

Según lo estudiado en el Capítulo II sobre los diversos arreglos posibles a utilizar para la construcción de un banco de ensayos de bombas de desplazamiento positivo aprobados por la norma ASME PTC 7.1 como se mostró en la Figura 2-22, se plantean varias propuestas para así alcanzar la mejor en cuanto a diseño, ergonomía, funcionalidad, economía y mantenimiento.

4.2.1- ARREGLOS PRELIMINARES DEL BANCO DE ENSAYOS.

La norma ASME 7.1 para máquinas de desplazamiento positivo exige que se realicen las mediciones de presión de entrada de la bomba. No especifica el diámetro, material o longitud de la tubería dando la libertad de utilizar la que mejor se adapte a la bomba a ensayar y el tipo de fluido utilizado, siempre y cuando se guarde una absoluta hermeticidad en el sistema. Si existen fugas o entradas de aire en la tubería o en la bomba, las cámaras de desplazamiento se llenarán de gas o aire y por su notable compresibilidad harían el bombeo del líquido deficiente.



También acota que la tubería debe estar libre de impurezas, tubérculos, rebabas, entre otros, que podrían causar turbulencia no deseada y afectar los resultados de las mediciones. Las tuberías de acero o hierro, tienen la desventaja de presentar estos problemas, tienden a oxidarse muy fácilmente y con el tiempo el diámetro interno de la tubería cambia drásticamente. Las partículas desprendidas por la oxidación pudiesen obstaculizar la tubería y en el peor de los casos, dañar algún instrumento o parte de la bomba. La ventaja evidente es que pueden soportar altas presiones (hasta 489528 kPa) siendo más seguras para la operación. Las tuberías de Poli-cloruro de Vinilo (PVC) son polímeros termoplásticos por los cuales no se oxidan, poseyendo una longevidad mayor. Las desventajas de este material es su baja resistencia a la erosión por lo cual no puede ser utilizado con fluidos que contengan partículas abrasivas o cualquier otro objeto que pudiese dañar internamente la tubería, las inclemencias del clima al ser susceptibles a los rayos UV del sol y a la relativa baja presión máxima soportada (hasta 51711 kPa). La tubería a utilizar será de 0,0127 m (1/2 pulg) de diámetro nominal ya que es una de las comerciales además de económicas y la mayoría de los accesorios vienen para ese diámetro en específico. Otro problema que se presentaría al utilizar una tubería del mismo diámetro que el de

La bomba de desplazamiento a estudiar posee un diámetro de entrada igual al de salida de 6,35 mm (1/4 pulg) pero la tubería que se utilizará para la construcción del banco de ensayos será de 0,0127 m (1/2 pulg) de diámetro nominal ya que es una de las mas comerciales además de económicas y la mayoría de los accesorios vienen a partir de ese diámetro. Otro problema que se presentaría al utilizar una tubería de 6,35 mm serian las altas pérdidas que se producirían por fricción al ser un diámetro muy pequeño y el fluido muy denso. Fue fabricada para lubricarse por el fluido que la atraviesa, así que, como aparece en la norma, pertenece al grupo de *bombas para uso general lubricadas por el fluido de trabajo*, por lo tanto se ensayará con el aceite indicado.



Para la construcción del banco, este cuenta con un área de $1,4 \text{ m}^2$ aproximadamente asignada por el laboratorio en una base de concreto de 1 metro de alto (Figura 4-8), lo que da una idea de las dimensiones del banco, pero ésta será utilizada también para albergar otro trabajo de grado por lo que se tendrá que compartir en partes iguales.



Figura 4-8.- Área para la construcción del banco de ensayos.

Se utilizará el lado más largo de la base para colocar los bancos y el más corto para colocar el o los tanques que abastecerán a ambos bancos sin afectar el funcionamiento de cada uno.

4.2.1.1.- PROPUESTA DE REDISEÑO N° 1.

Pensando en las condiciones de trabajo de la bomba, donde lo requerido es medir los parámetros funcionales en las mejores condiciones de operación y favoreciendo la exactitud en las tomas de mediciones, se puede utilizar el



siguiente arreglo para la construcción del banco de ensayo, tal como se muestra en la Figura 4-9.

En este diseño se muestran dos tanques conectados a través de una tubería por su parte inferior, en este caso la succión estará en el tanque (1), el fluido se desplazará inicialmente de dicho tanque atravesando la válvula reguladora del tramo de succión, para luego seguir su paso hacia la bomba, antes de la cual se encontrará con una toma de medición de temperatura y presión respectivamente, para luego descargar hacia una toma de presión seguida de una válvula de alivio, dicha válvula descargará hacia un retorno dirigido al tanque (1) en caso de sobrepasar presiones específicas y hacia el tanque (2) libremente antes del cual atravesará una segunda válvula reguladora y un caudalímetro para dar fin al ciclo cerrado.

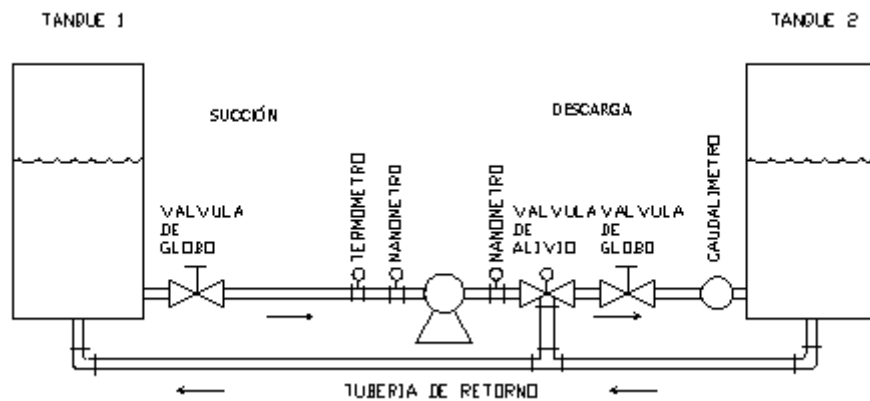


Figura 4-9.- Primera propuesta de rediseño para banco de ensayos. Fuente: Propia.

Como se muestra en la Figura 4-9, el Tanque 2 funciona como un depósito de descarga en donde el fluido luego de su entrada se normaliza y pasa por la tubería que conecta a ambos tanques a menor velocidad para mantener el mismo nivel en ambos reservorios. Este diseño evita que en el Tanque 1 se produzcan turbulencias que vayan a afectar el ensayo.



4.2.1.2.- PROPUESTA DE REDISEÑO N° 2.

Un segundo diseño, debido al inconveniente del espacio, se lograría simplemente eliminando el Tanque 2 y reemplazándolo por una tubería que retorne directamente al tanque de abastecimiento empotrada en la base, tal como se muestra en la Figura 4-10. En este diseño el recorrido del fluido en la succión sería igual al propuesto en el primer diseño mas no así el tramo de descarga en éste la variación sería que la descarga del caudalímetro será al mismo tanque (1).

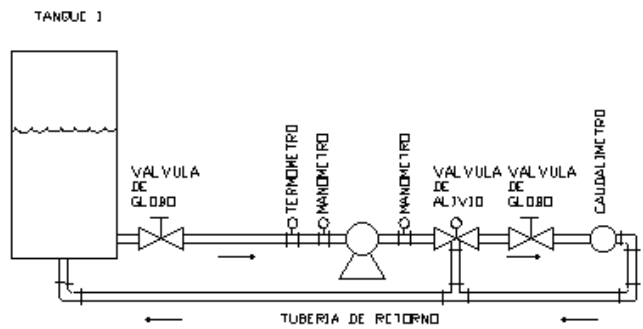


Figura 4-10.- Segunda propuesta de rediseño para el banco de ensayos. Fuente: Propia.

4.2.1.3.- PROPUESTA DE REDISEÑO N° 3.

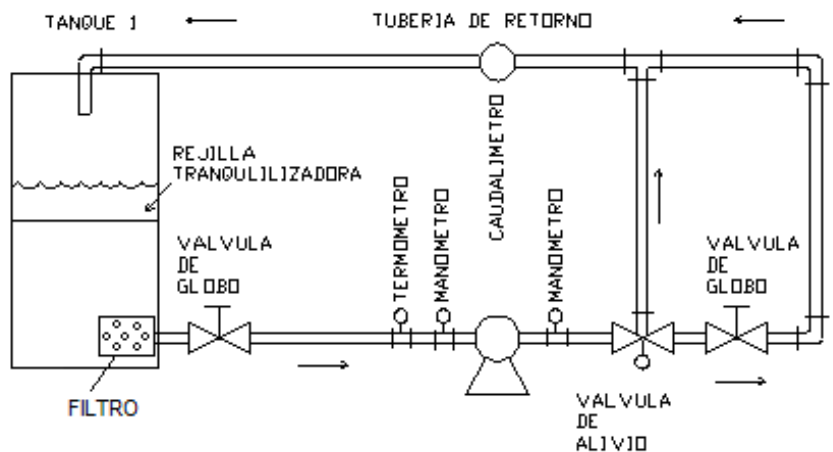


Figura 4-11.- Tercera propuesta de rediseño para el banco de ensayos. Fuente: Propia.



Este diseño final, mostrado en la Figura 4-9, es mucho más sencillo que los dos anteriores, pudiendo ser construido con un mínimo de complicaciones y al igual que el anterior con sólo un tanque. Para este diseño al tanque se le adaptarán rejillas tranquilizadoras para el fluido, al igual que en los diseños anteriores el tramo de succión será idéntico, mas no así para el tramo de descarga, el cual en ésta ocasión descargará en la parte superior del tanque, el recorrido del fluido en dicho tramo sólo variará en la ubicación del tramo de descarga regulable de la válvula de alivio que por facilidad de montaje se unirá al tramo de descarga antes del caudalímetro y seguido de la válvula de globo.

4.2.1.4.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS REDISEÑOS.

A continuación se presenta en la tabla 4-2, las diferentes ventajas y desventajas de cada diseño a fin de comparar de una manera práctica y sencilla, para luego tomar una decisión sobre el diseño final del banco de ensayos.

Tabla 4-2.- Ventajas y desventajas de las propuestas de rediseño. Fuente: Propia.

PROPUESTA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Nº1	Este diseño evita que en el Tanque 1 se produzcan turbulencias que vayan a afectar el ensayo.	El inconveniente que presenta éste es el gran espacio requerido. El mesón tendría que contener a ambos tanques además de todos los instrumentos y equipos separados adecuadamente para garantizar que los parámetros arrojados en el ensayo sean correctos.
Nº2	Se ahorra espacio eliminando uno de los tanques. Las tuberías estarían protegidas empotradas dentro del mesón.	Ya que el mesón fue construido con concreto armado, podría ser difícil el empotramiento de la tubería, siendo a la vez engorroso a la hora de realizar alguna reparación.
Nº3	El caudal aliviado por la válvula en caso de que exista una sobre presión es desviado justo antes del caudalímetro pudiendo ser registrado su paso hacia el tanque, siendo este el verdadero flujo que descarga de la bomba.	Las tuberías se encontrarían al descubierto, susceptibles a cualquier imprevisto que pudiese dañarlas.



En conclusión la tercera propuesta es la más conveniente para las instalaciones a utilizar y la más sencilla de todas, cumpliendo con todos los requisitos estipulados en la norma.

4.2.2.- REDISEÑO DE LA SECCIÓN DE ENTRADA DEL BANCO DE ENSAYO.

La distancia entre la salida del tanque y la brida de la bomba es aproximadamente de 0,4 m, dentro de esta sección se deben colocar la válvula de globo para los ensayos de succión, el filtro, el vacuómetro y el termómetro. La salida del tanque estará en línea con la horizontal que divide el Datum de la bomba, el tanque tendrá una elevación de 0,2 m por lo cual se diseñará una base de la misma altura para la bomba.

Para seleccionar correctamente la tubería, los accesorios y los instrumentos de medición y de control a utilizar, se deben conocer las caídas de presión causadas por cada uno de ellos.

4.2.2.1.- PÉRDIDAS PRIMARIAS.

Los datos proporcionados por el fabricante indican que para una velocidad de 1200 rpm la bomba manejará un caudal de $1,8611E-4 \text{ m}^3/\text{s}$ y tendrá una eficiencia de 78,66 %, pero es necesario conocer las condiciones de trabajo de la bomba a la velocidad máxima del motor (1700 rpm) para obtener las circunstancias críticas de funcionamiento y con ellas realizar la selección de accesorios y equipos. Con el caudal real de la bomba y la eficiencia para esa velocidad específicamente y utilizando la ecuación 2-4 despejando de ella el desplazamiento D' se tiene:



$$Q = \eta \frac{D' \cdot N}{60} \Rightarrow D' = \frac{Q \cdot 60}{\eta \cdot N} = \frac{1,8611E - 4 \cdot 60}{0,7866 \cdot 1200} = 1,183E - 5 \left[m^3 \right]$$

Como el desplazamiento D' sólo depende de las características físicas de la bomba, como se describió en el Capítulo II, se sustituye en la ecuación 2-2 para obtener el caudal teórico Q_t que maneja la bomba como se muestra a continuación:

$$Q_t = \frac{D' \cdot N}{60} = \frac{1,183E - 5 \cdot 1700}{60} = 3,3518E - 4 \left[m^3/s \right]$$

Con el caudal teórico y el diámetro de succión de la bomba, se calcula la velocidad máxima con la ecuación: [14]

$$v_{\max} = \frac{Q_t}{A} = \frac{Q_t}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} \quad (4-1)$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (4-1) se tiene:

$$v_{\max} = \frac{3,3518E - 4}{\frac{\pi \cdot 0,00635^2}{4}} = 10,5837 \left[m^3/s \right]$$

Para obtener la velocidad media se divide la velocidad máxima entre dos (2) como muestra la ecuación 4-2: [14]

$$\bar{v} = \frac{v_{\max}}{2} \quad (4-2)$$

Por lo tanto:

$$\bar{v} = \frac{10,5839}{2} = 5,292 \left[m^3/s \right]$$



La viscosidad del aceite a utilizar está dentro de los 250-300 SSU. Según las tablas del Manual del Instituto Hidráulico para un fluido de estas características la viscosidad cinemática (ν) está dentro del orden de los 54 - 65 cSt. Se utilizará el menor valor de la viscosidad por ser el más crítico, por lo tanto el número de Reynolds para este fluido con las condiciones antes descritas se obtendrá utilizando la ecuación 2-14:

$$Re = \frac{5,292 \cdot 0,0158}{54,0E - 6} \cong 1550$$

Como este número resultó menor a 2000 en la sección mas estrecha del banco, indica que el régimen del fluido será laminar y que todos los cálculos de aquí en adelante se harán para este tipo de régimen, incluyendo por su puesto el método de calcular λ .

Según lo descrito en el Capítulo II, Sección 2.2.7.1, se tiene que por el tipo de régimen que presenta el fluido, se podrá seleccionar cualquier material para la tubería, teniendo en cuenta claro que resista las presiones internas y a lo abrasivo del fluido. Empleando la ecuación 2-14 las pérdidas de carga primaria para la una tubería cédula 40 con un diámetro interno de 0,0158 m serán:

$$h_f = \frac{64}{250} \cdot \frac{0,40}{0,0158} \cdot \frac{0,8550^2}{2 \cdot 9,81} \Rightarrow h_f = 0,2415 m.c.aceite$$

4.2.2.2.- PÉRDIDAS SECUNDARIAS O PÉRDIDAS EN ACCESORIOS.

Estas pérdidas son, como se describió en el Capítulo II, debidas a accesorios en la tubería y equipos de medición.



Para la unión entre el tanque y la tubería la longitud equivalente es de 0,45 m aproximadamente como se puede observar en el nomograma contenido en el Anexo H. Las pérdidas para el filtro de línea se obtienen igualmente haciendo una equivalencia con la válvula de pie con colador, resultando una longitud aproximada equivalente de 1,5 m cuyo valor estará siempre por encima del de un filtro convencional. Por seguridad tanto el manómetro como el termómetro se instalarán en Tés para asegurar una mayor fijación de la tubería debido a las altas presiones que manejan estas máquinas de desplazamiento positivo, por lo tanto se deben contar dos Tés de línea para la sección de entrada que equivaldrían cada una a 0,3 m de tubería equivalente. Para la válvula se obtiene el valor directamente del nomograma teniendo como longitud equivalente 2 m. La Figura 4-12 muestra un esquema general del tramo de succión del banco de ensayos.

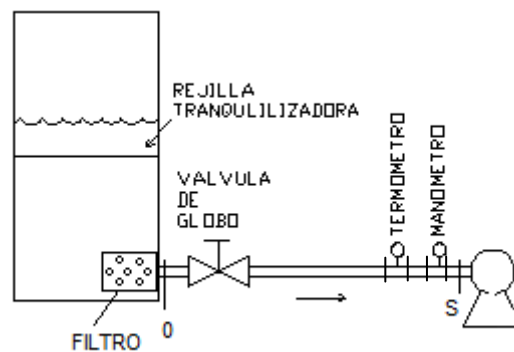


Figura 4-12.- Esquema general del tramo de succión del banco de ensayos.

La velocidad media del fluido en la tubería se obtiene sustituyendo los valores del caudal teórico pero con el diámetro interno correspondiente a la tubería, es decir:

$$v_{\max} = \frac{3,3518E-4}{\pi * 0,0158^2} = 1,71 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$



La velocidad media se obtiene al dividir éste valor de velocidad máxima entre dos (2), como lo muestra la ecuación 4-2, sustituyendo se tiene:

$$\bar{v} = \frac{1,71}{2} = 0,855 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

Sustituyendo cada valor de L_e y L en la ecuación (2-17), se tiene la pérdida total en la sección de entrada del banco:

$$h_f = \frac{64}{250} \cdot \frac{[(0,40) + (2 + 0,45 + 1,5 + 0,3 + 0,3)]}{0,0158} \cdot \frac{0,855^2}{2 \cdot 9,81}$$
$$h_f = 2,988 \text{ m.c.aceite} \cong 3 \text{ m.c.aceite}$$

La presión de succión mínima requerida por el sistema en la entrada de la bomba, se calcula mediante la ecuación 4-3, ecuación de Bernoulli:

$$H_o - H_s = h_{fos} \quad (4-3)$$

La presión justo a la salida del tanque será la de la altura del fluido dentro de él, es decir si el tanque está completamente lleno la presión será de 0,45 m.c.aceite. Para evitar desbordamientos de fluidos fuera del tanque, este solo estará lleno las tres cuartas partes de su volumen total, por lo cual el valor de la presión será de sólo 0,3 m.c.aceite, por tanto:

$$H_s = -0,3 \text{ m.c.aceite} + 3 \text{ m.c.aceite}$$
$$H_s = -2,7 \text{ m.c.aceite (Succión)}$$



Aplicando, como se mencionó anteriormente, un factor de seguridad de 2 para seleccionar los instrumentos del banco, esta presión aumenta a $H_s = - 5,4$ *m.c.aceite*.

Por lo tanto la válvula, filtro, unión entre la tubería y el tanque, el vacuómetro y termómetro, así como la tubería que se encuentren en el mercado y que vayan a colocarse en el tramo de entrada del banco de ensayo debe soportar y medir esa presión. Por lo que corresponde al vacuómetro de entrada para medir la succión de la bomba se optará por el que su escala esté por encima de este valor para que se tenga una buena apreciación a la hora de la toma de datos asegurando unos excelentes resultados en el ensayo.

4.2.3.- SECCIÓN DE DESCARGA DEL BANCO DE ENSAYOS.

Al igual que se hizo en el punto anterior para los requerimientos de entrada, se debe hacer lo mismo para los requerimientos de salida. Se deben calcular las pérdidas que existen desde la brida de salida de la bomba hasta la entrada al tanque. Según el fabricante la bomba alcanza en la salida una presión de 6,7 MPa (971,75 psi) a una velocidad de 1200 rpm manejando un caudal de $1,8611E-4$ m^3/s .

Estos datos son un punto de partida para el cálculo de las pérdidas ya que por el tipo de máquina, lo determinante en el rediseño es la alta presión de salida. El caudal según la teoría permanecerá constante independientemente de la carga por ser ésta una bomba de desplazamiento positivo, pero la presión aumentará consecutivamente pudiendo significar un peligro y daños a los equipos. Para evitar esta condición, indudablemente se colocará una válvula de alivio para proteger así las partes del banco. Éste ya cuenta con una de estas válvulas, la cual



se encuentra en perfectas condiciones de uso, certificado por el técnico del laboratorio de Térmicas y los trabajos de grados precedentes a éste, adaptándose perfectamente a los requerimientos deseados. La Figura 4-13 muestra un esquema general del tramo de descarga del banco de ensayos.

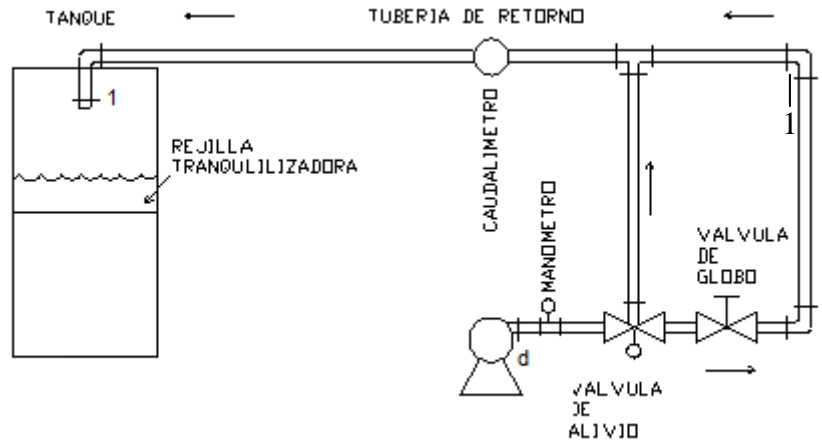


Figura 4-13.- Esquema general del tramo de succión del banco de ensayos.

4.2.3.1.- PÉRDIDAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS.

En total son aproximadamente 1,85 m de tubería de 0,0127 m (1/2 pulg) de diámetro nominal con 3 codos, 1 válvula de globo para regular la presión, 1 válvula de alivio, 1 rotámetro para medir el caudal volumétrico y 1 manómetro Bourdon tipo C para medir la presión de descarga instalado como el vacuómetro en una Te. La válvula reguladora de presión, para efectos de diseño, se trabajará como una válvula de globo debido a su confección; se debe recordar que estos son solo cálculos preliminares y que el diseño puede variar en la construcción.

Utilizando la ecuación 2-12 y el segundo método para el cálculo de las pérdidas secundarias, se obtienen los siguientes valores del Nomograma contenido en el Anexo H:



- L_e para 1 codo $90^\circ = 0,46 \text{ m}$
- L_e para 1 Válvula de Globo $= 4,3 \text{ m}$
- L_e para 1 Válvula de alivio $= 4,3 \text{ m}$
- L_e para 1 Rotámetro (Medidor) $= 6,5 \text{ m}$
- L_e para 1 Tee (Manómetro) $= 0,3 \text{ m}$

$$h_f = \frac{64}{250} \cdot \frac{[(1,85) + (3 \cdot 0,46 + 2 \cdot 4,3 + 6,5 + 0,3)]}{0,0158} \cdot \frac{0,855^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_f = 11,247 \text{ m.c.aceite}$$

Aplicando la ecuación 4-3 para el tramo d-1, se obtiene la ecuación 4-4 como se muestra a continuación:

$$H_d - H_1 = h_{fd1} \quad (4-4)$$

La descarga se encuentra a una altura de 0,45 m y está abierto a la atmosfera, despreciando la carga dinámica $\frac{v^2}{2g}$ su valor será $H_1 = 0,45 \text{ m.c.aceite}$. El valor de H_d entonces es:

$$H_d = H_1 + h_{fd1}$$

$$H_d = 0,45 + 11,247$$

$$H_d = 11,697 \text{ m.c.aceite (16psig)}$$

Se hace énfasis nuevamente en que ésta no es más que la presión mínima al estar la válvula de globo totalmente abierta, la presión máxima que se tomará por los momentos será la aportada por el fabricante de 6,7 MPa ya que no se cuentan con más datos.



4.2.3.- RESERVORIO.

La principal característica que debe poseer el reservorio o tanque es la de contener suficiente fluido para suministrar a la línea, pero además debe estar provisto de elementos que eviten una turbulencia excesiva dentro de él producida por el fluido de retorno, la cual puede causar errores en el ensayo de la bomba. Se acordó que las dimensiones del tanque ocuparían una tercera parte aproximadamente de la superficie del mesón, ya que éste servirá a los dos bancos de ensayos que se construirán sobre esa superficie. Las medidas acordadas fueron de 0,9 m de largo por 0,3 m de ancho y 0,45 m de alto; para contener un volumen aproximado de $0,122 \text{ m}^3$ (32,24 galones).

Para superficies horizontales, la obtención de la presión, es sencilla ya que es constante en cualquier punto. Para determinar la fuerza de presión sobre las superficies inclinadas o verticales han de aplicarse los conceptos de cálculo integral mediante la ecuación 4-5:

$$F = \gamma \cdot h_c \quad (4-5)$$

Donde:

F : fuerza que ejerce el fluido constante sobre toda la superficie [N].

γ : peso específico del fluido ($\rho \cdot g$) [N/m^3].

h_c : distancia entre el centro de presión y la superficie de fluido [m].

A : área de la superficie plana [m^2].

Cuando la superficie es rectangular el centro de presión coincide con el centroide de la placa, por lo tanto si la altura máxima del tanque es de 0,45 m el centroide estará a 0,225 m de altura. La presión ejercida sobre las superficies frontal y posterior del tanque se determina con la ecuación 4-6:



$$P_{F,P} = \frac{F}{A} = \frac{\gamma \cdot h_c \cdot A}{A} = \gamma \cdot h_c \quad [Pa] \quad (4-6)$$

Sustituyendo valores en la ecuación anterior, se tiene:

$$P_{F,P} = (920 \cdot 9,81) \cdot 0,225 = 2,031 \text{ kPa} \text{ (0,295 psi)}$$

Como puede observarse por los resultados, la presión más crítica sería la que tienen que soportar las placas laterales siendo esta la presión que se considerará para el diseño. El material de la superficie debe soportar esta carga con un factor de seguridad mayor a 1,5 (valor tomado por criterio propio y por las condiciones de operación del tanque) y resistente químicamente al fluido de trabajo, por lo que se ha decidido seleccionar el acero como el material de construcción.

Las láminas de acero convencionales al carbono comercial se fabrican a espesores estándar y su resistencia oscilan entre 179 y 814 MPa (26 y 118 psi respectivamente), pudiendo soportar la carga ejercida por el fluido sin ningún problema. Las juntas serán soldadas con soldadura por arco eléctrico manual, utilizando un electrodo revestido E6013, con una resistencia a la tracción de 60 ksi (413,6854MPa). Se requiere seleccionar un material resistente mecánicamente y además a la intemperie y la corrosión, por lo que se piensa escoger entre una lámina de acero galvanizado o simplemente aplicarle un recubrimiento anti corrosivo a una común, pero esto dependerá de los costos y la disponibilidad del material.



4.3.- SELECCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS, EQUIPOS Y ACCESORIOS NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE ENSAYOS.

Con los datos obtenidos teóricamente se procedió a investigar en el mercado los equipos disponibles que cumpliesen correctamente con el trabajo y su respectivo precio. A continuación se muestra una descripción detallada de cada material, instrumento y equipo seleccionado.

4.3.1.- TUBERÍA

Por el tipo de fluido de trabajo y las altas presiones alcanzadas se seleccionó una tubería de acero al carbono cédula 40 de 0,0127 m (1/2 pulg) de diametro, según la norma ASTM A53. Estas tuberías poseen un espesor de pared de 2,7686 mm y pueden resistir presiones de hasta 4823,3 kPa (700 psi), son resistentes a golpes, abrasión, y duraderas en el tiempo.

La tubería de acero ASTM A53 es recomendada para instalaciones de gas y conducción de fluidos como aceite, aire, agua, gas y vapor a altas y medias presiones. Estas tuberías se fabrican con aceros e insumos cuidadosamente seleccionados, aplicando los procesos de conformado en frío y electrofusión (ERW). La calidad de los tubos ASTM A53 está respaldada por el Sistema de Gestión de Calidad cual se ha establecido según los lineamientos de ISO 9001:2000. Adicionalmente esta línea de producto cuenta con la certificación de conformidad con la norma NTC 3470 emitida por BVQI. Las especificaciones de este tipo de tuberías se encuentran detalladamente en el Anexo A.



4.3.2.- ACCESORIOS.

4.3.2.1.- CODOS, TEE Y NIPLES.

Estos accesorios, son del mismo material de las tuberías para asegurar su resistencia ante las altas presiones, por lo tanto las especificaciones del Anexo A se cumplen para estos materiales.

4.3.2.2.- VÁLVULAS.

Las válvulas por excelencia a utilizar para la regulación de la presión y el caudal por su composición y por la suavidad de acción son las Válvulas de Globo. Son accesorios con una configuración especial que se fabrican con mucha precisión y a diferentes capacidades de presión, por consecuencia su precio es relativamente elevado. Se seleccionó una para la línea de 12,7 mm (½ pulg), tipo disco con asiento de acero inoxidable, capaz de soportar hasta 4136,9 kPa (600 psi) máximo, presión en toda su estructura. Las especificaciones se encuentran en el Anexo B.

4.3.2.3.- FILTRO.

Se decidió utilizar un filtro de succión convencional por su conveniente forma, pudiendo ser instalado dentro del propio tanque. La Figura 4-14 muestra la grafica del fabricante, donde se observan las pérdidas ocasionadas por el filtro a diversos caudales de trabajo (Fuente: UFI HYDRAULIC DIVISION – PLANET FILTRES S.p.A). En la abscisa muestra los diferentes caudales que pudieran atravesar el



sistema de filtrado mientras que en la ordenada se encuentra la caída de presión correspondiente al tipo de curva, que no son más que los diámetros de cada uno de los filtros fabricados en dicha empresa.

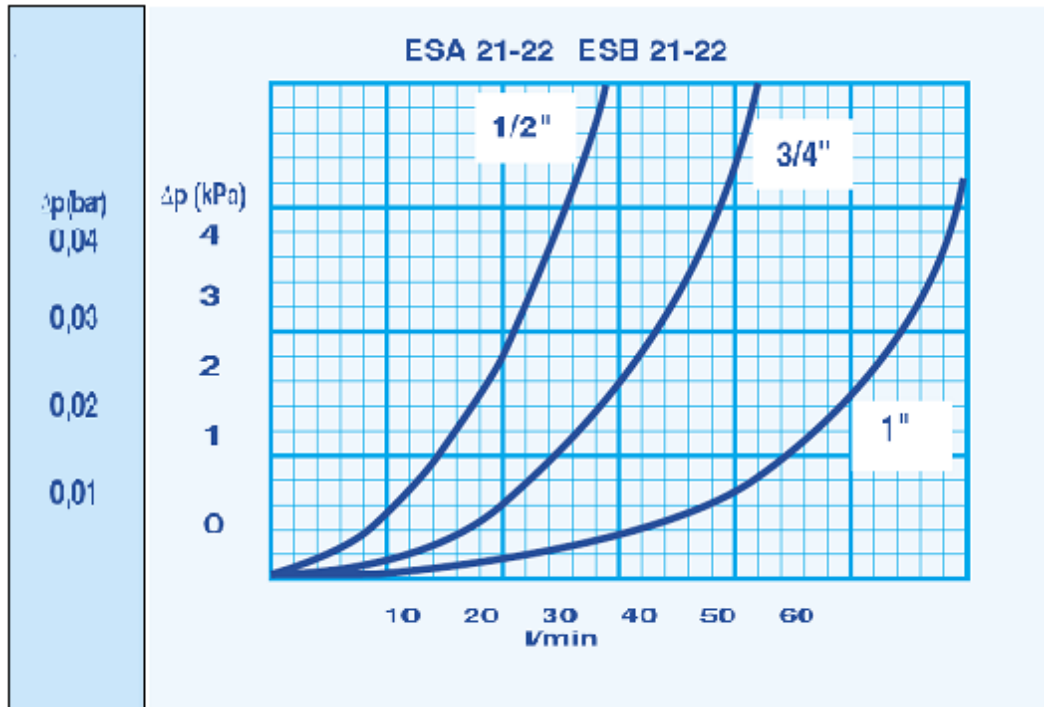


Figura 4-14.- Curva de caída de presión del filtro de succión. Fuente: UFI HYDRAULIC DIVISION – PLANET FILTRES S.p.A

4.3.3.- INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.

4.3.3.1.- MEDIDOR DE CAUDAL.

El medidor de caudal a utilizar, de la gran gama de instrumentos diversos para este fin, fue el Rotámetro. Por su gran versatilidad y su amplio rango de medición



es el equipo indicado para el trabajo, guardando siempre una aceptable exactitud a un buen costo.

El equipo fue donado por el Laboratorio de Térmicas el cual posee un rango de medición de 0 a 2,271 m³/h (0 a 10 gpm) de agua. Obviamente los resultados indicados por el rotámetro estarán lejos de la realidad ya que estará midiendo específicamente aceite, por supuesto con características diferentes como viscosidad, densidad, etc., a la del agua. Para solventar esta desviación se construirá una gráfica donde el estudiante con el valor que indique el rotámetro a una velocidad específica y constante podrá determinar el caudal real de aceite que está circulando por la tubería en ese momento.

4.3.3.2.- VARIADOR DE FRECUENCIA.

En lo que refiere al variador de frecuencia, éste también fue donado, pero por la empresa Danfoss de Venezuela y especialmente diseñado para trabajar con un motor de 1,5 kW (2hp) de potencia, 220 V y 8 A como el que se utilizará para el banco. Las especificaciones técnicas detalladas de este instrumento así como también el manual de usuario se encuentran en el Anexos C de este trabajo.

4.3.3.3.- VACUÓMETRO.

Trabjará, según los cálculos teóricos, con un presión de succión de aproximadamente - 48,718 kPa (- 7,066 psi). En el mercado existen manómetros con rango de -30 a 0 inHg estando dentro de los parámetros necesitados pudiéndose utilizar este a la perfección. Siendo un equipo, que dependiendo de su fabricación, puede llegar a ser costoso o relativamente económico se seleccionó



en base a los siguientes parámetros: economía, precisión, capacidad de presión y temperatura; esto justificado a que el banco cumplirá fundamentalmente funciones didácticas, que no requieran de equipos tan sofisticados. No quiere decir en lo absoluto que el banco no pueda prestar servicios para ensayos reales, sólo que la exactitud no es tan alta en las mediciones y éstas pueden tener un error significativo dependiendo del uso del equipo, las especificaciones del producto se encuentran en el Anexo D.

4.3.3.4.- MANÓMETRO.

La presión de trabajo máxima para la línea de descarga según el diseño de la bomba es de 6894,8 kPa (1000 psi). Sin embargo, esta bomba fue ensayada en el banco anterior alcanzando presiones máximas de 1723,7 kPa (250 psi) solamente. El rango seleccionado fue de 0 - 4136,9 kPa (0 - 600 psi) por la presión de descarga de diseño de la bomba, para no omitir que con las nuevas características del banco pudiese la bomba alcanzar dichas presiones de diseño, las especificaciones del producto se encuentran en el Anexo D.

4.3.3.5.- TERMÓMETRO.

El termómetro al igual que los otros instrumentos ya descritos se seleccionó de la misma gama tomando en cuenta los criterios de funcionalidad vs. Costo. El instrumento seleccionado es de marca Winters, bimetálico, con un rango de -20 a 120 °C (-4 a 248 °F) cuyas especificaciones detalladas se encuentran en el Anexo D.



4.3.3.6.- POTENCIA.

La potencia de salida del motor se lee directamente del variador en kW, específicamente introduciendo el parámetro 6-10 como se indica en la página 79 del Anexo C. El motor a utilizar es uno asíncrono trifásico tipo jaula de ardilla de 4 polos, con una potencia nominal de 1,5 kW (2 hp) y una velocidad nominal de 1700 rpm, el cual ya se encontraba en el banco anterior y que está en perfectas condiciones de funcionamiento. Para calcular la velocidad de giro del rotor de un motor asíncrono se utiliza la ecuación 4-7 [9]:

$$S = N_s - N \quad (4-7)$$

Donde:

N : velocidad de salida o velocidad del rotor [rpm].

N_s : velocidad de sincronismo [rpm].

S : factor de deslizamiento.

Si el valor de S fuese igual a cero (0) la frecuencia del estator y la del rotor fuesen iguales y no existiese la diferencia de tensiones que genera la fuerza electromagnética para hacer funcionar al motor. La ecuación 4-8 se utilizará para calcular la velocidad en base a la frecuencia:

$$N = \frac{f \cdot 60}{N_{pp}} \quad (4-8)$$

Donde:

f : frecuencia [Hz].

N_{pp} : Número de pares de polos (2 para el motor del banco).



Por lo tanto S se obtiene con la ecuación 4-9:

$$S = \frac{f_s \cdot 60}{N_{pp}} - \frac{f \cdot 60}{N_{pp}} \quad (4-9)$$

Ya que el variador refleja directamente la frecuencia de salida, es decir, la frecuencia en el rotor, introduciendo el parámetro 6-13 en el menú por el panel de control, como se observa en la página 80 del Anexo C, considerando las pérdidas ocurridas en el cobre así como también el factor de deslizamiento, la velocidad de giro del rotor se calcula directamente con la ecuación 4-8. El número de polos del rotor es el mismo del estator ya que éste los induce por completo.

4.4.- IMPLEMENTACIÓN DEL REDISEÑO.

Luego de haberse adquirido los accesorios y la instrumentación para la determinación de los parámetros de los ensayos, se procede a la instalación de los mismos en el banco de ensayo.

El nuevo tanque fue colocado sobre las bases de la tubería del banco anterior y fijado al suelo a través de tornillos de presión, Las Figuras 4-15 y 4-16 muestran lo descrito anteriormente.



Figura 4-15.- Parte externa del tanque (Fijación con abrazaderas). Fuente: Propia.



Figura 4-16.- Soporte del tanque (Fijación con pernos de presión). Fuente: Propia.

El tanque fue diseñado como se describió anteriormente para surtir ambos bancos de ensayos de manera individual, con tres (3) compartimento divididos



cada uno por rejillas tranquilizadoras, de tal manera el tramo de descarga de el banco de ensayos de la bomba de engranajes externos desembocará en el compartimiento de suministro de fluido del banco de ensayos de bombas de paletas, para que así el fluido descargado este obligado a circular a través de las rejillas y llegar en reposo al compartimiento de suministro de la bomba de engranajes. En la Figura 4-17 se muestra el esquema del recorrido del fluido por el tanque.



Figura 4-17.- Parte interna del tanque. Fuente: Propia.

En el tramo de succión, las mangueras fueron remplazadas y sustituida por tuberías de acero con un diámetro nominal de 12,7 mm ($\frac{1}{2}$ pulg) con reducciones de 12,7 mm a 6,35 mm (de $\frac{1}{2}$ pulg a $\frac{1}{4}$ pulg) en la entrada y salida de la bomba. Tanto el vacuómetro, el manómetro así como también el termómetro fueron adaptados a la tubería a través de Tee y reducciones similares de 12,7 mm a 6,35 mm (de $\frac{1}{2}$ pulg a $\frac{1}{4}$ pulg) como se utilizó en la bomba, tal como se observa en la Figura 4-18.

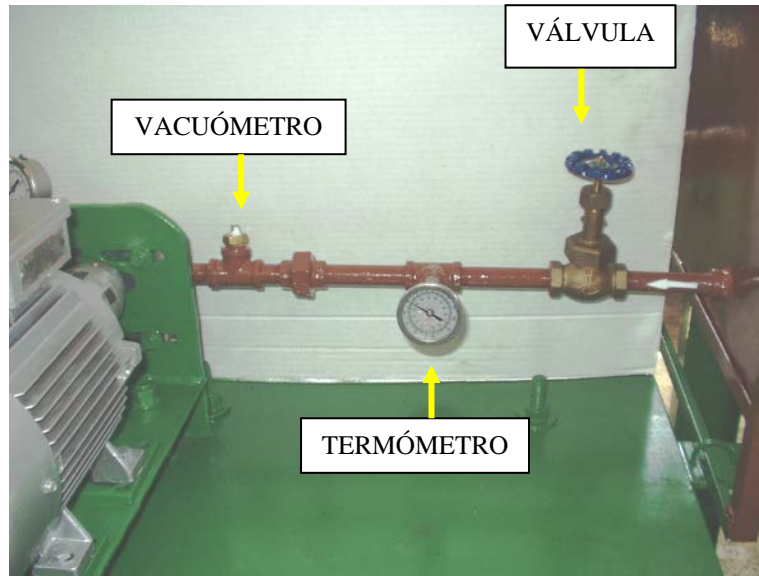


Figura 4-18.- Tramo de succión del Banco de Ensayos. Fuente: Propia.

En el tramo de descarga, las tuberías fueron desmanteladas y al igual que en el tramo de succión se colocaron las tuberías de acero. Se adaptaron los accesorios mínimos requeridos, además de una válvula de alivio regulable, para evitar una sobre presión en el sistema, tal como se observa en la Figura 4-19. La toma de alivio de la válvula fue conectada a la tubería de retorno al tanque para que el caudal desviado, en caso de que la presión en el sistema supera la preestablecida en la válvula, sea registrado por el rotámetro que precede a la conexión.



Figura 4-19.- Tramo de descarga, conexiones de las válvulas y los manómetros. Fuente: Propia.



La Figura 4-20 muestra el restante tramo de descarga donde se puede apreciar el rotámetro y la desembocadura al tanque.



Figura 4-20.- Tramo de descarga, conexiones del rotámetro y desembocadura de tubería. Fuente: Propia.

Cabe destacar que el tramo de descarga se modificó un tanto del planteado en el diseño pero conservando su estructura básica, respetando plenamente los lineamientos de la norma, entrando dentro de los límites permisibles de aceptación. Además se colocó una medida de seguridad adicional antes del rotámetro, después de la conexión de retorno de alivio, para protegerlo de sobre presiones imprevistas. En la Figura 4-21 se aprecia esta protección que no es más que una válvula de seguridad similar a la anterior pero regulada a una presión menor que la máxima soportada por el rotámetro, todo esto para evitar algún desperfecto ocasionado por una inadecuada operación del banco.



Figura 4-21.- Válvula de seguridad del rotámetro. Fuente: Propia.

El sistema de polea fue sustituido por un acople directo al motor para disminuir el número de elementos de transmisión y por ende las pérdidas de potencia que eso conlleva. Tanto el motor como la bomba fueron fijadas a la antigua base, la cual está fabricada de acero resistente con un espesor de 5 mm, capaz de soportar con creces la vibración del sistema de bombeo. Se soldaron cuatro (4) pernos de 12,7 mm (½ pulg) a la lámina de acero colocada sobre la base de concreto para sujetar la base del motor y la bomba con arandelas de presión para que no se pierda la sujeción, ver Figuras 4-22 y 4-23.

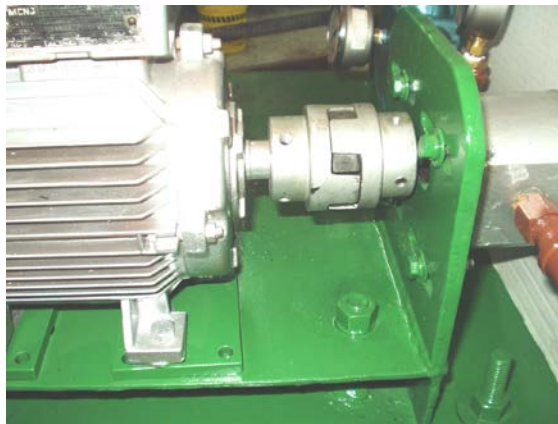


Figura 4-22.- Acople del motor y la bomba. Fuente: Propia.

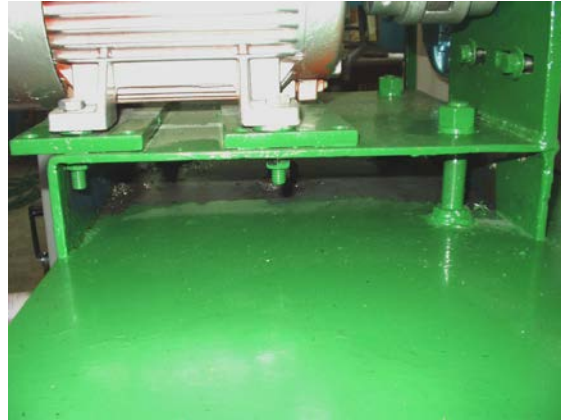


Figura 4-23.- Sujeción de la base del motor y bomba. Fuente: Propia.

Posterior a la disposición de los equipos y accesorios, se realizaron las conexiones eléctricas necesarias para el motor y el variador de frecuencia. En las Figuras 4-24 y 4-25 se muestra el circuito eléctrico que va desde la toma de electricidad de 220V, pasando por el variador de frecuencia, luego a los contactores y de allí al motor de la bomba. El esquema eléctrico se encuentra en el Apéndice C.



Figura 4-24.- Sistema eléctrico Fuente – Variador de Frecuencia. Fuente: Propia.



Figura 4-25.- Sistema eléctrico Interruptores – Motor. Fuente: Propia.

Las tuberías de todos los tramos fueron identificadas con los colores descritos en la norma de COVENIN incluida en el Anexo G para el fluido en cuestión, es decir, el aceite mineral. En las Figuras 4-26 y 4-27 se aprecia lo descrito con claridad.



Figura 4-26.- Identificación de las tuberías, parte frontal del Banco de Ensayos. Fuente: Propia.



Figura 4-27.- Identificación de las tuberías, parte lateral del Banco de Ensayos. Fuente: Propia.

4.5.- ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN.

El contenido de esta sección presenta los procedimientos a seguir para la realización de experiencias prácticas en el banco de ensayo de acuerdo al tipo de operación seleccionada.

4.5.1.- PROCEDIMIENTOS GENERALES.

Los siguientes procedimientos deben seguirse antes de comenzar el ensayo:

- **Puesta a punto del banco.**

- 1) Verifique que las válvulas de succión y descarga se encuentren completamente abiertas.
- 2) Conecte el cable de alimentación a la toma de electricidad.



- 3) La Figura 4-28 muestra el panel de control del variador de frecuencia. Presione el botón “Off Reset” en el variador de frecuencia, pulse el botón “Menú” e introduzca el parámetro 3-11 en el display, como indica el manual de usuario, para establecer la velocidad fija de salida del motor. Coloque la velocidad en Hertz deseada para el ensayo.

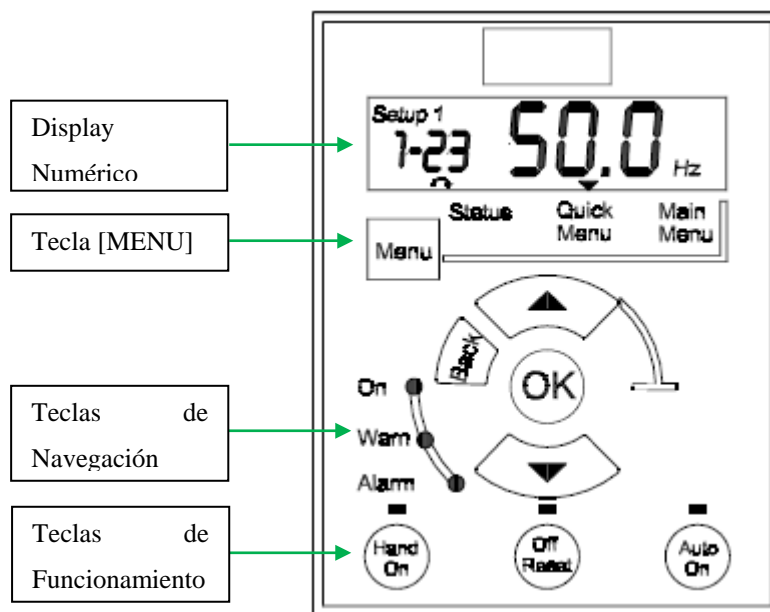


Figura 4-28.- Panel de control del Variador de Frecuencia. Fuente: Propia.

- 4) Pulse el botón de encendido del motor (Botón verde del cajetín) y luego el botón “Auto on” en el panel del variador para poner en marcha el sistema.
- 5) Cuando se necesite variar la velocidad del motor se deben repetir los pasos del 3 al 4. No presione el botón de apagado en el cajetín (Botón rojo) hasta que haya culminado con todos los ensayos.



4.5.2.- PROCEDIMIENTOS PARA REALIZAR LOS ENSAYOS.

En esta sección se presentan los diferentes procedimientos para la realización de los ensayos según lo especificado en la norma.

4.5.2.1.- OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE ENTRADA.

El objetivo de estos ensayos es la de obtener y estudiar el comportamiento de los parámetros de entrada de la bomba de engranaje del banco de ensayo.

- 1) Verifique que la válvula de succión y descarga se encuentren completamente abiertas.
- 2) Realice los pasos del 3 al 4 como se describió en la puesta a punto del banco para ingresar la velocidad de ensayo. Coloque ésta a 30 Hz.
- 3) Tome la lectura actual del vacuómetro, caudalímetro y potenciómetro, este último del variador (para obtener la lectura de la potencia de salida del motor desde el variador de frecuencia, se debe introducir el parámetro 6-10 en el menú principal).
- 4) Cierre lentamente la válvula de succión observando cuidadosamente la disminución de la presión en el vacuómetro hasta que ésta descienda 6,7728 kPa (2 inHg).
- 5) Tome la nueva lectura del vacuómetro caudalímetro y potenciómetro.
- 6) Repita los pasos 3, 4 y 5 hasta que el caudal llegue a estar entre un 5 o 10 por ciento del inicial.
- 7) Luego de concluir con el primer ensayo, repita los pasos del 2 al 6 hasta realizar un mínimo de cuatro ensayos adicionales a frecuencias de 35, 40 y 45 Hz.



- 8) Abra completamente la válvula de succión al terminar con todos los ensayos. Para llevar la velocidad del motor de Hz a rpm se utiliza la ecuación 4-8.
- 9) Corrija los valores de todos los caudales obtenidos con las curvas que se muestran en la Figura 4-30.
- 10) Elabore la curva Q vs P_s del ensayo, similar a la mostrada en la Figura 2-23.

4.5.2.2.- OBTENCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE SALIDA.

El objetivo de estos ensayos es la de obtener y estudiar el comportamiento de los parámetros de descarga de la bomba de engranaje del banco de ensayo.

- 1) Verifique que la válvula de succión y descarga se encuentren completamente abiertas.
- 2) Realice los pasos del 3 al 4 como se describió en la puesta a punto del banco para ingresar la velocidad de ensayo. Coloque ésta a 30 Hz.
- 3) Tome la lectura actual del vacuómetro, caudalímetro y potenciómetro, este último del variador (para obtener la lectura de la potencia de salida del motor desde el variador de frecuencia, se debe introducir el parámetro 6-10 en el menú principal).
- 4) Cierre lentamente la válvula de descarga, hasta que la presión de descarga sea de 344,74 kPa (50 psi).
- 5) Tome la nueva lectura del vacuómetro, manómetro caudalímetro y potenciómetro.
- 6) Repita los pasos 3, 4 y 5 aumentando las presiones con la válvula, en intervalos de 344,74 kPa (50 psi) hasta alcanzar un mínimo de 4 tomas.



- 7) Luego de concluir con el primer ensayo, repita los pasos del 2 al 6 hasta realizar un mínimo de cuatro ensayos adicionales a frecuencia de 35, 40 y 45 Hz.
- 8) Abra completamente la válvula de succión al terminar con todos los ensayos. Para llevar la velocidad del motor de Hz a rpm se utiliza la ecuación 4-8.
- 9) Corrija los valores de todos los caudales obtenidos con las curvas que se muestran en la Figura 4-30.
- 10) Elabore la curva Q vs P_{td} , bhp vs P_{td} y η vs P_{td} del ensayo, similar a la mostrada en la Figura 2-24.

4.5.2.3.- ESTUDIO DEL FENÓMENO DE CAVITACIÓN.

La cavitación en la bomba de engranajes se estudiará como se describió en el Capítulo II, Sección 2.2.4. Se debe obtener el valor del $NPSH_R$ utilizando la grafica mostrada en la Figura 2-14 y el valor del $NPSH_D$ utilizando la grafica mostrada en la Figura 2-16 con los parámetros obtenidos durante los ensayos. Se comparan ambos valores obtenidos y se concluye.

4.5.3.- CALIBRACIÓN DEL ROTÁMETRO.

Como se mencionó anteriormente el rotámetro utilizado trabaja con caudales de agua arrojando resultados diferentes al trabajar con aceite. Se construyó una curva para corregir dichas derivaciones utilizando un caudalímetro digital calibrado para trabajar con el aceite utilizado durante el ensayo, tal como se muestra en la Figura 4-29.



Figura 4-29.- Caudalímetro digital. Fuente: Propia.

En la Figura 4-30 se presenta la gráfica de correcciones de caudal.

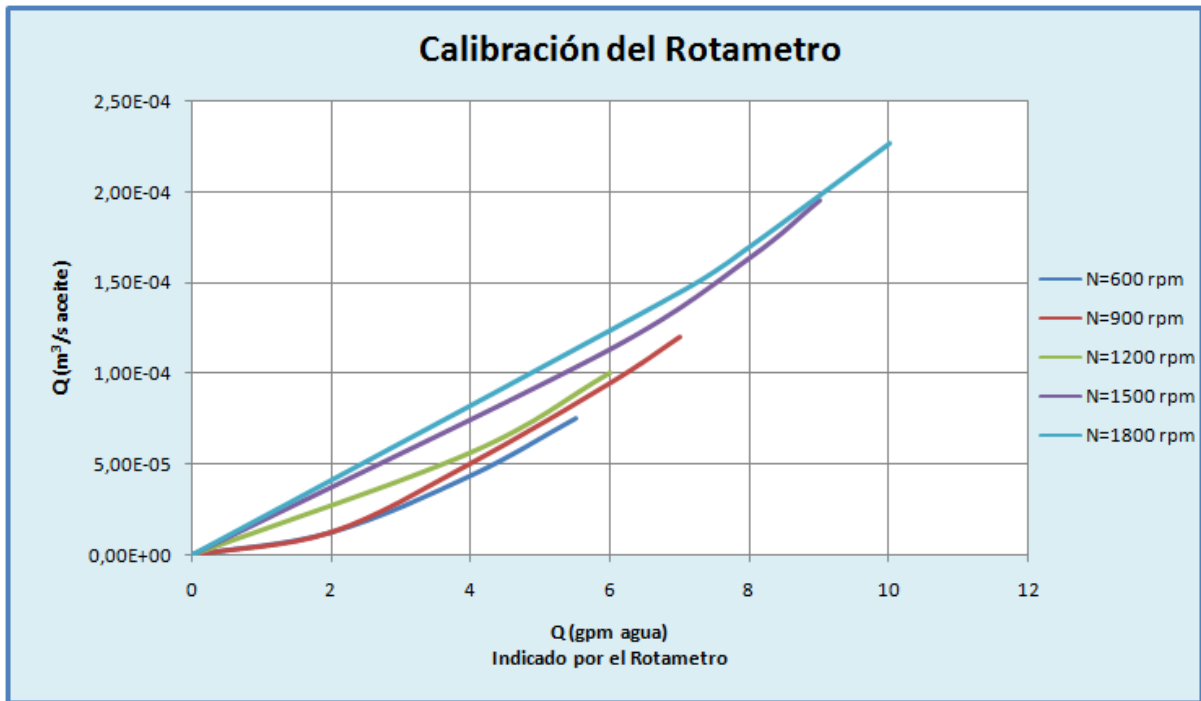


Figura 4-30.- Curvas de correcciones de caudales. Fuente: Propia.

Los datos para la obtención de las curvas se muestran en el Apéndice D.



4.6.- REALIZACIÓN DE ENSAYOS.

A continuación se muestran los resultados finales de los ensayos realizados a la bomba de engranajes en el banco de ensayo rediseñado. Se elaboraron varias curvas a fin de conseguir un promedio de funcionamiento del equipo por método estadístico y las cuales se encuentran en el Apéndice A.

Las pérdidas en la succión y la descarga de la bomba fueron despreciadas en los cálculos hechos debido a su bajo valor.

4.6.1.- RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE SUCCIÓN DE LA BOMBA.

Las Tablas desde la 4-3 hasta la 4-6 muestran la media de los resultados obtenidos durante el ensayo de succión de la bomba. Las gráficas Q vs P_s correspondientes a cada velocidad de ensayo se muestran en las Figuras de la 4-31 hasta la 4-34 respectivamente.

Tabla 4-3.- Resultados obtenidos en el ensayo de succión a $N = 900$ rpm (30 Hz).

P_s (-kPa)	Q (m^3/s)	P_d (kPa)	P_{td} (kPa)	bhp (kW)
13,790	8,20E-05	689,476	703,265	0,368
27,579	8,83E-05	675,686	703,265	0,363
41,369	8,83E-05	661,897	703,265	0,363
55,158	8,83E-05	648,107	703,265	0,359
68,948	8,83E-05	634,318	703,265	0,355
82,737	8,83E-05	620,528	703,265	0,353

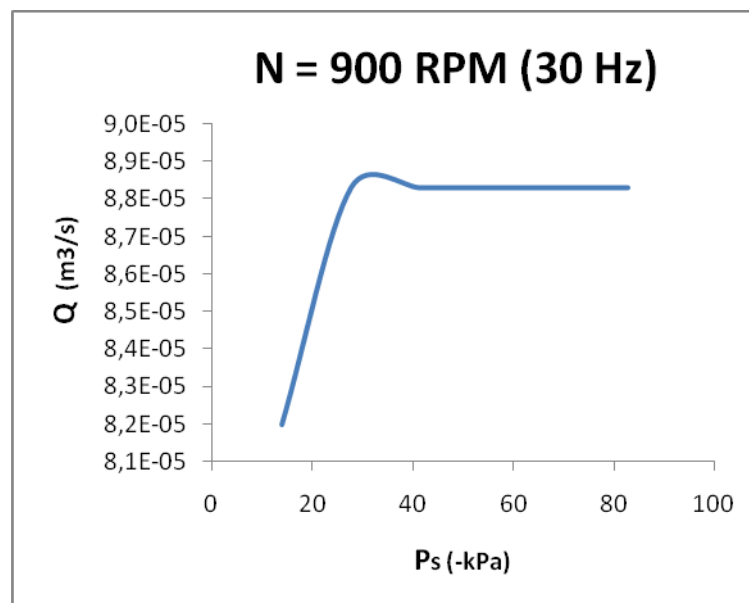
Figura 4-31.- Curvas Q vs P_s para 900 rpm (30 Hz).



Tabla 4-4.- Resultados obtenidos en el ensayo de succión a N = 1050 rpm (35 Hz).

Ps (-kPa)	Q (m ³ /s)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	bhp (kW)
13,790	1,01E-04	689,476	703,265	0,408
27,579	1,07E-04	675,686	703,265	0,406
41,369	1,07E-04	661,897	703,265	0,4
55,158	1,07E-04	648,107	703,265	0,4
68,948	1,07E-04	634,318	703,265	0,391
82,737	1,07E-04	620,528	703,265	0,386

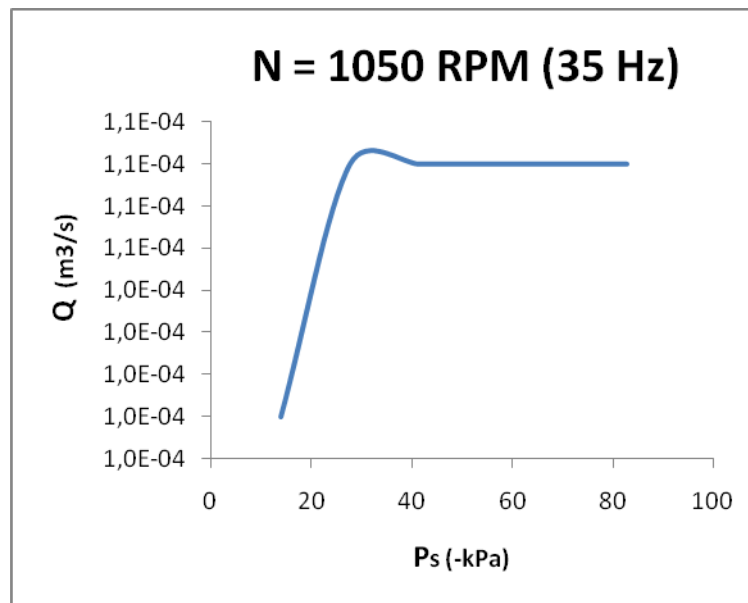


Figura 4-32.- Curvas Q vs Ps para 1050 rpm (35 Hz).



Tabla 4-5.- Resultados obtenidos en el ensayo de succión a N = 1200 rpm (40 Hz).

Ps (-kPa)	Q (m ³ /s)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	bhp (kW)
13,790	1,26E-04	689,476	703,265	0,41
27,579	1,32E-04	675,686	703,265	0,404
41,369	1,32E-04	661,897	703,265	0,403
55,158	1,32E-04	648,107	703,265	0,398
68,948	1,32E-04	634,318	703,265	0,396
82,737	1,32E-04	620,528	703,265	0,393

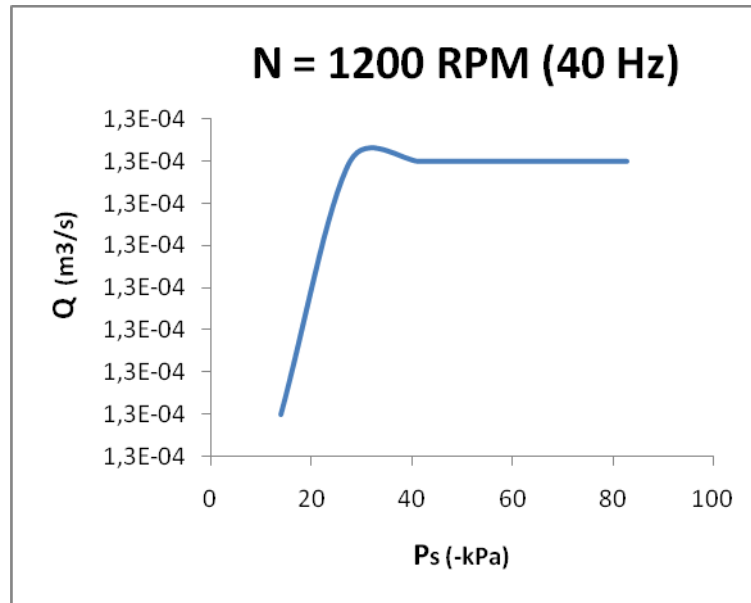


Figura 4-33.- Curva Q vs Ps para 1200 rpm (40 Hz).



Tabla 4-6.- Resultados obtenidos en el ensayo de succión a N = 1350 rpm (45 Hz).

Ps (-kPa)	Q (m ³ /s)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	bhp (kW)
13,790	1,45E-04	689,476	703,265	0,41
27,579	1,51E-04	675,686	703,265	0,409
41,369	1,51E-04	661,897	703,265	0,405
55,158	1,51E-04	648,107	703,265	0,399
68,948	1,51E-04	634,318	703,265	0,391
82,737	1,51E-04	620,528	703,265	0,389

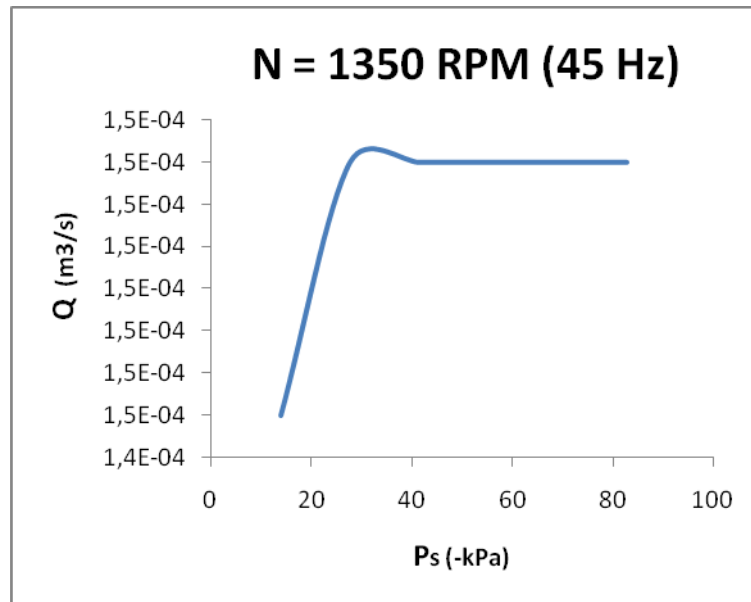


Figura 4-34.- Curva Q vs Ps para 1350 rpm (45 Hz).



4.7.2.- RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DESCARGA DE LA BOMBA.

Las Tablas siguientes, desde la 4-7 hasta la 4-10, muestran la media de los resultados obtenidos durante el ensayo de succión de la bomba. Las gráficas Q vs P_{td} , bhp vs P_{td} , η vs P_{td} y Q vs bhp requeridas correspondientes a cada velocidad de ensayo se muestran en las Figuras de la 4-35 hasta la 4-38 respectivamente.



Tabla 4-7.- Resultados obtenidos en el ensayo de descarga a N = 900 rpm (30 Hz).

P_s (-kPa)	P_d (kPa)	P_{td} (kPa)	Q (m ³ /s)	Q_t (m ³ /s)	bhp(kW)	η_v (%)	η_p (%)
10,342	0	10,342	1,20E-04	1,77E-04	0,187	67,57	0,66
6,895	344,738	351,633	1,01E-04	1,77E-04	0,279	56,90	12,72
6,895	689,476	696,370	8,20E-05	1,77E-04	0,405	46,23	14,10
0	1034,214	1034,214	6,31E-05	1,77E-04	0,569	35,56	11,47
0	1378,951	1378,951	4,42E-05	1,77E-04	0,708	24,89	8,60
0	1723,689	1723,689	2,52E-05	1,77E-04	0,778	14,22	5,59

Tabla 4-8.- Resultados obtenidos en el ensayo de descarga a N = 1050 rpm (35 Hz).

P_s (-kPa)	P_d (kPa)	P_{td} (kPa)	Q (m ³ /s)	Q_t (m ³ /s)	bhp(kW)	η_v (%)	η_p (%)
13,790	0	13,790	1,39E-04	2,07E-04	0,19075	67,04	1,00
10,342	344,738	355,080	1,20E-04	2,07E-04	0,28175	57,90	15,11
6,895	689,476	696,370	1,03E-04	2,07E-04	0,379	49,52	18,84
6,033	1034,214	1040,247	8,52E-05	2,07E-04	0,507	41,14	17,48
0	1378,951	1378,951	6,94E-05	2,07E-04	0,6425	33,52	14,89
0	1723,689	1723,689	5,52E-05	2,07E-04	0,829	26,67	11,48

Tabla 4-9.- Resultados obtenidos en el ensayo de descarga a $N = 1200$ rpm (40 Hz).

P_s (-kPa)	P_d (kPa)	P_{td} (kPa)	Q (m^3/s)	Q_t (m^3/s)	bhp(kW)	η_v (%)	η_p (%)
13,790	0	13,790	1,58E-04	2,37E-04	0,202	66,67	1,08
13,790	344,738	358,527	1,45E-04	2,37E-04	0,288	61,33	18,06
10,342	689,476	699,818	1,26E-04	2,37E-04	0,387	53,33	22,82
6,895	1034,214	1041,108	1,07E-04	2,37E-04	0,51	45,33	21,89
6,033	1378,951	1384,984	8,83E-05	2,37E-04	0,647	37,33	18,91
3,447	1723,689	1727,137	6,94E-05	2,37E-04	0,799	29,33	15,00

Tabla 4-10.- Resultados obtenidos en el ensayo de descarga a $N = 1350$ rpm (45 Hz).

P_s (-kPa)	P_d (kPa)	P_{td} (kPa)	Q (m^3/s)	Q_t (m^3/s)	bhp(kW)	η_v (%)	η_p (%)
10,342	0	10,342	1,20E-04	2,66E-04	0,188	45,03	0,66
6,895	344,738	351,633	1,01E-04	2,66E-04	0,28	37,92	12,68
6,895	689,476	696,370	8,20E-05	2,66E-04	0,406	30,81	14,07
0,000	1034,214	1034,214	6,31E-05	2,66E-04	0,569	23,70	11,47
0,000	1378,951	1378,951	4,42E-05	2,66E-04	0,709	16,59	8,59
0,000	1723,689	1723,689	2,52E-05	2,66E-04	0,779	9,48	5,58

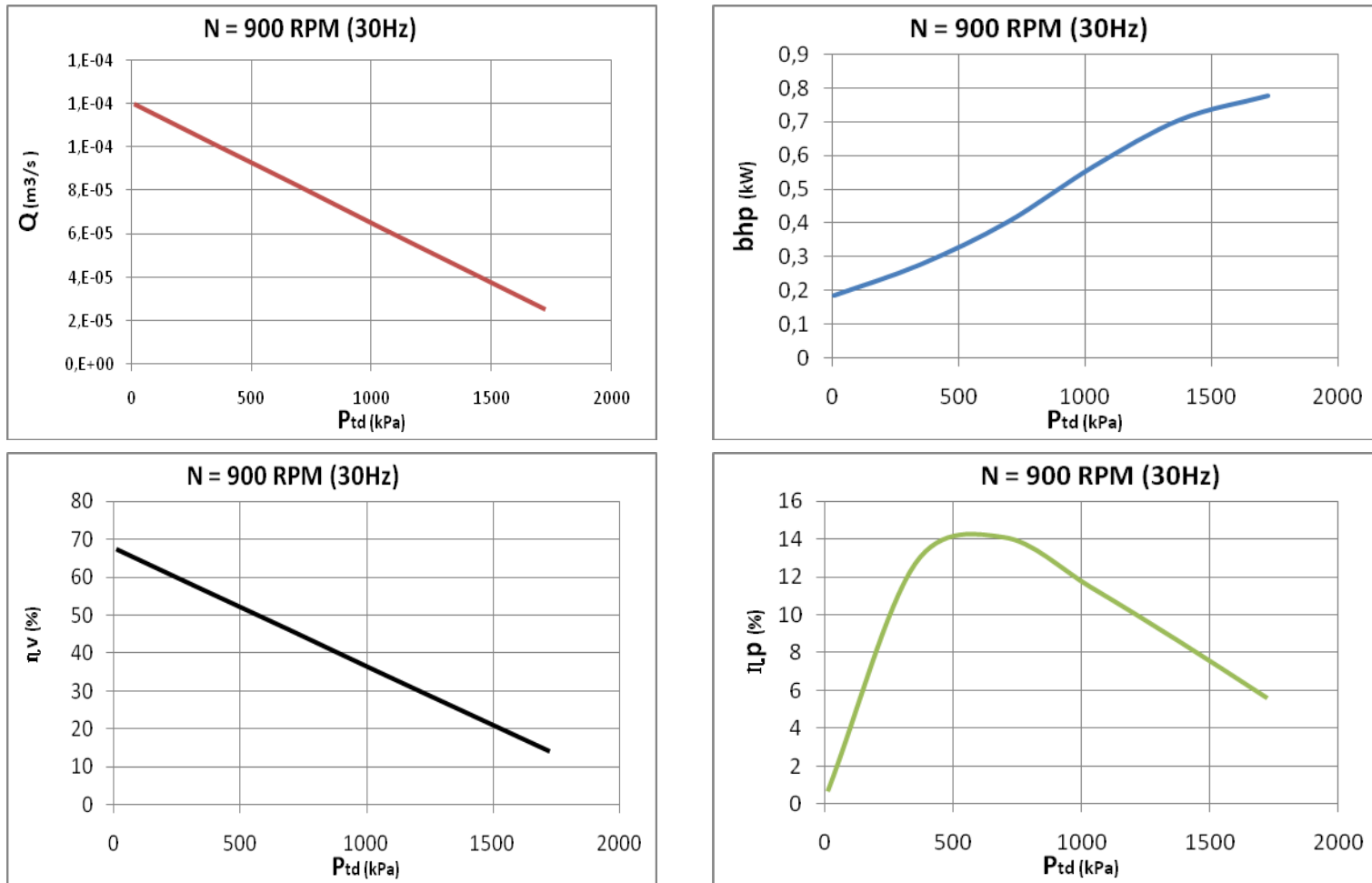


Figura 4-35.- Curvas P_{td} vs Q , P_{td} vs bhp , P_{td} vs η_v y P_{td} vs η_p para 900 rpm (30 Hz).

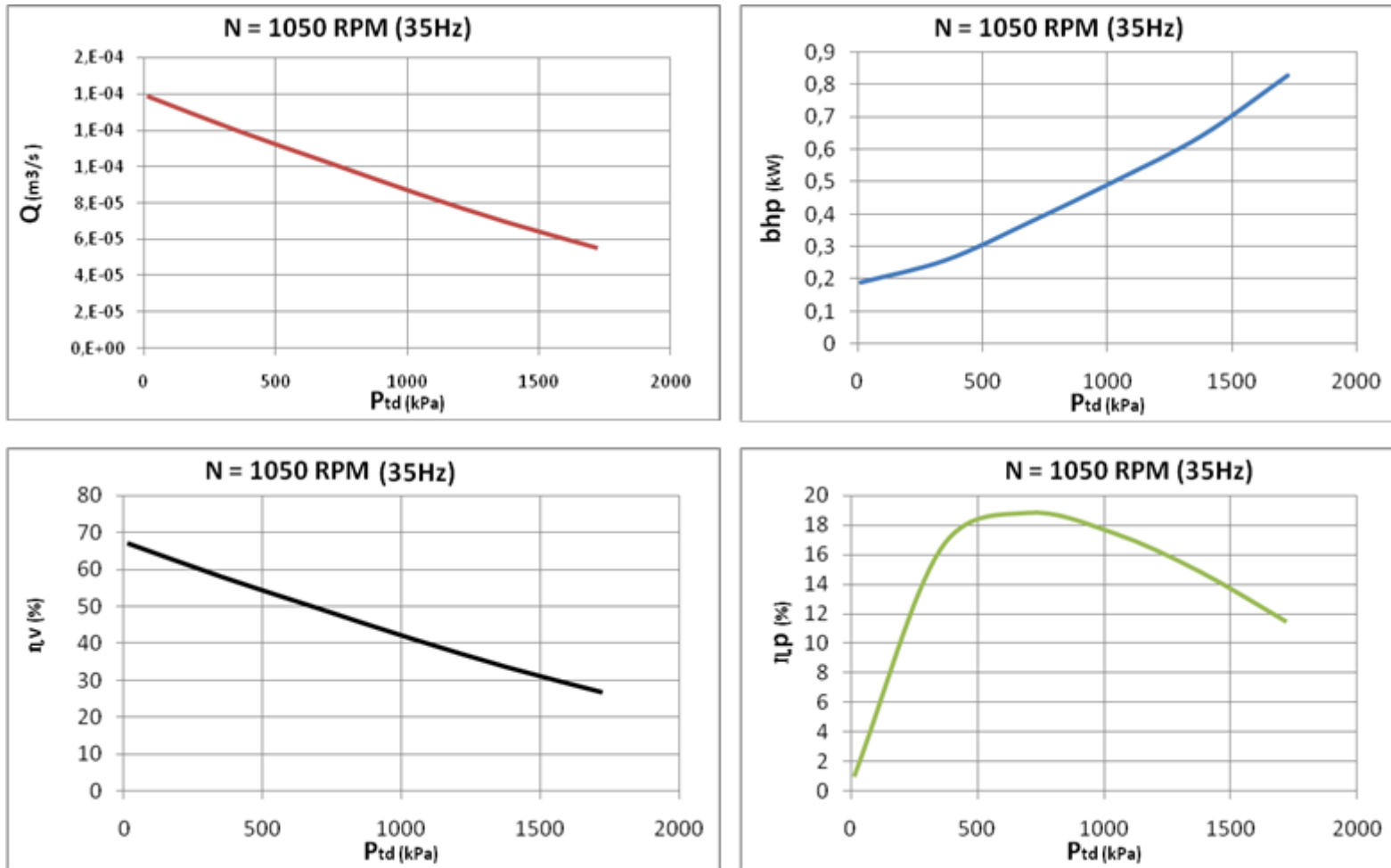


Figura 4-36.- Curvas P_{td} vs Q , P_{td} vs bhp , P_{td} vs η_v y P_{td} vs η_p para 1050 rpm (35 Hz).

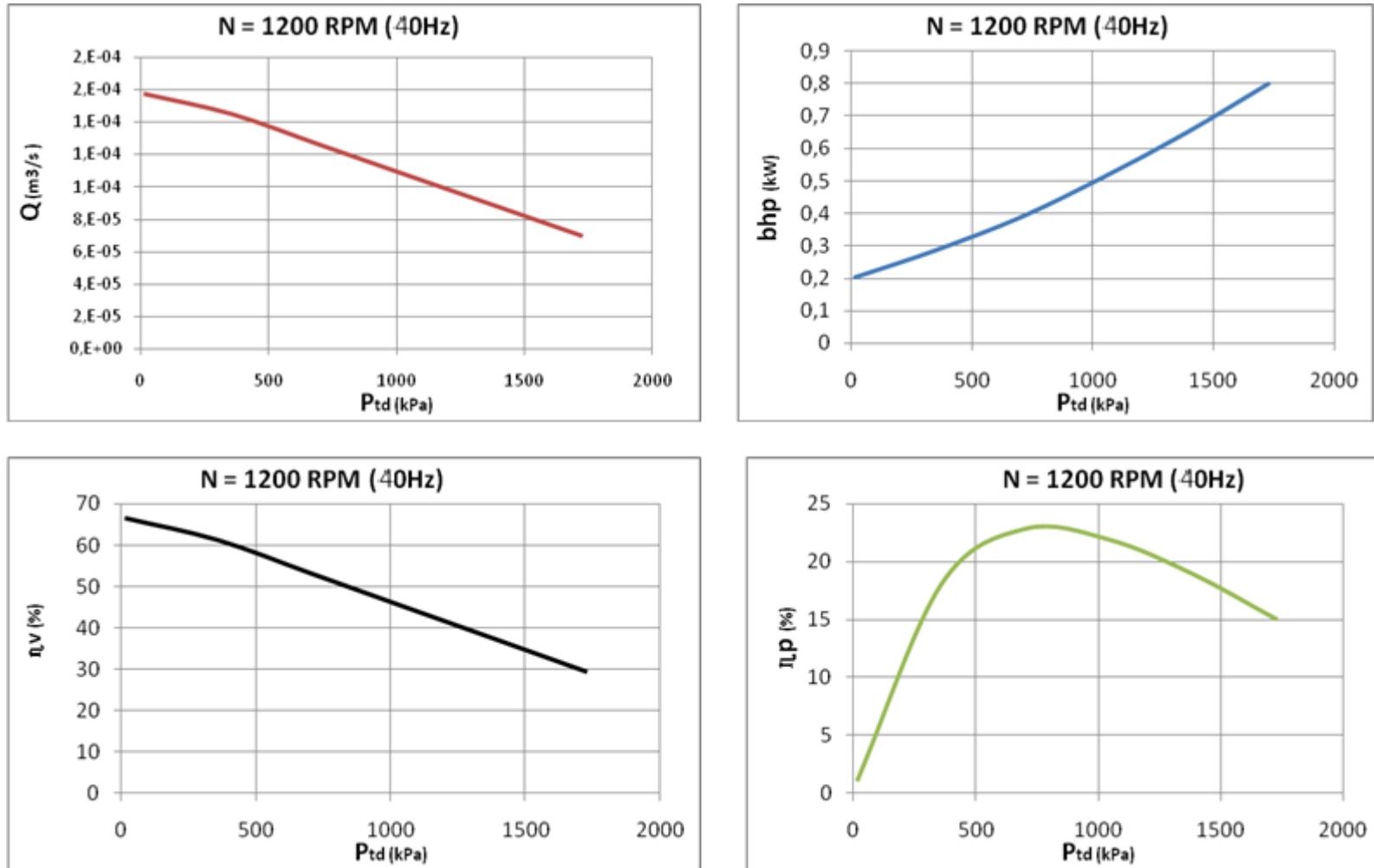


Figura 4-37.- Curvas P_{td} vs Q , P_{td} vs bhp , P_{td} vs η_v y P_{td} vs η_p para 1200 rpm (40 Hz).

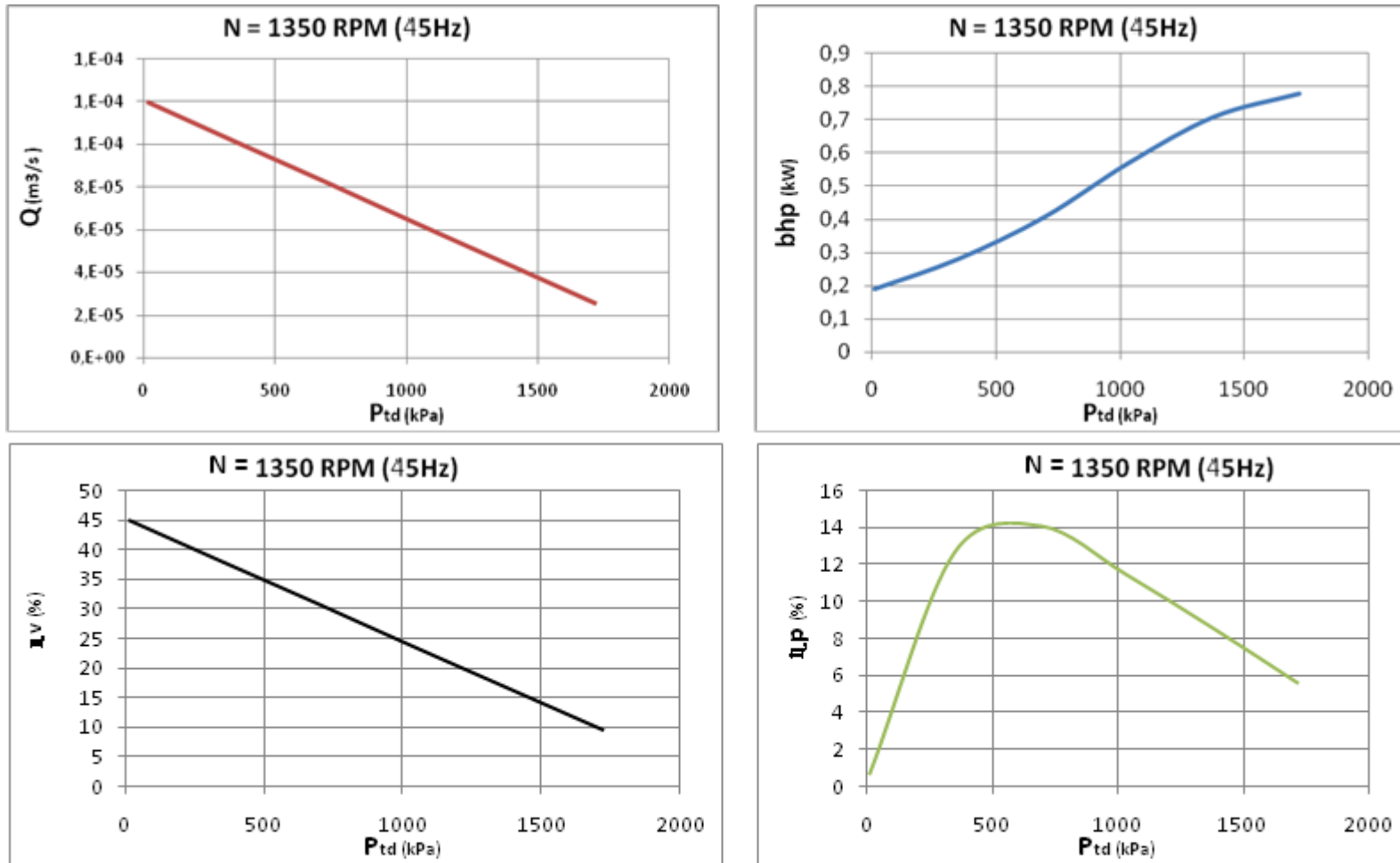


Figura 4-37.- Curvas P_{td} vs Q_d , P_{td} vs bhp , P_{td} vs η_v y P_{td} vs η_p para 1350 rpm (45 Hz).



4.6.1.-- ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Todos los resultados de los ensayos realizados para los diferentes modos de operación, se encuentran en el Apéndice A.

A continuación se realiza un análisis de las curvas obtenidas para cada modo de operación:

- **Ensayo de succión de la bomba.**

Las tendencias de las curvas características resultantes corresponden al comportamiento expuesto en la norma, obteniendo resultados muy satisfactorios. Los resultados de las presiones de succión obtenidas fueron cercanos a las calculadas en el rediseño. El tramo de succión del banco para bombas de engranajes externos cumplió con todas las expectativas.

- **Ensayo de descarga de la bomba.**

Las tendencias de las curvas características resultantes corresponden al comportamiento expuesto en la norma, obteniendo resultados muy satisfactorios. Los resultados de las presiones obtenidas estuvieron dentro de los parámetros esperados. El tramo de descarga del banco para bombas de engranajes externos cumplió con todas las expectativas.

En las curvas P_d vs Q se observa que a medida que la presión de trabajo aumenta debido a la simulación de carga, el caudal que circula por el banco disminuye. Según la teoría de bombas de desplazamiento positivo, en una bomba ideal este caudal se mantendría constante a cualquier presión, lo cual



indica que existen fugas internas entre los componentes de la bomba, disminuyendo así el rendimiento volumétrico.

- **Comportamiento general de la bomba.**

La bomba respondió a todos los ensayos sin presentar desperfecto alguno. Con una vibración normal y sin recalentarse, teniendo una temperatura y un sonido normal que caracteriza el contacto a alta velocidad de dos engranes durante todo el ensayo.

- **Curvas características.**

Las curvas de eficiencia, potencia de entrada, presión diferencial y caudal corresponden a la tendencia planteada en la Sección 2.2.6.1.5 del Capítulo II.



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- CONCLUSIONES.

El banco de ensayos para la bomba de engranajes externos que poseía el laboratorio de Térmicas se encontraba fuera de las especificaciones en cuanto a funcionamiento se refiere según lo estudiado en la norma internacional ASME PTC 7.1. El banco no contaba con los equipos e instrumentos necesarios para obtener resultados satisfactorios al ensayar la bomba, además de presentar desperfectos en las tuberías, conexiones y sistema eléctrico.

El banco de ensayo fue rediseñado y reconstruido siguiendo los lineamientos de la norma ASME PTC 7.1, ahora se encuentra en condiciones operables bajo norma internacional. Se realizaron las propuestas y la implementación del rediseño en función de recuperar y mejorar el banco.

Se adquirieron nuevos equipos e instrumentos que estaban obsoletos en el banco anterior o simplemente no se encontraban, siendo fundamentales para la realización de los ensayos. Con la nueva instrumentación se pueden obtener ensayos más precisos contando con equipos modernos y digitales.

Se realizó el manual de operaciones, el cual consta de la descripción de los ensayos para el estudio de las principales variables que intervienen en la operación de este tipo de máquina de fluido: operación de una bomba de engranajes externos y estudio del fenómeno de cavitación en una bomba de desplazamiento. Las curvas



características resultantes de los ensayos realizados corresponden al comportamiento de las principales variables que intervienen en las máquinas rotoestáticas.

El banco de ensayos construido cumplió con los requerimientos necesarios para evaluar el caudal, presión, velocidad de giro y potencia, datos con los cuales se trazaron las curvas de funcionamiento de la bomba.

En el caso de la presión, la máxima presión de trabajo obtenida de la bomba durante los ensayos fue de alrededor de 2757,9 kPa (400 psi), la cual está por debajo de la presión de trabajo de diseño de 6,7 MPa (971,75 psi).

En el caso del caudal, éste sí estuvo en el rango predicho por el diseño teórico a bajas presiones, pero al aumentar la presión de trabajo dicho caudal cae en una proporción mucho mayor a la predicha por el diseño teórico.

La caída del caudal con el aumento de la presión de trabajo en la proporción que ocurrió, llevan a concluir que las holguras presentes entre los elementos fijos y móviles de la bomba no son las requeridas, lo cual permite una alta recirculación y pérdidas internas. La construcción de futuros prototipos requieren de un cambio en las tolerancias para hacerlas más estrechas. Esto se pudo afirmar luego de comprobar la inexistencia de fugas externas, pérdidas y obstrucciones en el sistema hidráulico.

El alto nivel de pérdidas internas y recirculación por fugas, ocasionan la caída del rendimiento volumétrico de la bomba al ir aumentando la presión de trabajo.

Los datos obtenidos utilizando los sistemas de mediciones implementados, según la comparación de las curvas características de los ensayos realizados en el presente



Trabajo Especial de Grado con los esquemas de curvas que proporciona la norma ASTM PCT 7.1 fueron aceptables, por lo que dichos sistemas de medición proporcionan lecturas fiables.

5.2.- RECOMENDACIONES.

Luego de la reconstrucción del banco de ensayos y las pruebas, se pueden hacer las siguientes recomendaciones para futuros trabajos de grado:

- Rediseñar y reconstruir la bomba con tolerancias más pequeñas para evitar las pérdidas internas como lo ocurrido con la actual.
- Se debe lubricar la bomba antes de proceder a arrancar por primera vez, para evitar que funcione en seco sin lubricación, lo cual puede acarrear daños irreversibles a las partes internas de la misma.
- Se recomienda que el usuario del banco lea todas las instrucciones de manejo del banco de ensayos y el variador de frecuencias; y entienda a la perfección antes de manipular estos equipos.
- Se recomienda digitalizar el banco de ensayos, colocando equipos e instrumentos electrónicos que permitan obtener mediciones más fiables y así conseguir mejores resultados en las evaluaciones de la bomba.
- Se recomienda rediseñar el banco de forma tal que opere con cualquier bomba de engranajes externos independientemente de las especificaciones o dimensiones de ésta.



- Se recomienda colocar un medidor de caudal ya calibrado para el tipo de fluido utilizado (Aceite).



BIBLIOGRAFÍA

- [1]. API Standard 675. *Positive Displacement Pumps*. Volume 2ed, 1994.
- [2]. API Standard 676. *Positive Displacement Pumps - Rotary*. Volume 2ed, 1994.
- [3]. Arellano, José. “Construcción y ensayo de una bomba de engranajes externos”. Universidad de Carabobo 2005.
- [4]. Fernández, Pedro y Fernández, Iván. “Curso de Máquinas Térmicas e Hidráulicas”. Universidad de Cantabria, España 2002
- [5]. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). Codificación para la identificación de tuberías que conduzcan fluidos (2da Revisión). Venezuela, 1999.
- [6]. Creus, Antonio. (1995). *Instrumentación Industrial* (5^a ed.). México: Alfa Omega.
- [7]. Dib, Samir; Giugni, Angel y Raniolo, Juan. “Construcción y prueba de una bomba de desplazamiento positivo de paletas oscilante. Universidad de Carabobo 2004.
- [8]. García, Pedro. (1997). *Diseño de un Banco de Prueba para bombas Centrífugas y de Desplazamiento Positivo para Procesos que Conllevan a la Producción de Cerveza*. Trabajo de grado, Universidad de Carabobo.
- [9]. Hydraulic Institute. (1994). *Pipe Friction Manual*. United States of America.
- [10]. Irving, L. Kosow. (1993). *Máquinas Eléctricas y Transformadores* (2^a ed.). México: Colo. Industrial Vallejo.
- [11]. Jiménez de Cisneros, Luis M^a. *Manual de Bombas* (4^a ed.). Editorial Blume.



- [12]. Karassik, K. y Fraser, M. (1986). *Pump Handbook* (2ª ed.). Editorial Mc Graw Hill.
- [13]. López, Sarh y Neira Hugo. “Diseño integral de una bomba de engranajes externos”. Universidad de Carabobo 2002.
- [14]. Mataix, C. (1982). *Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas*. México, D.F.
- [15]. Mc Naughton, K. (1999). *Selección, Uso y Mantenimiento de Bombas*. (2ª ed.). México: Santiago Acahuatepec.
- [16]. Norton, Robert. (1999). *Diseño de Máquinas*. Editorial Prentice Hall, México.
- [17]. The American Society of Mechanical Engineers. ASME PTC 7.1 *Displacement Pump*. United States of America, 1999.
- [18]. UFI HYDRAULIC DIVISION – PLANET FILTRES S.p.A.



APÉNDICE A

TABLAS DE ENSAYOS REALIZADOS Y CÁLCULOS TIPO.

**A-1.- ENSAYOS DE SUCCIÓN DE LA BOMBA.**

A continuación se muestran los resultados experimentales obtenidos para diferentes velocidades de giro especificadas:

Tabla A-1.- Ensayos de Succión de la Bomba a 900 RPM (30Hz)

Ps (-kPa)	Q (m³/s)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	bhp (kW)
13,790	8,202E-8	689,48	703,27	0,369
27,579	8,833E-5	675,69	703,27	0,364
41,369	8,833E-5	661,90	703,27	0,363
55,158	8,833E-5	648,11	703,27	0,36
68,948	8,833E-5	634,32	703,27	0,356
82,737	8,833E-5	620,53	703,27	0,354
Ps (-kPa)	Q (m³/s)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	bhp (kW)
13,790	8,202E-8	689,48	703,27	0,367
27,579	8,833E-5	675,69	703,27	0,36
41,369	8,833E-5	661,90	703,27	0,362
55,158	8,833E-5	648,11	703,27	0,358
68,948	8,833E-5	634,32	703,27	0,354
82,737	8,833E-5	620,53	703,27	0,35
Ps (-kPa)	Q (m³/s)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	bhp (kW)
13,790	8,202E-8	689,48	703,27	0,368
27,579	8,833E-5	675,69	703,27	0,363
41,369	8,833E-5	661,90	703,27	0,362
55,158	8,833E-5	648,11	703,27	0,359
68,948	8,833E-5	634,32	703,27	0,355
82,737	8,833E-5	620,53	703,27	0,354
Ps (-kPa)	Q (m³/s)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	bhp (kW)
13,790	8,202E-8	689,48	703,27	0,368
27,579	8,833E-5	675,69	703,27	0,365
41,369	8,833E-5	661,90	703,27	0,364
55,158	8,833E-5	648,11	703,27	0,359
68,948	8,833E-5	634,32	703,27	0,356
82,737	8,833E-5	620,53	703,27	0,352



Tabla A-2.- Ensayos de Succión de la Bomba a 1050 RPM (35Hz)

Ps (-kPa)	Q (m³/s)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	bhp (kW)
13,790	1,010E-04	689,48	703,27	0,407
27,579	1,072E-04	675,69	703,27	0,405
41,369	1,072E-04	661,90	703,27	0,399
55,158	1,072E-04	648,11	703,27	0,394
68,948	1,072E-04	634,32	703,27	0,398
82,737	1,072E-04	620,53	703,27	0,384
Ps (-kPa)	Q (m³/s)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	bhp (kW)
13,790	1,010E-04	689,48	703,27	0,408
27,579	1,072E-04	675,69	703,27	0,406
41,369	1,072E-04	661,90	703,27	0,4
55,158	1,072E-04	648,11	703,27	0,395
68,948	1,072E-04	634,32	703,27	0,39
82,737	1,072E-04	620,53	703,27	0,386
Ps (-kPa)	Q (m³/s)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	bhp (kW)
13,790	1,010E-04	689,48	703,27	0,408
27,579	1,072E-04	675,69	703,27	0,405
41,369	1,072E-04	661,90	703,27	0,399
55,158	1,072E-04	648,11	703,27	0,394
68,948	1,072E-04	634,32	703,27	0,389
82,737	1,072E-04	620,53	703,27	0,386
Ps (-kPa)	Q (m³/s)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	bhp (kW)
13,790	1,010E-04	689,48	703,27	0,407
27,579	1,072E-04	675,69	703,27	0,406
41,369	1,072E-04	661,90	703,27	0,4
55,158	1,072E-04	648,11	703,27	0,399
68,948	1,072E-04	634,32	703,27	0,388
82,737	1,072E-04	620,53	703,27	0,386



Tabla A-3.- Ensayos de Succión de la Bomba a 1200 RPM (40Hz)

Ps (-kPa)	Q (m³/s)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	bhp (kW)
13,790	1,262E-04	689,48	703,27	0,408
27,579	1,325E-04	675,69	703,27	0,402
41,369	1,325E-04	661,90	703,27	0,4
55,158	1,325E-04	648,11	703,27	0,396
68,948	1,325E-04	634,32	703,27	0,396
82,737	1,325E-04	620,53	703,27	0,392
Ps (-kPa)	Q (m³/s)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	bhp (kW)
13,790	1,262E-04	689,48	703,27	0,411
27,579	1,325E-04	675,69	703,27	0,404
41,369	1,325E-04	661,90	703,27	0,402
55,158	1,325E-04	648,11	703,27	0,395
68,948	1,325E-04	634,32	703,27	0,394
82,737	1,325E-04	620,53	703,27	0,393
Ps (-kPa)	Q (m³/s)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	bhp (kW)
13,790	1,262E-04	689,48	703,27	0,41
27,579	1,325E-04	675,69	703,27	0,403
41,369	1,325E-04	661,90	703,27	0,402
55,158	1,325E-04	648,11	703,27	0,395
68,948	1,325E-04	634,32	703,27	0,394
82,737	1,325E-04	620,53	703,27	0,393
Ps (-kPa)	Q (m³/s)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	bhp (kW)
13,790	1,262E-04	689,48	703,27	0,41
27,579	1,325E-04	675,69	703,27	0,408
41,369	1,325E-04	661,90	703,27	0,406
55,158	1,325E-04	648,11	703,27	0,404
68,948	1,325E-04	634,32	703,27	0,399
82,737	1,325E-04	620,53	703,27	0,393



Tabla A-4.- Ensayos de Succión de la Bomba a 1350 RPM (45Hz)

Ps (-kPa)	Q (m³/s)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	bhp (kW)
13,790	1,451E-04	689,48	703,27	0,412
27,579	1,514E-04	675,69	703,27	0,41
41,369	1,514E-04	661,90	703,27	0,406
55,158	1,514E-04	648,11	703,27	0,4
68,948	1,514E-04	634,32	703,27	0,392
82,737	1,514E-04	620,53	703,27	0,389
Ps (-kPa)	Q (m³/s)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	bhp (kW)
13,790	1,451E-04	689,48	703,27	0,408
27,579	1,514E-04	675,69	703,27	0,408
41,369	1,514E-04	661,90	703,27	0,404
55,158	1,514E-04	648,11	703,27	0,399
68,948	1,514E-04	634,32	703,27	0,391
82,737	1,514E-04	620,53	703,27	0,388
Ps (-kPa)	Q (m³/s)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	bhp (kW)
13,790	1,451E-04	689,48	703,27	0,411
27,579	1,514E-04	675,69	703,27	0,409
41,369	1,514E-04	661,90	703,27	0,405
55,158	1,514E-04	648,11	703,27	0,399
68,948	1,514E-04	634,32	703,27	0,391
82,737	1,514E-04	620,53	703,27	0,388
Ps (-kPa)	Q (m³/s)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	bhp (kW)
13,790	1,451E-04	689,48	703,27	0,41
27,579	1,514E-04	675,69	703,27	0,409
41,369	1,514E-04	661,90	703,27	0,405
55,158	1,514E-04	648,11	703,27	0,396
68,948	1,514E-04	634,32	703,27	0,391
82,737	1,514E-04	620,53	703,27	0,389

A-2.- ENSAYOS DE DESCARGA DE LA BOMBA.

A continuación se muestran los resultados experimentales obtenidos para diferentes velocidades de giro especificadas:



APÉNDICE A

Tabla A-5.- Ensayos de descarga de la bomba a 900 RPM (30Hz)

Ps (-kPa)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	Q (m ³ /s)	Qt (m ³ /s)	bhp (kW)	η_v (%)	η_p (%)
10,342	0,000	10,342	1,199E-04	1,774E-04	0,189	67,59	0,66
6,8948	344,738	351,63	1,01E-04	1,774E-04	0,280	56,93	12,68
6,8948	689,476	696,37	8,202E-05	1,774E-04	0,407	46,23	14,03
0	1034,214	1034,2	6,309E-05	1,774E-04	0,573	35,56	11,39
0	1378,951	1379	4,416E-05	1,774E-04	0,700	24,89	8,70
0	1723,689	1723,7	2,524E-05	1,774E-04	0,783	14,23	5,56
Ps (-kPa)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	Q (m ³ /s)	Qt (m ³ /s)	bhp (kW)	η_v (%)	η_p (%)
10,342	0,000	10,342	1,199E-04	1,774E-04	0,185	67,59	0,67
6,8948	344,738	351,63	1,01E-04	1,774E-04	0,279	56,93	12,73
6,8948	689,476	696,37	8,202E-05	1,774E-04	0,403	46,23	14,17
0	1034,214	1034,2	6,309E-05	1,774E-04	0,565	35,56	11,55
0	1378,951	1379	4,416E-05	1,774E-04	0,701	24,89	8,69
0	1723,689	1723,7	2,524E-05	1,774E-04	0,773	14,23	5,63
Ps (-kPa)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	Q (m ³ /s)	Qt (m ³ /s)	bhp (kW)	η_v (%)	η_p (%)
10,342	0,000	10,342	1,199E-04	1,774E-04	0,188	67,59	0,66
6,8948	344,738	351,63	1,01E-04	1,774E-04	0,279	56,93	12,73
6,8948	689,476	696,37	8,202E-05	1,774E-04	0,406	46,23	14,07
0	1034,214	1034,2	6,309E-05	1,774E-04	0,569	35,56	11,47
0	1378,951	1379	4,416E-05	1,774E-04	0,700	24,89	8,70
0	1723,689	1723,7	2,524E-05	1,774E-04	0,779	14,23	5,58
Ps (-kPa)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	Q (m ³ /s)	Qt (m ³ /s)	bhp (kW)	η_v (%)	η_p (%)
10,342	0,000	10,342	1,199E-04	1,774E-04	0,189	67,59	0,66
6,8948	344,738	351,63	1,01E-04	1,774E-04	0,280	56,93	12,68
6,8948	689,476	696,37	8,202E-05	1,774E-04	0,406	46,23	14,07
0	1034,214	1034,2	6,309E-05	1,774E-04	0,570	35,56	11,45
0	1378,951	1379	4,416E-05	1,774E-04	0,734	24,89	8,30
0	1723,689	1723,7	2,524E-05	1,774E-04	0,780	14,23	5,58



APÉNDICE A

Tabla A-6.- Ensayos de descarga de la bomba a 1050 RPM (35Hz)

Ps (-kPa)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	Q (m³/s)	Qt (m³/s)	bhp (kW)	η_v (%)	η_p (%)
13,79	0,000	13,79	1,388E-04	2,070E-04	0,192	67,05	1,00
10,342	344,738	355,08	1,199E-04	2,070E-04	0,297	57,92	14,33
6,8948	689,476	696,37	1,009E-04	2,070E-04	0,379	48,74	18,54
6,8948	1034,214	1041,1	8,833E-05	2,070E-04	0,507	42,67	18,14
0	1378,951	1379	6,940E-05	2,070E-04	0,647	33,53	14,79
0	1723,689	1723,7	5,678E-05	2,070E-04	0,846	27,43	11,57
Ps (-kPa)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	Q (m³/s)	Qt (m³/s)	bhp (kW)	η_v (%)	η_p (%)
13,79	0,000	13,79	1,388E-04	2,070E-04	0,19	67,05	1,01
10,342	344,738	355,08	1,199E-04	2,070E-04	0,275	57,92	15,48
6,8948	689,476	696,37	1,073E-04	2,070E-04	0,379	51,84	19,72
6,8948	1034,214	1041,1	8,833E-05	2,070E-04	0,507	42,67	18,14
0	1378,951	1379	6,940E-05	2,070E-04	0,638	33,53	15,00
0	1723,689	1723,7	5,047E-05	2,070E-04	0,845	24,38	10,30
Ps (-kPa)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	Q (m³/s)	Qt (m³/s)	bhp (kW)	η_v (%)	η_p (%)
13,79	0,000	13,79	1,388E-04	2,070E-04	0,191	67,05	1,00
10,342	344,738	355,08	1,199E-04	2,070E-04	0,278	57,92	15,31
6,8948	689,476	696,37	1,009E-04	2,070E-04	0,379	48,74	18,54
6,8948	1034,214	1041,1	8,202E-05	2,070E-04	0,507	39,62	16,84
0	1378,951	1379	6,940E-05	2,070E-04	0,64	33,53	14,95
0	1723,689	1723,7	5,678E-05	2,070E-04	0,8	27,43	12,23
Ps (-kPa)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	Q (m³/s)	Qt (m³/s)	bhp (kW)	η_v (%)	η_p (%)
13,79	0,000	13,79	1,388E-04	2,070E-04	0,19	67,05	1,01
10,342	344,738	355,08	1,199E-04	2,070E-04	0,277	57,92	15,37
6,8948	689,476	696,37	1,009E-04	2,070E-04	0,379	48,74	18,54
6,8948	1034,214	1041,1	8,202E-05	2,070E-04	0,507	39,62	16,84
0	1378,951	1379	6,940E-05	2,070E-04	0,645	33,53	14,84
0	1723,689	1723,7	5,678E-05	2,070E-04	0,825	27,43	11,86



APÉNDICE A

Tabla A-7.- Ensayos de descarga de la bomba a 1200 RPM (40Hz)

Ps (-kPa)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	Q (m ³ /s)	Qt (m ³ /s)	bhp (kW)	η _v (%)	η _p (%)
13,790	0,000	13,790	1,577E-04	2,366E-04	0,203	66,65	1,07
13,790	344,738	358,527	1,451E-04	2,366E-04	0,291	61,33	17,88
10,342	689,476	699,818	1,262E-04	2,366E-04	0,391	53,34	22,59
6,895	1034,214	1041,108	1,073E-04	2,366E-04	0,51	45,35	21,90
6,895	1378,951	1385,846	8,833E-05	2,366E-04	0,65	37,33	18,83
3,447	1723,689	1727,137	6,940E-05	2,366E-04	0,796	29,33	15,06
Ps (-kPa)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	Q (m ³ /s)	Qt (m ³ /s)	bhp (kW)	η _v (%)	η _p (%)
13,790	0,000	13,790	1,577E-04	2,366E-04	0,2	66,65	1,09
13,790	344,738	358,527	1,451E-04	2,366E-04	0,285	61,33	18,25
10,342	689,476	699,818	1,262E-04	2,366E-04	0,382	53,34	23,12
6,895	1034,214	1041,108	1,073E-04	2,366E-04	0,51	45,35	21,90
6,895	1378,951	1385,846	8,833E-05	2,366E-04	0,642	37,33	19,07
3,447	1723,689	1727,137	6,940E-05	2,366E-04	0,796	29,33	15,06
Ps (-kPa)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	Q (m ³ /s)	Qt (m ³ /s)	bhp (kW)	η _v (%)	η _p (%)
13,790	0,000	13,790	1,577E-04	2,366E-04	0,202	66,65	1,08
13,790	344,738	358,527	1,451E-04	2,366E-04	0,287	61,33	18,13
10,342	689,476	699,818	1,262E-04	2,366E-04	0,386	53,34	22,88
6,895	1034,214	1041,108	1,073E-04	2,366E-04	0,51	45,35	21,90
6,895	1378,951	1385,846	8,833E-05	2,366E-04	0,646	37,33	18,95
3,447	1723,689	1727,137	6,940E-05	2,366E-04	0,8	29,33	14,98
Ps (-kPa)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	Q (m ³ /s)	Qt (m ³ /s)	bhp (kW)	η _v (%)	η _p (%)
13,790	0,000	13,790	1,577E-04	2,366E-04	0,202	66,65	1,08
13,790	344,738	358,527	1,451E-04	2,366E-04	0,29	61,33	17,94
10,342	689,476	699,818	1,262E-04	2,366E-04	0,39	53,34	22,65
6,895	1034,214	1041,108	1,073E-04	2,366E-04	0,51	45,35	21,90
6,895	1378,951	1385,846	8,833E-05	2,366E-04	0,649	37,33	18,86
3,447	1723,689	1727,137	6,940E-05	2,366E-04	0,805	29,33	14,89



APÉNDICE A

Tabla B-8.- Ensayos de descarga de la bomba a 1350 RPM (45Hz)

Ps (-kPa)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	Q (m ³ /s)	Qt (m ³ /s)	bhp (kW)	η_v (%)	η_p (%)
10,342	0	10,342	1,199E-04	2,662E-04	0,189	45,04	0,66
6,895	344,738	351,633	1,009E-04	2,662E-04	0,28	37,90	12,67
6,895	689,476	696,370	8,202E-05	2,662E-04	0,407	30,81	14,03
0	1034,214	1034,214	6,309E-05	2,662E-04	0,573	23,70	11,39
0	1378,951	1378,951	4,416E-05	2,662E-04	0,7	16,59	8,70
0	1723,689	1723,689	2,524E-05	2,662E-04	0,783	9,48	5,56
Ps (-kPa)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	Q (m ³ /s)	Qt (m ³ /s)	bhp (kW)	η_v (%)	η_p (%)
10,342	0	10,342	1,199E-04	2,662E-04	0,185	45,04	0,67
6,895	344,738	351,633	1,009E-04	2,662E-04	0,279	37,90	12,72
6,895	689,476	696,370	8,202E-05	2,662E-04	0,403	30,81	14,17
0	1034,214	1034,214	6,309E-05	2,662E-04	0,565	23,70	11,55
0	1378,951	1378,951	4,416E-05	2,662E-04	0,701	16,59	8,69
0	1723,689	1723,689	2,524E-05	2,662E-04	0,773	9,48	5,63
Ps (-kPa)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	Q (m ³ /s)	Qt (m ³ /s)	bhp (kW)	η_v (%)	η_p (%)
10,342	0	10,342	1,199E-04	2,662E-04	0,188	45,04	0,66
6,895	344,738	351,633	1,009E-04	2,662E-04	0,279	37,90	12,72
6,895	689,476	696,370	8,202E-05	2,662E-04	0,406	30,81	14,07
0	1034,214	1034,214	6,309E-05	2,662E-04	0,569	23,70	11,47
0	1378,951	1378,951	4,416E-05	2,662E-04	0,7	16,59	8,70
0	1723,689	1723,689	2,524E-05	2,662E-04	0,779	9,48	5,58
Ps (-kPa)	Pd (kPa)	Ptd (kPa)	Q (m ³ /s)	Qt (m ³ /s)	bhp (kW)	η_v (%)	η_p (%)
10,342	0	10,342	1,199E-04	2,662E-04	0,189	45,04	0,66
6,895	344,738	351,633	1,009E-04	2,662E-04	0,28	37,90	12,67
6,895	689,476	696,370	8,202E-05	2,662E-04	0,406	30,81	14,07
0	1034,214	1034,214	6,309E-05	2,662E-04	0,57	23,70	11,45
0	1378,951	1378,951	4,416E-05	2,662E-04	0,734	16,59	8,30
0	1723,689	1723,689	2,524E-05	2,662E-04	0,78	9,48	5,58



A-3.- CÁLCULOS TIPO

La *eficiencia volumétrica* (η_v) es el cociente entre el volumen real desplazado por la bomba y la capacidad de desplazamiento teórica, expresada en porcentaje, es decir:

$$\eta_v = \frac{Q}{Q_t} [\%] \quad (\text{A-1})$$

Para la primera tabla y primera fila de la Figura B-5 del ensayo de descarga a 900 rpm (30 Hz) obtenemos:

$$Q_t = \frac{D' \cdot N}{60} = \frac{1,183E-5 \cdot 900}{60} = 1,774e-4 \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

$$\eta_v = \frac{1,199E-04}{1,774E-04} = 0,6759 \cdot 100 = 67,59 [\%]$$

La *eficiencia de la bomba* (η_p) es el cociente entre la potencia de salida y la potencia de entrada de la bomba, expresada en porcentaje.

$$\eta = \frac{whp}{bhp} [\%] \quad (\text{A-2})$$

La *potencia de salida de la bomba* (potencia hidráulica) (*whp*) es definida por la siguiente expresión:

$$whp = Q \cdot P_{td} \text{ [kW]} \quad (\text{A-3})$$

Sustituyendo los valores provenientes de la misma tabla, fila y figura se tiene:

$$whp = 1,199E-04 \cdot 10,342 = 12,4E-4 \text{ [kW]}$$

Y así el valor de la eficiencia de la bomba será:

$$\eta_p = \frac{12,4E-4}{0,189} = 6,561E-03 \cdot 100 = 0,66 [\%]$$

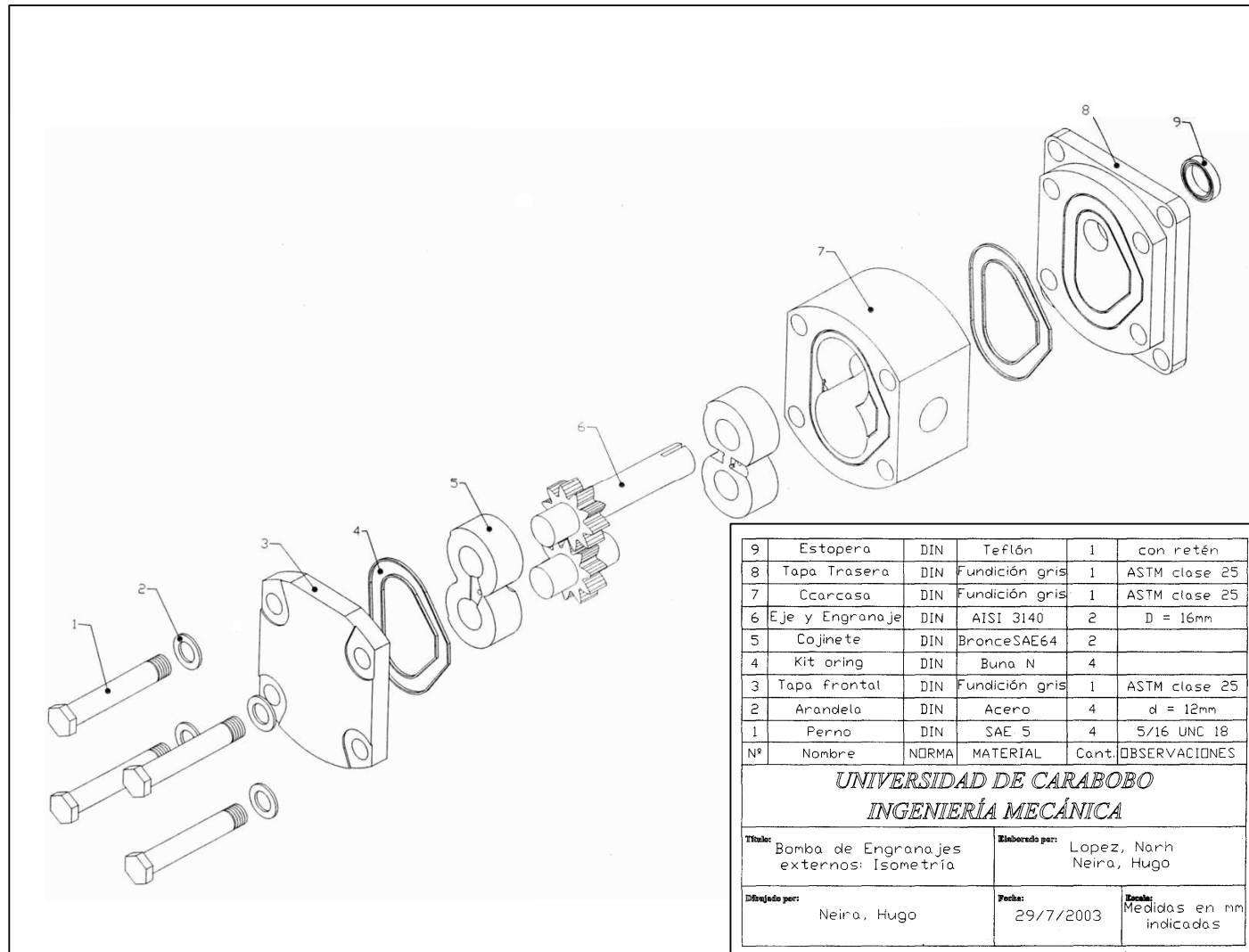


APÉNDICE B

PLANO DE LA BOMBA.



APÉNDICE B





APÉNDICE C

ESQUEMA ELÉCTRICO.



Esquema electrico

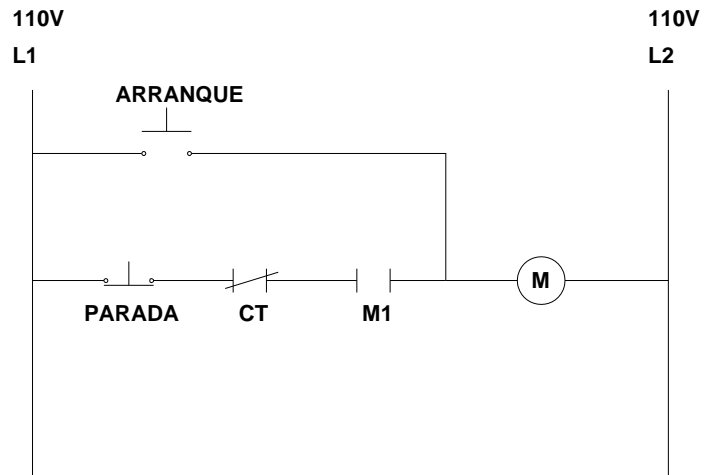


Figura C-1.- Esquema eléctrico del banco de ensayos.

- C.T = contacto térmico (NC)
- M1= contacto bobina del contactor
- M = bobina del motor 220v



APÉNDICE D

GRÁFICAS DE CORRECCIONES DE CAUDAL.



Todos los valores de las graficas fueron obtenidos comparando el valor marcado por el rotámetro con respecto a un caudalímetro digital especialmente calibrado para trabajar con aceite hidráulico ISO 68.

Tabla D-1.- Corrección de caudales a N = 600 rpm (20 Hz).

Q (gpm agua) Indicado por el rotámetro	Q (gpm aceite) Indicado por el caudalímetro electrónico	Q (m ³ /s aceite)
0	0	0
2	0,2	1,262E-05
4	0,7	4,416E-05
5,5	1,2	7,571E-05

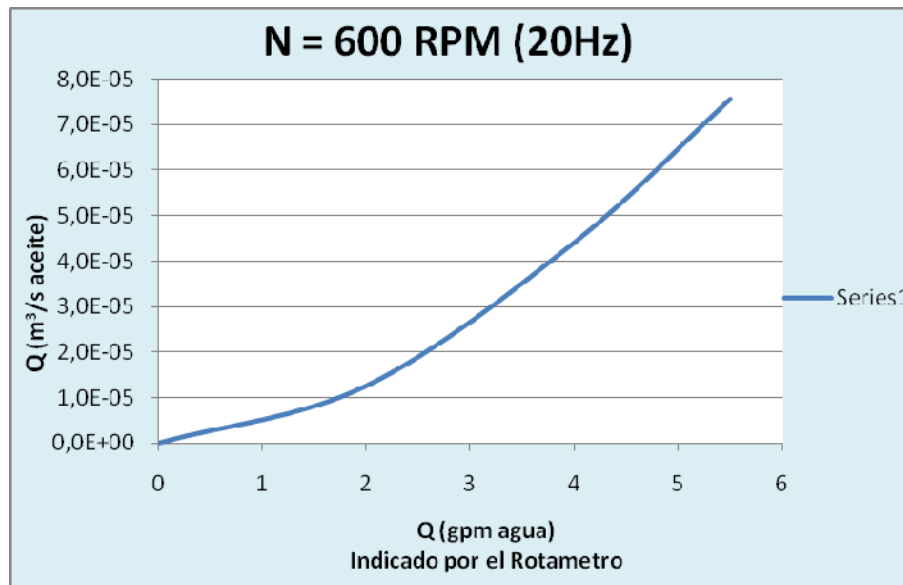


Figura D-1.- Curva de corrección de caudales a N = 600 rpm (20 Hz).



Tabla D-2.- Corrección de caudales a N = 900 rpm (30 Hz).

Q (gpm agua) Indicado por el rotámetro	Q (gpm aceite) Indicado por el caudalímetro electrónico	Q (m ³ /s aceite)
0	0	0
2	0,2	1,262E-05
4	0,8	5,047E-05
6	1,5	9,464E-05
7	1,9	1,199E-04

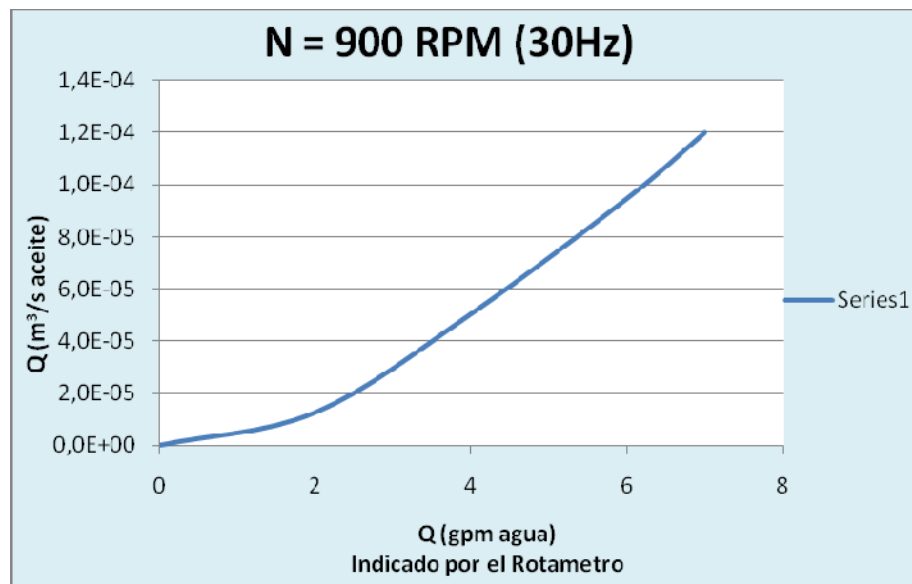


Figura D-2.- Curva de corrección de caudales a N = 900 rpm (30 Hz).



Tabla D-3.- Corrección de caudales a N = 1200 rpm (40 Hz).

Q (gpm agua) Indicado por el rotámetro	Q (gpm aceite) Indicado por el caudalímetro electrónico	Q (m ³ /s aceite)
0	0	0
4	0,9	5,678E-05
6	1,6	1,009E-04

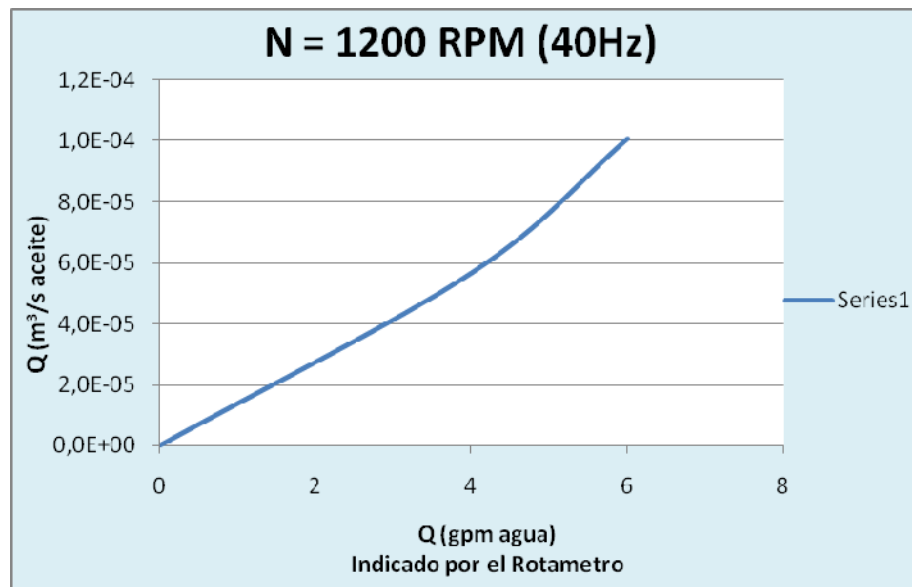


Figura D-3.- Curva de corrección de caudales a N = 1200 rpm (40 Hz).



Tabla D-4.- Corrección de caudales a N = 1500 rpm (50 Hz).

Q (gpm agua) Indicado por el rotámetro	Q (gpm aceite) Indicado por el caudalímetro electrónico	Q (m ³ /s aceite)
0	0	0
6	1,8	1,136E-04
8	2,6	1,640E-04
9	3,1	1,956E-04

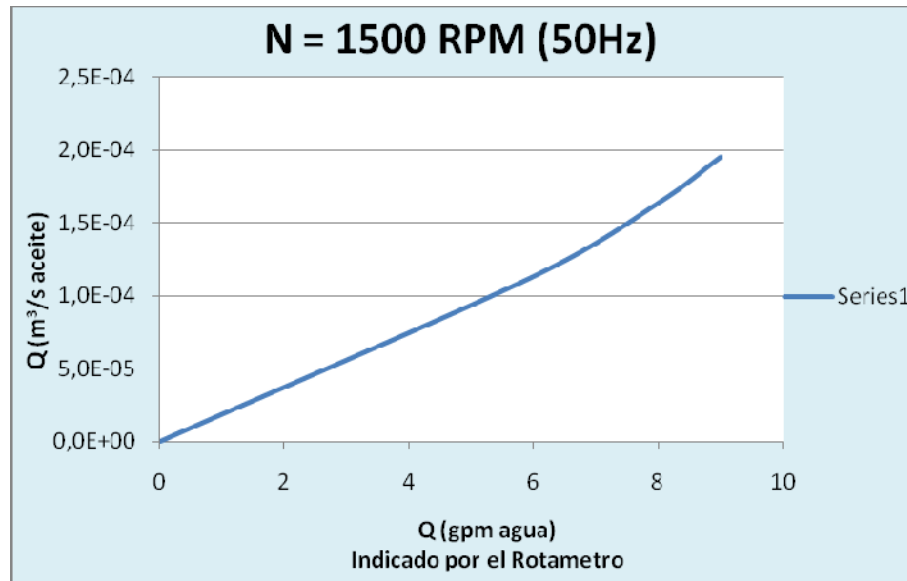


Figura D-4.- Curva de corrección de caudales a N = 1500 rpm (50 Hz).



Tabla D-5.- Corrección de caudales a N = 1800 rpm (60 Hz).

Q (gpm agua) Indicado por el rotámetro	Q (gpm aceite) Indicado por el caudalímetro electrónico	Q (m ³ /s aceite)
0	0	0
7	2,3	1,451E-04
8	2,7	1,703E-04
10	3,6	2,271E-04

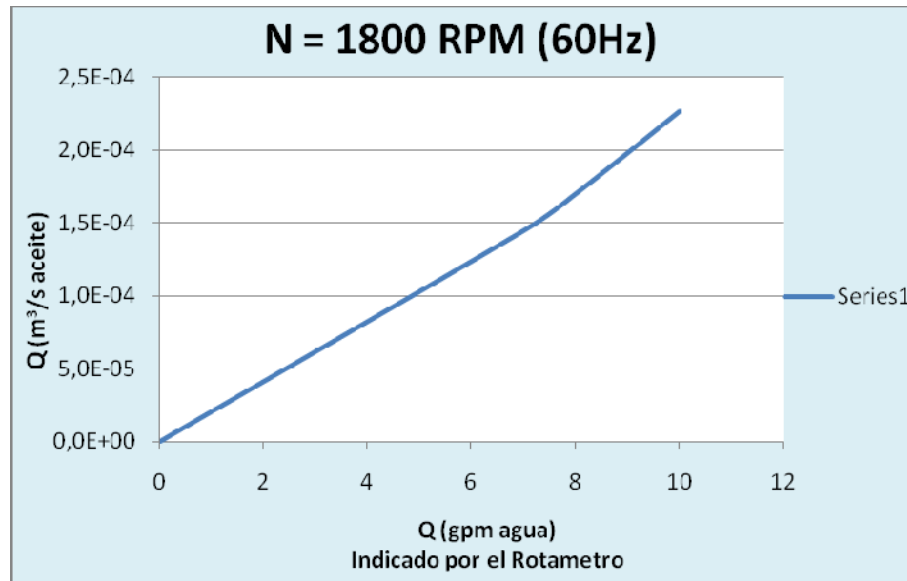


Figura D-5.- Curva de corrección de caudales a N = 1800 rpm (60 Hz).



ANEXO A

RESISTENCIA MECÁNICA DE TUBERÍAS DE

ACERO



MATERIAL CARACT. MECÁNICA	ACERO GALVANIZADO	FUNDICIÓN MALEABLE	COBRE	PVC DURO	PVC TERMORRESISTENTE
Resistencia a la tracción [Kgf/cm ²]	5000	5000	2470	530	550
Alargamiento [%]	22	6	53	100	30
Dureza HB	140	210	64		

EJEMPLO COMPARATIVO DE ELEMENTOS APROXIMADAMENTE EQUIVALENTES	PRESION MÁXIMA ADMISIBLE	OBSEVACIONES
Tubos de acero galvanizado de ¾ DN 20	UNE 19-040 Serie normal UNE 19-041 Serie reforzada	Se ha utilizado para el cálculo: <ul style="list-style-type: none"> El mismo coeficiente de seguridad en todos los casos La resistencia a la tracción reflejada en la tabla anterior
Codo de fundición maleable de ¾ (fig.90)	330 bar	
Tubo de cobre de 20 x 22	49,4 bar	
Tubo de PVC duro de 21 x 25	20 bar	
Tubo de PVC termorresistente de 21 x 25	21 bar	



ANEXO B.

ESPECIFICACIONES DE LAS VÁLVULAS DE GLOBO Y VÁLVULA DE ALIVIO.



Fig. 011
Fig. 012

Válvulas-globo
Globe Valves
Válvulas Globo

PN 50 **DN 6 → 50**
Class 300/600 1/4" 2"

Construção de acordo com a NBR 15055
Construction in accordance with NBR 15055
Construcción de acuerdo con NBR 15055

*Tampa com porca de união - extremidades com roscas BSP ou NPT
*Union bonnet ring - threaded ends - BSP or NPT
*Bonete con tuerca de unión - extremos roscaados BSP o NPT

Condições de trabalho Working conditions Condiciones de trabajo		Sem choque Non Shock Sin choque
Vapor saturado Saturated steam Vapor saturada	300 PSI (21 BAR)	
Água, óleo Water, oil Agua, aceite	600 PSI (42 BAR)	

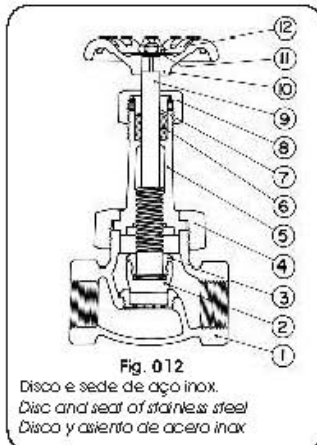


Fig. 012
Disco e sede de aço inox.
Disc and seat of stainless steel
Disco y asiento de acero inox

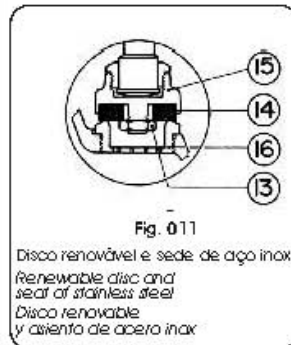
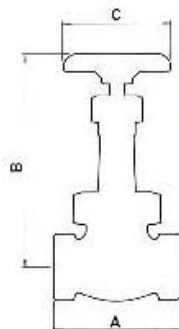


Fig. 011
Disco renovável e sede de aço inox.
Renewable disc and seat of stainless steel
Disco renovable y asiento de acero inox

Para a Fig. 011, nas medidas DN 6 (1/4") e DN 10 (3/8"),
o porta disco é integral à haste.
For Fig. 011, for DN 6 (1/4") and DN 10 (3/8") sizes,
the disc holder is integral with the stem.
Para la Fig. 011, en las medidas DN 6 (1/4") y DN 10 (3/8"),
el porta discos es integral al vástago.



Medidas Sizes Medidas	Medidas DN**	Peso Weight Peso	Dimensões Dimensions Dimensiones		
NPS*	DN**	Kg	A	B (Ø1)	C
1/4	6	0,44	58	110	60
3/8	10	0,50	64	110	60
1/2	15	0,82	75	145	65
3/4	20	1,10	90	160	70
1	25	1,78	106	180	80
1 1/4	32	2,66	122	200	90
1 1/2	40	3,70	135	235	100
2	50	6,15	165	260	120

* NPS: Nominal Pipe Size
** DN: Diámetro Nominal

Pos.	Descrição Description Descripción	Materiais Materials Materiales	NBR ASIM
1	Corpo Body Cuerpo	Bronze Bronze Bronce	6314 C92203 6 61 Alloy C922
2	Disco "plug" Plug disc Disco "plug"	Aço inox Stainless steel Acero inox	5601 410 A276 Type 410
3	Anela de presa Disc holder nut Tuerca del disco	Latão Brass Latón	5023 6 16 Alloy C360
4	Porca de união Union bonnet Tuerca de unión	Bronze Bronze Bronce	6314 C92203 6 62 Alloy C922
5	Tampa Bonnet Bonete	Bronze Bronze Bronce	6314 C92203 6 61 Alloy C922
6	Gaxeta Packing Empaque	PTFE	
7	Primo gaxeta Packing gland Prensa empaque	Latão Brass Latón	5023 6 16 Alloy C360
8	Porca da gaxeta Packing nut Tuerca prensa empaque	Bronze Bronze Bronce	6314 C83600 6 62 Alloy C836
9	Haste Stem Vástago	Latão Brass Latón	6188 C37703 6 124 Alloy C377
10	Volante Handwheel Volante	Alumínio Aluminum Aluminio	6 85 12A
11	Anela de identificação Identification plate Placita de identificación	Alumínio Aluminum Aluminio	
12	Porca do volante Handwheel nut Tuerca del volante	Aço bicromatizado Bichromated steel Acero bicromatizado	
13	Porca do disco Disc nut Tuerca del disco	Latão Brass Latón	5023 6 16 Alloy C360
14	Disco renovável Renewable disc Disco renovable	PTFE	
15	Porta disco Disc holder Porta disco	Bronze Bronze Bronce	6314 C83600 6 62 Alloy C836
16	Sede positor Seat ring Asiento renovable	Aço inox Stainless steel Acero inox	5601 410 A 276 Type 410



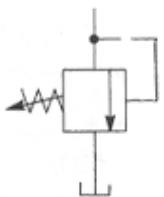
VICKERS®

Válvulas Limitadoras de Presión



Pequeñas, fácilmente instalables, las válvulas de control de presión hacen posible el controlar la válvula de alivio de un pistón balanceado desde una locación conveniente. Los rangos de presión disponibles para la válvula CGR-02 empiezan desde 4,5 hasta 70 bar (65 a 1000 psi), 4,5 a 140 bar (65 a 2000 psi), y desde 4,5 a 210 bar (65 a 3000 psi).

Válvulas de alivio montadas entre la bomba y el sistema de válvulas permiten proteger al sistema de sobrecargas. Un mecanismo de ajuste sensitivo permite la configuración de pequeños incrementos de presión en un amplio rango - hasta la máxima capacidad de la válvula. Los rangos de presión disponibles para estas válvulas van desde 5 hasta 70 bar (75 hasta 1000 psi) a 100 hasta 210 bar (1500 a 3000 psi). El caudal máximo es de 680 l/min.

Simbología	Modelo	Descripción	Tamaño Nominal	Presión Máxima	Caudal Máximo	Catálogo
				bar (psi)	l/min	
	C-175	Ajuste Manual	3/4" NPT	210 (3000)	680	5110.00/EN/1297/A GB-411A



ANEXO C.

**ESPECIFICACIONES Y MANUAL DE
USUARIO DEL VARIADOR DE FRECUENCIA.**

Índice

1. Seguridad	3
Instrucciones de seguridad	3
Aprobaciones	3
Advertencia de tipo general	3
Evitar arranques accidentales	4
Antes de iniciar tareas de reparación	5
2. Introducción	7
Código descriptivo	7
3. Programación	11
Instrucciones de programación	11
Programación con MCT-10	11
Programación con LCP 11 o LCP 12	11
Menú de estado	13
Menú rápido	13
Menú principal	14
4. Descripciones de parámetros	15
Grupo de parámetros 0: Funcionam./Display	15
Grupo de parámetros 1: Carga/Motor	20
Grupo de parámetros 2: Frenos	30
Grupo de parámetros 3: Referencia/Rampas	34
Grupo de parámetros 4: Límites/Advertencias	41
Grupo de parámetros 5: E/S digital	44
Grupo de parámetros 6: E/S analógica	50
Grupo de parámetros 7: Controladores	57
Grupo de parámetros 8: Comunicación	59
Grupo de parámetros 13: Smart Logic	64
Grupo de parámetros 14: Funciones especiales	73
Grupo de parámetros 15: Información del convertidor	76
Grupo de parámetros 16: Lecturas de datos	79
5. Listas de parámetros	85
6. Localización de averías	89
Índice	90

1. Seguridad

1

1.1.1. Advertencia de alta tensión



La tensión del convertidor de frecuencia es peligrosa cuando el equipo está conectado a la red. La instalación incorrecta del motor o del convertidor de frecuencia puede producir daños en el equipo, lesiones físicas graves e incluso la muerte. Por tanto, es muy importante respetar las instrucciones de este manual, así como las normas y reglamentos de seguridad vigentes locales y nacionales.

1.1.2. Instrucciones de seguridad

- Asegúrese de que el convertidor de frecuencia esté conectado a tierra correctamente.
- No retire las conexiones de la red de alimentación, ni las del motor u otras conexiones de alimentación mientras el convertidor de frecuencia esté conectado a la red.
- Proteja a los usuarios de la tensión de alimentación.
- Proteja al motor contra sobrecargas conforme a la normativa vigente local y nacional.
- La corriente de fuga a tierra es superior a 3,5 mA.
- La tecla [OFF] (Apagar) no es un interruptor de seguridad. No desconecta el convertidor de frecuencia de la red de alimentación.

1.1.3. Aprobaciones



1.1.4. Advertencia de tipo general



Advertencia:

El contacto con los componentes eléctricos puede llegar a provocar la muerte, incluso una vez desconectado el equipo de la red de alimentación.


Además, asegúrese de que ha desconectado las demás entradas de tensión (enlace del circuito intermedio CC).

Tenga en cuenta que puede haber alta tensión en el enlace de CC aunque los indicadores LED estén apagados.

Antes de tocar cualquier componente del convertidor VLT Micro que pudiera tener alta tensión, espere al menos 4 minutos.


Sólo se permite un intervalo de tiempo inferior si así se indica en la placa de características de un equipo específico.

1



Corriente de fuga
La corriente de fuga a tierra desde el convertidor de frecuencia VLT Micro FC 51 es superior a 3,5 mA. Según IEC 61800-5-1, debe garantizarse una toma de tierra de protección reforzada por medio de un cable a tierra de Cu, 10 mm² (mínimo), o un cable a tierra adicional (con la misma sección que el cable de alimentación de red) se debe terminar por separado.

Dispositivo de corriente residual
Este producto puede originar una corriente de CC en el conductor de protección. Si se utiliza un dispositivo de corriente residual (RCD) como protección adicional, sólo debe utilizarse un RCD de tipo B (retardo temporizado) en la alimentación de este producto. Consulte también la nota de aplicación de Danfoss sobre RCD núm. MN. 90.GX.YY.
La conexión protectora a tierra del convertidor VLT Micro y la utilización de dispositivos RCD siempre deben seguir las normas vigentes.




La protección contra sobrecarga del motor es posible mediante el ajuste del Parámetro 1-90 Protección térmica del motor al valor Desconexión ETR. Para EE UU y Canadá: las funciones ETR proporcionan protección contra sobrecarga del motor de clase 20 de acuerdo con el código NEC.



Instalación en altitudes elevadas:
Para altitudes superiores a 2 Km, contacte con Danfoss Drives en relación con PELV.

1.1.5. Red de alimentación IT



Red de alimentación IT
Instalación con una fuente aislada, es decir, redes IT.
Tensión máx. de alimentación permitida conectado a la red: 440 V.


Para mejorar el rendimiento de los armónicos, Danfoss ofrece filtros de línea opcionales.

1.1.6. Evitar arranques accidentales

Cuando el convertidor de frecuencia está conectado a la red de alimentación, el motor puede arrancarse o pararse mediante los comandos digitales, los comandos del bus, las referencias o el panel de control local.

- Desconecte el convertidor de frecuencia de la red de alimentación cuando así lo dicten las consideraciones de seguridad del personal, para evitar el arranque accidental de cualquier motor.
- Para evitar arranques accidentales, active siempre la tecla [OFF] (Apagar) antes de modificar cualquier parámetro.

1.1.7. Instrucciones para desecho del equipo



Los equipos que contienen componentes eléctricos no deben desecharse junto con los desperdicios domésticos. Deben recogerse de forma selectiva, junto con otros residuos de origen eléctrico y electrónico, conforme a la legislación local vigente.

1.1.8. Antes de iniciar tareas de reparación

1. Desconecte el FC 51 de la red eléctrica (y de la fuente de CC externa, si la hubiera).
2. Espere 4 minutos a que se descargue el enlace de CC.
3. Desconecte los terminales del bus de CC y de freno (si existen)
4. Retire el cable del motor


1

Descripción	Pos.	Elección posible
Grupo de productos	1-3	Convertidores de frecuencia ajustables
Serie y tipo de producto	4-6	Micro Drive
Potencia	7-10	0,18 - 7,5 kW
Tensión de red	11-12	S2: Monofásica 200 - 240 V CA T 2: Trifásica 200 - 240 V CA T 4: Trifásica 380 - 480 V CA
Protección	13-15	IP20 / Chasis
Filtro RFI	16-17	HX: Sin filtro RFI H1: Filtro RFI clase A1/B H3: Filtro RFI A1/B (longitud de cable reducida)
Freno	18	B: Chopper de frenado incluido X: Chopper de frenado no incluido
Display	19	X: Sin panel de control local N: Panel numérico de control local (LCP) P: Panel numérico de control local (LCP) con potenciómetro
PCB barnizado	20	C: PCB barnizado X: PCB no barnizado
Opción de alimentación	21	X: Sin opción de alimentación
Adaptación A	22	Sin adaptación
Adaptación B	23	Sin adaptación
Versión de software	24-27	Última versión - software estándar


Tabla 2.1: Descripción del código.

2.1.3. Símbolos


Símbolos utilizados en esta Guía de programación.



¡NOTA!
Indica algo que debe ser tenido en cuenta por el lector.



Indica una advertencia general.



Indica una advertencia de alta tensión.

* Indica ajustes predeterminados

2.1.4. Abreviaturas y convenciones

Términos:	Abreviaturas:	Unidades SI:	Unidades I-P:
Aceleración		m/s ²	ft/s ²
Diámetro de cable norteamericano	AWG		
Ajuste automático del motor	AMT		
Intensidad		A	Amp
Límite de intensidad	I _{LIM}		
Energía		J = N·m	ft-lb, Btu
Grados Fahrenheit	°F		
Convertidor de frecuencia	FC		
Frecuencia		Hz	Hz
Kilohercio	kHz		
Panel de control local	LCP		
Miliamperio	mA		
Milisegundo	ms		
Minuto	min		
Herramienta de control de movimiento	MCT		
Dependiente del tipo de motor	M-TYPE		
Newton por metro	Nm		
Intensidad nominal del motor	I _{M,N}		
Frecuencia nominal del motor	f _{M,N}		
Potencia nominal del motor	P _{M,N}		
Tensión nominal del motor	U _{M,N}		
Parámetro	par.		
Tensión protectora muy baja	PELV		
Potencia		W	Btu/hr, CV
Presión		Pa = N/m ²	psi, psf, pies de agua
Intensidad nominal de salida del inversor	I _{INV}		
Revoluciones por minuto	RPM		
Dependiente del tamaño	SR		
Temperatura		°C	°F
Tiempo		s	s, hr
Límite de par	T _{LIM}		
Tensión		V	V

Tabla 2.2: Tabla de abreviaturas y convenciones.

3. Programación

3.1. Instrucciones de programación

3.1.1. Programación con MCT-10

Si se instala el Software de programación MCT-10, el convertidor de frecuencia puede programarse desde un PC a través del puerto de comunicaciones RS485.

Este software se puede solicitar utilizando el código 130B1000 o se puede descargar desde el sitio web de Danfoss: www.danfoss.com, Business Area: Motion Controls.

Consulte el manual MG.10.RX.YY.

3.1.2. Programación con LCP 11 o LCP 12

El LCP se divide en cuatro grupos de funciones:

1. Display numérico.
2. Tecla [MENU].
3. Teclas de navegación.
4. Teclas de funcionamiento y luces indicadoras (LED).

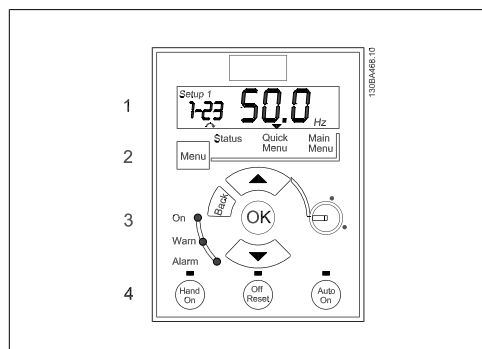


Ilustración 3.1: LCP 12 con potenciómetro

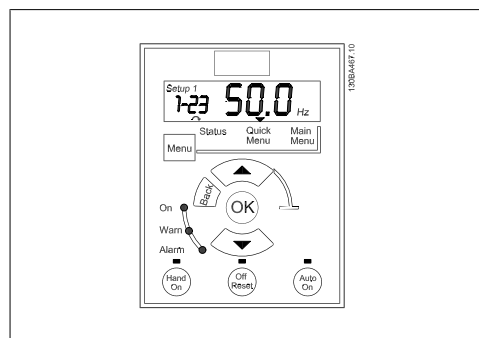


Ilustración 3.2: LCP 11 sin potenciómetro

El display:

En el display pueden leerse distintos tipos de información.

Set-up number (Número de ajuste) muestra el ajuste activo y el ajuste editado. Si el mismo ajuste actúa como ajuste activo y editado, sólo se mostrará ese número de ajuste (ajuste de fábrica).

Cuando difieren el ajuste activo y el editado, ambos números se muestran en el display (Ajuste 12). El número intermitente indica el ajuste editado.

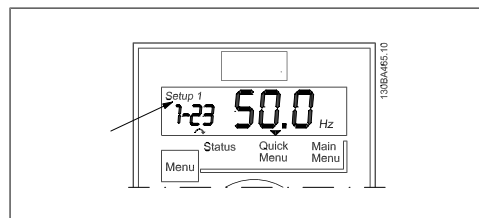


Ilustración 3.3: Indicación del ajuste

Los dígitos pequeños de la izquierda son el **número de parámetro** seleccionado.

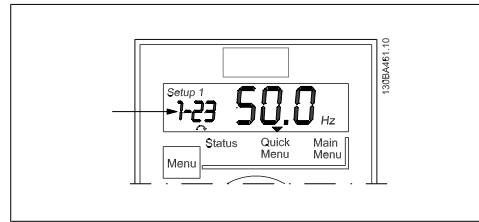


Ilustración 3.4: Indicación del nº de par.

Los dígitos grandes en el medio del display muestran el **valor** del parámetro seleccionado.

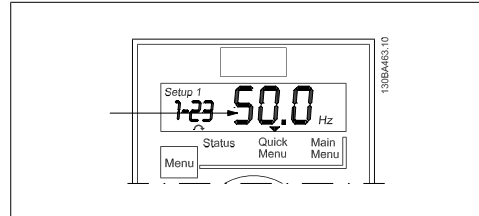


Ilustración 3.5: Indicación del valor del par. seleccionado

El lado derecho del display muestra la **unidad** del parámetro seleccionado. Ésta puede ser Hz, A, V, kW, HP (CV), %, s o RPM.

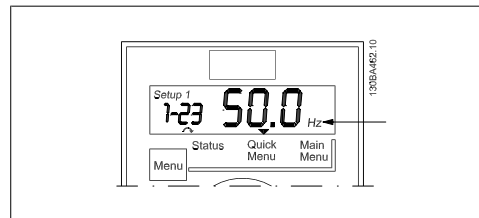


Ilustración 3.6: Indicación de la unidad del par. seleccionado

El **sentido de giro del motor** aparece en la parte inferior izquierda del display, con una pequeña flecha al lado que señala en el sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario.

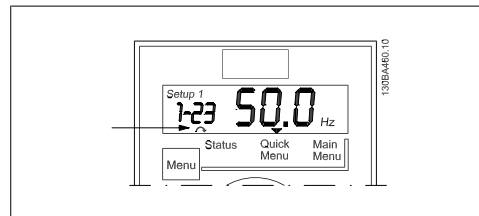


Ilustración 3.7: Indicación de la dirección del motor

Utilice la tecla [MENU] para seleccionar uno de los menús siguientes:

Status Menu (Menú Estado):

El menú de estado puede estar en *Readout Mode* (Modo de lectura de datos) o en *Hand on Mode* (Modo de marcha local). En *Readout Mode*, se muestra en el display el valor del parámetro de lectura de datos seleccionado.

En *Hand on Mode* muestra la referencia local del LCP.

Quick Menu (Menú rápido):

Muestra los parámetros del Menú rápido y su configuración. Desde aquí se puede acceder y editar los parámetros del Menú rápido. La mayoría de las aplicaciones pueden ejecutarse configurando los parámetros de los menús rápidos.

Main Menu (Menú principal):

Muestra los parámetros del Menú principal y su configuración. Desde aquí se puede acceder y editar todos los parámetros. Más adelante, en este capítulo encontrará una descripción general de los parámetros disponibles.

Luces indicadoras:

- LED verde: la alimentación del convertidor de frecuencia está conectada.
- LED amarillo: indica una advertencia.
- LED rojo intermitente: indica una alarma.

Teclas de navegación:

[Back] (Atrás): para ir al paso o nivel anterior en la estructura de navegación.

Flechas [▲] y [▼]: se utilizan para desplazarse entre grupos de parámetros, entre parámetros y dentro de éstos.

[OK]: para seleccionar un parámetro y aceptar los cambios en una configuración de parámetro.

Teclas de funcionamiento:

una luz amarilla encima de las teclas de funcionamiento indica cuál es la tecla activa.

[Hand on] (Marcha local): arranca el motor y activa el control del convertidor de frecuencia a través del LCP.

[Off/Reset] (Apagado/Reiniciar): el motor se detiene, salvo en el modo de alarma. En ese caso, el motor se reiniciará.

[Auto on] (Activación automática): el convertidor de frecuencia se controla por medio de los terminales de control o a través de comunicación serie.

[Potentiometer] (LCP12) (Potenciómetro): el potenciómetro funciona de dos maneras, dependiendo del modo en que se esté utilizando el convertidor de frecuencia.

En *Auto Mode*, el potenciómetro actúa como una entrada analógica programable adicional.

En *Hand on Mode*, el potenciómetro controla la referencia local.

3.2. Menú de estado

Después del arranque, el menú de estado está activo. Utilice la tecla [MENU] para cambiar entre Status (Estado), Quick Menu (Menú rápido) y Main Menu (Menú principal).

Utilice las flechas [▲] y [▼] para desplazarse entre las diferentes opciones de cada menú.

El display indica el modo de estado con una pequeña flecha encima de "Status".

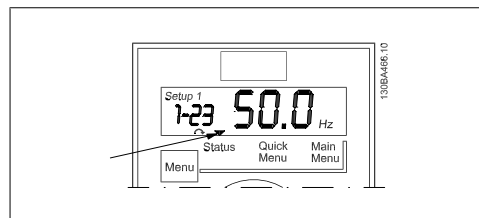


Ilustración 3.8: Indicación del modo Estado

3.3. Menú rápido

El Menú rápido proporciona un fácil acceso a los parámetros más utilizados.

1. Para entrar en el Menú rápido, pulse la tecla [MENU] hasta que el indicador del display se coloque encima de *Quick Menu* y, a continuación, pulse [OK].
2. Utilice las flechas [▲] y [▼] para desplazarse por los parámetros del Menú rápido.
3. Pulse [OK] para seleccionar un parámetro.

4. Utilice las flechas [▲] y [▼] para cambiar el valor de ajuste de un parámetro.
5. Pulse [OK] para aceptar el cambio.
6. Para salir, pulse [Back] (Atrás) dos veces para entrar en *Status* (Estado), o bien pulse [Menu] una vez para entrar en *Main Menu*.

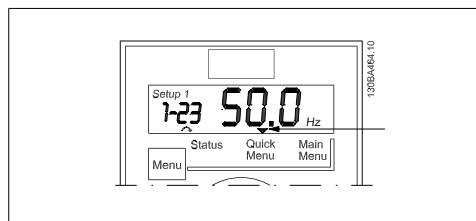


Ilustración 3.9: Indicación del modo Menú rápido

3.4. Menú principal

El Menú principal proporciona acceso a todos los parámetros.

1. Para entrar en el Menú principal, pulse la tecla [MENU] hasta que el indicador del display se coloque sobre *Main Menu*.
2. Utilice las flechas [▲] y [▼] para desplazarse por los grupos de parámetros.
3. Pulse [OK] para seleccionar un grupo de parámetros.
4. Utilice las flechas [▲] y [▼] para desplazarse por los parámetros de ese grupo en concreto.
5. Pulse [OK] para seleccionar el parámetro.
6. Utilice las flechas [▲] y [▼] para ajustar/cambiar el valor del parámetro.
7. Pulse [OK] para aceptar el valor.
8. Para salir, pulse dos veces [Back] (Atrás) para acceder al *Quick Menu* (Menú rápido), o pulse [Menu] una vez para entrar en *Status* (Estado).

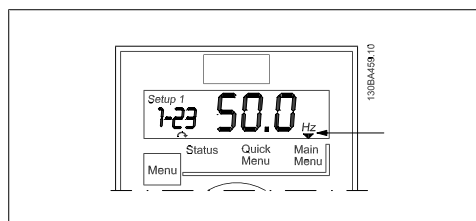



Ilustración 3.10: Indicación del modo Menú principal

4. Descripciones de parámetros

4.1. Grupo de parámetros 0: Funcionam./Display


0-03 Ajustes regionales

Option:	Función:
	A fin de satisfacer la necesidad de contar con diferentes ajustes regionales en diferentes partes del mundo, se ha incluido en el convertidor de frecuencia el par. 0-03, <i>Ajustes regionales</i> . La configuración seleccionada influye en el ajuste predeterminado de la frecuencia nominal del motor.
[0] * Internacional	Ajusta el valor predeterminado del par. 1-23, <i>Frecuencia motor</i> , a 50 Hz.
[1] EE UU	Ajusta el valor predeterminado del par. 1-23, <i>Frecuencia motor</i> , a 60 Hz.

 **¡NOTA!**
Este parámetro no se puede ajustar con el motor en marcha.

0-04 Estado operación en arranque (Modo Manual)

Option:	Función:
	Este parámetro regula si el convertidor de frecuencia debe o no arrancar el motor al encenderse después de un apagado en modo Manual.
[0] Auto-arranque	El convertidor de frecuencia arranca en el mismo estado Manual o Desactivado que cuando se apagó. La referencia local se almacena para su uso después el arranque.
[1] * Par. forz., ref. = 0	El convertidor de frecuencia se enciende en estado Desconexión, lo que significa que el motor estará parado después del encendido. La referencia local se almacena para su uso después el arranque.
[2] Par. forz., ref. = 0	El convertidor de frecuencia se enciende en estado Desconexión, lo que significa que el motor estará parado después del encendido. La referencia local se ajusta en 0. Por tanto, el motor no empezará a funcionar hasta que se incremente la referencia local.

 **¡NOTA!**
Si tiene instalado un LCP con potenciómetro, la referencia se ajusta de acuerdo con el valor actual del potenciómetro.

4.1.1. 0-1* Gestión de ajustes

Los parámetros definidos por el usuario y las diferentes entradas externas (p.e., bus, LCP, entradas analógicas/digitales, realimentación, etc.) controlan la funcionalidad del convertidor de frecuencia.

Un conjunto completo de parámetros que controlan el convertidor de frecuencia se conoce como un ajuste. La unidad Micro Drive FC 51 contiene 2 ajustes, el Ajuste activo 1 y el Ajuste activo 2. Además, puede copiarse un conjunto fijo de ajustes de fábrica a uno o más ajustes activos.

Algunas de las ventajas de tener más de un ajuste activo en el convertidor de frecuencia son:

- Hacer funcionar el motor en un ajuste (ajuste activo) mientras se actualizan los parámetros de otro ajuste (Editar ajuste).
- Conectar varios motores (uno cada vez) al convertidor de frecuencia. Los datos de motor para varios motores pueden colocarse en diferentes ajustes.
- Cambiar rápidamente la configuración del convertidor de frecuencia y/o del motor mientras éste último está en marcha (como pueden ser el tiempo de aceleración o las referencias predefinidas) mediante entradas digitales o de bus.

El *Ajuste activo* puede ajustarse como *Ajuste múltiple*, donde el ajuste activo se selecciona mediante una entrada digital a través de un terminal o a través del código de control del bus.



¡NOTA!

El *Ajuste de fábrica* no puede usarse como *Ajuste activo*.

0-10 Ajuste activo

Option:

Función:

Ajuste activo controla el motor.

El cambio de un ajuste a otro sólo puede producirse cuando

- el motor queda en inercia

O BIEN

- los ajustes entre los que se produce el cambio están relacionados entre sí (consultar par. 0-12, *Ajustes relacionados*).

Si se realiza un cambio entre ajustes que no están relacionados, dicho cambio no tendrá lugar hasta que el motor quede en inercia.



¡NOTA!

El motor sólo se considera detenido cuando queda en inercia.

[1] *	Ajuste activo 1	El <i>Ajuste activo 1</i> está activo.
[2]	Ajuste activo 2	El <i>Ajuste activo 2</i> está activo.
[9]	Ajuste activo	Seleccione el ajuste activo mediante la entrada digital y/o bus, consulte el par. 5-1* selección [23].

0-11 Editar ajuste

Option:	Función:
	<i>Editar ajuste</i> permite actualizar los parámetros del convertidor de frecuencia mediante LCP o bus. Este parámetro puede ser idéntico o distinto al <i>Ajuste activo</i> . Todos los ajustes se pueden editar durante el funcionamiento, independientemente del ajuste activo.
[1] * Ajuste activo 1	Actualizar los parámetros del <i>Ajuste activo 1</i> .
[2] Ajuste activo 2	Actualizar los parámetros del <i>Ajuste activo 2</i> .
[9] Ajuste activo	Actualizar los parámetros del ajuste seleccionado como <i>Ajuste activo</i> (consultar par. 0-10).

0-12 Ajustes relacionados

Option:	Función:
	La relación entre parámetros garantiza la sincronización de los valores de los parámetros "no modificables durante el funcionamiento", permitiendo cambiar de un ajuste a otro durante el uso. Si los ajustes no están relacionados, no será posible cambiar de uno a otro con el motor en marcha. Por tanto, el cambio de ajuste no se producirá hasta que el motor quede en inercia.
[0] Sin relacionar	No realiza cambios en los ajustes y no puede cambiarse con el motor en marcha.
[1] * Enlazado	Copia los valores de parámetro "no modificables durante el funcionamiento" en el ajuste seleccionado actualmente en <i>Editar ajuste</i> .



¡NOTA!

Este parámetro no puede modificarse con el motor en marcha.

4.1.2. 0-4* Teclado LCP

El convertidor de frecuencia puede operar en uno de los tres modos siguientes: *Manual*, *Desconexión* y *Auto*.

Manual: el convertidor de frecuencia se controla localmente y no permite ningún tipo de control a distancia. Al activar Manual, se produce una señal de inicio.

Desconexión: el convertidor de frecuencia se detiene con una rampa de parada normal. Cuando se seleccione Desconexión, el convertidor de frecuencia sólo puede ponerse en marcha pulsando Manual o Auto en el LCP.

Auto: en el modo Auto, el convertidor de frecuencia puede controlarse de forma remota (bus/digital).

0-40 Tecla [Hand on] en el LCP

Option:	Función:
[0] Desactivado	La tecla Hand on no tiene ninguna función.

[1] *	Activado	La tecla Hand on funciona con normalidad.
--------	----------	---

0-41 Tecla [Off/Reset] en el LCP

Option:
Función:

[0]	Desactivar Off/Reset	La tecla Off/Reset no tiene ninguna función.
-----	----------------------	--

[1] *	Activar Off/Reset	Señal de parada y reinicio de cualquier posible fallo.
--------	-------------------	--

[2]	Activar sólo Reset	Sólo reiniciar. La función de parada (No) se desactiva.
-----	--------------------	---

0-42 [Auto on] llave en LCP

Option:
Función:

[0]	Desactivado	La tecla Auto-on no tiene ninguna función.
-----	-------------	--

[1] *	Activado	La tecla Auto-on funciona con normalidad.
--------	----------	---

4.1.3. 0-5* Copiar/Guardar

0-50 Copia con LCP

Option:
Función:

El LCP desmontable del convertidor de frecuencia puede utilizarse para almacenar ajustes y para transferir datos al trasladar los ajustes de parámetros de un convertidor a otro.


¡NOTA!

Copia con LCP sólo puede activarse desde el LCP y SÓLO cuando el motor queda en inercia.

[1]	Trans. LCP tod. par.	Copiar todos los ajustes del convertidor de frecuencia al LCP.
-----	----------------------	--

[2]	Tr d LCP tod. par.	Copiar todos los ajustes desde el LCP al convertidor de frecuencia.
-----	--------------------	---

[3]	Tr d LCP par ind tam	Copiar todos los datos independientes del tamaño del motor desde el LCP al convertidor de frecuencia
-----	----------------------	--

0-51 Copia de ajustes

Option:
Función:

Utilice esta función para copiar el contenido de un ajuste en *Editar ajuste*.

Si desea poder realizar una copia de ajustes, asegúrese de que

- el motor queda en inercia
- par. 0-10, *Ajuste activo*, está ajustado en *Ajuste activo 1* [1] o *Ajuste activo 2* [2]


¡NOTA!

El teclado y la base de datos de parámetros se bloquean mientras se realiza la copia de ajustes.

[0] *	No copiar	La función de copia está inactiva
--------	-----------	-----------------------------------

- | | | |
|-----|--------------------------------|--|
| [1] | Copiar desde ajuste 1 | Copiar desde <i>Ajuste activo 1</i> para editar el ajuste seleccionado en el par. 0-11, <i>Editar ajuste</i> . |
| [2] | Copiar desde ajuste 2 | Copiar desde <i>Ajuste activo 2</i> para editar el ajuste seleccionado en el par. 0-11, <i>Editar ajuste</i> . |
| [9] | Copiar desde ajuste de fábrica | Copiar desde Ajustes de fábrica para editar el ajuste seleccionado en el par. 0-11, <i>Editar ajuste</i> . |

4.1.4. 0-6* Contraseña

0-60 Contraseña menú principal

Range:

Función:

Utilice una contraseña para evitar cambios no deseados en parámetros importantes, como pueden ser los del motor.

Los parámetros protegidos por contraseña siempre pueden leerse, pero no pueden editarse sin introducir la contraseña.

0 * [0 - 999]

Introducir la contraseña para acceder al menú principal a través de la tecla [Main Menu]. Seleccionar el número que le permita modificar otros valores de parámetros. El 0 indica que no existe contraseña.



¡NOTA!

Una contraseña sólo afecta al LCP, no a la comunicación con el bus.

4.2. Grupo de parámetros 1: Carga/Motor

1-00 Modo de configuración

Option:
Función:

Utilice este parámetro para seleccionar el principio de control de la aplicación a utilizar cuando haya activa una referencia remota.


¡NOTA!

Si se cambia este parámetro se restablecerán los valores predeterminados de los parámetros 3-00, 3-02 y 3-03.


¡NOTA!

Este parámetro no se puede ajustar con el motor en marcha.

[0] * Veloc. lazo abierto

Para control de velocidad normal (referencias).

[3] Proceso en bucle cerrado

Permite el control de proceso en bucle cerrado. Consulte el grupo de par. 7-3* para obtener más información sobre el controlador PI.

Al trabajar en lazo cerrado de proceso, el par. 4-10 *Dirección veloc. motor* debe estar ajustado en *Izqda. a dcha.* [0]

1-01 Principio control motor

Option:
Función:

[0] U/f

Se utiliza con motores conectados en paralelo y/o aplicaciones de motor especiales. La configuración U/f se define en los parámetros 1-55 y 1-56.


¡NOTA!

Al llevar a cabo el control U/f no se incluyen las compensaciones de deslizamiento y carga.

[1] * VVC+

Modo de funcionamiento normal, se incluyen las compensaciones de deslizamiento y carga.

1-03 Características de par

Option:
Función:

Con más características de par es posible obtener un consumo de energía muy bajo, así como aplicaciones de par elevado.

[0] * Par constante

La salida del eje del motor proporciona un par constante cuando se utiliza control de velocidad variable.

[2] Optim. automática de energía

Esta función optimiza automáticamente el consumo energético en aplicaciones de bomba centrífuga y ventilador. Consulte el par. 14-41 *Mínima magnetización AEO.*

1-05 Configuración modo manual

Option: **Función:**
 Este parámetros sólo es relevante cuando el par. 1-00, *Modo configuración*, está ajustado a *Proceso* [3]. El parámetros se utiliza para determinar la referencia o controlar el valor de consigna al cambiar del modo auto al modo manual en el LCP.

[0] Veloc. lazo abierto En el modo manual, el convertido funciona siempre en configuración de lazo abierto, sea cual sea el valor del par. 1-00 *Modo configuración*. El potenciómetro local (si lo hay) o la flecha arriba/abajo determinan la frecuencia de salida limitada por Límite alto/bajo veloc. motor (parámetros 4-14 y 4-12).

[2] * Como la configuración en el par. 1-00 Si el par. 1-00 *Modo configuración* está ajustado a *Lazo abierto* [1], la función es la descrita más arriba.
 Si el par. 1-00 está ajustado a *Proceso* [3], al cambiar de modo Auto a modo Manual se produce un cambio de valor de consigna a través del potenciómetro local o de la flecha arriba/abajo. El cambio está limitado por Referencia Máx./Mín. (parámetros 3-02 y 3-03).

4.2.1. 1-2* Datos de motor

Introducir los datos correctos de la placa de características del motor (potencia, tensión, frecuencia, intensidad y velocidad).

Realice una AMT, consulte el par. 1-29.

Los ajustes de fábrica para los datos de motor avanzados del par. 1-3* se calculan de forma automática.

¡NOTA!
 No se pueden ajustar los parámetros del grupo 1.2* con el motor en marcha.

1-20 Potencia motor [kW]/[CV] (P_{m,n})

Range: **Función:**
 Introducir la potencia del motor que indica la placa de características.

[0,09 kW/0,12 CV - 11 kW/15 CV] Dos tamaños menos, un tamaño por encima del valor nominal de VLT.

¡NOTA!
 Los cambios de este parámetro afectan a los par. 1-22 a 1-25, 1-30, 1-33 y 1-35.

1-22 Tensión motor (U_{m,n})

Range: **Función:**
 230/400 [50 - 999 V] Introducir la tensión del motor que figura en la placa de características.
 V

1-23 Frecuencia motor ($f_{m,n}$)

Range:

50 Hz* []

Función:

Introducir la frecuencia de motor que figura en la placa de características del mismo.

1-24 Intensidad motor ($I_{m,n}$)

Range:Depen- [0,01 - 26,00 A]
diente
de tipo
de mo-
tor***Función:**

Introducir la intensidad del motor según los datos de la placa de características.

1-25 Veloc. nominal motor ($n_{m,n}$)

Range:Depen- [100 - 9.999 RPM]
diente
de tipo
de mo-
tor***Función:**

Introducir la velocidad nominal según los datos de la placa de características.

1-29 Adaptación automática del motor (AMT)

Option:**Función:**

Utilizar la AMT para optimizar el rendimiento del motor.

**¡NOTA!**

Este parámetro no se puede modificar con el motor en marcha.

1. Detenga el VLT y compruebe que el motor está en reposo
2. Seleccione [2] Activar AMT
3. Aplique la señal de arranque
 - A través del LCP: Pulse Hand On (Marcha local)
 - O bien, estando activado el modo remoto: Aplique una señal de arranque en el terminal 18

[0] * [Off] (Apagado)

La función AMT está desactivada.

[2] Activar AMT

La función AMT se pone en marcha.

**¡NOTA!**

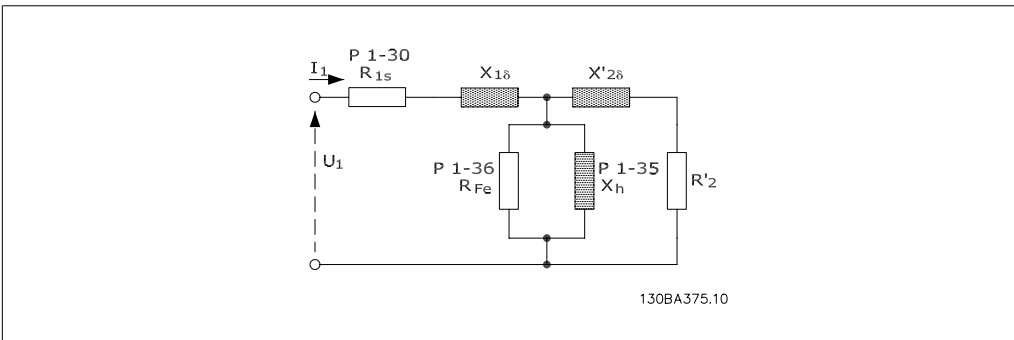
Para lograr una adaptación óptima del convertidor de frecuencia, efectúe la AMT con el motor frío.

4.2.2. 1-3* Dat. avanz. motor

Ajuste los datos de motor avanzados usando uno de estos métodos:

1. Efectúe una AMT con el motor frío. El convertidor de frecuencia mide el valor del motor.
2. Introducir manualmente el valor de X_1 . Obtenga este valor del proveedor del motor.
3. Utilice el ajuste predeterminado de X_1 . El convertidor de frecuencia selecciona el ajuste basándose en los datos de la placa de características del motor.

¡NOTA!
Este parámetro no puede modificarse con el motor en marcha.



1-30 Resistencia estátor (R_s)

<p>Range: Depen- [Ohmio] diente de los datos del mo- tor*</p>	<p>Función: Ajuste el valor de resistencia del estátor.</p>
--	--

1-33 Reactancia fuga estátor (X_1)

<p>Range: Depen- [Ohmio] diente de los datos del mo- tor*</p>	<p>Función: Defina la reactancia de fuga del estátor del motor.</p>
--	--

1-35 Reactancia princ. (X_2)

<p>Range: Depen- [Ohmio] diente de los datos del mo- tor*</p>	<p>Función: Defina la reactancia principal del motor.</p>
--	--

4.2.3. 1-5* Aj. indep. carga

Este grupo de parámetros sirve para configurar los ajustes del motor independientes de la carga.

1-50 Magnet. motor a veloc. cero

Range:**Función:**

Este parámetro permite utilizar una carga térmica distinta en el motor en el funcionamiento a baja velocidad.

100 %* [0 - 300%]

Introduzca un porcentaje de intensidad de magnetización nominal. Si el valor es demasiado bajo, podría reducirse el par del eje del motor.

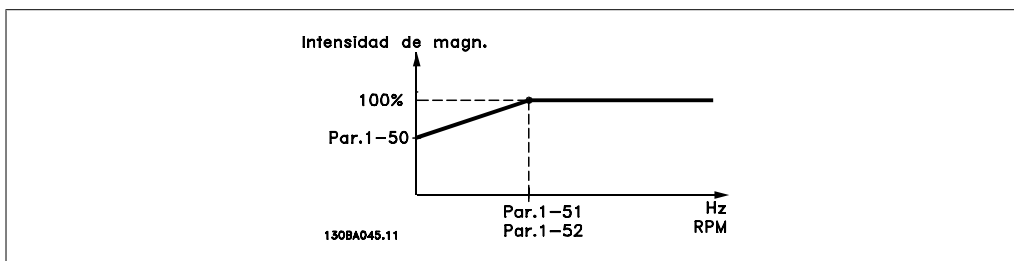
1-52 Magn. mín. a velocidad normal [Hz]

Range:**Función:**

Utilice este parámetro junto con el par. 1-50, *Magnet. motor a veloc. cero*.

0,0 Hz* [0,0 - 10,0 Hz]

Ajuste la frecuencia deseada para una intensidad de magnetización normal. Si se ajusta la frecuencia a un valor inferior a la frecuencia de deslizamiento del motor, el par. 1-50 *Magnet. motor a veloc. cero* estará inactivo.



1-55 Característica U/f - U

Range:**Función:**

Este parámetro es un parámetro indexado [0-5] y sólo se encuentra operativo cuando el par. 1-01 *Principio control motor* está ajustado a *U/f*[0].

0,0 V* [0,0 - 999,9 V]

Introducir la tensión para cada punto de frecuencia para crear manualmente una característica U/f que se ajuste al motor. Los puntos de frecuencia se definen en el par. 1-56, *Característica U/f - F*.

1-56 Característica U/f - F

Range:**Función:**

Este parámetro es un parámetro indexado [0-5] y sólo se encuentra operativo cuando el par. 1-01 *Principio control motor* está ajustado a *U/f*[0].

0,0 Hz* [0,0 - 1.000,0 Hz]

Introducir los puntos de frecuencia para crear manualmente una característica U/f que se ajuste al motor. La tensión en cada punto se define en el par. 1-55 *Característica de U/f - U*.

Cree una característica U/f basándose en seis tensiones y frecuencias definibles. Vea la figura a continuación.

Simplifique características U/f combinando 2 o más puntos (tensiones y frecuencias), definidos respectivamente como iguales.

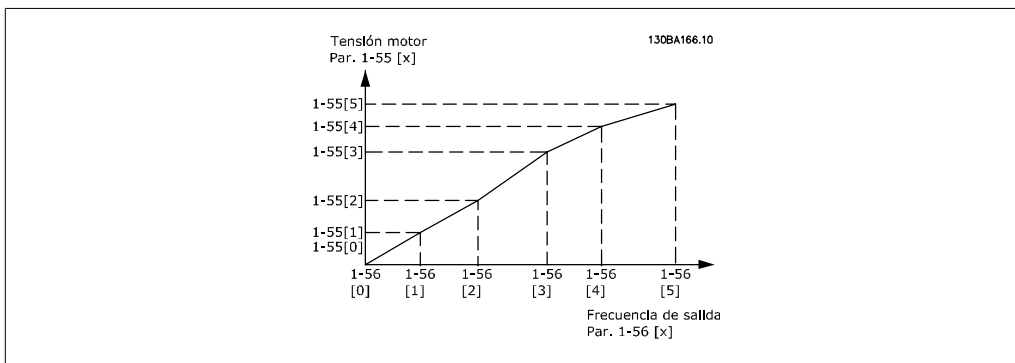


Ilustración 4.1: Fig. 1 Características U/f

¡NOTA!
 Para el par. 1-56 se aplica lo siguiente:
 $[0] \leq [1] \leq [2] \leq [3] \leq [4] \leq [5]$

4.2.4. 1-6* Aj. depend. carga

Parámetros para realizar ajustes dependientes de la carga del motor.

1-60 Compensación carga baja veloc.

Range:

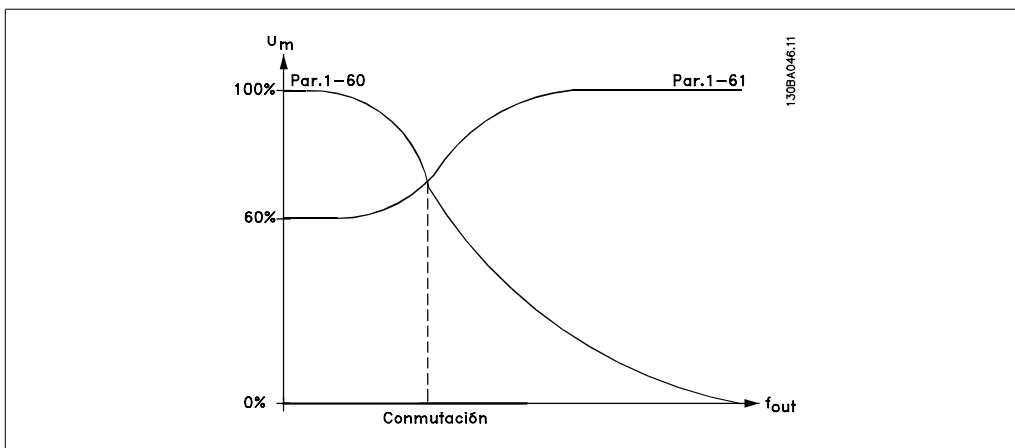
Función:

Utilice este parámetro para obtener una característica U/f óptima con el funcionamiento a velocidad lenta.

100 %* [0-199 %]

Introducir un porcentaje relativo a la carga cuando el motor funciona a baja velocidad.

El punto de cambio se calcula de forma automática basándose en el tamaño del motor.



1-61 Compensación carga alta velocidad

Range:

Función:

Utilice este parámetro para obtener la compensación de carga óptima con el funcionamiento a alta velocidad.

100 %* [0 - 199 %] Introduzca un porcentaje para compensar en relación con la carga cuando el motor funciona a alta velocidad.
El punto de paso se calcula de forma automática basándose en el tamaño del motor.

1-62 Compensación de deslizamiento

Range: 100 %* [-400 - 399 %]
Función: Compensación para el deslizamiento de motor dependiente de la carga.
La compensación del deslizamiento se calcula automáticamente sobre la base de la velocidad nominal del motor, $n_{M,N}$.



¡NOTA!

Esta función sólo está activa cuando el par. 1-00 *Modo configuración* está ajustado a *Veloc. lazo abierto* [0] o cuando el par. 1-01 *Principio control motor* está ajustado a *VVC+* [1].

1-63 Tiempo de compensación de deslizamiento

Range: 0,10 s [0,05 - 5,00 s]
Función: Introduzca la velocidad de reacción de compensación del deslizamiento. Un valor alto produce una reacción lenta, mientras que uno bajo produce una reacción rápida.
Si se producen problemas de resonancia a baja frecuencia, ajuste un tiempo más largo.

4.2.5. 1-7* Ajustes arranque

Teniendo en cuenta la necesidad de contar con diversas funciones de arranque en diferentes aplicaciones, es posible seleccionar una serie de funciones en este grupo de parámetros.

1-71 Retardo arr.

Range: 0,0 s* [0,0 - 10,0 s]
Función: El retardo de arranque define el tiempo que debe pasar desde que se envía una orden de arranque hasta que el motor empieza a acelerar.
Si se ajusta el retardo de arranque en 0,0 segundos, se desactiva la *Función de arranque*, [1-72], al enviar la orden de arranque.

0,0 s* [0,0 - 10,0 s] Introduzca el tiempo de retardo requerido antes de comenzar la aceleración.
El par. 1-72 *Función de arranque* está activo durante el *tiempo de retardo de arranque*.

1-72 Función de arranque

Option: [0] CC mantenida/Tiempo retardo
Función: El motor recibe energía con intensidad de CC mantenida (par. 2-00) durante el tiempo de retardo de arranque.

[1]	Freno CC/tiempo retardo	El motor recibe energía con intensidad de frenado de CC (par. 2-01) durante el tiempo de retardo de arranque.
[2] *	Tiempo inercia/retardo	El inversor presenta inercia durante el tiempo de retardo de arranque (inversor apagado).

1-73 Motor en giro

Option:

Función:

Utilice Motor en giro para capturar un motor que esté girando después de un corte de red.

Esta función no debe utilizarse para aplicaciones de elevación.

[0] *	Desactivado	La función de Motor en giro no es necesaria.
[1]	Activado	El convertidor puede capturar un motor en giro.

¡NOTA!
 Cuando la función Motor en giro está activada, el par. 1-71 *Retardo arr.* y el par. 1-72 *Función de arranque*, no tienen ninguna función.

4.2.6. 1-8* Ajustes de parada

A fin de satisfacer la necesidad de diversas funciones de parada en diferentes aplicaciones, estos parámetros ofrecen algunas funciones especiales para el motor.

1-80 Función de parada

Option:

Función:

La función de parada seleccionada está activa en las situaciones siguientes:

- Se ordena la parada y la velocidad de salida disminuye hasta la *Velocidad mín. para la activación de funciones de parada.*
- El comando de arranque se elimina (en espera) y la velocidad de salida se reduce hasta la *Velocidad mín. para la activación de funciones de parada.*
- Se utiliza el comando de freno de CC y el tiempo de freno de CC ya ha pasado
- Mientras la velocidad de salida en funcionamiento y la velocidad de salida calculada está por debajo de la *Velocidad mín. para la activación de funciones de parada.*

[0] *	Inercia	El inversor presenta inercia.
[1]	CC mantenida	El motor recibe energía de una corriente de CC. Consulte el par. 2-00 <i>CC mantenida</i> para más información.

1-82 Vel. mín. para func. parada [Hz]

Range:

0,0 Hz* [0,0 - 200,0 Hz]

Función:Ajustar la velocidad a la que se activa el par. 1-80 *Función de parada*.

4.2.7. 1-9* Temperatura motor

Con un monitor de estimación de temperatura del motor, el convertidor de frecuencia es capaz de calcular la temperatura del motor sin necesidad de tener instalado un termistor. Es por tanto posible recibir una advertencia o una alarma si la temperatura del motor supera el límite operacional máximo.

1-90 Protección térmica del motor

Option:**Función:**

Gracias al ETR (relé térmico electrónico) la temperatura del motor se calcula basándose en la frecuencia, la velocidad y el tiempo. Danfoss recomienda el uso de la función ETR si no se cuenta con un termistor.

**¡NOTA!**

El cálculo del ETR se basa en los datos del motor del grupo 1-2*.

[0] *	Sin protección	Desactiva el control de la temperatura.
[1]	Advert. termistor	Un termistor conectado a una salida digital o analógica genera una advertencia si se supera el límite máximo de temperatura (véase el par. 1-93, <i>Fuente de termistor</i>).
[2]	Descon. termistor	Un termistor conectado a una entrada digital o analógica genera una alarma y provoca la desconexión del convertidor de frecuencia si se supera el límite máximo de temperatura, (véase el par. 1-93, <i>Fuente de termistor</i>).
[3]	Advertencia ETR	Si se supera el límite máximo de temperatura del motor, se genera una advertencia.
[4]	Desconexión ETR	Si se supera el límite máximo de temperatura del motor, se genera una alarma y se desconecta el convertidor de frecuencia.

1-93 Fuente de termistor

Option:**Función:**

Seleccione el terminal de entrada del termistor.

[0] *	Ninguno	No ningún termistor conectado.
[1]	Entrada analógica 53	Conecte el termistor al terminal de entrada analógica 53.

**¡NOTA!**

La entrada analógica 53 no puede seleccionarse para otros fines cuando se selecciona como fuente de termistor.

[6] Entrada digital 29 Conecte el termistor al terminal de entrada digital 29.
 Mientras esta entrada funcione como entrada de termistor, no responderá a la función seleccionada en el par. 5-13, *Terminal 29 entrada digital*. El valor del par. 5-13 se mantiene sin cambios en la base de datos de parámetros mientras la función está inactiva.

Entrada digital/ analógica	Tensión de alimen- tación	Umbral de desconec- ción Valores
Digital	10 V	<800 ohm - >2.900 ohm
Analógica	10 V	<800 ohm - >2.900 ohm

4.3. Grupo de parámetros 2: Frenos

4.3.1. 2-** Frenos

4.3.2. 2-0* Freno CC

El propósito de la función de freno CC consiste en frenar un motor giratorio aplicando intensidad de CC al motor.

2-00 Intensidad de CC mantenida

Range:

Función:

Este parámetro mantiene el funcionamiento del motor (par de mantenimiento) o precalienta el motor.

Este parámetro está activado si se selecciona *CC mant.* en el par. 1-72 *Función de arranque* o en el par. 1-80 *Función de parada*.

50%* [0 - 100%]

Introducir un valor de corriente mantenida como valor porcentual de la intensidad nominal del motor ajustada en el par. 1-24, *Intensidad motor*. El 100% de la corriente de CC mantenida corresponde a $I_{M,N}$.



¡NOTA!

Evite la intensidad al 100% durante demasiado tiempo, ya que podría sobrecalentar el motor.

2-01 Intens. freno CC

Range:

Función:

50 %* [0 - 150%]

Ajuste la intensidad de CC necesaria para frenar el motor de giro.

Active el freno de CC de una de las cuatro maneras siguientes:

1. Comando Freno CC, consulte el par. 5-1* selección [5]
2. Función de conexión del freno CC, consulte el par. 2-04
3. Freno CC seleccionado como función de arranque, consulte el par. 1-72
4. Freno CC en conexión con *Motor en giro*, par. 1-73.

2-02 Tiempo de frenado CC

Range:

Función:

El tiempo de frenado CC define el período durante el que la *Intens. freno CC* se aplica al motor.

10,0 s* [0,0 - 60 s]

Ajuste la intensidad de freno CC, definida en el par. 2-01, que debe aplicarse.

**¡NOTA!**

Si el freno CC se activa como función de arranque, el tiempo de frenado CC se define mediante el *retardo de arranque*.

2-04 Velocidad de conexión del freno CC**Range:**

0,0 Hz* [0,0 - 400,0 Hz]

Función:

Ajuste la velocidad de conexión del freno CC para activar la intensidad de frenado de CC, ajustada en el par. 2-01, al desacelerar la rampa.

Cuando se ajusta en 0, la función se desactiva.

4

4.3.3. 2-1* Func. energ. freno

Utilice los parámetros de este grupo para seleccionar parámetros de freno dinámico.

2-10 Función de freno**Option:****Función:****Freno con resistencia:**

El freno con resistencia limita la tensión en el circuito intermedio cuando el motor funciona como generador. Sin el freno con resistencia, el convertidor de frecuencia acaba desconectándose.

El freno con resistencia consume la energía sobrante del frenado del motor. Un convertidor de frecuencia con freno detiene un motor más rápido que uno sin él, lo cual se utiliza en muchas aplicaciones. Requiere una conexión de resistencia de freno externa.

Una alternativa al freno con resistencia es el frenado de CA.

**¡NOTA!**

El freno con resistencia sólo funciona en convertidores de frecuencia con freno dinámico integrado. Debe conectarse una resistencia externa.

Frenado de CA:

El frenado de CA consume la energía sobrante por la creación de pérdida de energía en el motor.

Es importante recordar que un incremento en la pérdida de energía provoca que la temperatura del motor aumente.

[0] *	Off (Apagado)	Sin función de freno.
[1]	Freno con resistencia	El freno con resistencia está activo.
[2]	Frenado de CA	El frenado de CA está activo.

2-11 Resistencia freno (ohmios)**Range:**

5 Ω* [5 - 5.000 Ω]

Función:

Ajuste el valor de la resistencia de freno.

2-16 Intensidad máx. de frenado de CA

Range: 100.0 % [0.0 - 150.0 %] *	Función: Introduzca la máxima corriente admisible al utilizar frenado de CA, para evitar el recalentamiento del motor. El 100% es igual a la intensidad de motor ajustada en el par. 1-24.
---	---

2-17 Control de sobretensión

Option:	Función: Utilice el control de sobretensión (OVC) para reducir el riesgo de que el convertidor de frecuencia se desconecte debido a un exceso de tensión en el bus CC provocado por la energía generativa procedente de la carga. La sobreintensidad se produce, por ejemplo, si el tiempo de desaceleración de rampa ajustado es demasiado corto en comparación con la carga de inercia real.
----------------	---

[0] *	Desactivado	El Ctrl sobrtens. no está activo/no es necesario.
[1]	Activado (no parada)	El control de sobretensión funciona salvo que se active una señal de parada.
[2]	Activado	El control de sobretensión funciona incluso cuando se activa una señal de parada.



¡NOTA!

Si se ha seleccionado Freno con resistencia en el par. 2-10 *Función de freno*, el control de sobretensión no estará activo aunque esté activado en este parámetro.

4.3.4. 2-2* Freno mecánico

Las aplicaciones de elevación requieren disponer de un freno electromagnético. El freno está controlado por un relé que libera el freno cuando se activa.

El freno se activa si el convertidor de frecuencia se desconecta o si se emite un comando de inercia. Además, se activa cuando la velocidad se disminuye por debajo de la seleccionada en el par. 2-22, *Activar velocidad freno*.

2-20 Intensidad freno liber.

Range: 0,00 A* [0,00 - 100 A]	Función: Seleccione la intensidad de motor a la que se libera el freno mecánico.
---	--



Si se ha sobrepasado el tiempo de retardo de arranque y la intensidad de motor está por debajo de la *Intensidad freno liber.*, el convertidor de frecuencia se desconecta.

2-22 Activación del freno mecánico**Range:****Función:**

Si el motor se detiene usando la rampa, el freno mecánico se activa cuando la velocidad del motor del motor es inferior a la *Velocidad de activación del freno*.

El motor desacelera hasta detenerse en las situaciones siguientes:

- Se suprime un comando de arranque (en espera)
- Se activa un comando de parada
- Se activa la parada rápida (se utiliza una rampa de parada rápida)

0 Hz* [0 - 400 Hz]

Seleccione la velocidad del motor a la que se activará el freno mecánico durante la desaceleración de rampa.

El freno mecánico se activa de forma automática si el convertidor de frecuencia se desconecta o informa de una alarma.

4.4. Grupo de parámetros 3: Referencia/Rampas

4.4.1. 3-** Ref./Rampas

Parámetros para el manejo de referencias, definición de limitaciones, y configuración de la reacción del convertidor de frecuencia a los cambios

4.4.2. 3-0* Límites referencia

Parámetros para ajustar la unidad de referencia, límites e intervalos.

3-00 Rango de referencia

Option:

Función:

Seleccione el rango de referencia y las señales de realimentación. Los valores pueden ser tanto positivos como negativos, salvo que el par. 1-00, *Modo configuración*, esté ajustado a *Veloc. Lazo Cerrado* [3] En ese caso sólo se admiten valores positivos.

[0]* Mín - Máx

Los rangos de los puntos de referencia sólo pueden contener valores positivos.
Seleccione esta opción sólo si la unidad está funcionando en lazo cerrado de proceso.

[1] -Máx - +Máx

Los rangos pueden tener tanto valores positivos como negativos.

3-02 Referencia mínima

Range:

Función:

0.00* [-4999 - 4999]

Introducir el valor de referencia mínima.

La suma de todas las referencias internas y externas está limitada al valor de referencia mínima, par. 3-02.

3-03 Referencia máxima

Range:

Función:

50.00* [-4999 - 4999]

Introducir un valor para la referencia máxima.

La suma de todas las referencias internas y externas está limitada al valor de referencia máxima, par. 3-03.

4.4.3. 3-1* Referencias

Parámetros para ajustar las fuentes de referencias. Seleccionar las referencias preajustadas para las entradas digitales correspondientes en el grupo de parámetros 5.1*, *Entradas digitales*.

3-10* Referencia interna

Option:

Función:

Cada ajuste de parámetro contiene 8 referencias internas que pueden seleccionarse mediante 3 entradas digitales o mediante bus.

[18] EXB	[17] MSB	[16] LSB	Ref. interna, sí.
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7

Tabla 4.1: Par. 5-1* selección [16], [17] y [18]

[0.00] * -100.00 - 100.00%

Introducir las diferentes referencias internas utilizando programación indexada.

Normalmente, el 100% es igual al valor ajustado en el par. 3-03, *Referencia máxima*.

No obstante, existen excepciones si el par. 3-00 se ajusta a *Mín. - Máx.* [0].

Ejemplo 1:
El par. 3-02 se ajusta a 20 y el par. 3-03 se ajusta a 50. En este caso 0% = 0 y 100% = 50.

Ejemplo 2:
El par. 3-02 se ajusta a 70 y el par. 3-03 se ajusta a 50. En este caso 0% = 0 y 100% = 70.

3-11 Velocidad fija [Hz]

Range:

Función:

La velocidad fija es una velocidad de salida fija que anula la velocidad de referencia seleccionada. Consulte el par. 5-1* selección [14].

Si el motor se detiene en modo fijo, la señal fija actúa como señal de arranque.

Si se elimina la señal fija, el motor funciona de acuerdo con la configuración seleccionada.

5,0 Hz [0,0 - 400,0 Hz] Seleccione la velocidad a utilizar como velocidad fija.

3-12 Valor de enganche/arriba-abajo

Range:

Función:

0% * [0 - 100%]

La función *Enganche/arriba-abajo* se activa mediante un comando de entrada (véase el par. 5-1*, selección [28]/[29]). Si el comando está activo, el valor de enganche/arriba-abajo (en %) se añade a la función de referencia de la manera siguiente:

$$Referencia = Referencia + referencia \times$$

$$\frac{\text{Enganche arriba Enganche abajo}}{100}$$

$$\text{Referencia} = \text{Referencia} - \text{referencia} \times \frac{\text{Enganche arriba Enganche abajo}}{100}$$

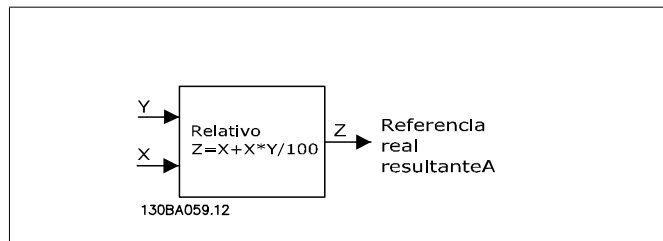
Cuando el comando de entrada se desactiva, la referencia vuelve a su valor original, es decir: Referencia = Referencia + 0.

3-14 Referencia relativa interna

Range: 0.00% [-100.00 - 100.00%] **Función:** Definir un valor fijo (en %) que se agrega al valor variable definido en el par. 3-18 *Recurso refer. escalado relativo*.

La suma de los valores fijo y variable (denominada Y en la siguiente ilustración) se multiplica por la referencia real (denominada X). Este producto se añade a la referencia actual

$$X + X \times \frac{Y}{100}$$



3-15 Fuente de referencia 1

Option: **Función:** Los par. 3-15, 3-16 y 3-17 definen hasta tres señales de referencia diferentes. La suma de estas señales de referencia define la referencia actual.

[0]	Sin función	No se define ninguna señal de referencia.
[1] *	Entrada analógica 53	Utilice señales de la entrada analógica 53 como referencia, consulte el par. 6-1*.
[2]	Entrada analógica 60	Utilice señales de la entrada analógica 60 como referencia, consulte el par. 6-2*.
[11]	Referencia bus local	Utilice señales de bus local como referencia, consulte el par. 8-9*.
[21]	Potenciómetro del LCP	Utilice señales del potenciómetro del LCP como referencia, consulte el par. 6-8*.
[8]	Entrada de pulsos	Utilice señales de entrada de pulsos como referencia, consulte el par. 5-5*.

3-16 Fuente de referencia 2

Option: **Función:** Consulte el par. 3-15 para obtener una descripción.

[0]	Sin función	No se define ninguna señal de referencia.
-----	-------------	---

[1]	Entrada analógica 53	Utilice señales de la entrada analógica 53 como referencia.
[2] *	Entrada analógica 60	Utilice señales de la entrada analógica 60 como referencia.
[11]	Referencia bus local	Utilice señales de bus local como referencia.
[21]	Potenciómetro del LCP	Utilice señales del potenciómetro del LCP como referencia.

3-17 Fuente de referencia 3

Option: **Función:**
Consulte el par. 3-15 para obtener una descripción.

[0]	Sin función	No se define ninguna señal de referencia.
[1]	Entrada analógica 53	Utilice señales de la entrada analógica 53 como referencia.
[2]	Entrada analógica 60	Utilice señales de la entrada analógica 60 como referencia.
[11] *	Referencia bus local	Utilice señales de bus local como referencia.
[21]	Potenciómetro del LCP	Utilice señales del potenciómetro del LCP como referencia.

3-18 Recurso refer. escalado relativo

Option: **Función:**
Seleccione un valor variable para añadir al valor fijo definido en el par. 3-14, *Referencia interna relativa*.

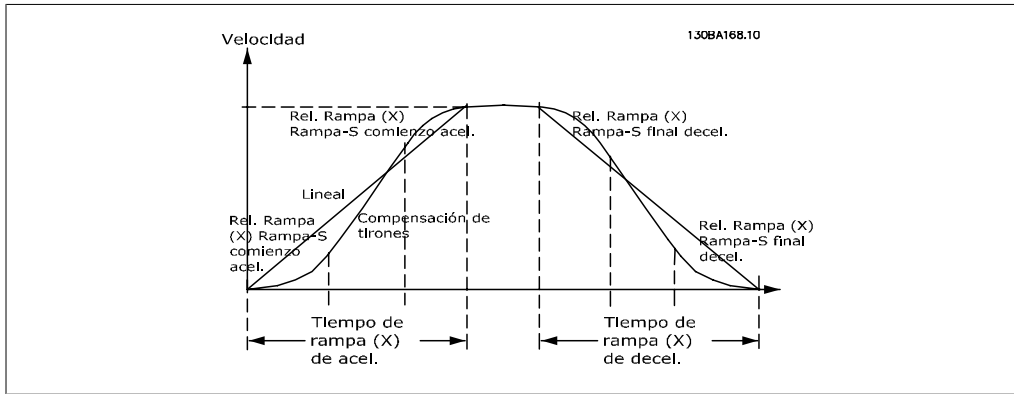
[0] *	Sin función	La función está desactivada
[1]	Entrada analógica 53	Seleccione la entrada analógica 53 como fuente de referencia de escalado relativo.
[2]	Entrada analógica 54	Seleccione la entrada analógica 54 como fuente de referencia de escalado relativo.
[8]	Entrada de pulsos 33.	Seleccione la entrada de pulsos 33 como fuente de referencia de escalado relativo.
[11]	Referencia bus local	Seleccione la referencia de bus local como fuente de referencia de escalado relativo.
[21]	Potenciómetro del LCP	Seleccione el potenciómetro del LCP como fuente de referencia de escalado relativo.

4.4.4. 3-4* Rampa 1

Una rampa lineal se caracteriza por una aceleración constante hasta alcanzar la velocidad del motor deseada. Puede producirse cierta sobremodulación al alcanzar la velocidad, lo cual a su vez podría provocar sacudidas durante unos momentos antes de estabilizarse.

Una rampa en S acelera con mayor suavidad, de manera que las sacudidas quedan compensadas al alcanzar la velocidad.

Consulte la figura siguiente para ver una comparación de los dos tipos de rampa.



Tiempos de rampa:

Aceleración de rampa: tiempo de aceleración. De 0 a la frecuencia nominal del motor (par 1-23).
 Desaceleración de rampa: tiempo de desaceleración. De la frecuencia nominal de motor (par 1-23) a 0.

Limitación:

Un tiempo de aceleración de rampa demasiado corto puede provocar una advertencia de límite de par (W12) y/o una advertencia de sobretensión de CC (W7). El movimiento de rampa se detiene cuando el convertidor de frecuencia alcanza el modo de motor con límite de par (par. 4-16).
 Un tiempo de desaceleración de rampa demasiado corto puede provocar una advertencia de límite de par (W12) y/o una advertencia de sobretensión de CC (W7). El movimiento de rampa se detiene cuando el convertidor de frecuencia entra en modo de generador con límite de par (par. 4-17) y/ o una CC interna por encima del límite de tensión.

3-40 Tipo rampa 1

Option:	Función:
[0] * Lineal	Aceleración/desaceleración constante.
[2] Rampa en S	Aceleración/deceleración suave con compensación de sacudidas.

3-41 Rampa 1 tiempo accel. rampa

Range:	Función:
3,00 s* [0,05 - 3600 s]	Introducir el tiempo de aceleración de rampa, desde 0 Hz hasta la frecuencia nominal del motor ($f_{M,N}$) ajustada en el par. 1-23. Seleccione un tiempo de aceleración asegurándose de no superar el límite de par. Consulte el par. 4-16.

3-42 Rampa 1 tiempo desacel. rampa

Range:	Función:
3.00* [0,05 - 3600 s]	Introducir el tiempo de rampa de desaceleración desde la frecuencia nominal del motor ($f_{M,N}$) en el par. 1-23 hasta 0 Hz. Elija un tiempo de desaceleración de rampa que no provoque sobretensión en el inversor debido al funcionamiento regenerativo del motor. Además, el par regenerativo no debe superar el límite ajustado en el par. 4-17.

4.4.5. 3-5* Rampa 2

Consulte el par. 3-4* para ver una descripción de los tipos de rampa.



¡NOTA!

Rampa 2 - tiempos de rampa alternativos:

El cambio de la rampa 1 a la rampa 2 se realiza a través de la entrada digital. Consulte el par. 5-1*, selección [34].

3-50 Tipo rampa 2

Option:

[0] * Lineal

Función:

Aceleración/desaceleración constante.

[2] Rampa en S

Aceleración/deceleración suave con compensación de sacudidas.

3-51 Tiempo aceleración de rampa 2

Range:

3.000 * [0,100 - 3.600 s]

Función:

Introducir el tiempo de aceleración de rampa desde 0 Hz hasta la velocidad nominal del motor ($f_{M,N}$), ajustada en el par. 1-23. Seleccionar un tiempo de aceleración asegurándose de que la intensidad de salida no exceda el límite de intensidad ajustado en el par. 4-18 durante la aceleración de rampa.

3-52 Rampa 2 tiempo desacel. rampa

Range:

3,000 s [0,100 - 3.600 s]

Función:

Introducir el tiempo de rampa de desaceleración desde la velocidad nominal del motor ($f_{M,N}$) del par. 1-23 hasta 0 Hz. Elija un tiempo de desaceleración de rampa que no provoque sobretensión en el inversor debido al funcionamiento regenerativo del motor. Además, la intensidad generada no debe exceder el límite de intensidad ajustado en el par. 4-18.

4.4.6. 3-8* Otras rampas

Esta sección contiene parámetros para rampas de velocidad fija y de parada rápida.

En una rampa de velocidad fija se puede acelerar y desacelerar, mientras que con la rampa de parada rápida sólo se puede desacelerar.

3-80 Tiempo rampa veloc. fija

Range:

3,000 s* [0,100 - 3.600 s]

Función:

Una rampa lineal aplicable cuando la velocidad fija está activa. Consulte el par. 5-1*, selección [14].

Tiempo acel. rampa = Tiempo desacel. rampa.

El tiempo de rampa de velocidad fija comienza tras la activación de una señal de velocidad fija a través de una entrada digital o un puerto de comunicación serie seleccionados.

3-81 Tiempo rampa parada rápida**Range:**

3,000 s* [0,100 - 3.600 s]

Función:

Una rampa lineal aplicable cuando la parada rápida está activa. Consulte el par. 5-1*, selección [4].

4.5. Grupo de parámetros 4: Límites/Advertencias

4.5.1. 4-** Lím./Advert.

Grupo de parámetros para configurar límites y advertencias

4.5.2. 4-1* Límites motor

Utilice estos parámetros para definir el rango de funcionamiento de velocidad, par e intensidad para el motor.

4

4-10 Dirección velocidad motor

Option:

Función:

Si los terminales 96, 97 y 98 están conectados a U, V y W respectivamente, el motor funciona de izquierda a derecha, si se mira desde el frente.



¡NOTA!

Este parámetro no se puede ajustar con el motor en marcha.

[0]	Izqda. a dcha.	El eje del motor gira de izquierda a derecha. Este ajuste evita que el motor funcione de derecha a izquierda. Si el par. 1-00, <i>Modo configuración</i> , está ajustado a <i>Bucle cerrado de proceso</i> [3], este parámetro se debe ajustar siempre en <i>Izqda. a dcha.</i>
[1]	De derecha a izquierda	El eje del motor gira de derecha a izquierda. Este ajuste evita que el motor funcione de izquierda a derecha.
[2]*	Ambos sentidos	Con este ajuste, el motor puede funcionar en ambos sentidos. Sin embargo, la frecuencia de salida se limitará al rango: De Límite bajo veloc. motor) (par. 4-12) a Límite alto veloc. motor (par. 4-14).

4-12 Límite bajo veloc. motor

Range:

0,0 Hz* [0,0 - 400,0 Hz]

Función:

Ajuste el *Límite bajo de velocidad del motor* correspondiente a la frecuencia de salida mínima del eje del motor.



¡NOTA!

Dado que la frecuencia de salida mínima es un valor absoluto, no puede desviarse.

4-14 Límite alto veloc. motor

Range:

65,0 [0,0 - 400,0 Hz]
Hz*

Función:

Ajuste la *Velocidad máxima del motor* correspondiente a la frecuencia de salida máxima del eje del motor.

**¡NOTA!**

Dado que la frecuencia de salida máxima es un valor absoluto, no puede desviarse.

4-16 Modo motor límite de par**Range:**

150.0 % [0.0 - 199.9%]

*

Función:

Ajuste el límite de par para el funcionamiento del motor.
La configuración no se restablece de forma automática a los valores predeterminados al cambiar los ajustes en el par. 1-00 hasta 1-25 *Carga y motor.*

4-17 Modo generador límite de par**Range:**

150.0 % [0.0 - 199.9 %]

*

Función:

Ajuste el límite de par para el funcionamiento de modo del generador.
La configuración no se restablece de forma automática a los valores predeterminados al cambiar los ajustes en el par. 1-00 hasta 1-25 *Carga y motor.*

4.5.3. 4-5* Ajuste de Advert.

Grupo de parámetros que contiene los límites de advertencias ajustables para intensidad, velocidad, referencia y realimentación.

Se muestran advertencias en el display, en la salida programada o en el bus serie.

4-50 Advert. Intens. baja**Range:**

0,00 A [0,00 - 26,00 A]

Función:

Utilice este parámetro para establecer un límite bajo para el rango de intensidad.
Si la intensidad cae por debajo del límite establecido, se emite una advertencia.

Establezca un valor para el límite de intensidad baja.

4-51 Advert. Intens. alta**Range:**

26,00 [0,00 - 26,00 A]

A*

Función:

Utilice este parámetro para establecer un límite máximo para el rango de intensidad.
Si la intensidad supera el límite establecido, se emite una advertencia.

Establezca el límite de intensidad máximo.

4-58 Función fallo fase motor

Option: **Función:**
 La ausencia de una fase de motor provoca la caída del par del motor. Este monitor puede desactivarse con fines especiales (por ejemplo, motores pequeños que funcionen en modo U/f puro), pero dado que existe riesgo de que el motor se recaliente, Danfoss recomienda encarecidamente mantener la función activada.
 Una fase de motor ausente hace que el convertidor de frecuencia se desconecte y comunica una alarma.

¡NOTA!
 Este parámetro no puede modificarse con el motor en marcha.

[0]	No	La función está desactivada.
[1]	* Sí	La función está activada.

4.5.4. 4-6* Bypass veloc.

En algunas aplicaciones, pueden producirse resonancias mecánicas. Evite los puntos de resonancia mediante la creación de un bypass. El convertidor de frecuencia prolonga la rampa a través de la zona de bypass, sobrepasando así los puntos de resonancia mecánica con rapidez.

4-61 Velocidad bypass desde [Hz]

Range: **Función:**
 Matriz [2]
 0,0 Hz* [0,0 - 400,0 Hz] Introduzca el límite superior o inferior de las velocidades a evitar.
 No importa si Bypass desde o Bypass hasta es el límite superior o inferior, pero la función Bypass veloc. se desactiva si los dos parámetros se ajustan en el mismo valor.

4-63 Veloc. bypass hasta [Hz]

Range: **Función:**
 Matriz [2]
 0,0 Hz* [0,0 - 400,0 Hz] Introducir el límite superior o inferior de la zona de velocidad a evitar.
 Asegúrese de introducir el límite **opuesto** al del par. 4-61 Velocidad *bypass desde [Hz]*.

4.6. Grupo de parámetros 5: E/S digital

4.6.1. 5-** E/S digital


A continuación se describen todas las funciones y señales de comandos de entrada digital.

4.6.2. 5-1* Entradas digitales

Parámetros para configurar las funciones para los terminales de entrada.

Las entradas digitales se usan para seleccionar varias funciones del convertidor de frecuencia. Todas las entradas digitales pueden ajustarse de la siguiente manera:

[0]	Sin función	El convertidor de frecuencia no reaccionará a señales transmitidas al terminal.
[1]	Reinicio	Reiniciar el convertidor de frecuencia después de una desconexión/alarma. No todas las alarmas pueden reiniciarse.
[2]	Inercia	Parada por inercia, entrada invertida (NC). El convertidor de frecuencia deja el motor en el modo libre.
[3]	Inercia y reinic. inv.	Entrada invertida de parada de inercia y reset (NC). El convertidor de frecuencia se reinicia y deja el motor en el modo libre.
[4]	Parada rápida	Entrada invertida (NC). Genera una parada de acuerdo con el tiempo de rampa de parada rápida ajustado en el par. 3-81. Cuando el motor se para, el eje entra en el modo libre.
[5]	Freno CC	Entrada invertida para frenado de CC (NC). Detiene el motor al alimentarlo con CC durante un período de tiempo determinado, véase el par. 2-01. Esta función sólo está activada cuando el valor del par. 2-02 es distinto de 0.
[6]	Parada	Función de parada invertida. Genera una función de parada cuando el terminal seleccionado pasa del nivel lógico "1" al "0". La parada se lleva a cabo de acuerdo con el tiempo de rampa seleccionado.
[8]	Arranque	Seleccionar el arranque para una orden de arranque/parada. 1 = Arranque, 0 = Parada.
[9]	Arranque por pulsos	El motor arranca si se aplica un pulso durante un mínimo de 2 ms. El motor se detiene cuando se activa Parada.
[10]	Cambio de sentido	Cambiar el sentido de rotación del eje del motor. La señal de cambio de sentido sólo cambia la dirección de rotación; no activa la función de arranque. Seleccionar <i>Ambos sentidos</i> [2] en el par. 4-10. 0 = normal, 1 = invertir.
[11]	Arranque e inversión	Utilizar para realizar un arranque/parada y un cambio de sentido al mismo tiempo. No permite ninguna señal de arranque [8] al mismo tiempo. 0 = parada, 1 = arranque e inversión.
[12]	Act. arranque adelantado	Utilizar si el eje del motor debe girar en sentido horario al arrancar.

[13]	Act. arranque inverso	Utilizar si el eje del motor debe girar en sentido antihorario en el arranque.
[14]	Veloc. fija	Utilizar para activar la velocidad fija. Consulte el par. 3-11.
[16]	Ref. interna LSB	Las referencias internas de LSB, MSB y EXB permiten realizar una selección entre una de las ocho referencias internas de acuerdo con la tabla siguiente.
[17]	Ref. interna MSB	La misma que referencia interna LSB [16], véase el par. 3-10.
[18]	Ref. interna EXB	La misma que referencia interna LSB [16].
[19]	Mantener referencia	Mantiene la referencia actual. La referencia mantenida es ahora el punto de partida o condición de aceleración y deceleración que se va a emplear. Si se utiliza <i>aceleración/deceleración</i> , el cambio de velocidad siempre se lleva a cabo mediante la rampa 2 (par. 3-51 y 3-52) en el intervalo par. 3-02 <i>Referencia mínima</i> - par. 3-03 <i>Referencia máxima</i> .
[20]	Mantener salida	Mantiene la frecuencia actual del motor (Hz). La frecuencia mantenida del motor es ahora el punto de partida o condición que se utilizará para Aceleración y Deceleración. Si se utiliza <i>aceleración/deceleración</i> , el cambio de velocidad siempre se lleva a cabo mediante la rampa 2 en el intervalo par. 4-12, <i>Límite bajo veloc. motor</i> - par. 4-14, <i>Límite alto veloc. motor</i> . <div data-bbox="735 958 1406 1200" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">  <p>¡NOTA! Cuando está activada la opción Mantener salida, el convertidor de frecuencia no puede pararse mediante una señal de <i>arranque</i> [8] a nivel bajo. Detenga el convertidor de frecuencia mediante un terminal programado para Inercia [2] o para Inercia y reinicio [3].</p> </div>
[21]	Aceleración	Seleccionar Aceleración y Deceleración si desea un control digital de la aceleración/deceleración (potenciómetro de motor). Active esta función seleccionando Mantener referencia o Mantener salida. Si Aceleración se activa durante menos de 400 ms, la referencia resultante aumentará en un 0,1%. Si se activa Aceleración durante más de 400 ms, la referencia resultante dará una rampa según rampa 2 en el par. 3-51.
[22]	Deceleración	Igual que Aceleración [21].
[23]	Selec.ajuste LSB	Ajustar el par 0-10, <i>Ajuste activo</i> , a Ajuste múltiple. Lógico 0 = ajuste 1, Lógico 1 = ajuste 2.
[26]	Parada precisa	Prolongar la señal de parada para obtener una parada precisa independientemente del tiempo de exploración. Esta función sólo está disponible para el terminal 33.
[27]	Arranq./parada prec.	Como [26], pero incluye el arranque.
[28]	Engan. arriba	Seleccionar Engan. arriba o Enganc. abajo para aumentar o disminuir el valor de referencia resultado del porcentaje ajustado en el par. 3-12.
[29]	Enganc. abajo	Igual que Engan. arriba [28]

[32]	Entrada de pulsos (sólo terminal 33)	Seleccionar Entrada de pulsos cuando se utilice una secuencia de pulsos como referencia o realimentación. El escalado se realiza en el grupo de par. 5-5*.
[34]	Bit rampa 0	Lógico 0 = Rampa 1, consulte el par. 3-4*. Lógico 1 = Rampa 2, consulte el par. 3-5*.
[60]	Contador A (ascend.)	Entrada para contador A.
[61]	Contador A (descend.)	Entrada para contador A.
[62]	Reset del contador A	Entrada para puesta a cero del contador A.
[63]	Contador B (ascend.)	Entrada para contador B.
[64]	Contador B (descend.)	Entrada para contador B.
[65]	Reset del contador B	Entrada para puesta a cero del contador B.

5-10 Terminal 18 entrada digital

Option:	Función:
[8] * Arranque	Seleccionar la función del rango de entrada digital disponible. Consulte el parámetro 51* para opciones posibles.

5-11 Terminal 19 entrada digital

Option:	Función:
[10] * Cambio de sentido	Seleccionar la función a partir del rango de entradas digitales disponible. Consulte el parámetro 51* para opciones posibles.

5-12 Terminal 27 entrada digital

Option:	Función:
[0] * Sin función	Seleccionar la función a partir del rango de entradas digitales disponible. Consulte el parámetro 51* para opciones posibles.

5-13 Terminal 29 entrada digital

Option:	Función:
[14] * Veloc. fija	Seleccionar la función a partir del rango de entradas digitales disponible. Consulte el parámetro 51* para opciones posibles.

5-15 Terminal 33 entrada digital

Option:	Función:
[0] * Sin función	Seleccionar la función a partir del rango de entradas digitales disponible. Consulte el parámetro 51* para opciones posibles.

4.6.3. 5-4* Relés

Grupo de parámetros para configurar la sincronización y las funciones de salida para los relés.

[0]	Sin función	Opción por defecto para todas las salidas digitales y de relé.
[1]	Ctrl. prep.	La placa de control recibe alimentación eléctrica.
[2]	Unidad lista	El convertidor de frecuencia está preparado para el funcionamiento y la placa de control tiene alimentación.
[3]	Unid. lista/remoto	El convertidor de frecuencia está preparado para su uso y está en modo Auto On.
[4]	Activar/sin advert.	El convertidor de frecuencia está listo para funcionar. No se ha dado orden de arranque ni de parada. Ninguna advertencia presente.
[5]	Unidad en funcionamiento	Motor en marcha.
[6]	Func./sin advert.	El motor está en marcha y no hay ninguna advertencia presente.
[7]	Func. en ran./sin adv.	El motor funciona con los rangos de intensidad programados; consulte los parámetros 4-50 y 4-51. Ninguna advertencia presente.
[8]	Func. en ref./sin advert.	El motor funciona a la velocidad de referencia.
[9]	Alarma	Una alarma activa la salida.
[10]	Alarma o advertencia	Una alarma o una advertencia activa la salida.
[12]	Fuera ran. intensidad	La intensidad del motor está fuera del rango definido en los par. 4-50 y 4-51.
[13]	Corriente posterior, baja	La intensidad del motor es inferior a la ajustada en el par. 4-50.
[14]	Corriente anterior, alta	La intensidad del motor es superior a la ajustada en el par. 4-51.
[21]	Advertencia térmica	La advertencia térmica se activa cuando la temperatura sobrepasa el límite en el motor, en el convertidor de frecuencia, en la resistencia de freno o en el termistor.
[22]	Listo, sin adv. térm.	El convertidor de frecuencia está preparado para funcionar y no existe advertencia de exceso de temperatura.
[23]	Remoto listo sin adv. térm.	El convertidor de frecuencia está preparado para su uso en modo Auto y no existe advertencia de exceso de temperatura.
[24]	Listo, tensión OK	El convertidor de frecuencia está preparado para su uso y la tensión de alimentación está dentro del rango de tensión especificado.
[25]	Cambio sentido	El motor está en marcha o listo para funcionar en sentido horario cuando valor lógico = 0, y en sentido antihorario cuando valor lógico = 1. La salida cambia tan pronto como se aplica la señal de cambio de sentido.
[26]	Bus OK	Comunicación activa (sin tiempo límite) a través del puerto de comunicación serie.

[28]	Freno, sin advert.	El freno está activado y no aparecen advertencias.
[29]	Fren. prep. sin fallos	El freno está listo para su funcionamiento y no presenta ningún fallo.
[30]	Fallo freno (IGBT)	Protege al convertidor de frecuencia en caso de que haya un fallo en los módulos de freno. Utilice el relé para desconectar la tensión de alimentación del convertidor de frecuencia.
[32]	Ctrl. freno mec.	Permite controlar un freno mecánico externo; consulte grupo de par. 2-2*.
[36]	Bit cód. control 11	El bit 11 del código de control controla el relé.
[51]	Ref. local activa	
[52]	Ref. remota activa	
[53]	Sin alarma	
[54]	Coman. arran. activo	
[55]	Func. inverso	
[56]	Convertidor en modo manual	
[57]	Convertidor en modo auto.	
[60]	Comparador 0	Consulte el grupo de parámetros 13-1*. Si Comparador 0 se evalúa como VERDADERO, la salida será alta. De lo contrario, será baja.
[61]	Comparador 1	Consulte el grupo de parámetros 13-1*. Si Comparador 1 se evalúa como VERDADERO, la salida será alta. De lo contrario, será baja.
[62]	Comparador 2	Consulte el grupo de parámetros 13-1*. Si Comparador 2 se evalúa como VERDADERO, la salida será alta. De lo contrario, será baja.
[63]	Comparador 3	Consulte el grupo de parámetros 13-1*. Si Comparador 3 se evalúa como VERDADERO, la salida será alta. De lo contrario, será baja.
[70]	Regla lógica 0	Consulte el par. 13-4*. Si Regla lógica 1 se evalúa como VERDADERO, la salida será alta. De lo contrario, será baja.
[71]	Regla lógica 1	Consulte el par. 13-4*. Si Regla lógica 2 se evalúa como VERDADERO, la salida será alta. De lo contrario, será baja.
[72]	Regla lógica 2	Consulte el par. 13-4*. Si Regla lógica 3 se evalúa como VERDADERO, la salida será alta. De lo contrario, será baja.
[73]	Regla lógica 3	Consulte el par. 13-4*. Si Regla lógica 3 se evalúa como VERDADERO, la salida será alta. De lo contrario, será baja.
[81]	Salida digital SL B	Consulte el par. 13-52, <i>Acción Controlador SL</i> . Cuando se ejecute la acción de lógica inteligente Aj. sal. dig. a alta [39], la entrada será alta. Cuando se ejecute la acción de lógica inteligente Aj. sal. dig. a baja [33], la entrada será baja.

5-40 Relé de función

Option:	Función:
[0] * Sin función	Seleccione la función del rango de salida de relé disponible.

4.6.4. 5-5* Entrada de pulsos

Ajuste el par. 5-15 en la selección [32] Entrada de pulsos. Ahora el terminal 33 gestiona una entrada de pulsos en el intervalo desde Baja frecuencia, par. 5-55, hasta Alta frecuencia, par. 5-56. Regule la entrada de frecuencia mediante el par. 5-57 y el par. 5-58.

5-55 Term. 33 baja frecuencia

Range:	Función:
20 Hz* [20 - 4999 Hz]	Introduzca la baja frecuencia correspondiente a la velocidad baja del eje del motor (es decir, el valor bajo de referencia) en el par. 5-57.

5-56 Term. 33 alta frecuencia

Range:	Función:
5000 Hz* [21 - 5000 Hz]	Introducir la alta frecuencia correspondiente a la velocidad alta del eje del motor (es decir, el valor alto de referencia) en el par. 5-58.

5-57 Term. 33 valor bajo ref. /realim

Range:	Función:
0.000* [-4999 - 4999]	Ajuste el valor de referencia/realimentación correspondiente al valor de baja frecuencia de pulso ajustado en el par. 5-55.

5-58 Term. 33 valor alto ref. /realim

Range:	Función:
50.000* [-4999 - 4999]	Ajuste el valor de referencia/realimentación correspondiente al valor de alta frecuencia de pulso definido en el par. 5-56.

4.7. Grupo de parámetros 6: E/S analógica

4.7.1. 6-** E/S analógica

Grupo de parámetros para configurar entradas y salidas analógicas.

4.7.2. 6-0* Modo E/S analógico

Grupo para ajustar la configuración de E/S analógica.

6-00 Tiempo Límite Cero Activo

Range:

Función:

La función Cero Activo se utiliza para monitorizar la señal en una entrada analógica. Si la señal desaparece, se emite una advertencia *Cero Activo*.

10 s [1 - 99 s]

Ajuste el tiempo de retardo antes de que se aplique la *función Cero Activo* (par. 6-01).

Si la señal reaparece durante el retardo definido, se reiniciará el temporizador.

Cuando se detecta el cero activo, el convertidor de frecuencia mantiene la frecuencia de salida e inicia el temporizador de *Tiempo Límite Cero Activo*.

6-01 Función Cero Activo

Option:

Función:

La función se activa si la señal de entrada de las entradas analógicas es inferior al 50% del valor ajustado en los par. 6-10, 6-12 o 6-22.

[0] * Off (Apagado)

La función está desactivada.

[1] Mantener salida

La frecuencia de salida se mantiene en el valor que tenía cuando se detectó el cero activo.

[2] Parada

El convertidor de frecuencia se desacelera hasta 0 Hz. Elimine la condición de error de cero activo antes de reiniciar el convertidor de frecuencia.

[3] Velocidad fija

El convertidor de frecuencia alcanza la velocidad fija, consulte el par. 3-41.

[4] Velocidad máx.

El convertidor de frecuencia alcanza la velocidad de Límite alto veloc. motor, véase el par. 4-14.

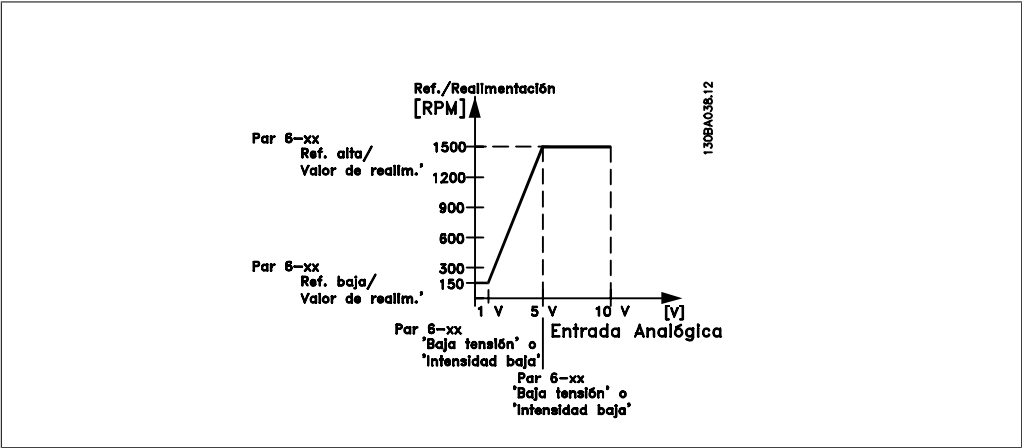
[5] Parada y desconex.

El convertidor de frecuencia decelerará por inercia hasta 0 Hz y se desconectará. Elimine la condición de cero activo y active el reinicio antes de volver a poner en marcha el convertidor de frecuencia.

4.7.3. 6-1* Entrada analógica 1

Parámetros para configurar el escalado y los límites para la entrada analógica 1 (terminal 53).

¡NOTA!
 Microinterruptor 4 en posición U:
 Los parámetros 6-10 y 6-11 están activos.
 Microinterruptor en posición I:
 Los parámetros 6-12 y 6-13 están activos.



4

6-10 Terminal 53 escala baja V

Range: 0,07 V* [0,00 - 9,90 V]
Función: Este valor de escalado debe corresponder al valor de referencia mínimo, ajustado en el par. 6-14. Véase también el capítulo *Manejo de referencias*.
 Introduzca el valor de tensión baja.

6-11 Terminal 53 escala alta V

Range: 10,0 V* [0,10 - 10,00 V]
Función: Este valor de escalado debe corresponderse con el valor máximo de referencia, ajustado en el par. 6-15.
 Introduzca el valor de tensión alto.

6-12 Terminal 53 intensidad baja mA

Range: 0,14 mA* [0,00 - 19,90 mA]
Función: Esta señal de referencia debe corresponderse con el valor de referencia mínimo, ajustado en el par. 3-02.
 Introducir el valor bajo de corriente.

! El valor debe ajustarse a un mínimo de 2 mA para activar la función de cero activo del par. 6-01.

6-13 Terminal 53 escala alta mA

Range:**Función:**

Esta señal de referencia que debe corresponderse con el valor de referencia máximo ajustado en el par. 6-15.

20,00 [0,10 - 20,00 mA]
mA*

Introduzca el valor de intensidad alto.

6-14 Term. 53 valor bajo ref. /realim

Range:**Función:**

El valor de escalado de entrada analógica que corresponde al valor bajo de tensión/intensidad ajustado en los parámetros 6-10 y 6-12.

0.000* [-4999 - 4999]

Introducir el valor de escalado de entrada analógica.

6-15 Term. 53 valor alto ref. /realim

Range:**Función:**

El valor de escalado que corresponda al valor máximo de realimentación de referencia establecido en los parámetros 6-11 y 6-13.

50.00* [-4999 - 4999]

Introducir el valor de escalado de entrada analógica.

6-16 Terminal 53 constante de tiempo de filtro

Range:**Función:**

Una const. de tiempo de un filtro paso bajo digital de 1er orden para supresión de ruido eléctrico en el term. 53. Un valor alto mejora la amortiguación, aunque aumenta el retardo por el filtro.

0,001 s* [0,001 - 10,00 s]

Introducir la constante de tiempo.

**¡NOTA!**

Este parámetro no se puede ajustar con el motor en marcha.

6-19 Modo terminal 53

Option:**Función:**

Seleccionar la entrada que añadirá al terminal 53.



El par. 6-19 DEBE ajustarse de acuerdo con el ajuste del microinterruptor 4.

[0] * Modo de tensión

[1] Modo de intensidad

4.7.4. 6-2* Entrada analógica 2

Parámetros para configurar el escalado y los límites para la entrada analógica 2 (terminal 60).

6-22 Terminal 60 escala baja mA

Range:

Función:

Esta señal de referencia debe corresponderse con el valor de referencia mínimo, ajustado en el par. 3-02.

0,14 [0,00 - 19,90 mA]
mA*

Introducir el valor bajo de corriente.



El valor debe ajustarse a un mínimo de 2 mA para activar la función de cero activo del par. 6-01.

6-23 Terminal 60 escala alta mA

Range:

Función:

Esta señal de referencia debe corresponderse con el valor de intensidad alto ajustado en el par. 6-25.

20,00 [0,10 - 20,00 mA]
mA*

Introduzca el valor de intensidad alto.

6-24 Term. 60 valor bajo ref. /realim

Range:

Función:

El valor de escalado debe corresponder al valor de realimentación de referencia mínimo ajustado en el par. 3-02.

0.000* [-4999 - 4999]

Introducir el valor de escalado de entrada analógica.

6-25 Term. 60 valor alto ref. / /realim

Range:

Función:

El valor de escalado debe corresponder al valor máximo de realimentación de referencia ajustado en el par. 3-03.

50.00* [-4999 - 4999]

Introducir el valor de escalado de entrada analógica.

6-26 Terminal 54 constante de tiempo de filtro

Range:

Función:

Una const. de tiempo de un filtro paso bajo digital de 1er orden para supresión de ruido eléctrico en el term. 54. Un valor alto mejora la amortiguación, aunque aumenta el retardo por el filtro.



¡NOTA!

Este parámetro no puede modificarse con el motor en marcha.

0,001 s* [0,001 - 10,00 s]

Introducir la constante de tiempo.

4.7.5. 6-8* Potenciómetro LCP

El potenciómetro LCP puede seleccionarse como recurso de referencia o como recurso de referencia relativa.



¡NOTA!

En el modo manual, el potenciómetro LCP funciona como referencia local.

6-81 Potenciómetro LCP valor bajo /realim

Range:

Función:

El valor de escalado correspondiente a 0.

0.000* [-4999 - 4999]

Introducir el valor bajo de referencia.
El valor de referencia correspondiente a potenciómetro girado por completo en sentido antihorario (0 grados).

6-82 Potenciómetro LCP valor alto /realim

Range:

Función:

Introducir el valor de escalado correspondiente al valor máximo de realimentación de referencia ajustado en el par. 3-03.

50.00* [-4999 - 4999]

Introducir el valor alto de referencia.
El valor de referencia correspondiente al potenciómetro girado por completo en sentido horario (200 grados).

4.7.6. 6-9* Salida analógica

Estos parámetros permiten configurar las salidas analógicas del convertidor de frecuencia.

6-90 Modo terminal 42

Option:

Función:

[0] * 0 - 20 mA

El rango para las salidas analógicas es de 0-20 mA

[1] 4-20 mA

El rango para salidas analógicas es 4 - 20 mA

[2] Digital

Funciona como salida digital de reacción lenta. Ajuste el valor en 0 mA (desactivado) o 20 mA (activado), consulte el par. 6-92.

6-91 Terminal 42 salida analógica

Option:

Función:

Seleccione la función del terminal 42 como una salida analógica.

[0] * Sin función

[10] Frecuencia de salida

[11] Referencia

[12] Realimentación

[13] Intensidad del motor

[16] Potencia

[17] Velocidad

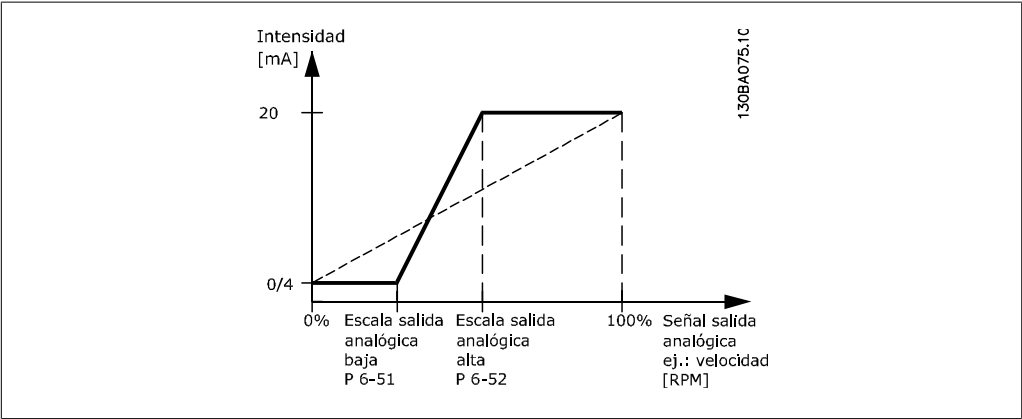
6-92 Terminal 42 salida digital

Option: **Función:**
 Consulte el par. 5-4*, *Relés*, para ver posibles selecciones y sus descripciones.

[80] Salida digital SL A Consulte el par. 13-52, *Acción Controlador SL*. Cuando se ejecute la acción de lógica inteligente Aj. sal. dig. a *alta* [38], la entrada será alta. Cuando se ejecute la acción de lógica inteligente Aj. sal. dig. a *baja* [32], la entrada será baja.

6-93 Terminal 42 salida escala máx.

Range: **Función:**
 0.00 % [0.00 - 200.0%]
 Escale la salida mínima de la señal analógica seleccionada en el terminal 42, como porcentaje del valor de señal máximo. Es decir, si se desea 0 mA (ó 0 Hz) al 25% del valor de salida máximo, se programa un 25%. Los valores escalados hasta el 100% no pueden ser nunca superiores al ajuste correspondiente del par. 6-52.



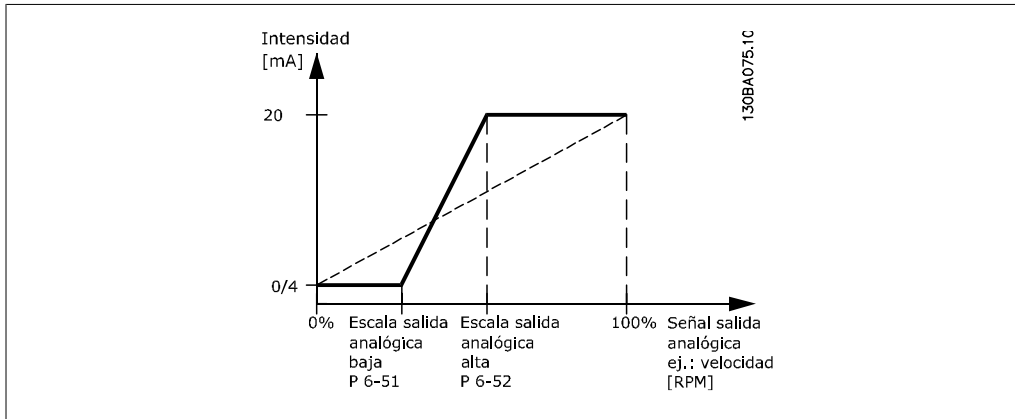
6-94 Terminal 42 salida esc. máx.

Range: **Función:**
 100%* [0 - 200%]
 Escale la salida máxima de la señal analógica seleccionada en el terminal 42. Ajuste el valor al valor máximo de la salida de señal de intensidad actual. Escale la salida para obtener una intensidad inferior a los 20 mA a escala completa; ó 20 mA a una salida inferior al 100% del valor de señal máximo.
 Si 20 mA es la intensidad de salida deseada a un valor entre el 0 y el 100% de la salida de escala completa, programar el valor porcentual en el parámetro, es decir 50% = 20 mA. Para obtener una intensidad de entre 4 y 20 mA como salida máxima (100%), el valor porcentual para programar la unidad se calcula como:

$$\frac{20 \text{ mA}}{\text{intensidad máxima deseada}} \times 100 \%$$

es decir,

$$10 \text{ mA} = \frac{20}{10} \times 100 = 200 \%$$



4

4.8. Grupo de parámetros 7: Controladores

4.8.1. 7-** Controladores

Grupo de parámetros para configurar los controles de la aplicación.

4.8.2. 7-2* Ctrl. realim. proceso

Seleccionar las fuentes de realimentación y cómo deben usarse para el control de PI de proceso.

7-20 Fuentes realim. lazo cerrado proceso

Option:	Función:
	Seleccione la entrada a utilizar como señal de realimentación.
[0] *	Sin función
[1]	Entrada analógica 53
[2]	Entrada analógica 60
[8]	Entrada de pulsos 33.
[11]	Referencia bus local

4.8.3. 7-3* Ctrl. PI proceso

7-30 Ctrl. normal/inverso de PI de proceso

Option:	Función:
[0] *	Normal La realimentación supera el resultado de valor de consigna en una reducción de velocidad. La realimentación es inferior al resultado de valor de consigna en un incremento de velocidad.
[1]	Inverso La realimentación es mayor que el resultado de valor de consigna en un incremento de velocidad. La realimentación es inferior al resultado de valor de consigna en una reducción de velocidad.

7-31 Saturación de PI de proceso

Option:	Función:
[0]	Desactivar Se seguirá regulando un error aunque no se pueda aumentar o disminuir la frecuencia de salida.
[1] *	Activar El controlador PI deja de regular un error cuando la frecuencia de salida no puede incrementarse/reducirse.

7-32 Valor arran. para ctrldor. PI proceso

Range:	Función:
0,0 Hz* [0,0 - 200,0 Hz]	Hasta que se alcance la velocidad del motor establecida, el convertidor de frecuencia funcionará en modo de bucle abierto.

7-33 Ganancia propor. PI de proc.

Option:

[0.01] * 0.00 - 10.00

Función:

Introduzca el valor para la ganancia proporcional P, es decir, el factor de multiplicación del error entre el valor de consigna y la señal de realimentación.

Nota: 0,00 = Desactivado

7-34 Tiempo integral PI proceso

Range:

9.999 s* [0,01 - 999,0 s]

Función:

La integral proporciona una ganancia que aumenta o disminuye continuamente mientras permanezca el error (positivo o negativo, respectivamente) entre el valor de consigna y la señal de realimentación. El tiempo integral es el período de tiempo necesario para que la contribución de la ganancia integral sea igual a la de la ganancia proporcional.

7-38 Factor directo aliment. de proc.

Range:

0%* [0 - 400%]

Función:

El factor FF envía una parte de la señal de ref. alrededor del controlador PI de manera que el controlador sólo afecte a parte de la señal de control.

Al activar el factor FF, se obtiene una menor sobremodulación y una elevada dinámica al cambiar el valor de consigna.

Este parámetro está siempre activo cuando el par. 1-00, *Modo configuración*, está ajustado a *Proceso* [3].

7-39 Ancho banda en referencia

Range:

5% [0 - 200%]

Función:

Introduzca el valor para el ancho de banda en referencia.

El error de control de PI es la diferencia entre el valor de consigna y la realimentación). Cuando esta diferencia es inferior al valor de este parámetro, se activa En referencia.

4.9. Grupo de parámetros 8: Comunicación

4.9.1. 8- ** Comunicación

Grupo de parámetros para configurar las opciones de comunicación.

4.9.2. 8-0* Ajustes generales

Utilice este grupo de parámetros para configurar los ajustes generales para la comunicación.

8-01 Puesto de control

Option:	Función:
[0] * Código digital y de control	Utilice la entrada digital y el código de control para el control de procesos.
[1] Sólo digital	Utilice la entrada digital como control.
[2] Sólo cód. de control	Utilice sólo el código de control como control.



¡NOTA!

El ajuste de este parámetro anula los ajustes de los par. 8-50 a 8-56.

8-02 Fuente código de control

Option:	Función:
[0] Ninguno	Función inactiva
[1] * FC RS485	La supervisión de la fuente de código de control se realiza a través del puerto de comunicación serie RS485.

8-03 Valor de tiempo límite cód. ctrl.

Range:	Función:
1,0 s* [0,1 - 6.500 s]	Introducir el tiempo que debe transcurrir antes de que deba ejecutarse la función de tiempo límite de espera de código de control (par. 8-04).

8-04 Función tiempo límite cód. ctrl.

Option:	Función:
[0] * No	Sin función.
[1] Mantener salida	Mantener la salida hasta que se reanude la comunicación.
[2] Parada	Realizar una parada con reinicio automático cuando se reanude la comunicación.
[3] Velocidad fija	El motor funcionará a frecuencia de velocidad fija hasta que se reanude la comunicación.

[4]	Velocidad máx.	El motor funciona a la máxima frecuencia hasta que se reanude la comunicación.
[5]	Parada y desconexión	Se detiene el motor y se reinicia el convertidor de frecuencia para rearrancar mediante LCP o entrada digital.
[7]	Selección de ajuste 1	Cambia al ajuste 1 tras el restablecimiento de la comunicación posterior a un tiempo límite de código de control.
[8]	Selección de ajuste 2	Cambia el ajuste 2 tras el restablecimiento de la comunicación posterior a un tiempo límite de código de control.

8-06 Reiniciar si tiempo límite cód. ctrl.

Option:
Función:

Al reiniciar el tiempo límite de código de control se eliminarán todas las funciones de tiempo límite.

[0] *	Sin función	No se reinicia el tiempo límite de código de control.
[1]	Reiniciar	Se reinicia el tiempo límite de código de control y el parámetro pasa al estado <i>Sin función</i> .

4.9.3. 8-3* Ajuste puerto FC

Parámetros para configurar el puerto FC.

4.9.4. 8-30 Protocolo

8-30 Protocolo

Option:
Función:

Seleccione el protocolo a utilizar. Tenga en cuenta que el cambio de protocolo no se hará efectivo hasta después de apagar el convertidor de frecuencia.

[0] *	FC
[2]	Modbus

8-31 Dirección

Range:
Función:

Seleccione la dirección para el bus.

1*	[1 - 126]	El rango de bus FC es de 1-126. El rango de Modbus es de 1-247.
----	-----------	--

8-32 Veloc. baudios port FC

Option:
Función:

Seleccionar la velocidad en baudios para el puerto FC.


¡NOTA!

Los cambios en la velocidad en baudios se harán efectivos tras responder a cualquier solicitud de bus en curso.

[0]	2.400 baudios
[1]	4.800 baudios
[2] *	9.600 baudios

8-33 Paridad de puerto FC

Option: **Función:**
Este parámetro sólo afecta a Modbus, dado que el bus FC siempre tiene paridad par.

[0] *	Sin paridad
[1]	Paridad impar
[2]	Sin paridad (2 bits parada)
[3]	Sin paridad (1 bit parada)

8-35 Retardo respuesta mínimo

Range: **Función:**
10 ms [1 - 500 ms] Especificar un tiempo mínimo de retardo entre la recepción de una petición y la transmisión de la respuesta.

8-36 Retardo máximo respuesta

Range: **Función:**
5,000 s* [0,010 - 10,00 s] Especifique el máximo tiempo de retardo aceptable entre la transmisión de una petición y la obtención de una respuesta. Si se supera este retardo se provoca un evento de tiempo límite de código de control.

4.9.5. 8-5* Digital/Bus

Parámetros para configurar la unión del código de control Digital/Bus.

¡NOTA!
Estos parám. sólo están activos si el par. 8-01, *Puesto de control*, se ajusta a *Digital y cód. ctrl.* [0].

8-50 Selección inercia

Option: **Función:**
Seleccionar el control de la función de inercia mediante entrada digital y/o a través del bus.

[0]	Entrada digital	Activación a través de una entrada digital.
[1]	Bus	Activación a través de un puerto de comunicación serie.
[2]	Lógico Y	Activación a través de un puerto de comunicación serie y una entrada digital.
[3] *	O Lógico	Activación a través de un puerto de comunicación serie o una entrada digital.

8-51 Selección parada rápida

Option:	Función:
	Seleccione el control de la función de parada rápida mediante entrada digital y/o a través del bus.
[0] Entrada digital	Activación a través de una entrada digital.
[1] Bus	Activación a través de un puerto de comunicación serie.
[2] Lógico Y	Activación a través de un puerto de comunicación serie y una entrada digital.
[3] * Lógico O	Activación a través de un puerto de comunicación serie o una entrada digital.

8-52 Selección freno CC

Option:	Función:
	Seleccione el control de la función de freno de CC mediante entrada digital y/o a través del bus.
[0] Entrada digital	Activación a través de una entrada digital.
[1] Bus	Activación a través de un puerto de comunicación serie.
[2] Lógico Y	Activación a través de un puerto de comunicación serie y una entrada digital.
[3] * Lógico O	Activación a través de un puerto de comunicación serie o una entrada digital.

8-53 Selec. arranque

Option:	Función:
	Seleccione el control de la función de arranque mediante entrada digital y/o a través del bus.
[0] Entrada digital	Activación a través de una entrada digital.
[1] Bus	Activación a través de un puerto de comunicación serie.
[2] Lógico Y	Activación a través de un puerto de comunicación serie y una entrada digital.
[3] * Lógico O	Activación a través de un puerto de comunicación serie o una entrada digital.

8-54 Selec. sentido inverso

Option:	Función:
	Seleccionar el control de la función de sentido inverso mediante entrada digital y/o a través del bus.
[0] Entrada digital	Activación a través de una entrada digital.
[1] Bus	Activación a través de un puerto de comunicación serie.
[2] Y Lógico	Activación a través de un puerto de comunicación serie y una entrada digital.

4.10. Grupo de parámetros 13: Smart Logic

4.10.1. 13-** Funciones de programación

Smart Logic Control (SLC) es una secuencia de acciones definidas por el usuario (par. 13-52 [X]) ejecutadas por el SLC cuando el evento asociado definido por el usuario (par. 13-51 [X]) es VERDADERO.

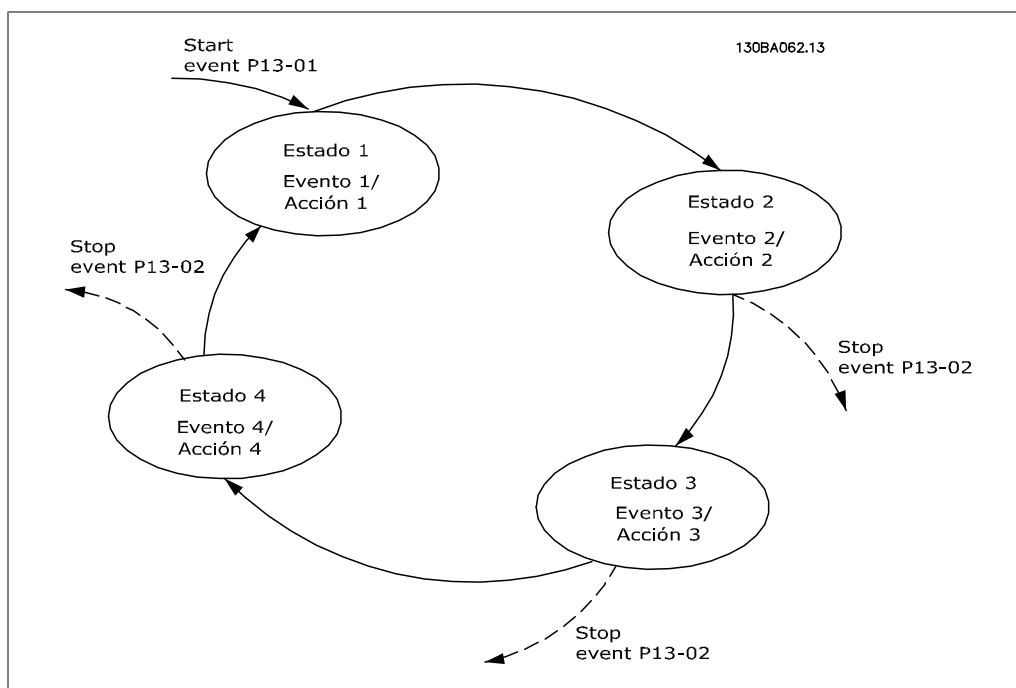
Los eventos y las acciones están asociadas en pares, lo que significa que cuando un evento es verdadero, se realiza la acción asociada. Después de esto, se evalúa el siguiente evento y se realiza, si procede, la acción asociada, y así sucesivamente. En cada momento solo se evalúa un evento.

Si un evento se evalúa como *Falso*, el SLC no realiza ninguna acción durante el actual ciclo de escaneo y no se evalúan otros eventos.

Se pueden programar entre 1 y 6 eventos y acciones.

Cuando se haya ejecutado el último evento/acción, la secuencia vuelve a comenzar desde el evento / acción [0].

La ilustración muestra un ejemplo con tres eventos / acciones:



Arranque y parada del SLC:

Se inicia el SLC seleccionando *Sí*[1] en el par. 13-00. El SLC comienza evaluando el Evento 0, y si se se evalúa como VERDADERO, el SLC continúa su ciclo.

El SLC se detiene cuando el *Evento parada* par. 13-02 es VERDADERO. Se parar también el SLC seleccionando *No* [0] en el par. 13-00.

Seleccionando *Reset SLC*[1] en el par. 13-03, se reinician todos los parámetros del SLC y se inicia la programación desde cero.

4.10.2. 13-0* Ajustes SLC

Utilice estos ajustes para activar, desactivar y reiniciar el Smart Logic Control (SLC).

13-00 Modo Smart Logic Control		
Option:		Función:
[0] *	Off (Apagado)	La función está desactivada.
[1]	On	El SLC está activo.
13-01 Evento arranque		
Option:		Función:
		Seleccionar la entrada para activar Smart Logic Control.
[0]	Falso	Introduce el valor <i>Falso</i> en la regla lógica.
[1]	Verdadero	Introduce el valor <i>Verdadero</i> en la regla lógica.
[2]	En marcha	Consulte el par. 54* [5] para ver la descripción.
[3]	En rango	Consulte el par. 5-4* [7] para ver la descripción.
[4]	En referencia	Consulte el par. 5-4* [8] para ver la descripción.
[7]	Fuera ran. intensidad	Consulte el par. 5-4* [8] para ver la descripción.
[8]	I Posterior baja	Consulte el par. 5-4* [13] para ver la descripción.
[9]	I anterior alta	Consulte el par. 5-4* [14] para ver la descripción.
[16]	Advertencia térmica	Consulte el par. 5-4* [21] para ver la descripción.
[17]	Tensión de red fuera de rango	La tensión de red está fuera del rango de tensión especificado.
[18]	Cambio de sentido	Consulte el par. 5-4* [25] para ver la descripción.
[19]	Advertencia	Hay una advertencia activa.
[20]	Descon._alarma	Está activa una alarma de desconexión.
[21]	Bloq._descon._alarma	Está activa una alarma (bloqueo por alarma).
[22]	Comparador 0	Utiliza el resultado del comparador 0 en la regla lógica.
[23]	Comparador 1	Utiliza el resultado del comparador 1 en la regla lógica.
[24]	Comparador 2	Utiliza el resultado del comparador 2 en la regla lógica.
[25]	Comparador 3	Utiliza el resultado del comparador 3 en la regla lógica.
[26]	LogicRule 0	Utiliza el resultado de la regla lógica 0 en la regla lógica.
[27]	LogicRule1	Utiliza el resultado de la regla lógica 1 en la regla lógica.
[28]	LogicRule2	Utiliza el resultado de la regla lógica 2 en la regla lógica.
[29]	LogicRule3	Utiliza el resultado de la regla lógica 3 en la regla lógica.
[33]	EntradaDigital_18	Utiliza el valor de DI 18 en la regla lógica.
[34]	EntradaDigital_19	Utiliza el valor de DI 19 en la regla lógica.

[35]	EntradaDigital_27	Utiliza el valor de DI 27 en la regla lógica.
[36]	EntradaDigital_29	Utiliza el valor de DI 29 en la regla lógica.
[39] *	Comando de arranque	Este evento es <i>Verdadero</i> si el convertidor de frecuencia arranca por cualquiera de los métodos (por entrada digital u otro).
[40]	Convert. parado	Este evento es <i>Verdadero</i> si el convertidor de frecuencia se detiene o entra en inercia por cualquiera de los métodos (por entrada digital, u otro medio).

13-02 Evento parada

Option:
Función:

Seleccionar la entrada para activar Smart Logic Control.

[0]	Falso	Introduce el valor <i>Falso</i> en la regla lógica.
[1]	Verdadero	Introduce el valor <i>Verdadero</i> en la regla lógica.
[2]	En marcha	Consulte el par. 54* [5] para ver la descripción.
[3]	En rango	Consulte el par. 5-4* [7] para ver la descripción.
[4]	En referencia	Consulte el par. 5-4* [8] para ver la descripción.
[7]	Fuera ran. intensidad	Consulte el par. 5-4* [8] para ver la descripción.
[8]	I Posterior baja	Consulte el par. 5-4* [13] para ver la descripción.
[9]	I anterior alta	Consulte el par. 5-4* [14] para ver la descripción.
[16]	Advertencia térmica	Consulte el par. 5-4* [21] para ver la descripción.
[17]	Tensión de red fuera de rango	La tensión de red está fuera del rango de tensión especificado.
[18]	Cambio de sentido	Consulte el par. 5-4* [25] para ver la descripción.
[19]	Advertencia	Hay una advertencia activa.
[20]	Descon._alarma	Está activa una alarma de desconexión.
[21]	Bloq._descon._alarma	Está activa una alarma (bloqueo por alarma).
[22]	Comparador 0	Utiliza el resultado del comparador 0 en la regla lógica.
[23]	Comparador 1	Utiliza el resultado del comparador 1 en la regla lógica.
[24]	Comparador 2	Utiliza el resultado del comparador 2 en la regla lógica.
[25]	Comparador 3	Utiliza el resultado del comparador 3 en la regla lógica.
[26]	LogicRule 0	Utiliza el resultado de la regla lógica 0 en la regla lógica.
[27]	LogicRule1	Utiliza el resultado de la regla lógica 1 en la regla lógica.
[28]	LogicRule2	Utiliza el resultado de la regla lógica 2 en la regla lógica.
[29]	LogicRule3	Utiliza el resultado de la regla lógica 3 en la regla lógica.
[30]	Tiempo límite SL 0	Utilizar el resultado del temporizador 0 en la regla lógica.
[31]	Tiempo límite SL 1	Utilizar el resultado del temporizador 1 en la regla lógica.
[32]	Tiempo límite SL 2	Utilizar el resultado del temporizador 2 en la regla lógica.

[33]	EntradaDigital_18	Utiliza el valor de DI 18 en la regla lógica.
[34]	EntradaDigital_19	Utiliza el valor de DI 19 en la regla lógica.
[35]	EntradaDigital_27	Utiliza el valor de DI 27 en la regla lógica.
[36]	EntradaDigital_29	Utiliza el valor de DI 29 en la regla lógica.
[39]	Comando de arranque	Este evento es <i>Verdadero</i> si el convertidor de frecuencia arranca por cualquiera de los métodos (por entrada digital u otro).
[40] *	Convert. parado	Este evento es <i>Verdadero</i> si el convertidor de frecuencia se detiene o entra en inercia por cualquiera de los métodos (por entrada digital, u otro medio).

13-03 Reiniciar SLC

Option:
Función:

[0] *	No reiniciar	Mantiene todos los ajustes programados en el grupo de parámetros 13.
[1]	Reiniciar SLC	Reiniciar todos los parámetros del grupo 13 a sus ajustes pre-determinados.

4.10.3. 13-1* Comparadores

Los comparadores se usan para comparar variables continuas (frec. de salida, intens. de salida, entr. analóg., etc.) con valores fijos predeterminados. Además, hay valores binarios que se compararán en base intervalos de tiempo fijados. Véase la explicación en el par. 13-10. Los comparadores se evalúan una vez en cada intervalo de escaneo. Utilice directamente el resultado (VERDADERO o FALSO). Todos los parámetros de este grupo son parámetros matriciales con índice de 0 a 5. Seleccionar índice 0 para programar Comparador 0, índice 1 para progr. Comp. 1, y así sucesiv.

13-10 Operando comparador

Matriz [4]

		Seleccionar la variable que debe controlar el comparador.
[0] *	Desactivado	La salida del comparador está desactivada.
[1]	Referencia	La referencia remota resultante (no local) como un porcentaje.
[2]	Realimentación	Realimentación en unidades [RPM] o [Hz].
[3]	Veloc. motor	Veloc. motor en Hz.
[4]	Intensidad motor	Intensidad del motor [A].
[6]	Potencia del motor	Potencia del motor [kW] o [Hz].
[7]	Tensión del motor	Tensión del motor [V].
[8]	Tensión del bus CC	Tensión de bus CC [V].
[9]	Térmico motor	Expresada con un porcentaje.
[10]	Térmico convertidor	Expresada con un porcentaje.
[11]	Temp.disipador	Expresada con un porcentaje.
[12]	Entr. analóg. 53	Expresada con un porcentaje.

[13]	Entr. analóg. 60	Expresada con un porcentaje.
[18]	Entrada pulsos 33	Expresada con un porcentaje.
[20]	Número de alarma	Muestra el número de la alarma.
[30]	Contador A	Valor del contador.
[31]	Contador B	Valor del contador.

13-11 Operador comparador

Matriz [4]

		Seleccionar el operador a utilizar en la comparación.
[0]	Menor que <	El resultado de la evaluación es <i>Verdadero</i> si el valor de la variable seleccionada en el par. 13-10 es inferior al valor fijado en el par. 13-12. El resultado es <i>Falso</i> si el valor de la variable seleccionada en el par. 13-10 es superior al valor fijado en el par. 13-12.
[1] *	Aproximadamente igual ≈	El resultado de la evaluación es <i>Verdadero</i> si el valor de la variable seleccionada en el par. 13-10 es aproximadamente igual al valor fijado en el par. 13-12.
[2]	Mayor que >	Lógica inversa de la opción [0].

13-12 Valor comparador

Matriz [4]

0.0*	[-9999 - 9999]	Introducir el "nivel de disparo" para la variable controlada por este comparador.
------	----------------	---

4.10.4. 13-2* Temporizadores

Utilice los resultados de los temporizadores (par. 1351) como entrada booleana de una regla lógica (par. 13-40, 13-42 ó 13-44).

Cuando transcurra el valor del temporizador, el temporizador cambia de estado de *Falso* a *Verdadero*.

13-20 Temporizador Smart Logic Controller

Matriz [3]

0,0 s*	[0,0 - 3.600 s]	Introducir el valor para definir la duración de la salida <i>Falso</i> del temporizador programado. Un temporizador sólo es <i>Falso</i> si lo activa una acción y hasta que transcurra el tiempo introducido en el temporizador.
--------	-----------------	---

4.10.5. 13-4* Reglas lógicas

Se pueden combinar hasta tres entradas booleanas (VERDADERO/ FALSO) de temporizadores, comparadores, entradas digitales, bits de estado y eventos utilizando los operadores lógicos Y, O y NO. Seleccione entradas booleanas para el cálculo en los par. 13-40, 13-42 y 13-44. Defina los operadores utilizados para combinar de forma lógica las entradas seleccionadas en los par. 13-41 y 13-43.

Prioridad de cálculo

Primero se calculan los resultados de los parámetros 13-40, 13-41 y 13-42. El resultado (VERDADERO/FALSO) de este cálculo se combina con los ajustes de los par. 13-43 y 13-44, produciendo el resultado final (VERDADERO/FALSO) de la regla lógica.

13-40 Regla lógica booleana 1

Matriz [4]

		Seleccionar la primera entrada booleana para la regla lógica seleccionada.
[0] *	Falso	Introduce el valor <i>Falso</i> en la regla lógica.
[1]	Verdadero	Introduce el valor <i>Verdadero</i> en la regla lógica.
[2]	En marcha	Consulte el par. 5-4* [5] para ver la descripción.
[3]	En rango	Consulte el par. 5-4* [7] para ver la descripción.
[4]	En referencia	Consulte el par. 5-4* [8] para ver la descripción.
[7]		Consulte el par. 5-4* [8] para ver la descripción.
[8]	I Posterior baja	Consulte el par. 5-4* [13] para ver la descripción.
[9]	I anterior alta	Consulte el par. 5-4* [14] para ver la descripción.
[16]	Advertencia térmica	Consulte el par. 5-4* [21] para ver la descripción.
[17]	Tensión de red fuera de rango	La tensión de red está fuera del rango de tensión especificado.
[18]	Cambio de sentido	Consulte el par. 5-4* [25] para ver la descripción.
[19]	Advertencia	Hay una advertencia activa.
[20]	Descon._alarma	Está activa una alarma de desconexión.
[21]	Bloq._descon._alarma	Está activa una alarma (bloqueo por alarma).
[22]	Comparador 0	Utiliza el resultado del comparador 0 en la regla lógica.
[23]	Comparador 1	Utiliza el resultado del comparador 1 en la regla lógica.
[24]	Comparador 2	Utiliza el resultado del comparador 2 en la regla lógica.
[25]	Comparador 3	Utiliza el resultado del comparador 3 en la regla lógica.
[26]	LogicRule 0	Utiliza el resultado de la regla lógica 0 en la regla lógica.
[27]	LogicRule1	Utiliza el resultado de la regla lógica 1 en la regla lógica.
[28]	LogicRule2	Utiliza el resultado de la regla lógica 2 en la regla lógica.
[29]	LogicRule3	Utiliza el resultado de la regla lógica 3 en la regla lógica.
[30]	Tiempo límite SL 0	Utilizar el resultado del temporizador 0 en la regla lógica.
[31]	Tiempo límite SL 1	Utilizar el resultado del temporizador 1 en la regla lógica.
[32]	Tiempo límite SL 2	Utilizar el resultado del temporizador 2 en la regla lógica.
[33]	EntradaDigital_18	Utiliza el valor de DI 18 en la regla lógica.
[34]	EntradaDigital_19	Utiliza el valor de DI 19 en la regla lógica.
[35]	EntradaDigital_27	Utiliza el valor de DI 27 en la regla lógica.

[36]	EntradaDigital_29	Utiliza el valor de DI 29 en la regla lógica.
[39]	Comando de arranque	Este evento es <i>Verdadero</i> si el convertidor de frecuencia arranca por cualquiera de los métodos (por entrada digital u otro).
[40]	Convert. parado	Este evento es <i>Verdadero</i> si el convertidor de frecuencia se detiene o entra en inercia por cualquiera de los métodos (por entrada digital, u otro medio).

13-41 Operador regla lógica 1

Matriz [4]

Seleccionar, desde los par. 13-40 y 13-42, el primer operador lógico que se usará en las entradas booleanas.		
[0] *	Desactivado	Ignora los parámetros 13-42, 13-43 y 13-44.
[1]	Y	Evalúa la expresión [13-40] Y [13-42].
[2]	O	Evalúa la expresión [13-40] O [13-42].
[3]	Y NOT	Evalúa la expresión [13-40] Y NOT [13-42].
[4]	O NOT	Evalúa la expresión [13-40] O NOT [13-42].
[5]	NOT Y	Evalúa la expresión NOT [13-40] Y [13-42].
[6]	NOT O	Evalúa la expresión NOT [13-40] O [13-42].
[7]	NOT AND NOT	Evalúa la expresión NOT [13-40] Y NOT [13-42].
[8]	NOT O NOT	Evalúa la expresión NOT [13-40] O NOT [13-42].

13-42 Regla lógica booleana 2

Matriz [4]

Seleccionar la segunda entrada booleana para la regla lógica seleccionada.		
Consulte el par.1340 para ver posibles selecciones y sus descripciones.		

13-43 Operador regla lógica 2

Matriz [4]

Seleccionar el segundo operador lógico a utilizar en la entrada booleana calculada en los par. 13-40, 13-41 y 13-42, y la entrada booleana del par. 13-42.		
[0] *	Desactivado	Consultar el parámetro 13-44.
[1]	Y	Evalúa la expresión [13-40/13-42] Y [13-44].
[2]	O	Evalúa la expresión [13-40/13-42] O [13-44].
[3]	Y NOT	Evalúa la expresión [13-40/13-42] Y NOT [13-44].
[4]	O NOT	Evalúa la expresión [13-40/13-42] O NOT [13-44].
[5]	NOT Y	Evalúa la expresión NOT [13-40/13-42] Y [13-44].
[6]	NOT O	Evalúa la expresión NOT [13-40/13-42] O [13-44].

[7]	NOT AND NOT	Evalúa la expresión NOT [13-40/13-42] Y NOT [13-44].
[8]	NOT O NOT	Evalúa la expresión NOT [13-40/13-42] O NOT [13-44].

13-44 Regla lógica booleana 3

Matriz [4]

Seleccionar la tercera entrada booleana para la regla lógica seleccionada.

Consulte el par.1340 para ver posibles selecciones y sus descripciones.

4

4.10.6. 13-5* Estados

Parámetros para programar el Smart Logic Controller (SLC).

13-51 Evento controlador SL

Matriz [20]

Seleccionar la entrada booleana para definir el evento de Smart Logic Controller.

Consulte el par.1340 para ver posibles selecciones y sus descripciones.

13-52 Acción controlador SL

Matriz [20]

Seleccionar la acción correspondiente al evento SLC. Las acciones se ejecutan cuando el evento correspondiente (par. 13-51) se evalúa como *Verdadero*.

[0] *	Desactivado	La función está desactivada.
[1]	Sin acción	No se ejecuta ninguna acción.
[2]	Seleccionar ajuste 1	Cambia el ajuste activo a ajuste '1'.
[3]	Seleccionar ajuste 2	Cambia el ajuste activo a ajuste '2'.
[10]	SelectPresetRef0	Selecciona la referencia interna 0
[11]	SelectPresetRef1	Selecciona la referencia interna 1
[12]	SelectPresetRef2	Selecciona la referencia interna 2
[13]	SelectPresetRef3	Selecciona la referencia interna 3
[14]	SelectPresetRef4	Selecciona la referencia interna 4
[15]	SelectPresetRef5	Selecciona la referencia interna 5
[16]	SelectPresetRef6	Selecciona la referencia interna 6
[17]	SelectPresetRef7	Selecciona la referencia interna 7
[18]	Seleccionar rampa 1	Selecciona la rampa 1.
[19]	Seleccionar rampa 2	Selecciona la rampa 2.
[22]	Marcha	Envía un comando de arranque al convertidor de frecuencia.

[23]	Func. sentido inverso	Envía una orden de arranque inverso al convertidor de frecuencia.
[24]	Parada	Envía un comando de parada al convertidor de frecuencia.
[25]	Prápida	Envía una orden de parada rápida al convertidor de frecuencia.
[26]	Dcstop	Envía una orden de parada CC al convertidor de frecuencia.
[27]	Inercia	El convertidor de frecuencia entra en parada por inercia inmediatamente. Todos los órdenes de parada, incluyendo el comando inercia, detienen el SLC.
[28]	Mantener salida	Mantiene la frecuencia de salida.
[29]	StartTimer0	Arranca tempor. 0
[30]	StartTimer1	Arranca tempor. 1
[31]	StartTimer2	Arranca tempor. 2
[32]	SetDO42Low	Salida digital 42 está a nivel bajo.
[33]	SetRelayLow	El relé está a bajo.
[38]	SetDO42High	La salida digital 42 está a alto.
[39]	SetRelayHigh	Relé a alto.
[60]	ResetCounterA	Reinicia el contador A a 0.
[61]	ResetCounterB	Reinicia el contador B a 0.

4.11. Grupo de parámetros 14: Funciones especiales

4.11.1. 14-** Funciones especiales

Grupo de parámetros para configurar funciones especiales del convertidor de frecuencia.

4.11.2. Conmut. inversor, 14-0*

Parámetros para configurar la conmutación del inversor.

14-01 Frecuencia conmutación

Option:

Función:

Seleccione la frecuencia de conmutación a fin de minimizar, por ejemplo, el ruido acústico y la pérdida de potencia de potencia, o para maximizar la eficiencia.

[0] 2 KHz

[1] * 4 KHz

[2] 8 KHz

[3] 12 KHz

[4] 16 KHz

14-03 Sobremodulación

Option:

Función:

Esta función permite un control de velocidad más preciso cerca y por encima de la velocidad nominal (50/60 Hz). Otra ventaja con la sobremodulación es la capacidad para permanecer a una velocidad constante a pesar de las caídas de tensión.

[0] No

Desactiva la función de sobremodulación para evitar la ondulación o rizado del par en el eje del motor.

[1] * Sí

Conecta la función de sobremodulación para obtener una tensión de salida hasta un 15% mayor que la tensión de red.

4.11.3. 14-1* Control de red

Este grupo de parámetros proporciona funciones para gestionar el desequilibrio en la red eléctrica.

14-12 Función desequil. alimentación

Option:

Función:

Un funcionamiento en condiciones de severo desequilibrio de red reduce la vida útil del motor.

Seleccionar esta función para que se utilice cuando se detecte un desequilibrio de red notable.

[0] * Desconexión

El convertidor de frecuencia se desconecta.

[1] Advertencia

El convertidor de frecuencia emite una advertencia.

[2] Desactivado

No se ejecuta ninguna acción.

4.11.4. Reset desconex., 14-2*

Parámetros para configurar el manejo del reset automático, el tratamiento de alarmas especiales y el autotest o la instalación de la tarjeta de control.

14-20 Modo reset

Option:
Función:

Seleccione la función de reset después de una desconexión. Tras el reset, el convertidor de frecuencia puede volver a arrancarse.

[0] *	Reset manual	Realice un reset mediante la tecla [RESET] o mediante una entrada digital.
[1]	Reset autom. x 1	Realiza un reset automático después de la desconexión.
[2]	Reset autom. x 2	Realiza dos resets automáticos después de la desconexión.
[3]	Reset autom. x 3	Realiza tres resets automáticos después de la desconexión.
[4]	Reset autom. x 4	Realiza cuatro resets automáticos después de la desconexión.
[5]	Reset autom. x 5	Realiza cinco resets automáticos después de la desconexión.
[6]	Reset autom. x 6	Realiza seis resets automáticos después de la desconexión.
[7]	Reset autom. x 7	Realiza siete resets automáticos después de la desconexión.
[8]	Reset autom. x 8	Realiza ocho resets automáticos después de la desconexión.
[9]	Reset autom. x 9	Realiza nueve resets automáticos después de la desconexión.
[10]	Reset autom. x 10	Realiza diez resets automáticos después de la desconexión.
[11]	Reset autom. x 15	Realiza quince resets automáticos después de la desconexión.
[12]	Reset autom. x 20	Realiza veinte resets automáticos después de la desconexión.
[13]	Reinic. auto. infinito	Realiza un número infinito de reinicios automáticos después de la desconexión.



El motor puede arrancar sin advertencia previa.

14-21 Tiempo de reinicio automático

Range:

10 s* [0 - 600 s]

Función:

Introducir el intervalo de tiempo desde la desconexión hasta el inicio de la función de reinicio automático. Este parámetro está activo cuando el par. 14-20, *Modo Reset*, se ajusta a *Reset autom.* [0] - [13].

14-22 Modo funcionamiento

Option:		Función:	Utilice este parámetro para establecer un funcionamiento normal o para inicializar todos los parámetros, salvo los par. 15-03, 15-04 y 15-05.
[0] *	Funcion. normal		El convertidor de frecuencia funciona con normalidad.
[2]	Inicialización		Devuelve todos los parámetros a sus ajustes predeterminados, excepto en el caso de los par. 15-03, 15-04 y 15-05. El convertidor de frecuencia se reinicia durante el siguiente arranque. El par. 14-22 también regresa al ajuste predeterminado <i>Funcion. normal</i> [0].

4.11.5. 14-4* Optimización de energía

Parámetros para el ajuste del nivel de optimización de energía en ambos modos: Par variable (VT) y Optimización automática de energía (AEO).

14-41 Mínima magnetización AEO

Range:		Función:	
66%* [40 - 75%]			Introduzca el valor mínimo de magnetización admisible para la AEO. La selección de un valor bajo reduce la pérdida de energía en el motor, pero también puede reducir la resistencia a cambios de carga repentinos.

4.12. Grupo de parámetros 15: Información del convertidor

4.12.1. 15-** Información convertidor

Grupo de parámetros con información del conv. frec., como datos de funcionamiento, config. de hardware, versión de software, etc.

4.12.2. 15-0* Datos func.

Grupo de parámetros que contienen datos de funcionamiento, p. ej. horas de funcionamiento, contadores de kWh, arranques, etc.

4.12.3. 15-00 Tiempo de funcionamiento

15-00 Tiempo de funcionamiento

Range: 0 días* [0 - 65.535 días]	Función: Ver cuántas horas ha estado funcionando el convertidor de frecuencia. El valor se guarda durante el apagado y no puede reiniciarse.
--	---

15-01 Horas funcionam.

Range: 0* [0 - 2147483647]	Función: Ver las horas de funcionamiento del motor. El valor se guarda durante el apagado y puede reiniciarse en el par. 15-07, <i>Reinicio contador de horas funcionam.</i>
--------------------------------------	---

15-02 Contador kWh

Range: 0 [0 - 65535]	Función: Ver el consumo eléctrico en kWh como valor promedio durante una hora. Reinicie el contador desde el par. 15-06, <i>Reiniciar contador kWh.</i>
--------------------------------	--

15-03 Arranques

Range: 0 [0 - 2147483647]	Función: Ver el número de veces que se ha encendido el convertidor de frecuencia. El contador no puede reiniciarse.
-------------------------------------	--

15-04 Sobretemperat.

Range: 0 [0 - 65535]	Función: Ver el número de veces que se ha desconectado el convertidor de frecuencia debido a la sobretemperatura. El contador no puede reiniciarse.
--------------------------------	--

15-05 Sobretensión

Range:	Función:
0* [0 - 65535]	Ver el número de veces que se ha desconectado el convertidor de frecuencia debido a la sobretensión. El contador no puede reiniciarse.

15-06 Reiniciar contador KWh

Option:	Función:
	Este parámetro no puede seleccionarse mediante el puerto serie RS 485.

[0] *	No reiniciar	El contador no se reinicia.
[1]	Reiniciar contador	El contador se reinicia.

15-07 Reinicio contador de horas funcionam.

Option:	Función:
	Este parámetro no puede seleccionarse mediante el puerto serie RS 485.

[0] *	No reiniciar	El contador no se reinicia.
[1]	Reiniciar contador	El contador se reinicia.

4.12.4. 15-3* Registro fallos

Este grupo de parámetros contiene un registro de fallos que muestra las causas de las diez últimas desconexiones.

15-30 Registro fallos: Código de fallo

Range:	Función:
0 [0 - 255]	Ver el código de fallo y búsquelo en la Guía de Diseño del VLT Micro.

4.12.5. Id. dispositivo, 15-4*

Parámetros que contienen información de sólo lectura sobre la configuración de hardware y software del convertidor de frecuencia.

15-40 Tipo FC

Option:	Función:
	Ver el tipo de FC.

15-41 Sección de potencia

Option:	Función:
	Ver la sección de potencia del convertidor de frecuencia.

15-42 Tensión

Option: **Función:**
Ver la tensión del convertidor de frecuencia.

15-43 Versión de software

Option: **Función:**
Ver la versión de software del convertidor de frecuencia.

15-46 N° pedido convert. frecuencia

Option: **Función:**
Ver el número de pedido para volver a pedir el convertidor de frecuencia con su configuración original.

15-48 N° ID LCP

Option: **Función:**
Ver el número ID del LCP.

15-51 N° serie convert. frecuencia

Option: **Función:**
Ver el número de serie del convertidor de frecuencia.

4.13. Grupo de parámetros 16: Lecturas de datos

4.13.1. 16-** Lecturas de datos

Grupo de parámetros para lectura de datos, esto es, referencias reales, tensiones, corrientes, alarmas, advertencias y códigos de estado.

4.13.2. 16-0* Estado general

Parámetros que indican el estado general del equipo: referencias calculadas, código de control activo, estado.

16-00 Código de control

Range:	Función:
0* [0 - 65535]	Ver el último código de control válido enviado al convertidor de frecuencia mediante el puerto de comunicaciones serie.

16-01 Referencia [Unidad]

Range:	Función:
0.000* [-4999.000 4999.000]	- Ver la referencia remota total. La referencia total es la suma de las referencias de pulsos, analógica, interna, del potenciómetro del LCP, de bus local y mantenida.

16-02 Referencia %

Range:	Función:
0.0* [-200.0 - 200.0%]	Ver la referencia remota total como porcentaje. La referencia total es la suma de las referencias de pulsos, analógica, interna, del potenciómetro del LCP, de bus local y mantenida.

16-03 Código de estado

Range:	Función:
0* [0 - 65535]	Ver el código de estado enviado al convertidor de frecuencia mediante el puerto de comunicaciones serie.

16-05 Valor real princ. %

Range:	Función:
0.00* [-100.00 - 100.00%]	Ver el código de 2 bytes enviado con el código de estado al bus maestro informando del valor principal real.

4.13.3. 16-1* Estado motor

Parámetros para leer los valores de estado del motor.

16-10 Potencia [kW]

Range:	Función:
0 kW* [0 - 99 kW]	Ver la potencia de salida en kW.

16-11 Potencia [CV]

Range:	Función:
0 CV [0 - 99 CV]	Ver la potencia de salida del motor en CV.

16-12 Tensión del motor

Range:	Función:
0,0* [0,0 - 999,9 V]	Ver la tensión de la fase del motor.

16-13 Frecuencia

Range:	Función:
0,0 Hz* [0,0 - 400,0 Hz]	Ver la frecuencia de salida en Hz.

16-14 Intensidad del motor

Range:	Función:
0,00 A* [0,00 - 1856,00 A]	Ver la intensidad de la fase del motor.

16-15 Frecuencia [%]

Range:	Función:
0,00* [-100,00 - 100,00%]	Ver un código de dos bytes que informa de la frecuencia actual del motor como porcentaje del par. X-XX

16-18 Térmico motor

Range:	Función:
0%* [0 - 100%]	Ver la carga térmica calculada del motor como porcentaje de la carga térmica estimada.

4.13.4. 16-3* Estado Drive

Parámetros para informar del estado del convertidor de frecuencia.

16-30 Tensión bus CC

Range:	Función:
0 V* [0 - 10000 V]	Ver la tensión de bus CC.

16-34 Temp. disipador.

Range:	Función:
0* [0 - 255]	Indica la temperatura del disipador térmico del convertidor de frecuencia

16-35 Térmico inversor

Range:	Función:
0%* [0 - 100%]	Ver la carga térmica calculada en el convertidor de frecuencia en relación con la carga térmica estimada en el convertidor de frecuencia.

16-36 Int. Nom. Inv.

Range: 0,00 A* [0,01 - 10000,00 A]	Función: Ver la intensidad nominal de trabajo de inversor.
--	--

16-37 Máx. Int. Inv.

Range: 0,00 A* [0,1 - 10000,00 A]	Función: Ver la máxima intensidad intermitente de inversor (150%).
---	--

16-38 Estado ctrlador SL

Range: 0* [0 - 255]	Función: Ver el número de estado de controlador SL activo.
-------------------------------	--

4

4.13.5. 16-5* Ref. y realim.

Parámetros para informar de entradas de realimentación y referencia

16-50 Referencia externa

Range: 0.0%* [-200.0 - 200.0%]	Función: Ver como porcentaje la suma de todas las referencias externas.
--	---

16-51 Referencia de pulsos

Range: 0.0 %* [-200.0 - 200.0%]	Función: Ver la entrada de pulsos actual convertida en referencia como porcentaje.
---	--

16-52 Realimentación

Range: 0.000* [-4999.000 4999.000]	Función: - Ver la realimentación analógica o de pulsos en Hz.
---	---

4.13.6. 16-6* Entradas y salidas

Parámetros para informar de los puertos de E/S analógicos y digitales.

16-60 Entrada digital 18, 19, 27, 33

Range: 0* [0 - 1111]	Función: Ver el estado de la señal de las entradas digitales activas.
--------------------------------	---

16-61 Entrada digital 29

Range: 0* [0 - 1]	Función: Ver el estado de la señal en la entrada digital 29.
-----------------------------	--

16-62 Entrada analógica 53 (tensión)

Range: 0.00* [0,00 - 10,00 V]	Función: Ver la tensión de entrada en el terminal de entrada analógico.
---	---

16-63 Entrada analógica 53 (intensidad)

Range:	Función:
0.00* [0,00 - 20,00 mA]	Ver la intensidad de entrada del terminal de entrada analógico.

16-64 Entrada analógica 60

Range:	Función:
0.00* [0,00 - 20,00 mA]	Ver el valor real en la entrada 60 como referencia o como valor de protección.

16-65 Salida analógica 42 [mA]

Range:	Función:
0,00 [0,00 - 20,00 mA] mA*	Ver la intensidad de salida en la salida analógica 42.

16-68 Entrada de pulsos

Range:	Función:
20 Hz* [20 - 5000 Hz]	Ver la frecuencia de entrada en el terminal de entrada de pulsos.

16-71 Salida Relé [bin]

Range:	Función:
0* [0 - 1]	Ver la configuración del relé.

16-72 Contador A

Range:	Función:
0* [-2147483648 2147483647]	- Ver el valor actual del contador A.

16-73 Contador B

Range:	Función:
0* [-2147483648 2147483647]	- Ver el valor actual del contador B.

4.13.7. 16-8* Puerto FC

Parámetro para visualizar las referencias del puerto FC.

16-86 Puerto FC REF 1

Range:	Función:
0* [0x8000 - 0x7FFF]	Ver la referencia recibida actualmente del puerto FC.

4.13.8. 16-9* Lect. diagnóstico

Parámetros que muestran códigos de alarma, advertencia y estado ampliado.

16-90 Código de alarma

Range:	Función:
0* [0 - 0x7FFFFFFFUL]	Ver el código de alarma enviado mediante el puerto de comunicaciones serie en código hexadecimal.

16-92 Código de advertencia

Range:	Función:
0* [0 - 0x7FFFFFFFUL]	Ver el código de advertencia enviado por el puerto de comunicaciones serie en código hexadecimal.

16-94 Cód. estado amp.

Range:	Función:
0* [0 - 0xFFFFFUL]	Ver el código de advertencia enviado por el puerto de comunicaciones serie en código hexadecimal.

5. Listas de parámetros

Parámetro	Descripción general de los parámetros
0- ** Func. / Display	
0-0 * Ajustes básicos	
0-03 Ajustes regionales	
*[0] Internacional	
[1] US	
0-04 Estado de func. al conectar (manual)	
[0] Auto-arranque	
*[1] Par. forz., ref. guard	
[2] Par. forz., ref. = 0	
0-1 * Gestión de ajustes	
0-10 Ajuste activo	
*[1] Ajuste 1	
[2] Ajuste 2	
[9] Ajuste múltiple	
0-11 Editar ajuste	
*[1] Ajuste 1	
[2] Ajuste 2	
[9] Ajuste activo	
0-12 Ajuste actual enlazado a	
[0] Sin enlazar	
*[20] Enlazado	
0-4 * Teclado LCP	
0-40 Tecla [Hand on] en el LCP	
[0] Desactivado	
*[1] Activado	
0-41 Botón [Off / Reset] en el LCP	
[0] Desactivar todos	
*[1] Activar todos	
[2] Activar solo Reset	
0-42 Tecla [Auto on] en el LCP	
[0] Desactivado	
*[1] Activado	
0-5 * Copiar/Guardar	
0-50 Copia con LCP	
*[0] No copiar	
[1] Trans. LCP tod. par.	
[2] Tr d LCP tod. par.	
[3] Tr d LCP par ind tam	
0-51 Copia de ajuste	
*[0] No copiar	
[1] Copiar del ajuste 1	
[2] Copiar del ajuste 2	
[9] Copiar del ajuste de fábrica	
0-6 * Contraseña	
0-60 Contraseña menú principal	
0 - 999 * 0	
1- ** Carga / motor	
1-0 * Ajustes generales	
1-00 Modo de configuración	
*[0] Veloc. Lazo Abierto	
[3] Proceso	
1-01 Principio Control Motor	
[0] U/f	
*[1] VVC+	
1-03 Características de par	
*[0] Par constante	
[2] Optim. auto. energía	
1-05 Configuración modo local	
[0] Lazo Abierto de velocidad	
[2] Según par. 1-00	
1-2 * Datos de motor	
1-20 Potencia motor [kW] [CV]	
0,09 kW / 0,12 CV ... 11 kW / 15 CV	
1-22 Tensión motor	
50 - 999 V * 230 - 400	
1-23 Frecuencia motor	
20 - 400 Hz * 50 Hz	
1-24 Intensidad motor	
0,01 - 26,00 A * Dep. tipo motor	
1-25 Veloc. nominal motor	
100 - 9.999 rpm * Dep. tipo motor	
1-29 Adaptación automática del motor (AMT)	
[0] Off	
[2] Act. AMT	
1-3 * Dat. avanz. motor	
1-30 Resistencia estátor (Rs)	
[Ohm] * Dep. de datos del motor	
1-33 Reactancia fuga estátor (X1)	
[Ohm] * Dep. de datos del motor	
1-35 Reactancia princ. (Xh)	
[Ohm] * Dep. de datos del motor	
1-5 * Indep. de carga Ajuste	
0 - 300 % * 100 %	
1-52 Velocidad mínima a magn. normal	
[Hz]	
0,0 - 10,0 Hz * 0,0 Hz	
1-55 Característica U/f - U	
0 - 999,9 V	
1-56 Característica U/f - F	
0 - 400 Hz	
1-6 * Aj. depend. Ajuste	
1-60 Compensación carga baja veloc.	
0 - 199 % * 100 %	
1-61 Compensación carga alta velocidad	
0 - 199 % * 100 %	
1-62 Compensación deslizam.	
-400 - 399 % * 100 %	
1-01 Principio Control Motor	
[0] U/f	
*[1] VVC+	
1-03 Características de par	
*[0] Par constante	
[2] Optim. auto. energía	
1-05 Configuración modo local	
[0] Lazo Abierto de velocidad	
[2] Según par. 1-00	
1-2 * Datos de motor	
1-20 Potencia motor [kW] [CV]	
0,09 kW / 0,12 CV ... 11 kW / 15 CV	
1-22 Tensión motor	
50 - 999 V * 230 - 400	
1-23 Frecuencia motor	
20 - 400 Hz * 50 Hz	
1-24 Intensidad motor	
0,01 - 26,00 A * Dep. tipo motor	
1-25 Veloc. nominal motor	
100 - 9.999 rpm * Dep. tipo motor	
1-29 Adaptación automática del motor (AMT)	
[0] Off	
[2] Act. AMT	
1-3 * Dat. avanz. motor	
1-30 Resistencia estátor (Rs)	
[Ohm] * Dep. de datos del motor	
1-33 Reactancia fuga estátor (X1)	
[Ohm] * Dep. de datos del motor	
1-35 Reactancia princ. (Xh)	
[Ohm] * Dep. de datos del motor	
1-5 * Indep. de carga Ajuste	
0 - 300 % * 100 %	
1-52 Velocidad mínima a magn. normal	
[Hz]	
0,0 - 10,0 Hz * 0,0 Hz	
1-55 Característica U/f - U	
0 - 999,9 V	
1-56 Característica U/f - F	
0 - 400 Hz	
1-6 * Aj. depend. Ajuste	
1-60 Compensación carga baja veloc.	
0 - 199 % * 100 %	
1-61 Compensación carga alta velocidad	
0 - 199 % * 100 %	
1-62 Compensación deslizam.	
-400 - 399 % * 100 %	
1-63 Constante de tiempo compens. deslizam.	
0,05 - 5,00 s * 0,10 s	
1-7 * Ajustes arranque	
1-71 Retardo arr.	
0,0 - 10,00 s * 0,0 s	
1-72 Función de arranque	
[0] CC mant./tiempo ret.	
[1] Freno CC/tiempo retar.	
*[2] Inerc. / tiempo retardo	
1-73 Motor en giro	
*[0] Desactivado	
[1] Activado	
1-8 * Ajustes de parada	
1-80 Función de parada	
*[0] Inercia	
[1] CC mantenido	
1-82 Vel. mín. para func. parada [Hz]	
0,0 - 20,0 Hz * 0,0 Hz	
1-9 * Temperatura motor	
1-90 Protección térmica del motor	
[0] Sin protección	
[1] Advert. termistor	
[2] Descon. termistor	
[3] Advert. ETR	
[4] Descon. ETR	
1-93 Fuente de termistor	
*[0] Ninguna	
[1] Entrada analógica 53	
[6] Entrada digital 29	
2- ** Frenos	
2-0 * Freno CC	
2-00 Intensidad de CC mantenida	
0 - 150 % * 50 %	
2-01 Intens. freno CC	
0 - 150 % * 50 %	
2-02 Tiempo de frenado CC	
0,0 - 60,0 s * 10,0 s	
2-04 Velocidad de conexión del freno CC	
0,0 - 400,0 Hz * 0,0 Hz	
2-1 * Func. energ. freno	
*[0] Off	
2-10 Función de freno	
[0] Sin función	
[1] Entrada analógica 53	
[2] Entrada analógica 60	
[8] Entrada de pulsos 33	
[11] Ref. bus local	
[21] Potenciómetro Lcp	
3-16 Recurso de referencia 2	
[0] Sin función	
[1] Entrada analógica 53	
[2] Entrada analógica 60	
[8] Entrada de pulsos 33	
[11] Ref. bus local	
[21] Potenciómetro Lcp	
3-10 Referencia interna	
-100,0 - 100,0 % * 0,00 %	
3-11 Velocidad fija [Hz]	
0,0 - 400,0 Hz * 5,0 Hz	
3-12 Valor de enganche/arriba-abajo	
0,00 - 100,0 % * 0,00 %	
3-14 Referencia relativa interna	
-100,0 - 100,0 % * 0,00 %	
3-15 Recurso de referencia 1	
[0] Sin función	
*[1] Entrada analógica 53	
[2] Entrada analógica 60	
[8] Entrada de pulsos 33	
[11] Ref. bus local	
[21] Potenciómetro Lcp	
3-16 Recurso de referencia 2	
[0] Sin función	
[1] Entrada analógica 53	
[2] Entrada analógica 60	
[8] Entrada de pulsos 33	
[11] Ref. bus local	
[21] Potenciómetro Lcp	

<p>3-17 Recurso de referencia 3 [0] Sin función [1] Entrada analógica 53 [2] Entrada analógica 60 [8] Entrada de pulsos 33 [11] Ref. bus local [21] Potenciómetro Lcp</p> <p>3-18 Recurso escal. rel. de referencia * [0] Sin función [1] Entrada analógica 53 [2] Entrada analógica 60 [8] Entrada de pulsos 33 [11] Ref. bus local [21] Potenciómetro Lcp</p> <p>3-4* Rampa 1 3-40 Rampa 1 tipo * [0] Lineal [2] Rampa Sine2</p> <p>3-41 Rampa 1 tiempo acel. rampa 0,05 - 3.600 s * 3,00 s</p> <p>3-42 Rampa 1 tiempo desacel. rampa 0,05 - 3.600 s * 3,00 s</p> <p>3-5* Rampa 2 3-50 Tipo rampa 2 * [0] Lineal [2] Rampa Sine2</p> <p>3-51 Rampa 2 tiempo acel. rampa 0,05 - 3.600 s * 3,00 s</p> <p>3-52 Rampa 2 tiempo desacel. rampa 0,05 - 3.600 s * 3,00 s</p> <p>3-8* Otras rampas 3-80 Tiempo rampa veloc. fija 0,05 - 3.600 s * 3,00 s</p> <p>3-81 Tiempo rampa parada rápida 0,05 - 3.600 s * 3,00 s</p> <p>4* Lim./Advert. 4-1* Límites motor [0] Izqda. a dcha. [1] Dcha. a izqda. * [2] Ambos sentidos</p> <p>4-12 Límite bajo veloc. motor [Hz] 0,0 - 400,0 Hz * 0,0 Hz</p> <p>4-14 Motor Speed High Limit [Hz] 0,1 - 400,0 Hz * 65,0 Hz</p> <p>4-16 Modo motor limite de par 0 - 400 % * 150 %</p>	<p>4-17 Modo generador limite de par 0 - 400 % * 100 %</p> <p>4-5* Ajuste Advertencias 4-50 Advert. Intens. baja 0,00 - 26,00 A * 0,00 A</p> <p>4-51 Advert. Intens. alta 0,00 - 26,00 A * 26,00 A</p> <p>4-58 Función Fallo Fase Motor * [0] Off * [1] On</p> <p>4-6* Bypass veloc. 4-61 Velocidad bypass desde [Hz] 0,0 - 400,0 Hz * 0,0 Hz</p> <p>4-63 Veloc. bypass hasta [Hz] 0,0 - 400,0 Hz * 0,0 Hz</p> <p>5-1* Entradas digitales 5-10 Terminal 18 entrada digital [0] Sin función [1] Reinicio [2] Inercia [3] Inercia y reinicio [4] Parada rápida [5] Freno CC [6] Parada * [8] Arranque [9] Arranque por pulsos [10] Cambio de sentido [11] Arranque e inversión [12] Act. arranque adelan. [13] Act. arranque inverso [14] Veloc. fija [16-18] Ref.interna EXB [19] Mantener referencia [20] Mant. salida [21] Aceleración [22] Deceleración [23] Selec.ajuste LSB [28] Engan. arriba [29] Enganc. abajo [34] Bit 0 rampa [60] Contador A (ascend.) [61] Contador A (descend.) [62] Reset contador A [63] Contador B (ascend.) [64] Contador B (descend.) [65] Reset del contador B</p>	<p>5-11 Terminal 19 entrada digital Véase el par. 5-10. * [10] Cambio de sentido</p> <p>5-12 Terminal 27 entrada digital Véase el par. 5-10. * [1] Reinicio</p> <p>5-13 Terminal 29 entrada digital Véase el par. 5-10. * [14] Veloc. fija</p> <p>5-15 Terminal 33 entrada digital Véase el par. 5-10. * [16] Ref.interna LSB [26] Parada precisa [27] Arranq./parada prec. [32] Entra de pulsos</p> <p>5-4* Relés 5-40 Relé de función * [0] Sin función [1] Ctri prep. [2] Conv. preparado [3] Conv. preparado, remoto [4] Activar / sin advert. [5] Unidad en func. [6] Func./sin advert. [7] Func. en ran./sin adv. [8] Func. en ref./sin adv. [9] Alarma [10] Alarma o advertencia [12] Fuera ran. intensidad [13] Corriente posterior, baja [14] Corriente anterior, alta [21] Advertencia térmica [22] Listo, sin adv. térm. [23] Rem list sin adv tér [24] Listo, tensión OK [25] Cambio sentido [26] Bus OK [28] Freno, sin advert. [29] Fren. prep. sin fallos [30] Fallo freno (IGBT) [32] Ctri. freno mec. [36] Bit cód. control 11 [51] Ref. local activa [52] Ref. remota activa [53] Sin alarma [54] Coman. arran. activo [55] Func. inverso [56] Conv. en modo manual [57] Conv. en modo auto. [60-63] Comparador 0-3</p>	<p>[7273] Regla lógica 03 [81] Salida digital SL B</p> <p>5-5* Entrada de pulsos 5-55 Term. 33 baja frecuencia 20 - 4.999 Hz * 20 Hz</p> <p>5-56 Term. 33 alta frecuencia 21 - 5.000 Hz * 5.000 Hz</p> <p>5-57 Term. 33 valor bajo ref. /realim -4.999 - 4.999 * 0,000</p> <p>5-58 Term. 33 valor alto ref. /realim -4.999 - 4.999 * 50,000</p> <p>6** E/S analógica 6-0* Modo E/S analógico 6-00 Tiempo Limite Cero Activo 1 - 99 s * 10 s</p> <p>6-01 Tiempo Limite Cero Activo * [0] Off [1] Mant. salida [2] Parada [3] Velocidad fija [4] Velocidad máx. [5] Parada y desconexión</p> <p>6-1* Entrada analógica 1 6-10 Tensión baja Terminal 53 0,00 - 9,99 V * 0,07 V</p> <p>6-21 Tensión alta Terminal 53 0,01 - 10,00 V * 10,00 V</p> <p>6-12 Terminal 53 Intensidad baja mA 0,00 - 19,99 mA * 0,14 mA</p> <p>6-23 Intensidad alta terminal 53 0,01 - 20,00 mA * 20,00 mA</p> <p>6-14 Term. 53 valor bajo ref. /realim -4.999 - 4.999 * 0,000</p> <p>6-15 Term. 53 valor alto ref. /realim -4.999 - 4.999 * 50,000</p> <p>6-16 Terminal 54 constante tiempo filtro 0,01 - 10,00 s * 0,01 s</p> <p>6-19 Terminal 53 modo * [0] Modo V [1] Modo mA</p> <p>6-2* Entrada analógica 2 6-22 Terminal 60 escala baja mA 0,00 - 19,99 mA * 0,14 mA</p> <p>6-23 Terminal 60 escala alta mA 0,01 - 20,00 mA * 20,00 mA</p>
--	---	--	---

<p>6-24 Term. 60 valor bajo ref. /realim -4,999 - 4,999 * 0,000</p> <p>6-25 Term. 60 valor alto ref. /realim -4,999 - 4,999 * 50,00</p> <p>6-26 Terminal 60 constante tiempo filtro 0,01 - 10,00 s * 0,01 s</p> <p>6-8* Potmetro. LCP</p> <p>6-81 Potmetro. LCP Referencia baja -4,999 - 4,999 * 0,000</p> <p>6-82 Potmetro. LCP Referencia alta -4,999 - 4,999 * 50,00</p> <p>6-9* Salida analógica xx</p> <p>6-90 Modo terminal 42 * [0] 0-20 mA [1] 4-20 mA</p> <p>[2] Salida digital</p> <p>6-91 Terminal 42 salida analógica * [0] Sin función [10] Frecuencia de salida [11] Referencia [12] Realimentación [13] Intensidad motor [16] Potencia [20] Control de bus Consulte par. 5-40.</p> <p>* [0] Sin función [80] Salida digital SL A</p> <p>6-93 Terminal 42 salida esc. mín. 0,00 - 200,0 % * 0,00 %</p> <p>6-94 Terminal 42 salida esc. máx. 0,00 - 200,0 % * 100,0 %</p> <p>7- ** Controladores</p> <p>7-2* Ctrl. realim. proceso</p> <p>7-20 Fuente 1 realim. lazo cerrado proceso * [0] Sin función [1] Entrada analógica 53 [2] Entrada analógica 60 [8] Entrada pulsos 33 [11] Ref. bus local</p> <p>7-3* PI Proceso</p> <p>Ctrl. 7-30 Ctrl Normal/ Invers PI proceso * [0] Normal [1] Inverso</p>	<p>7-31 Saturación de PI de proceso [0] Desactivar * [1] Activar</p> <p>7-32 Valor arran. para ctrldor. PID proceso 0,0 - 200,0 Hz * 0,0 Hz</p> <p>7-33 Ganancia proporc. PID de proc. 0,00 - 10,00 * 0,01</p> <p>7-34 Tiempo integral PI proceso 0,10 - 9,999 s * 9,999 s</p> <p>7-38 Factor directo aliment. PID de proc. 0 - 400 % * 0 %</p> <p>7-39 Ancho banda en referencia 0 - 200 % * 5 %</p> <p>8- ** Comunic. y opciones</p> <p>8-0* Ajustes generales</p> <p>8-01 Puesto de control * [0] Digital y cód. ctrl [1] Sólo digital [2] Sólo cód. de control</p> <p>8-02 Fuente código control [0] Ninguna * [1] FC RS485</p> <p>8-03 Valor de tiempo limite cód. ctrl. 0,1 - 6,500 s * 1,0 s</p> <p>8-04 Función tiempo limite cód. ctrl. * [0] Off [1] Mant. salida [2] Parada [3] Velocidad fija [4] Max. Velocidad [5] Parada y desconexión</p> <p>8-06 Reiniciar si tiempo limite cód. ctrl. * [0] Sin función [1] Reiniciar</p> <p>8-30 Protocolo * [0] FC [2] Modbus</p> <p>8-31 Dirección 1 - 247 * 1</p> <p>8-32 Veloc. baudios port FC [0] 2.400 baudios [1] 4.800 baudios * [2] 9.600 baudios</p>	<p>8-33 Paridad de puerto FC * [0] Paridad par, 1 bit parada [1] Paridad impar, 1 bit parada [2] Sin paridad, 1 bit parada [3] Sin paridad, 2 bits parada</p> <p>8-35 Retardo respuesta mín. 0,001-0,5 * 0,010 s</p> <p>8-36 Retardo respuesta máx. 0,100 - 10,00 s * 5,000 s</p> <p>8-5* Digital/Bus</p> <p>[0] Entrada digital [1] Bus [2] Y Lógico * [3] O Lógico</p> <p>8-51 Selección parada rápida Vea el par. 8-50 * [3] O Lógico</p> <p>8-52 Selección freno CC Vea el par. 8-50 * [3] O Lógico</p> <p>8-53 Selec. arranque Vea el par. 8-50 * [3] O Lógico</p> <p>8-54 Selec. sentido inverso Vea el par. 8-50 * [3] O Lógico</p> <p>8-55 Selec. ajuste Vea el par. 8-50 * [3] O Lógico</p> <p>8-56 Selec. referencia interna Vea el par. 8-50 * [3] O Lógico</p> <p>8-9* Vel. fija del bus / Realimentación</p> <p>8-94 Realim. de bus 1 0x8000 - 0x7FFF * 0</p> <p>13- ** Smart Logic</p> <p>13-0* Ajustes SLC</p> <p>13-00 Modo Controlador SL * [0] Off [1] On</p> <p>13-01 Evento arranque [0] Falso [1] Verdadero</p> <p>[2] En funcionamiento [3] En rango [4] En referencia [7] Fuera ran. intensidad</p>	<p>[8] I posterior bajo [9] I anterior alto [16] Advertencia térmica [17] Tens. alim. fuera ran. [18] Cambio de sentido [19] Advertencia [20] Descon._alarma [21] Bloq._descon._alarma [22-25] Comparador 0-3 [26-29] Regla lógica 0-3 [33] EntradaDigital_18 [34] EntradaDigital_19 [35] EntradaDigital_27 [36] EntradaDigital_29 [38] EntradaDigital_33 * [39] Comando de arranque [40] Convert. parado</p> <p>13-02 Evento parada Véase el par. 13-41 * [40] Convertidor parado</p> <p>13-03 Reiniciar SLC * [0] No reiniciar [1] Reiniciar SLC</p> <p>13-1* Comparadores</p> <p>13-10 Operando comparador * [0] Desactivado [1] Referencia [2] Realimentación [3] Veloc. motor [4] Intensidad motor [6] Potencia motor [7] Tensión motor [8] Tensión Bus CC [12] Entrada analógica 53 [13] Entr. analóg.60 [18] Entrada pulsos33 [20] Número de alarma [30] Contador A [31] Contador B</p> <p>13-11 Operador comparador [0] Menor que</p>
---	--	--	--

[1] Aprox. igual	[31] Tempor. inicio 2	15-04 Sobretemperat.	16-3 Estado convertidor
[2] Mayor que	[32] Aj. sal. dig. A baja	15-05 Sobretensión	16-30 Tensión Bus CC
13-12 Valor comparador	[33] Aj. sal. dig. B baja	15-06 Reiniciar contador KWh	16-36 Int. Norm. inv.
-9.999 - 9.999 * 0,0	[38] Aj. sal. dig. A alta	*[0] No reiniciar	16-37 Máx. Int. inv.
13-2* Temporizadores	[39] Aj. sal. dig. B alta	[1] Reiniciar contador	16-38 Estado ctriador SL
13-20 Temporizador Smart Logic Controller	[60] Reset del contador A	15-07 Reinicio contador de horas funcionam.	16-5* Ref. / <i>realim.</i>
0,0 - 3.600 s * 0,0 s	[61] Reset del contador B	*[0] No reiniciar	16-50 Referencia externa
13-4* Reglas lógicas	14-** Func. especiales	[1] Reiniciar contador	16-51 Referencia de pulsos
13-40 Regla lógica booleana 1	14-0* Conmut. inversor	15-3* Registro fallos	16-52 Realimentación [Unit]
Véase el par. 13-01. * [0] Falso	14-01 Frecuencia conmutación	15-30 Registro fallos: Código de error	16-6* Entradas y salidas
[30] [32] Tiempo límite SL 02	[0] 2 kHz	15-4* Id. convertidor	16-60 Entrada digital 18, 19, 27, 33
13-41 Operador regla lógica 1	*[1] 4 kHz	15-40 Tipo FC	0 - 1111
*[0] Desactivado	[2] 8 kHz	15-41 Sección de potencia	16-61 Entrada digital 29
[1] Y	[4] 16 kHz	15-42 Tensión	0 - 1
[2] O	14-03 Sobremodulación	15-43 Versión de software	16-62 Entrada analógica 53 (tensión)
[3] Y NOT	[0] Off	15-46 N° de pedido convertidor	16-63 Entrada analógica 53 (intensidad)
[4] O NOT	*[1] On	15-48 No id LCP	16-64 Entrada analógica 60
[5] NOT Y	14-1* Control alimentación	15-51 N° serie convert. frecuencia	16-65 Salida analógica 42 [mA]
[6] NOT O	14-12 Función desequil. alimentación	16-** Lecturas de datos	16-68 Ent. pulsos [Hz]
[7] NOT Y NOT	*[0] Desconexión	16-0* Estado general	16-71 Salida Relé [bin]
[8] NOT o NOT	[2] Desactivado	16-00 Código de control	16-72 Contador A
13-42 Regla lógica booleana 2	14-2* Reinicio desconex.	16-01 Referencia [Unidad]	16-73 Contador B
Consulte par. 13-40	14-20 Modo Reset	-4999 - 4999	16-8* Fieldb. / Puerto FC
13-43 Operador regla lógica 2	*[0] Reset manual	16-02 Referencia %	16-86 Puerto FC REF 1
Véase el par. 13-41. * [0] Desactivado	[1-9] Reset autom. 1-9	-200,0 - 200,0 %	0x8000 - 0x7FFF
13-44 Regla lógica booleana 3	[10] Reset autom. 10	16-03 Cód. estado	16-9* Lect. diagnóstico
Consulte par. 13-40	[11] Reset autom. 15	0 - 0XFFFF	0 - 0XFFFFFFF
13-5* Estados	[12] Reset autom. 20	16-05 Valor real princ. [%]	16-92 Cód. de advertencia
13-51 Evento Controlador SL	[13] Reinic. auto. infinito	-200,0 - 200,0 %	0 - 0XFFFFFFF
Consulte par. 13-40	14-21 Tiempo de reinicio automático	16-1* Estado motor	16-94 Cód. estado amp.
13-52 Acción Controlador SL	0 - 600 s * 10 s	16-10 Potencia [kW]	0 - 0XFFFFFFF
*[0] Desactivado	14-22 Modo funcionamiento	16-11 Potencia [CV]	
[1] Sin acción	*[0] Funcionam. normal	16-12 Tensión del motor [V]	
[2] Selección de ajuste 1	[2] Inicialización	16-13 Frecuencia [Hz]	
[3] Selección de ajuste 2	14-26 Ret. de desc. en fallo del convert.	16-14 Intensidad motor [A]	
[10-17] Selec. ref. presel. 0-7	*[0] Desconexión	16-15 Frecuencia [%]	
[18] Seleccionar rampa 1	[1] Advertencia	16-18 Térmico motor [%]	
[19] Seleccionar rampa 2	14-4* Optimización energ		
[22] En funcionamiento	14-41 Mínima magnetización AEO		
[18] Seleccionar rampa 1	40 - 75 % * 66 %		
[23] Func. sentido inverso	15-** Información convertidor		
[24] Parada	15-0* Datos func.		
[25] Parada rápida	15-00 Días de funcionamiento		
[26] DCstop	15-01 Horas funcionam.		
[27] Inercia	15-02 Contador kWh		
[28] Mant. salida	15-03 Arranques		
[29] Tempor. inicio 0			
[30] Tempor. inicio 1			

6. Localización de averías

Nº	Descripción	Adver- tencia	Alarma	Bloq. alarma	Causa del problema
2	Error de cero activo	X	X		La señal en el terminal 53 ó 60 es inferior al 50% del valor ajustado en los parámetros 6-10, 6-12 y 6-22.
4	Pérdida de fase de alimentación ¹⁾	X	X	X	Falta una fase en la alimentación de red o el desequilibrio de tensión es demasiado alto. Compruebe la tensión de alimentación.
7	Sobretensión de CC ¹⁾	X	X		La tensión del circuito intermedio supera el límite.
8	Baja tensión de CC ¹⁾	X	X		La tensión del circuito intermedio ha caído por debajo del límite de "advertencia de tensión baja".
9	Sobrecarga del inversor	X	X		Carga superior al 100% durante demasiado tiempo.
10	Sobretemperatura del IETR del motor	X	X		El motor se ha sobrecalentado debido a una carga de más del 100% durante demasiado tiempo.
11	Sobretemperatura del termistor del motor	X	X		El termistor (o su conexión) está desconectado.
12	Límite de par		X		El par supera el valor ajustado en el par. 4-16 o 4-17.
13	Sobrecorriente	X	X	X	Se ha sobrepasado el límite de intensidad pico del inversor.
14	Fallo de conexión a tierra		X	X	Descarga desde las fases de salida a tierra.
16	Cortocircuito		X	X	Cortocircuito en el motor o en sus terminales.
17	Tiempo límite de código de control	X	X		No hay comunicación con el convertidor de frecuencia.
25	Resistencia de freno cortocircuitada		X	X	La resistencia de freno se ha cortocircuitado y, en consecuencia, la función de freno está desconectada.
27	Chopper de freno cortocircuitado		X	X	Transistor de freno cortocircuitado, en consecuencia la función de freno está desconectada.
28	Comprobación del freno		X		La resistencia de freno no está conectada o no funciona
29	Sobretemperatura de la placa de alimentación	X	X	X	Se ha alcanzado la temperatura de desconexión del disipador térmico.
30	Falta la fase U del motor		X	X	Falta la fase U del motor. Compruebe la fase.
31	Falta la fase V del motor		X	X	Falta la fase V del motor. Compruebe la fase.
32	Falta la fase W del motor		X	X	Falta la fase W del motor. Compruebe la fase.
38	Fallo interno		X	X	Póngase en contacto con el distribuidor local de Danfoss.
47	Error en la tensión de control	X	X	X	24 V CC puede estar sobrecargada.
51	Comprobación AMT de U_{nom} e I_{nom}		X		Ajustes de tensión, intensidad y potencia del motor erróneos.
52	I_{nom} de AMT baja		X		Intensidad de motor demasiado baja. Compruebe los ajustes.
59	Límite de intensidad	X			Sobrecarga de VLT.
63	Freno mecánico bajo		X		La intensidad real del motor no ha sobrepasado el valor de intensidad de "liberación de freno" dentro de la ventana de tiempo "retardo de arranque".
80	Convertidor inicializado a valor pre-determinado		X		Todos los ajustes de parámetros vuelven a sus ajustes por defecto.

¹⁾ Estos errores pueden estar causados por alteraciones de la red eléctrica. Este problema se podría corregir instalando un filtro de línea Danfoss.

Tabla 6.1: Lista de códigos

Índice

1

16-1* Estado Motor	79
--------------------------	----

A

Abreviaturas Y Convenciones	9
Advertencia General	8

C

Código Descriptivo	7
Conmut. Inversor, 14-0*	73
Corriente De Fuga	4
Corriente De Fuga A Tierra	3

D

Display	11
Dispositivo De Corriente Residual	4

E

Electrónico	4
-------------------	---

F

Funciones Especiales	73
----------------------------	----

I

Id. Dispositivo, 15-4*	77
Instrucciones Para Desecho Del Equipo	4
Intensidad De Magnetización Nominal	24

L

Lcp	11, 12
Luces Indicadoras	13

M

Main Menu	13
-----------------	----

N

No Modificables Durante El Funcionamiento	17
Número De Parámetro	12

Q

Quick Menu	12
------------------	----

R

Redes It	4
Reset Desconex., 14-2*	74

S

Sentido De Giro Del Motor	12
Set-up Number	11
Software De Programación	11
Status Menu	12

T

Teclas De Funcionamiento	13
Teclas De Navegación	13

U

Unidad	12
--------------	----

V

Valor	12
-------------	----

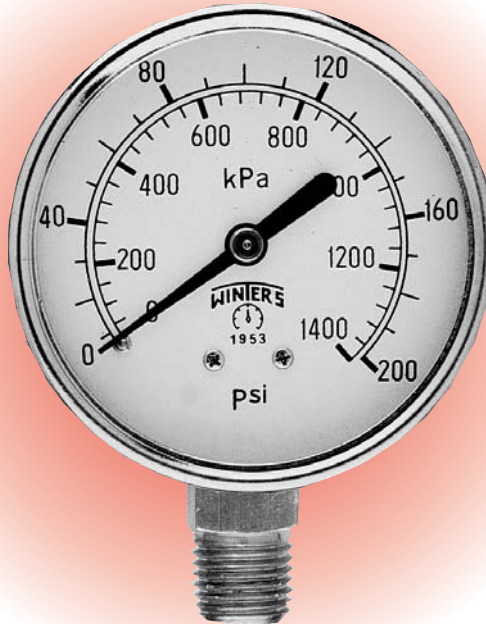


ANEXO D.

ESPECIFICACIONES DEL VACUÓMETRO, MANÓMETRO Y TERMÓMETRO.

Economy

CRN



Description

The Winters Economy Gauge is designed for applications where cost savings are paramount. Many configurations are available to service any application that is not corrosive to brass, from pool filters to medical equipment.

These CRN registered pressure gauges are available in various sizes from 1½" (40mm) to 4" (100mm).

Vacuum and compound ranges, plastic cases, glass lenses, stainless steel cases, chromed rings and sockets, u-clamps and restrictor screws are some of the options available.

Specifications

Dial:	White aluminum with black and red markings
Case:	Steel painted black (plastic avail.)
Lens:	1½" (40mm), 2" (50mm), 2½" (63mm): polycarbonate, 4" (100mm): glass
Ring:	1½" (40mm), 2" (50mm): steel, painted black, 2½" (63mm), and 4" (100mm): steel, chrome plated
Pointer:	Steel, painted black
Socket:	Brass
Connection:	1/8" NPT or 1/4" NPT standard
Bourdon Tube:	Phosphor bronze
Movement:	Brass
Welding:	Silver alloy
Over-pressure Limit:	25% of full scale value
Working Pressure:	Maximum 75% of full scale value
Ambient Temperature:	-40°F to 150°F (-40°C to 65°C)
Process Temperature:	-40°F to 150°F (-40°C to 65°C)
Accuracy:	± 3%-2%-3% accuracy (ANSI/ASME Grade B)
Protection:	IP52



Corporate Office: 121 Railside Road • Toronto • ON • M3A 1B2 • (416) 444-2345 • Fax: (416) 444-8979

U.S.A. Office: 600 Ensminger Road • Buffalo • NY • 14150 • (716) 874-8700 • Fax: (716) 874-8800

www.winters.com • 1-800-WINTERS (946-8377)

Economy

How to order: Specify product code

PRODUCT CODES

Dial Size	1 1/2"(40mm)	1 1/2"(40mm)	2"(50mm)	2"(50mm)	2"(50mm)	2"(50mm)	2"(50mm)	2 1/2"(63mm)	2 1/2"(63mm)	4"(100mm)
Case Material	Steel	Steel	Steel	Steel	Steel	Steel	Steel	Plastic	Steel	Steel
Connection	Bottom	Centre Back	Centre Back	Centre Back	Bottom	Bottom	Bottom	Psi only Bottom	Centre Back	Bottom
NPT Connection Size	1/8"	1/8"	1/8"	1/4"	1/8"	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"
Movement, Socket, Tube	Brass	Brass	Brass	Brass	Brass	Brass	Brass	Brass	Brass	Brass
30" Hg. Vac./kPa	E1297	E1397	E1424	E1428	E195	E135	E1398	E1431	E210	E220
30"-0-15 psi/kPa	*	*	*	*	*	*	*	*	E152	*
30"-0-30 psi/kPa	*	*	*	*	*	*	*	*	E153	*
30"-0-60 psi/kPa	*	*	*	*	*	*	*	*	E154	*
30"-0-100 psi/kPa	*	*	*	*	*	*	*	*	E155	*
0-15 psi/kPa	E1299	E1399	E1425	E1429	E196	E136	*	E1436	E211	*
0-30 psi/kPa	E1300	E1400	E1402	E1403	E206	E199	E200	E1437	E212	E221
0-60 psi/kPa	E1301	E1401	E1404	E1405	E207	E201	E194	E1438	E213	E222
0-100 psi/kPa	E1320	E1420	E1406	E1407	E208	E202	*	E1439	E214	E223
0-160 psi/kPa	E1321	E1421	E1408	E1409	E197	E203	*	E1440	E215	E224
0-200 psi/kPa	E1322	E1422	E1426	E1410	E209	E204	*	E1441	E216	E225
0-300 psi/kPa	E1323	E1423	E1427	E1411	E198	E205	*	E1442	E217	E226
0-400 psi/kPa	*	*	*	*	*	*	*	*	E219	*
0-600 psi/kPa	*	*	*	*	*	*	*	*	E218	*
0-1000 psi/kPa	*	*	*	*	*	*	*	*	E290	*
0-2000 psi/kPa	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
0-3000 psi/kPa	*	*	*	*	*	*	*	*	E291	*
0-5000 psi/kPa	*	*	*	*	*	*	*	*	E292	*

- Options:**
- Stainless steel case available.
 - Glass lens is optional (standard on 4" (100mm) dial size)
 - 1 1/2" (40mm) & 2" (50mm) bottom connection gauges available with stainless steel internals.
 - Other ranges, connections and connection sizes available.
 - Lead free construction available.



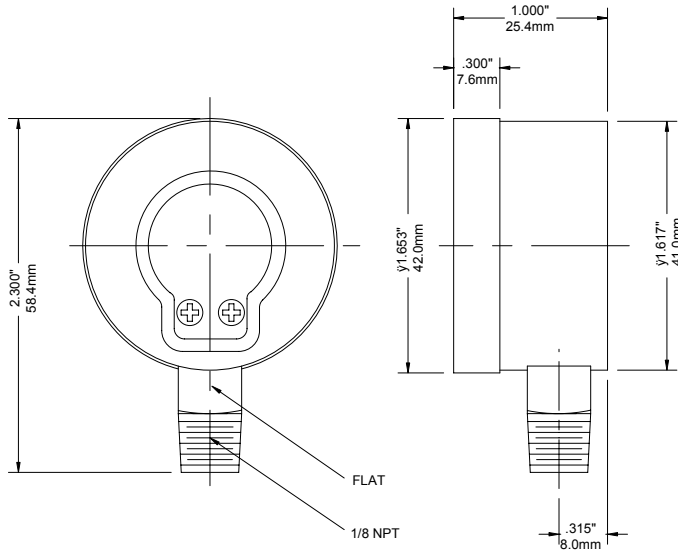
Corporate Office: 121 Railside Road • Toronto • ON • M3A 1B2 • (416) 444-2345 • Fax: (416) 444-8979

U.S.A. Office: 600 Ensminger Road • Buffalo • NY • 14150 • (716) 874-8700 • Fax: (716) 874-8800

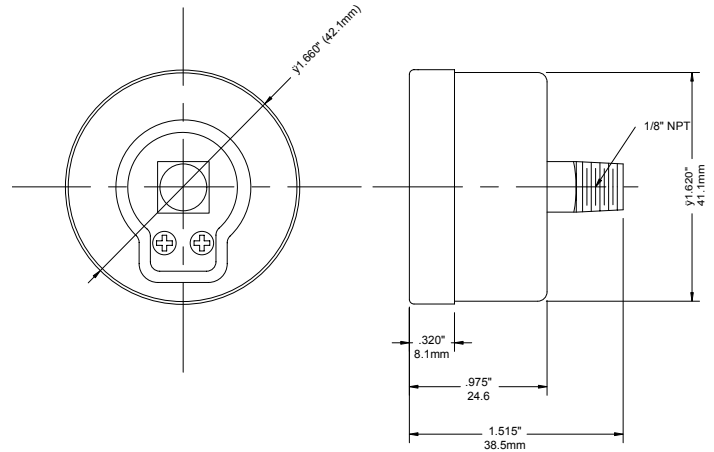
www.winters.com • 1-800-WINTERS (946-8377)

Economy

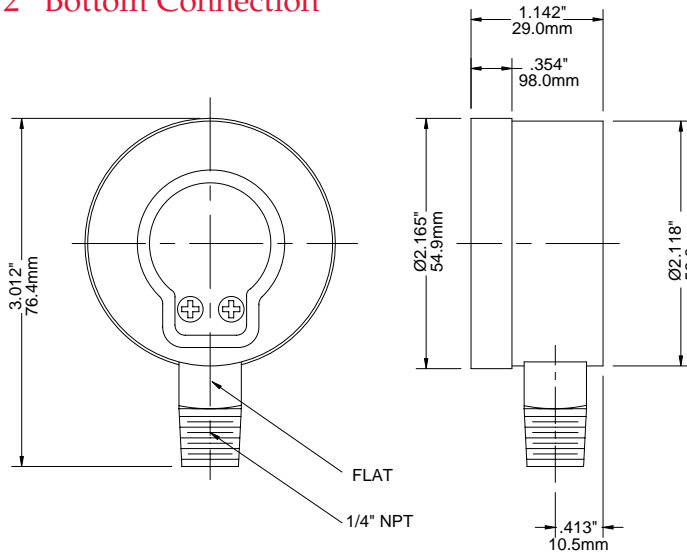
1.5" Bottom Connection



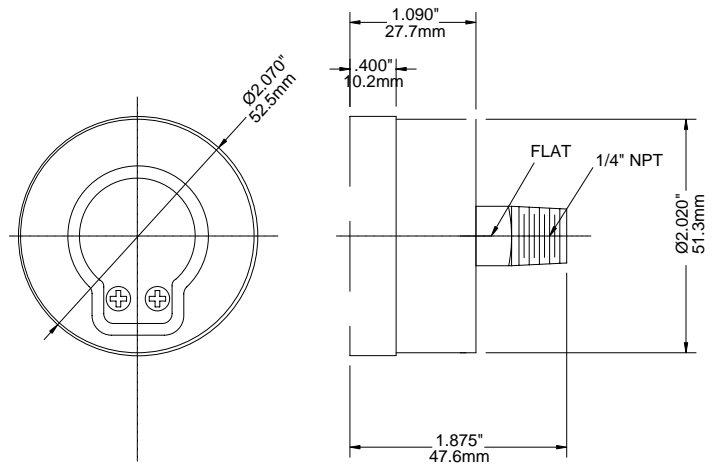
1.5" Back Connection



2" Bottom Connection



2" Back Connection



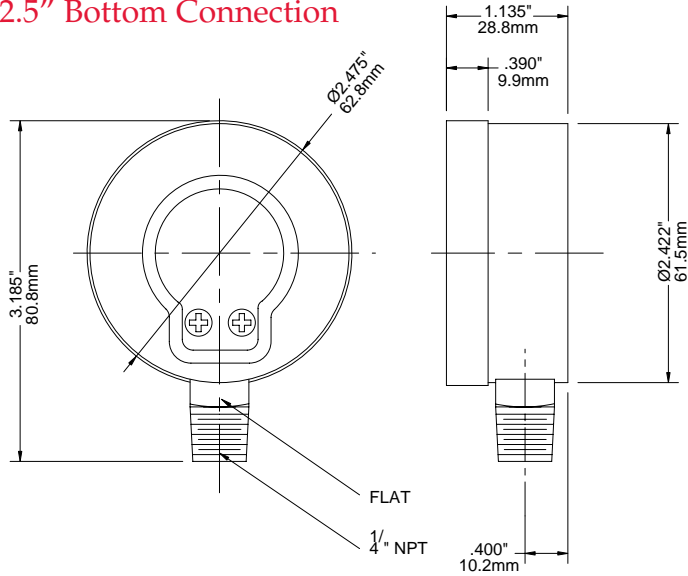
Corporate Office: 121 Railside Road • Toronto, ON, M3A 1B2 • 416-444-2345 • Fax: 416 444 8979

U.S.A. Office: 600 Ensminger Road • Buffalo, NY, 14150 • 716 874 8700 • Fax: 716-874-8800

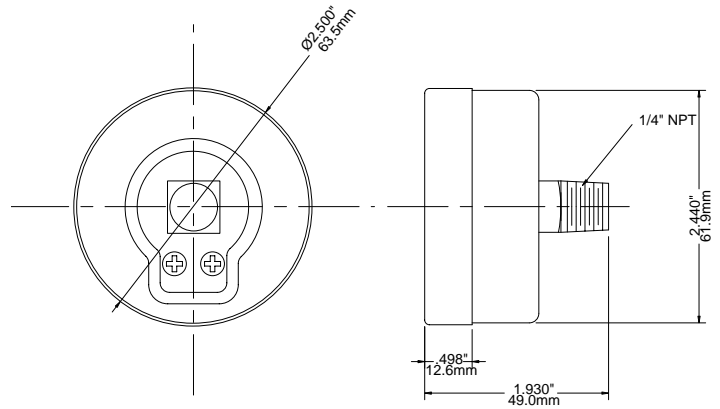
www.winters.com • 1-800-WINTERS (946-8377)

Economy

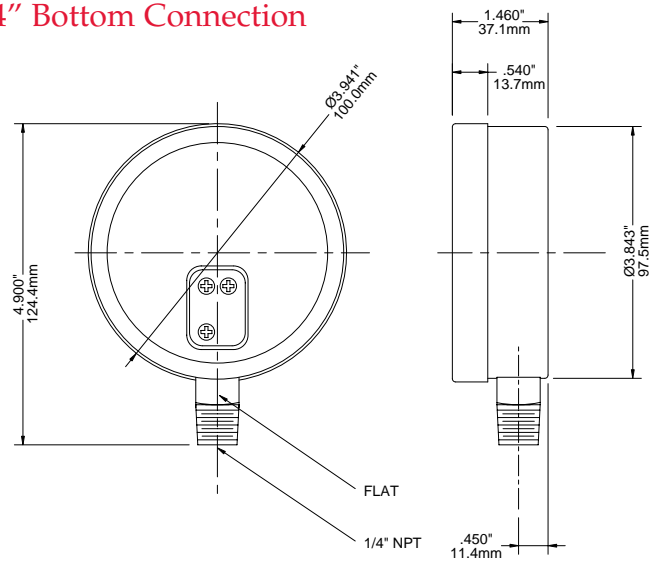
2.5" Bottom Connection



2.5" Back Connection



4" Bottom Connection



Corporate Office: 121 Railside Road • Toronto • ON • M3A 1B2 • (416) 444-2345 • Fax: (416) 444-8979

U.S.A. Office: 600 Ensminger Road • Buffalo • NY • 14150 • (716) 874-8700 • Fax: (716) 874-8800

www.winters.com • 1-800-WINTERS (946-8377)

Bi-Metal Thermometer

**NEW
4"
SIZE**



Description

Bi-Metal Thermometers are measuring instruments used to indicate temperature. The name Bi-Metal is derived from the thermometers construction. The Bi-Metal Thermometer has two thin strips of metal with different degrees of heat co-efficient. The two metal strips are bonded together and form a helix or coil, which in turn, is attached to a pointer on a dial. When the temperature increases or decreases the two strips of metal react differently and cause movement in the coil which moves the pointer on a dial thereby indicating the temperature.

Winters' Bi-Metal Thermometers are easy to read, hermetically sealed (waterproof), and have a recalibrator-reset screw to adjust the pointer if necessary. The Bi-Metal thermometer case and stem are made of 304 stainless steel.

Winters Bi-Metal Thermometers are designed to provide fast and accurate temperature readings for most industrial applications (eg. HVAC applications, food applications, etc.) A hermetically sealed, dished shaped dial prevents parallax error when a temperature reading is taken.

When vibration exists, liquid filling is available to dampen pointer movement. For food and other applications where glass is not permitted, an acrylic lens is available.

(* For pressures above 125 psi (861 kPa) it is recommended that a Winters Thermowell be used in conjunction with the Bi-Metal Thermometer.)

** N/A on 3" bottom.

Specifications

Dial:	2" (50mm), 3" (75mm), 4" (100mm) and 5" (125mm) dials, aluminum with black markings, dished shaped
Case:	AISI 304 stainless steel
Lens:	Glass standard, hermetically sealed
Ring:	AISI 304 stainless steel
Pointer:	Brass, painted black
Movement:	Bi-metallic coil
Stem:	AISI 304 stainless steel, centre back, bottom or adjustable angle configurations (note: 2" (50mm) dial only available with centre back connection)
Connection:	¹ / ₄ " NPT standard for 2" (50mm) dial ¹ / ₂ " NPT standard for 3" (75mm), 4" (100mm) and 5" dials (125mm)
Welding:	TIG
Recalibrator:	Standard**
Maximum Operating Pressure:	125 psi (861 kPa)*
Ambient Temperature:	-58°F - 248°F (-50°C - 120°C)
Operating Temperature:	Recommended maximum 75% of Full scale value
Accuracy:	± 1% full scale
Protection:	IP65



Corporate Office: 121 Railside Road • Toronto • ON • M3A 1B2 • (416) 444-2345 • Fax: (416) 444-8979

U.S.A. Office: 600 Ensminger Road • Buffalo • NY • 14150 • (716) 874-8700 • Fax: (716) 874-8800

www.winters.com • 1-800-WINTERS (946-8377)

Bi-Metal Thermometer

How to order: Specify product code

Dial Size	Stem length	Product #:		
		Fixed Center Back	Bottom	Adjustable Angle
1"(25mm) (Pocket thermometer)	5"(125mm)	T10050	N/A	N/A
2"(50mm) (Lab thermometer)	8"(200mm)	T20080	N/A	N/A
2"(50mm)	2.5"(63mm)	T20025	N/A	N/A
	4"(100mm)	T20040	N/A	N/A
	6"(150mm)	T20060	N/A	N/A
	9"(225mm)	T20090	N/A	N/A
	12"(300mm)	T20120	N/A	N/A
	3"(75mm)	2.5"(63mm)	T30025	T31025
4"(100mm)		T30040	T31040	T32040
6"(150mm)		T30060	T31060	T32060
9"(225mm)		T30090	T31090	T32090
12"(300mm)		T30120	T31120	T32120
4" (100mm)	2.5"(63mm)	T40025	T41025	T42025
	4"(100mm)	T40040	T41040	T42040
	6"(150mm)	T40060	T41060	T42060
	9"(225mm)	T40090	T41090	T42090
	12"(300mm)	T40120	T41120	T42120
5"(125mm)	2.5"(63mm)	T50025	T51025	T52025
	4"(100mm)	T50040	T51040	T52040
	6"(150mm)	T50060	T51060	T52060
	9"(225mm)	T50090	T51090	T52090
	12"(300mm)	T50120	T51120	T52120



RANGES

F & C (Dual)	Code #	F only	Code #	C Only	Code #
-100/150° F / -70/ 70° C	B1	-40/120° F	B14	-80/50° C	B26
- 40/120° F / -40/ 50° C	B2	-40/160° F	B15	-50/50° C	B27
0/140° F / -20/ 60° C	B3	0/140° F	B16	0/50° C	B28**
- 40/160° F / -40/ 70° C	B4	0/200° F	B17	-50/100° C	B29
25/125° F / - 5/ 50° C	B5**	20/240° F	B18	0/100° C	B30
0/200° F / -20/ 90° C	B6	0/250° F	B19	-20/120° C	B31
20/240° F / - 5/115° C	B7	50/300° F	B20	0/150° C	B32
0/250° F / -20/120° C	B8	50/400° F	B21	0/200° C	B33
50/300° F / 10/150° C	B9	50/550° F	B22	0/300° C	B34
50/400° F / 10/200° C	B10	150 / 750° F	B23	0/450° C	B35
50/500° F / 10/260° C	B11	0/800° F	B24	100/550° C	B36
150/750° F / 100/400° C	B12	200/1000° F	B25		
200/1000° F / 100/540° C	B13				

** Not available with a 2.5"(63mm) stem. Longer stem lengths are available. Silicone fill is available. (6" (150mm) dial available upon request)
Other dial sizes, ranges, connections and stem lengths are available upon request.

OPTIONS: • AP3 = 3" Acrylic lens • AP4 = 4" Acrylic lens
• AP5 = 5" Acrylic lens • SG = Safety Glass lens

Note: Add code "BG" for liquid filled dial; 3"(75mm), 4"(100mm) & 5"(125mm) only, up to 300°F (150°C)



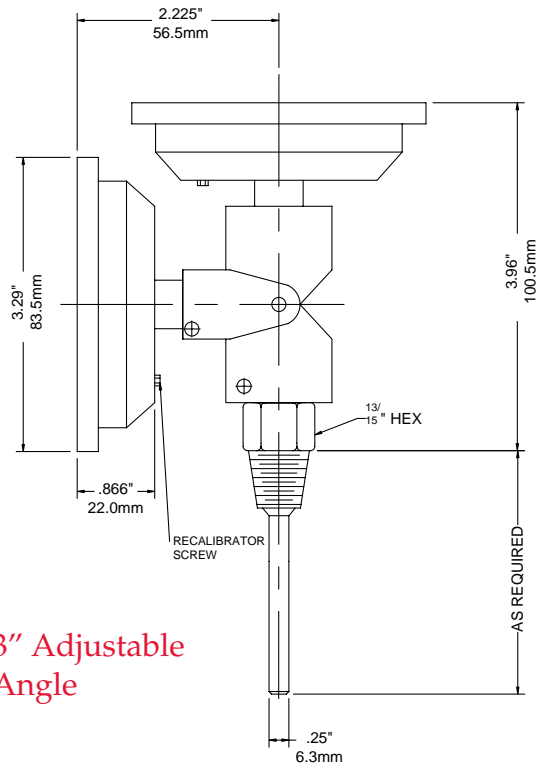
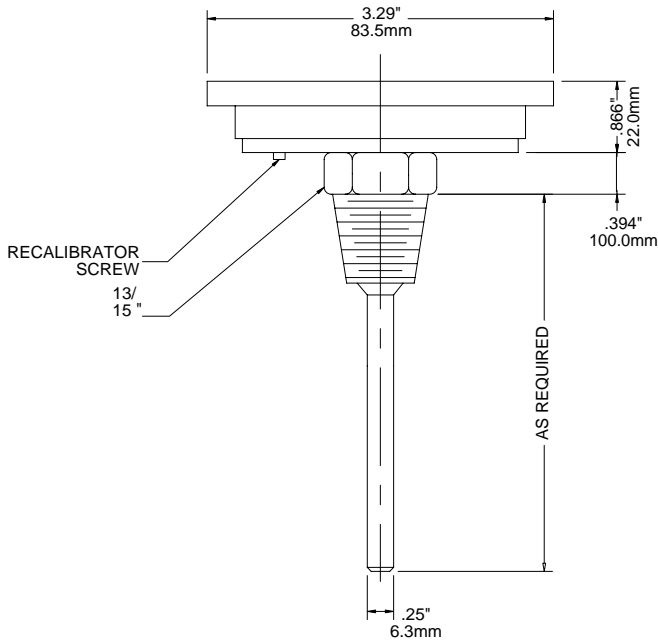
Corporate Office: 121 Railside Road • Toronto • ON • M3A 1B2 • (416) 444-2345 • Fax: (416) 444-8979

U.S.A. Office: 600 Ensminger Road • Buffalo • NY • 14150 • (716) 874-8700 • Fax: (716) 874-8800

www.winters.com • 1-800-WINTERS (946-8377)

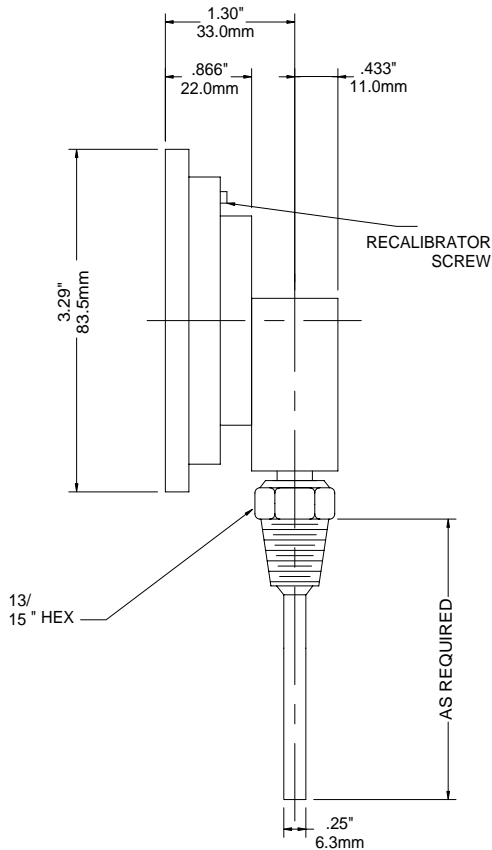
Bi-Metal Thermometer

3" Back Connection

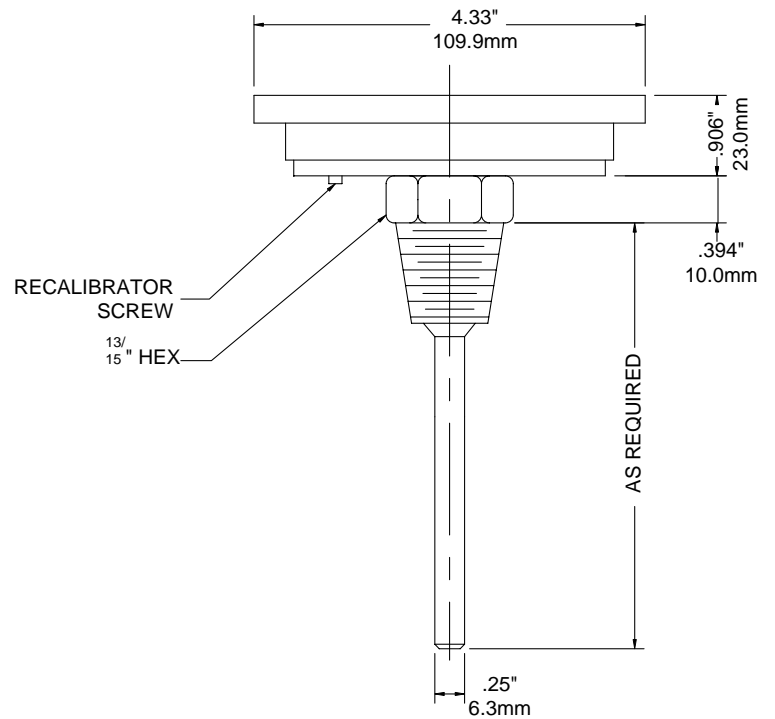


3" Adjustable Angle

3" Bottom Connection



4" Back Connection



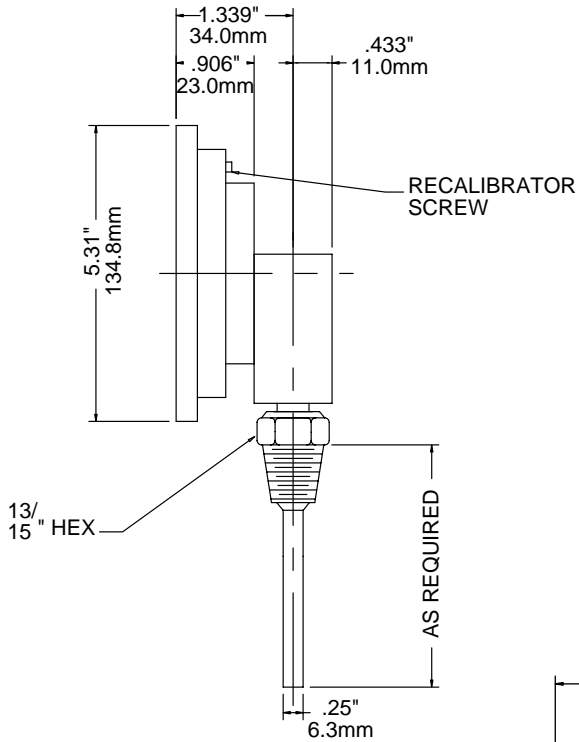
Corporate Office: 121 Rainside Road • Toronto, ON, M3A 1B2 • 416-444-2345 • Fax: 416 444 8979

U.S.A. Office: 600 Ensminger Road • Buffalo, NY, 14150 • 716 874 8700 • Fax: 716-874-8800

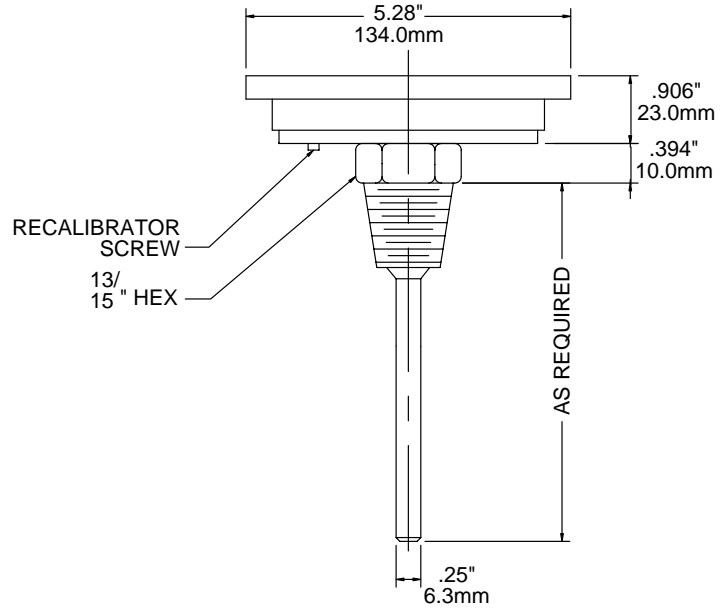
www.winters.com • 1-800-WINTERS (946-8377)

Bi-Metal Thermometer

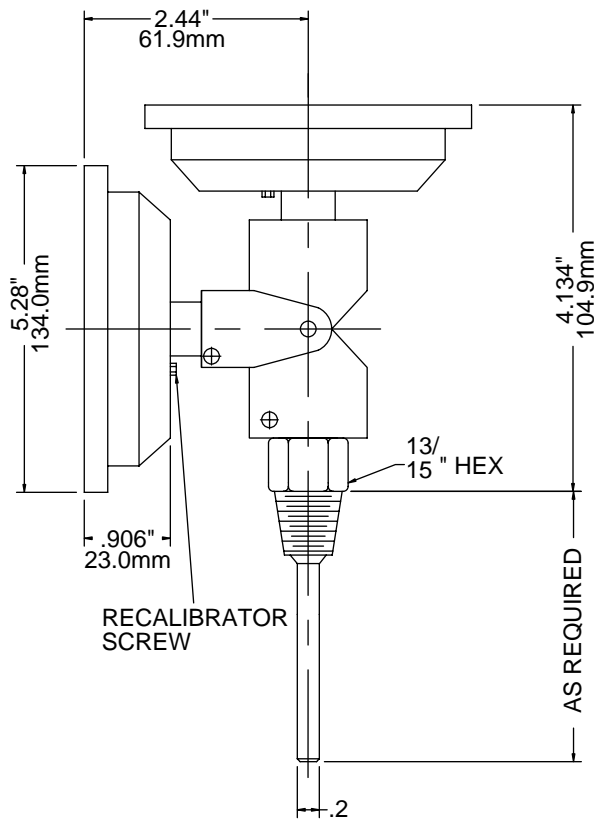
5" Bottom Connection



5" Back Connection



5" Adjustable Angle



Corporate Office: 121 Railside Road • Toronto • ON • M3A 1B2 • (416) 444-2345 • Fax: (416) 444-8979

U.S.A. Office: 600 Ensminger Road • Buffalo • NY • 14150 • (716) 874-8700 • Fax: (716) 874-8800

www.winters.com • 1-800-WINTERS (946-8377)

MIT Pressure gauges filled with dampening liquid

Ø 63 (2 1/2") - 100 (4") mm

Stainless steel case, Ø 63 mm and 100 mm (MIT3, MIT5)

Filled with dampening liquid

Anti-vibrating system

Conform to EN 837-1 standard, Pressure Directive PED 97/23/CE

Rugged, glycerin filled pressure gauges, especially designed for hydraulic systems, pumps, compressors, diesel engines, agricultural equipment, public works, machine tools... Excellent resistance to vibrations and corrosive ambient conditions. Can be used on all gas and liquid systems compatible with cupreous metals of the sensing element and connection.



Specifications (20°C)

Ranges	MIT3-MIT5 : from -1...+ 0 to 0...+ 1000 bar Scale for vacuum and compound (pressure and vacuum). See standard graduations overleaf.
Working pressure	steady : 75% of full scale value short time : 100% of full scale value
Accuracy	Class 1.6
Degree of protection	according to NF EN 60529 IP54 (Ø 63) : MIT3 IP65 (Ø 100) : MIT5
Sensing element	Cupreous metal Bourdon tube.
Connection	Brass. 14 mm hexagonal (Ø 63 mm). 21 mm hexagonal (Ø 100 mm).
Thread	G 1/4 (Ø 2 63 mm). G 1/2 (Ø 100 mm).
Tube-connection assembly	Welding.
Gauge working Temperature	process fluid: -10 ... 70°C
Temperature error	additional error when temperature of the pressure element deviates from +20°C (68°F) ±0.4% for every 10°C (18°F) rising or falling. Percentage of span.
Case and bezel ring	1.4301 (AISI 304) st. sheet. Bezel ring crimped on case (MIT).
Window	Unbreakable polycarbonate (MIT).
Dial	Aluminium alloy, black figures and graduations on white background.
Pointer	Aluminium alloy, balanced, black painted.
Movement	Brass.

Options

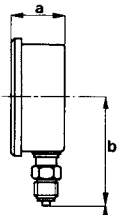
MIT3	Nickel plated connection. Braze tube to withstand 200°C fluid. Special dials and graduations.
-------------	---



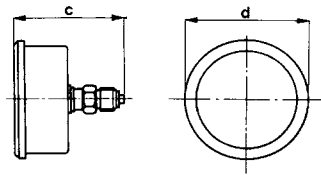
Baumer

Dimensions (mm) - Types of mounting

Type D



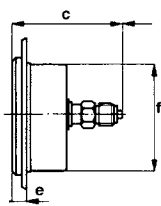
Type F



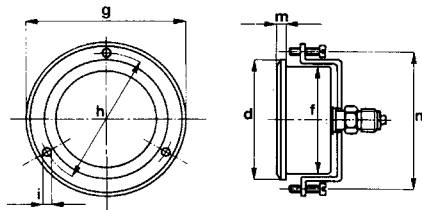
All dimensions in mm

	MIT5	MIT3
Ø	100	63
a	28,5	28,5
b	87	56
c		52,5
d	107	68
e		5
f	100	62,5
g		85,5
h		75
i		3,25
m	6	3,6
n		76

Type B



Type G



Weight in grams

	MIT5	MIT3
Ø	100	63
B		235
D	530	195
F		210
G		250

Codification - MIT

		Mxxxxx2Bxx
Model	1'...3' digit	MIT
Pressure gauges		
Nominal diameter	4' digit	
Ø 63 mm		3
Ø 100 mm		5
Types of mounting and connection position	5' digit	
back connection, front flange		B
bottom connection		D
back connection		F
back connection and ring		G
Pressure connection	6' digit	
G 1/4 (for Ø 63)		2
G 1/2 (for Ø 100)		3
Liquid filling	7' digit	
BH2 filling		2
Unit of measurement	8' digit	
bar		B
Pressure ranges	9'...10' digit	
See codes in table		xx

Ranges

code	Ranges bar		MIT3	MIT5
59	-1	+ 0	X	
15	0	+ 1	X	
16	0	+ 1.6	X	
18	0	+ 2.5	X	
19	0	+ 4	X	
20	0	+ 6	X	X
22	0	+ 10	X	X
24	0	+ 16	X	X
26	0	+ 25	X	X
27	0	+ 40	X	X
29	0	+ 60	X	X
31	0	+ 100	X	X
33	0	+ 160	X	X
35	0	+ 250	X	X
38	0	+ 400	X	X
39	0	+ 600	X	X

UK/04-2007 This data sheet may only be reproduced in full



ANEXO E.

DENSIDAD DE ALGUNOS FLUIDOS Y

MATERIALES.



Sustancia	Densidad media (en kg/m ³)
Aceite	920
Acero	7850
Agua	1000
Agua de mar	1027
Aire	1,3
Aerogel	3
Alcohol	780
Magnesio	1740
Aluminio	2700
Carbono	2260
Caucho	950
Cobre	8960
Cuerpo humano	950
Diamante	3515
Gasolina	680
Helio	0.18
Hielo	920
Hierro	7874
Hormigón armado	2500
Madera	900
Mercurio	13580



ANEXO F.

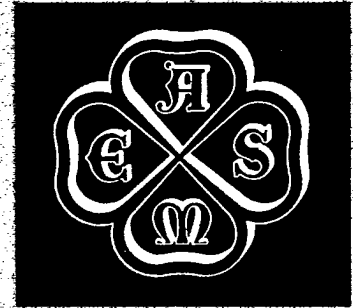
NORMA ASME 7.1: ENSAYOS DE BOMBAS DE DESLAZAMIENTO POSITIVO.

PTC 7.1 - 1962

Reaffirmed 1969

E-37-03
E-37-09

Displacement Pumps



**POWER
TEST
CODES**

**THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS
345 EAST 47th STREET NEW YORK 17, N.Y.**

Displacement Pumps

**POWER
TEST
CODES**

Copyright, 1962, by
THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS

Printed in the United States of America

Foreword

THE Test Code for Displacement Pumps covers all displacement pumps other than reciprocating steam-driven displacement pumps which still are covered by the Test Code for Reciprocating Steam-Driven Displacement Pumps (PTC 7-1941). The latter code is of greater historical than practical interest since it mentions only briefly Displacement Pumps driven by prime movers other than Reciprocating Steam Engines.

When Power Test Codes Committee No. 7 on Displacement Pumps was reorganized in 1951, it was recognized that the primary need was for a test code covering mechanically driven displacement pumps and the standing Power Test Codes Committee, therefore, changed the scope of the technical committee to cover both reciprocating and rotary displacement pumps.

This new test code (PTC 7.1-1962), covering pumps handling water or other liquids of medium viscosity, was distributed widely throughout industry in draft form in 1958 and a revised draft was submitted to the Power Test Codes Committee late in 1959. Wherever practical the code includes the resulting suggestions and PTC Committee No. 7 will welcome further help in modifications to this document to cover adequately volatile or more viscous liquids.

The code was approved by the Power Test Codes Committee on June 1, 1960. Final publication was delayed, however, until a number of suggestions made by the standing Committee were considered and satisfactorily resolved. It was approved and adopted by the Council as a standard practice of the Society by action of the Board on Codes and Standards on June 4, 1962.

June, 1962

Personnel of PTC Committee No. 7 on Displacement Pumps

E. F. Wright, *Chairman*
G. V. Edmonson, *Secretary*

- J. J. Brown**, Assistant Chief Engineer, Badger Manufacturing Company, 230 Bent Street, Cambridge 41, Mass.
G. V. Edmonson, Associate Dean, College of Engineering, University of Michigan, 247 West Engineering Building, Ann Arbor, Mich.
David A. Mooney, Chief Mechanical Engineer, Jackson & Moreland, Inc., 31 St. James Avenue, Boston 16, Mass.
J. F. Murray, Director of Engineering, Pesco Products Division, Borg-Warner Corporation, 24700 North Miles Road, Bedford, Ohio
F. W. Peterson, Division Engineer, Equipment Division, The M. W. Kellogg Company, 711 Third Avenue, New York 17, N. Y.
Frederick Sommer, Reciprocating Pump Division, Union Pump Company, Battle Creek, Mich.
R. J. Sweeney, Consultant, 825 Linden Street, Allentown, Penna.
Irving Taylor, Senior Engineer, Refinery Division, Bechtel Corporation, 25 First Street, San Francisco, Calif.
E. F. Wright, Chief Engineer, High Pressure Pump Engineering Section, Worthington Corporation, Harrison, N. J.

Personnel of Power Test Codes Committee

W. G. McLEAN, *Chairman*
P. H. KNOWLTON, JR., *Vice-Chairman*

C. L. AVERY
THEODORE BAUMEISTER
J. M. DRISCOLL
M. D. ENGLE
V. F. ESTCOURT
C. C. FRANCK, SR.

PHILIP FRENEAU
H. D. GIBSON
P. H. HARDIE
L. J. HOOPER
R. M. JOHNSON

T. J. JUDGE
A. M. G. MOODY
J. W. MURDOCK
W. A. POLLOCK
J. F. SEBALD
R. M. WATSON

ASME POWER TEST CODES

Test Code for Displacement Pumps

CONTENTS

Section		Pars.	Section		Pars.
1	OBJECT AND SCOPE.....	1.01—1.16		Capacity Measurement.....	4.11—4.20
2	DEFINITIONS AND DESCRIPTIONS			Power Measurement.....	4.21—4.26
	OF TERMS.....	2.01—2.23		Speed Measurement.....	4.27—4.28
	Letter Symbols.....	2.01	5	COMPUTATION AND PLOTTING	
	Pressure.....	2.07—2.13		OF RESULTS.....	5.01—5.10
	Power.....	2.14—2.23		Plotting of Inlet Requirement.....	5.02
3	GUIDING PRINCIPLES.....	3.01—3.11		Plotting of Capacity Test.....	5.03
4	INSTRUMENTS AND METHODS			Plotting of Power Test.....	5.04
	OF MEASUREMENT.....	4.01—4.28		Adjustment of Test Speed.....	5.10
	Pressure Measurement.....	4.04—4.07	6	REPORT OF TEST.....	6.01
	Inlet Requirements of the Pump..	4.08—4.10			

SECTION 1, OBJECT AND SCOPE

1.01 This code provides standard directions for conducting and reporting tests on displacement pumps.

1.02 The object of the code is to establish rules for conducting tests on pumps to determine, under specified conditions, one or more of the following quantities:

- (a) Pump capacity or rate of flow
- (b) Power input
- (c) Efficiency
- (d) Inlet requirements.

1.03 Pumps covered by this code shall be defined as displacement pumps that obtain their pumping action by repeated alternate filling and emptying of volume elements.

1.04 Pumps shall be classified for test under this code as follows:

- (a) General purpose pumps, *not* lubricated by the liquid being pumped, for handling liquids having very little or no lubricating value.
- (b) General purpose pumps lubricated by the liquid being pumped, for handling liquids having some lubricating value.
- (c) Special purpose pumps for handling a specific type of liquid or for special operating conditions, such as temperature or viscosity.

1.05 The liquids to be used for test under this code shall be as follows:

- (a) General purpose pumps which may be operated with water shall be tested with clean water at some temperature between 60 and 130 F.
- (b) General purpose pumps which may not be operated with water shall be tested with a clean petroleum oil having a viscosity of 250 SSU at some temperature between 60 and 130 F, or a similar liquid having sufficient lubricating value to prevent scoring or wear of parts.
- (c) Special purpose pumps shall be tested with the type of liquid for which the pump was designed and at the temperature and viscosity specified, within the limits of acceptable deviations indicated in Table 1.

If the liquids recommended above are considered by either party to the test to be unsuitable or impractical for the test, another liquid shall be selected by mutual agreement before conducting the test.

1.06 While this code provides a test procedure and instrumentation for determining the quantities that are the object of the test, it does not exclude other procedure or instrumentation or determination of other quantities or qualities. If other procedures or instrumentation are used, or additional quantities or qualities are to be determined, these must be agreed to in writing

June, 1962

5

by the parties to the test prior to the test. However, only tests which do not violate the mandatory requirements of this code may be designated as tests conducted in accordance with the ASME Power Test Code.

1.07 References to other codes, unless otherwise specified, refer to ASME Power Test Codes. Should specific directions in this code for any particular measurement differ from those given in other ASME Power Test Codes for similar measurements, the instructions of this code shall prevail.

1.08 The Code on General Instructions (PTC 1-1945) shall be studied and followed where applicable. The mandatory provisions of Parts III and IV of the Code on General Instructions (PTC 1-1945) shall be part of this code, even though such provisions are not explicitly stated herein.

1.09 The Code on Definitions and Values (PTC 2-1945) defines certain technical terms and numerical constants which are used throughout the present code with the significance and value therein established.

1.10 It is the intent of this code that the meaning of the terms: pressure, capacity, power input, efficiency and inlet requirements shall be determined as herein specified, and that such terms shall be understood only as thus defined.

1.11 When specified in contracts requiring acceptance tests, the test conditions and procedures described in this code shall be the basis

for evaluating guaranteed characteristics.

1.12 The requirements of accuracy underlying these guarantees are established in this code by prescribing limiting conditions for those methods which provide measurements of pressure, speed, rate of flow, power input, and inlet requirements.

1.13 Where the actual test conditions do not fall within the limits set by this code for the method of measurement to be used, agreement shall be made between representatives of both parties to the test as to the allowable test conditions. Such agreement shall be reached before conducting the test.

1.14 Descriptions of instruments and apparatus beyond those specified in this code, but necessary to the conduct of tests under this code, may be found in the ASME Power Test Code Supplements on Instruments and Apparatus, herein designated by the abbreviation "I & A."

1.15 This code applies to the test of the pump proper only, and the terms power, efficiency, pressure, etc., are to be taken as referring to the pump proper. However, the recorded data and final report may include information on the complete unit, including driving and auxiliary equipment.

1.16 The tests specified in this code may be conducted in the manufacturer's shops, on the user's premises, or elsewhere as agreed upon, provided such tests meet the requirements of this code.

SECTION 2, DEFINITIONS AND DESCRIPTION OF TERMS

2.01 Letter Symbols. The following table lists the letter symbols for terms used in this

code, with their units (dimensions) and the number of the paragraphs in which they are defined or first appear.

Symbol	Term	Unit (Dimension)	Par. No.
A	Area	sq in.	2.09
D	Pump displacement	cu in./revolution	5.07
g	Gravitational acceleration	ft per sec per sec	2.09
h_o	Liquid column or manometer reading	ft	Fig. 5
bhp	Pump power input	hp	2.16
\bar{V}	Mean liquid velocity	ft per sec	2.09
V_d	Mean velocity at discharge	ft per sec	2.10
V_s	Mean velocity at inlet	ft per sec	2.11
X	Elevation of gage	ft	Fig. 5
Z	Elevation of measuring section	ft	Fig. 5
Z_d	Elevation of discharge measuring section above Datum	ft	2.10
Z_s	Elevation of inlet measuring section above datum	ft	2.11
γ	Specific weight of liquid pumped	lb per cu ft	2.05
η	Over-all efficiency	per cent	2.22

DISPLACEMENT PUMPS

7

Symbol	Term	Unit (Dimension)	Par. No.
η_o	Driver efficiency	per cent	2.21
η_P	Pump efficiency	per cent	2.20
η_v	Volumetric efficiency	per cent	2.23
tdhp	Theoretical displacement power	hp	5.10
dihp	Driver power input	hp	2.15
whp	Pump power output	hp	2.19
N	Pump speed	rpm	Table 1
p_a	Atmospheric pressure	psia	2.07
p_d	Discharge pressure	psig	2.10
p_o	Static pressure above or below atmosphere	psig	2.08
p_s	Inlet pressure	psig	2.11
p_{sv}	Net positive inlet pressure	psi	2.13
p_{td}	Pump total differential pressure	psi	2.12
p_v	Velocity pressure	psi	2.09
p_{vp}	Liquid vapor pressure	psia	2.13
Q	Capacity or rate of flow	gpm	2.09
Q_d	Displacement capacity, $\frac{DN}{231}$	gpm	5.09
S	Internal slip or leakage	gpm	5.09
sp gr	Specific gravity	ratio	2.06

2.02 Definitions of Unit Abbreviations are given below:

psi = Pounds per square inch
 psig = Pounds per square inch gage
 psia = Pounds per square inch absolute
 sq in. = Square inches
 gpm = Gallons per minute
 rpm = Revolutions per minute
 hp = Horsepower
 lb/cu ft = Pounds per cubic foot

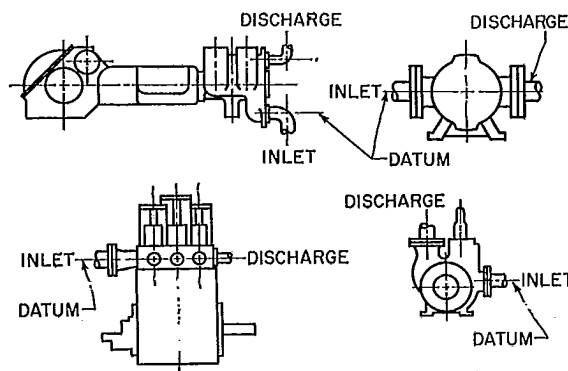


FIG. 1 TYPICAL ELEVATIONS

2.03 The Pump is defined as the composite machinery which encloses the path of the liquid between a section adjacent to the inlet of the pump casing and a section adjacent to the outlet,

together with the necessary mechanical parts to point of power input.

2.04 The Datum shall be taken at the elevation of the center line at the face of the pump inlet. If the pump has more than one inlet, a mean elevation between them shall be used. The correction of datum is positive when the measuring point is above the datum and it is negative when the measuring point is below the datum. Various examples of the datum line are shown in Fig. 1.¹

2.05 The Specific Weight (γ) of a liquid is its weight per unit volume. It shall be expressed in pounds per cubic foot.

2.06 Specific Gravity (sp gr) of a liquid is the ratio of its specific weight to 62.30 pounds per cubic foot.

Pressure

2.07 Pressure is the compressive stress in a liquid at a given point. It has the units of force

¹Due to the large variety of pumps covered by this code the *Datum* has been taken at the center line of the inlet connection. For actual inlet requirement guarantees or for performance comparison, this should be corrected to the highest point within the pump which must be filled by the incoming liquid. For a piston or plunger pump with suction and discharge valves, this is the highest point of the seating surface of the discharge valve. For rotary pumps this is the highest point in the inlet chamber adjacent to pump rotor or rotors.

per unit area and will be reported in pounds per square inch (psi).

The ambient atmospheric pressure (p_a) shall be the zero pressure datum. Pressure measurements relative to this datum will be positive or negative, and shall be measured in pounds per square inch gage (psig).

2.08 Static Pressure (p_s) is the pressure exerted on a wall and perpendicular to the wall by a fluid at rest or flowing parallel to the wall.

2.09 Velocity Pressure (p_v) is defined by the following expression:

$$p_v \text{ (in psi)} = \frac{\gamma V^2}{144 \times 2g} = 0.433 \text{ (sp gr)} \frac{V^2}{2g}$$

The velocity (V) is a mean velocity computed by dividing the volume rate of flow by the pipe area at the measuring section and is expressed in feet per second.

$$V = \frac{0.321Q}{A}$$

2.10 Discharge or Outlet Pressure (p_d) is the algebraic sum of the static pressure and velocity pressure as measured at the pump outlet, corrected to datum.

$$\begin{aligned} p_d \text{ (in psig)} &= p_o + \frac{\gamma}{144} \left(Z_d + X_d + \frac{V_d^2}{2g} \right) \\ &= p_o + 0.433 \text{ (sp gr)} \left(Z_d + X_d + \frac{V_d^2}{2g} \right) \end{aligned}$$

The exact location of the measuring section at the pump discharge shall be decided upon between the parties to the test in advance of the test. In the absence of such agreement, this location shall be at or adjacent to the pump discharge opening.

2.11 Inlet Pressure (p_s) is the algebraic sum of the static pressure and the velocity pressure as measured at the pump inlet, corrected to datum.

$$\begin{aligned} p_s \text{ (in psig)} &= p_o + \frac{\gamma}{144} \left(Z_s + X_s + \frac{V_s^2}{2g} \right) \\ &= p_o + 0.433 \text{ (sp gr)} \left(Z_s + X_s + \frac{V_s^2}{2g} \right) \end{aligned}$$

The term p_o may be positive or negative with reference to atmospheric pressure. The term p_s may therefore be positive or negative. The term is called *inlet pressure* when positive and *inlet vacuum* when negative.

The exact location of the measuring section at the pump inlet shall be decided upon by the parties to the test in advance of the test. In the absence of such agreement, this location shall be at or adjacent to the pump inlet opening.

There shall be no elbows, bends or sudden changes in section between the measuring section and the pump inlet.

2.12 Pump Total Differential Pressure (p_{td}) is the algebraic difference between the discharge pressure and the inlet pressure, and is expressed in pounds per square inch. All terms must be expressed in the same units.

$$p_{td} = p_d - p_s$$

2.13 Net Positive Inlet Pressure (p_{av}) is the algebraic sum of the inlet pressure, as defined in Par. 2.11, and the barometric pressure minus the vapor pressure of the liquid corresponding to its temperature at the pump inlet. This term is also known as pressure proximity. It is expressed in pounds per square inch.

$$p_{av} = (p_s + p_a) - p_{vp}$$

For the determination of vapor pressure, temperature shall be measured at the pump inlet.

Power

2.14 Power shall be expressed in units of horsepower (hp): One horsepower is 33,000 foot-pounds per minute.

2.15 Driver Power Input (dihp) is the power input to the driver, expressed in horsepower.

2.16 Pump Power Input (bhp) is the power delivered to the pump shaft, expressed in horsepower.

2.17 Standard Unit of Volume shall be the U. S. gallon. One U. S. gallon contains 231 cubic inches. One imperial gallon equals 1.2 U. S. gallons.

2.18 The Capacity of the Pump (Q) is the volume rate of flow produced by the pump under specified conditions. It shall be expressed in gallons per minute (gpm).

2.19 Pump Power Output (hydraulic power) (whp) is defined by the following expression:

$$\text{whp} = \frac{Q p_{td}}{1714}$$

when p_{td} is in psi.

2.20 Pump Efficiency (η_p) is the ratio of the pump power output to the pump power input, expressed in per cent.

2.21 Driver Efficiency (η_d) is the ratio of the pump power input to the driver power input, expressed in per cent.

2.22 Over-all Efficiency (η) is the ratio of the pump power output to the driver power input, expressed in per cent.

2.23 Volumetric Efficiency (η_v) is the ratio of the actual pump delivery to the pump displacement capacity, expressed in per cent.

DISPLACEMENT PUMPS

9

SECTION 3, GUIDING PRINCIPLES

3.01 In code tests, all parties to the test shall be represented and shall have equal rights in determining the methods and conduct of the test.

3.02 Items on which agreement shall be reached prior to conducting the test are:

- (a) Object of test
- (b) Intent of pump rating as to operating conditions and guarantees
- (c) Test arrangement
- (d) Method of maintaining steady test conditions
- (e) Instrumentation
- (f) Arrangement for calibration of instruments
- (g) Arrangements for examination of the pump and the time interval between the initial service and the test.

3.03 Careful inspection shall be made before and after the test to insure the proper operation of the pump and measuring instruments. Particular attention is to be given the internal pumping elements and fluid passages, the pump and driver alignment, the pressure tap openings, shaft seal adjustment and leakage, electrical

connections, the lubricating system, liquid leakage out of, or air leakage into, the pump passages, and important clearances.

3.04 Instruments or apparatus installed for the purpose of measurements must not affect the pump performance. Any doubt as to the effect of such apparatus may be resolved by comparative tests with the apparatus removed and installed, other conditions remaining constant.

3.05 All instruments shall be calibrated before the tests, and calibration and correction curves or tables shall be prepared in advance. After the tests all instruments shall be recalibrated. Only the readings of those instruments for which the two calibrations agree within reasonable limits shall be used in computing the results. When the calibration of an instrument made before the test shows significant difference from that made after the test, the test shall be repeated. Exception may be made if analysis shows distinctly the point at which the shift occurred, so that corrections can be made.

3.06 The test shall not be considered to have started until a satisfactory preliminary run has

TABLE 1—ACCEPTABLE DEVIATIONS OF TEST CONDITIONS FROM SPECIFIED CONDITIONS AND FLUCTUATIONS OF TEST READINGS

Item Measured	Acceptable Deviations from Specified Conditions	Acceptable Fluctuations
Pump total differential pressure, p_{td}	Not less than rated maximum	
Discharge pressure, p_d	Adjust to make total differential pressure (p_{td}) not less than rated	$\pm 5\% p_d^*$
Inlet pressure, p_s	Adjust to make net positive inlet pressure (p_{in}) not more than rated and not less than the limiting inlet pressure by test	$\pm 6\% p_s^*$
Capacity or flow, Q	Not less than minimum rated	$\pm 1\% Q$
Pump speed, N	$\pm 10\%$ of specified speed (See Note 1)	$\pm 1\% N$ (See Note 2)
Pump power input, bhp	Not more than rated when adjusted to rated speed	$\pm 2\% \text{ bhp}$
Driver power input, dihp	Not more than rated when adjusted to rated speed	$\pm 2\% \text{ dihp}$
Temperature (liquid supply)	$\pm 10 \text{ F}$ of rated temperature	$\pm 2 \text{ F}$ (See Note 2)

Note 1—In all cases, the capacity and power shall be corrected as described in Section 5, Par. 5.10.

Note 2—These fluctuations apply during one test run. The speed may vary 2% and temperature may vary 10 F from average throughout a series of runs in which these conditions are intended to be constant.

*As measured by a pressure measuring system having a frequency response of not more than 25 cycles per second.

been made to assure the proper operation of the pump and test equipment, and the correct routine of observations has been established.

3.07 Each test run shall begin only when reasonably steady test conditions have been established. The duration of a test run shall be sufficient to demonstrate the maintenance of reasonably steady conditions.

3.08 During a run, fluctuations of test readings are to be recorded and compared with Table 1 to determine acceptability.

3.09 All readings shall be taken against time, and, when necessary, by signal. All quantities determined from a series of readings shall be computed as the average of observations made at equal time intervals. Results shall be computed during the course of the test and any

errors thus detected shall be corrected immediately or the test run discarded. Complete records of all information and results shall be furnished to all parties to the test.

3.10 In addition to the tabulation of test data, information should be given on matters of general interest, such as the type of service the pump is to perform, the manufacturer's serial number, the arrangements, the means of identification of the pump and driver, and the dimensions and physical conditions of all associated parts of the plant which have any bearing on the outcome of the test, but not subject to the test.

3.11 The tabulation may contain records on the elements of an over-all test beyond the scope of this code.

SECTION 4, INSTRUMENTS AND METHODS OF MEASUREMENT

4.01 This section presents detailed information on instruments and methods of measurement most commonly used in testing displacement pumps.

4.02 In the process of testing, it is required to establish specified conditions and to measure:

- (a) Pressure (inlet, discharge, barometric)
- (b) Temperature (liquid, and local ambient air)
- (c) Volume rate of flow
- (d) Pump speed
- (e) Power input to the pump or driver

(3) Pressure gages, liquid U-tubes, or manometers (see Part 2). For widely fluctuating pressures, recording pressure gages or oscilloscopes may be used. These may read total or static pressures.

- (4) Differential gages (see Part 2)
- (5) Impact tubes, pitot tubes (see Part 2)
- (6) Nozzles (see Part 5)
- (7) Venturi tubes (see Part 5)
- (8) Orifices (see Part 5)
- (9) Displacement Meters (see Part 5)
- (10) Tachometers, revolution counters, or other speed counting devices (see Part 13)
- (11) Electrical instruments (see Part 6)
- (12) Dynamometers for measuring power (see Part 7)

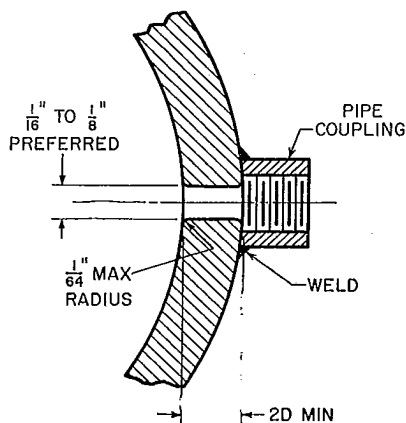


FIG. 2 PRESSURE TAPS

4.03 Instruments and indicating devices acceptable for this test are given in the following list, with reference to the various parts of the Supplements on Instruments and Apparatus (I & A) where these instruments and their uses, calibration, etc. are described:

- (1) Barometers (see Part 2)
- (2) Thermometers (see Part 3)

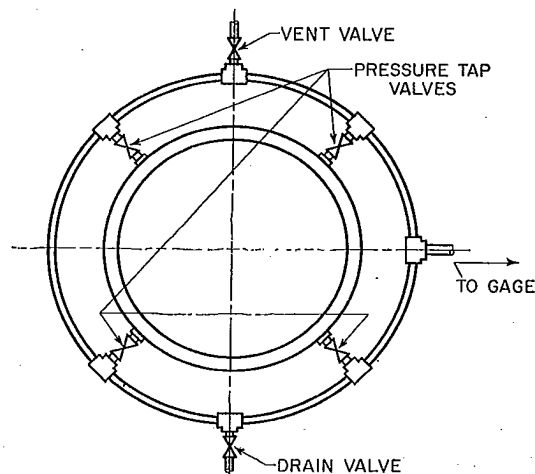


FIG. 3 LOOP MANIFOLD CONNECTING PRESSURE TAPS

- (13) Viscosity measuring devices (see Part 17)
 (14) Density measuring devices (see Part 16).

Pressure Measurements

4.04 The Measurement of pressure is carried out by pressure-sensitive indicating devices (manometers, gages) connected with the liquid passage through pressure taps. (See Figs. 2 and 4.)

4.05 It is important that undisturbed flow conditions exist at the gage connections (pressure taps). Table 1 of allowable deviations and

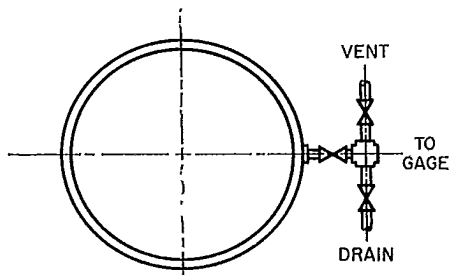


FIG. 4 SINGLE TAP CONNECTION

fluctuations shows the limits to which such deviations and fluctuations may be disregarded in considering the flow conditions.

4.06 For high-velocity flow, where the velocity pressure is a significant fraction of the total pressure, particular care is necessary to avoid errors in the measurement of static pressure. This involves the use of the smallest practical diameter of pressure-tap hole, as illustrated in Fig. 2, close inspection of the condition of the inside of the tap hole, with respect to burrs,

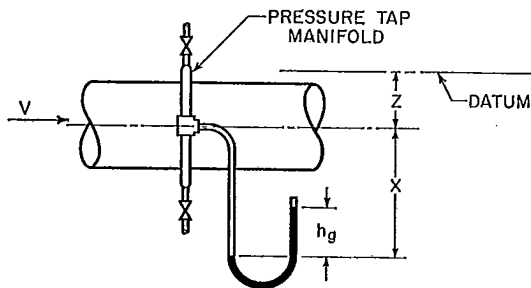


FIG. 5 WET-TUBE MANOMETER

sharpness of edge and absence of tubercles, etc., in the neighborhood of the tap hole. It may be necessary to provide several taps on the same circumference, for checking as in Fig. 3. Equality of pressure readings at several taps is reasonable assurance of the absence of errors due to abnormal turbulence.

4.07 The Pressure Indicating Devices shall, when practicable, be mercury manometers or Bourdon gages. For low pressures, mercury manometers are preferable. (See Figs. 5 and 6.) Where desired, liquids other than mercury may be substituted upon mutual agreement between parties to the test.

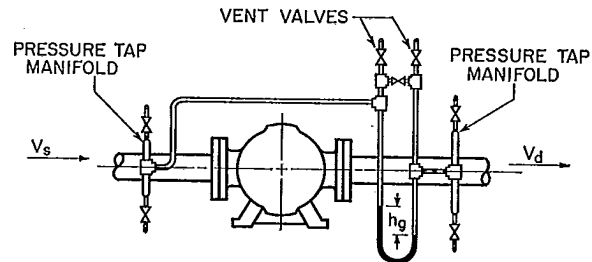


FIG. 6 DIFFERENTIAL MANOMETER

Where manometers cannot be used, gages operating on the principle of the deadweight tester or calibrated mechanical pressure gages of the bourdon type shall be used. (See Fig. 7.)

Inlet Requirements of the Pump

4.08 It is recommended that a test be made to determine the minimum net positive inlet pressure needed to avoid excessive loss in the pump capacity due to incomplete filling of the pump displacement chambers. If agreed the in-

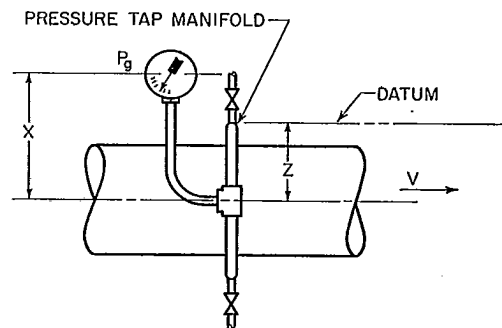


FIG. 7 CALIBRATED BOURDON GAGE

let requirement test may be conducted using degasified liquid. If more than one pump speed is specified for test, separate inlet requirement tests shall be made at each specified speed. If the pump is to be operated at variable speed, it is the intent of the code that the inlet requirement test should be made at the maximum pump speed specified.

4.09 Arrangements for making these tests are shown in Figs. 8(a), (b), and (c). In all cases extreme care must be taken to avoid air leaks in

the inlet line, especially at the stem of a throttling valve if used. When the inlet conditions are not critical, the inlet pressure may be controlled by placing a variable restriction, such as a valve, in the inlet line to the pump, Fig. 8(a). A screen or a set of straightening vanes should be used after the valve to break up turbulence induced by the throttling. Results more

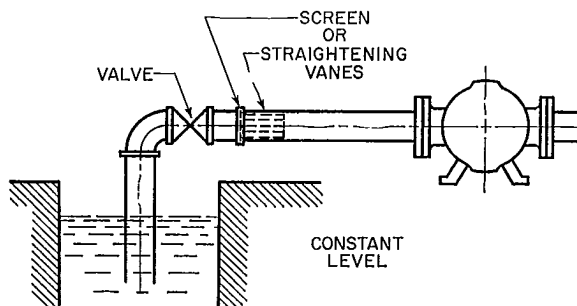


FIG. 8(a) INLET REQUIREMENT TEST

nearly duplicating actual service conditions may be obtained by lowering the level in the supply sump as indicated in Fig. 8(b). The closed system shown in Fig. 8(c) uses a constant level in the supply tank with some means to vary the absolute pressure of the air or gas above

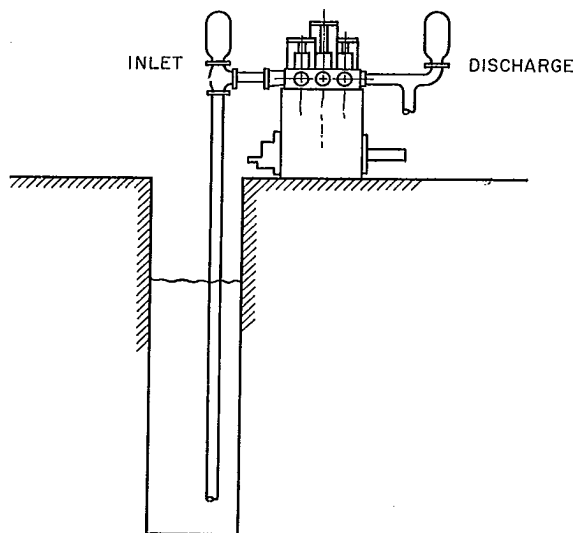


FIG. 8(b) INLET REQUIREMENT TEST

the liquid to control the inlet pressure at the pump. The closed system tends to strip the liquid of dissolved air or gases and hence more nearly duplicates a service condition where the supply is at or near its vapor pressure in a closed vessel.

Care should be taken to avoid excessive turbulence in the supply tank and in the inlet line to the pump. The tank outlet and the return pipe for the pump discharge must be below the liquid level in the tank at all times during the test. Surge chambers may be placed in the inlet and discharge lines to dampen pressure and flow fluctuations.

Before starting an inlet requirement test requiring degasified liquid, the pump may be run at minimum discharge pressure, in a definitely cavitating condition, for sufficient time to effect degasification. The purpose of this preliminary run is to strip most of the dissolved air from the liquid to obtain more stable and uniform results during the inlet requirement test. Alternatively the liquid may be degasified by boiling.

Note: The test setups illustrated in Figs. 8(a), (b), and (c) are representative of methods used in testing this type of pump. Because of the wide variety of installations, it is impossible to list acceptable variations.

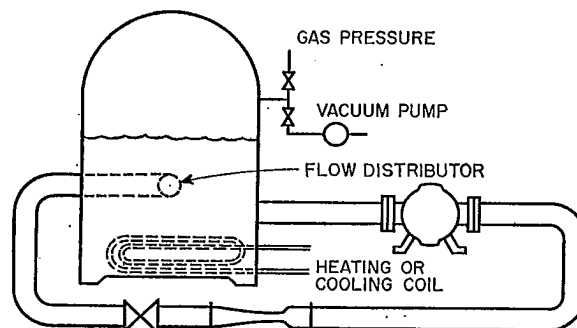


FIG. 8(c) INLET REQUIREMENT TEST

4.10 The inlet requirement test is made at a constant rated differential pressure and pump speed by measuring the capacity at different inlet pressures. The test should be started with sufficient inlet pressure to establish the normal capacity with adequate net positive inlet pressure and continued at lower and lower inlet pressures until five to ten per cent loss of capacity is registered. The increments between different inlet pressures at which capacity readings are taken shall not be greater than one psi. The temperature should be maintained essentially constant throughout the test and if there is a variation, the possible need for a correction for change in vapor pressure of the liquid should be investigated.

Directions for plotting the results of inlet requirement tests and determining the limiting inlet pressure are given in Section 5, Par. 5.02.

Capacity Measurements

4.11 Capacity tests shall be made at a con-

stant pump speed by measuring the liquid delivery of the pump at different discharge pressures, from the minimum pressure obtainable with the test arrangement to the maximum pressure selected for test. Measurements shall be made at not less than four different pressures, approximately equally spaced. If more than one pump speed is specified, separate capacity tests shall be made at each specified speed. If the pump is to operate at variable speed, or constant speed, and variable displacement, capacity tests shall be made at not less than four conditions including the minimum and maximum conditions selected for test. The discharge or outlet pressure may be controlled by a valve in the outlet pipe. This valve must be properly located beyond the discharge pressure measuring section consistent with the pressure measuring method. A recommended spacing between the discharge pressure measuring section and the valve is six pipe diameters, but in no case less than twelve inches.

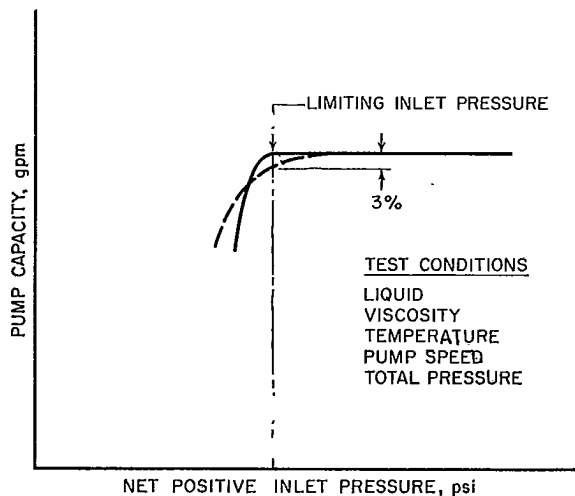


FIG. 9 INLET REQUIREMENT TEST

The preferred method of controlling inlet pressure is to control the level in the supply reservoir if it is open to the atmosphere or to control the air or gas pressure above a constant liquid level if the reservoir is closed. (See Fig 8(c).) When it is necessary to use a throttle valve in the inlet line, provision must be made to regain normal velocity distribution at the pump inlet and measuring section.

4.12 The Measurement of Volume Rate of Flow (Capacity) is carried out by liquid meters classified into two functional groups; quantity type and rate of flow type. It is preferred that the capacity be determined by a quantity type meter.

4.13 Capacity Measurement by Weight. Measurement of capacity by weight depends

upon the accuracy of the scale used and the accuracy of the measurement of time. Accuracy of weight measurement to one quarter of one per cent is readily obtainable. The computed rate of flow from weight measurement is dependent upon the selection and accuracy of the scales, time measuring device, and the time interval of the test.

Selection of a scale of high order of subdivision of the dial or beam and a timer which provides the highest order of subdivision of scale will help in obtaining the accuracy desired. Selection of a time interval for any test point must be made such that the highest order significant reading of the scale and timer does not introduce an appreciable error. Interpolation either of scale or timer reading is not recommended.

The scale shall be calibrated with standard weights before and after the test.

The timer shall be calibrated against an accepted time standard before and after the test.

The timer interval for any test point shall be agreed upon by the parties to the test and the accuracy of measurement established, based upon the scale and timer mechanisms available.

4.14 Capacity Measurements by Volume.

Measurements of volume may be established by collection of the liquid in a reservoir. Accuracy of measurement to one-quarter of one per cent is possible providing careful selection of the reservoir and accompanying hook or point gage is made.

Accuracy of measurement depends upon the change of height in the reservoir such that the highest order significant reading of the vernier scale on the hook or point gage represents a high degree of accuracy. Unless the accuracy of dimension of the reservoir is agreed upon by the parties to the test, the reservoir shall be calibrated by weighing. In all cases the liquid shall be conducted to the volumetric tank by means of a suitable diverter. The tank shall be equipped with stilling wells in those cases where surface disturbance will affect the reading of the gages.

The liquid level shall be measured by a hook or point gage. Selection of a hook or point gage shall be made based upon the highest order significant reading of the vernier of the gage. Interpolation of the vernier gage is not recommended.

Selection of a timer of high order subdivision of scale is necessary for accuracy. Selection of a time interval for any test point must be made such that the highest order significant reading of the timer does not introduce an appreciable error. Interpolation of the timer reading is not recommended.

4.15 Suitable displacement meters may be used for capacity measurement. This type of

meter is particularly useful when test liquids are either viscous or volatile. The timer used in connection with a displacement meter must be selected on the same basis as for other quantity methods of measurement. Displacement meters must be calibrated before and after the test under conditions comparable to the test conditions.

4.16 When quantity methods are used for capacity measurement, it is recommended that electrical or mechanical interlocking be used between the quantity meter and the timing device, to insure simultaneous starting and stopping of the timer and the meter. The photographic technique to insure that simultaneous readings are taken is a further recommended procedure.

4.17 Capacity Measurement by Venturi Meter. This type of meter, when properly calibrated and installed is an acceptable instrument for code tests. Accuracies better than one-half of one per cent can be expected only by individual calibration.

A certified curve showing the coefficient of the meter and its accuracies shall be required. The certification must state the conditions for which the meter curve applies and whether the calibration was obtained from models or the actual meter itself. Where the calibration was made at a considerable time prior to the test, or where the physical condition of the meter is suspected to be different than during the calibration, the meter shall be recalibrated before it is used in a code test.

For a detailed discussion of these meters, their installation and calibration, the user is referred to Fluid Meters—Their Theory and Application, Fifth Edition, 1959, and to I & A, Part 5, Chapter 4 on Flow Measurement, (PTC 19.5;4-1959).

Considerations of accuracy shall recognize unavoidable individual differences between ostensibly duplicate meters. They do not refer to accidental errors of observation.

The pipe preceding the Venturi meter inlet must be free, at least through a distance greater than six diameters, from tubercules or other surface imperfections which would establish a disturbance in line with the pressure tap openings. The pressure tap openings must be flush with the interior of the meter body and free from burrs.

An undamped manometer shall be used for measuring the differential pressure across the meter inlet and throat. The proper use of manometers is set forth in I & A, Part 5, Chapter 4 on Flow Measurement.

4.18 Capacity Measurement by Nozzles. A circular nozzle of the converging type is an acceptable device for measuring liquid flow. Both submerged flow nozzles and free discharge nozzles are practical for code testing within their

respective limitations. Accuracies better than one-half of one per cent can be expected only by individual calibration.

A certified curve showing the coefficient of the meter and its accuracy shall be required. The certification must state the conditions for which the meter curve applies and whether the calibration was obtained from models or the actual meter itself. Where the calibration was made at a considerable time prior to the test, or where the physical condition of the meter is suspected to be different than during the calibration, the meter shall be recalibrated before it is used in a code test.

For a detailed discussion of nozzles, their installation and calibration, the user is referred to Fluid Meters—Their Theory and Application, Fifth Edition, and I & A, Part 5, Chapter 4 on Flow Measurement.

For submerged flow nozzles, three diameters of straight pipe of the same size as the nozzle entrance are required following the nozzle throat.

An undamped manometer shall be used for measuring the pressure at or across the nozzle. The proper use of manometers is set forth in I & A, Part 5, Chapter 4 on Flow Measurement.

4.19 Capacity Measurement by Orifice Plate. The square-edged concentric orifice plate, when used as prescribed herein, is approved for capacity determination under this code.

Accuracies better than one-half of one per cent can be expected only by individual calibration. When this is not possible, a certified curve showing the coefficient of the meter and its accuracy shall be obtained. The certification must state the conditions for which the meter curve applies and whether the calibration was obtained from models or the actual meter itself. Where the calibration was made at a considerable time prior to the test, or where the physical condition of the meter is suspected to be different than during the calibration, the meter shall be recalibrated before it is used in a code test.

For a detailed discussion of orifice plates, their installation and calibration, the user is referred to Fluid Meters—Their Theory and Application, Fifth Edition, and I & A, Part 5, Chapter 4 on Flow Measurement.

Consideration of accuracy shall recognize unavoidable differences between ostensibly duplicate orifices.

The size of the orifice preferably shall be determined so that the velocity through the orifice shall be in excess of 10 ft per sec at the rated capacity of the pump to be tested.

4.20 Accuracy of Rate of Flowmeters. The rate-of-flowmeters described in I & A are steady-state flow devices and are calibrated accordingly. All such meters are affected by cyclic variation of pressure or flow at entrance to the meter. Cyclic variations are a common char-

DISPLACEMENT PUMPS

15

acteristic of all displacement machinery, the amplitude of the variation being dependent on the kind of machine. Use of such flow measuring equipment for code test must be contingent on agreement of the parties to the test on several points of importance.

Selection of a size of accumulator to dampen cyclic variation depends upon the net amplitude of volume variation delivered by the pump and the required air capacity above the surface of the fluid in the accumulator. Pressure fluctuation at the entrance to flowmeters as described in I & A will be reflected in the differential pressure measuring equipment used to determine flow rate through the meter.

Generally, rate-of-flow measuring equipment is recommended for tests where parties to the test can agree upon the accuracy, based upon consideration of size of accumulator, net amount of air above the accumulator, and the effect of damping of the differential pressure gage used in conjunction with the flowmeter.

Power Measurements

4.21 Power Measurements shall be made every time and at the same time that a capacity measurement is made. Directions for plotting are given in Section 5, Par. 5.04.

Measurement of power input to the pump, that is, the shaft horsepower to the pump, falls into two general classes:

- (a) Measurements, which within themselves, determine the actual power or torque delivered to the pump and, therefore, are made entirely during the test by means of some form of transmission dynamometer.
- (b) Measurements of power input, during the pump test, to the driving element, and the previous or subsequent determination of the relation of the power input to the power output of this driving element, under conditions identical to the pump test.

The use of transmission dynamometers or motors that have been calibrated with a transmission dynamometer or suitable water brake or cradled electrical dynamometer shall be considered to give a satisfactory measurement of input power to a pump.

4.22 Transmission Dynamometers. Cradled electric and torsion dynamometers shall not be employed for testing pumps with a maximum torque below one quarter of the dynamometer rated torque. Torsion dynamometers shall be calibrated after the test with the torsion member at the same temperature as during the test.

The calibration of the torsion dynamometer shall be conducted with the torsion indicating means in place. Observations of the indicator shall be taken with a series of increasing loadings

and then with a series of decreasing loadings, with the precaution that during the taking of readings with increasing loadings, the loading shall at no time be decreased. Similarly, during the taking of readings with decreasing loadings, the loading shall at no time be increased. The calculation of output shall be based on the average of the increasing and decreasing loadings as determined by the calibration. If the difference in readings between increasing and decreasing loadings exceeds one per cent, the dynamometer shall be deemed unsatisfactory.

For more detailed information concerning transmission dynamometers see Chapter 1, Pars. 79-100 of I & A, Part 7 on Measurement of Shaft Horsepower of Rotating Machines by Direct and Indirect Methods, (PTC 19.7-1961).

4.23 Calibrated Electric Motors. The majority of displacement pumps under test are driven by electric motors, and it is satisfactory to measure the electrical input to the motor, multiply such observations by the efficiency of the motor and thus to determine the power input to the pump shaft. Where a question exists as to the efficiency of the motor, its efficiency shall be determined by measurement of the electrical energy input and the mechanical energy output by means of a transmission dynamometer, or a suitable absorption dynamometer or by electrical methods indicated in Par. 4.24.

4.24 Squirrel cage induction motors, when operated at greater than half name plate rating, direct current motors, synchronous motors, or wound rotor induction motors with short circuited secondary resistance, may be employed for the determination of shaft input, provided the efficiencies or losses have been ascertained by an AIEE calibration.

4.25 The power input to the pump shaft of a direct connected motor-driven pump is equal to the product of the electric horsepower input to the motor and the motor efficiency at the observed load. The electric power input is the sum of (a) the electric power input at the motor terminals, (b) that portion of the excitation power externally supplied, and (c) the power for ventilating the motor if it is externally supplied. If the motor is externally excited, the excitation power, item (b) shall include the electrical losses of the field rheostats. If a synchronous motor with a directly driven (either connected or belted) exciter is employed, the true efficiency of the motor shall include the exciter loss.²

If suitable motor calibration data are available eliminating external losses such as separate ventilation or excitation, the net power input

²The exciter loss is the excitation power to the synchronous motor, as measured by a voltmeter and ammeter, divided by the exciter efficiency, less the excitation power.

may be used to determine shaft horsepower delivered to the pump.

The power input to the pump shaft of a direct connected motor driven pump may be obtained by employing the principles outlined in Chapter 2, Pars. 2-10 of I & A, Part 7 on Measurement of Shaft Horsepower of Rotating Machines by Direct and Indirect Methods (PTC 19.7-1961).

4.26 Accuracy of Power Measurement.

The accuracy of results using a cradle dynamometer or other devices as described above is dependent upon the degree of cyclic variation of power required by the displacement machine. In most cases a degree of damping of the scale linkage of the dynamometer or the meter, as the case may be, is required. In any case, agreement by the parties to the test to accept the results obtained by the methods selected for power measurements is essential to a code test and should be concluded in advance of the running of the test. When power measurements are made by determining motor output power from watts input and motor efficiency and the cycle variation of the wattmeter reading is great, the use of a watthour meter should be considered. The watthour meter, combined with a suitable timer, will give an average power input to the motor.

Speed Measurements

4.27 Measurement of Speed. An accurate measurement of pump speed is considered essential. The speed shall be measured by a reliable revolution counter preferably included as an integral part of any timer circuit used for quantity measurement of capacity, or by a speed indicating device as permitted hereafter. Where the revolution counter is not included as a portion of the timer circuit, then the degree of simultaneous reading between the timer and the revolution counter must be considered in determining the net accuracy obtained in the calculation of speed in revolutions per minute.

Certain types of speed indicating equipment are considered satisfactory for use where the equipment is damped sufficiently to make it possible to get a reasonable reading of speed in revolutions per minute. In any case agreement between the parties to the test shall be made concerning the measurement of speed by these devices prior to the conducting of any test.

4.28 The pump speed shall be measured every time and at the same time that a capacity measurement is made.

SECTION 5, COMPUTATION AND PLOTTING OF RESULTS

5.01 A complete presentation of the performance of a displacement pump must include a statement of the two cardinal quantities—capacity and power requirements. These quantities shall be stated for specific conditions of operation including inlet pressure, discharge pressure, speed and liquid.

Before final calculations are undertaken, the recorded data shall be scrutinized for consistency and constancy of the operating conditions. The fluctuations of readings during any one test run shall not exceed the limits prescribed in Table 1. In any test where the readings show fluctuations in excess of the limits prescribed in Table 1, the test shall be discarded.

5.02 Plotting of Inlet Requirement Test.

Before plotting, all inlet pressure readings shall be corrected as described in Section 2, Pars. 2.11 and 2.13, to their equivalent net positive inlet pressure. A curve, similar to Fig. 9, shall be plotted showing pump capacity in gallons per minute (gpm) versus net positive inlet pressure in pounds per square inch (psi).

It is not always possible to determine precisely the limiting inlet pressure for the large variety of pumps and liquids which may be tested under this code. If there is a definite break in

the curve as illustrated by Fig. 9, this shall be taken as the limiting inlet pressure. If the curve changes too gradually to show a specific point, the limiting inlet pressure shall be taken at a capacity loss of 3 per cent or at the inlet pressure at which cavitation noise in the pump becomes definitely audible, whichever occurs at the higher inlet pressure. The limiting inlet pressure will apply only for the specific liquid at the temperature and pump speed used in the test.

5.03 Plotting of Capacity Test. Before plotting, all discharge and inlet pressure measurements shall be corrected as described in Section 2, Pars. 2.10 and 2.11, and the total pressure rise across the pump shall be computed as described in Section 2, Par. 2.12.

A curve, similar to Fig. 10, shall be plotted showing pump capacity in gallons per minute (gpm) versus pump total differential pressure in pounds per square inch (psi).

5.04 Plotting of Power Test. The corrected power input to the pump shall be computed from the measurements made during the test, as described in Section 4, Pars. 4.21 to 4.26, and converted into horsepower. A curve, similar to Fig. 10, shall be plotted showing power input to the pump in horsepower (hp) versus

total differential pressure in pounds per square inch (psi).

5.05 Plotting Relationship Between Power Input, Capacity, Rotational Speed, and Pressure Rise Across the Pump. To provide a concise and direct method of showing the relationship of these four parameters, it is recommended that curves be plotted as in Fig. 11, showing pump delivery in gallons per minute (gpm) versus power input to the pump in horsepower (hp) for constant rotational speeds and constant differential pressures across the pump.

5.06 Plotting Efficiency. The pump efficiency as defined in Section 2, Par. 2.20, shall be plotted as a curve, similar to Fig. 10, showing efficiency in per cent versus pump total differential pressure in pounds per square inch (psi).

If measurements are made of the driver power input, the over-all efficiency, as defined in Section 2, Par. 2.22, may be plotted in a similar manner.

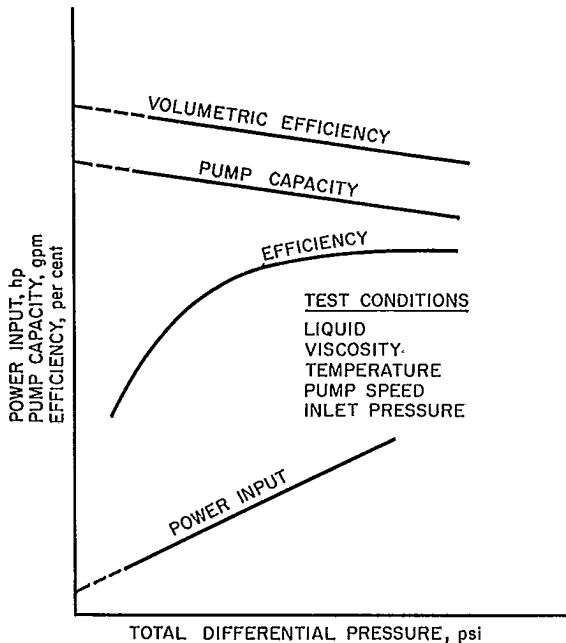


FIG. 10 PERFORMANCE CURVES

5.07 Pump Displacement. The displacement (D) of any displacement pump shall be given in cubic inches per revolution. The displacement shall be equal to one hundred per cent of the net volume displaced by the volume elements during one revolution.

If the pump capacity curve as plotted in Fig. 10 shall be projected to the zero pressure line, the corresponding pump delivery for that point

should agree with the pump displacement for that speed within five per cent. A difference between the two values of greater than five per cent indicates an error, or that an appreciable amount of air or gas was entrained in the liquid during the test. Any such discrepancy should be investigated.

5.08 The Volumetric Efficiency η_v may be plotted as a curve, similar to that of Fig. 10,

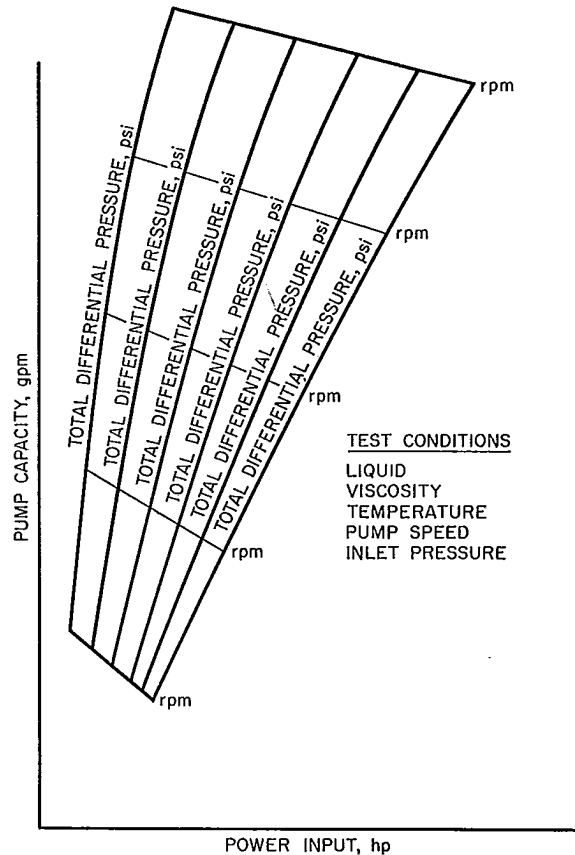


FIG. 11 PERFORMANCE CURVES

showing volumetric efficiency in per cent versus total differential pressure in pounds per square inch (psi).

5.09 Slip (S) is defined as the pump displacement capacity minus the actual pump delivery.

$$S = Q_d - Q$$

Slip is due to internal leakage and fluid compressibility.

5.10 Adjustment of Test Speed. The test speed shall be within ten per cent of the rated speed specified, as noted in Table 1. If any

speed measurement varies from the rated speed, the corresponding delivery and power measurements taken at the same time as the speed measurement shall be adjusted according to the following formula. The subscript (*t*) refers to the values actually measured during the test, and the subscript (*a*) refers to the adjusted values corresponding to the adjusted speed.

The capacity shall be adjusted to the required speed by the following formula:

$$Q_a = \left[\frac{N_a}{N_t} (Q_t + S) \right] - S$$

The input power shall be adjusted to the required speed by the following formula:

$$\text{bhp}_a = \text{tdhp} \frac{N_a}{N_t} + \left[(\text{bhp}_t - \text{tdhp}) \left(\frac{N_a}{N_t} \right)^{1.5} \right]$$

The theoretical displacement power (tdhp) is defined by the following formula:

$$\text{tdhp} = \frac{Q_a P_{ia}}{1714}$$

when Q_a is in gallons per minute at the actual test speed and P_{ia} is in pounds per square inch.

ASME POWER TEST CODES

Test Code for Displacement Pumps

SECTION 6, REPORT OF TEST

6.01 The following is a recommended form for the reporting of all tests performed under this code.

A—General Information

- 1 Date of Test
- 2 Location
- 3 Owner
- 4 Builder
- 5 Test conducted by
- 6 Object of test
- 7 Pump service
- 8 Size and type of driving element.....Serial number.....

B—Pump Data

- 9 Size and type of pump.....Serial number.....
- 10 General construction.....
- 11 Rated Conditions
 - (a) Fluid pumped.....
 - (b) Specific weight.....at.....F
 - (c) Kinematic viscosity.....at.....F
 - (d) Temperature of fluid at inlet.....F
 - (e) Capacity.....gpm.....cfs
 - (f) Speed.....rpm
 - (g) Inlet pressure.....psi
 - (h) Net positive inlet pressure.....psi
 - (i) Discharge pressure.....psi
 - (j) Pump power input (hp).....
 - (k) Pump efficiency.....per cent

C—Test Data

(In reporting test data, all calibrations shall have been applied)

- 12 Results (recorded in same order as Part B, Item 11)
 - (a)
 - (b)
 - (c)etc.

D—Test Performance Adjusted to Rated Speed

Point No.	13 Adjusted Capacity	14 Adjusted Pressure	15 Adjusted Power Input
	gpm	psi	hp
1			
2			
...			
...			

ASME POWER TEST CODES

E—Test Information

- 16 Method employed for measuring flow rate.....
- 17 Method employed for measuring power.....
- 18 Method employed for measuring pressure.....
- 19 Duration of period of measuring flow rate.....
- 20 Duration of period of measuring power.....
- 21 Duration of period of measuring pressure.....
- 22 Dimensions of measuring section at inlet.....
- 23 Dimensions of measuring section at discharge.....
- 24 Conditions other than those noted.....

F—Performance at Rated Pressures and Speed

- 25 Capacity.....gpm.....cfs
- 26 Pump power input (hp).....
- 27 Efficiency.....per cent

POWER TEST CODES

Power Test Codes Now Available

Code on General Instructions.....	(1945)
Code on Definitions and Values.....	(1945)
Atmospheric Water Cooling Equipment.....	(1958)
Centrifugal, Mixed-Flow and Axial Flow Compressors and Exhausters.....	(1949)
Centrifugal Pumps.....	(1954)
Coal Pulverizers.....	(1944)
Displacement Compressors, Vacuum Pumps and Blowers.....	(1954)
Displacement Pumps.....	(1962)
Deaerators.....	(1958)
Determining Dust Concentration in a Gas Stream.....	(1957)
Diesel and Burner Fuels.....	(1958)
Dust Separating Apparatus.....	(1941)
Ejectors and Boosters.....	(1956)
Evaporating Apparatus.....	(1955)
Fans.....	(1946)
Feedwater Heaters.....	(1955)
Gaseous Fuels.....	(1944)
Gas Producers and Continuous Gas Generators.....	(1958)
Gas Turbine Power Plants.....	(1953)
Hydraulic Prime Movers.....	(1949)
Internal Combustion Engines.....	(1957)
Reciprocating Steam-Driven Displacement Pumps.....	(1949)
Reciprocating Steam Engines.....	(1949)
Safety and Relief Valves.....	(1958)
Solid Fuels.....	(1954)
Speed-Governing Systems for Steam-Turbine Generator Units.....	(1958)
Stationary Steam-Generating Units.....	(1946)
Steam Condensing Apparatus.....	(1955)
Steam Turbines.....	(1949)
Appendix to Steam Turbine Code.....	(1949)



ANEXO G

**NORMA COVENIN 253 “CODIFICACIÓN
PARA LA IDENTIFICACIÓN DE TUBERÍAS
QUE CONDUZCAN FLUIDOS”.**

**NORMA
VENEZOLANA**

**COVENIN
253:1999**

**CODIFICACIÓN PARA LA
IDENTIFICACIÓN DE TUBERÍAS
QUE CONDUZCAN FLUIDOS**

(2^{da} Revisión)



FONDONORMA

PRÓLOGO

La presente norma sustituye totalmente a la Norma Venezolana COVENIN 253-90, fue revisada de acuerdo a las directrices del Comité Técnico de Normalización CT6 Seguridad, Higiene y Protección, por el Subcomité Técnico SC2 Prevención y Protección Contra Incendios y aprobada por FONDONORMA en la reunión del Consejo Superior N° 1999-13 de fecha 14/12/1999.

En la revisión de esta Norma participaron las siguientes entidades: Colegio Nacional de Bomberos; FUNSEIN; IVSS; Cuerpo de Bomberos Distrito Federal; TECNISIT; Cuerpo de Bomberos del Este; ADESA; ANFESE; CANTV; INCE.

**NORMA VENEZOLANA
CODIFICACIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN
DE TUBERÍAS QUE CONDUZCAN FLUIDOS**

**COVENIN
253:1999
(2^{da} Revisión)**

1 OBJETO

Esta Norma Venezolana establece la codificación que deben tener las tuberías con el fin de identificar el fluido que circula por ellas.

2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de esta norma venezolana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma esta sujeta a revisión se recomienda, a aquellos que realicen acuerdo en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones más recientes de las normas citadas seguidamente:

COVENIN 187-81	Definiciones y clasificación de los colores y señales de seguridad.
COVENIN 1706:1999	Colores para cilindros que contienen gases.
COVENIN 2670:1998	Materiales peligrosos. Guía de respuesta a emergencias e incidentes o accidentes.

3 DEFINICIONES

3.1 Codificación

Es el conjunto formado por el color básico, anillos y leyenda, pintado sobre la tuberías que permita reconocer el fluido que circula por ella, así como también para indicar la presión y/o temperatura del mismo.

3.2 Color básico

Es el color que se usa para la identificación primaria del tipo de fluido que es conducido por la tubería según el estado básico a condiciones normales de presión y temperatura, de acuerdo al pH o para identificar el riesgo potencial del mismo (combustible, vacío, etc.).

3.3 Anillo de color

Es una banda colocada en un extremo de la franja del color básico, que permite dar una identificación mas específica sobre el tipo de fluido que circula por la tubería.

3.4 Leyenda

Es el nombre completo del fluido en castellano. En el caso de los fluidos medicinales, la leyenda debe cumplir con los requisitos especificados en A.1.4 (Véase Anexo A).

4 REQUISITOS

4.1 La codificación debe colocarse al inicio y al final de la tubería, inmediatamente antes y después de cualquier pared o muro que atraviese, antes o después de uniones por brida, válvulas y otros (Véase figura 1).

4.2 Las tuberías deben pintarse con el color básico de identificación como se establece en la Tabla 2, para áreas contaminadas se debe tomar la previsión de que la pintura seleccionada sea inerte al agente contaminante.

4.3 Toda tubería debe llevar codificación según el tipo de fluido que conduce, según lo establecido en la Tabla 3.

4.4 Toda tubería debe llevar una leyenda que identifique al fluido que conduce.

4.5 El texto de la leyenda debe ser el nombre completo del fluido en castellano, en el caso del vapor debe indicarse si es saturado o obre calentado.

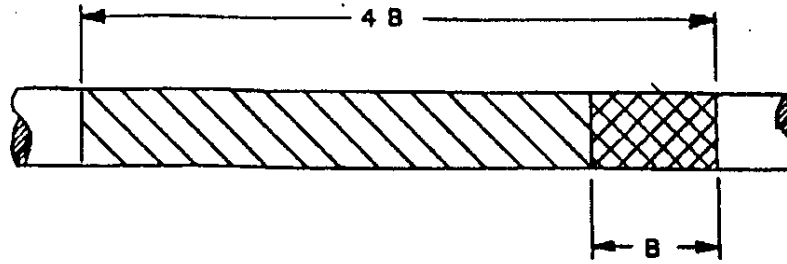


Figura 1A. Aplicación del color de seguridad con anillo

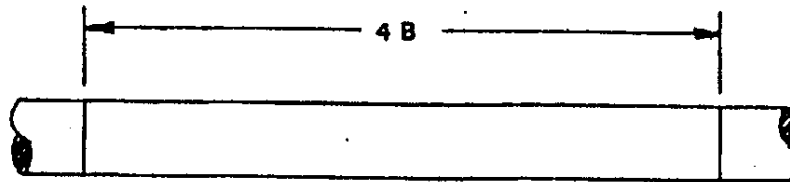


Figura 1B. Aplicación del color de seguridad, sin anillo.

4.6 La leyenda debe pintarse sobre el color básico y la misma debe ser de color blanco o negro para contraste. En tuberías de diámetros menores de 5 cm (2 pulg), donde se dificulte pintar la leyenda, esta debe colocarse sobre láminas metálicas o plásticas, colgadas o adheridas con abrazaderas.

4.7 Las letras de la leyenda deben ser de un tamaño adecuado al diámetro de la tubería de forma tal que permita facilidad de lectura.

4.8 Cuando las tuberías estén ubicadas por encima o por debajo de la línea de visión normal, las leyendas deben colocarse por encima o por debajo de la línea central horizontal de la tubería.

4.9 Teniendo en cuenta el diámetro exterior de la tubería, el ancho de la franja del color básico y el del anillo debe ser como se establece en la Tabla 1.

DIÁMETRO EXTERIOR		ANCHO COLOR BASE, A		ANCHO DEL ANILLO, B	
cm	pulg.	cm	pulg.	cm	pulg.
$0 < D \leq 5,08$	$0 < D \leq 2$	15,24	6,00	5,08	2,00
$5,08 < D \leq 10,16$	$2 < D \leq 4$	22,85	9,00	7,62	3,00
$10,16 < D \leq 15,24$	$4 < D \leq 6$	30,48	12,00	10,16	4,00
$15,24 < D \leq 25,4$	$6 < D \leq 10$	45,72	18,00	15,24	6,00
$25,4 < D \leq 50,8$	$10 < D \leq 20$	60,96	24,00	20,32	8,00
$50,8 < D \leq 76,2$	$20 < D \leq 30$	76,20	30,00	25,40	10,00
$76,2 < D \leq 114,3$	$30 < D \leq 45$	91,44	36,00	30,48	12,00

4.9.1 Para aquellos casos en los cuales se requiera identificar el fluido con más de un (1) anillo de diferentes colores, estos se colocarán uno a continuación del otro siempre en el extremo del color básico.

4.9.2 En los casos en los cuales se requiere identificar el fluido con más de un anillo del mismo color, estos deben estar separados por una franja de color básico, la cual debe tener de ancho 1/10 del ancho del anillo según lo indicado en la Tabla 1.

4.9.3 Para los casos donde la codificación no requiera el uso de anillos se toma como dimensión del color base la suma del ancho del color base mas el del anillo establecido en la Tabla 1.

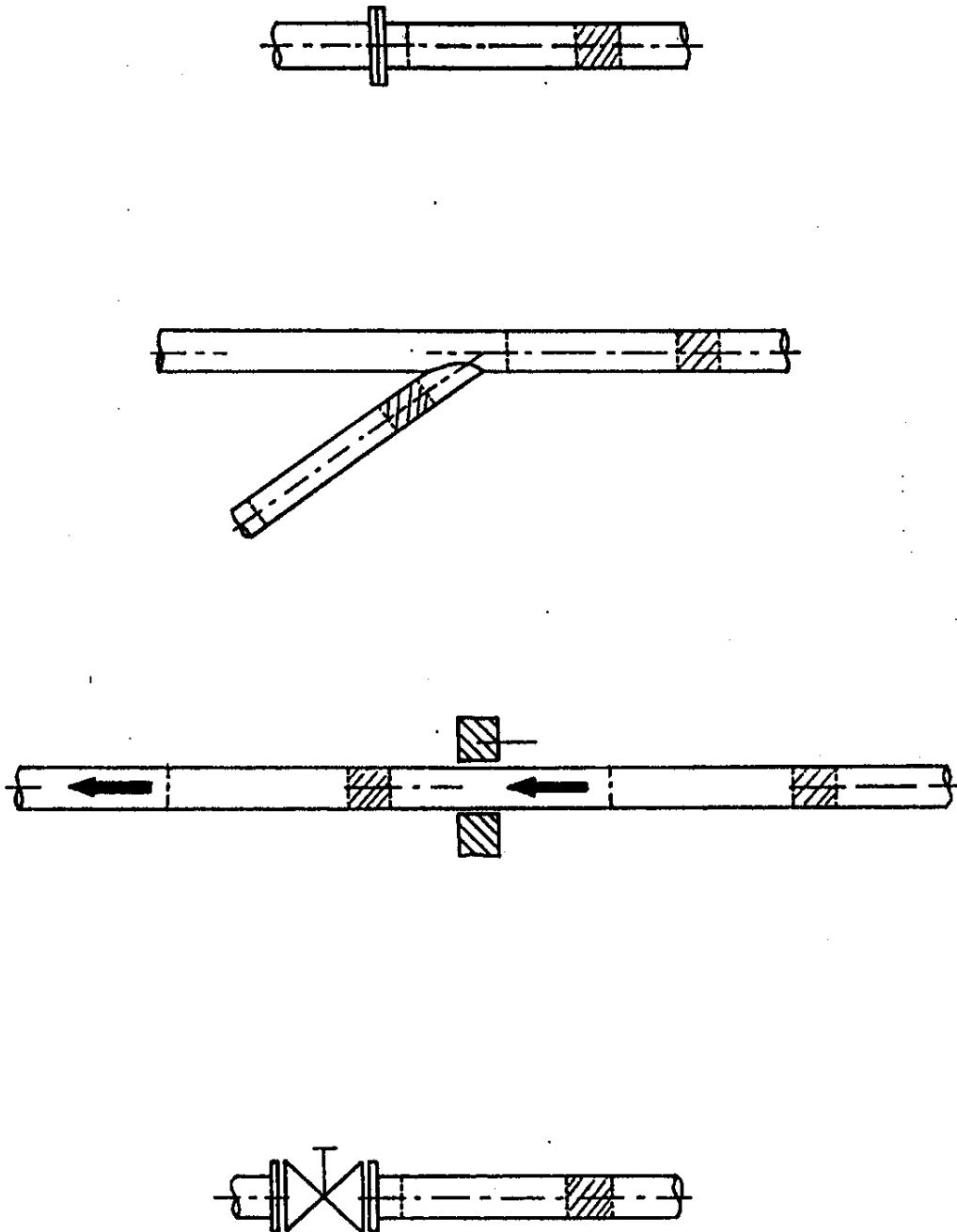


Figura 2. Ejemplos de codificación de tuberías.

4.10 El sentido del movimiento del fluido debe indicarse con flechas pintadas de blanco o negro para contraste; antes o después de la codificación.

4.10.1 El tamaño de la flecha debe ser proporcional al diámetro de la tubería, de forma tal que sea fácilmente visible.

4.11 La tubería utilizada para proteger el cableado eléctrico debe tener la codificación señalada en la Tabla 3.

4.11.1 Las dimensiones de los anillos y del color básico son aquellas establecidas en la Tabla 1.

4.11.2 Las leyendas deben pintarse de color amarillo.

NOTA 1: En la figura 2 se presentan ejemplos de codificación para tuberías.

Tabla 2. Color básico de identificación de fluidos.

FLUIDO	COLOR BÁSICO DE IDENTIFICACIÓN	MUESTRA DEL COLOR
AGUA	VERDE	
OTROS VAPORES	GRIS PLATEADO	
ACEITES VEGETALES, ANIMALES Y MINERALES LÍQUIDOS COMBUSTIBLES INFLAMABLES	MARRÓN	
GASES INERTES E INFLAMABLES	AMARILLO	
ÁCIDO	ANARANJADO	
ALCALIS	VIOLETA	
AIRE	AZUL	
RESIDUOS EN FERMENTACIÓN Y AGUAS NEGRAS	NEGRO	
PRODUCTOS FERMENTABLES	GRIS OSCURO	
VACÍO	GRIS CLARO	
AGUA PARA EL COMBATE DE INCENDIOS	ROJO	
FLUIDO ELÉCTRICO	NEGRO	

Tabla 3. Color básico de identificación de fluidos con anillos

FLUIDO	COLOR BÁSICO DE IDENTIFICACIÓN	COLOR DE ANILLOS	MUESTRA DEL COLOR DE LOS ANILLOS
AGUA POTABLE	VERDE	AZUL	
AGUA RESIDUAL	VERDE	NEGRO	
AGUA CONDENSADA	VERDE	AMARILLO	
AGUA SALADA	VERDE	ANARANJADO	
AGUA RADIATIVA	VERDE	NEGRO Y VIOLETA	
AGUA CONTRA INCENDIOS	ROJO	ROJO	
VAPOR DE AGUA	VERDE	GRIS PLATEADO	
ACEITES VEGETALES O ANIMALES	MARRÓN	DORADO	
ACEITE MINERALES OTROS LÍQUIDOS COMBUSTIBLES	MARRÓN	ROSADO	
ÁCIDO CONCENTRADO	ANARANJADO	AMARILLO	
CABEZA Y COLA DE DESTILACIÓN	NEGRO	MARRÓN	
ALCOHOL ETÍLICO EN DESTILERÍAS	MARRÓN	AZUL	
ALCOHOL DESNATURALIZADO	MARRÓN	VERDE	
PRODUCTO DESTILABLE	MARRÓN	ANARANJADO	
LÍQUIDOS INFLAMABLES	MARRÓN	AMARILLO	
GAS INERTE	AMARILLO	GRIS PLATEADO	
FLUIDO ELÉCTRICO	NEGRO	ROJO	

BIBLIOGRAFÍA

- BS 1710:1984** Identification of pipelines and services, British Standard Specification of.
- ANSI A13.1-1981** Scheme for the identification of piping systems. American National Standard.

Participaron en la revisión de esta Norma: Febres, Alessandra; Goncalves, Edgar; Higuera, Eduardo; Ortiz, Wilfredo; Rivas, José Idelfonso; San Segundo, Juan José; Santiago, Mario; Suárez, Francisco; Terán, Beatriz; Villegas, Rosenberg; Visconti, Ennio.

**ANEXO A
(Normativo)**

FLUIDOS MEDICINALES

A.1 REQUISITOS

A.1.1 El color básico de la tubería debe corresponder a aquel designado al cilindro que contiene el fluido, según la Tabla 1 de la Norma Venezolana COVENIN 1706 y la Tabla A.1 de esta norma.

TABLA A.1 Color básico para tuberías que conduzcan fluidos medicinales

FLUIDO	COLOR
OXÍGENO	VERDE
OXIDO NITROSO	AZUL
GAS ANESTÉSICO (MEZCLA OXÍGENO - ÓXIDO NITROSO)	VERDE AZUL
VACÍO MÉDICO	PÚRPURA

A.1.2 Las dimensiones de la codificación deben cumplir con lo establecido en el punto 4.1 de esta norma, en lo referente a su colocación y al ancho del color básico (Véase Tabla 1). En tramos de tubería que no presenten obstáculos intermedios (paredes, tabiques, muros, etc.), la codificación debe realizarse cada 10 mts. Para el caso del Gas Anestésico cada color ocupará la mitad de la longitud especificada.

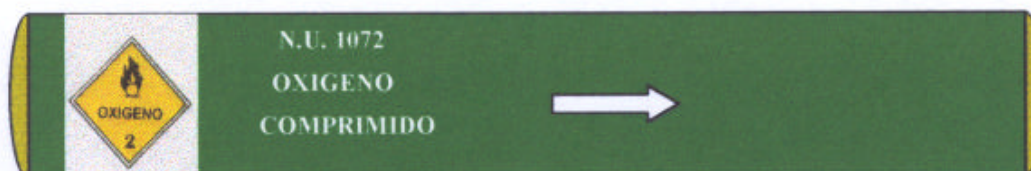
A.1.3 En aquellos tramos de tubería que atraviesen ambientes contaminados, la pintura seleccionada debe ser inerte al agente contaminante.

A.1.4 La codificación debe llevar una leyenda que incluya:

1. Un rombo que identifique el riesgo según el tipo de fluido (combustible, oxidante, corrosivo, radiactivo, etc.). Tal y como se muestra en la Tabla de Placas de Identificación de la NVC 2670. El número en la parte inferior del rombo corresponde al Sistema de Clasificación de las Naciones Unidas de la NVC 2670. (Véase figura A.1).
2. El Número de las Naciones Unidas de identificación del fluido precedido de las letras N.U., según las páginas amarillas ó azules de la NVC 2670. Por ejemplo: para el Oxígeno comprimido corresponde 1072 (Véase figura A.1).
3. El nombre completo del fluido en castellano (véase figura A.1).

A.1.5 La leyenda debe cumplir con los puntos 4.6, 4.7 y 4.8 de esta norma.

A.1.6 La identificación del sentido del movimiento del fluido debe cumplir con los puntos 4.10 y 4.10.1 de esta norma.



COVENIN
253:1999

CATEGORÍA
B

FONDONORMA

Av. Andrés Bello Edif. Torre Fondo Común Pisos 11 y 12

Telf. 575.41.11 Fax: 574.13.12

CARACAS

publicación de:



I.C.S: 23.040.01

ISBN: 980-06-2448-1

RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio.

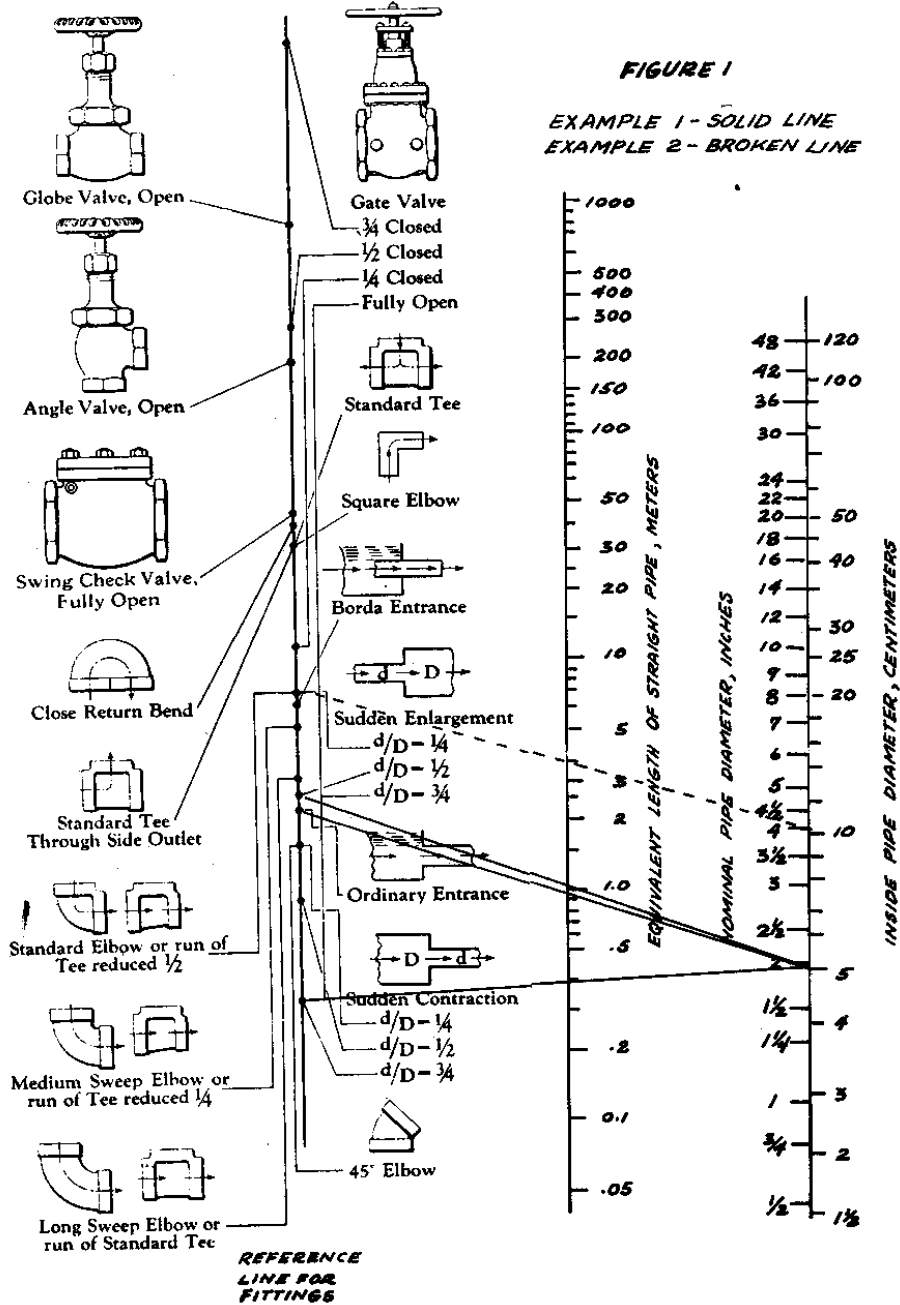
Descriptores: Regla de seguridad, código de colores, codificación, presentación de datos, tubo, fluido.



ANEXO H
NOMOGRAMA DE LONGITUD
EQUIVALENTE.



Resistance of Valves and Fittings to Flow of Fluids





ANEXO I
FORMATO PARA EL REGISTRO DE
ENSAYOS.



ASME POWER TEST CODES

Test Code for Displacement Pumps

SECTION 6, REPORT OF TEST

6.01 The following is a recommended form for the reporting of all tests performed under this code.

A—General Information

- 1 Date of Test
- 2 Location
- 3 Owner
- 4 Builder
- 5 Test conducted by
- 6 Object of test
- 7 Pump service
- 8 Size and type of driving element.....Serial number.....

B—Pump Data

- 9 Size and type of pump.....Serial number.....
- 10 General construction.....
- 11 Rated Conditions
 - (a) Fluid pumped.....
 - (b) Specific weight.....at.....F
 - (c) Kinematic viscosity.....at.....F
 - (d) Temperature of fluid at inlet.....F
 - (e) Capacity.....gpm.....cfs
 - (f) Speed.....rpm
 - (g) Inlet pressure.....psi
 - (h) Net positive inlet pressure.....psi
 - (i) Discharge pressure.....psi
 - (j) Pump power input (hp).....
 - (k) Pump efficiency.....per cent

C—Test Data

(In reporting test data, all calibrations shall have been applied)

- 12 Results (recorded in same order as Part B, Item 11)
 - (a)
 - (b)
 - (c)etc.

D—Test Performance Adjusted to Rated Speed

Point No.	13	14	15
	Adjusted Capacity	Adjusted Pressure	Adjusted Power Input
	gpm	psi	hp
1			
2			
...			
...			

E—Test Information

- 16 Method employed for measuring flow rate.....
- 17 Method employed for measuring power.....
- 18 Method employed for measuring pressure.....
- 19 Duration of period of measuring flow rate.....
- 20 Duration of period of measuring power.....
- 21 Duration of period of measuring pressure.....
- 22 Dimensions of measuring section at inlet.....
- 23 Dimensions of measuring section at discharge.....
- 24 Conditions other than those noted.....

F—Performance at Rated Pressures and Speed

- 25 Capacity.....gpm.....cfs
- 26 Pump power input (hp).....
- 27 Efficiency.....per cent



ANEXO J
CATÁLOGO DEL MOTOR.

Motores trifásicos con rotor de jaula, tipo 1LA3 de tensión conmutable 208-220/440V¹⁾ ejecución básica IP 44, B3.²⁾

Siemens Colombia

Datos Técnicos Tablas de selección

Tamaño	Clase de par	Valores de servicio a la potencia nominal						Par de arranque	Intensidad de arranque	Par máximo	Tipo	Codigo	Peso neto			
		Velocidad nominal de rotación	Intensidad nominal		Rendimiento η	Factor de potencia	Par nominal							Para conexión directa como		
			a 220V	a 440V										factor	de la intensidad nominal	del par nominal
KL		rpm	A	A	%	cos ϕ	Nm					aprox. Kg				

1800 rpm (4 polos)

220V Y Y / 440V Y para arranque directo.														
0,29	71	13	1640	1,7	0,85	59	0,77	1,69	1,9	3,4		1LA3 070-4YB60	343 214	6.1
0,45	71	13	1645	2,4	1,23	64	0,77	2,61	2,0	3,7		1LA3 073-4YB60	343 226	6.6
0,67	80	16	1685	3,1	1,55	71	0,80	3,80	2,3	4,7		1LA3 080-4YB60	343 238	9.0
0,90	80	16	1700	4,0	2,00	74	0,80	5,06	2,3	5,0		1LA3 083-4YB60	343 240	9.8
1,34	90L	16	1700	5,9	2,95	74	0,81	7,53	2,3	5,0	2,4	1LA3 095-4YB60	343 252	19.0
1,79	90L	16	1695	7,8	3,90	75	0,81	10,09	2,4	5,4	2,7	1LA3 096-4YB60	343 264	22.3
2,70	100L	16	1710	11,0	5,50	77	0,83	15,08	2,5	6,0	2,6	1LA3 106-4YB60	343 276	32.0
3,58	100L	16	1700	14,0	7,00	79	0,85	20,11	2,7	6,3	2,8	1LA3 107-4YB60	343 288	32.3
4,92	112M	16	1745	19,0	9,50	82	0,82	26,93	3,0	7,2	3,3	1LA3 113-4YB60	343 290	44.0
220V $\Delta \Delta$ / 440V Δ para arranque directo o arranque Y Δ														
6,71	132S	16	1740	24,4	12,20	84	0,86	36,83	2,3	6,3	2,8	1LA3 130-4YB70	343 303	64.0
8,95	132M	16	1750	31,8	15,90	85	0,87	48,85	2,5	6,6	2,9	1LA3 133-4YB70	343 315	76.0
13,42	160M	16	1730	47,0	23,50	87	0,86	74,10	2,0	5,7	2,5	1LA3 163-4YB70	343 327	101.4
17,90	160L	16	1720	62,2	31,10	88	0,86	77,15	2,3	6,0	2,6	1LA3 166-4YB70	343 339	112.0

1200 rpm (6 polos)

220V Y Y / 440V Y para arranque directo.														
0,29	71	16	1090	1,9	0,95	58	0,60	2,54	2,2	3,0		1LA3 073-6YB60	343 517	5.9
0,45	80	16	1110	2,5	1,25	65	0,73	3,87	2,2	3,6		1LA3 080-6YB60	343 529	10.8
0,90	90L	16	1138	5,2	2,60	70	0,75	7,67	2,0	3,6	2,3	1LA3 095-6YB60	343 543	19.0
1,34	90L	16	1122	6,6	3,30	71	0,73	11,43	2,1	3,8	2,3	1LA3 096-6YB60	343 555	22.3
1,79	100L	16	1125	8,5	4,25	75	0,74	15,20	2,1	4,0	2,3	1LA3 106-6YB60	343 567	33.5
2,70	112M	16	1140	12,2	6,10	77	0,75	22,62	2,2	5,0	2,7	1LA3 113-6YB60	343 579	40.0
220V $\Delta \Delta$ / 440V Δ para arranque directo o arranque Y Δ														
3,58	122S	16	1155	16,4	8,2	76	0,75	29,61	2,1	5,1	2,6	1LA3 130-6YB70	343 581	56.0
4,92	132S	16	1150	21,2	10,6	77	0,79	40,87	2,3	5,4	2,8	1LA3 131-6YB70	343 593	64.6
6,71	132M	16	1160	28,6	14,3	78	0,79	55,25	2,4	5,4	2,8	1LA3 134-6YB70	343 606	74.4
8,95	160M	16	1165	38,0	19,0	83	0,75	73,38	2,0	5,3	2,6	1LA3 163-6YB70	343 618	99.4
13,42	160L	16	1155	52,0	26,0	87	0,78	110,99	2,2	5,8	2,8	1LA3 166-6YB70	343 620	128.0

Para servicio sobre red de 208V se reduce la potencia en un 10%
también suministramos los motores en otras formas constructivas como B5, B35, B14 o similares.

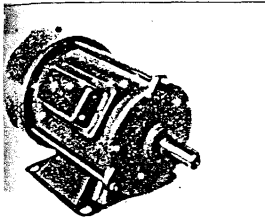
Motores trifásicos con rotor de jaula, tipo 1LA3 tensión conmutable 208-220/440 V¹⁾

para arranque directo sobre redes 220¹⁾ V ó 440 V en todos los tipos,
o arranque Y Δ sobre las mismas redes a partir del tamaño 132 S

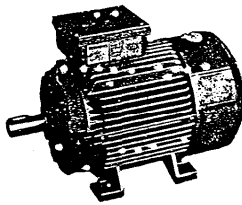
Frecuencia
construcción
refr. e ración
temperatura ambiente admisible
a potencia nominal
aislamiento
clase de protección
norma

60Hz
B3²⁾
de superficie
40°C
Clase B
IP 44
ICONTEC, IEC, VDE

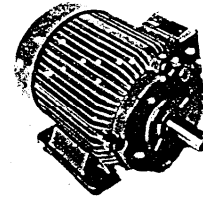
Siemens Colombia



Tamaños constructivos 71 a 80



Tamaños constructivos 90



Tamaños constructivos 100 a 160 L

Técnicos / Tabla de selección

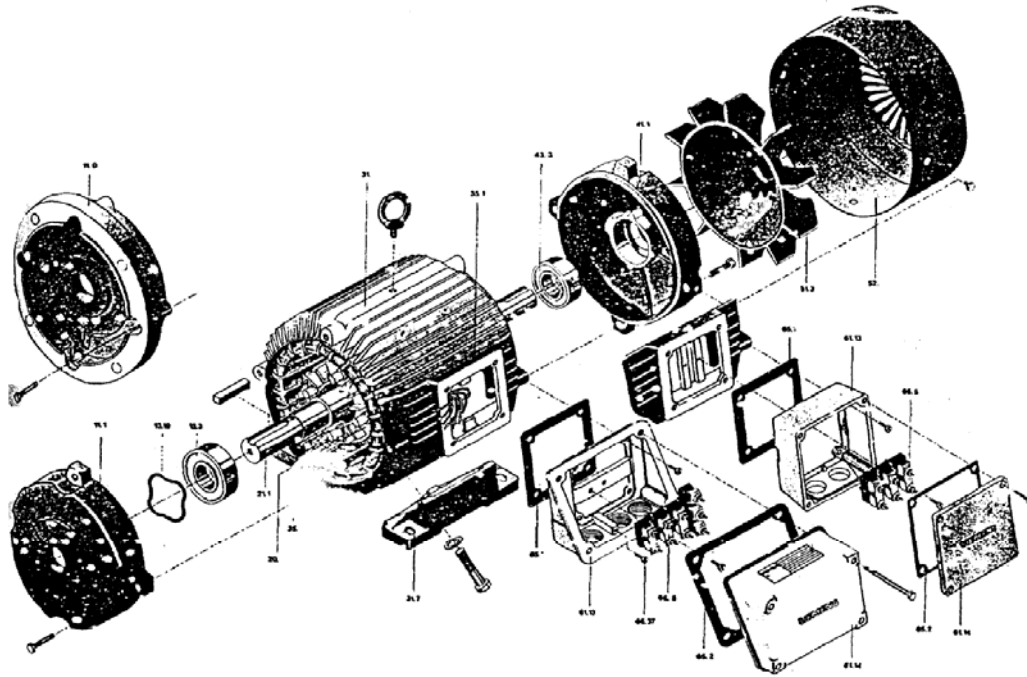
Tamaño	Clase de Par	Valores de servicio a la potencia nominal					Par de arranque	Intensidad de arranque	Par máximo	Tipo	Código	Peso neto	
		Velocidad nominal de rotación	Intensidad nominal a 220V	Intensidad nominal a 440V	Rendimiento η	Factor de potencia cos φ							Par nominal
	KL	rpm	A	A	%	cos φ	Nm	A	Nm			aprox. Kg	
1150 rpm (2 polos)													
220 V Y Y / 440 V Y para arranque directo													
0,67	71	16	3320	3,1	1,55	71	0,80	1,23	2,3	4,9	1LA3 073-2YB60	343 000	6,4
0,90	80	16	3400	4,2	2,10	73	0,77	2,53	2,4	6,0	1LA3 080-2YB60	343 012	9,0
1,34	80	16	3450	5,6	2,80	76	0,84	3,71	2,4	6,1	1LA3 083-2YB60	343 024	11,0
1,79	90L	16	3375	7,0	3,50	77	0,87	5,27	2,4	5,5	1LA3 095-2YB60	343 036	20,2
2,70	90L	16	3410	10,5	5,25	80	0,84	7,56	2,7	6,0	1LA3 096-2YB60	343 048	23,0
3,58	100L	16	3470	13,0	6,50	82	0,88	11,55	2,9	7,2	1LA3 106-2YB60	343 050	34,2
5,52	112M	16	3480	17,5	8,75	84	0,88	17,50	2,6	6,8	1LA3 113-2YB60	343 062	42,9

220V Δ Δ / 440 V Δ para arranque directo o arranque Y Δ

6,71	132S	16	3520	24	12,0	84	0,87	14,21	2,1	5,8	1LA3 130-2YE70	343 074	60,2
8,95	132S	16	3525	32	16,0	86	0,86	24,25	2,7	6,8	1LA3 131-2YB70	343 086	66,4
13,42	150M	16	3525	46	23,0	88	0,88	36,36	2,0	5,9	1LA3 163-2YB70	343 098	97,0
17,90	160M	16	3530	61	30,5	87	0,87	43,44	2,2	6,6	1LA3 164-2YB70	343 101	110,0
20,90	160L	16	3540	75	37,5	86	0,86	54,29	2,0	7,5	1LA3 166-2YB70	343 113	138,0

Para servicio sobre red de 208V se reduce la potencia en un 10%
también suministramos los motores en otras formas constructivas como B5, B35, B14 o similares.

generalidades



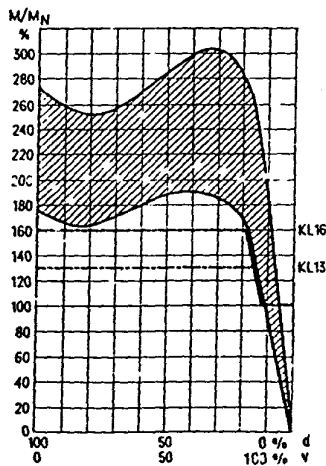
- | | | | | | |
|-------|------------------------------|------|--------------------------------|-------|------------------------------|
| 61.1 | Platillo de cojinetes AS/35. | 31.7 | Pata. | 61.13 | Pieza intermedia. |
| 43.3 | Platillo de cojinetes AS/B3. | 35. | Estator bobinado. | 61.14 | Tapa caja bornes. |
| 61.19 | Bajineras AS. | 35.1 | Número de fabricación grabado. | 65.1 | Empaque interno. |
| 61.1 | Arandela de presión. | 41.1 | Platillo de cojinetes BS. | 65.2 | Empaque tapa. |
| | Rotor completo. | 43.3 | Balineras BS. | 66.5 | Regleta de bornes. |
| | Eje. | 51.3 | Ventilador. | 66.37 | Tornillo de puesta a tierra. |
| | Carcasa. | 52. | Caperuza. | | |

Para servicio sobre red de 208V se reduce la potencia en un 10%
también suministramos los motores en otras formas constructivas como B5, B35, B14 o similares.

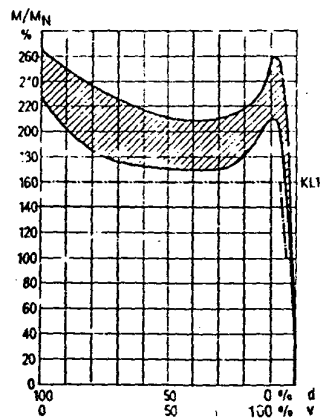
generalidades

Características del rotor en caso de conectar directamente motores 1LA3, 1LA4 y 1LA6. Par de giro en % de los valores nominales, velocidad de giro en % de la velocidad de giro sincrónica. Los valores de servicio de tensión o de la frecuencia discrepan de los correspondientes valores nominales, el par de arranque y los valores mínimo y máximo varían, en forma aproximada, proporcionalmente al cuadrado de las tensiones y en proporción inversa al cuadrado de las frecuencias.

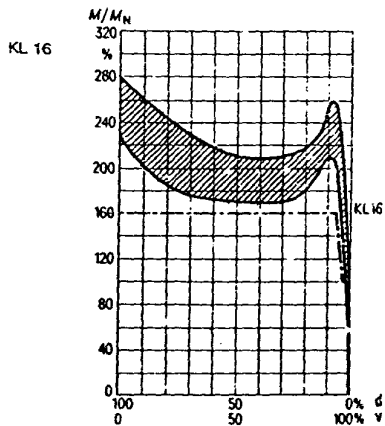
El par de arranque e indica en las tablas de selecc.in, como múltiplo del par nominal. La posición del par máximo se tomará del diagrama si así conviniese. Las tolerancias son $\pm 20\%$ para el par de arranque y $\pm 10\%$ para el par máximo.



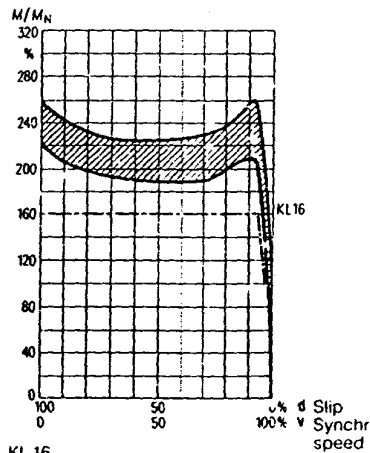
Tamaños constructivos 71 hasta 160L: 4 y 6 polos



Tamaños constructivos 180M hasta 200L: 4 y 6 polos



225S y 225M: 4 y 6 polos



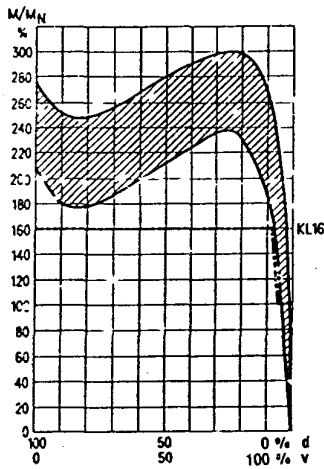
Tamaños constructivos 250M hasta 315L: 4 y 6 polos

Para servicio sobre red de 208V se reduce la potencia en un 10%
también suministramos los motores en otras formas constructivas como B5, B35, B14 o similares.

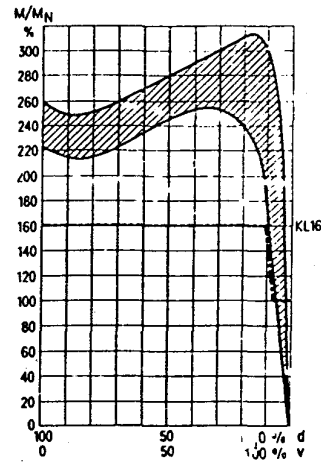
generalidades

Valores de servicio de tensión o de la frecuencia discrepan de sus correspondientes valores nominales, el par de arranque y los pares mínimo y máximo varían, en forma aproximada, proporcionalmente al cuadrado de las tensiones y en proporción inversa al cuadrado de las frecuencias.

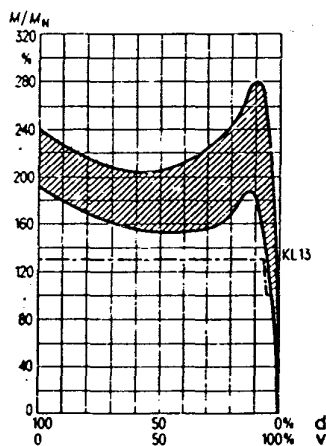
El par de arranqué se indica en las tablas de selección, como múltiplo del par nominal. La posición del par máximo se tomará del diagrama si así conviniese. Las tolerancias son $\pm 20\%$ para el par de arranque y $\pm 10\%$ para el par máximo.



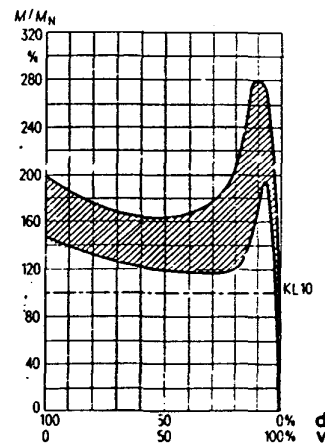
71 hasta 160L: 2 polos



Tamaños constructivos 180M y 200L: 2 polos



225M y 250M: 2 polos



Tamaños constructivos 280S y 280M: 2 polos

Para servicio sobre red de 208V se reduce la potencia en un 10%
también suministramos los motores en otras formas constructivas como B5, B35, B14 o similares.

Squirrel-Cage Motors
 Technical Information
 Efficiency and power factor,
 rated torque

Efficiency and power factor
 The efficiency η and power factor $\cos \phi$ values for each rated output are listed in the selection tables in individual sections of this Catalog.
 For eff1 and eff2 motors, also the load efficiency is indicated in the selection tables.
 The part-load values stated in the table opposite are averages; precise values can be provided on request.

Rated torque
 The rated torque in Nm delivered at the motor shaft is
 $M = 9.55 \cdot P \cdot \frac{1000}{n}$
 P: Rated output in kW
 n: Speed in rpm

If the voltage deviates from its nominal value within the allowed limits, the locked-rotor torque, the pull-up torque and the breakdown torque vary with the approximate square of the value, while the locked-rotor current varies approximately linearly.

In the case of squirrel-cage motors, the locked-rotor torque and the breakdown torque are stated in the selection tables as multiples of the rated torque.

The normal practice is to start squirrel-cage motors directly on-line. The torque class indicates that with direct-on-line starting – even if there is –5% undervoltage – it is possible to start up the motor against a load torque of 100% for CL 16 70% for CL 7 30% for CL 13 50% for CL 5 100% for CL 10

The diagrams show only typical characteristics.

Please ask for advice if the torque characteristic of the driven machine is very close to the scatter band of the motor torque characteristic.

For type 1MA and 1ME motors

In the case of the standard design T1/T2 and T3 and different rated outputs, the torque class specified for the higher output applies.

4/4					4/4				
93	96	97	97	96.5	0.70	0.86	0.90	0.92	0.92
92	95	96	96	95.5	0.65	0.85	0.89	0.91	0.91
90	93.5	95	95	94.5	0.63	0.83	0.88	0.90	0.90
89	92.5	94	94	93.5	0.61	0.80	0.86	0.89	0.89
88	91.5	93	93	92.5	0.57	0.78	0.85	0.88	0.88
87	91	92	92	91.5	0.53	0.76	0.84	0.87	0.87
86	90	91	91	90	0.51	0.75	0.83	0.86	0.86
85	89	90	90	89	0.49	0.73	0.81	0.85	0.86
84	88	89	89	88	0.47	0.71	0.80	0.84	0.85
80	87	88	88	87	0.45	0.69	0.79	0.83	0.84
79	86	87	87	86	0.43	0.67	0.77	0.82	0.83
78	85	86	86	85	0.41	0.66	0.76	0.81	0.82
76	84	85	85	83.5	0.40	0.65	0.75	0.80	0.81
74	83	84	84	82.5	0.38	0.63	0.74	0.79	0.80
72	82	83	83	81.5	0.36	0.61	0.72	0.78	0.80
70	81	82	82	80.5	0.34	0.59	0.71	0.77	0.79
68	80	81	81	79.5	0.32	0.58	0.70	0.76	0.78
66	79	80	80	78.5	0.30	0.56	0.69	0.75	0.78
64	77	79.5	79	77.5	0.29	0.55	0.68	0.74	0.77
62	75.5	78.5	78	76.5	0.28	0.54	0.67	0.73	0.77
60	74	77.5	77	75	0.27	0.52	0.63	0.72	0.76
58	73	76	76	74	0.26	0.50	0.62	0.71	0.76
56	72	75	75	73					
55	71	74	74	72					
54	70	73	73	71					
53	68	72	72	70					
52	67	71	71	69					
51	66	70	70	68					
50	65	69	69	67					
49	64	67.5	68	66					
48	62	66.5	67	65					
47	61	65	66	64					
46	60	64	65	63					
45	59	63	64	62					
44	57	62	63	61					
43	56	60.5	62	60.5					
42	55	59.5	61	59.5					
41	54	58.5	60	58.5					



ANEXO K

TABLA COMPARATIVA DE VISCOSIDADES.



Tabla Comparativa de Viscosidades

