



**Diseño, cálculo, selección de componentes,
elaboración de planos de fabricación y manual de
banco de pruebas para bombas y motores
oleohidráulicos para la empresa
HYDRAULICTECH SAS, con capacidad de 55
kW y adquisición de señales de las variables de
presión, caudal, torque y velocidad rotacional.**

**Daniel Enrique Barón González
Tulio Andrés Coy Flórez**

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Bogotá, Colombia

2020

**Diseño, cálculo, selección de componentes,
elaboración de planos de fabricación y manual de
banco de pruebas para bombas y motores
oleohidráulicos para la empresa
HYDRAULICTECH SAS, con capacidad de 55
kW y adquisición de señales de las variables de
presión, caudal, torque y velocidad rotacional.**

**Daniel Enrique Barón González
Tulio Andrés Coy Flórez**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Electromecánico

Ingeniero en Automatización Industrial

Director (a):

Dr.-Ing. John Fredy Ríos Rojas

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Bogotá D.C., Colombia

2020

Entre renglones y párrafos, del error a la corrección, plasmamos esto que un día tan solo fue un sueño, que logramos convertir en un objetivo alcanzado.

Después de cruzar por un camino lleno de neblina, de tener un sendero oscuro y poco claro en el cual se manifestaron emotivas ganas de renunciar en varias ocasiones, pero encontramos manos amigas, consejeros y compañeros de ruta quienes impulsaron a llegar a esta primera etapa de una cumbre sin fin.

Agradecimientos

De ante mano, le damos gracias a Dios por brindarnos la fuerza, la persistencia, el don de la sabiduría y el entendimiento para llegar a obtener nuestro título de Ingeniero.

A nuestro tutor Dr. Ing. John Fredy Ríos Rojas por compartir su tiempo, conocimiento y disposición constante y encaminarnos a lograr un excelente desempeño.

A mis padres, hermana, tía y abuelos por tenderme la mano en cada tropiezo que encontré y que con su amor, proyección y esfuerzo, han logrado enseñarme a no desfallecer y a obtener, por mérito propio, todo lo que me propongo y por siempre hacerme creer que sí puedo llegar a la meta. Gracias por permitirme sentir y disfrutar de esta experiencia tan satisfactoria.

A mi madre, esposa e hijos por el apoyo incondicional y la paciencia de ocasiones de ausencia, por estar presentes en cada paso de este camino y por ser mi soporte de principio a fin.

A los docentes, ingenieros, compañeros y personal de la Universidad, de quienes, a cada instante, pude adquirir conocimiento y aprender de sus experiencias vividas.

Resumen

Este trabajo presenta el proyecto de grado para optar por los títulos de Ingeniero Electromecánico e Ingeniero en Automatización Industrial. Consiste en el diseño, cálculo, y selección de componentes hidráulicos, mecánicos, eléctricos y electrónicos para la fabricación e implementación de un banco de pruebas para bombas y motores oleohidráulicos para la empresa HYDRAULICTECH¹ SAS, con capacidad de 55 kW y adquisición de señales de las variables de presión, caudal, torque y rpm. Este banco será utilizado para diagnosticar el desempeño de bombas y motores oleohidráulicos antes y después de ser reparados. El requerimiento de este equipo surge de la necesidad de los clientes de la empresa HYDRAULICTECH SAS, los cuales solicitan un informe del estado de los equipos antes y después de reparar, y con diagnósticos acertados, mediante pruebas que simulen el desempeño en las condiciones de trabajo a las cuales serán expuestos estos componentes en las máquinas, y basados en los criterios de operación aceptables según el fabricante de los equipos.

La empresa HYDRAULICTECH SAS, con base en su nicho de mercado y el tipo de componentes que repara y ensambla, ha determinado que se requiere un banco con el cual se puedan probar bombas con presión máxima de 350 bar, caudal hasta 152 L/min; y motores hidráulicos con torque hasta de 450 Nm. La empresa requiere que estas variables sean adquiridas, se visualicen y almacenen durante cada prueba en el equipo PARKER Service Master Plus Kit, de propiedad de la empresa, para su posterior análisis y elaboración de un informe de resultados para el cliente.

La empresa ha destinado para la elaboración del banco de pruebas un motor eléctrico de 55 kW, una bomba hidráulica de circuito cerrado y un motor hidráulico, ambos con 118.7 cm³ de desplazamiento.

Palabras Clave: banco de pruebas, oleohidráulica, motores hidráulicos, bombas hidráulicas, presión, caudal, torque, potencia, eficiencia.

¹ Ver carta de notificación de apoyo en trabajo de grado, dirigida a la Universidad Antonio Nariño en el Anexo F.

Abstract

This paper is a proposal as final undergraduate project for the degree of Electromechanical Engineer and Industrial Automation Engineer, The target is design, calculation, and selection of hydraulic, mechanical, electrical and electronic components for manufacture and implementation of a hydraulic pumps and motors test bench, propriety of HYDRAULICTECH SAS, with power of 55 kW and pressure, flow, torque and rpm acquisition signals system. The hydraulic test bench will be used to diagnose the performance of hydraulic pumps and motors before and after repair process. The need of this equipment, is due to HYDRAULICTECH SAS customers requests. They have required status reports before and after parts repairs, demanding accurate diagnoses, through working conditions simulation tests. These conditions must be similar to the operation in the machines. The tests must be based on original equipment manufacturer criteria working.

HYDRAULICTECH SAS has analyzed its focus market, the replaced and repaired parts reports. It has determined that the test bench capabilities to pressure and flow must be 300 bar, 152 L/min for hydraulic pumps, torque up to 450 Nm for hydraulic motors. The company requires that these variables data be acquired, displayed and stored during each test in the PARKER Service Master Plus Kit, for subsequent analysis and report preparation for the customer.

The Company has destined for manufacturing of the test bench a 55 kW electric motor, a closed loop hydraulic pump with 118,7 cm³/revolution, and a hydraulic motor with 118,7 cm³/ revolution.

Keywords: test bench, hydraulics, hydraulic motors, hydraulic pumps, pressure, flow, torque, power, efficiency.

Contenido

Resumen	VIII
Abstract	IX
Contenido	X
Lista de símbolos.....	XIV
Listado de figuras.....	XVII
Listado de tablas.....	XX
Glosario.....	XXI
1. Introducción	23
1.1 Planteamiento del problema	25
1.2 Justificación.....	26
1.3 Objetivos.....	27
1.3.1 Objetivo general	27
1.3.2 Objetivos específicos.....	28
1.4 Metodología	29
1.5 Delimitaciones.....	29
1.6 Alcance.....	30
2. Marco teórico	31
2.1 Introducción	31
2.1.1 Máquina eléctrica	31
2.1.2 Motor eléctrico	31
2.2 Tipos de motores eléctricos.....	32
2.2.1 Motor de corriente continua o directa	32
2.2.2 Tipos de motores de corriente directa.....	32
2.2.3 Motor de corriente alterna	32
2.2.3.1 Motor síncrono	33
2.2.3.2 Motor monofásico síncrono.....	34
2.2.3.3 Motor asíncrono	34
2.2.3.4 Motor monofásico asíncrono.....	35
2.2.3.5 Motor trifásico asíncrono	35
2.2.4 Construcción del motor trifásico de inducción.....	35
2.2.4.1 Deslizamiento del rotor	36
2.3 Potencia	37
2.3.1 Potencia activa.....	37

2.3.2 Potencia aparente.....	37
2.3.3 Potencia reactiva.....	38
2.3.4 Pérdidas	38
2.3.5 Eficiencia.....	38
2.4 Bomba.....	39
2.4.1 Tipos de bombas.....	39
2.4.4 Desplazamiento.....	40
2.4.5 Eficiencia volumétrica.....	40
2.4.6 Caudal.....	41
2.4.7 Eficiencia mecánica-hidráulica.....	41
2.4.8 Torque absorbido.....	41
2.4.9 Eficiencia total.....	42
2.4.10 Potencia absorbida.....	42
2.5 Bombas de desplazamiento fijo y variable.....	42
2.5.1 Bomba de desplazamiento fijo.....	42
2.5.2 Bomba de desplazamiento variable.....	43
2.6 Bombas de engranajes.....	43
2.6.1 Bomba de engranajes externos.....	43
2.6.2 Bomba de engranajes internos.....	43
2.7 Bomba de gerotor.....	44
2.8 Bomba de paletas.....	44
2.9 Bomba de pistones radiales.....	44
2.10 Bombas de pistones axiales.....	44
2.10.1 Bomba de pistones axiales de eje acodado.....	45
2.10.2 Bomba de pistones axiales con plato basculante.....	45
2.11 Curva característica de una bomba.....	45
2.12 Motor hidráulico.....	46
2.12.1 Tipos de motores hidráulicos.....	46
2.13. Curva característica de un motor.....	48
3. Proceso de diagnóstico y reparaciones de bombas y motores hidráulicos.....	49
3.1 Análisis de componentes ensamblados y reparados.....	49
3.2 Informe de reparación de componentes.....	51
4. Componentes destinados para el banco de pruebas.....	52
4.1 Motor eléctrico.....	52
4.1.1 Características técnicas.....	53
4.2 Bomba hidráulica.....	53
4.2.1 Características técnicas.....	54
4.3 Motor hidráulico.....	55
4.3.1 Características técnicas.....	55
5. Diseño de circuito hidráulico.....	56
5.1 Introducción.....	56
5.2 Norma ISO/DIS 4409.3.....	56
5.2.1 Circuito de pruebas para bombas.....	57

5.2.2 Circuito de pruebas para motores.....	57
5.3 Propuesta de diseño del circuito hidráulico básico.....	58
5.3.1 Configuración de la bomba principal y motor.....	59
5.3.2 Circuitos básicos de prueba de bomba y motor.....	59
5.4 Elementos para medición de las variables.....	61
5.5 Otros elementos hidráulicos.....	63
6. Cálculo y selección de componentes hidráulicos.....	67
6.1 Alcance.....	67
6.2 Motor eléctrico. Posición 1.....	67
6.2.1 Potencia máxima suministrada por el motor eléctrico.....	67
6.3 Bomba principal. Posición 2.....	68
6.3.1 Caudal máximo de la bomba principal.....	68
6.3.2 Potencia absorbida por la bomba principal.....	68
6.3.3 Caudal y presión reales entregados por la bomba.....	70
6.3.4 Potencia entregada por la bomba principal.....	72
6.4 Motor hidráulico. Posición 3.....	72
6.4.1 Velocidad máxima del motor hidráulico.....	72
6.4.2 Torque máximo del motor hidráulico.....	74
6.4.3 Potencia máxima del motor hidráulico.....	75
6.4.4 Caudal y presión máximo de las bombas de prueba.....	75
6.5 Bomba auxiliar. Posición 4.....	76
6.5.1 Caudal máximo de la bomba auxiliar.....	78
6.5.2 Potencia máxima absorbida por la bomba auxiliar.....	79
6.6 Válvula direccional control caudal de bomba. Posición 5.....	79
6.7 Cilindro hidráulico control de caudal de bomba. Posición 6.....	80
6.7.1 Forma constructiva y montaje.....	81
6.8 Válvula control de flujo. Posición 7.....	82
6.9 Bloque de válvulas de motor de prueba. Posición 8.....	83
6.10 Válvula de alivio. Posición 9.....	84
6.11 Puntos de prueba o “test point”. Posición 10.....	85
6.12 Depósito de aceite. Posición 11.....	86
6.13 Válvula de paso para bomba de carga. Posición 12.....	86
6.14 Válvula de paso para bomba auxiliar. Posición 13.....	87
6.15 Filtros de succión tipo “strainers”. Posición 14.....	88
6.16 Visor nivel y temperatura y tapa llenado. Posición 15 y 16.....	88
6.17 Filtro de retorno. Posición 17.....	88
6.18 Acoples rápidos. Posición 18.....	90
6.19 Manómetros. Posición 19.....	92
6.20 Caudalímetro. Posición 20.....	92
6.21 Sensor de flujo. Posición 21.....	93
6.22 Sensor de presión. Posición 22.....	94
6.23 Sensor de torque y velocidad rotacional. Posición 23.....	94
6.23.1 Sensor de velocidad rotacional.....	94

6.23.2 Sensor de torque	95
7. Diseño del Sistema Eléctrico	97
7.1 Alcance	97
7.2 Potencia requerida para el banco	97
7.3 Corriente máxima consumida por el motor	97
7.4 Corriente consumida en el arranque por el motor.....	98
7.5 Circuito de potencia del motor	98
7.6 Selección de componentes.....	99
7.6.1 Interruptor tripolar automático. Posición 1.....	99
7.6.2 Contactor tripolar. Posiciones 2, 3 y 4.....	100
7.6.3 Relé de sobrecarga. Posición 5	101
7.6.4 Temporizador para cambio de conexión de Y a Δ . Posición 6.....	101
7.6.5 Lámparas de encendido general y encendido de motor. Posición 7	102
7.6.6 Interruptor termomagnético 1 polo. Posición 8	102
7.6.7 Corriente máxima en el circuito de mando	102
7.6.8 Paro de emergencia, selector de muletilla y pulsadores. Posiciones 9, 10 11 y 12	103
8. Conclusiones y recomendaciones	104
8.1 Conclusiones.....	104
8.2 Recomendaciones	105
9. Bibliografía.....	106
Anexo A. Marco Teórico.....	108
Anexo B. Análisis de componentes ensamblados y reparados.....	114
Anexo C. Planos, diseños de estructuras y componentes mecánicos.....	119
C. Alcance	119
C.1 Distribución de los componentes	119
C.2 Estructura de soporte de motor eléctrico.....	120
C.3 Para viga 1.....	125
C.4 Para viga de soporte pedestal	128
C.5 Pedestal bomba	129
C.6 Buje para eje de bombas	130
C.7 Cuña para buje de acople	130
C.8 Soporte de tanque.....	131
C.9 Piezas representadas en 3D mediante programa Solidworks 2018.....	132
Anexo D. Manual de operaciones del Banco de Pruebas.....	154
Anexo E. Simulaciones del sistema hidráulico del Banco de Pruebas.....	255
E.1 Prueba de bombas y motores.....	255
Anexo F. Cartas de apoyo de trabajo de grado y aceptación de diseños.....	258

Lista de símbolos

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
f_e	Frecuencia de la línea	Hz	Sección 2.2.3.1
F_r	Fuerza resultante	N	Sección 6.7
F_x	Componente en eje x de la fuerza resultante	N	Sección 6.7 Sección C.2
F_y	Componente en eje y de la fuerza resultante	N	Sección C.2
I_Δ	Corriente en arranque del motor eléctrico	A	Ecuación (6-28)
I_Y	Corriente nominal del motor eléctrico	A	Sección 7.4
M_t	Par teórico absorbido por la bomba	Nm	Sección 2.4.8
n_{des}	Velocidad de deslizamiento del motor eléctrico	min^{-1}	Sección 2.2.4.1
n_m	Velocidad de rotación del motor eléctrico	min^{-1}	Ecuación (2 - 1)
n_{nm}	Velocidad mecánica del eje del motor eléctrico	min^{-1}	Sección 2.2.4.1
n_{sinc}	Velocidad de los campos magnéticos.	min^{-1}	Sección 2.2.4.1
P_{ent}	Potencia absorbida por el motor eléctrico	W	Ecuación (2 - 6)
P_{sal}	Potencia mecánica entregada por el motor eléctrico	W	Sección 2.3
Q_1	Caudal de salida de la bomba principal	L/min	Sección 6.3.2
Q_2	Caudal de salida de la bomba de carga	L/min	Sección 6.3.2
Q_t	Caudal teórico entregado por la bomba	L/min	Sección 2.4.5
V_g	Desplazamiento de bomba o motor	cm^3	Sección 2.4.4
W_b	Potencia absorbida por la bomba	kW	Ecuación (6-17)
W_m	Potencia nominal del motor eléctrico	kW	Sección 6.2.1

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
W_{mh}	Potencia mecánica entregada por el motor hidráulico	kW	Ecuación (6 - 1)
W_{p1}	Potencia absorbida por la bomba principal	kW	Ecuación (6-18)
W_{p2}	Potencia absorbida por la bomba de carga	kW	Ecuación (6-18)
W_t	Potencia absorbida por la bomba	kW	Sección 2.4.9
W_t	Carga tangencial transmitida	N	Sección C.2
ΔP_1	Incremento de presión entre succión y descarga de la bomba principal	bar = 10^5 Pa	Ecuación (6-19)
ΔP_2	Incremento de presión entre succión y descarga de la bomba de carga	bar = 10^5 Pa	Ecuación (6-19)
η_{mh}	Eficiencia mecánica-hidráulica de bomba o motor	1	Ecuación (2 - 12)
η_{mh}	Eficiencia mecánica-hidráulica del motor	1	Ecuación (2-13)
η_t	Eficiencia total de bomba o motor	1	Ecuación (2 - 14)
η_{vol}	Eficiencia volumétrica de bomba	1	Ecuación (2 - 10)
η_{vol}	Eficiencia volumétrica	1	Ecuación (2-10)
ΔY	Devanados del motor a un circuito de arranque	Sin dimensiones	Sección 7.4
A, B, C, D, E	Vector de fuerza	kN	Sección C.2
AC3	Capacidad de carga inductiva	A	Sección 7.6.2
D	Diámetro del pistón del cilindro	m	Ecuación (6-27)
F	Fuerza del cilindro	N	Sección 6.7
G	Módulo de rigidez	Sin dimensiones	Sección C.2
I	Intensidad de línea	A	Sección 2.3
J	Segundo momento polar de área	m^4	Sección C.2
Ko	Factor de sobrecarga	Sin dimensiones	Sección C.2
Ks	Factor de tamaño	Sin dimensiones	Sección C.2
Kv	Factor dinámico	Sin dimensiones	Sección C.2
L	Longitud	m	Sección C.2

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
M	Torque entregado por el motor hidráulico o absorbido por la bomba	Nm	Ecuación (2-13)
M	Momento	Nm	Sección C.2
n	Velocidad rotacional de bomba o motor	min ⁻¹	Sección 2.4.6
P	Número de polos en motor eléctrico	1	Sección 2.2.3.1
P	Presión de entrada en el cilindro	bar = 10 ⁵ N/m ²	Sección 6.7
Q	Caudal real entregado por la bomba	L/min	Ecuación (2 - 2)
S	Potencia aparente	VA	Ecuación (2 - 7)
Sf	Factor de seguridad	Sin dimensiones	Sección C.2
T	Torsión o momento en un eje longitudinal	Nm	Sección C.2
V	Tensión entre fases	V	Sección 2.3
W	Potencia real entregada por la bomba	kW	Sección 2.4.9
x	Variable de longitud	m	Sección C.2
A	Área del pistón del cilindro	m ²	Sección 6.7
ΔP	Diferencia entre la presión en la descarga y presión en la succión de la bomba	bar = 10 ⁵ Pa	Sección 2.4.8
η	Eficiencia de motor eléctrico o de bomba	1	Ecuación (2 - 9)
θ	Angulo de desfase entre la tensión y la corriente de fase	rad	Sección 2.3
σ	Esfuerzo normal	N/m ²	Sección C.2
τ	Esfuerzo cortante	N/m ²	Sección C.2
Q	Potencia reactiva	VAR	Sección 2.3.3

Listado de figuras

Figura 3 - 1. Proceso de ensamble de bombas y motores hidráulicos en HYDRAULICTECH.	50
Figura 3 - 2. Proceso de reparación de componentes en HYDRAULICTECH.	51
Figura 4 - 3. Motor eléctrico Siemens 1LE0141-2BA864AA4, propiedad de HYDRAULICTECH.	52
Figura 4 - 4. Bomba hidráulica Metaris PV-24-MH-R-A-A-C-13-B1-000, propiedad de HYDRAULICTECH.....	53
Figura 4 - 5. Motor hidráulico Metaris MF-24-A-B-A-11-35-35- 00.	55
Figura 5 - 6. Circuito de prueba de bomba.....	57
Figura 5 - 7. Circuito de prueba de motor.....	58
Figura 5 - 8. Propuesta de circuito básico para prueba de bombas.	59
Figura 5 - 9. Propuesta de circuito básico para prueba de motores.....	60
Figura 5 - 10. Circuito con elementos conectados para prueba de bomba.....	61
Figura 5 - 11. Punto de prueba o “test point”, sensor de presión y manguera de conexión.....	61
Figura 5 - 12. Sensor de flujo.....	62
Figura 5 - 13. Sensor de velocidad rotacional.	62
Figura 5 - 14. Sensor de torque.....	62
Figura 5 - 15. Líneas de aspiración con filtros de succión de malla y válvulas de paso.	63
Figura 5 - 16. Filtro de retorno.....	63
Figura 5 - 17. Visor de nivel y tapa de llenado.	64
Figura 5 - 18. Acople rápido hidráulico.....	64
Figura 5 - 19. Circuito del sistema hidráulico.....	65
Figura 6 - 20. Curvas de desempeño bomba Metaris serie PV24.	71
Figura 6 - 21. Curvas de desempeño motor Metaris serie MF24.....	73
Figura 6 - 22. Ordenamiento de código bomba T6E.....	78
Figura 6 - 23. Válvula direccional control de caudal Hydrome DMT-03.....	79

Figura 6 - 24. Diagrama de cuerpo libre para palanca de control de desplazamiento de bomba principal.....	80
Figura 6 - 25. Esquema de la posición del cilindro hidráulico en el control de la bomba.	81
Figura 6 - 26. Cilindro hidráulico para control desplazamiento SMC.....	82
Figura 6 - 27. Válvula control de flujo unidireccional FT TOGNELLA.....	83
Figura 6 - 28. Bloque de válvulas para motor serie MF modificado.	84
Figura 6 - 29. Válvula de alivio Hydrome BT-10-H.	85
Figura 6 - 30. Test point Minipress.	85
Figura 6 - 31. Depósito de aceite para el banco de pruebas.....	86
Figura 6 - 32. Selección de filtros de succión tipo “strainer”.	89
Figura 6 - 33. Tabla para selección de medios filtrantes.	89
Figura 6 - 34. Curvas de caída de presión para carcasa y elemento filtrante serie FRA.	90
Tabla 6 - 435. Tabla de selección de acoples rápidos serie BIR.....	91
Figura 6 - 36. Caudalímetro HEDLAND H761-010-S.....	93
Figura 6 - 37. Sensor de flujo Parker.....	93
Figura 6 - 38. Sensor de Presión Parker.....	94
Figura 6 - 39. Sensor de velocidad rotacional.	95
Figura 6 - 40. Sensor de torque DRVL.....	95
Figura 6 - 41. Sensor de torque DRVL.....	96
Figura 7 - 42. Conexión de arranque YΔ a 220 V.	98
Figura 7 - 43. Selección de interruptor tripolar automático.....	99
Figura 7 - 44. Circuito eléctrico de potencia y mando.....	100
Figura 7 - 45. Selección de interruptor tripolar automático.....	100
Figura 7 - 46. Selección de relé de sobrecarga.	101
Figura 7 - 47. Selección de temporizador.....	101
Figura 7 - 48. Lámparas de señalización.	102
Figura 7 - 49. Selección de interruptor termomagnético.	103
Figura 7 - 50. Pulsador de hongo +1 contacto NC. Muletilla 2 posiciones +1 contacto NA, pulsador verde + 1 contacto NA, pulsador rojo + 1 contacto NC.	103
Figura 2 - 51. Principio de funcionamiento de una máquina eléctrica	108
Figura 2 - 52. Principio de funcionamiento del motor de corriente continua.	108
Figura 2 - 53. Tipos de rotor y estator de un motor síncrono.	108
Figura 2 - 54. Estator y rotor de motor de inducción.....	109

Figura 2 - 55. Funcionamiento de bomba de engranajes externos.	109
Figura 2 - 56. Funcionamiento de bomba de engranajes internos.	109
Figura 2 - 57. Funcionamiento de bomba de engranajes de gerotor.	110
Figura 2 - 58. Funcionamiento de bomba de paletas.	110
Figura 2 - 59. Funcionamiento de bomba de pistones radiales	110
Figura 2 - 60. Funcionamiento bomba de pistones axiales acodada de desplazamiento fijo.	111
Figura 2 - 61. Funcionamiento bomba de pistones axiales acodada de desplazamiento variable. ...	111
Figura 2 - 62. Funcionamiento bomba de pistones axiales desplazamiento variable.	111
Figura 2 - 63. Curva característica de una bomba de pistones axiales de 33 cm ³	112
Figura 2 - 64. Motor de gerotor con paletas-rodillos.	112
Figura 2 - 65. Motor de pistones radiales.	113
Figura 2 - 66. Curvas de desempeño de motores de pistones radiales. Izquierda: motor de 400 cm ³ IAM 400 H3.	113
Figura C - 67. Boceto propuesto para la distribución del banco.	119
Figura C - 68. Soporte de motor.	120
Figura C - 69. Diagrama de fuerzas	120
Figura C - 70. Diagrama de fuerza cortante	122
Figura C - 71. Soporte de motor eléctrico.	132
Figura C - 72. Soporte de depósito de aceite.	132
Figura C - 73. Acople flexible de motor eléctrico.	133
Figura C - 74. Pedestal de bomba principal	133
Figura C - 75. Conjunto motor eléctrico y bomba	133
Figura C - 76. Depósito de aceite con elementos	134
Figura C - 77. Tablero eléctrico	134
Figura C - 78. Ensamble de unidad de potencia.	134
Figura C - 79. Acople flexible y soporte para motor hidráulico	135
Figura C - 80. Motor hidráulico del banco conectado con bomba a probar.	135
Figura C - 81. Ensamble completo del banco de pruebas	135
Figura E - 82. Prueba de bomba de desplazamiento fijo 84 cm ³	255
Figura E - 83. Prueba de bomba de desplazamiento fijo 40 cm ³	256
Figura E - 84. Prueba de motor de desplazamiento variable 400 cm ³	256
Figura E - 85. Prueba de motor de desplazamiento variable 600 cm ³	257

Listado de tablas

Tabla 3 - 1. Estadística de ensamble y reparación de bombas y motores hidráulicos en HYDRAULICTECH.	49
Tabla 5 - 2. Tabla de componentes para el circuito hidráulico propuesto.	66
Tabla 6 - 3. Tabla para selección de diámetros nominales según la velocidad recomendada para succión, retorno y presión.....	87
Tabla 6 - 4. Tabla de selección de acoples rápidos serie BIR.....	91
Tabla 6 - 5. Manómetros y accesorios sugeridos para medición de presiones.	92

Glosario

ADQUISICIÓN DE SEÑALES: método de captura y conversión de señales analógicas en digitales para su procesamiento.

BOMBA DE CARGA: Bomba auxiliar que posee una bomba de circuito cerrado, para compensar fugas y accionar el control de desplazamiento.

CAUDAL: Volumen de fluido que circula en un ducto o tubería por unidad de tiempo.

CAUDALÍMETRO: Instrumento usado para medir lineal, no lineal, el flujo másico o caudal volumétrico de un líquido o un gas.

CILINDRO HIDRÁULICO: Dispositivo que consta de una camisa dentro de la cual se desplaza un émbolo o pistón, y que transforma la energía hidráulica en energía mecánica, ejerciendo una fuerza lineal.

CIRCUITO CERRADO: Configuración de un circuito hidráulico, donde la succión y descarga de una bomba esta unidos cada una a los dos puertos de un motor hidráulico.

CONMUTADOR: Elemento instalado en algunos motores eléctricos, con el fin de cambiar el sentido de la corriente en los devanados, conforme gira el eje. También es llamado colector.

DEFASE: Diferencia de fase entre dos ondas senoidales.

DIFERENCIAL DE POTENCIAL: Diferencia que tienen dos puntos de su potencial, que se encuentran en un campo eléctrico.

ESCOBILLA: Elemento que mantiene la conexión eléctrica entre el conmutador y el circuito que alimenta los devanados del rotor en un motor eléctrico.

ESTADO ESTABLE: Zona de respuesta de un sistema en la que, después de un tiempo determinado, la salida se ha estabilizado en un valor constante, y sin perturbaciones externas.

FLANCHE DE MONTAJE: Parte del cuerpo de una bomba que se utiliza para fijarla a un motor que la acciona, y permite el alineamiento entre los dos ejes. En el caso de un motor, esa parte se fija al mecanismo al cual le transmite energía.

MANIFOLD: Cuerpo de metal mecanizado para alojar e interconectar varias válvulas de control de un sistema hidráulico.

MONOFÁSICO: Relativo a sistemas eléctricos que utilizan dos líneas; una fase y un neutro.

MOTOR PRIMARIO: Fuente principal de potencia de un sistema hidráulico, Puede ser un motor de combustión interna o motor eléctrico.

OLEOHIDRÁULICA: Rama de la ingeniería que abarca el estudio y aplicación de las propiedades mecánicas de los aceites utilizados para la transmisión de energía hacia mecanismos.

PANTALLA HMI: Interfaz de usuario o panel de control con la cual un operario controla una máquina, sistema o dispositivo, y le permite visualizar información del proceso controlado.

PAR O TORQUE: Magnitud física que indica el producto de fuerza con que gira un eje motriz con la distancia entre el centro del eje y el punto de aplicación de la fuerza.

PRESIÓN: Magnitud física que determina la fuerza que se aplica sobre la unidad de superficie.

PRESIÓN RELATIVA: Diferencia entre la presión absoluta y la presión atmosférica.

POTENCIAL ELÉCTRICO: Trabajo que realiza una fuerza externa para traer una carga unitaria q desde la referencia hasta el punto considerado en contra de la fuerza eléctrica.

RELÉ: Interruptor compuesto por una bobina y un electroimán que cierra o abre un grupo de contactos.

SENSOR: Dispositivo que transforma una magnitud física o química en una señal eléctrica.

Tablero de potencia: Cofre o armario donde se instalan los componentes requeridos para el accionamiento de uno o más motores eléctricos.

TRANSMISIÓN HIDROSTÁTICA: Conjunto compuesto por una bomba y un motor hidráulico en circuito cerrado, donde el motor transmite movimiento.

TRIFÁSICO: Relativo a sistemas eléctricos que utilizan tres líneas desfasadas entre si $1/3$ de periodo.

VELOCIDAD ROTACIONAL: Numero de vueltas que realiza un eje por unidad de tiempo. Cuando se mide en minutos este número se expresa en rpm (revoluciones por minuto)

1. Introducción

Los sistemas oleohidráulicos están presentes en todo tipo de procesos industriales, así como en equipos de minería, construcción, agricultura, transporte, entretenimiento y equipos de energías alternativas². Su objetivo principal es generar un caudal de un fluido y controlarlo para que transmita energía hacia actuadores que realizan un trabajo mecánico lineal en el caso de los cilindros hidráulicos, o un trabajo mecánico rotativo en el caso de los motores hidráulicos. Estos sistemas están normalmente sometidos a condiciones exigentes, como son los cambios bruscos de presión y velocidades en el fluido, altas y bajas temperaturas, cambios rápidos en el sentido de avance y rotación, altas frecuencias de conmutación de los mandos, entre otros³

Las bombas y motores hidráulicos son componentes especialmente críticos en estos sistemas, los más sensibles en la operación debido a las condiciones anteriores, y usualmente son los de mayor costo en adquirir o reparar. Por tanto, es importante que estos componentes estén adecuadamente seleccionados, tengan una vida útil lo más larga posible, y en caso de ser reparados cumplan con los parámetros de desempeño adecuados de acuerdo con la información dada por el fabricante.

HYDRAULICTECH SAS es una empresa colombiana dedicada a la importación y comercialización de componentes hidráulicos, así como al diseño, fabricación, montaje y reparación de sistemas hidráulicos. Es importante para esta empresa contar con equipos y herramientas adecuadas para realizar un diagnóstico correcto y certificarlo con datos de desempeño reales.

Los resultados de reparaciones de componentes, especialmente de bombas y motores hidráulicos están entre los de mayor requerimiento para diagnóstico y reparación.

² Parker-Panorama Global Hidráulico-2013

³ hallite_corporate_capabilities_spanish-2016

Con el fin de cubrir estas necesidades, HYDRAULICTECH SAS ha decidido construir un banco de pruebas en el que se pueda verificar que las bombas y motores fueron correctamente ensamblados y/o reparados, y en condiciones para cumplir las exigencias de desempeño en los sistemas y maquinas en el que están instalados.

Dentro de sus herramientas para el diagnóstico de sistemas hidráulicos de sus clientes, HYDRAULICTECH posee el Parker Service Master Plus Kit, el cual es un equipo compuesto por una pantalla HMI, un conjunto de sensores, cables y accesorios de conexión. Este equipo permite el análisis de variables como presión, caudal y velocidad rotacional⁴. La empresa requiere que el Parker Service Master Plus Kit pueda conectarse al banco de pruebas para capturar los datos de presión, caudal, torque y velocidad rotacional durante la prueba de bombas y motores hidráulicos.

El presente documento presenta la propuesta para el diseño completo del banco de pruebas, de acuerdo con los requerimientos de HYDRAULICTECH.

En el capítulo I se plantea el problema y se define el alcance del diseño propuesto y la metodología a seguir para cumplir con los requerimientos para el banco de pruebas.

El capítulo II presenta el marco teórico que contiene los principios de funcionamiento de los componentes principales del banco de pruebas.

En el capítulo III, se presenta el proceso actual de diagnóstico y reparaciones de bombas y motores hidráulicos en la empresa HYDRAULICTECH.

En el capítulo IV, se presentan los componentes que HYDRAULICTECH ha destinado para ser utilizados en el banco de pruebas.

En el capítulo V se diseña el circuito hidráulico de acuerdo con los componentes existentes y destinados para el banco de pruebas por HYDRAULICTECH.

⁴ Parker- Sensocontrol. Equipo de diagnóstico para hidráulica Catalogo 4054-2/ES 2010

En el capítulo VI se calculan y se seleccionan los componentes según el circuito hidráulico concebido.

En el capítulo VII se determina el circuito eléctrico del tablero de potencia, y se seleccionan los elementos que lo componen.

El capítulo VIII contiene un análisis de los resultados obtenidos y las conclusiones.

El anexo A contiene las figuras que complementan el marco teórico presentado en el capítulo II

En el anexo B, se presenta el análisis de bombas y motores ensamblados y reparados en HYDRAULICTECH.

En el anexo C se muestran los cálculos y planos de fabricación de componentes mecánicos y estructurales del banco.

En el anexo D se presenta el manual de operación del banco de pruebas.

El anexo E contiene los resultados de las simulaciones del circuito hidráulico del banco.

En el anexo F se presentan las cartas de apoyo y aceptación de los diseños por parte de HYDRAULICTECH.

1.1 Planteamiento del problema

HYDRAULICTECH SAS es una empresa dedicada al diseño, fabricación, montaje y reparación de sistemas hidráulicos. En el desarrollo de su actividad económica, se realizan dos procesos que generan una importante fuente de ingresos: el ensamble de bombas y motores de engranajes nuevos, y la reparación de bombas y motores hidráulicos de diversos tipos.

A pesar de que ambos procesos son ejecutados con rigor técnico, se reciben solicitudes de garantía por parte de algunos clientes, debido a que los elementos ensamblados o reparados no cumplen con las expectativas de funcionamiento, o simplemente fallan, una vez son instalados en la máquina.

Generalmente estas fallas ocurren por condiciones externas de la bomba o motor ensamblado o reparado. Pero actualmente en la empresa no se cuenta con una herramienta que permita certificar que el componente ensamblado o reparado que se entrega al cliente fue correctamente intervenido y va a trabajar según los criterios de desempeño del fabricante. La única manera de probar la calidad del ensamble o reparación es poner a funcionar la maquina una vez se haya instalado el componente intervenido.

Otro inconveniente que se ha presentado es que algunos componentes, como lo son bombas de desplazamiento variable, requieren una calibración previa de valores de presión y caudal, antes de su entrega formal. Para ello, se acude a un proveedor externo con el fin de ser montadas en un banco de prueba para realizar dichas calibraciones.

La empresa HYDRAULICTECH SAS ha determinado que las bombas que usualmente ensambla y repara, tienen una presión máxima de 350 bar, y un caudal hasta de 152 L/min; y los motores hidráulicos con torque hasta de 450 Nm.

La empresa también desea aprovechar el equipo PARKER Service Master Plus Kit, de su propiedad, para medir las variables mencionadas en el control de calidad y calibración de los componentes intervenidos antes de su entrega al cliente.

1.2 Justificación

La empresa HYDRAULICTECH es consciente de los problemas mencionados anteriormente, Por ello ha concluido que es necesario contar con un banco de pruebas para bombas y motores hidráulicos propio, con el cual se pueda realizar el control de calidad de todo componente ensamblado en la

planta, y certificar que las reparaciones efectuadas a bombas y motores fueron exitosas, sometiendo a pruebas de funcionamiento, verificando su comportamiento en las pruebas efectuadas en el banco y comparando los datos obtenidos con la información técnica proporcionada por el fabricante de los componentes.

Es importante medir las variables de presión y caudal en función de la velocidad rotacional, para las bombas hidráulicas. En el caso de los motores hidráulicos, las variables a medir son el par o torque entregado a una carga y su velocidad rotacional, en función de la presión y caudal entregados por una bomba.

La empresa cuenta con un motor eléctrico, una bomba y un motor hidráulico, los cuales desea destinar para la fabricación del banco de prueba. Es necesario realizar un análisis a estos componentes para determinar.

Con la ejecución de este proyecto se cubre la necesidad específica de HYDRAULICTECH SAS de tener un diseño completo para poder fabricar un banco de pruebas de bombas y motores hidráulicos, con la capacidad de medir, almacenar y visualizar gráficamente las variables de presión, caudal, torque y velocidad rotacional durante la ejecución de la prueba, utilizando los componentes que ya posee, como son un motor eléctrico, una bomba y un motor hidráulico y el equipo de diagnóstico Parker Service Master Plus Kit.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar, calcular, seleccionar los componentes, elaborar planos de fabricación y manual de banco de pruebas para bombas y motores oleohidráulicos para la empresa HYDRAULICTECH SAS, con capacidad de 55 kW y adquisición de señales de las variables de presión, caudal, torque y velocidad rotacional.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar un estudio del proceso de ensambles y reparaciones que actualmente se lleva a cabo en la empresa HYDRAULICTECH SAS de los motores y bombas hidráulicas.
- Determinar el estado actual, las características técnicas e identificar los componentes que la empresa entrega para el proyecto, como son motor eléctrico, bomba y motor hidráulico.
- Diseñar el circuito hidráulico requerido para determinar el funcionamiento del banco de pruebas y los ciclos de operación según la norma ISO/DIS 4409.3, teniendo en cuenta asimismo las especificaciones de los componentes que la empresa HYDRAULICTECH ha destinado para el proyecto: motor eléctrico, bomba y motor hidráulico.
- Determinar las especificaciones requeridas del banco de prueba y los criterios de operación para alcanzar las magnitudes de las variables requeridas.
- Calcular, seleccionar y diseñar todos los componentes y accesorios del sistema hidráulico, como son válvulas, tuberías, mangueras, depósito de aceite, filtros, indicadores y demás.
- Seleccionar los sensores de presión, caudal, torque y velocidad rotacional, teniendo en cuenta que estos deben ser compatibles con el equipo de diagnóstico PARKER Service Master Plus Kit.
- Diseñar la estructura y componentes mecánicos para la transmisión de potencia hacia los motores y bombas hidráulicas que serán sometidos a prueba y diagnóstico en el banco.
- Elaborar los planos de fabricación de estructura, instalación eléctrica y circuito hidráulico.
- Determinar los protocolos y procedimientos de pruebas para bombas y motores, según los criterios establecidos entre los estudiantes y la Empresa.
- Implementar un manual que incluya fichas técnicas y operación del motor eléctrico, bomba hidráulica, motor hidráulico, equipo de diagnóstico PARKER Service Master Plus Kit, y sensores.

1.4 Metodología

El desarrollo de los objetivos mencionados anteriormente se llevará a cabo mediante un método de investigación de tipo hipotético- deductivo con lo cual se partirá desde el análisis de la necesidad específica de la empresa con el equipo que se desea diseñar, formulando hipótesis basadas en un marco teórico, centrado en la tecnología oleohidráulica y otras disciplinas conexas. Finalmente determinando diseños, cálculos y procedimientos específicos para el desarrollo de las pruebas de los componentes que la empresa desea evaluar. Con el fin de desarrollar esta metodología el proyecto se dividirá en las siguientes etapas:

a) Etapa 1.

Recopilación y estudio de la información suministrada por HYDRAULICTECH SAS, análisis de las necesidades específicas y determinación del alcance del diseño según los recursos y componentes existentes.

b) Etapa 2.

Consulta sobre el estado del arte de soluciones presentadas por fabricantes de equipos similares al requerido por HYDRAULICTECH y determinación del concepto central del diseño a elaborar.

c) Etapa 3.

Realización de diseños, cálculos, selección de componentes, planos y manuales de operación.

d) Etapa 4.

Análisis de resultados, entrega formal del diseño concebido a HYDRAULICTECH y conclusiones finales.

1.5 Delimitaciones

El diseño del banco de pruebas y la capacidad del mismo, es decir, la potencia máxima que puede transmitir a los componentes a ser sometidos a pruebas está limitado por las características del motor eléctrico, bomba y motor hidráulicos, que serán determinadas en el desarrollo de este proyecto.

El diseño del sistema de adquisición, visualización y almacenamiento de las variables a medir para el banco de pruebas está limitado por las características y capacidades del equipo Parker Service Master Plus Kit.

1.6 Alcance

El diseño del banco de pruebas concebido y desarrollado en este proyecto contiene la selección de los componentes hidráulicos, eléctricos y mecánicos, así como la elaboración de planos de fabricación y manual de operación.

Debido a la amplia gama de bombas y motores hidráulicos ofrecida por los fabricantes a nivel mundial, existen numerosos tipos de montajes, ejes, flanche de fijación, tipos de roscas conexiones hidráulicas para estos componentes. En este proyecto se diseñan los elementos mecánicos específicamente para bombas y motores con flanche de fijación código 101-2 según la norma ISO 3019-1, y con eje estriado código 25-4 (1" 15T 16/32DP según norma ANSI B92.1a)⁵

El manual de operación del banco contiene los procedimientos a realizar para las pruebas de motores y bombas de desplazamiento fijo.

⁵ INTERNATIONAL STANDARD ISO 3019-1:2001

2. Marco teórico

2.1 Introducción

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos que determinan el principio de funcionamiento del motor eléctrico y de las bombas y motores hidráulicos.

2.1.1 Máquina eléctrica

Una máquina eléctrica es un dispositivo que puede convertir energía mecánica en energía eléctrica o energía eléctrica en energía mecánica. El funcionamiento de toda máquina eléctrica se basa en la Ley de Ampere o ley de producción de campo magnético por medio de una corriente, la Ley de Faraday o ley de voltaje inducido por un campo magnético variable y la Ley de Lenz o ley que determina la polaridad de ese voltaje inducido.⁶

2.1.2 Motor eléctrico

Es una máquina que transforma energía eléctrica en energía mecánica rotatoria.⁷

⁶ CHAPMAN, S. J. Máquinas Eléctricas. Editorial McGraw-Hill. Colombia. 2012.

⁷ CHAPMAN, S. J. Máquinas Eléctricas. Editorial McGraw-Hill. Colombia. 2012.

2.2 Tipos de motores eléctricos

2.2.1 Motor de corriente continua o directa

Si se aplica un diferencial de potencial de corriente directa en los extremos de una espira de alambre conductor que está inmersa en un campo magnético constante, como se muestra en Anexo A la Figura 2 - 51, circulará una corriente, la cual generará un campo magnético. Este campo magnético inducido por la corriente interactúa con el campo magnético constante que provoca el giro de la espira, según la Ley de Lorentz. Para que el movimiento giratorio sea continuo, la polaridad de la corriente debe invertirse cuando la espira gire 180°. Lo que se consigue con un conmutador y escobillas deslizantes en las puntas de la espira. Lo anterior se ilustra en Anexo A en la Figura 2 - 52.

Para aumentar el par se colocan muchas espiras en grupos llamados bobinas o devanados. Asimismo, se eliminan los imanes permanentes colocando en su lugar devanados con un núcleo de hierro, llamados electroimanes. La parte fija donde se ubican estos electroimanes se denomina estator, y la parte que gira se denomina rotor, conectado al eje que entrega la energía mecánica.

2.2.2 Tipos de motores de corriente directa

Existen 5 tipos principales de motores de corriente directa de uso general: de excitación separada, en derivación o motor Shunt, de imán permanente, en serie y de excitación compuesta o compound.⁸

2.2.3 Motor de corriente alterna

Es un motor eléctrico que se alimenta con una fuente de potencia de corriente alterna.

⁸ CHAPMAN, S. J. Máquinas Eléctricas. Editorial McGraw-Hill. Colombia. 2012.

Se distinguen dos clases principales de motores de corriente alterna. Los motores síncronos y motores de inducción.

2.2.3.1 Motor síncrono

En un motor síncrono la corriente de campo magnético en el estator es suministrada por una fuente de potencia de corriente alterna. Dentro de este campo magnético se encuentra el rotor con un electroimán que tiende a alinearse con el campo magnético del estator. El rotor trata de seguir al campo magnético del estator, nunca lo alcanza y lo hace a una velocidad constante. Por eso es llamado motor síncrono.⁹

El circuito de campo del rotor se alimenta con una fuente de potencia de corriente directa. Como el rotor gira, se colocan escobillas que deslizan sobre un colector, el cual permite que la corriente llegue a los devanados del rotor. La fuente de potencia de corriente directa puede ser externa, o se obtiene con un circuito rectificador especial montado en el eje del motor y alimentado de la fuente de potencia de corriente alterna principal del motor.

La velocidad de rotación del eje es constante, desde carga vacía hasta la máxima posible para el motor. Dicha velocidad está determinada por la ecuación (2 - 1) ¹⁰:

$$n_m = \frac{120 \cdot f_e}{p} \quad (2 - 1)$$

Donde:

n_m = velocidad de rotación del motor, en min^{-1}

f_e = frecuencia de la línea, en Hz.

p = número de polos en motor, adimensional.

⁹ (Tomado de (<http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700290/helvia/aula/archivos/repositorio/0/29/html/Motores%20de%20corriente%20alterna.htm>))

¹⁰ CHAPMAN, S. J. Máquinas Eléctricas. Editorial McGraw-Hill. Colombia. 2012

Un motor síncrono no tiene por sí mismo par de arranque, por lo tanto, no puede arrancar solo. Hay tres maneras para hacerlo arrancar: reducir la frecuencia del estator, usar un motor de arranque primario o colocarle devanados de amortiguación o atenuación para acelerarlo hasta su velocidad sincrónica.

2.2.3.2 Motor monofásico síncrono

El motor monofásico funciona con base al acoplamiento de campos magnéticos que giran sincronizados. Se ilustran en Anexo A en la Figura 2 - 53.

Este acoplamiento se consigue mediante la conexión en serie del devanado del estator con los devanados del rotor. La corriente llega al rotor mediante las escobillas que se deslizan sobre el colector, el cual se forma con unas láminas delgadas llamadas delgas.

Los motores monofásicos síncronos pueden funcionar como generadores y se pueden alimentar con corriente continua y corriente alterna. Por eso es llamado motor universal.¹¹

2.2.3.3 Motor asíncrono

En un motor asíncrono la corriente de campo magnético es suministrada a sus devanados por medio de inducción magnética. El voltaje en el rotor, el cual genera la corriente y el campo magnético, es inducido en sus devanados, a diferencia de los motores con colector y escobillas. Debido a esto no necesita corriente de campo de corriente directa.¹²

¹¹ (Tomado de (<http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700290/helvia/aula/archivos/repositorio/0/29/html/Motores%20de%20corriente%20alterna.htm>))

¹² CHAPMAN, S. J. Máquinas Eléctricas. Editorial McGraw-Hill. Colombia. 2012.

2.2.3.4 Motor monofásico asíncrono

El devanado del estator motor monofásico asíncrono es alimentado con una fase y un neutro. Debido a que el campo magnético del estator no gira, tampoco hay un voltaje inducido en el rotor, ni flujo de corriente debido al movimiento. Por tanto, este motor no tiene par de arranque.¹³ Existen tres técnicas para generar el par de arranque: devanados de fase partida, devanados de tipo capacitor y polos de estator sombreados.

2.2.3.5 Motor trifásico asíncrono

El principio fundamental de funcionamiento de un motor trifásico asíncrono consiste en que si un grupo de corrientes trifásicas, cada una de igual magnitud y desfasadas entre ellas 120° , fluye en un devanado trifásico, producirán un campo magnético giratorio de magnitud constante. Un devanado trifásico consta de tres devanados iguales separados 120° eléctricos alrededor de la superficie de la máquina. La dirección de rotación del campo magnético rotatorio se puede invertir simplemente conmutando las conexiones de dos de las tres fases¹⁴.

Debido a que la corriente de campo magnético es suministrada a sus devanados por medio de inducción magnética, el motor asíncrono es llamado motor de inducción.

2.2.4 Construcción del motor trifásico de inducción

Es similar a un motor síncrono. En el estator se encuentran devanados que varían según el número de polos. El rotor es de dos tipos: de jaula de ardilla o de rotor devanado. El rotor de jaula de ardilla no tiene devanados, sino unas barras conductoras con unos anillos que las conectan, llamados anillos de

¹³ CHAPMAN, S. J. Máquinas Eléctricas. Editorial McGraw-Hill. Colombia. 2012

¹⁴ CHAPMAN, S. J. Máquinas Eléctricas. Editorial McGraw-Hill. Colombia. 2012

cortocircuito. El rotor devanado requiere escobillas para conectarlo al circuito de alimentación.¹⁵ Se ilustran en Anexo A en la Figura 2 - 54.

2.2.4.1 Deslizamiento del rotor

El voltaje inducido en los devanados del rotor de un motor de inducción depende de la velocidad relativa del rotor con relación a los campos magnéticos del estator.

Durante la operación normal los campos magnéticos en el rotor y en el estator giran juntos a velocidad síncrona, mientras que el rotor gira a una velocidad menor. La velocidad de deslizamiento se define como la diferencia entre la velocidad síncrona y la velocidad del rotor. Esta se define por la ecuación (2 - 2)¹⁶:

$$n_{des} = n_{sinc} - n_{nm} \quad (2 - 2)$$

Donde:

n_{des} = velocidad de deslizamiento del motor.

n_{sinc} = velocidad de los campos magnéticos.

n_{nm} = velocidad mecánica del eje del motor.

El deslizamiento S es igual a la relación entre la velocidad de desplazamiento y la velocidad síncrona o de los campos magnéticos. Ver ecuaciones (2 - 3), (2 - 4) y (2 - 5):

$$S = \frac{n_{des}}{n_{sinc}} * 100\% \quad (2 - 3)$$

$$S = \frac{n_{sinc} - n_{nm}}{n_{sinc}} * 100\% \quad (2 - 4)$$

¹⁵ CHAPMAN, S. J. Máquinas Eléctricas. Editorial McGraw-Hill. Colombia. 2012

¹⁶ Chapman, S. J. "MAQUINAS ELECTRICAS". Editorial McGraw-Hill. Colombia. 2012

La velocidad síncrona n_{sinc} del motor es:

$$n_{\text{sinc}} = \frac{120 \cdot f_e}{p} \quad (2 - 5)$$

2.3 Potencia

2.3.1 Potencia activa

La potencia que consume un motor trifásico de inducción de la red a la cual está conectada es, según la ecuación (2 – 6)¹⁷:

$$P_{\text{ent}} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \theta \quad (2 - 6)$$

Donde:

P_{ent} = Potencia activa o potencia consumida de la red, en W

V = tensión entre fases, en V

I = Intensidad de línea, en A

θ = Angulo de desfase entre la tensión y la corriente de fase, adimensional.

2.3.2 Potencia aparente

Corresponde a la potencia que existiría si no hubiese desfase de la corriente, o sea la carga resistiva equivalente que consume el motor¹⁸. Ver ecuación (2 – 7):

Esta es igual a:

¹⁷ WEG guía de especificación motores eléctricos Cod: 50039910 | Rev: 05 | Fecha (m/a): 12/2016

¹⁸ WEG guía de especificación motores eléctricos Cod: 50039910 | Rev: 05 | Fecha (m/a): 12/2016

$$S = \frac{P_{ent}}{\cos \theta} \quad (2 - 7)$$

Donde:

S = Potencia aparente consumida, en VA.

2.3.3 Potencia reactiva

Es la cantidad de potencia aparente que “no” realiza trabajo. Solamente es transferida y almacenada en los inductores del motor¹⁹. Ver ecuación (2 – 8):

$$Q = \sqrt{3} * V * I * \text{sen } \theta \quad (2 - 8)$$

Donde:

Q = Potencia reactiva consumida, en VAR.

2.3.4 Pérdidas

Como toda máquina, el motor de inducción no es 100% eficiente y presenta pérdidas en las distintas partes que lo componen. Estas pérdidas se presentan: en el cobre del estator, por histéresis y corrientes parasitas del estator, en el cobre del rotor, por fricción y rozamiento con el aire, misceláneas.

2.3.5 Eficiencia

Es la relación entre la potencia mecánica entregada en el eje del motor y la potencia absorbida de la red eléctrica²⁰. Ver ecuación (2 – 9)

¹⁹ WEG guía de especificación motores eléctricos Cod: 50039910 | Rev: 05 | Fecha (m/a): 12/2016

²⁰ Chapman, S. J. “MAQUINAS ELECTRICAS”. Editorial McGraw-Hill. Colombia. 2012

$$\eta = \frac{P_{sal}}{P_{ent}} \quad (2 - 9)$$

Donde:

η = Eficiencia del motor eléctrico, adimensional.

P_{ent} = Potencia activa o potencia consumida de la red, en W.

P_{sal} = Potencia mecánica entregada, en W.

2.4 Bomba

Máquina que incrementa la energía de un fluido al transformar la energía mecánica en energía hidráulica.²¹

2.4.1 Tipos de bombas

Se dividen en dos grupos: bombas dinámicas o de intercambio de cantidad de movimiento y bombas de desplazamiento positivo.²²

2.4.1.1 Bombas dinámicas

Estas bombas aumentan la cantidad de movimiento al fluido por medio de un rotor que gira en una carcasa, no tienen volúmenes cerrados. El fluido aumenta su cantidad de movimiento mientras se mueve a través de pasajes abiertos, para convertir después su alta velocidad en incremento de presión al salir por medio de un difusor.

²¹ WHITE F. Mecánica de fluidos

²² WHITE F. Mecánica de fluidos

2.4.1.2 Bombas de desplazamiento positivo

Tienen un contorno móvil que al disminuir volumen de sus cámaras mientras giran, obligan al fluido a avanzar a través de la máquina. Suministran un caudal pulsante o periódico como consecuencia de que la cavidad se abre, succiona y expulsa al fluido. Su gran diferencia con las bombas dinámicas es que suministran un caudal aproximadamente constante sin importar la presión en la descarga.²³

Existen muchas categorías de bombas de desplazamiento positivo, en cuanto a su forma constructiva, tipo de fluido que bombean y aplicaciones en la industria. En este documento se tratarán específicamente las bombas utilizadas para transmitir energía hidráulica con aceite a actuadores que realizan un trabajo mecánico; o llamadas bombas hidráulicas.

2.4.4 Desplazamiento

Es el volumen teórico de aceite desplazado por la bomba entre la cámara de succión y la cámara de expulsión o descarga, por cada giro, ciclo o revolución del eje de la bomba.

2.4.5 Eficiencia volumétrica

Debido a las fugas de las cámaras de descarga hacia la cámara de succión o hacia la carcasa, el caudal real de una bomba es menor al caudal teórico.

Las fugas aumentan conforme se incrementa la presión en la descarga de la bomba. La relación entre el valor del caudal real (Q) y el valor del caudal teórico (Q_t) se conoce como eficiencia volumétrica (η_{vol}), ver ecuación (2 – 10):

$$\eta_{vol} = \frac{Q}{Q_t} \quad (2 - 10)$$

²³ WHITE F. Mecánica de fluidos

2.4.6 Caudal

Es el flujo de aceite generado por la bomba, está determinado por la ecuación (2 – 11) ²⁴:

$$Q = \frac{V_g * n * \eta_{vol}}{1000} \quad (2 - 11)$$

Donde:

Q = Caudal entregado por la bomba, en L/min.

V_g = desplazamiento de la bomba, en cm^3

n = velocidad rotacional, en min^{-1}

2.4.7 Eficiencia mecánica-hidráulica

Debido a las fricciones entre los distintos componentes internos móviles de la bomba, no todo el par entregado por el motor que acciona la bomba es absorbido eficientemente. La relación entre el par absorbido real (M) y el par teórico (M_t) es llamada eficiencia mecánica-hidráulica.²⁵ Ver ecuación (2 – 12):

$$\eta_{mh} = \frac{M}{M_t} \quad (2 - 12)$$

2.4.8 Torque absorbido

Es el par M que absorbe la bomba de un motor que la acciona, se determina con la ecuación (2 – 13):

$$M = \frac{V_g * \Delta P}{20\pi * \eta_{mh}} \quad (2 - 13)$$

²⁴BOSCH REXROTH GROUP Hydraulic-Training Axial Piston Units -RE90600/01.98

²⁵ PARKER HANNIFIN-Curso de bombas hidráulicas-2014

Donde:

ΔP = Diferencia entre la presión en la descarga y presión en la succión en bar.

2.4.9 Eficiencia total

La relación entre el valor de la potencia real entregada (W) por la bomba al sistema hidráulico y potencia absorbida (W_t) desde el motor que la acciona, se conoce como eficiencia total, que también es igual al producto de la eficiencia volumétrica y la eficiencia mecánica-hidráulica. ²⁶ Ver la ecuación (2 – 14):

$$\eta_t = \frac{W}{W_t} = \eta_{vol} * \eta_{mh} \quad (2 - 14)$$

2.4.10 Potencia absorbida

Es la potencia requerida para accionar la bomba. Se determina por la ecuación (2 – 15)²⁷:

$$W_t = \frac{Q * \Delta P}{600 * \eta_t} = \frac{2\pi * M * n}{60000} \quad (2 - 15)$$

2.5 Bombas de desplazamiento fijo y variable

2.5.1 Bomba de desplazamiento fijo

El caudal teórico de salida de estas bombas solo depende de la velocidad de rotación.²⁸

²⁶ PARKER HANNIFIN-Curso de bombas hidráulicas-2014

²⁷ BOSCH REXROTH GROUP Hydraulic-Training Axial Piston Units -RE90600/01.98

²⁸ PARKER HANNIFIN-Curso de bombas hidráulicas-2014

2.5.2 Bomba de desplazamiento variable

La geometría de las cámaras internas de estas bombas puede variarse, en consecuencia, el caudal teórico de salida dependerá de la variación en su desplazamiento y la velocidad de rotación²⁹.

2.6 Bombas de engranajes

Existen de dos tipos de engranajes: internos y externos. Gran parte de los modelos fabricados son de desplazamiento fijo. Se fabrican dos o tres y hasta 4 bombas en una misma carcasa.³⁰

2.6.1 Bomba de engranajes externos

Consiste en dos ruedas dentadas engranadas entre sí, colocadas entre un cuerpo y dos platos, con mínimas tolerancias entre las partes. Una de las ruedas dentadas está conectada al eje del motor. Al moverse el engranaje se crea un vacío en la cámara de succión, el aceite es transportado por el espacio entre los dientes y el cuerpo hasta la cámara de descarga.³¹ Se ilustra en el Anexo A en la Figura 2 - 55.

2.6.2 Bomba de engranajes internos

Está compuesta por dos ruedas dentadas. Una con dientes externos, accionada por el eje, y engranada a otra rueda con dientes internos. Una pieza en forma de medialuna separa la cámara de succión y descarga. El aceite en la cámara de succión es llevado hacia la descarga por el espacio existente entre la medialuna y los dientes de ambos engranajes³². Se ilustra en el Anexo A en la Figura 2 - 56.

²⁹ WHITE F. Mecánica de fluidos

³⁰ PARKER HANNIFIN-Curso de bombas hidráulicas-2014

³¹ PARKER HANNIFIN-Curso de bombas hidráulicas-2014

³² PARKER HANNIFIN-Curso de bombas hidráulicas-2014

2.7 Bomba de gerotor

Es similar a la bomba de engranajes internos, pero el perfil de los dientes es más curvo y no tiene medialuna. El engranaje externo tiene un diente más que el engranaje interno³³. Se ilustra en el Anexo A en la Figura 2 - 57.

2.8 Bomba de paletas

Está formada por un anillo ovalado, en su interior hay un rotor con ranuras radiales donde se alojan unas aspas llamadas paletas. Este conjunto se sella con unos platos a cada lado. El rotor unido al eje de la bomba gira, la fuerza centrífuga expulsa las paletas siguiendo con su punta la superficie del anillo. El espacio formado por las paletas, los platos y el rotor forma las cámaras de succión y descarga. Se ilustra en el Anexo A en la Figura 2 - 58.

2.9 Bomba de pistones radiales

El rotor contiene unos pistones distribuidos radialmente, tienen un movimiento oscilatorio determinado por una leva excéntrica que empuja los pistones hacia la superficie de un anillo. Se fabrican modelos de desplazamiento fijo y variable³⁴, se ilustra en el Anexo A en la Figura 2 - 59.

2.10 Bombas de pistones axiales

Existen dos tipos de bombas de pistones axiales, según su construcción: de eje acodado y con plato basculante.

³³ PARKER HANNIFIN-Curso de bombas hidráulicas-2014

³⁴ PARKER HANNIFIN-Curso de bombas hidráulicas-2014

2.10.1 Bomba de pistones axiales de eje acodado

El eje de la bomba está acoplado a unos pistones con cabezas esféricas, montados en un arreglo circular. Los pistones están alojados en un rotor llamado barril. A medida que gira el eje, lo hace el barril y los pistones, y estos se deslizan en el barril desde el punto muerto superior al punto muerto inferior y viceversa. Este recorrido o carrera depende del ángulo de inclinación entre el eje rotación del eje motriz y el eje de rotación del barril.³⁵

El barril se desliza sobre una placa con cara esférica llamada plato válvula, la cual conecta las cámaras de los pistones, unos con succión y los otros con la descarga de la bomba. Cuando los pistones se mueven del punto muerto inferior al punto muerto superior succionan el fluido. En sentido inverso, empujan el fluido a la descarga. Se fabrican con desplazamiento fijo y variable. Se ilustra en el Anexo A en las Figura 2 - 60 y Figura 2 - 61.

2.10.2 Bomba de pistones axiales con plato basculante

Según como gire el eje, así lo hará el barril y los pistones. Cuando gira el barril los pistones se desplazan axialmente deslizándose en un plato inclinado llamado basculante. El barril se desliza sobre una placa llamada plato válvula. El ángulo del plato basculante controla la carrera de los cilindros: estando en posición perpendicular, los pistones no se moverán axialmente, por lo tanto, el desplazamiento en la bomba será cero. Con la inclinación máxima que permita el diseño, los pistones tendrán su carrera más larga, en consecuencia, el desplazamiento en la bomba será el máximo, se ilustra en el Anexo A en la Figura 2 - 62.

2.11 Curva característica de una bomba

Mediante el análisis de la curva característica de una bomba se puede determinar cómo se comporta la variable de caudal entregado en función de la presión en la descarga, a una velocidad rotacional fija. La curva es proporcionada por el fabricante de la bomba, quien obtiene los datos del montaje de

³⁵ BOSCH REXROTH GROUP Hydraulic-Training Axial Piston Units -RE90600/01.98

las bombas en banco de prueba. Normalmente se especifican temperatura y viscosidad cinemática del fluido. Algunos fabricantes también entregan curvas de la eficiencia volumétrica y eficiencia total. Se ilustra en el Anexo A en la Figura 2 - 63.

2.12 Motor hidráulico

Es un dispositivo que transforma energía de un fluido suministrado por una bomba hidráulica en energía mecánica rotatoria.³⁶

2.12.1 Tipos de motores hidráulicos

Los motores hidráulicos son muy similares con las bombas, incluso hay algunos que pueden funcionar como motor o como bomba. Se clasifican según su forma constructiva.

2.12.1.1 Motor de engranajes

Tiene la misma construcción de una bomba de engranajes externos, solo que el fluido acciona el juego de engranes, entregando un par en el eje motriz. Adicional a las conexiones de succión y descarga se necesita una tercera conexión llamada drenaje, el cual desaloja un pequeño caudal proveniente de las fugas entre los engranajes y la cámara de descarga.

2.12.1.2 Motor de paletas

De similar construcción a la bomba de paletas, pero cada una de las paletas tiene unos resortes para garantizar que la punta siempre esté en contacto con la superficie interna del anillo y exista estanqueidad entre las cámaras. Esto debido a la ausencia de fuerza centrífuga en el arranque del motor.

³⁶ BOSCH REXROTH GROUP Hydraulic-Training Axial Piston Units -RE90600/01.98

2.12.1.3 Motor orbital de gerotor

Consiste en un conjunto de engranajes, un eje de salida y un conmutador o placa válvula. Es de construcción similar a la bomba de gerotor. El conmutador gira sincronizadamente con el engranaje interno, unidos al eje de salida y siempre proporciona fluido a presión y un pasaje al tanque a los espacios adecuados entre los dos engranajes.³⁷

2.12.1.4 Motor de gerotor con paletas-rodillos

Es una variación del motor orbital de gerotor. Utiliza un engranaje externo fijo que en lugar de tener dientes internos cuenta con unas paletas-rodillos y un engranaje interno con dientes externos. El punto central del engranaje interno gira trazando una órbita alrededor del punto central del engranaje fijo con dientes internos. Se ilustra en el Anexo A en la Figura 2 - 64.

2.12.1.5 Motor de pistones radiales

Tiene unas cámaras distribuidas radialmente a una leva excéntrica, donde se alojan los pistones, los cuales hacen contacto en un extremo con esta. Una válvula de distribución, unida al eje de salida, comunica el fluido que entra al motor con unos pistones, y los otros pistones los conecta a la salida del fluido del motor. El movimiento recíproco de los pistones provoca el movimiento en la leva y en el eje de salida. Se ilustra en el Anexo A en la Figura 2 - 65.

2.12.1.6 Motor de pistones axiales

Funciona de manera inversa a la bomba de pistones axiales, y también tiene dos versiones: de eje acodado y con plato inclinado.

³⁷ PARKER HANNIFIN-Curso de bombas hidráulicas-2014

2.12.1.6.1 Motor de pistones axiales de eje acodado

El fluido entra por el plato válvula hacia los pistones recogidos realizando una carrera; el extremo esférico de cada pistón aplicará una fuerza al eje de salida. Las fuerzas resultantes de los pistones provocarán el giro del eje de salida del par. Al mismo tiempo, los pistones extendidos se devuelven hacia el plato válvula empujando el fluido hacia la salida.

2.12.1.6.2 Motor de pistones axiales de plato inclinado

El fluido entra por el plato válvula hacia los pistones recogidos realizando una carrera, Al deslizarse por el plato inclinado los pistones hacen que el barril gire, y estando engranado con el eje, este se mueve entregando el par generado en la carga. Al mismo tiempo, los pistones extendidos se devuelven hacia el plato válvula empujando el fluido hacia la salida.

2.13. Curva característica de un motor

Mediante la curva característica de un motor, que proporciona el fabricante del mismo, se puede determinar el par entregado a una determinada presión, así como la velocidad rotacional a un caudal proporcionado. También tiene curvas de valores de potencia entregada, con los cuales se delimitan los valores máximos de presión y caudal para no sobrepasar la potencia requerida. Algunos fabricantes también especifican los valores de eficiencia volumétrica y total, teniendo en cuenta que estas eficiencias varían según el par y velocidad rotacional que entrega el motor. Se ilustra en el Anexo A en la Figura 2 - 66.

3. Proceso de diagnóstico y reparaciones de bombas y motores hidráulicos

3.1 Análisis de componentes ensamblados y reparados

Durante el periodo de enero 1 a 31 de diciembre del año 2019 la empresa HYDRAULICTECH ha realizado diferentes reparaciones de equipos y componentes hidráulicos, entre los que se encuentran bombas, motores y cilindros hidráulicos. Se han ensamblado, diagnosticado y reparado bombas y motores de engranajes, pistones axiales y paletas.

En la Tabla 3 - 1 se resume la cantidad de bombas y motores ensamblados o reparados en el periodo mencionado.

Tabla 3 - 1. Estadística de ensamble y reparación de bombas y motores hidráulicos en HYDRAULICTECH.³⁸

ESTADÍSTICA DE BOMBAS Y MOTORES ENSAMBLADOS Y REPARADOS AÑO 2019			
PRODUCTO	PROCESO		REPROCESO POR GARANTIA
	ENSAMBLE	REPARACION	
Bomba de engranajes externos sencilla	85	8	11
Bomba de engranajes externos doble	26	4	3
Bomba de engranajes externos triple	2	0	0
Bomba de paletas doble	0	2	0
Bomba de paletas sencilla	1	0	0
Bomba de pistones axiales	11	0	4
Bomba de pistones axiales circuito cerrado	4	0	1
Motor de engranajes externos	19	0	1
Motor de pistones axiales	0	1	0
Motor de geroler	0	2	0
Motor de paletas doble	0	2	0
Total	148	19	20
		<i>Total procesos</i>	<i>187</i>

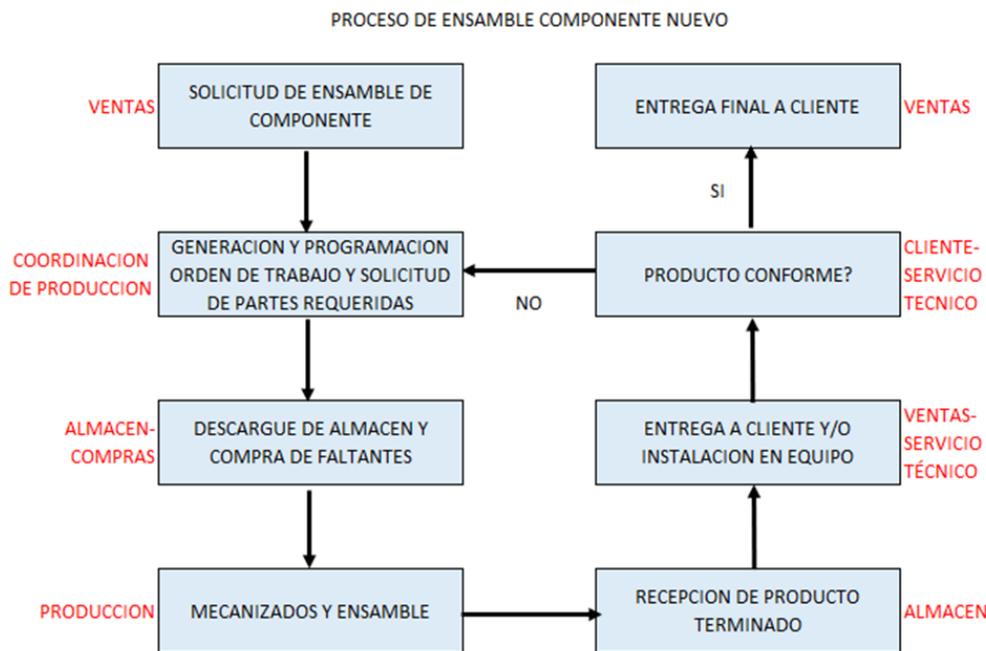
³⁸ (Tomado de (Los autores))

Los reprocesos son revisiones que se efectuaron por solicitud del cliente, por fallas en el momento de la puesta en marcha del componente. En el caso de las bombas y motores de engranajes, la falla reportada, en su mayoría, obedeció a fugas externas de aceite por problemas en sellos. Otras fallas reportadas fueron problemas derivados por ajuste incorrecto de las partes mecanizadas y torque de apriete en tornillos. Para todas las bombas de pistones axiales fue necesario enviar a una compañía externa quien las monta en banco de pruebas, con el fin de calibrar los valores de presión en los compensadores de las bombas.

Durante las pruebas en banco de las 15 bombas enviadas, cinco bombas tuvieron problemas internos causados por el ajuste de partes internas. Se retornaron a HYDRAULICTECH para corregir los problemas y nuevamente se montaron en el banco de pruebas para calibración final.

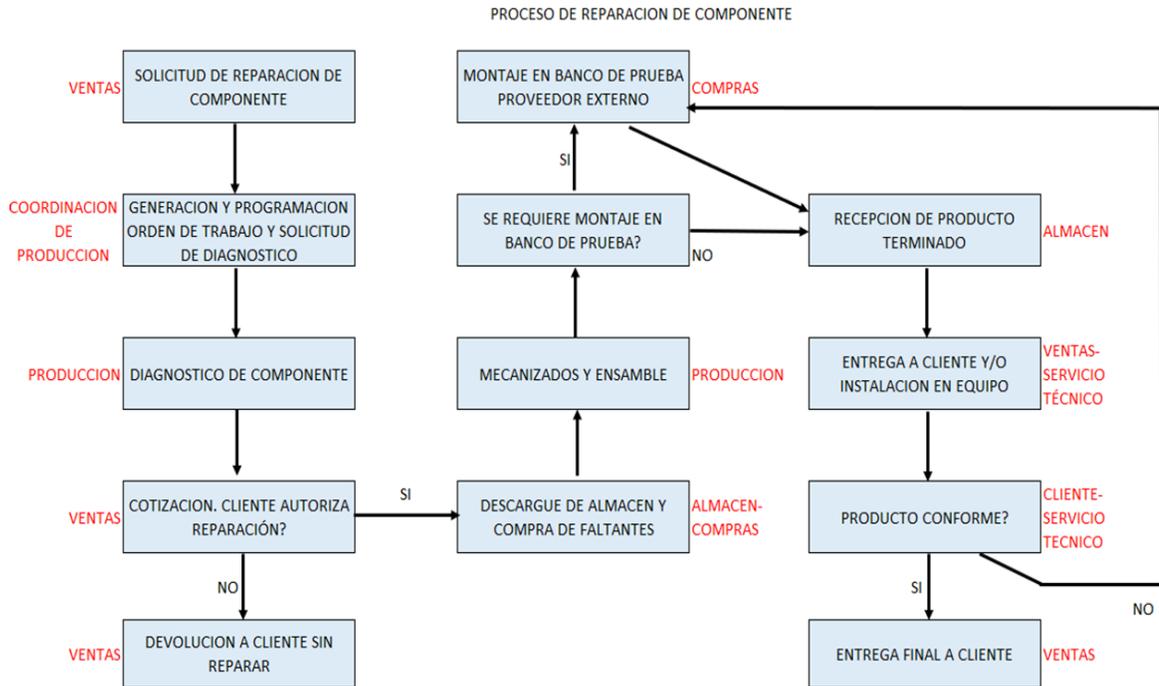
En la Figura 3 - 1 se muestra un diagrama de flujo que representa el proceso de ensamble de un componente nuevo y en la Figura 3 - 2 el de las reparaciones de componentes.

Figura 3 - 1. Proceso de ensamble de bombas y motores hidráulicos en HYDRAULICTECH.³⁹



³⁹ (Tomado de (Los autores))

Figura 3 - 2. Proceso de reparación de componentes en HYDRAULICTECH.⁴⁰



3.2 Informe de reparación de componentes

En el Anexo B. se encuentra un ejemplo de informe que realiza HYDRAULICTECH para ser entregado a los clientes.

⁴⁰ (Tomado de (Los autores))

4. Componentes destinados para el banco de pruebas.

HYDRAULICTECH ha decidido que para el banco de pruebas para bombas y motores hidráulicos se deben utilizar un motor eléctrico, una bomba y un motor hidráulico. A continuación, se determinarán el estado y características técnicas de cada componente.

4.1 Motor eléctrico

Dentro de sus activos, HYDRAULICTECH tiene un motor eléctrico que no tiene plaqueta de identificación, pero en el inventario de almacén se encuentra etiquetado con la referencia Siemens 1LE0141-2BA864AA4. El motor se halla sin uso y en buen estado. Se ilustra en la Figura 4 - 3.

Figura 4 - 3. Motor eléctrico Siemens 1LE0141-2BA864AA4, propiedad de HYDRAULICTECH.⁴¹



⁴¹ (Tomado de (Los autores))

4.1.1 Características técnicas

Con base en la referencia encontrada se han determinado las características técnicas del motor, de acuerdo con el catálogo del fabricante Siemens.

Tipo de motor	Motor de inducción trifásico de 4 polos
Potencia nominal	55 kW
Velocidad rotacional nominal a 60 Hz	1785 rpm
Factor de potencia	0.85
Eficiencia total	94.1 %
Corriente nominal	240 A (a 220v) - 480 A (a 440 v)
Torque nominal	401 Nm
Torque en arranque	1042.6 Nm
Torque máximo	1203 Nm

4.2 Bomba hidráulica

La bomba hidráulica que suministra HYDRAULICTECH para el banco de pruebas se encuentra en el inventario con la referencia PV-24-MH-R-A-A-C-13-B1-000 del fabricante Metaris. La bomba está nueva y en buen estado. Se ilustra en la Figura 4 - 4.

Figura 4 - 4. Bomba hidráulica Metaris PV-24-MH-R-A-A-C-13-B1-000, propiedad de HYDRAULICTECH.⁴²



⁴² (Tomado de (Los autores))

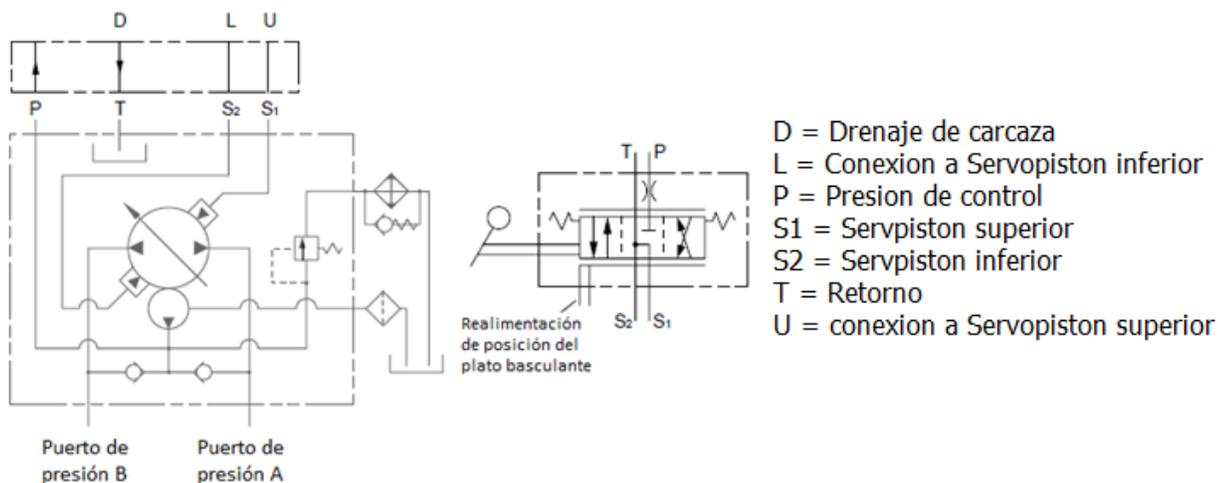
4.2.1 Características técnicas

Según el catálogo del fabricante y la referencia de la bomba, estas son las características técnicas.

Referencia:	PV-24-MH-R-A-A-C-13-B1-000
Tipo de bomba:	de pistones axiales con plato inclinado, desplazamiento variable circuito cerrado.
Desplazamiento máximo:	118.7 cm ³
Tipo de control:	por servoválvula mecánica hidráulica
Presión máxima de trabajo:	350 bar
Eficiencia volumétrica	a 1800 rpm, 207 bar = 95.83% a 1800 rpm, 340 bar = 92.50%
Eficiencia total	a 1800 rpm, 207 bar = 91.00% a 1800 rpm, 340 bar = 88.00%
Tipo de bomba de carga	de geroler
Desplazamiento:	18.9 cm ³
Presión máxima:	1.3 Mpa

El circuito hidráulico que representa la bomba se muestra en la Figura 4 - 5.

Figura 4 - 5. Circuito de bomba y tipo de control Metaris serie PV24.⁴³



⁴³ (Tomado de (www.hydraulex.com/pdfs/HG_Metaris_PV_&_MF_Cut-Sheet_web.pdf))

4.3 Motor hidráulico

El motor que suministra HYDRAULICTECH para el banco de pruebas se encuentra en el inventario con la referencia MF-24-A-B-A-11-35-35- 00 del fabricante Metaris. El motor es nuevo y se encuentra en buen estado.

4.3.1 Características técnicas

Según el catálogo del fabricante y la referencia del motor, estas son las características técnicas. Se ilustra en la Figura 4 - 6.

Fabricante:	Metaris
Referencia:	MF - 24 - A - B - A - 11 - 35 - 35 - 000
Tipo de motor:	de pistones axiales de plato inclinado, desplazamiento fijo.
Desplazamiento:	118.7 cm ³
Presión máxima de trabajo:	350 bar
Eficiencia volumétrica	a 1800 rpm, 207 bar = 97% a 1800 rpm, 340 bar = 95%
Eficiencia total	a 1800 rpm, 207 bar = 91.00% a 1800 rpm, 340 bar = 88.00%

Figura 4 - 6. Motor hidráulico Metaris MF-24-A-B-A-11-35-35- 00.⁴⁴



⁴⁴ (Tomado de (Los autores.))

5. Diseño de circuito hidráulico

5.1 Introducción

En este capítulo se presenta el circuito hidráulico del banco de pruebas, tomando como base las características del motor y la bomba hidráulica destinados por HYDRAULICTECH para el proyecto, y tomando en consideración los requerimientos que el diseño debe cumplir.

5.2 Norma ISO/DIS 4409.3

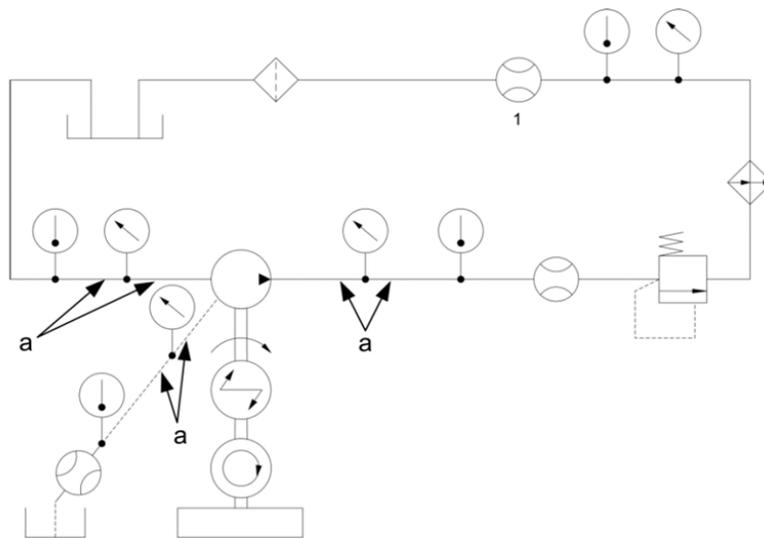
La norma ISO/DIS 4409.3 especifica los métodos de prueba y presentación del rendimiento básico en estado estable de bombas de desplazamiento positivo, motores y transmisiones hidrostáticas. Mediante la aplicación de esta norma es posible determinar el rendimiento de los diferentes componentes, determinando su desempeño y eficiencia. En el documento se especifica las instalaciones de la prueba y procedimientos de la prueba en estado estable de los elementos por evaluar, así como la presentación de los resultados obtenidos⁴⁵. Se menciona como referencia importante para el diseño del banco de pruebas.

⁴⁵ International standard ISO/DIS 4409.3 Hydraulic fluid power - Positive- displacement pumps, motors and integral transmissions - Methods of testing and presenting basic steady state performance

5.2.1 Circuito de pruebas para bombas

En la Figura 5 - 7, se presenta el circuito requerimiento de la norma ISO/DIS 4409.3 para la configuración de los elementos en la realización de pruebas para bombas, donde el numero 1 indica una posición alterna del sitio donde se debe instalar el caudalímetro y la letra a en la misma figura indica que la longitud de los conectores del fluido desde el punto donde se quiere medir la presión hasta el instrumento debe cumplir con la norma ISO 9110-1 e ISO 9110-2.

Figura 5 - 7. Circuito de prueba de bomba⁴⁶

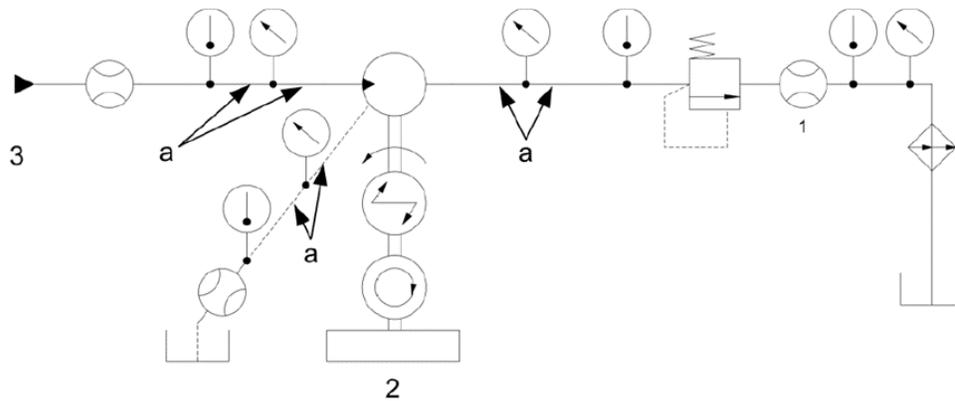


5.2.2 Circuito de pruebas para motores

El siguiente circuito (ver Figura 5 - 8) es el requerimiento de la norma ISO/DIS 4409.3 para la configuración de los elementos en la realización de pruebas para motores, donde el número 2 indica una carga dinámica en el eje del motor. El número 1 y la letra a siguen las indicaciones de la Figura 5 - 7.

⁴⁶ (Tomado de (International standard ISO/DIS 4409.3))

Figura 5 - 8. Circuito de prueba de motor⁴⁷



5.3 Propuesta de diseño del circuito hidráulico básico

Para concebir el circuito hidráulico del banco se ha tenido en cuenta que se puedan probar bombas con ambos sentidos de giro y que sean de desplazamiento fijo o variable. Es esencial que pueda variarse la velocidad rotacional y la presión en la descarga, con el fin de determinar la eficiencia volumétrica y total de la bomba a distintas revoluciones y presiones.

En caso de los motores, debe generarse en el eje una carga mecánica suficiente para poder medir dinámicamente el torque entregado, por lo que se requiere que tanto la velocidad rotacional y la carga puedan variarse para determinar la eficiencia volumétrica y mecánica.

Poder variar velocidad rotacional, presión, y la carga mecánica también permite adaptar el banco para distintos desplazamientos de bombas y motores.

En conclusión, la propuesta para el circuito hidráulico del banco debe cumplir con los requerimientos anteriores, y los lineamientos de la norma ISO/DIS 4409.3.

⁴⁷ (Tomado de (International standard ISO/DIS 4409.3))

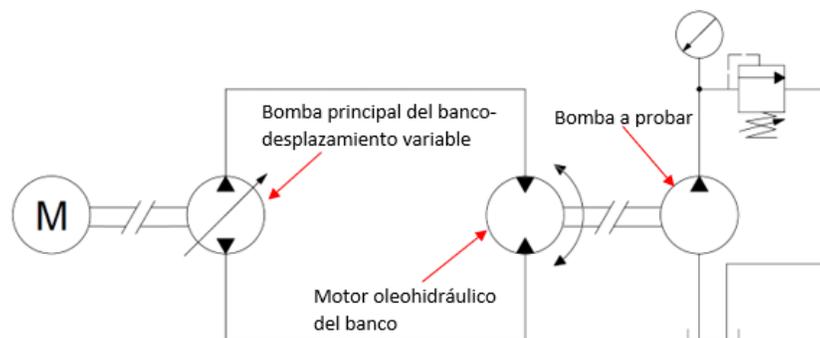
5.3.1 Configuración de la bomba principal y motor

De acuerdo con lo establecido en capítulo 4 numeral 4.2 la bomba destinada por HYDRAULICTECH, es una bomba de pistones axiales de desplazamiento variable de circuito cerrado. El motor destinado según el numeral 4.3 es un motor de pistones axiales de desplazamiento fijo, con un bloque de válvulas especial para circuito cerrado. Si se conectan los dos puertos principales de la bomba, accionada por un motor primario, con los dos puertos principales de presión del motor, se obtiene una configuración denominada “transmisión hidrostática”, debido a que la bomba y el motor, ambos de desplazamiento positivo, transmiten potencia giratoria mediante un fluido sometido a presión.⁴⁸

5.3.2 Circuitos básicos de prueba de bomba y motor

Para probar una bomba, esta se conecta al eje del motor de la transmisión hidrostática. Al variar el desplazamiento de la bomba principal, se varía la velocidad rotacional del motor y por consiguiente el caudal que entrega la bomba de prueba. Para generar y controlar la presión en la descarga, se conecta una válvula de alivio a la salida y un manómetro. El concepto anterior se ilustra en la Figura 5 - 9.

Figura 5 - 9. Propuesta de circuito básico para prueba de bombas.⁴⁹

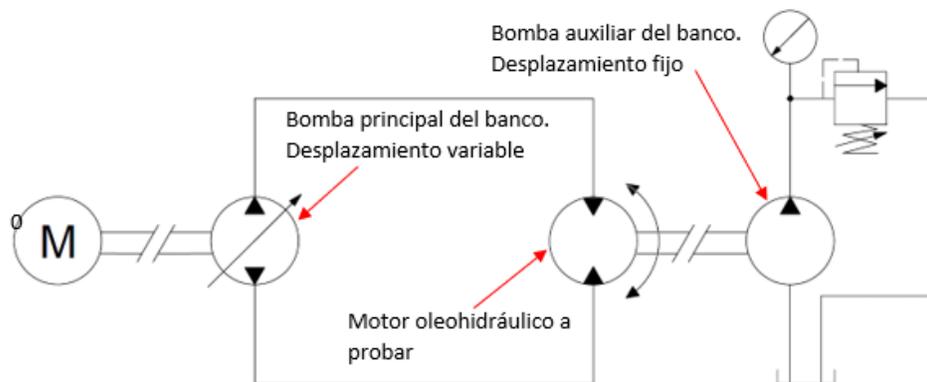


⁴⁸ Manual de oleohidráulica móvil. Editorial Blum

⁴⁹ (Tomado de (Los autores))

Para la prueba de un motor, este reemplaza al motor de la transmisión hidrostática. La carga en el eje del motor de prueba, requerida para medir el torque, se obtiene acoplando mecánicamente una segunda bomba para generar un caudal. Al conectar una válvula de alivio a la descarga y variando la presión máxima, se genera y controla la carga en el eje del motor hidráulico. Esto se ilustra en la Figura 5 - 10.

Figura 5 - 10. Propuesta de circuito básico para prueba de motores.⁵⁰

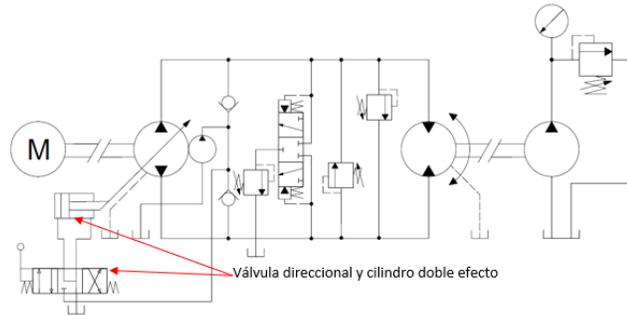


Esta configuración permite cambiar el sentido de giro del motor hidráulico: al variar la inclinación del plato basculante de la bomba del banco se invierten la succión y descarga, cambiando el sentido de giro del motor. De esta manera se pueden probar bombas con giro izquierdo y derecho.

Para variar la inclinación del plato basculante se instala un cilindro hidráulico conectado a la válvula servo del control, y mediante una válvula direccional se controla la posición e inclinación. Este subcircuito se alimenta con la bomba de carga de la bomba principal.

En la Figura 5 - 11 se puede observar el circuito que incluye la representación completa de la bomba principal y el motor del banco, en configuración para probar una bomba.

⁵⁰ (Tomado de (los autores))

Figura 5 - 11. Circuito con elementos conectados para prueba de bomba⁵¹

5.4 Elementos para medición de las variables

Para la adquisición de señales de las variables, el circuito debe estar provisto de sensores de presión, caudal, torque y velocidad rotacional, los cuales se conectarán al equipo Parker Service Master Plus Kit, actuando como interfaz HMI para la visualización y almacenamiento de estas señales.

Debido a que se debe medir la presión en varios puntos del circuito, según los criterios de la norma ISO/DIS 4409.3, y teniendo en cuenta el costo que implica adquirir varios sensores, se decide instalar en el circuito acoples rápidos especiales para la toma de presión, conocidos como puntos de prueba o medición –en inglés *test point*– (Ver Figura 5 - 12), con los cuales, fácilmente, se conecta un solo sensor de presión con una manguera al punto donde se tomará la medición, según la prueba por realizar.

Figura 5 - 12. Punto de prueba o “test point”, sensor de presión y manguera de conexión



⁵¹ (Tomado de (Los autores))

En el caso del sensor de flujo, se utilizará el sensor del equipo Parker Service Master Plus Kit que se ilustra en la Figura 5 - 13.

Figura 5 - 13. Sensor de flujo.⁵²



Se requiere un sensor de velocidad rotacional, que se debe instalar para que mida, sin necesidad de contacto, las revoluciones del eje del motor o bomba a probar. Se ilustra en la Figura 5 - 14.

Figura 5 - 14. Sensor de velocidad rotacional.⁵³



Se debe instalar un sensor de torque dinámico, el cual mide la variable mientras se transmite la carga de un eje a otro. Actúa como un acople entre ejes. Se ilustra en la Figura 5 - 15

Figura 5 - 15. Sensor de torque⁵⁴



⁵² (Tomado de (www.parker.com/sensocontrol))

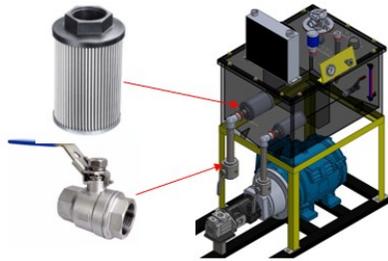
⁵³ (Tomado de (Tomado de: Parker CAT-4054-2-ES))

⁵⁴ (Tomado de (<https://maprosensor.com/es/noticia/sensor-par-dinamico-drvl.html>))

5.5 Otros elementos hidráulicos

El depósito de aceite del banco, aparte de contener el fluido de transmisión de energía hidráulica, debe contener elementos para el correcto mantenimiento del fluido en condiciones óptimas de operación. Para esto debe tener filtros de succión de tipo malla metálica, instalados en la línea de succión de la bomba de carga de la bomba principal y en la línea en la succión de la bomba de prueba. Se ilustra un ejemplo de su uso en la Figura 5 - 16.

Figura 5 - 16. Líneas de aspiración con filtros de succión de malla y válvulas de paso.⁵⁵



La línea de succión de la bomba de prueba también se utiliza para la succión de la bomba auxiliar. Se instalan también válvulas de paso con el fin de facilitar la desconexión de las mangueras. Los filtros de succión de malla metálica no protegen el sistema de partículas eficientemente, la malla usualmente tiene entre 100 y 180 micras, si fueran más finos ocasionarían problemas de cavitación a la bomba. Por tal razón se instala un filtro de retorno que ofrece una filtración más fina (hasta 3 micras) y de bajo costo, dependiendo del material del medio de filtración. Se ilustra en la Figura 5 - 17.

Figura 5 - 17. Filtro de retorno.⁵⁶



⁵⁵ (Tomado de (Archivos de diseños Hydraulictech SAS))

⁵⁶ (Tomado de (<https://www.stauff.com/index.php?id=4128&L=1>))

Se instala un visor de nivel para monitorear la cantidad de fluido en el depósito acompañado de una tapa de llenado que puede retirarse fácilmente para reabastecer de aceite el depósito.

En los ciclos de trabajo del banco el nivel de aceite en el depósito cambia con frecuencia. Esto indica un cambio en el volumen de aceite contenido, el cual es compensado con aire que sale o entra al depósito. Este flujo de aire contiene partículas sólidas suspendidas, que son atrapadas con un filtro de aire integrado a la tapa de llenado, se ilustra en la Figura 5 - 18.

Figura 5 - 18. Visor de nivel y tapa de llenado.⁵⁷



Como las líneas de conexión de la bomba principal, motor de prueba, motor del banco, válvula de alivio, bomba auxiliar, sensor de flujo y caudalímetro, se conectan según la prueba a realizar, se decide instalar acoples rápidos en los puertos de cada elemento. Se ilustran en la Figura 5 - 19.

Figura 5 - 19. Acople rápido hidráulico⁵⁸

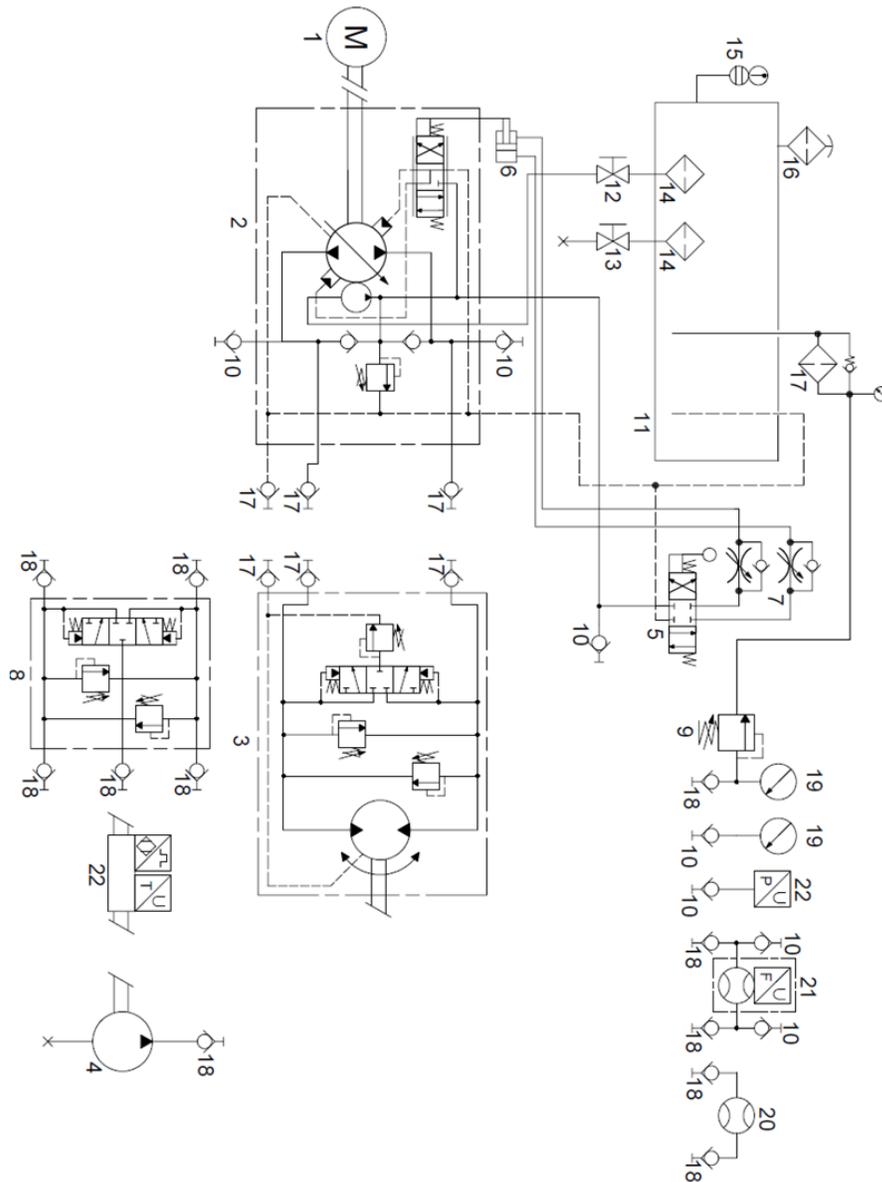


⁵⁷ (Tomado de (<https://www.stauff.com/index.php?id=4128&L=1>))

⁵⁸ (Tomado de (<https://www.tiendahidraulica.com/en/>))

Con todo lo anterior, se concibe el circuito del sistema hidráulico con los elementos anteriormente seleccionados. con el cual se procederá a calcular y seleccionar los componentes representados en el mismo. Se ilustra en la Figura 5 - 20 y Tabla 5 - 2.

Figura 5 - 20. Circuito del sistema hidráulico.⁵⁹



⁵⁹ (Tomado de (Los autores))

Tabla 5 - 2. Tabla de componentes para el circuito hidráulico propuesto.⁶⁰

LISTA DE COMPONENTES		
POSICION	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	MOTOR ELÉCTRICO
2	1	BOMBA CAUDAL VARIABLE
3	1	MOTOR HIDRAULICO
4	1	BOMBA CAUDAL FIJO PARA PRUEBA DE MOTORES
5	1	VÁLVULA DIRECCIONAL CONTROL CAUDAL DE BOMBA
6	1	CILINDRO HIDRAULICO CONTROL CAUDAL DE BOMBA
7	2	VÁLVULA CONTROL DE FLUJO UNIDIRECCIONAL
8	1	BLOQUE DE VALVULAS PARA MOTOR DE PRUEBA
9	1	VALVULA DE ALIVIO PARA PRUEBA BOMBAS Y MOTORES
10	7	PUNTOS DE MEDICIÓN O "TEST POINT"
11	1	DEPOSITO DE ACEITE
12	1	VÁLVULA DE PASO PARA BOMBA DE CARGA
13	1	VÁLVULA DE PASO PARA BOMBA CAUDAL FIJO
14	2	FILTROS DE SUCCIÓN TIPO "STRAINER"
15	1	VISOR DE NIVEL Y TEMPERATURA DE DEPÓSITO
16	1	TAPA DE LLENADO CON FILTRO DE AIRE
17	1	FILTRO DE RETORNO
18	17	ACOPLE RÁPIDO
19	1	MANÓMETRO
20	1	CAUDALÍMETRO
21	1	SENSOR DE FLUJO
22	1	SENSOR DE PRESIÓN
23	1	ACOPLE DE EJE CON SENSOR DE TORQUE Y RPM

⁶⁰ (Tomado de (Los autores))

6. Cálculo y selección de componentes hidráulicos

6.1 Alcance

A continuación, se selecciona y calculan los componentes hidráulicos del banco, según el circuito propuesto en el capítulo anterior, y partiendo de las capacidades de motor eléctrico, motor y bomba hidráulica entregados.

6.2 Motor eléctrico. Posición 1

Motor Siemens referencia 1LE0141-2BA864AA4

6.2.1 Potencia máxima suministrada por el motor eléctrico

Está determinada por la siguiente ecuación (6 – 16):

$$W = W_m * \eta \tag{6 - 16}$$

Donde:

W = Potencia suministrada por el motor, en kW.

W_m = Potencia nominal del motor, en kW.

η = eficiencia del motor eléctrico, adimensional. Teniendo en cuenta los datos según el capítulo 4 se reemplaza:

$$W = 55 \text{ kW} * 0,941$$

$$W = 51,76 \text{ kW [1]}$$

6.3 Bomba principal. Posición 2

Bomba Metaris referencia PV-24-MH-R-A-A-C-13-B1-000

6.3.1 Caudal máximo de la bomba principal

Teniendo en cuenta los datos según capítulo 4 y la fórmula (2-11), para la bomba principal el caudal (Q_1) es igual a la ecuación:

$$Q_1 = \frac{118,70 \text{ cm}^3 * 1780 \text{ min}^{-1}}{1000}$$

$$Q_1 = 211,29 \text{ L/min}$$

Para la bomba de carga de la bomba principal según capítulo 4, el caudal Q_2 es:

$$Q_2 = \frac{32,80 \text{ cm}^3 * 1780 \text{ min}^{-1}}{1000}$$

$$Q_2 = 58,38 \text{ L/min}$$

6.3.2 Potencia absorbida por la bomba principal

La potencia absorbida por la bomba (W_b) es igual a la suma de la potencia de la bomba principal (W_{p1}) y la de su bomba de carga (W_{p2}), esto debido a que son movidas por el mismo eje. Ver ecuación (6 – 17):

$$W_p = W_{p1} + W_{p2} \quad (6 - 17)$$

Y cada una se calcula con:

$$W_{p1} = \frac{Q_1 * \Delta P_1}{600} \quad y \quad W_{p2} = \frac{Q_2 * \Delta P_2}{600} \quad (6 - 18)$$

Reemplazando (6-18) en (6-17) se tiene:

$$W_b = \frac{Q_1 * \Delta P_1}{600} + \frac{Q_2 * \Delta P_2}{600} \quad (6 - 19)$$

Donde:

Q_1 = Caudal de salida de la bomba principal, en L/min

Q_2 = Caudal de salida de la bomba de carga, en L/min

ΔP_1 = incremento de presión entre succión y descarga de la bomba principal

ΔP_2 = incremento de presión entre succión y descarga de la bomba de carga

Teniendo en cuenta los datos del capítulo 4 y al no tener datos sobre la eficiencia total de la bomba de carga, se asume un valor de 0.8⁶¹. (ΔP_1) es la presión relativa máxima permitida para la bomba menos la presión relativa en la succión. Se asume que es cero porque la bomba estará al mismo nivel del fluido en el depósito. Para (ΔP_2) se tiene la misma consideración, siendo 13 bar el ajuste de la válvula de alivio. Reemplazando entonces los valores en (6-19) se tiene:

$$W_b = \frac{211,29 \text{ L/min} * (350 \text{ bar} - 0 \text{ bar})}{600} + \frac{58,38 \text{ L/min} * (13 \text{ bar} - 0 \text{ bar})}{600}$$

$$W_b = 124,52 \text{ kW}$$

Al comparar (W) (6-16), que es la potencia máxima que entrega el motor eléctrico con (W_b), se tiene que ($W < W_b$). Por tanto, es necesario limitar al caudal de la bomba principal al valor máximo de presión, con el fin de transmitir la potencia máxima disponible desde el motor eléctrico en el

⁶¹ (Tomado de (<https://fluidpower.pro/charge-pump-displacement/>))

momento de realizar una prueba donde se requiera la presión máxima (350 bar). La misma consideración se tiene para cuando una prueba requiera el máximo caudal (211,29 L/min), en ese caso se reduce el valor de presión máxima.

Para calcular el caudal a presión máxima, se despeja (Q_1) de (6-19), haciendo ($W_b = W$)

$$51,76 \text{ kW} = \frac{Q_1 * 350 \text{ bar}}{600} + \frac{58,38 \text{ L/min} * 13 \text{ bar}}{600}$$

$$Q_1 = 86,56 \text{ L/min}$$

Para calcular la presión al caudal máximo, se despeja (ΔP_1) de (6-19). Haciendo ($W_b = W$)

$$51,76 \text{ kW} = \frac{211,29 \text{ L/min} * \Delta p_1}{600} + \frac{58,38 \text{ L/min} * 13 \text{ bar}}{600}$$

$$\Delta P_1 = 143,39 \text{ bar}$$

Se obtienen entonces las siguientes combinaciones para aprovechar la máxima potencia:

Caudal máximo permitido a presión máxima: 86,56 L/min a 350 bar

Presión máxima permitido a caudal máximo: 143,39 bar a 211.29 L/min

6.3.3 Caudal y presión reales entregados por la bomba

Para las pruebas de motores la bomba entregará un caudal máximo real que se puede determinar teniendo en cuenta su eficiencia volumétrica, para lo cual se recurre a las curvas de desempeño del catálogo del fabricante, que se ilustran en la Figura 6 - 21.

El caudal real entregado por la bomba se establece con la ecuación (2-10). Se despeja (Q) y se hace igual a ($Q_{143 \text{ bar}}$), que es el caudal máximo permitido máximo para ($(\Delta P_1) \leq 143,39 \text{ bar}$) y con eficiencia volumétrica ($\eta_{vol.} = 95,83\%$). Será de:

$$Q_{143 \text{ bar}} = 211,29 * 0,9583$$

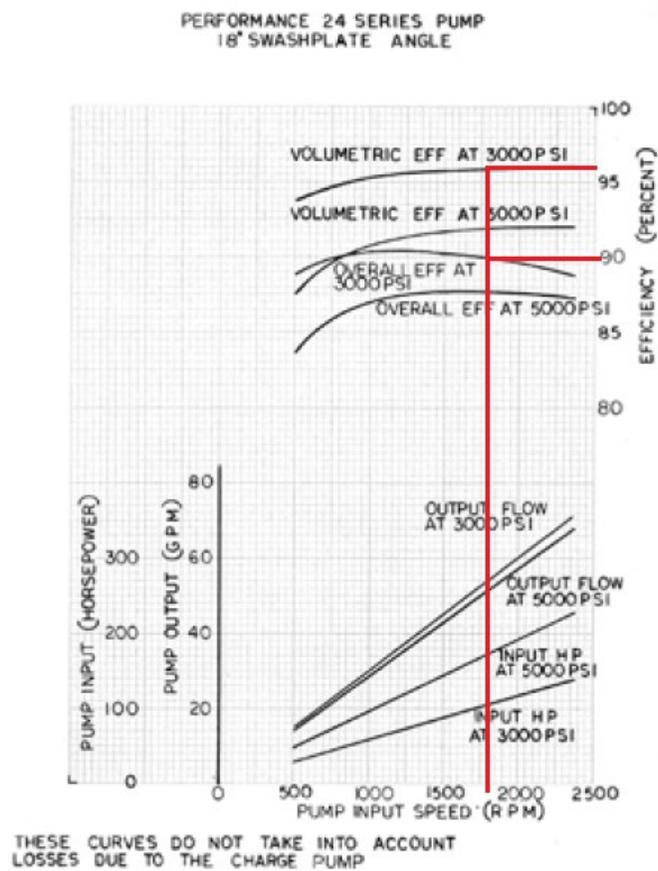
$$Q_{143 \text{ bar}} = 202,48 \text{ L/min}$$

El caudal máximo para ($\Delta P_1 \leq 350 \text{ bar}$), y con eficiencia volumétrica ($\eta_{vol} = 92,50\%$) será de:

$$Q_{350 \text{ bar}} = 86,56 \text{ L/min} * 0,925$$

$$Q_{350 \text{ bar}} = 80,07 \text{ L/min}$$

Figura 6 - 21. Curvas de desempeño bomba Metaris serie PV24.⁶²



⁶² (Tomado de (www.hydraulex.com/pdfs/HG_Metaris_PV_&_MF_Cut-Sheet_web.pdf))

6.3.4 Potencia entregada por la bomba principal

La potencia hidráulica entregada por la bomba principal se calcula con los datos de caudal y presión reales, utilizando la ecuación (2-15), así:

$$W_b = \frac{202,48 \text{ L/min} * 143,39 \text{ bar}}{600}$$

$$W_b = 48,39 \text{ kW}$$

6.4 Motor hidráulico. Posición 3

MF - 24 - A - B - A - 11 - 35 - 35 - 000

6.4.1 Velocidad máxima del motor hidráulico

La velocidad rotacional del eje del motor hidráulico se puede determinar con la misma ecuación para la bomba (2-11). Se despeja n y se hace igual a ($n_{143 \text{ bar}}$), para un caudal máximo ($Q_{143 \text{ bar}}$), y ($V_g = 118,7 \text{ cm}^3$) que es el desplazamiento del motor. Se tiene:

$$n_{143 \text{ bar}} = \frac{202,48 \text{ L/min} * 1000}{118,70 \text{ cm}^3}$$

$$n_{143 \text{ bar}} = 1705,81 \text{ min}^{-1}$$

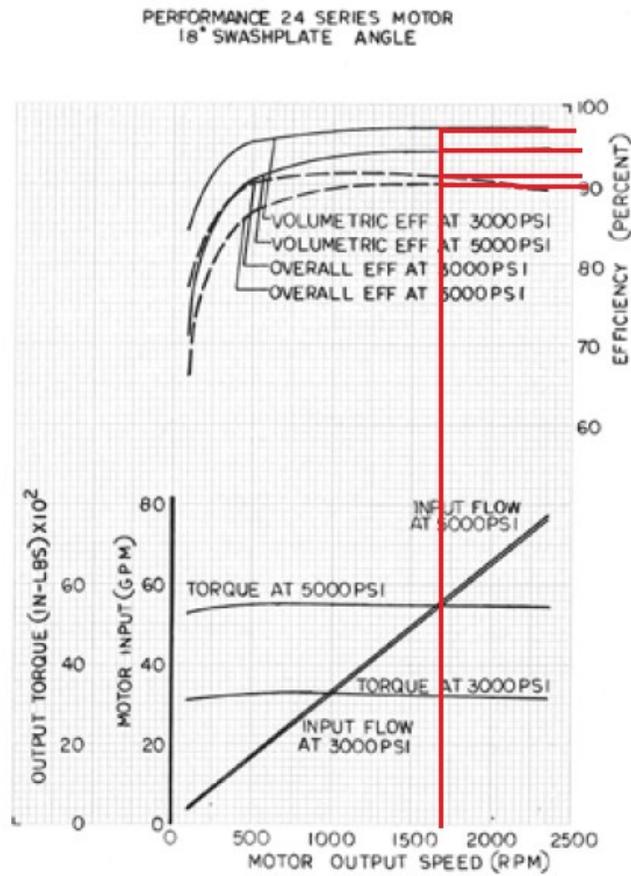
Para un caudal ($Q_{350 \text{ bar}}$) se tiene:

$$n_{350 \text{ bar}} = \frac{80,07 \text{ L/min} * 1000}{118,70 \text{ cm}^3}$$

$$n_{350 \text{ bar}} = 674,56 \text{ min}^{-1}$$

Revisando la curva de desempeño del motor, se puede determinar su eficiencia volumétrica, y así calcular la velocidad real de salida, según la Figura 6 - 22.

Figura 6 - 22. Curvas de desempeño motor Metaris serie MF24.⁶³



η_{vol} = eficiencia volumétrica del motor = 97%, según la ecuación (6 - 20):

$$n_{143 \text{ bar}} = n_t * \eta_{vol} \tag{6 - 20}$$

$$n_{143 \text{ bar}} = 1705,81 \text{ min}^{-1} * 0,97$$

$$n_{143 \text{ bar}} = 1656,64 \text{ min}^{-1}$$

Y con η_{vol} = eficiencia volumétrica del motor = 95% a 350 bar:

$$n_{350 \text{ bar}} = 674,56 \text{ min}^{-1} * 0,95$$

$$n_{350 \text{ bar}} = 640,83 \text{ min}^{-1}$$

⁶³ (Tomado de (www.hydraulex.com/pdfs/HG_Metaris_PV_&_MF_Cut-Sheet_web.pdf))

6.4.2 Torque máximo del motor hidráulico

El torque entregado por el motor hidráulico se determina con la ecuación (6 – 21):

$$M = \frac{V_g * \Delta p * \eta_{mh}}{20\pi} \quad (6 - 21)$$

Donde:

M = Torque entregado por el motor, en Nm

ΔP = diferencial de presión entre entrada y salida del motor, en bar

η_{mh} = eficiencia hidromecánica del motor, adimensional.

Teniendo en cuenta que el catálogo no especifica la eficiencia hidromecánica, pero si la eficiencia volumétrica y eficiencia total, esta se puede calcular con las ecuaciones (6 – 22) y (6 – 23):

$$n_t = \eta_{vol} * \eta_{mh} \quad (6 - 22)$$

$$\eta_{mh} = n_t / \eta_{vol} \quad (6 - 23)$$

Para calcular el torque entregado a 143,39 bar y a la velocidad rotacional máxima,

$n_{143 \text{ bar}} = 1656,64 \text{ min}^{-1}$, se reemplazan los valores conocidos en la ecuación (6-23). Se tiene:

$$\eta_{mh} = 0,91/0,97 \quad \eta_{mh} = 0,9381$$

Siendo (ΔP) la diferencia entre la presión de entrada a 143,39 bar, y la presión de salida = 0, considerando que está conectada a la succión de la bomba, igualando ($M = M_{143 \text{ bar}}$), y reemplazando en la ecuación (6-23) se tiene:

$$M_{143 \text{ bar}} = \frac{118,70 \text{ cm}^3 * (143,39 \text{ bar} - 0 \text{ bar}) * 0,9381}{20\pi}$$

$$M_{144 \text{ bar}} = 254,12 \text{ Nm}$$

Calculando torque entregado a 350 bar y a la velocidad rotacional de ($n_{350 \text{ bar}}$), calculando la eficiencia mecánica-hidráulica η_{mh} con la curva de desempeño y la ecuación (6-25), se tiene:

$$\eta_{mh} = 0,90/0,95 \quad \eta_{mh} = 0,9474$$

Haciendo ($M = M_{350 \text{ bar}}$), y reemplazando los valores conocidos en (6-23):

$$M_{350 \text{ bar}} = \frac{118,70 \text{ cm}^3 * (350 \text{ bar} - 0 \text{ bar}) * 0,9474}{20\pi}$$

$$M_{350 \text{ bar}} = 626,43 \text{ Nm}$$

6.4.3 Potencia máxima del motor hidráulico

La potencia mecánica que puede entregar el motor hidráulico (W_{mh}) está determinada por el torque en el eje y su velocidad rotacional, así. Ver ecuación (6 – 24):

$$W_{mh} = \frac{2\pi * M * n}{60000} \tag{6 - 24}$$

Reemplazando los valores para el torque máximo ($M_{350 \text{ bar}}$) se tiene:

$$W_{mh} = \frac{2\pi * 626,43 \text{ Nm} * 678,52 \text{ min}^{-1}}{60000}$$

$$W_{mh} = 44,51 \text{ kW}$$

6.4.4 Caudal y presión máximo de las bombas de prueba

Teniendo los valores máximos de velocidad rotacional, torque y potencia que entrega el motor hidráulico, se puede determinar los valores máximos de presión y caudal para la prueba de bombas.

Dentro de los requerimientos de HYDRAULICTECH para el banco, se deben probar bombas hasta de 152 L/min. Se procede entonces a calcular la presión máxima para ese caudal con la ecuación (2-15), haciendo ($W_t = W_{mh}$) despejando (ΔP) se asume una eficiencia total general (η_t) de 90%. Se tiene:

$$\Delta P = \frac{44,51 \text{ kW} * 600 * 0,90}{152 \text{ L/min}}$$

$$\Delta P = 158,13 \text{ bar}$$

Para cumplir el requerimiento de presión máxima 350 bar, se calcula el caudal máximo de la bomba de prueba a esa presión. De la ecuación (2-15) se despeja (Q) y se toman los mismos valores anteriores. Se tiene entonces:

$$Q = \frac{44,51 \text{ kW} * 600 * 0,90}{350 \text{ bar}}$$

$$Q = 68,67 \text{ L/min.}$$

Con lo anterior se establecen los valores máximos de presión, caudal y potencia absorbidas para las bombas de prueba.

6.5 Bomba auxiliar. Posición 4

Como se mencionó en el capítulo 5, la bomba auxiliar con la válvula de alivio generará la carga para los motores a probar. De acuerdo con los requerimientos, el torque generado por la bomba auxiliar, acoplada al eje del motor de prueba debe ser de hasta 450 Nm.

HYDRAULICTECH SAS, dispone en sus inventarios de bombas de paletas de desplazamiento fijo, que soportan presiones máximas entre 207 bar y 238 bar. De este modo, se puede seleccionar una bomba de la serie T6D que soporta una presión de 207 bar y ofrece un amplio rango de desplazamientos, con eficiencia total de 93%.

Para calcular el desplazamiento, se despeja (V_g) y se reemplazan los anteriores haciendo (M) =450 Nm, (ΔP) = 207 bar, (η_{mh}) = 0,93 en la ecuación (6-23) que se puede utilizar para bombas.⁶⁴

$$V_g = \frac{20\pi * 450 \text{ Nm}}{207 \text{ bar} * 0,93}$$

$$V_g = 146,87 \text{ cm}^3$$

Se selecciona en el catálogo el desplazamiento igual o mayor más cercano al calculado.

El catálogo muestra caudal a (n) = 1500 min^{-1} , según el catálogo de la bomba de la Figura 6 - 23. por tanto, usamos la ecuación (2-11)

$$Q = \frac{146,87 \text{ cm}^3 * 1500}{1000}$$

$$Q = 220,31 \text{ L/min}$$

El valor más cercano es 237,7 L/min, según el catálogo de bomba de la Figura 6 - 23. Se calcula nuevamente, despejando la ecuación (2-11):

$$V_g = \frac{237,7 \text{ L/min} * 1000}{1500 * 0,93}$$

$$V_g = 170,39 \text{ cm}^3$$

Se recalcula la presión requerida con el desplazamiento ya definido, despejando (ΔP) en la ecuación (6-23)

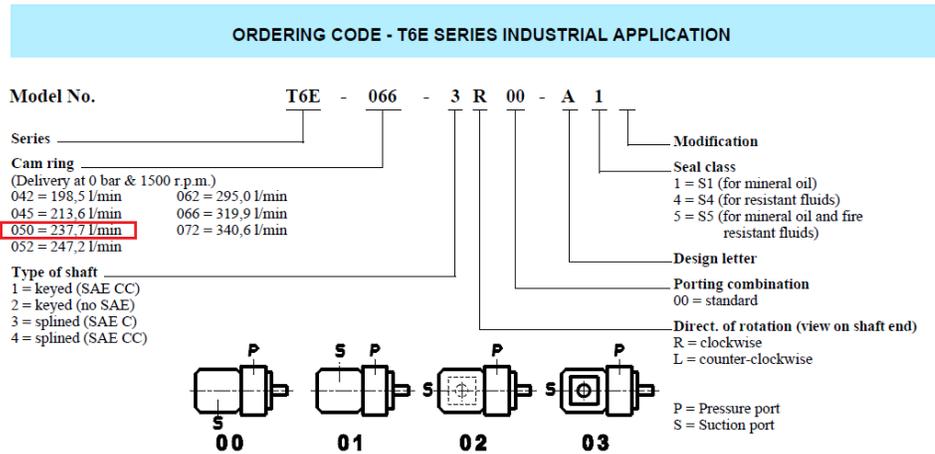
$$\Delta p = \frac{20\pi * 450 \text{ Nm}}{170,39 \text{ cm}^3 * 0,93}$$

$$\Delta p = 178,43 \text{ bar}$$

⁶⁴(Tomado de (BOSCH REXROTH GROUP Hydraulic-Training Axial Piston Units -RE90600/01.98))

Con el inventario disponible en Hydraulictech SAS, se confirma en stock la bomba T6E-05-01R00A1.

Figura 6 - 23. Ordenamiento de código bomba T6E.⁶⁵



6.5.1 Caudal máximo de la bomba auxiliar

El caudal de la bomba auxiliar es inversamente proporcional al desplazamiento del motor a probar. y directamente proporcional a la velocidad rotacional. Así que, para motores con desplazamientos relativamente pequeños, se obtendrán altas revoluciones. De acuerdo con HYDRAULICTECH, un máximo de 1800 min⁻¹ es una velocidad rotacional límite aceptable para los motores que usualmente se ensamblan y reparan para sus clientes. Con esta velocidad se calcula el caudal máximo para la bomba auxiliar, con la ecuación (2-11) y asumiendo una eficiencia volumétrica general de 90%.

$$Q_3 = \frac{170,39 \text{ cm}^3 * 1800 * 0,9}{1000}$$

$$Q_3 = 276.03 \text{ L/min}$$

⁶⁵ (Tomado de (www.hydraulex.com/pdfs/HG_Metaris_PV_&_MF_Cut-Sheet_web.pdf))

6.5.2 Potencia máxima absorbida por la bomba auxiliar

La potencia absorbida por la bomba auxiliar depende de la capacidad del motor de prueba, teniendo en cuenta que esta potencia no será superior a la potencia hidráulica máxima suministrada por la bomba principal, que es 51.76 kW.

6.6 Válvula direccional control caudal de bomba. Posición 5

La variación de desplazamiento de la bomba principal se obtiene modificando la inclinación del plato basculante, y se comanda desde el panel de control del banco, mediante un cilindro de doble efecto accionado por una válvula direccional. Según el circuito diseñado, la válvula se selecciona con ficha técnica de la Figura 6 - 24.

Figura 6 - 24. Válvula direccional control de caudal Hydrome DMT-03.⁶⁶

How to order

DM G - 02 - 3C6 - W

1	Model
2	Mounting type O: Sub-plate mounting T: Thread connection
3	Valve size
4	Valve function Same as solenoidvalve DSG series
5	Centered locking W: Spring centering O: Ball locking

Specifications

Model		Max. Operating Pressure(bar)	Max. Back Pressure (bar)	Max. Flow (lpm)	Weight (kg)		Bolt size
Sub-Plate Mounting	Thread Connection				DMG	DMT	
DMG-02	-	250	140	40	1.5	1.5	M5 x 45L
DMG-03	DMT-03		100	70	3.3	4	M6 x 35L
-	DMT-04		-	120	-	7.5	-
DMG-06	DMT-06	140	140	350	12.5	12	M12 x 55L
-	DMT-10			500	-	23	-

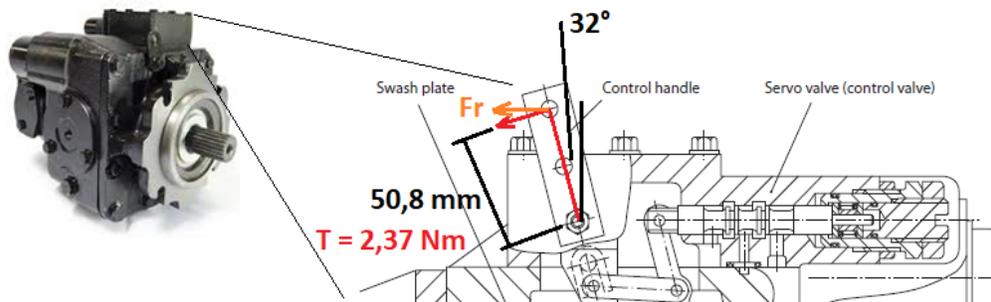
La válvula direccional es de 4 vías 3 posiciones, centro cerrado, accionada por palanca y centrada por resorte. Esta será alimentada por la bomba de carga, con caudal (Q3) = 58.38 L/min y presión máxima de 13 bar. Con un proveedor externo que ofrece la marca HYDROME se selecciona la válvula. La referencia seleccionada es DMT-03-3C2-W.

⁶⁶ (Tomado de (www.hydrome.com.tw/products-type01-))

6.7 Cilindro hidráulico control de caudal de bomba. Posición 6

El cilindro hidráulico deberá accionar la palanca del control de desplazamiento de la bomba principal. De acuerdo con el catálogo, se debe aplicar a la palanca un torque de 2,37 Nm. Se ilustra en la Figura 6 - 25.

Figura 6 - 25. Diagrama de cuerpo libre para palanca de control de desplazamiento de bomba principal.⁶⁷



Haciendo:

$$F_x = \frac{2,37 \text{ Nm}}{50,8 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

$$F_x = 46,65 \text{ N}$$

$$F_r = \frac{46,65 \text{ N}}{\cos(32^\circ)}$$

$$F_r = 55,01 \text{ N}$$

El cilindro hidráulico debe hacer una fuerza máxima de 55,01 N para mover la palanca en ambos sentidos. Teniendo la bomba de carga como fuente de energía, La presión disponible para el cilindro es de $(P) = 13 \text{ bar}$. Como la fuerza del cilindro (F) es igual a:

$$F = P * A \quad (6 - 25)$$

⁶⁷ (Tomado de (Los autores))

Se despeja A, para hallar el área del pistón del cilindro ver la ecuación (6 – 26):

$$A = F/P \quad (6 - 26)$$

$$A = \frac{55,01 \text{ N}}{13 \text{ bar}} * \frac{1 \text{ bar}}{10^5 \text{ N/m}^2}$$

$$A = 4,23 * 10^{-5} \text{ m}^2 \frac{10^6 \text{ mm}^2}{1 \text{ m}^2}$$

$$A = 42,30 \text{ mm}^2$$

Tomando la ecuación (6 – 27) para el diámetro se tiene:

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} \quad (6 - 27)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 42,3 \text{ mm}^2}{\pi}}$$

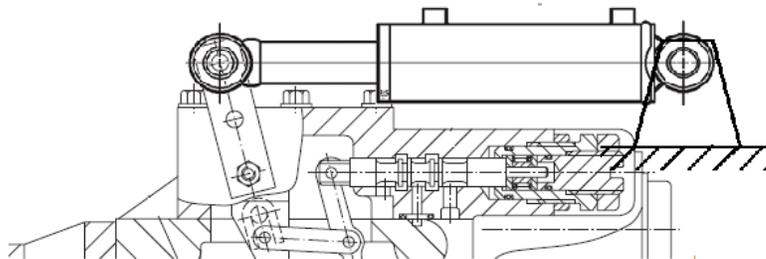
$$D = 7,34 \text{ mm}$$

Este diámetro es muy pequeño, comparado con lo que comercialmente se fabrica. Se ubica un proveedor que ofrece una línea de cilindros hidráulicos compactos.

6.7.1 Forma constructiva y montaje.

El cilindro debe tener pivote posterior y horquilla para absorber la pequeña desalineación respecto a la línea de aplicación de fuerzas. Se ilustra en la Figura 6 - 26.

Figura 6 - 26. Esquema de la posición del cilindro hidráulico en el control de la bomba.⁶⁸



⁶⁸ (Tomado de (Los autores))

La referencia seleccionada para el cilindro es CHMC2080 + horquilla referencia Y-02, según el catálogo mostrado en la Figura 6 - 27.

Figura 6 - 27. Cilindro hidráulico para control desplazamiento SMC.⁶⁹

Forma de pedido

CHKD

CHKG

CHOB

CHM

CHN

CHM L 25 100

Con detector magnético CHDM L 25 100 C73

Número de detectores magnéticos

-	2 unis.
S	1 un.
m	7 un.

Detector magnético

-	Sin detector magnético
---	------------------------

+ Seleccione modelos de detectores magnéticos aplicables de la tabla inferior.

Modelos de montaje

B	Modelo básico
L	Modelo escuadra
F	Brida delantera
C	Brida trasera
C	Fijación oscilante macho

Diámetro

20	20mm
25	25mm
32	32mm
40	40mm

Carrera del cilindro (mm)

Véase la tabla de carreras estándar en la página siguiente.

Horquilla macho en forma de Y

ø20: Y-02 ø32: Y-04A
 ø25: Y-03 ø40: Y-04B

Material: acero laminado Material: hierro fundido

Esfuerzo teórico

Diámetro (mm)	Tamaño vástago (mm)	Sentido de movimiento	Área efectiva (mm²)	Presión de trabajo (MPa)					
				1	1.5	2	2.5	3	3.5
20	10	SALIDA	314	314	471	628	785	942	1099
		ENTRADA	235	235	352	470	587	705	822
25	12	SALIDA	490	490	735	980	1225	1470	1715
		ENTRADA	377	377	565	754	942	1131	1319
32	16	SALIDA	804	804	1206	1608	2010	2412	2814
		ENTRADA	603	603	904	1206	1507	1809	2110
40	18	SALIDA	1256	1256	1884	2512	3140	3768	4396
		ENTRADA	1002	1002	1503	2004	2505	3006	3507

Esfuerzo teórico (N) = Presión (MPa) x Área efectiva (mm²)

Ref.	Diámetro aplicable (mm)	A1	E1	L1	MM	R1	U1	ND150	NX	NZ	V de pñ aplicable	Nota estándar
Y-02	20	16	20	36	86	5	14	9 ^{10/16}	9 ^{2/1}	18	CDP-1	Modelo C, ø3 para eje
Y-03	25	18	20	38	116x125	5	14	9 ^{10/16}	9 ^{2/1}	18	CDP-1	Modelo C, ø3 para eje
Y-04A	32	22	24	55	116x115	13	25	12 ^{10/16}	16 ^{2/1}	38	CDP-3	ø3 x 18R
Y-04B	40	22	24	55	116x115	13	25	12 ^{10/16}	16 ^{2/1}	38	CDP-3	ø3 x 18R

6.8 Válvula control de flujo. Posición 7

Para regular la velocidad del cilindro hidráulico de control de desplazamiento, en ambos sentidos se instala un control de flujo unidireccional en cada línea que conecta el cilindro con la válvula que lo controla. Esto permite un cambio lento en el desplazamiento de la bomba y, por tanto, se evitan movimientos bruscos y picos de presión en bombas y motores.

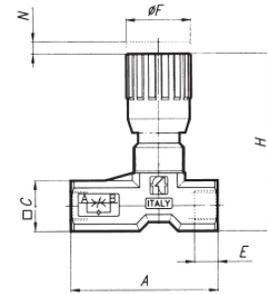
⁶⁹ (Tomado de (<https://www.smc.eu/es-es/productos/cilindros-hidraulicos-49409-nav>))

El caudal máximo que pasa por las líneas que alimentan el cilindro es el de la bomba de carga (Q_2) = 58,38 L/min. Se selecciona entonces una válvula del stock de HYDRAULICTECH marca FT TOGNELLA FT251/5-S-14. Se ilustra en la Figura 6 - 28.

Figura 6 - 28. Válvula control de flujo unidireccional FT TOGNELLA.⁷⁰

FT 251/5-S FLOW CONTROL VALVES

- Flow control valves, needle type
- 1-way flow control, adjustable
- BSP thread ports for in-line assembly
- Steel body, poppet and spring in steel
- Maximum operating pressure: 400 bar
- Adjustment hand-grip with locking screw



PERFORMANCE DATA									
ORDERING CODE	Symbol	Ports	Q_{MAX} (l/min)	A	C	E	ØF	H	M
FT 251/5-S-14		1/4" BSP	16	56	17	12	22	61	4,5
FT 251/5-S-38		3/8" BSP	30	64,5	22	13	27	74	7
FT 251/5-S-12		1/2" BSP	60	87	27	16	33	85,5	10

Subject to technical and dimensional changes without notice
Available on request port sizes 3/4" BSP, 1" BSP, 1-1/4" BSP, 1-1/2" BSP

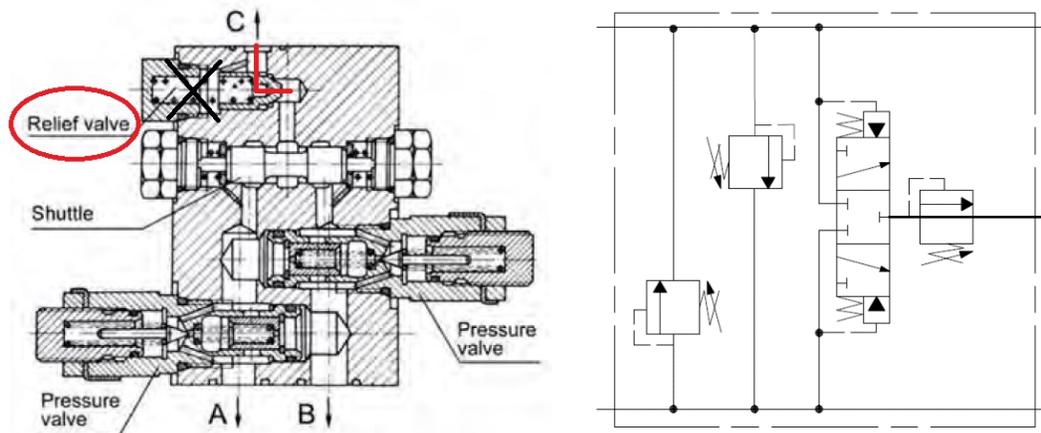
6.9 Bloque de válvulas de motor de prueba. Posición 8

La función de este bloque de válvulas es limitar la presión máxima en cada línea que alimenta el motor hidráulico de prueba, sin importar la dirección de giro. Todas las fugas internas que saldrán por la línea de drenaje del motor deben retornar al circuito cerrado para que la bomba principal funcione correctamente. Analizando el circuito, es muy similar a un bloque de válvulas o manifold, que es el que ofrece METARIS para los motores de circuito cerrado. Realizando una modificación a este manifold se puede cumplir con el funcionamiento requerido: se retira la válvula de alivio y se tapona. Se ilustra en la Figura 6 - 29.

⁷⁰ (Tomado de (<http://www.tognella.it/sfogliabili/catalogo-sfogliabile-en/files/assets/basic-html/index.html#I>))

Este manifold está diseñado para todos los motores de la serie MF cuando son utilizados por todas las bombas de serie PV; por tanto, cumple con los requerimientos de caudal y presión.

Figura 6 - 29. Bloque de válvulas para motor serie MF modificado.⁷¹



6.10 Válvula de alivio. Posición 9

Con la válvula de alivio se generará restricción al aceite que envía la bomba auxiliar.

Las válvulas de alivio de pistón balanceado ofrecen estabilidad y facilidad en el ajuste de la presión máxima en la línea. HYDRAULICTECH ofrece en stock las válvulas HYDROME. La válvula seleccionada es la de referencia BT-10-H, esta cumple con los requerimientos de caudal y presión.

Se ilustra en la Figura 6 - 30.

⁷¹ (Tomado de (www.hydraulex.com/pdfs/HG_Metaris_PV_&_MF_Cut-Sheet_web.pdf))

Figura 6 - 30. Válvula de alivio Hydrome BT-10-H.⁷²

How to order

BT - 06 - H			
1	2	3	4
1	Model		
2	Mounting type T: Thread connection		
3	Valve size 03: 3/8" 04: 1/2" 06: 3/4" 10: 1-1/4"		
4	Pressure adjusting range B: 5-70 bar C: 10-140 bar H: 35-230 bar 2H: 140-320 bar		

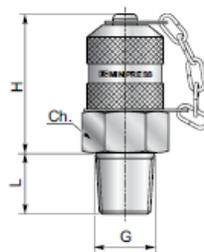
Specifications

Model	Max. Operating Pressure (bar)	Pressure Adj. Range (bar)	Max. Flow (lpm)	Weight (kg)
BT-03	300	B: 5-70	60	2.5
BT-04		C: 10-140	100	2.5
BT-06		H: 35-230	200	4
BT-10		2H: 140-320	400	8.5

6.11 Puntos de prueba o “test point”. Posición 10

Los puntos de prueba deben conectarse fácilmente a los sensores y manómetros. Es importante que tengan la misma rosca que tiene el caudalímetro del Parker Service Master Plus Kit. Según el catálogo la rosca del “test point” es M16 paso 2 mm con acople rápido. Se ha ubicado un proveedor local de la marca Minipress. La referencia seleccionada es S10914180C, se ilustra en la Figura 6 - 31.

Figura 6 - 31. Test point Minipress.⁷³



G	H	L	Ch	PN [bar]	Tenuta/Seal	Codice/Ref.
GAS conica / B.S.P taper						
ISO 7/1 R 1/8" *	37	10	17	400	Type D	S10818280C
ISO 7/1 R 1/4" *	37	12	19	630		S10814190C
ISO 7/1 R 3/8"	37	14	22	630		S10838190C
NPTF / NPTF						
1/8"-27 NPTF*	37	10	17	400	Type D	S10918270C
1/4"-18 NPTF*	37	17	17	630		S10914180C
3/8"-18 NPTF*	37	16	22	630		S10938180C
1/2"-14 NPTF*	37	17	24	630		S10912140C

*Disponibili in INOX / Available in Stainless steel

Opzioni/Options **0** **P**

⁷² (Tomado de (<http://www.hydrome.com.tw/products-type01.aspx?ProductID=20140722141243413&ProductTypeID=20140717093457597>))

⁷³ (Tomado de (<https://www.minipress.it/en/our-standard-products/test-couplings-for-pressure-control/>))

6.12 Depósito de aceite. Posición 11

El diseño del depósito de aceite debe permitir la disipación del calor generado en el circuito hidráulico, así como la separación de partículas sólidas de aceite y separación del aire o desaireación. La capacidad recomendada es entre dos y tres veces el volumen suministrado por la bomba en un minuto ⁷⁴. Siendo la bomba de carga la que toma el aceite del tanque en todo proceso, se tiene entonces:

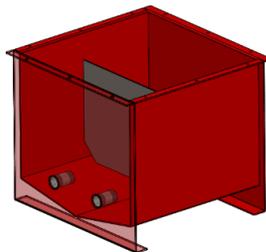
$$58,18 \text{ L/min} * 2,5 \text{ min} = 145.45 \text{ L}$$

Lo que sigue es diseñar el depósito con capacidad de 150 L., que debe llevar las conexiones para las líneas de succión de la bomba de carga de la bomba principal y la bomba auxiliar para pruebas de motores. En los anexos se relacionan los planos de fabricación del depósito de aceite.

6.13 Válvula de paso para bomba de carga. Posición 12

La línea de succión lleva el fluido desde el depósito de aceite hasta la bomba de carga de la bomba principal. El tamaño de la válvula de bola depende del diámetro de la rosca de conexión de la manguera o tubería que conecta la válvula de paso con la succión de la bomba. Esta medida debe garantizar una velocidad del fluido adecuada para la bomba. Con ayuda de tablas estandarizadas en la industria se determina el diámetro nominal para la línea de succión, se ilustra en la Figura 6 - 32.

Figura 6 - 32. Depósito de aceite para el banco de pruebas.⁷⁵



⁷⁴ Manual de oleohidráulica Vickers

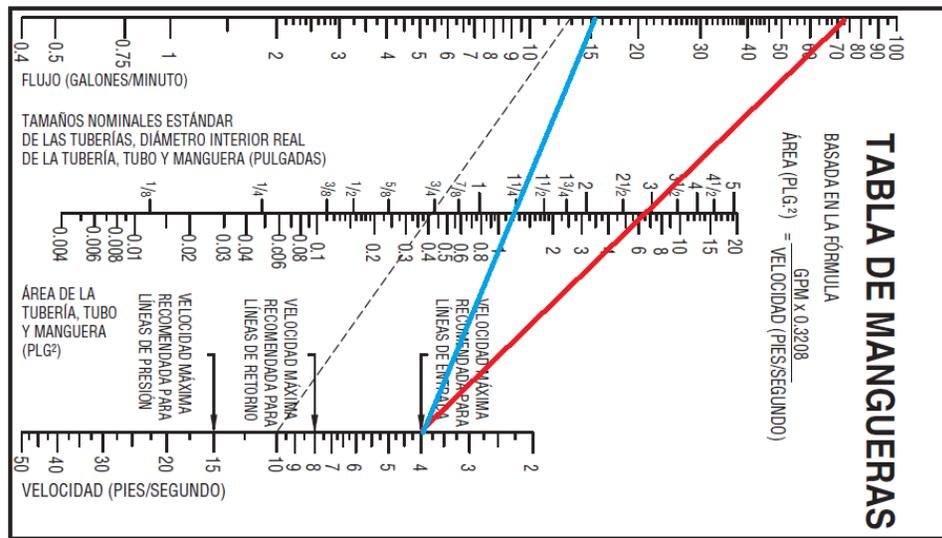
⁷⁵ (Tomado de (Los autores))

Siendo el caudal de la bomba:

$$58,18 \text{ L/min} * (1 \text{ gpm}) / (3,785 \text{ L/min}) = 15,37 \text{ gpm}$$

Según la Tabla 6 - 3, se recomienda un diámetro de línea de succión nominal mínima de 1 1/4". Se selecciona la línea de succión en 1 1/2", por tanto el tamaño nominal y la rosca de la válvula de paso será de 1 1/2" NPT.

Tabla 6 - 3. Tabla para selección de diámetros nominales según la velocidad recomendada para succión, retorno y presión.



6.14 Válvula de paso para bomba auxiliar. Posición 13

La línea de succión para la bomba auxiliar de pruebas para motores será la misma para la prueba de bombas. Por tanto, debe tener la capacidad para el caudal máximo que se va a manejar. De acuerdo con los cálculos anteriormente realizados para las bombas, el caudal máximo será de 276,03 L/min.

$$276,03 \text{ L/min} * (1 \text{ gpm}) / (3,785 \text{ L/min}) = 72,9 \text{ gpm}$$

De acuerdo con la Tabla 6 - 3. , se recomienda un diámetro de línea de succión nominal mínima de 2 5/8". Se selecciona la línea de succión en 3", por tanto, el tamaño nominal y la rosca de la válvula de paso será de 3" NPT.

6.15 Filtros de succión tipo “strainers”. Posición 14

Para las líneas de succión es recomendable utilizar filtros de tipo *strainer* para no tener problemas de cavitación en las bombas con un filtro de malla más fina. Comercialmente este tipo de filtros están disponibles con una malla de 149 μm . El diámetro de la rosca no puede ser menor al diámetro nominal de la línea de succión. Por tanto, para la bomba de carga se debe seleccionar un filtro de 1 1/2" NPT y para la bomba auxiliar, uno de 3" NPT. Figura 6 - 33.

6.16 Visor nivel y temperatura y tapa llenado. Posición 15 y 16

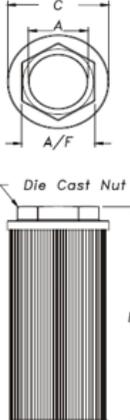
Existen tres tamaños estandarizados de visores de nivel: 3", 5" y 10". De acuerdo con el tamaño del depósito se decide utilizar el visor de 10".

Para la tapa de llenado se cuenta con dos tamaños, según el diámetro de la tapa: 46 mm y 77 mm, se selecciona esta última.

6.17 Filtro de retorno. Posición 17

El filtro de retorno va a retener las partículas sólidas disueltas en el fluido que viene de la válvula de alivio que genera la carga en la bomba de prueba o en la bomba auxiliar. Se debe seleccionar el tipo de elemento filtrante: eficiencia y tipo de material, de acuerdo con las características de los componentes hidráulicos del banco. Los fabricantes proporcionan tablas para ayudar a la adecuada selección, que se ilustra en la Figura 6 - 34.

Figura 6 - 33. Selección de filtros de succión tipo “strainer”.⁷⁶



MODEL NO	FLOW LPM	THREAD SIZE A	CODE	OVERALL LENGTH B	DIA NUT CAP C	NUT A/F	SCREEN AREA (SQ. CMS)	WT KGS	MAGNET WRAP
SC3 - 002	8	1 / 4	02	90	46	24	187	0.10	2
SC3 - 003	12	3 / 8	03	90	46	24	187	0.10	2
SC3 - 005	20	1 / 2	04	105	46	30	226	0.10	2
SC3 - 007	28	3 / 4	06	109	64	35	406	0.20	2
SC3 - 010	40	1	08	139	64	46	542	0.20	2
SC3 - 015	60	1 - 1 / 4	10	139	86	51	929	0.30	2
SC3 - 020	80	1 - 1 / 2	12	168	86	60	1161	0.35	2
SC3 - 030	120	1 - 1 / 2	12	200	86	60	1393	0.40	2
SC3 - 040	160	2	16	235	100	70	1806	0.55	2
SC3 - 050	200	2	16	260	100	70	2032	0.60	2
SC3 - 075	300	2 - 1 / 2	20	211	150	90	2787	0.85	3
SC3 - 100	400	3	24	272	150	100	3677	1.00	3
SC3 - 150	600	3	24	345	150	100	4838	1.25	3

Figura 6 - 34. Tabla para selección de medios filtrantes.⁷⁷

Uso típico	Aeronáutica, bancos de prueba	Aeronáutica, Robótica,	Robótica, precisión de máquinas herramienta,	Máquinas de alta confiabilidad, Transmisiones hidráulicas.	Máquinas industriales, máquinas de movimiento de tierra	Máquinas móviles	Máquinas para industria pesada	Máquinas para sistemas agrícolas de servicio no continuo
Bombas y/o motores		Pistón, variable >21 MPa	Pistón, variable <21 MPa Paleta, variable >14 MPa	Pist.paleta, variable <14 MPa Pist.paleta, fijo >14 MPa	Pistones, fijos <14 MPa Paleta, fijo >14 MPa	Paleta, fijo >14 MPa Engranaje >14 MPa	Paleta, engranaje fijo <14 MPa	Paleta, engranaje fijo <14 MPa
Válvulas	Servoválvulas >21 MPa	Servoválvulas <21 MPa Proporcional >21 MPa	Proporcional <21 MPa Cartucho >14 MPa	Cartucho <14 MPa	Solenoides >21 MPa	Solenoides <21 MPa	Solenoides >14 MPa	Solenoides >14 MPa
Clase de Contaminación NAS 1638	4	5	6	7	8	9	10	11
Clase de Contaminación ISO 4406 - 1999	15/13/10	16/14/11	17/15/12	18/16/13	19/17/14	20/18/15	21/19/16	22/20/17
Medio del filtro UFI recomendado	FA 0.3 > 200	FA - FB 0.3 > 200 0.6 > 200	FB 0.6 > 200	FB - FC 0.6 > 200 0.12 > 200	FC - FD 0.12 > 200 0.25 > 200	FD 0.25 > 200	FD - CC 0.25 > 200 0.10 > 2	CC 0.10 > 2

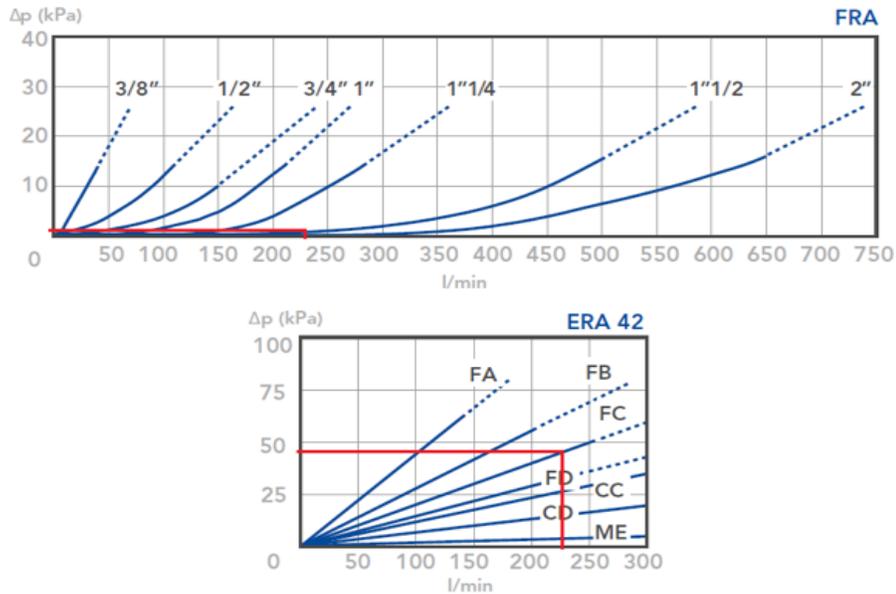
Se selecciona un filtro de montaje sobre tanque con válvula de bypass para desviar el caudal cuando esté obstruido por suciedad. Ahora, teniendo en cuenta el caudal máximo que es de 237,7 L/min, se selecciona la serie del filtro, y se busca la curva de caída de presión de la carcasa y del elemento filtrante, según el medio recomendado para la aplicación. La suma de las caídas de presión de la carcasa y el elemento filtrante no debe ser mayor a 1/3 de la apertura de la válvula bypass.

Para el fabricante UFI se selecciona la serie FRA. Tiene un valor de apertura de bypass de 1.7 Bar (50 kPa), Se revisan las curvas de caída de presión en la carcasa y en el elemento filtrante tipo FC. Se ilustra en la Figura 6 - 35.

⁷⁶ (Tomado de (<https://hydroline.com/pdf/SC3-%20PG1%20-240412.pdf>))

⁷⁷ (Tomado de (https://www.ufihyd.com/pdf/en/Ufi-Sofima_HYD_Catalogo_2018_Web.pdf))

Figura 6 - 35. Curvas de caída de presión para carcasa y elemento filtrante serie FRA.⁷⁸



Con lo anterior, el filtro seleccionado es FRA42N12BNFCW.

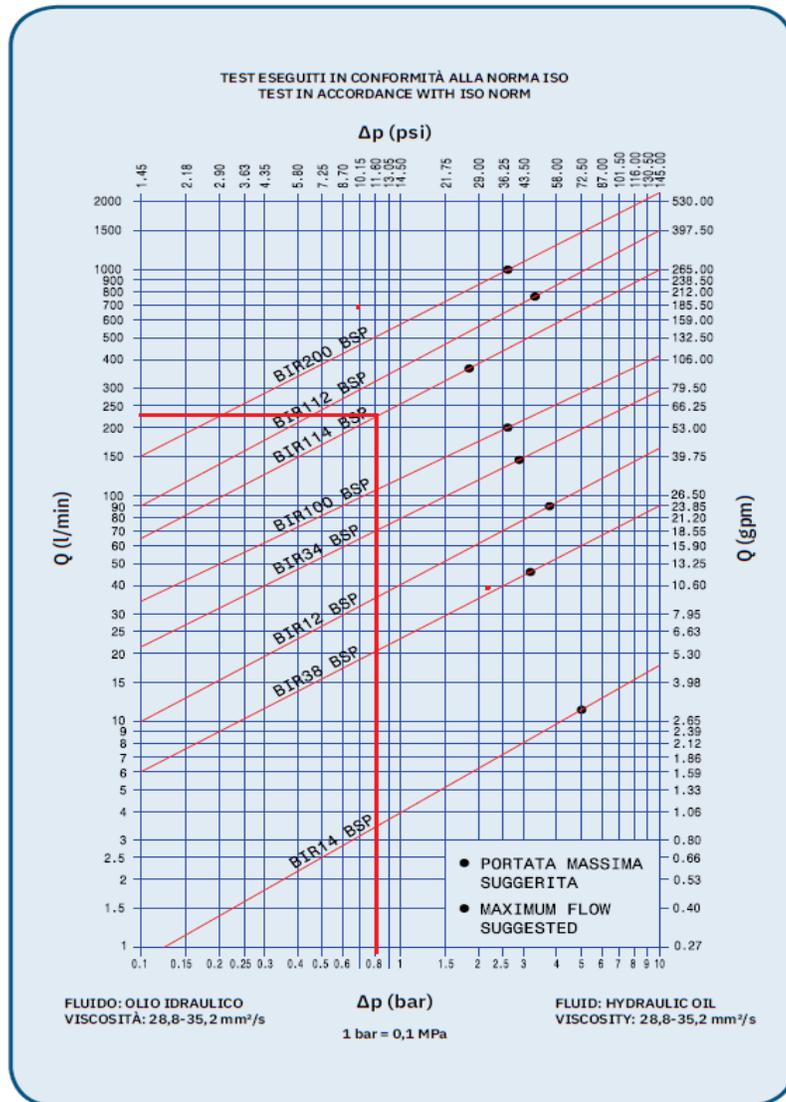
6.18 Acoples rápidos. Posición 18

Se debe seleccionar los acoples rápidos con el diámetro nominal adecuado para el caudal máximo que circulará en las líneas. Hay que tener en cuenta que deben soporten la presión máxima.

Mediante la tabla del fabricante STUCCHI, que se muestra en la Tabla 6 - 4, se determina el diámetro nominal de los acoples rápidos. Con el diámetro de 1 1/4" se tiene una caída de presión mediante el acople rápido de 0,8 bar, que es mínima para el funcionamiento del banco.

⁷⁸ (Tomado de (https://www.ufihyd.com/pdf/en/Ufi-Sofima_HYD_Catalogo_2018_Web.pdf))

Tabla 6 - 4. Tabla de selección de acoples rápidos serie BIR.⁷⁹



⁷⁹ (Tomado de https://www.stucchigroup.com/app/uploads/2018/12/BIR_StucchiQuickCouplingsCatalog_February2020_EN.pdf)

6.19 Manómetros. Posición 19

Es importante contar con manómetros de distintos rangos con el fin de tener mayor precisión en las lecturas de presión visuales. Se puede esperar visualizar medidas entre 0 y 350 bar. Por tanto, es ideal tener unos cuatro manómetros por rango en caso de querer tomar presiones simultáneamente en varios puntos. Es importante también contar con varios latiguillos que puedan conectarse a los puntos de prueba y a los manómetros. Se ilustra en la Tabla 6 - 5 la lista de elementos sugeridos.

Tabla 6 - 5. Manómetros y accesorios sugeridos para medición de presiones.⁸⁰

CARACTERISTICAS	RANGO DE PRESION	CANTIDAD	OTROS ACCESORIOS	CANTIDAD
Manómetro carátula 63,5 mm con glicerina. Conexión vertical de 1 /4" NPT	0-5 bar	4	Latiguillo 2,5 m longitud. Rosca hembra en ambas puntas M16 x paso 2 mm	4
	0-10 bar	4		
	0-20 bar	4		
	0-30 bar	4		
	0-50 bar	4	Adaptador de rosca macho M16 paso 2 mm, y rosca hembra 1 /4" NPT	4
	0-100 bar	4		
	0-250 bar	4		
	0-400 bar	4		

6.20 Caudalímetro. Posición 20

El caudalímetro de área variable en línea permite indicar visualmente el caudal del fluido que lo atraviesa. Se utiliza para medir el flujo que sale por la línea de drenaje de las bombas de pistones axiales de desplazamiento variable y los motores hidráulicos que cuentan con drenaje externo. HYDRAULICTECH tiene en stock un caudalímetro HEDLAND H761-010-S y puede utilizarse en el banco, se ilustra en la Figura 6 - 36.

⁸⁰ (Tomado de (Los autores))

Figura 6 - 36. Caudalímetro HEDLAND H761-010-S.⁸¹

3500/6000 PSI flow meters

For petroleum fluids

Ordering information

Nominal port size ²⁾	Flow range		Pressure drop			Model number (see example below)			Material [⊗]			Options [◆]
	gal/min	l/min	50% flow psi (bar)	100% flow psi (bar)	Reverse 100% flow psi (bar)	SAE	NPTF	BSPP [Ⓢ]	Aluminium 3500 psi	Brass 3500 psi	Stainless steel	Reverse flow
1" SAE 16	0.2 - 2.0	1 - 7.5	1.0 (.07)	2.0 (.14)	2.9 (.20)	H760 [⊗] -002 - [◆]	H761 [⊗] -002 - [◆]	H762 [⊗] -002 - [◆]	A	B	S	RF
	0.5 - 5.0	2 - 19	2.5 (.17)	3.5 (.24)	5.3 (.37)	H760 [⊗] -005 - [◆]	H761 [⊗] -005 - [◆]	H762 [⊗] -005 - [◆]				
	1 - 10	5 - 38	3.5 (.24)	9.0 (.62)	8.8 (.61)	H760 [⊗] -010 - [◆]	H761 [⊗] -010 - [◆]	H762 [⊗] -010 - [◆]				
	2 - 20	10 - 76	4.0 (.28)	9.0 (.62)	18.0 (1.24)	H760 [⊗] -020 - [◆]	H761 [⊗] -020 - [◆]	H762 [⊗] -020 - [◆]				
	3 - 30	10 - 115	7.0 (.48)	16.5 (1.1)	45.1 (3.11)	H760 [⊗] -030 - [◆]	H761 [⊗] -030 - [◆]	H762 [⊗] -030 - [◆]				
	4 - 40	15 - 150	9.0 (.62)	24 (1.7)	87.5 (6.04)	H760 [⊗] -040 - [◆]	H761 [⊗] -040 - [◆]	H762 [⊗] -040 - [◆]				
5 - 50	20 - 190	12.5 (.86)	34 (2.3)	150 (10.4)	H760 [⊗] -050 - [◆]	H761 [⊗] -050 - [◆]	H762 [⊗] -050 - [◆]					

6.21 Sensor de flujo. Posición 21

El equipo Parker Service Master Plus que posee HYDRAULICTECH tiene incluido un sensor de flujo con rango de medición de 10 a 300 L/min, tiene dos puertos con *test point* para conectar sensores de temperatura y presión. Se puede conectar en serie con la línea por medir y soporta hasta 400 bar, se ilustra en la Figura 6 - 37.

Figura 6 - 37. Sensor de flujo Parker.⁸²

Analog Flow Sensor Part Numbers							
Measuring Range	Flow Sensor with PD Nipple	Flow Sensor with PDP Nipple	Flow Sensor with EMA Nipple	Inlet/Outlet Port Configuration	Length (in.)	Height (in.)	Width (in.)
0.2 - 4 gpm (1 - 15 l/min)	SCFT-0004-PD	SCFT-0004-PDP	SCFT-0004-EMA	3/4-16 ORB	5.35	4.61	1.46
1 - 16 gpm (4 - 60 l/min)	SCFT-0116-PD	SCFT-0116-PDP	SCFT-0116-EMA	1 1/16-12 ORB	7.48	5.12	2.44
3 - 80 gpm (10 - 300 l/min)	SCFT-0380-PD	SCFT-0380-PDP	SCFT-0380-EMA	1 5/16-12 ORB	7.48	5.28	2.44
5 - 160 gpm (20 - 600 l/min)	SCFT-5160-PD	SCFT-5160-PDP	SCFT-5160-EMA	1 5/8-12 ORB	8.35	5.91	2.44

Analog Flow Sensors Technical Data	
Pressure Rating	6000 PSI
Fluid Temperature Range	-4°F to +194°F
Ambient Temperature Range	-4°F to +122°F
Media/Compatibility	Petroleum Based Fluids (Contact factory for use with water based hydraulic fluids)
Flow Measurement Accuracy	±1.0% Actual Reading
Voltage Input	+7 to 12 VDC (Supplied by SensoControl meter)
Current Requirement	6mA
Response Time	50 ms
Viscosity Range	10 to 100 cSt

Material Specifications	
Flow Block	Anodized Aluminum
Turbine	Stainless Steel
Bearings	Stainless Steel
Seal Material	Nitrile
Electrical Connection	5 Pin Push-Pull Style

⁸¹ (Tomado de (Catalogo VA_HED_KAT_SP_02_0164))

⁸² (Tomado de (SensoControl_Diagnostic_Products_CAT_3854_USA_Aug2012))

6.22 Sensor de presión. Posición 22

El equipo Parker Service Master Plus posee HYDRAULICTECH y tiene incluido un sensor de presión análogo con rango de medición de 0 a 600 bar. Puede conectarse directamente a un *test point* con rosca M16 x paso 2 mm. Se ilustra en la Figura 6 - 38.

Figura 6 - 38. Sensor de Presión Parker.⁸³



Pressure Transducer - Analog

- Five measurement ranges: Vacuum to 8,750 PSI
- Color coded for easy identification
- Corrosion resistant stainless steel housing
- Accuracy of 0.50% Max Full Scale
- Available with PD, PDP or EMA style diagnostic couplings

Analog Transducer Part Numbers and Technical Data					
					
	PD *-0100	PD *-0600	PD *-1500	PD *-4000	PD *-6000
Color Code	Blue	Green	Yellow	Orange	Red
Measuring Range (Pressure)	-14.5 to 235 psi	0 to 870 psi	0 to 2175 psi	0 to 5800 psi	0 to 8700 ^{III} psi
Measuring Range (Temp)	-13°F to 221°F	-13°F to 221°F	-13°F to 221°F	-13°F to 221°F	-13°F to 221°F
Max. Overload Pressure	290 psi	1450 psi	3625 psi	14500 psi	14500 psi
Output Signal (Volts)	-0.2 to 2	0 to 3	0 to 3	0 to 3	0 to 3
Response Time	1 ms	1 ms	1 ms	1 ms	1 ms
Excitation Voltage	7-12 VDC	7-12 VDC	7-12 VDC	7-12 VDC	7-12 VDC
Accuracy (max)	0.50% FS	0.50% FS	0.50% FS	0.50% FS	0.50% FS

6.23 Sensor de torque y velocidad rotacional. Posición 23

6.23.1 Sensor de velocidad rotacional

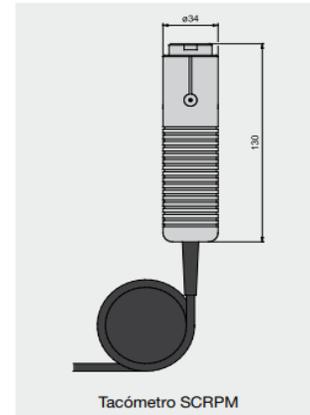
Parker ofrece el sensor de velocidad rotacional de referencia SCRPM-220, solo se requiere conectar al Parker Service Master plus Kit. No necesita configuración inicial. Se ilustra en la Figura 6 - 39.

⁸³ (Tomado de (SensoControl_Diagnostic_Products_CAT_3854_USA_Aug2012))

Figura 6 - 39. Sensor de velocidad rotacional.⁸⁴

Especificaciones técnicas	
Entrada	
Distancia de medición	25...500 mm
Ángulo de medición	± 45°
Tipo de medición	optico, LED rojo
Salida	
Ratio de medida	20...10.000 RPM
Precisión	< 0,5 % FS
Resolución	± 5 RPM
Conexión eléctrica al medidor manual	
Cable fijo 3 metros	5 pins /4 pins
Temperatura ambiente	0...70 °C
General	
Material	ABS
Dimensiones	∅ 34 mm/L = 130 mm
Peso	230 g

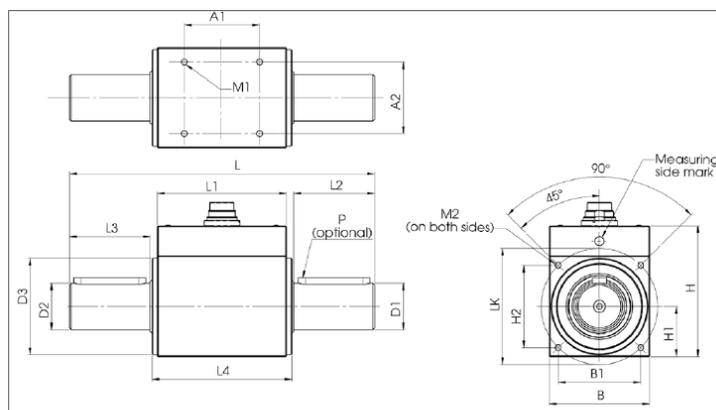
FS = FullScale (Valor de escala completa)



6.23.2 Sensor de torque

El fabricante Messtechnik ofrece sensor de torque análogo con amplificador de señal integrado. La señal es de 0-10v, compatible con el Parker Service Master Plus Kit. Se fabrican con varios rangos y tamaños. Se ilustra en la Figura 6 - 40 y Figura 6 - 41.

Figura 6 - 40. Sensor de torque DRVL.⁸⁵

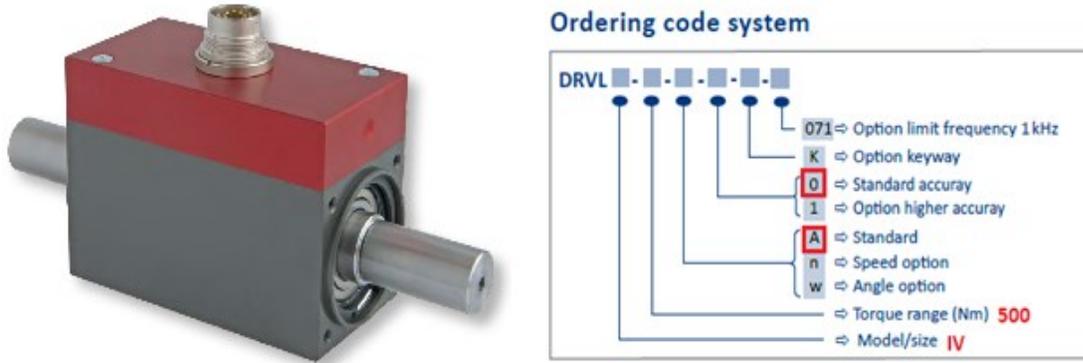


Model	DRVL	DRVL-I	DRVL-Ib	DRVL-II	DRVL-III	DRVL-IV	DRVL-V	DRVL-VI
Torque	0,02	0,05	2	1	5	50	2000	10.000
Ranges	0,05	0,1		2	10	100	3000	15.000
(±0 - ... Nm)	0,1	0,2		5	20	150	4000	20.000
		0,5		10	30	200	5000	
		1			50	300		

⁸⁴ (Tomado de (Parker CAT-4054-2-ES))

⁸⁵ (Tomado de (<https://maprosensor.com/es/noticia/sensor-par-dinamico-drvl.html>))

Figura 6 - 41. Sensor de torque DRVL.⁸⁶



⁸⁶ (Tomado de (<https://maprosensor.com/es/noticia/sensor-par-dinamico-drvl.html>))

7. Diseño del Sistema Eléctrico

7.1 Alcance

En este capítulo se diseña el sistema eléctrico requerido para la puesta en marcha del motor eléctrico del banco de pruebas, y se seleccionarán los componentes que lo constituyen.

7.2 Potencia requerida para el banco

El motor eléctrico requiere absorber de la red eléctrica la potencia requerida para accionar el sistema hidráulico. Las instalaciones de HYDRAULICTECH cuentan con un punto de conexión disponible para el banco, con tensión trifásica de 230 V y 250 A.

La potencia que absorbe el motor a plena carga es de 55 kW.

7.3 Corriente máxima consumida por el motor

La corriente máxima o corriente nominal es la que el motor consume a plena carga, según la ecuación (2-6). Es igual a:

$$I = \frac{55000}{\sqrt{3} * 230 \text{ V} * 0,85 * 0,941} = 172,69 \text{ A}$$

7.4 Corriente consumida en el arranque por el motor

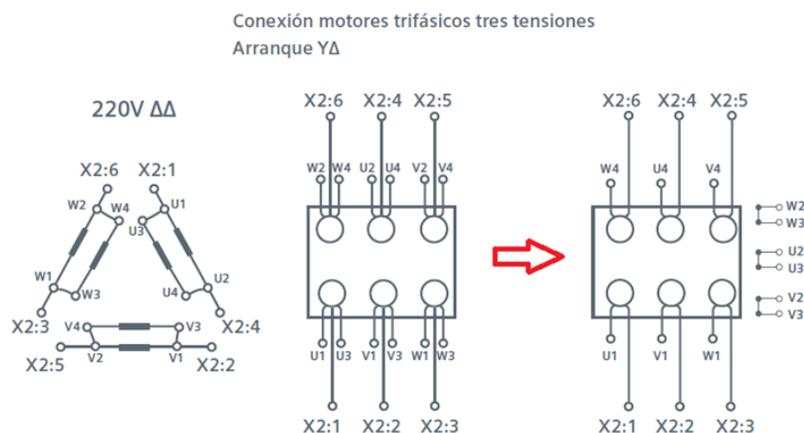
De acuerdo con el catálogo del motor, la corriente en el arranque es 8 veces la corriente nominal. Es decir: $172,69 \text{ A} * 8 = 1380,88 \text{ A}$. Lo cual es un valor muy alto, En estos casos se conectan los devanados del motor a un circuito de arranque (ΔY). La corriente en arranque (Δ) es igual a $1/3$ de la corriente nominal (Y). Ver ecuación (6 – 28):

$$I_{\Delta} = 1/3 * I_Y = 460 \text{ A.} \quad (6 - 28)$$

7.5 Circuito de potencia del motor

Para el arranque del motor, los devanados están conectados en (Y). Al energizar el motor con un pulsador de marcha, los devanados quedan alimentados a una tensión de $230 \text{ V}/\sqrt{3}$. El pulsador también energiza un temporizador, que determina el tiempo para el cambio de la conexión de (Y) a (Δ), quedando conectados los devanados a 230 V . El tiempo comprendido entre el inicio del arranque y el cambio de conexión a (Δ) debe ser el necesario para que el motor alcance entre el 70% y 80% de la velocidad inicial. Se ilustra en la Figura 7 - 42.

Figura 7 - 42. Conexión de arranque $Y\Delta$ a 220 V .⁸⁷



⁸⁷ (Tomado de (SIEMENS Catálogo Simotics))

7.6 Selección de componentes

7.6.1 Interruptor tripolar automático. Posición 1

Actúa como interruptor general del circuito de potencia y control. Estando en operación, protege al circuito de sobrecargas de corriente o cortocircuito entre fases. Es ideal que el valor de corriente de disparo por sobrecarga sea regulable. Se selecciona desde la ficha técnica del fabricante.

La referencia seleccionada es: 3VM1220-4EE32-0AAA0, Se ilustra en la Figura 7 - 43.

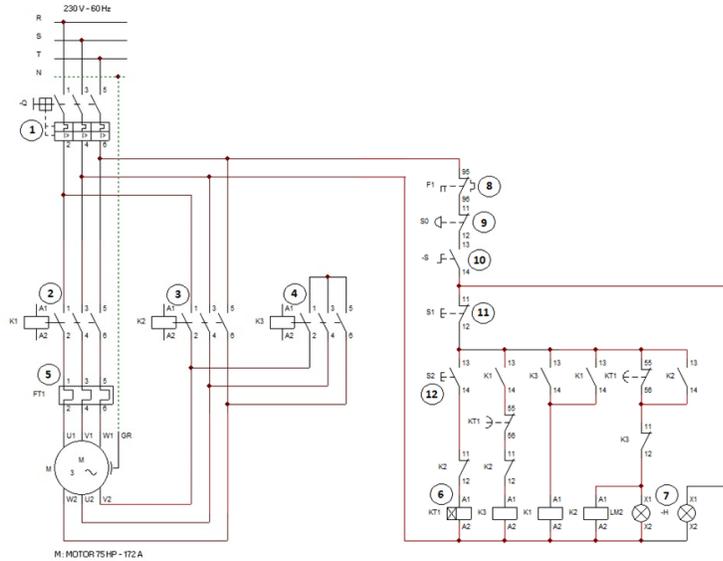
Figura 7 - 43. Selección de interruptor tripolar automático.⁸⁸

Tipo	Regulación (A)		Capacidad de ruptura Simétrica (KA)			
	Térmica	Cortocircuito	240V	440V	500V	
Interruptores 3 polos con disparador de sobrecarga regulable, serie 3VM1. Unidad de disparo LI						
6479	3VM1196-4EE32-0AA0	11-16	320	55	25	7
7204	3VM1120-4EE32-0AA0	14-20	320	55	25	7
6480	3VM1125-4EE32-0AA0	18-25	320	55	25	7
6481	3VM1132-4EE32-0AA0	22-32	320	55	25	7
6482	3VM1140-4EE32-0AA0	28-40	400	55	25	7
6483	3VM1150-4EE32-0AA0	35-50	500	55	25	7
6484	3VM1163-4EE32-0AA0	44-63	630	55	25	7
6485	3VM1180-4EE32-0AA0	56-80	800	55	25	7
6391	3VM1110-4EE32-0AA0	70-100	1000	55	25	7
6390	3VM1112-4EE32-0AA0	88-125	1250	55	25	7
6387	3VM1116-4EE32-0AA0	112-160	1600	55	25	7
6386	3VM1220-4EE32-0AA0	140-200	2000	55	25	10
6356	3VM1225-4EE32-0AA0	175-250	2500	55	25	10
9244	3VM1340-4EE32-0AA0	280-400	4000	55	25	25
9245	3VM1463-4EE32-0AA0	440-630	6300	55	25	25



⁸⁸ (Tomado de (Lista de precios SIEMENS Colombia 2019))

Figura 7 - 44. Circuito eléctrico de potencia y mando.⁸⁹



7.6.2 Contactor tripolar. Posiciones 2, 3 y 4.

Se elige según su capacidad de carga inductiva AC3, igual o mayor a la corriente nominal del motor. La bobina del electroimán debe ser de voltaje 230 V, que es la tensión de control, según el diseño del circuito. Se selecciona la referencia 3RT1056-6AP36. Se ilustra en la Figura 7 - 45.

Figura 7 - 45. Selección de interruptor tripolar automático.⁹⁰

Tipo	Bobina	Tamaño	Intensidad (A)		Potencia del motor (HP)		Contactos Auxiliares Integrados
			AC1	AC3	220V	440V	
Contactores tamaño S6 a S12							
3RT1054-1AF36	110 Vac/dc	S6	160	115	45.0	90.0	2NA + 2NC
3RT1054-1AP36	220 Vac/dc	S6	160	115	45.0	90.0	2NA + 2NC
3RT1055-6AF36	110 Vac/dc	S6	185	150	60.0	130.0	2NA + 2NC
3RT1055-6AP36	220 Vac/dc	S6	185	150	60.0	130.0	2NA + 2NC
3RT1056-6AF36	110 Vac/dc	S6	215	185	72.0	175.0	2NA + 2NC
3RT1056-6AP36	220 Vac/dc	S6	215	185	72.0	175.0	2NA + 2NC
3RT1064-6AF36	110 Vac/dc	S10	275	225	90.0	185.0	2NA + 2NC
3RT1064-6AP36	220 Vac/dc	S10	275	225	90.0	185.0	2NA + 2NC
3RT1065-6AF36	110 Vac/dc	S10	330	265	110.0	200.0	2NA + 2NC
3RT1065-6AP36	220 Vac/dc	S10	330	265	110.0	200.0	2NA + 2NC
3RT1075-6AF36	110 Vac/dc	S12	430	400	170.0	340.0	2NA + 2NC
3RT1075-6AP36	220 Vac/dc	S12	430	400	175.0	340.0	2NA + 2NC
3RT1076-6AF36	110 Vac/dc	S12	610	500	200.0	400.0	2NA + 2NC
3RT1076-6AP36	220 Vac/dc	S12	610	500	200.0	400.0	2NA + 2NC



⁸⁹ (Tomado de (Los autores))

⁹⁰ (Tomado de (Lista de precios SIEMENS Colombia 2019))

7.6.3 Relé de sobrecarga. Posición 5

Protege al motor de sobrecargas en la corriente de cada línea. Debe seleccionarse de acuerdo con la serie del contactor. Tiene un rango de regulación, el cual se escoge según la Figura 7 - 45. La referencia seleccionada es 3RB2153-4FW2, se ilustra en la Figura 7 - 46.

Figura 7 - 46. Selección de relé de sobrecarga.⁹¹

Tipo	Tamaño	Regulación (A)	Para contactores serie SIRIUS
Relés de sobrecarga Electrónicos 3RB31/3RB21			
3RB3113-4R80	S00	0,1 - 0.4	
3RB3113-4N80	S00	0.32 - 1.25	
3RB3113-4P80	S00	1 - 4	
3RB3123-4S80	S0	3 - 12	
3RB3123-4Q80	S0	4 - 25	
3RB3133-4U80	S2	12,5 - 50	
3RB3143-4X80	S3	25 - 100	
3RB2153-4FW2	S6	50 - 200	
3RB2163-4GC2	S10	55 - 250	
3RB2163-4MC2	S12	160 - 630	



7.6.4 Temporizador para cambio de conexión de Y a Δ. Posición 6

Este temporizador determina el tiempo para desenergizar el contactor de estrella (posición 3) y energizar el contactor triángulo (posición 4). Se selecciona de la lista de precios SIEMENS. la referencia 5TT3185. Se ilustra en la Figura 7 - 47.

Figura 7 - 47. Selección de temporizador.⁹²

Tipo	Descripción y Características
Temporizadores	
100238830	5TT3185 Temporizador multifunción 1 CO 230 V AC 4A 12-240 V AC/DC Off Delay, tiempo ajustable 0,02 - 300h
100376994	5TT3181 Temporizador multifunción 1 CO 230 V AC 10A 220-240 V AC retraso, tiempo ajustable 0,25 - 300s



⁹¹ (Tomado de (Lista de precios SIEMENS Colombia 2019))

⁹² (Tomado de (Lista de precios SIEMENS Colombia 2019))

7.6.5 Lámparas de encendido general y encendido de motor. Posición 7

La lámpara de encendido general se activa cuando hay tensión de mando, y la de encendido de motor se activa cuando la conexión en el arranque pasa de (Y) a (Δ) y durante la operación del motor. Se selecciona las referencias: 3SU1106-6AA20-1AA0 y 3SU1103-6AA40-1AA0. Se ilustra en la Figura 7 - 48.

Figura 7 - 48. Lámparas de señalización.⁹³

Lámparas de señalización ⁹³		
Para Sirius ACT línea metálica y plástica. Incluye casquete y soporte para fijación posterior.		
3SU1102-6AA20-1AA0	Roja con led	24V AC/DC
3SU1103-6AA20-1AA0	Roja con led	110V AC
3SU1106-6AA20-1AA0	Roja con led	230V AC
3SU1102-6AA40-1AA0	Verde con led	24V AC/DC
3SU1103-6AA40-1AA0	Verde con led	110V AC
3SU1106-6AA40-1AA0	Verde con led	230V AC



7.6.6 Interruptor termomagnético 1 polo. Posición 8

Actúa como interruptor del circuito de mando y como protección de sobrecarga y cortocircuito en la línea que alimenta los elementos de maniobra del circuito.

7.6.7 Corriente máxima en el circuito de mando

La corriente que circula en el circuito de mando es muy baja con respecto a la corriente del motor, y es importante conocerla para seleccionar adecuadamente los elementos de maniobra. Se ilustra en la Figura 7 - 49. Se puede considerar las cargas de este circuito como resistivas para facilitar el cálculo

⁹³ (Tomado de (Lista de precios SIEMENS Colombia 2019))

de la corriente. Las cargas son las bobinas del temporizador, 3 contactores y 2 lámparas. Estando todas conectadas en paralelo y revisando los datos de catálogo de cada elemento se tiene:

Corriente bobina temporizador: 4A

Corriente bobinas de contactores: $3 \times 3.4 \text{ A} = 10.2 \text{ A}$

Corriente lámparas: $2 \times 14 \text{ mA} = 28 \text{ mA} = 0,028 \text{ A}$

Corriente total en circuito de mando: $4\text{A} + 10,2\text{A} + 0,028 = 14,23\text{A}$

Con lo anterior se selecciona la referencia SIEMENS 5SL4116-7RC

Figura 7 - 49. Selección de interruptor termomagnético.⁹⁴

Tipo	Corriente térmica In (A)	IEC 60898 / IEC 60947-2 Capacidad de ruptura en (kA)	
		127V / 220V	230V / 400V
Interruptores termomagnéticos de montaje en riel omega (DIN) monopolares			
5SL4105-7RC	0,5	20	10
5SL4101-7	1	20	10
5SL4102-7RC	2	20	10
5SL4104-7RC	4	20	10
5SL4106-7RC	6	20	10
5SL4110-7RC	10	20	10
5SL4116-7RC	16	20	10
5SL4120-7RC	20	20	10
5SL4125-7RC	25	20	10
5SL4132-7RC	32	20	10
5SL4140-7RC	40	20	10
5SL4150-7RC	50	20	10
5SL4163-7RC	63	20	10



7.6.8 Paro de emergencia, selector de muletilla y pulsadores. Posiciones 9, 10 11 y 12

Figura 7 - 50. Pulsador de hongo +1 contacto NC. Muletilla 2 posiciones +1 contacto NA, pulsador verde + 1 contacto NA, pulsador rojo + 1 contacto NC.⁹⁵



⁹⁴ (Tomado de (Lista de precios SIEMENS Colombia 2019))

⁹⁵ (Tomado de (Lista de precios SIEMENS Colombia 2019))

8. Conclusiones y recomendaciones

8.1 Conclusiones

El principio de funcionamiento del banco de pruebas, y sobre el cual se basó todo el diseño, es la transmisión hidrostática. Esta configuración permitió presentar un diseño sencillo de implementar, ensamblar y operar. Es una solución relativamente económica, comparada con otras como haber considerado un variador de frecuencia para el motor eléctrico.

Se tendrá presión disponible para las pruebas hasta 350 bar, cumpliendo los requerimientos iniciales. Se podrán probar bombas con caudales hasta 276,03 L/min, excediendo los requerimientos iniciales. Se podrá medir torques hasta 500 Nm, excediendo los requerimientos iniciales.

La potencia entregada para la prueba de bombas será de 44.51 kW y para la prueba de motores será de 48,39 kW, es decir, para bombas un 80.93% y para motores un 87,98% de la potencia eléctrica consumida por el banco. Es una eficiencia relativamente alta, frente a otras soluciones como el uso de un motor de combustión interna.

Se puede aprovechar la ventaja de variar la presión, caudal y velocidades para las pruebas, debido a que se puede analizar el comportamiento a distintos caudales, presiones y torques.

Mediante la simulación del sistema hidráulico del banco con el programa Automation Studio 6.0, se representaron las pruebas de bombas y motores, donde se observa que las magnitudes de las variables medidas son las esperadas de acuerdo con los cálculos. En el anexo E se detallan las simulaciones realizadas.

La adquisición de señales de las variables, basada en el equipo Parker Service Master Plus Kit, resultó en un sistema sencillo y fácil de implementar. Este equipo presenta una interfaz HMI amigable, presenta las variables en pantalla de una forma clara, midiendo simultáneamente, presión, caudal, velocidad rotacional y torque.

8.2 Recomendaciones

Es importante tener en cuenta para todas las pruebas los factores de presión-caudal y torque-velocidad, esas combinaciones determinan la potencia hidráulica requerida o absorbida, que no sobrepase la potencia instalada.

El diseño del banco permite la prueba de bombas y motores de desplazamiento variable, y pruebas de componentes en circuito cerrado. Es necesario implementar los protocolos y procedimientos detallados para la realización de estas pruebas.

Se requiere diseñar soportes y acoples especiales para ejes, para poder probar una amplia gama de bombas y motores que existen en el mercado en cuanto a flanches de montaje y ejes. También es importante contar con un variado stock de mangueras y accesorios de conexión hidráulicos, para las distintas roscas.

Es indispensable procesar correctamente la información de los sensores a través del equipo Parker Service Master Plus Kit. Este equipo tiene la capacidad de almacenar hasta 4 millones de datos por variable, Por tanto, se requiere implementar un software que procese y aproveche esta información para generar curvas de desempeño comparables con las otorgadas por los fabricantes de componentes hidráulicos.

9. Bibliografía

TheAchten, P., Mommers, R., Nishiumi, T., Murrenhoff, H., Sepehri, N., Stelson, K., . . . Schmitz, K. (2019). MEASURING THE LOSSES OF HYDROSTATIC PUMPS AND MOTORS – A CRITICAL REVIEW OF ISO4409:2007 . Symposium on Fluid Power and Motion Control . Sarasota.

Cengel, Y., & Boles, M. (2008). TERMODINÁMICA. México: Mc Graw Hill.

Chapman, S. (2012). Máquinas eléctricas. México: Mc Graw Hill.

EATON. (1995). Hydrostatic Transmission Controls.

engineering mannesmann Rexroth. (n.d.). Hydraulic-Training. Retrieved from Axial Piston Units.

ETHmesstechnik. (n.d.). Datasheet. Retrieved from DRVL.

ISO . (2018, Febrero 28). ISO/CD ISO 9110-2 Hydraulic fluid power - Measurement techniques . Retrieved from <http://isotc.iso.org/livelink/livelink/open/tc131sc8>

ISO. (2002, Febrero 15). INTETRNATIONAL STANDARD. Retrieved from Hydraulic fluid power- Dtermination of characteristics of motors.

ISO. (2018, Julio 16). Hydraulic fluid power — Positive- displacement pumps, motors and integral displacement pumps, motors and integral presenting basic steady state performance.

Kesew, I. (1991). Máquinas eléctricas y transformadores. Naucalpan de Juárez: PRETINCE HALL.

Munayco Ormeño, J. G. (2017, Septiembre). AUTOMATIZACIÓN DE PRUEBAS DE CILINDROS AUTOMATIZACIÓN DE PRUEBAS DE CILINDROS MINEROS. Lima.

PARKER. (2001). Single and Multiple Pumps and Motors. Kings Mountain.

PARKER. (2005). SensoControl. Equipo de diagnóstico para hidráulica.

PARKER. (2009). Portable measuring instrument. West Sacramento.

PARKER. (2012, Agosto). Diagnostic Meters, Kits, and Accessories. Minneapolis.

PARKER. (n.d.). The Parker Service Master Plus.

SIEMENS. (n.d.). Simotics. Retrieved from El portafolio de motores eléctricos más amplio del mundo: www.motores.siemens.com

Speicher, T., Thies, T., Kettenhofen, O., & Gessat, J. (n.d.). Process-driven component adjustment on variable speed pump drives – development of a strategy to increase the overall energy efficiency. Saarbrücken.

VARGAS ROCHA, J. E. (1998, Agosto). SISTEMAS DE POTENCIA OLEOHIDRAULICA. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

VICKERS. (n.d.). MANUAL DE OLEOHIDRÁULICA MÓVIL. BLUME.

WEG. (n.d.). Motores Eléctricos. Guía de Especificación.

White, F. (2004). mecánica de fluidos. Madrid: Mc Graw Hill..

Anexo A. Marco Teórico

Figura 2 - 51. Principio de funcionamiento de una máquina eléctrica⁹⁶

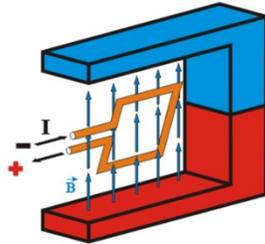


Figura 2 - 52. Principio de funcionamiento del motor de corriente continua.⁹⁷

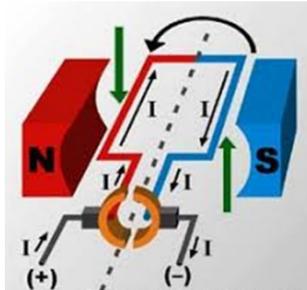
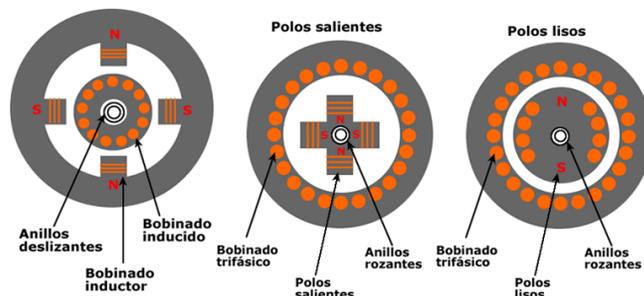


Figura 2 - 53. Tipos de rotor y estator de un motor síncrono.⁹⁸



⁹⁶ (Tomado de (<http://elfisicoloco.blogspot.com/2013/02/motor-electrico.html>))

⁹⁷ (Tomado de (http://www.asifunciona.com/electrotecnia/af_motor_cd/af_motor_cd_6.htm))

⁹⁸ (Tomado de (<http://motores.nichese.com/sincrono.htm>))

Figura 2 - 54. Estator y rotor de motor de inducción.⁹⁹

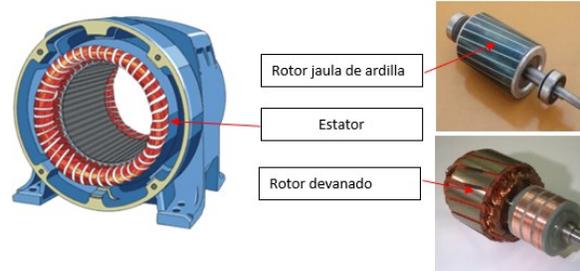


Figura 2 - 55. Funcionamiento de bomba de engranajes externos.¹⁰⁰

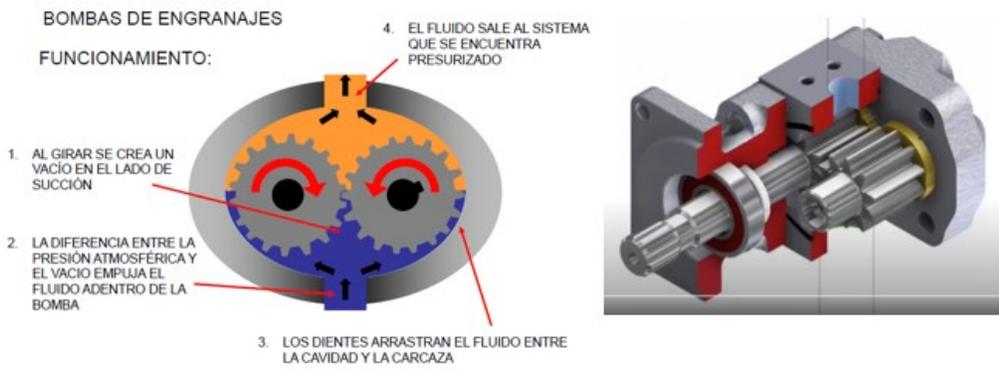
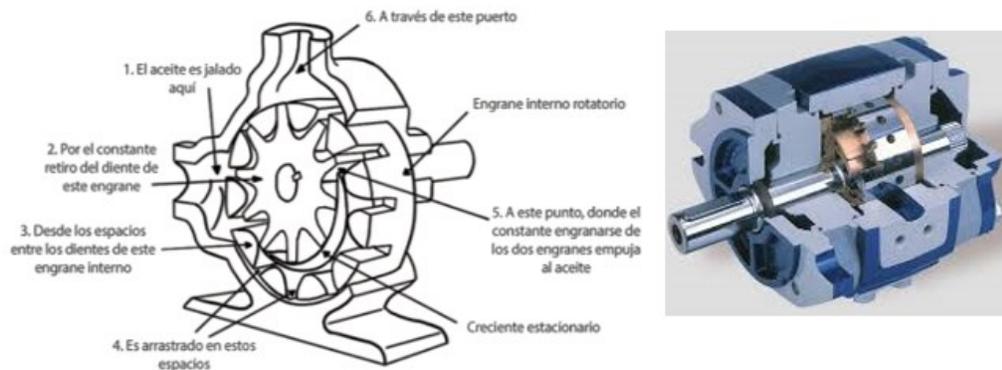


Figura 2 - 56. Funcionamiento de bomba de engranajes internos.¹⁰¹



⁹⁹ (Tomado de (<https://www.areatecnologia.com/EL%20MOTOR%20ELECTRICO.htm>))

¹⁰⁰ (Tomado de (Curso de hidráulica-bombas Parker Hannifin -2015))

¹⁰¹ (Tomado de (www.ashm.com.mx y www.voithturbo.com))

Figura 2 - 57. Funcionamiento de bomba de engranajes de gerotor.¹⁰²

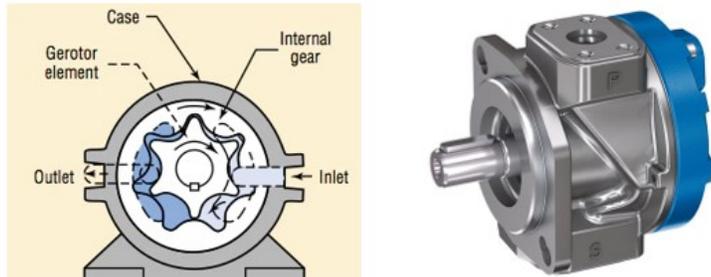


Figura 2 - 58. Funcionamiento de bomba de paletas.¹⁰³

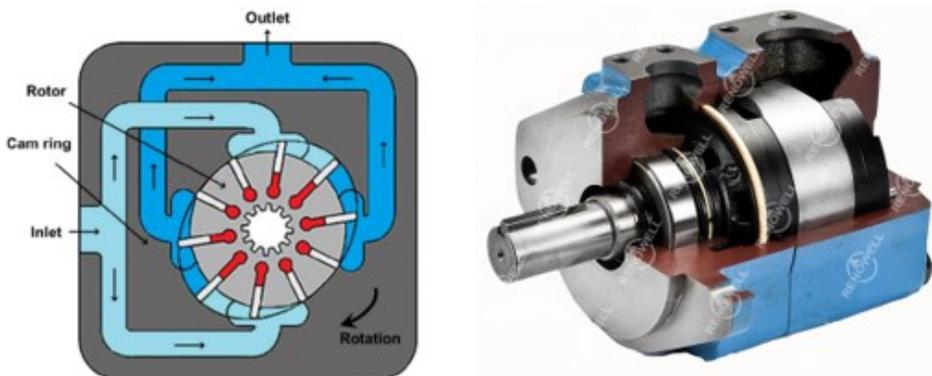
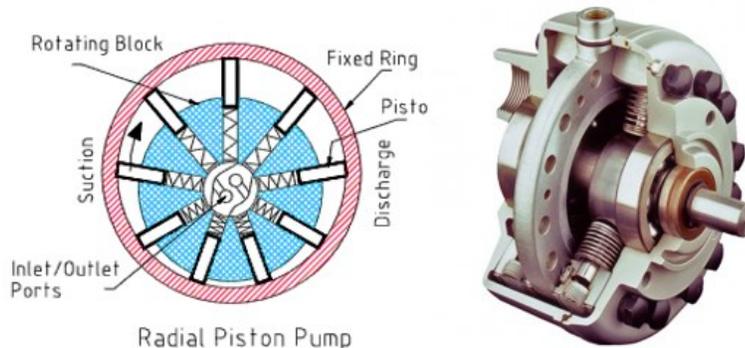


Figura 2 - 59. Funcionamiento de bomba de pistones radiales¹⁰⁴



¹⁰² (Tomado de (www.ashm.com.mx y www.voithturbo.com))

¹⁰³ (Tomado de (<https://longeehyd.topchinasupplier.com/product/> y www.hydraulicsandpneumatics.com))

¹⁰⁴ (Tomado de (<http://www.roytech.co.uk/> y <https://www.hidraflex.com/es/130-bombas-pistones-radiales>))

Figura 2 - 60. Funcionamiento bomba de pistones axiales acodada de desplazamiento fijo.¹⁰⁵

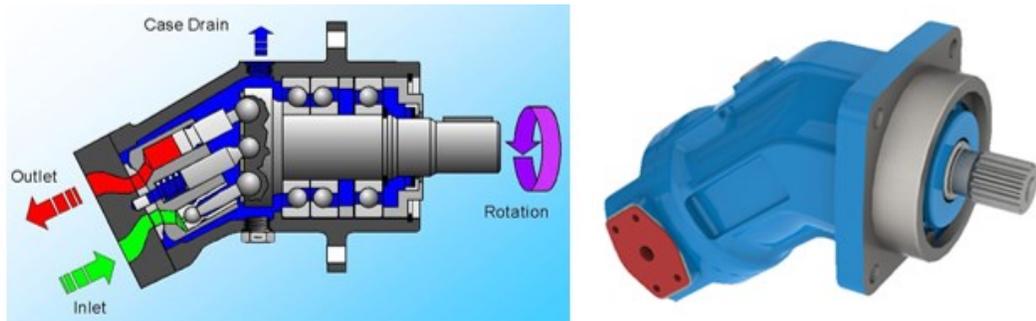


Figura 2 - 61. Funcionamiento bomba de pistones axiales acodada de desplazamiento variable.¹⁰⁶

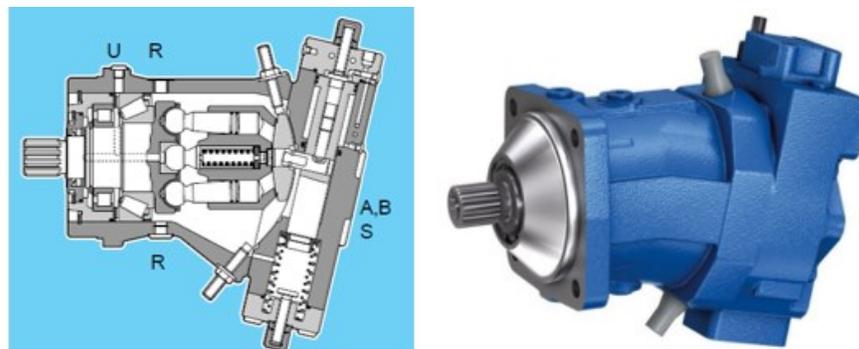
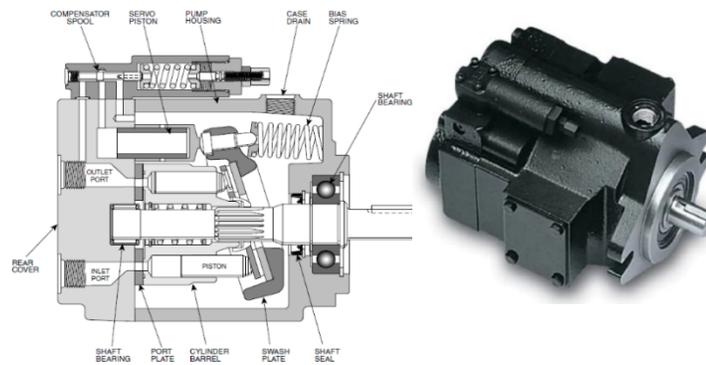


Figura 2 - 62. Funcionamiento bomba de pistones axiales desplazamiento variable.¹⁰⁷



¹⁰⁵ (Tomado de (BOSCH REXROTH GROUP Hydraulic-Training Axial Piston Units -RE90600/01.98))

¹⁰⁶ (Tomado de (BOSCH REXROTH GROUP Hydraulic-Training Axial Piston Units -RE90600/01.98))

¹⁰⁷ (Tomado de (Parker Hannifin HY28-2662-CD/US Revised November 1, 2018))

Figura 2 - 63. Curva característica de una bomba de pistones axiales de 33 cm³.¹⁰⁸

Typical Performance Data - Fluid: Standard Hydraulic Oil 100 SSU @ 49°C (120°F)

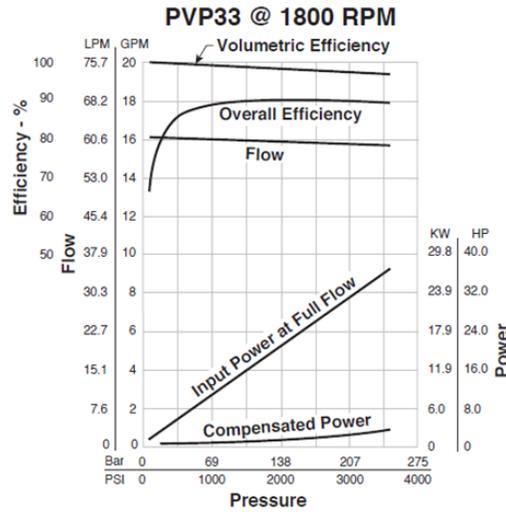
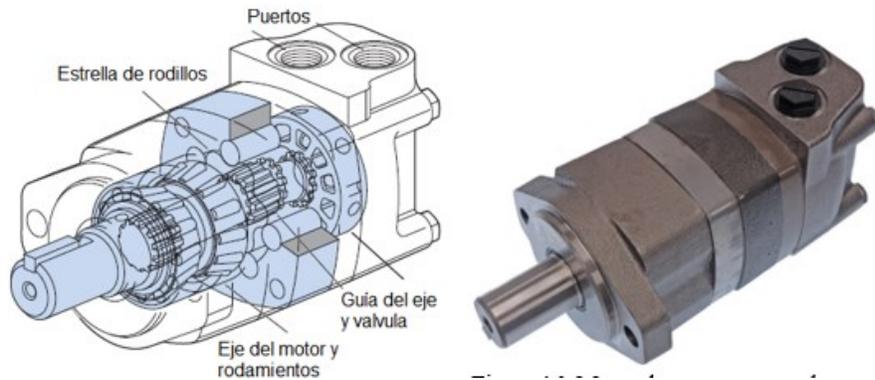


Figura 2 - 64. Motor de gerotor con paletas-rodillos.¹⁰⁹



¹⁰⁸ (Tomado de (Parker Hannifin HY28-2662-CD/US Revised November 1, 2018))

¹⁰⁹ (Tomado de (: <https://www.eaton.com/us/en-us/products/motors-generators/high-torque.html>))

Figura 2 - 65. Motor de pistones radiales.¹¹⁰

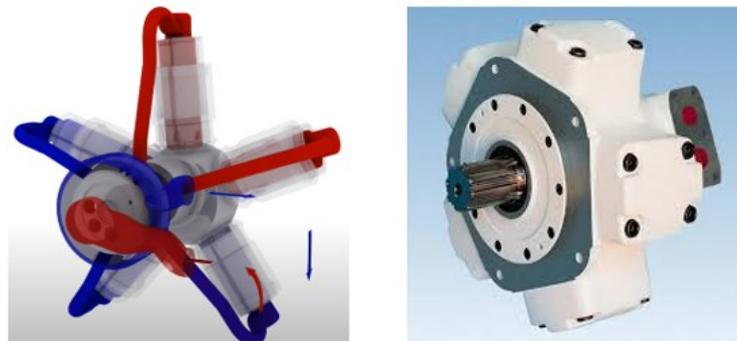
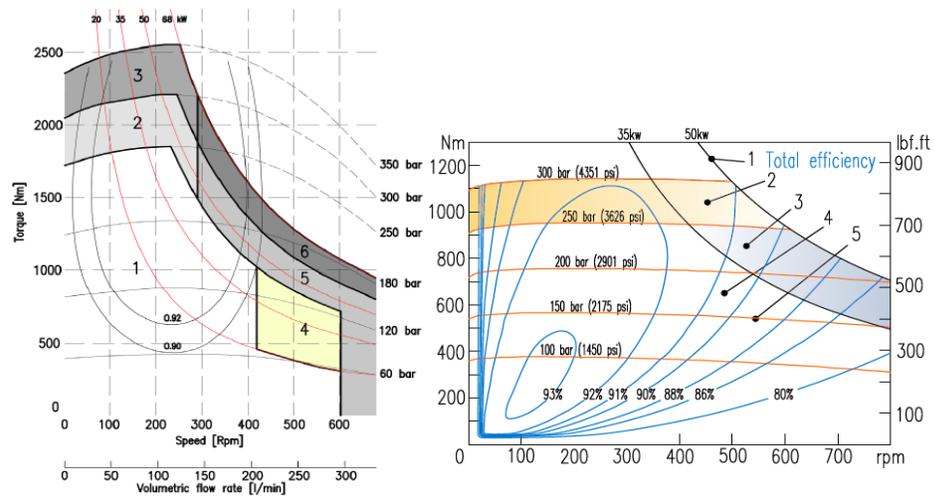


Figura 2 - 66. Curvas de desempeño de motores de pistones radiales. Izquierda: motor de 400 cm³ IAM 400 H3.¹¹¹



¹¹⁰ (Tomado de (Parker Hannifin Catalogue HY29-0501/INT 2014))

¹¹¹ (Tomado de (Intemot catalogue doc. 131203.0. Derecha: motor de 250 cm³ MR250. Fuente: Parker Hannifin Catalogue HY29-0501/INT))

Anexo B. Análisis de componentes ensamblados y reparados.

A continuación, se presenta el análisis a motores y bombas hidráulicas ensamblados y reparados en la empresa Hydraulictech S.A.S.



Calle 38 Sur #72J-11 Carvajal
 Bogotá-Colombia
 Móvil: 3185673037 – Tel.: (1) 466 1374
 www.hyt.com.co

**INFORME DE DIAGNOSTICO BOMBA HIDRÁULICA – SERIE P51 – LEWOS ENERGY
 COLOMBIA ING – ODT 509**

A continuación, se dará a conocer el estado actual de la bomba hidráulica de acuerdo con el diagnóstico realizado.

DATOS DEL EQUIPO	
SERIE:	P51
MARCA:	COMERCIAL /PARKER
MODELO:	PGP/51
CÓDIGO:	3500204

DIAGNOSTICO INICIAL
Se requiere realizar cambio total de kit de empaquetadura, piñones, cuerpos, platos ochos, cheks, rodamiento de esferas, empaques cuerpo, empaques ochos.

RELACIÓN DE PARTES EN MAL ESTADO		
Descripción	Cantidad	Registro Fotográfico
<u>Cuerpos de Bomba</u> Se encuentran defectos en la superficie interior de los cuerpos de la bomba doble.	2	
<u>Piñones Secundarios</u> Al igual que la superficie interna de los cuerpos los piñones secundarios tienen desgaste en cada uno de sus dientes.	2	

IMPORTADORES:

Distribuidores de Marcas Reconocidas en el Mercado Colombiano



Calle 38 Sur #72J-11 Carvajal
 Bogotá-Colombia
 Móvil: 3185673037 – Tel.: (1) 466 1374
 www.hyt.com.co

<p>Piñones Primarios Se observa desgaste en los dientes de los piñones, la superficie del eje no está en buen estado.</p>	<p>2</p>	
<p>PLATOS OCHO La superficie de los ocho se encuentran rayones y picaduras.</p>	<p>4</p>	
<p>RETENDOR Se recomienda realizar el cambio del retenedor, se evidencia desgaste en el empaque.</p>	<p>1</p>	

<p>TRABAJOS REALIZADOS</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de piñones primarios 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de piñones secundarios 

IMPORTADORES:



Distribuidores de Marcas Reconocidas en el Mercado Colombiano



Calle 38 Sur #72J-11 Carvajal
 Bogotá-Colombia
 Móvil: 3185673037 – Tel.: (1) 466 1374
 www.hyt.com.co

<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de cuerpos de piñón bomba doble P51 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de platos Ochos 
<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de Kit de empaquetadura P51 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de Checks 
<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de Rodamiento de esferas 	

IMPORTADORES:    

Distribuidores de Marcas Reconocidas en el Mercado Colombiano

Diseño, cálculo, selección de componentes, elaboración de planos de fabricación y manual de banco de pruebas para bombas y motores oleohidráulicos para la empresa HYDRAULICTECH SAS, con capacidad de 55 kW y adquisición de señales de las variables de presión, caudal, torque y velocidad rotacional



Calle 38 Sur #72J-11 Carvajal
Bogotá-Colombia
Móvil: 3185673037 – Tel.: (1) 466 1374
www.hyt.com.co

RECOMENDACIÓN

Realizar la reparación con partes originales.
Antes de montar la bomba en el sistema, se recomienda realizar un flushing y/o filtración del aceite hidráulico.
Realizar calibración de presiones.

POSIBLES CAUSAS DE FALLA

Picos de presión durante la operación.
Sobrecarga del sistema hidráulico.
Contaminación del aceite hidráulico con partículas sólidas y agua.

Firma Responsable:

Andrés Ramírez
Profesional de Proyectos
Correo: proyectos@hyt.com.co
Teléfono: (1) 4661374
Hydraulictech S.A.S

HYDRAULICTECH

IMPORTADORES:



DENISON Hydraulics



Commercial Hydraulics

Distribuidores de Marcas Reconocidas en el Mercado Colombiano

Anexo C. Planos, diseños de estructuras y componentes mecánicos

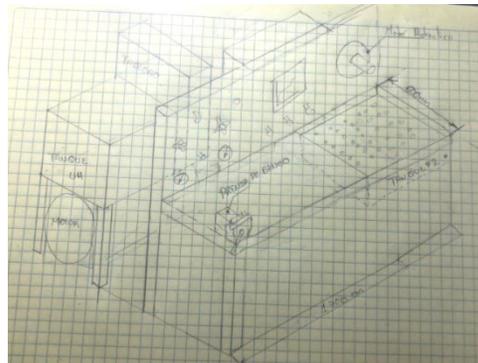
C. Alcance

En este anexo se presenta la distribución de los componentes del banco de pruebas, el cálculo y diseño de las estructuras de soporte, depósito de aceite, las piezas requeridas para el soporte y fijación de las bombas y motores, y los elementos de transmisión de potencia.

C.1 Distribución de los componentes

Después de analizar los resultados del cálculo y selección de componentes, se concibe un boceto para la distribución de los componentes del banco de pruebas, según la siguiente Figura C - 67.

Figura C - 67. Boceto propuesto para la distribución del banco.¹¹²



¹¹² (Tomado de (Los autores))

C.2 Estructura de soporte de motor eléctrico

Decidimos diseñar el soporte con perfil estructural de acero tipo C. según la Figura C - 68 Para dimensionar el perfil, realizamos un análisis de resistencia para cada viga.

Siendo las vigas 1 y 2 iguales, y las vigas 4 y iguales, analizamos las vigas 1, 3 y 4

Para la viga 1

De acuerdo con el catálogo del motor, este tiene una masa de 340 kg

Peso = 3334,26 N

Figura C - 68. Soporte de motor¹¹³

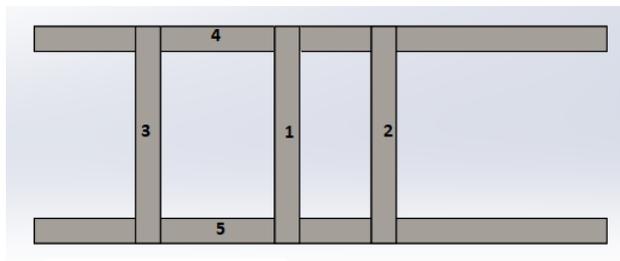


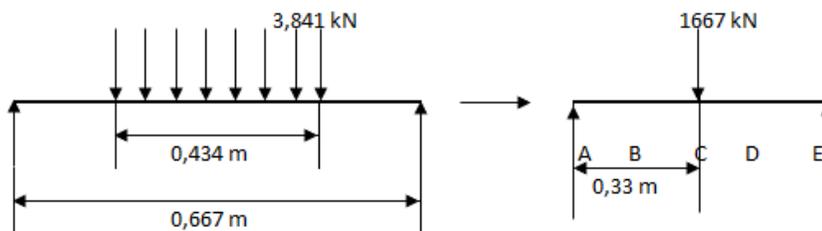
Diagrama de cuerpo libre

Peso por viga = $3334,26 / 2 = 1667,13 \text{ N} = 1,667 \text{ kN}$

0,434 m -> 1,667 kN

1 m -> 3,841 kN

Figura C - 69. Diagrama de fuerzas¹¹⁴



¹¹³ (Tomado de (Los autores))

¹¹⁴ (Tomado de (Los autores))

$$\sum F_y = A + E - 1,667 \text{ kN} = 0$$

$$\sum F_y = A + E = 1,667 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = -1,667 \text{ kN} * 0,33 \text{ m} + E * 0,661 = 0$$

$$= 0,550 \text{ kNm} = 0,661 \text{ m} * E$$

$$E = 0,832 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = A + 0,832 \text{ kN} = 1,667 \text{ kN}$$

$$A = 0,835 \text{ kN}$$

a-b

$$\sum F_y = 0,835 \text{ kN} - V = 0$$

$$V = 0,835 \text{ kN}$$

$$\sum M = -0,835 \text{ kN} * (0,114 \text{ m}) + M = 0$$

$$M = 0,095 \text{ Kn/m}$$

a-c

$$\sum F_y = 0,835 \text{ kN} - V = 0$$

$$V = 0,835 \text{ kN}$$

$$\sum M = -0,835 \text{ kN} * (0,33 \text{ m})$$

$$M = 0,275 \text{ Kn/m}$$

a-e

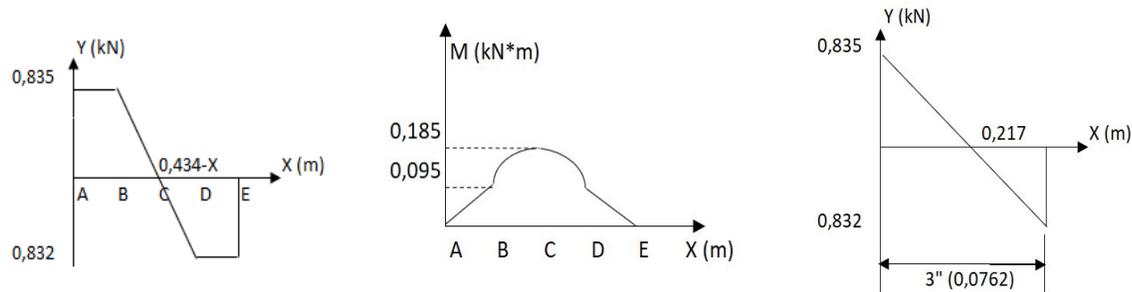
$$\sum F_y = 0,835 \text{ kN} - 1,667 = 0$$

$$V = 0,832 \text{ kN}$$

$$\sum M = -0,835 \text{ kN} * (0,661 \text{ m}) + -1,667 \text{ kN} * (0,33 \text{ m})$$

$$M = 0$$

Figura C - 70. Diagrama de fuerza cortante¹¹⁵



En los diagramas de la Figura C - 70 se representan fuerzas concentradas, escalón unitario y rampas.

Esfuerzos

Se encuentran en el posicionamiento de las fuerzas sobre una superficie aislada, teniendo componentes en las direcciones como esfuerzos normales y esfuerzos cortantes tangenciales, los cuales se identificarán sucesivamente así (σ) y (τ).

Torsión

En elementos mecánicos cuando los vectores momentos son colineales al eje se llaman vector par torsión debido que el momento causa una torsión respecto a ese eje. Por ende, un eje así se define como sometido a torsión. Torsión se expresa como (T) y se grafica con flechas que se posicionan en el eje (x) siguiendo la regla de la mano derecha. Las barras circulares se calculan:

T = par de torque

l = longitud

G = módulo de rigidez

J = segundo momento polar de área

$$\frac{0.835}{x} = \frac{0.832}{0.434-x}$$

$$0.835(0.434-x) = 0.832x$$

¹¹⁵ (Tomado de (Los autores))

$$0.362 = 0.832x + 0.835x = 0.832x$$

$$0.362 = 0.835x + 0.832x$$

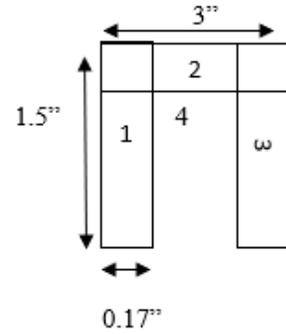
$$0.362 = 1.667x$$

$$x = 0.217$$

$$3'' = 76.2 \text{ mm}$$

$$1.5'' = 38.1 \text{ mm}$$

$$0.17'' = 4.318 \text{ mm}$$



ITEM	Y	A	AY
1	19.05mm	16.451mm ²	3134.01 mm ³
2	35.941mm	333.83mm ²	11998.26 mm ³
3	19.05mm	164.51mm ²	3134.01 mm ³
4	16.891mm	(-2282.44 mm ²)	(-38552.81 mm ³)

$$-1619.585 \text{ mm}^2 - 20286,529 \text{ mm}^3$$

$$Y = \frac{-20286,529 \text{ mm}^3}{-1619.585 \text{ mm}^2} = 12.525 \text{ mm} \tag{8 - 29}$$

$$I_c = \sum (I_i + Ad^2) \tag{8 - 30}$$

$$I_c = (198016.2991) - (12)$$

$$I_c = 62556.7938 \text{ mm}^4$$

$$G_{max} = \frac{MC}{I} = \frac{185 \text{ Nm} (0.012525 \text{ m})}{0.623 \times 10^{-6} \text{ m}^4} \tag{8 - 31}$$

$$G_{max} = 3.719 \text{ Mpa}$$

$$\text{Fluencia acero A36} = 145 \text{ Mpa}$$

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{145 \text{ Mpa}}{3.719 \text{ Mpa}} = 39.1 \tag{8 - 32}$$

Factor de seguridad

Las normas ANSI/AGMA 2001-D04 y 2101-D04¹¹⁶ contienen un factor de seguridad (S_F) que protege contra la falla por fatiga y por flexión, y el factor de seguridad (S_H) que resguarda contra la falla por picadura.

$$S_F = \frac{S_t Y_N / (K_T K_R)}{\sigma} = \frac{\text{RESISTENCIA DE LA FLECCION COMPLETAMENTE RIGIDA}}{\text{ESFUERO DE FLEXION}} \quad (8 - 33)$$

Donde

σ = se calcula mediante la ecuación

(Unidades habituales en Estados Unidos)

$$\sigma = \frac{W^t K_O K_U K_S \frac{P_d}{F} \frac{K_m K_b}{J}}{W^t K_O K_U K_S \frac{1}{b m_t} \frac{K_H K_b}{Y_J}} \quad (8 - 34)$$

↓
(Unidades SI)

(Unidades habituales en Estados Unidos)

$$\sigma_c = \frac{C_p \sqrt{W^t K_O K_U K_S} \frac{K_m}{d_p F} \frac{C_f}{I}}{Z_E \sqrt{W^t K_O K_U K_S} \frac{K_H}{d_{w1} b} \frac{Z_R}{Z_I}} \quad (8 - 35)$$

↓
(Unidades SI)

¹¹⁶ (Tomado de (<https://knowledge.autodesk.com/es/support/inventor-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ESP/Inventor-Help/files/GUID-7A1A6B44-46E2-4FD3-B66B-39C06BE428F0-htm.html>))

W_t es la carga tangencial transmitida, en (N)

K_O = es el factor de sobrecarga

K_V = es el factor dinámico

K_S = es el factor de tamaño

P_d = es el paso diametral transversal

F_B = es el ancho de la cara del elemento más angosto, en pulg (mm)

$K_m K_H$ = es el factor de distribución de la carga

K_B = es el factor del espesor del aro

$J (Y_f)$ = es el factor geométrico de resistencia a la flexión (que incluye el factor de concentración de esfuerzo en la raíz del entalle $K_f K_f$)

(m_t) es el módulo transversal métrico

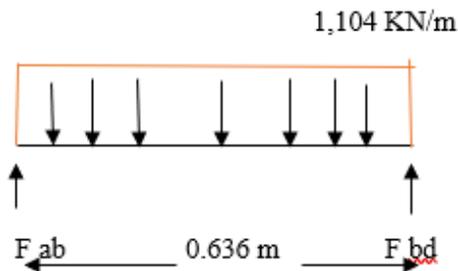
$C_P(Z_E)$ = es un coeficiente elástico $\sqrt{N/mm^2}$

$C_f(Z_R)$ = es el factor de condición superficial

$d_P(d_{W1})$ = es el diámetro de paso del piñón, pulg (mm)

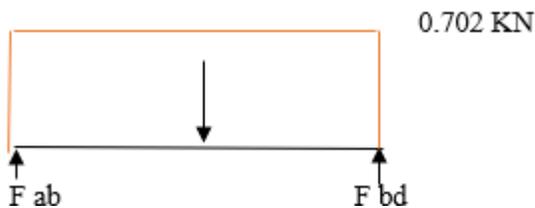
$I (Z_I)I$ = es el factor geométrico de resistencia a la picadura

C.3 Para viga 1



$$226.13 = 2217.58 \text{ N} = 2.217 \text{ KN}$$

Diagrama de cuerpo libre



$$\sum F_y = F_{ac} + F_{bd} + 0.702 \text{ KN} = 0$$

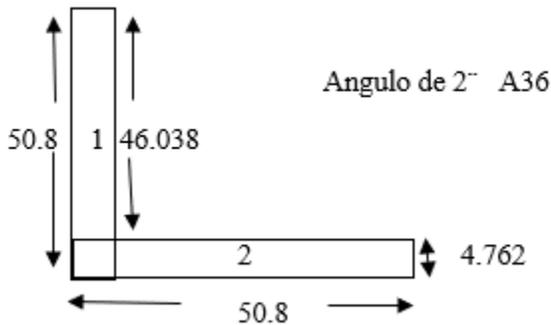
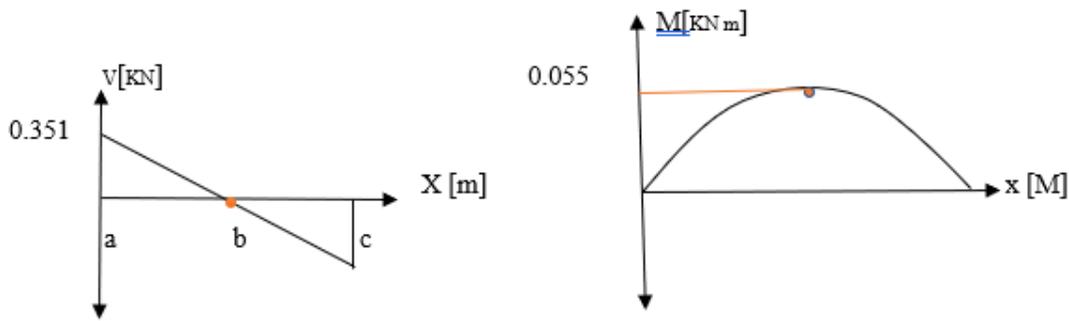
$$\sum F_y = F_{ac} - F_{bd}$$

$$\sum M_A = -0.702 \text{ KN} \cdot (0.318 \text{ m}) + F_{bd} \cdot (0.636 \text{ m}) = 0$$

$$F_{bd} = 0.351 \text{ KN}$$

$$d = 1$$

$$F_{ac} = 0.702 \text{ KN} - 0.351 \text{ KN} = 0.351 \text{ KN}$$



ITEM	Y	A	AY
1	25.4 mm	219.232 mm ²	5568.493 mm ³
2	2.381 mm	241.909 mm ²	575.985 mm ³
		461.141 mm ²	6144.478 mm ³

$$Y = \frac{6144.478 \text{ mm}^3}{461.141 \text{ mm}^2} = 13.325 \text{ mm}$$

$$I_c = \sum (I_i + Ad^2)$$

$$I_c = \left[\left(\frac{46.038 (4.762^3)}{12} \right) + 21932 (12.075^2) \right] + \left[\left(\frac{50.8 (4.762^3)}{12} \right) + 241.909 (10.944^2) \right]$$

$$I_c = 61823.236 \text{ mm}^4 = 6.182 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$G_{\max} = \frac{MC}{I} = \frac{55 \text{ Nm} (0.0133 \text{ m})}{6.182 \times 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$G_{\max} = 11.832 \text{ MPa}$$

$$\text{Fluencia acero A36} = 140 \text{ MPa}$$

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{140 \text{ MPa}}{11.832 \text{ MPa}} = 11.832$$

Selección de materiales

Este proceso define duración, resistencia, rigidez, costo, tipo de procesamiento del material. Se utilizan como apoyo a la selección, las tablas de materiales que se encuentran en el capítulo 2 del libro SHIGLEY.

$$F_{ac} = 0.351 \text{ kN}$$

$$\sum F_y = -0.351 \text{ kN} + c = 0$$

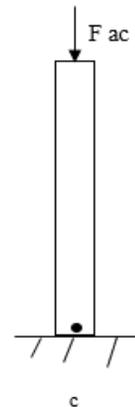
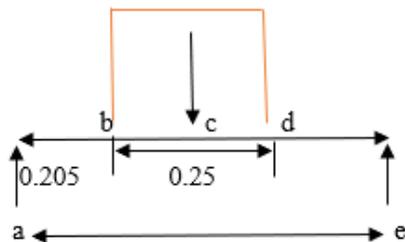
$$c = 0.351 \text{ kN}$$

$$G_{\max} = \frac{F}{A} = \frac{351 \text{ N}}{0.00046114 \text{ m}^2}$$

$$G_{\max} = 0.761 \text{ MPa}$$

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{140 \text{ MPa}}{0.761 \text{ MPa}} = 183.9$$

0.104 kN



$$\begin{aligned}\sum F_y &= A + E - 0.104 \text{ kN} = 0 \\ \sum F_y &= A + E - 0.104 \text{ kN} \\ \sum M_A &= -0.104 \text{ kN} \cdot (0,33 \text{ m}) + E \cdot (0,661) = 0 \\ E &= 0,052 \text{ kN} \\ A &= 0.104 \text{ kN} - 0,052 \text{ kN} \\ A &= 0,052 \text{ kN}\end{aligned}$$

ab

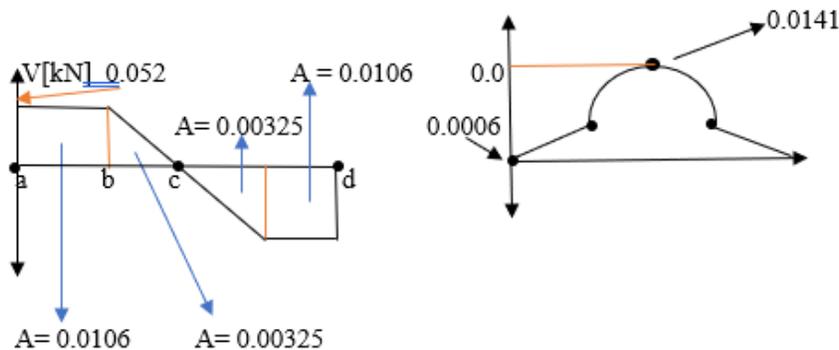
$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0,052 \text{ kN} - V = 0 \\ V &= 0,052 \text{ kN} \\ \sum M &= -0,052 \text{ kN} \cdot (0,2055 \text{ m}) + M = 0 \\ M &= -0,010 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

a-c

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0,052 \text{ kN} - V = 0 \\ V &= 0,052 \text{ kN} \\ \sum M &= -0,052 \text{ kN} \cdot (0,33 \text{ m}) + M = 0 \\ M &= -0,01716 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

a-e

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0,052 \text{ kN} - 0.104 \text{ kN} = V \\ V &= 0,017 \text{ kN} \\ \sum M &= -0,052 \text{ kN} \cdot (0,661 \text{ m}) + (0,104 \text{ kN}) \cdot (0,33 \text{ m}) + M = 0 \\ M &= 0\end{aligned}$$



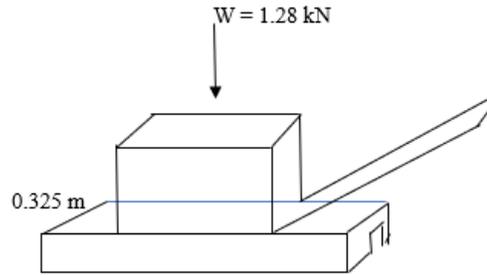
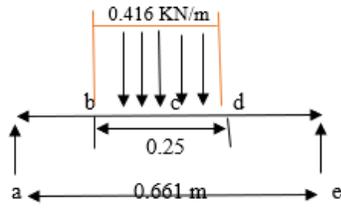
C.4 Para viga de soporte pedestal

Peso de bomba principal

$$124 \text{ kg} = 1216.02 \text{ N} = 1.21602 \text{ kN}$$

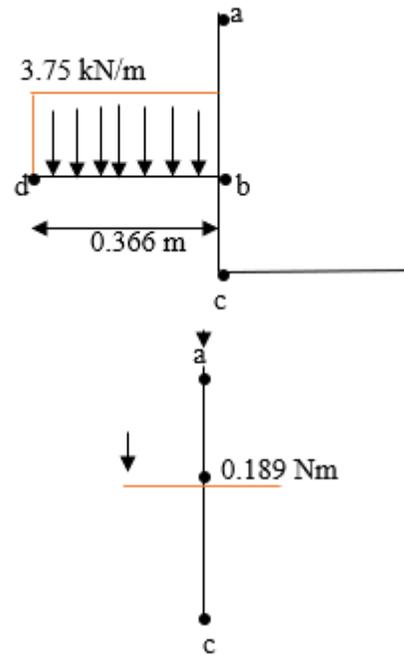
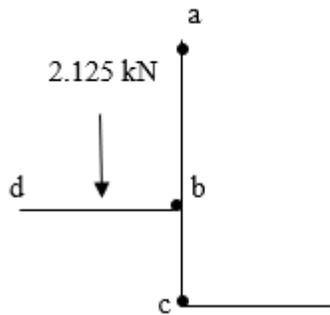
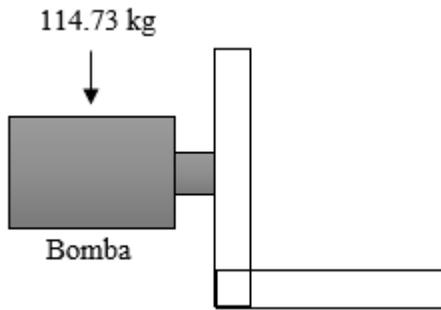
Peso del pedestal o soporte de bomba

$$6.66 \text{ kg} = 65.312 \text{ N} = 0.065 \text{ kN}$$



C.5 Pedestal bomba

Peso de la bomba = 114.73 kg = 1.125 kN



$$a = (2.25 \times 0.0127)$$

$$a = 0.003175$$

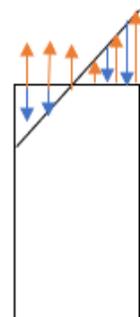
$$G = \frac{F}{a} = \frac{-1125\text{N}}{0.003175}$$

$$G = 0.354 \text{ MPa}$$

$$G_1 = G_F + G$$

$$(8 - 36)$$

$$(8 - 37)$$



$$G_{F2} = \frac{M.C}{I} = \left(\frac{0.189 \text{ Nm} (0.125 \text{ m})}{\frac{1}{2} (0.127 \text{ m}) (0.25 \text{ m}^3)} \right) = 0.00014 \text{ MPa} \quad (8 - 38)$$

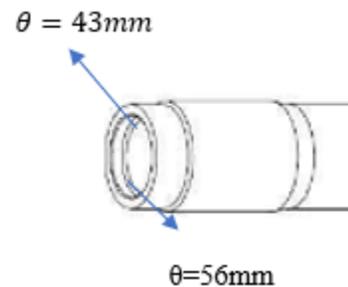
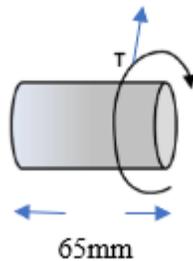
$$G_1 = 0.00014 \text{ MPa} + 0.354 \text{ MPa} = 0.354 \text{ MPa}$$

$$F_s = \frac{140 \text{ MPa}}{0.354 \text{ MPa}} = 395$$

C.6 Buje para eje de bombas

ϕ Eje máximo 43mm

Torque máximo del motor Hidráulico = 285.11 N.m



$$\mathcal{T} \max = \frac{T.r}{J} \quad (8 - 39)$$

Donde:

T = Torque

r = Radio

J = Momento polar de inercia

$$J = \frac{\pi}{2} (r_2^4 - r_1^4)$$

$$\mathcal{T} \max = \frac{(285.11 \text{ N.m}) \cdot (0.056 \text{ m})}{\frac{\pi}{2} (0.056^4 \text{ m}^4 - 0.043^4 \text{ m}^4)} = 1.584 \text{ Mpa}$$

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{140 \text{ MPa}}{1.584 \text{ MPa}} = 88.3$$

C.7 Cuña para buje de acople

Luego de obtener el diámetro del eje se procede a escoger la cuña. Se selecciona mediante tablas, las cuales permiten obtener las medidas y parámetros adecuados y necesarios según sea la pieza, faltando

por obtener la variable longitud (L) y material. Al hallar una de ellas se puede obtener la resultante de la otra, de acuerdo con el libro de Robert. L. Mott edición cuarta.¹¹⁷

Para ejes de $1\frac{1}{2}$ " $w = \frac{5}{16}$ "

Para hallar la longitud $w = L$ $w = \frac{5}{16}$ "

$$\tau = 2523.436 \text{ Lb.in}$$

$$N = 3 \text{ Factor de seguridad}$$

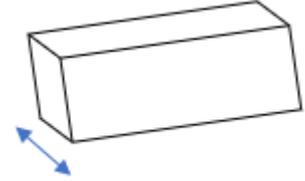
$$T_d = 0.55y/N = \frac{0.55 \cdot (3000 \text{ psi})}{3}$$

$$T_d = 5000 \text{ psi}$$

La longitud necesaria de la cuña se calcula con la siguiente ecuación

$$L = \frac{2T}{T_d \cdot D \cdot w} = \frac{2(2523.436 \text{ Lb.in})}{5000 \text{ psi} \cdot (1\frac{1}{2}\text{"}) \cdot (\frac{5}{16}\text{"})} \quad (8 - 40)$$

$$L = 2.153 \text{ in}$$



C.8 Soporte de tanque

Peso del aceite

$$P_e = P \cdot g \quad \text{Para aceite tellux68} = 854 \text{ Kg/m}^3 \quad (8 - 41)$$

$$P_e = 854 \text{ Kg/m}^3 \cdot (9.81 \text{ m/s}^2) = 8369.2 \text{ N/m}^2$$

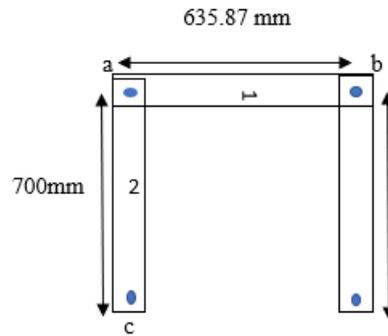
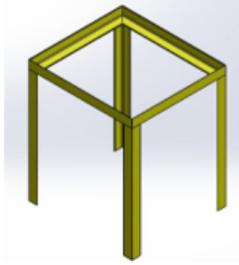
$$P = P_e \cdot V \quad (8 - 42)$$

$$P = 8369.2 \text{ N/m}^2 \cdot (0.151416 \text{ m}^3)$$

$$P = 1267.2 \text{ N} = 129.22 \text{ Kg} \cdot f \quad \longrightarrow \text{ peso del aceite}$$

$$\text{Peso del tanque} = 96.91 \text{ Kg}$$

¹¹⁷ (Tomado de (<http://librosolucionarios.net>))



Peso total =226,13 kg

C.9 Piezas representadas en 3D mediante programa Solidworks 2018.

Figura C - 71. Soporte de motor eléctrico¹¹⁸

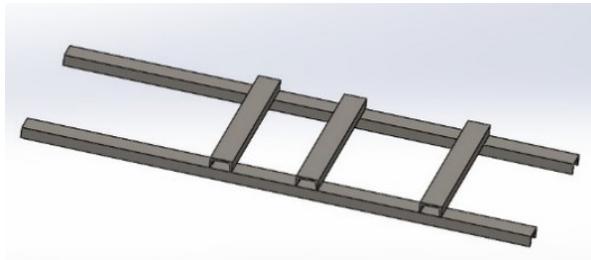
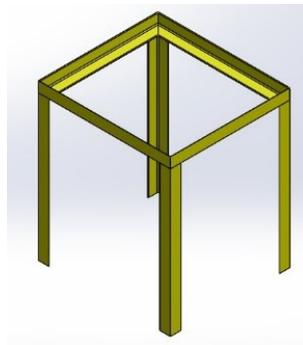
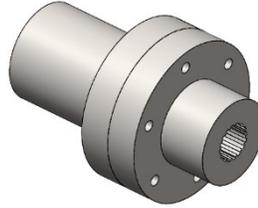
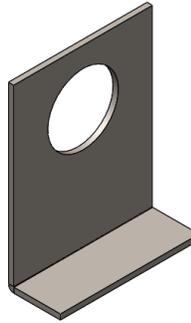
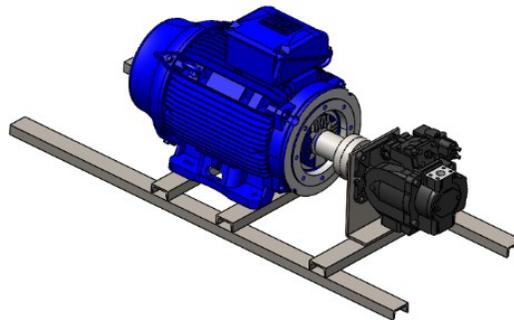


Figura C - 72. Soporte de depósito de aceite¹¹⁹



¹¹⁸ Tomado de (Los autores))

¹¹⁹ Tomado de (Los autores))

Figura C - 73. Acople flexible de motor eléctrico¹²⁰Figura C - 74. Pedestal de bomba principal¹²¹Figura C - 75. Conjunto motor eléctrico y bomba¹²²

¹²⁰ Tomado de (Los autores))

¹²¹ Tomado de (Los autores))

¹²² Tomado de (Los autores))

Figura C - 76. Depósito de aceite con elementos ¹²³

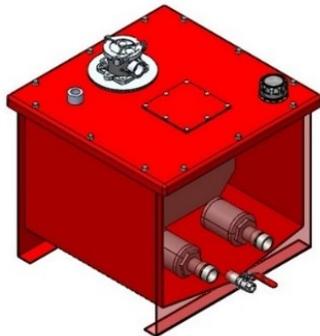


Figura C - 77. Tablero eléctrico ¹²⁴

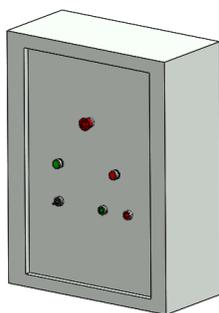
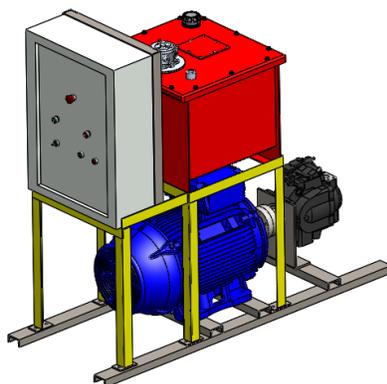


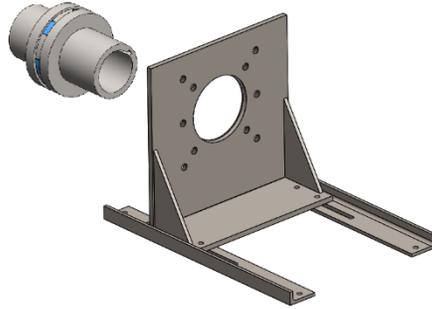
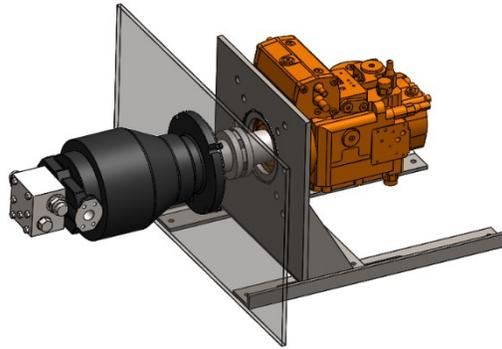
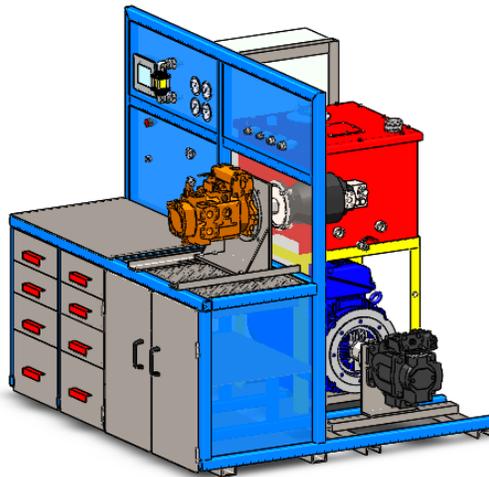
Figura C - 78. Ensamble de unidad de potencia ¹²⁵



¹²³ Tomado de (Los autores))

¹²⁴ Tomado de (Los autores))

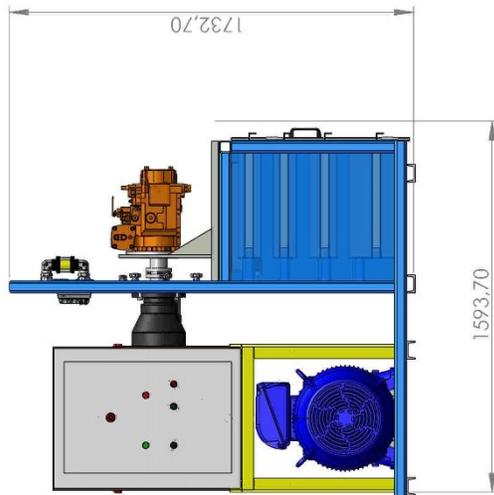
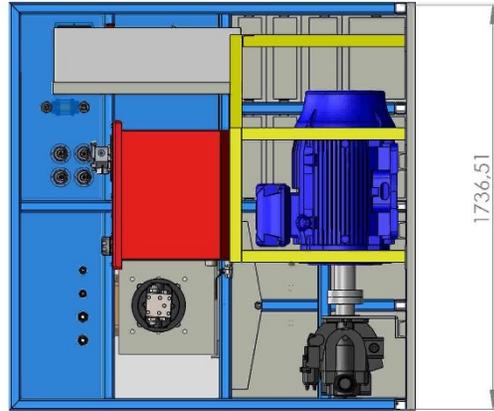
¹²⁵ Tomado de (Los autores))

Figura C - 79. Acople flexible y soporte para motor hidráulico¹²⁶Figura C - 80. Motor hidráulico del banco conectado con bomba a probar¹²⁷Figura C - 81. Ensamble completo del banco de pruebas¹²⁸

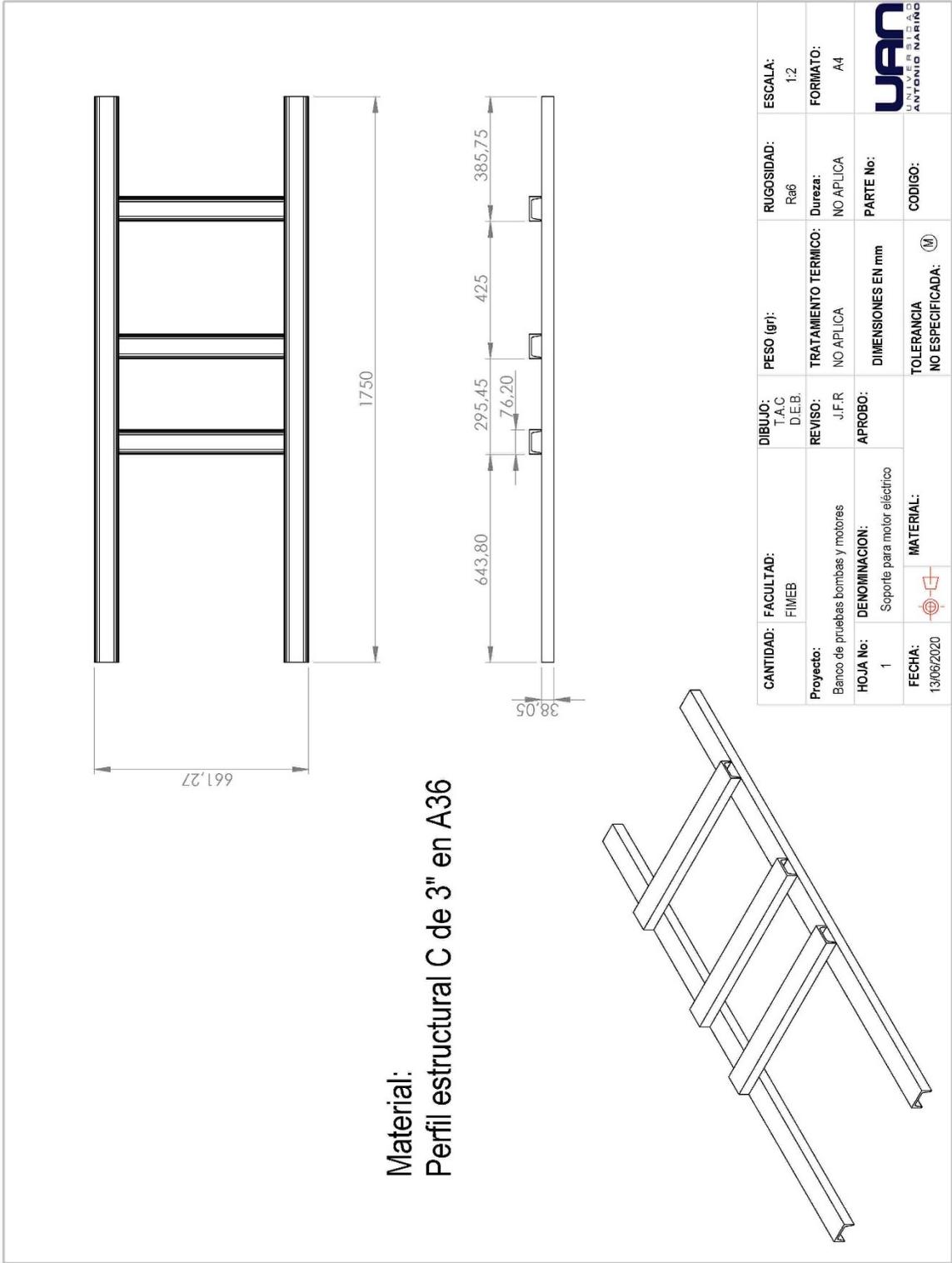
¹²⁶ Tomado de (Los autores))

¹²⁷ Tomado de (Los autores))

¹²⁸ Tomado de (Los autores))



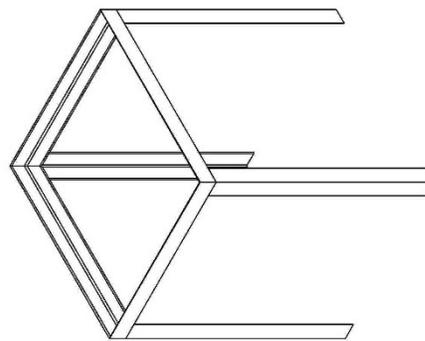
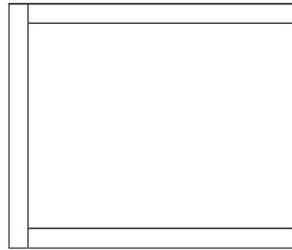
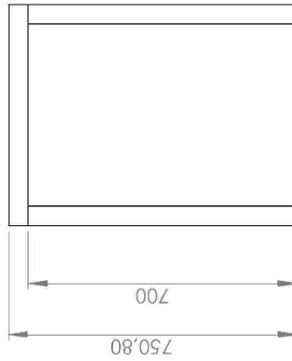
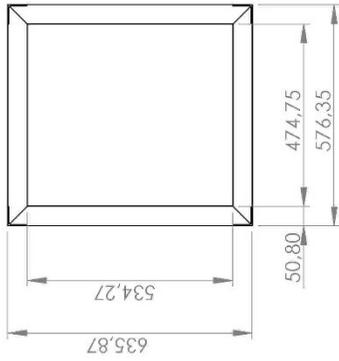
CANTIDAD: FIMEB	FACULTAD: FIMEB	DIBUJO: T.A.C. D.E.B.	PESO (gr):	RUGOSIDAD: Ra6	ESCALA: 1:2
Proyecto: Banco de pruebas bombas y motores	REVISO: J.F.R	TRATAMIENTO TERMICO: NO APLICA	Dureza: NO APLICA	FORMATO: A4	
HOJA No: 1	DENOMINACION: Vista general del conjunto	APROBO:	DIMENSIONES EN mm	PARTE No:	CODIGO:
FECHA: 13/06/2020	MATERIAL:	TOLERANCIA NO ESPECIFICADA: (M)	UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO		



CANTIDAD:	FACULTAD:	DIBUJO:	PESO (gr):	RUGOSIDAD:	ESCALA:
	FIMEB	T.A.C. D.E.B.		Ra6	1:2
Proyecto:		REVISO:	TRATAMIENTO TERMICO:	Dureza:	FORMATO:
Banco de pruebas bombas y motores		J.F.R.	NO APLICA	NO APLICA	A4
HOJA No:	DENOMINACION:	APROBO:	DIMENSIONES EN mm	PARTE No:	
1	Soporte para motor eléctrico				
FECHA:	MATERIAL:	TOLERANCIA	NO ESPECIFICADA:	CODIGO:	
13/06/2020	A36	Ⓜ			



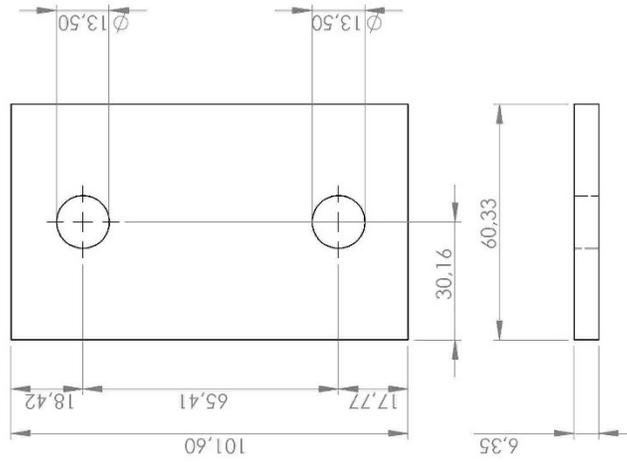
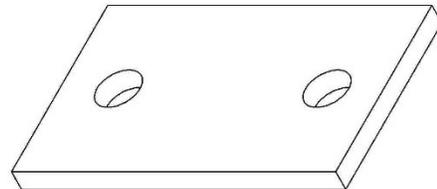
Material:
Perfil estructural en ángulo 2" x 1/8" A36



CANTIDAD: 1	FACULTAD: FIMEB	DIBUJO: T.A.C D.E.B.	PESO (gr):	RUGOSIDAD: Ra6	ESCALA: 1:2
Proyecto: Banco de pruebas bombas y motores	REVISO: J.F.R	TRATAMIENTO TERMICO: NO APLICA	Dureza: NO APLICA	FORMATO: A4	
HOJA No: 1	DENOMINACION: Hoja 1	APROBO:	DIMENSIONES EN mm	PARTE No:	
FECHA: 13/06/2020	MATERIAL: 	TOLERANCIA NO ESPECIFICADA: (M)	CODIGO:		

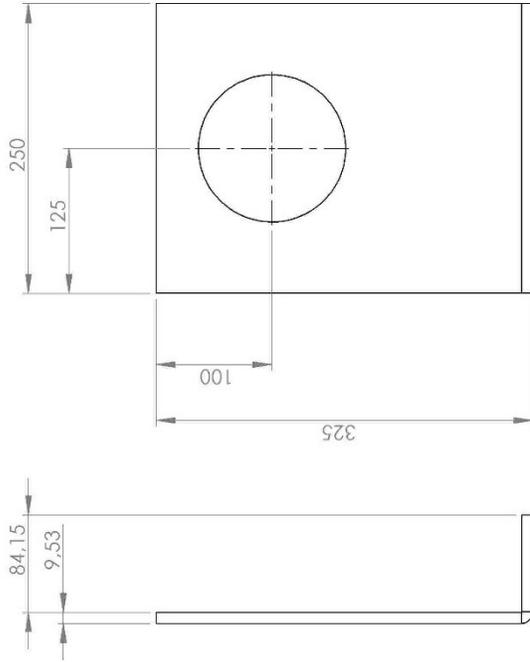
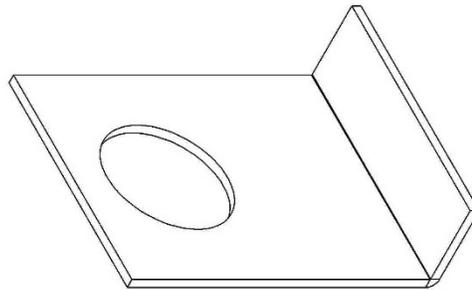


Material
Platina de 1/4" A36
Cantidad: 6 unidades



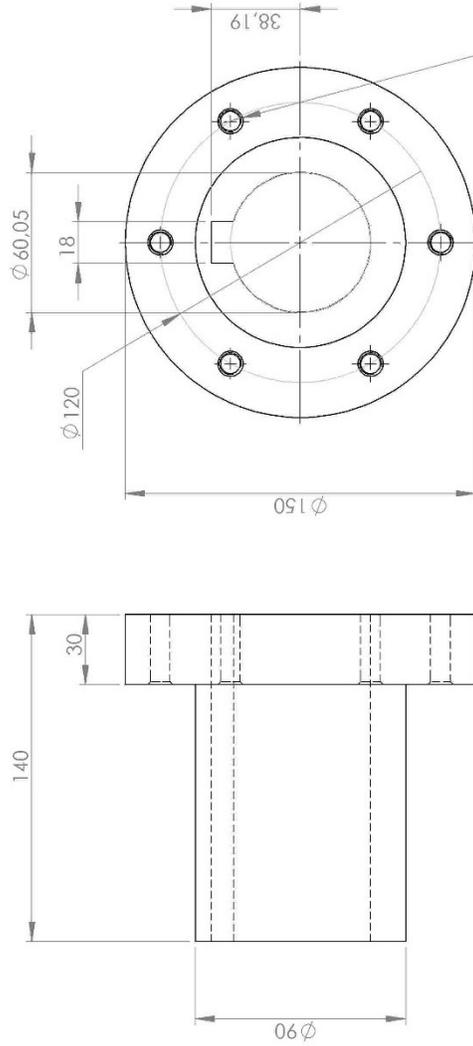
CANTIDAD:	FACULTAD:	DIBUJO:	PESO (gr):	RUGOSIDAD:	ESCALA:
	FIMEB	T.A.C D.E.B.		Ref6	1:2
Proyecto:		REVISO:	TRATAMIENTO TERMICO:	Dureza:	FORMATO:
Banco de pruebas bombas y motores		J.F.R	NO APLICA	NO APLICA	A4
HOJA No:	DENOMINACION:	APROBO:	DIMENSIONES EN mm	PARTE No:	UNIVERSIDAD
1	Palas de soporte de tanque				ANTONIO NARIÑO
FECHA:	MATERIAL:		TOLERANCIA	CODIGO:	
13/06/2020			NO ESPECIFICADA:		

Material
Platina de 3/8" A36

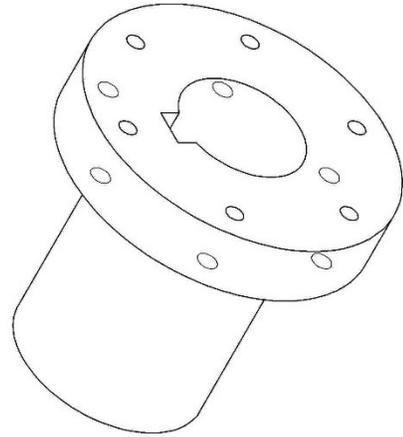


CANTIDAD:	FACULTAD:	DIBUJO:	PESO (gr):	RUGOSIDAD:	ESCALA:
	FIMEB	T.A.C D.E.B.		Ra6	1:2
Proyecto:		REVISO:	TRATAMIENTO TERMICO:	Dureza:	FORMATO:
Banco de pruebas bombas y motores		J.F.R	NO APLICA	NO APLICA	A4
HOJA No:	DENOMINACION:	APROBO:	DIMENSIONES EN mm	PARTE No:	CODIGO:
1	Soporte de bomba principal				
FECHA:	MATERIAL:		TOLERANCIA		
13/06/2020	A36		NO ESPECIFICADA:		UAN UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

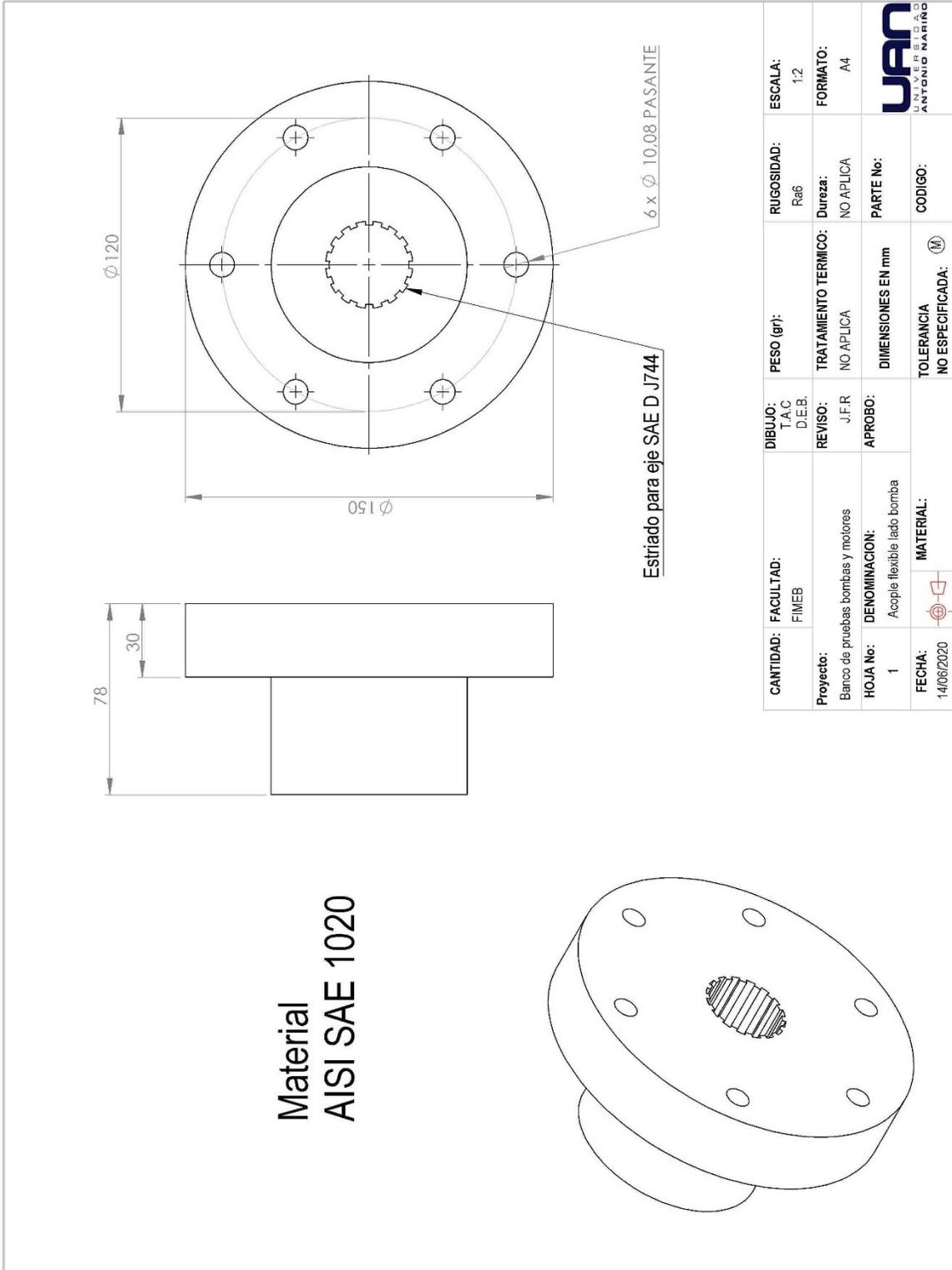
Material
AISI SAE 1020

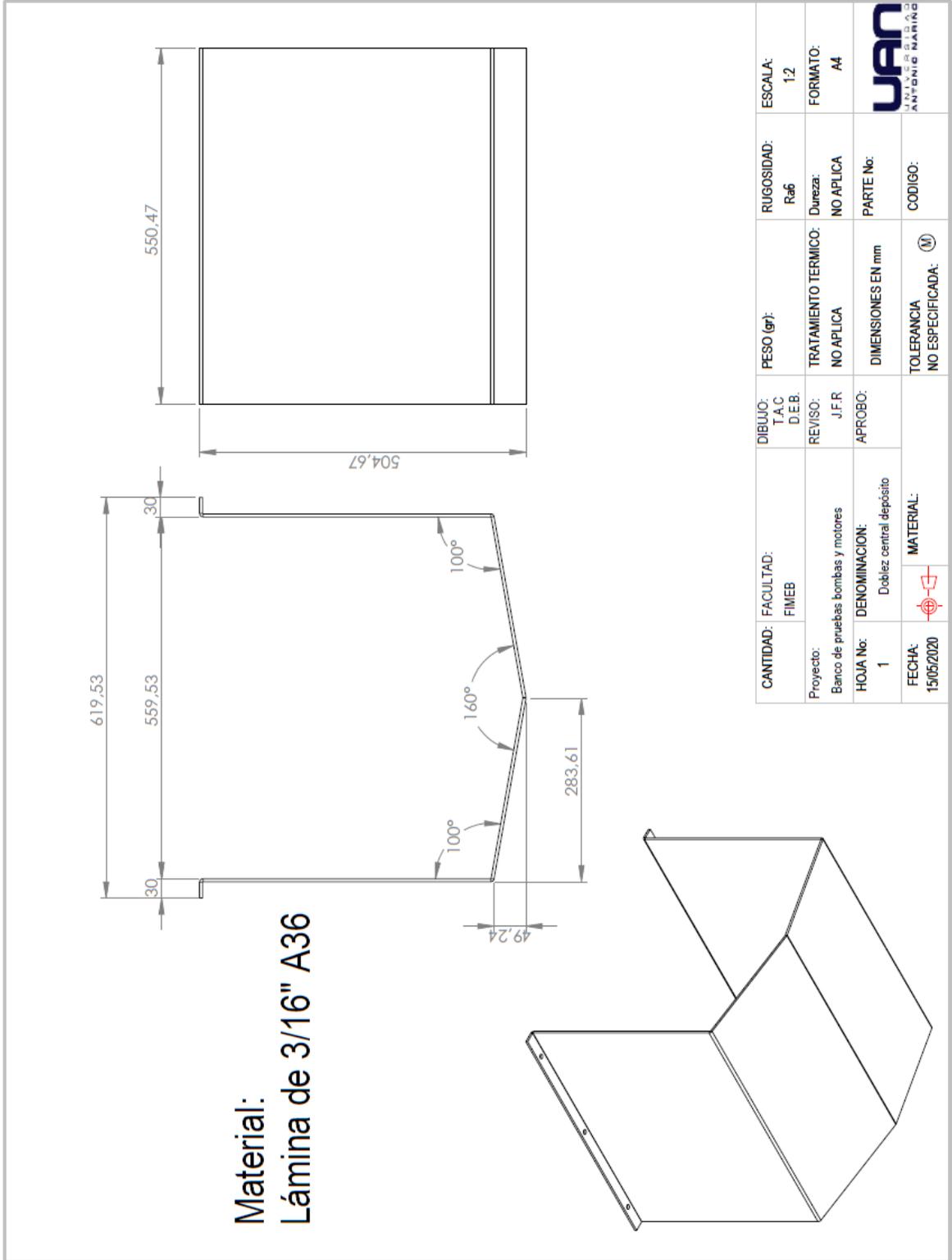


ORIFICIOS PASANTES 3/8-24 UNF



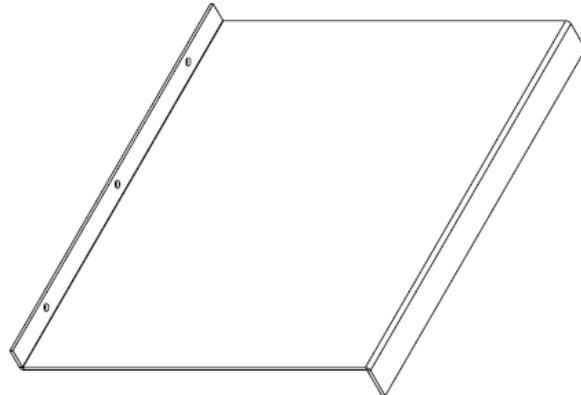
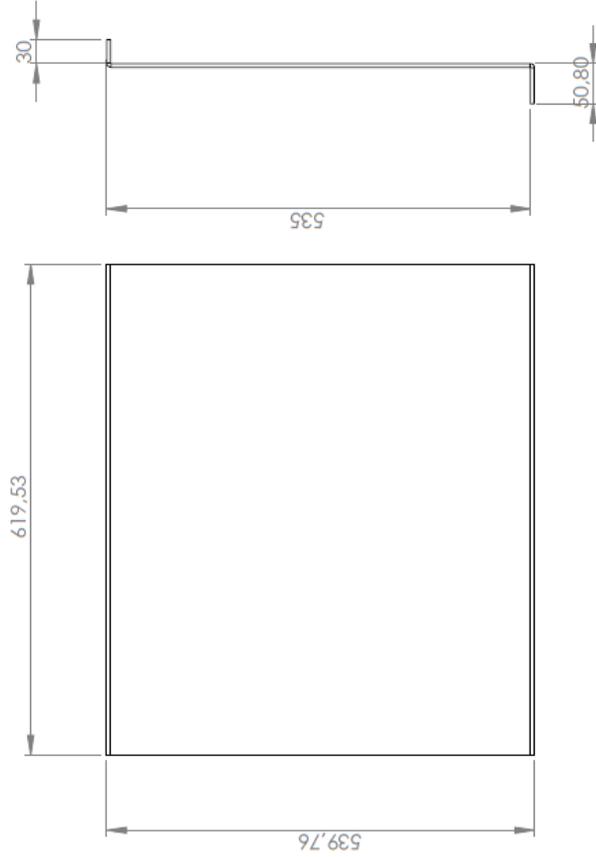
CANTIDAD: 1	FACULTAD: FIMEB	DIBUJO: T.A.C D.E.B.	PESO (gr):	RUGOSIDAD: Ra6	ESCALA: 1:2
Proyecto: Banco de pruebas bombas y motores	REVISO: J.F.R	TRATAMIENTO TERMICO: NO APLICA	Dureza: NO APLICA	FORMATO: A4	
HOJA No: 1	DENOMINACION: Acople flexible lado motor	APROBO:	DIMENSIONES EN mm	PARTE No:	
FECHA: 14/06/2020	MATERIAL: 	TOLERANCIA NO ESPECIFICADA: M	CODIGO:	UAN ANTONIO NARIÑO	





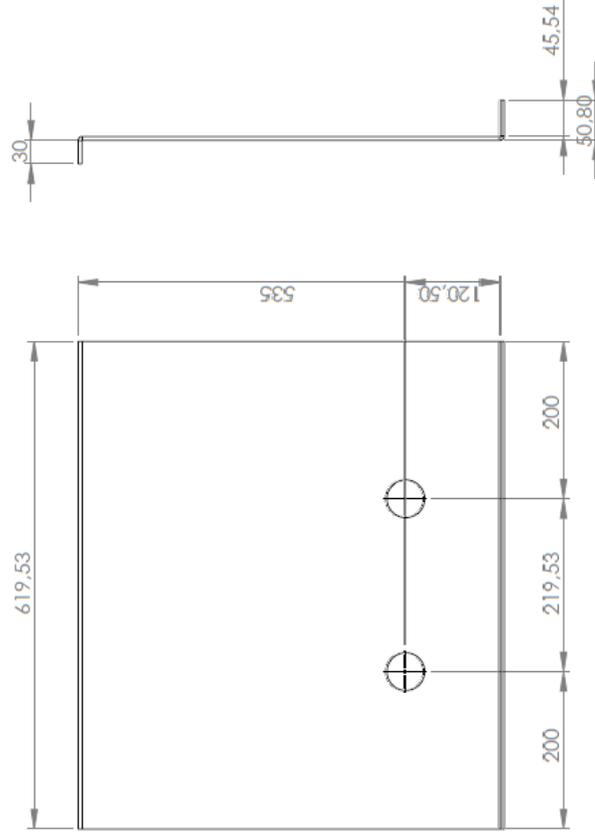
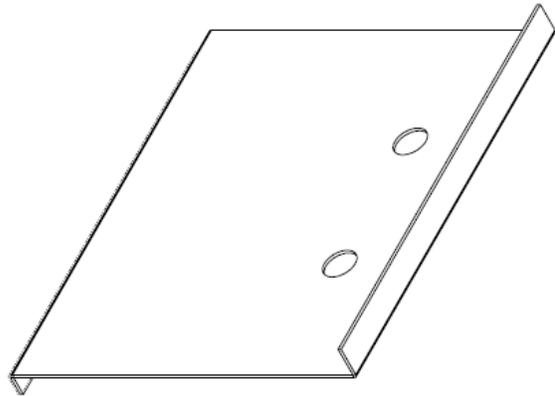
CANTIDAD:	FACULTAD:	DIBUJO:	PESO (gr):	RUGOSIDAD:	ESCALA:
	FIMEB	T.A.C D.E.B.		Ra6	1:2
Proyecto:		REVISO:	TRATAMIENTO TERMICO:	Dureza:	FORMATO:
Banco de pruebas bombas y motores		J.F.R	NO APLICA	NO APLICA	A4
HOJA No:	DENOMINACION:	APROBO:	DIMENSIONES EN mm	PARTE No:	
1	Doblez central depósito				
FECHA:	MATERIAL:	TOLERANCIA	NO ESPECIFICADA:		
15/05/2020					



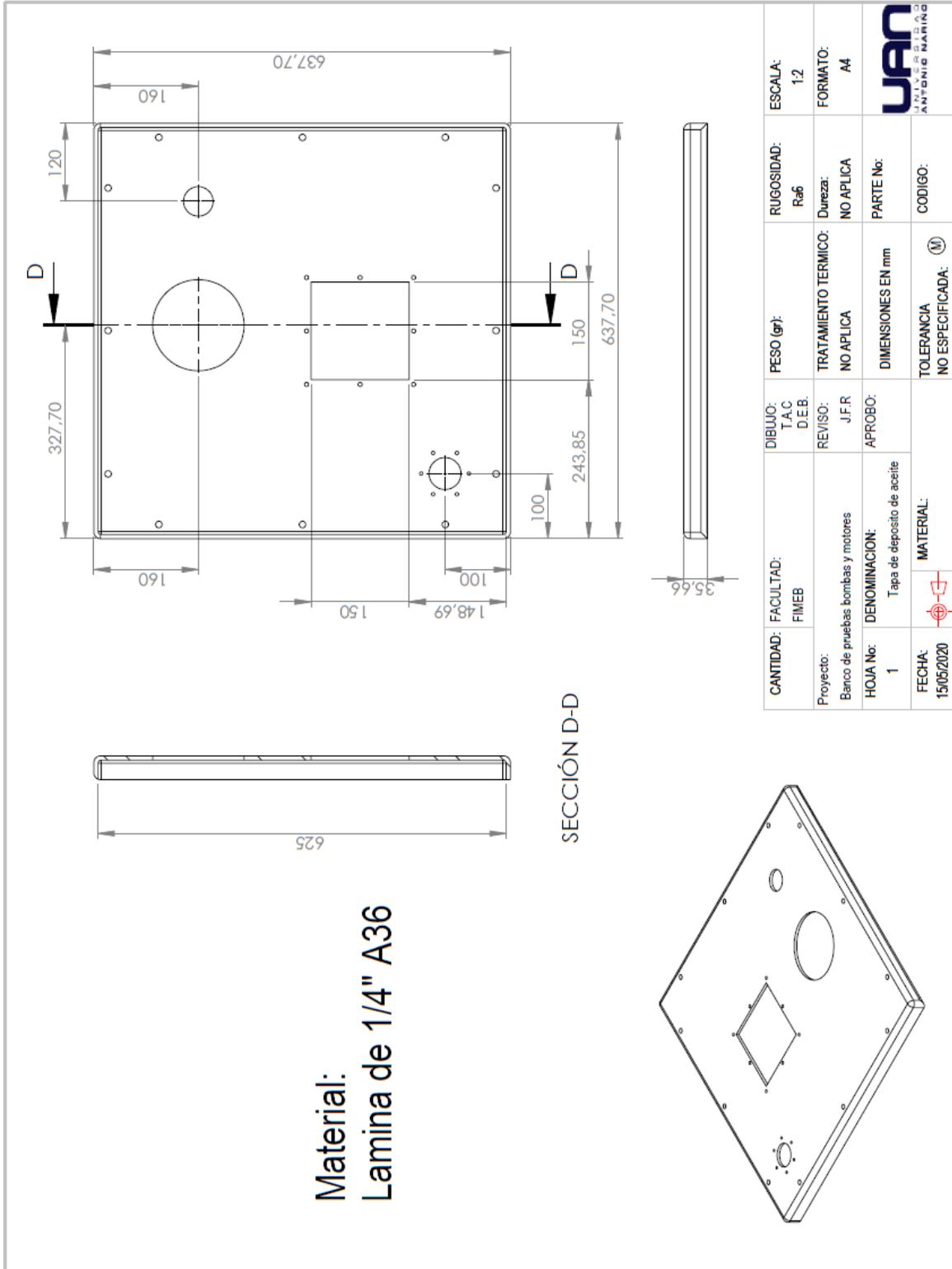


CANTIDAD: Proyecto: Banco de pruebas bombas y motores HOJA No: 1	FACULTAD: FIMEB	DIBUJO: T.A.C D.E.B.	PESO (gr):	RUGOSIDAD: Raf6	ESCALA: 1:2
DENOMINACION: Doblez lateral de deposito	REVISO: J.F.R	TRATAMIENTO TERMICO: NO APLICA	DUREZA: NO APLICA	DUREZA: NO APLICA	FORMATO: A4
APROBO:	APROBO:	DIMENSIONES EN mm	PARTE No:	CODIGO:	UJAN UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
FECHA: 15/05/2020	MATERIAL:	TOLERANCIA NO ESPECIFICADA: (M)			

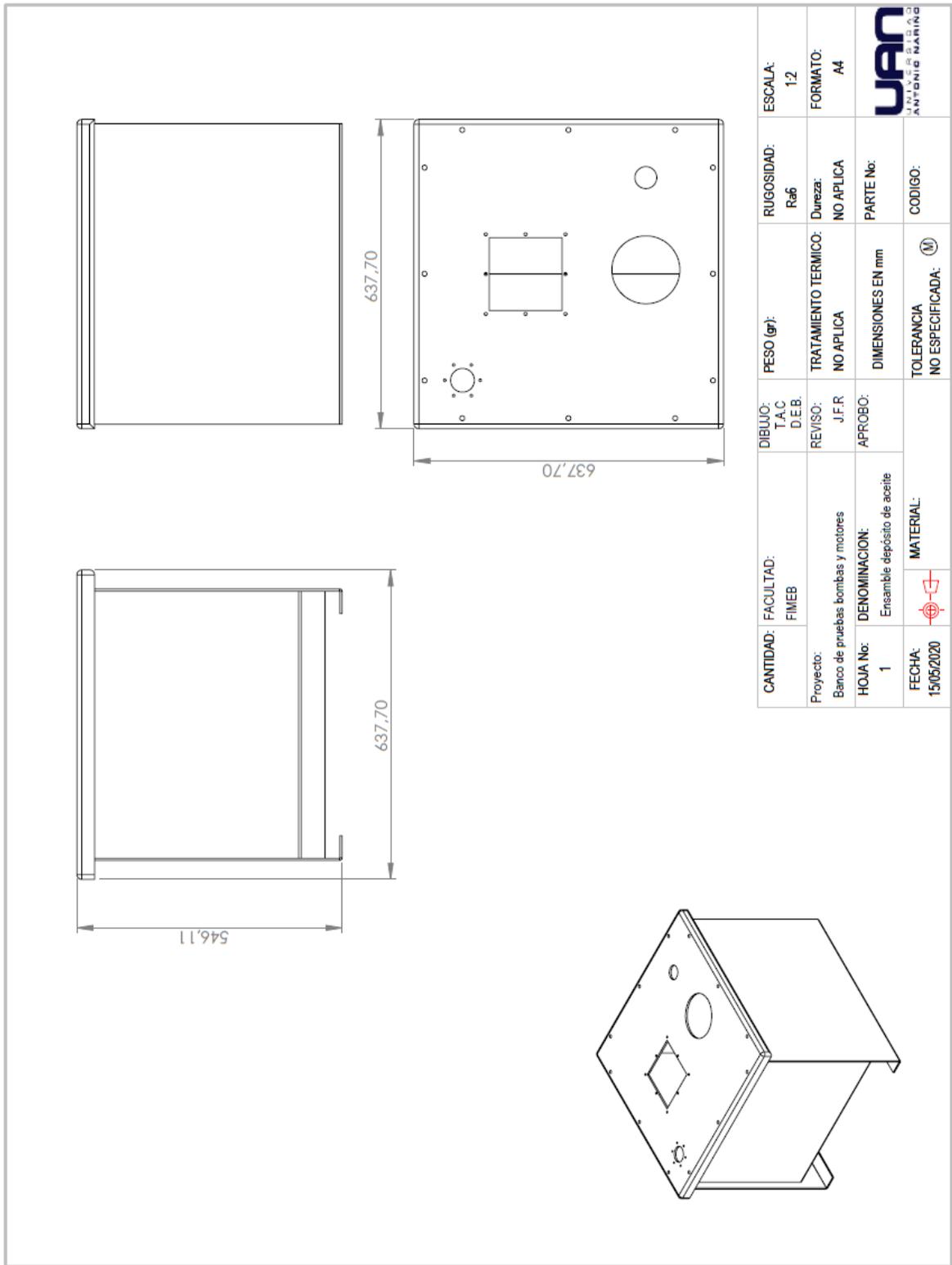
Material:
Lámina de 3/16" A36



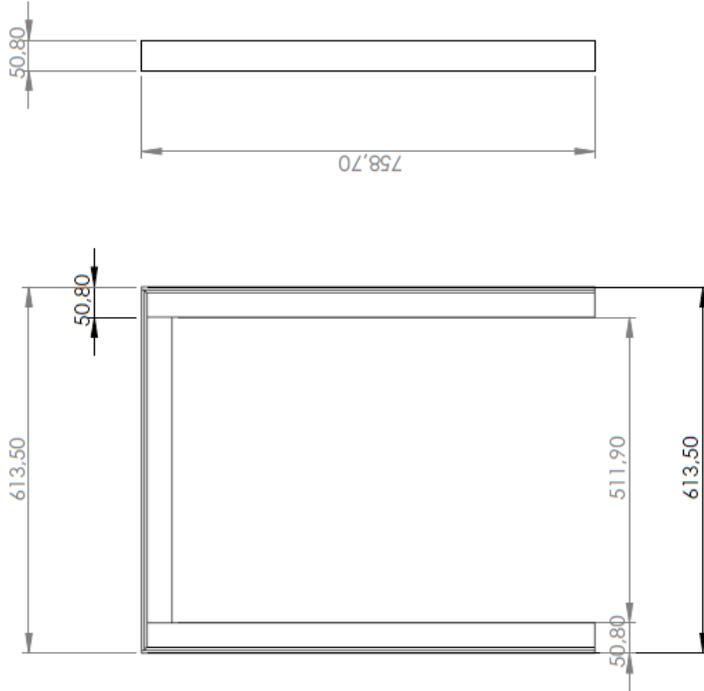
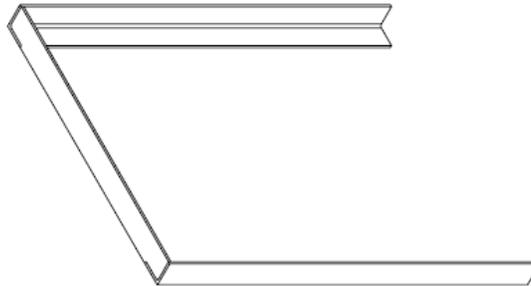
CANTIDAD: FIMEB	FACULTAD: FIMEB	DIBUJO: T.A.C D.E.B.	PESO (gr):	RUGOSIDAD: Ra6	ESCALA: 1:2
Proyecto: Banco de pruebas bombas y motores	REVISO: J.F.R	TRATAMIENTO TERMICO: NO APLICA	DUREZA: NO APLICA	FORMATO: A4	
HOJA No: 1	DENOMINACION: Doble lateral 2 deposito	APROBO:	DIMENSIONES EN mm	PARTE No:	
FECHA: 15/05/2020	MATERIAL: 	TOLERANCIA NO ESPECIFICADA	CODIGO: 		



CANTIDAD: FIMEB	FACULTAD: FIMEB	DIBUJO: T.A.C D.L.E.B.	PESO (gr):	RUGOSIDAD: Ra6	ESCALA: 1:2
Proyecto: Banco de pruebas bombas y motores	REVISO: J.F.R.	TRATAMIENTO TERMICO: NO APLICA	DUREZA: NO APLICA	FORMATO: A4	
HOJA No: 1	DENOMINACION: Tapa de deposito de aceite	APROBIO:	DIMENSIONES EN mm	PARTE No:	CODIGO:
FECHA: 15/05/2020	MATERIAL:	TOLERANCIA NO ESPECIFICADA: Ⓜ			UJAN ANTONIO J. NARINÓ

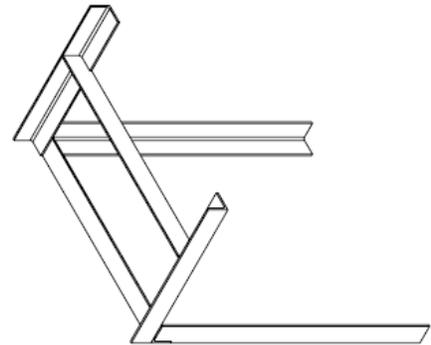
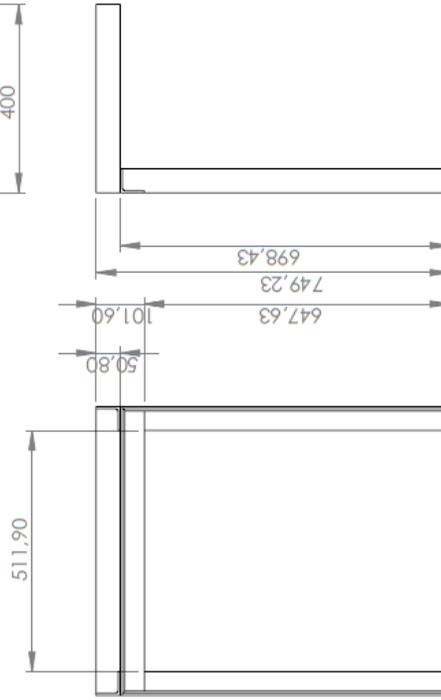
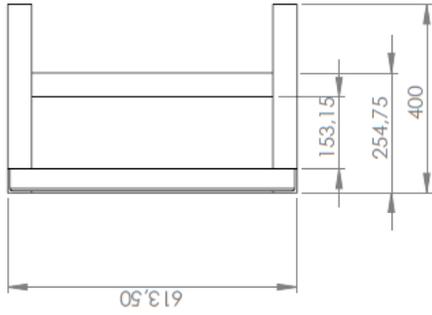


Material:
Perfil estructural en ángulo
2" x 3/16" A36



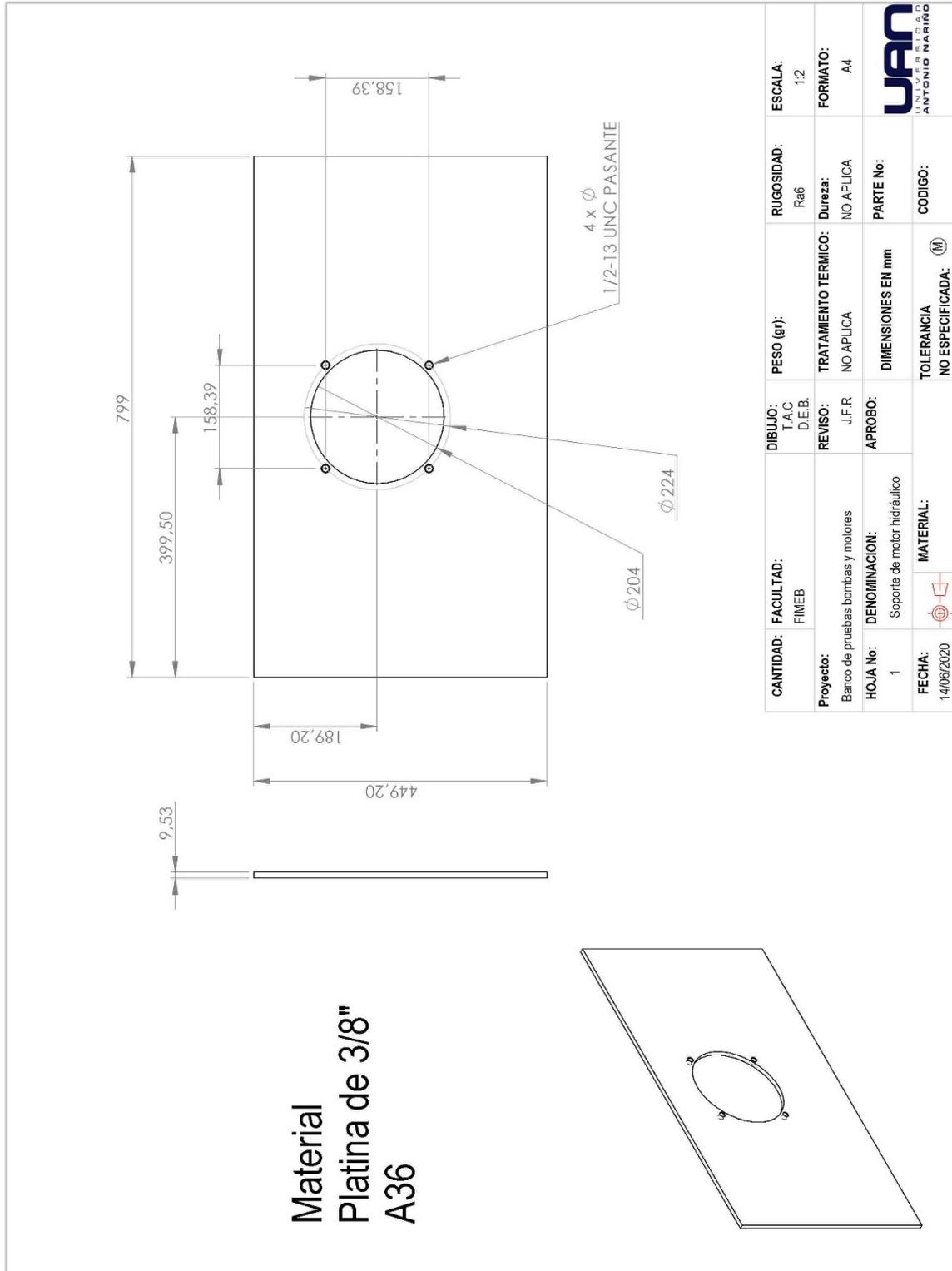
CANTIDAD: FINEB	FACULTAD: FINEB	DIBUJO: T.A.C D.E.B.	PESO (gr):	RUGOSIDAD: Ra6	ESCALA: 1:2
Proyecto: Banco de pruebas bombas y motores	REVISO: J.F.R	TRATAMIENTO TERMICO: NO APLICA	Dureza: NO APLICA	FORMATO: A4	
HOJA No: 1	DENOMINACION: Marco de tablero eléctrico	APROBO:	DIMENSIONES EN mm	PARTE No:	
FECHA: 15/05/2020	MATERIAL: 	TOLERANCIA NO ESPECIFICADA: M	CODIGO:	JAN JUAN PEREZ ANTONIO MARINO	

Material
Perfil estructural en ángulo 2" x3/16" A36



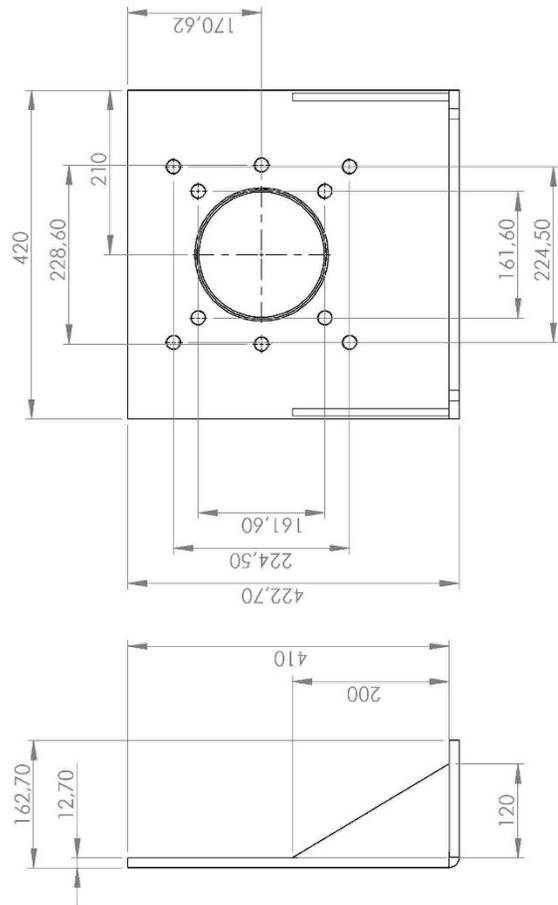
CANTIDAD: FIMEB	FACULTAD: FIMEB	DIBUJO: T.A.C D.L.E.B.	PESO (gr):	RUGOSIDAD: Ra6	ESCALA: 1:2
Proyecto: Banco de pruebas bombas y motores	REVISO: J.F.R.	TRATAMIENTO TERMICO: NO APLICA	Dureza: NO APLICA	FORMATO: A4	
HOJA No: 1	DENOMINACION: Soporte de tablero eléctrico	APROBO:	DIMENSIONES EN mm	PARTE No:	
FECHA: 15/05/2020	MATERIAL:	TOLERANCIA NO ESPECIFICADA: (M)	CODIGO:		



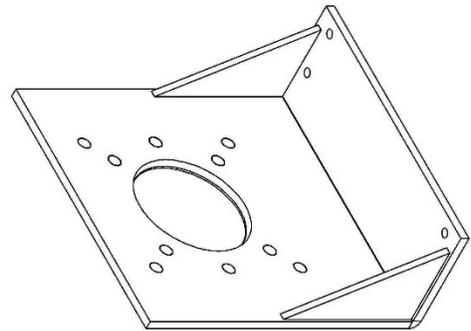


CANTIDAD:	FACULTAD:	DIBUJO:	PESO (gr):	RUGOSIDAD:	ESCALA:
	FIMEB	T.A.C. D.E.B.		Ra6	1:2
Proyecto:	Banco de pruebas bombas y motores	REVISO:	TRATAMIENTO TERMICO:	Dureza:	FORMATO:
		J.F.R.	NO APLICA	NO APLICA	A4
HOJA No:	DENOMINACION:	APROBO:	DIMENSIONES EN mm	PARTE No:	
1	Soporte de motor hidraulico				
FECHA:	MATERIAL:		TOLERANCIA	CODIGO:	
14/06/2020			NO ESPECIFICADA:		

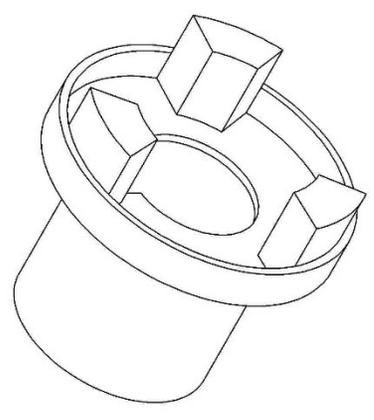
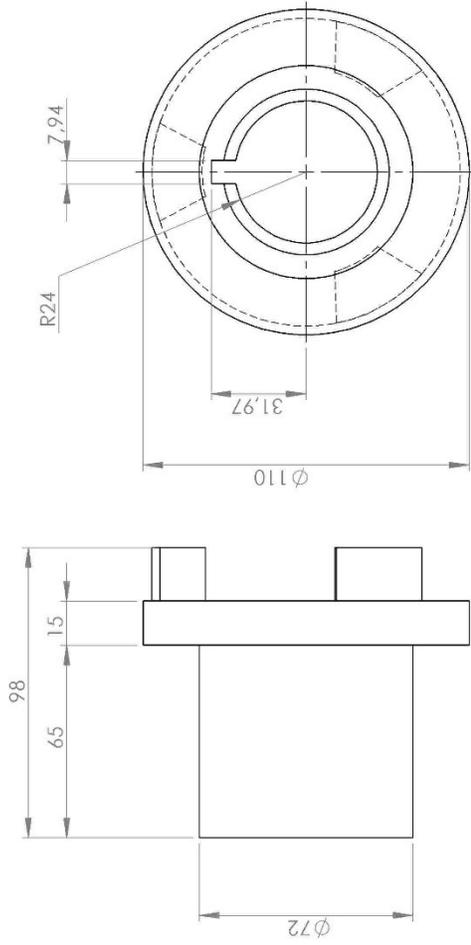




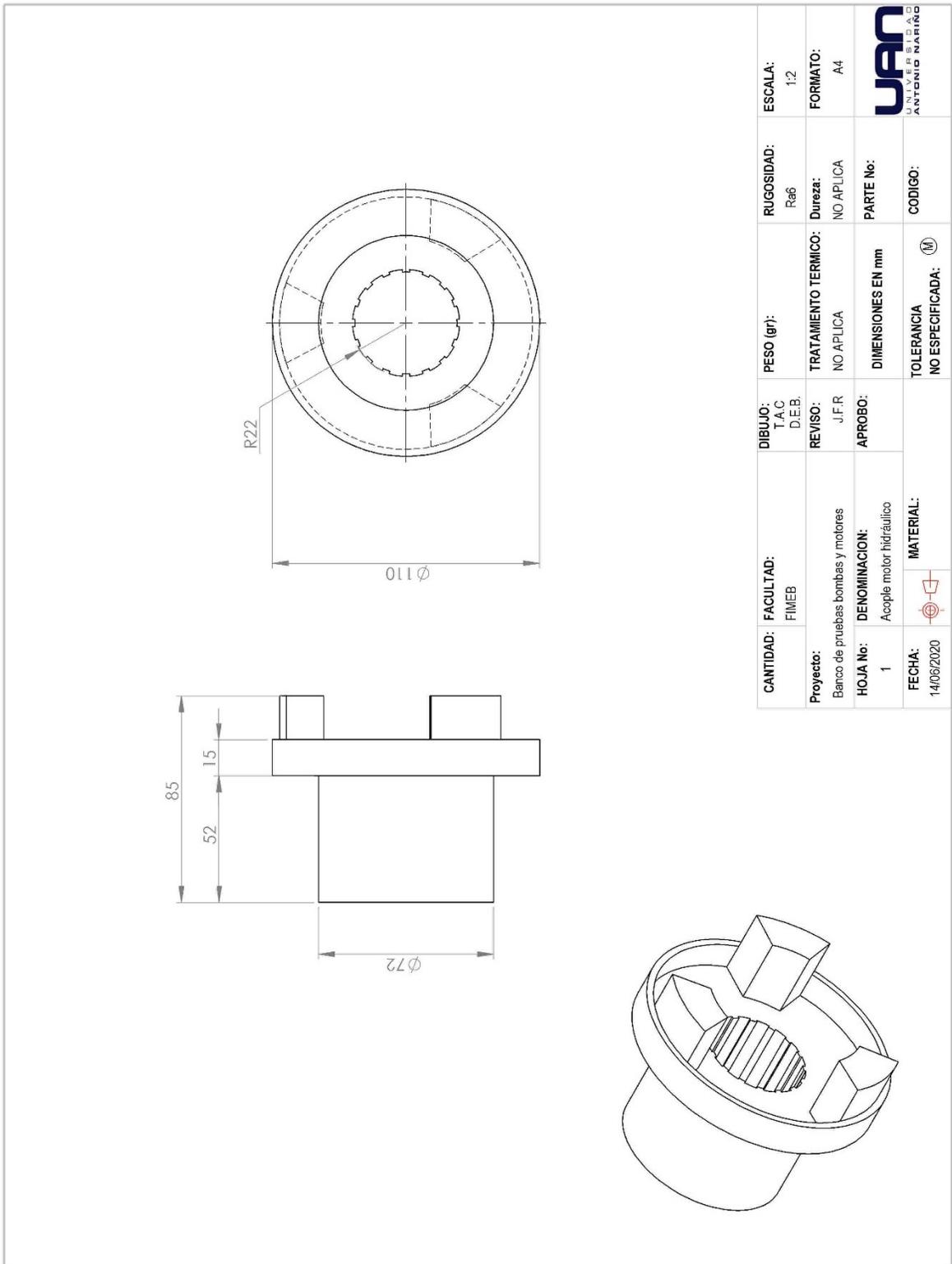
Material
Lámina de 1/2" A36



CANTIDAD: FIMEB	FACULTAD: FIMEB	DIBUJO: T.A.C D.E.B.	PESO (gr):	RUGOSIDAD: Ra6	ESCALA: 1:2
Proyecto: Banco de pruebas bombas y motores	REVISO: J.F.R	TRATAMIENTO TERMICO: NO APLICA	Dureza: NO APLICA	FORMATO: A4	
HOJA No: 1	DENOMINACION: Soporte de bomba de prueba	APROBO:	DIMENSIONES EN mm	PARTE No:	
FECHA: 14/06/2020	MATERIAL: 	TOLERANCIA NO ESPECIFICADA: M	CODIGO:	UJAN UNIVERSIDAD JUAN ANTONIO RIVERA	



CANTIDAD: FIMEB	FACULTAD: FIMEB	DIBUJO: T.A.C D.I.E.B.	PESO (gr):	RUGOSIDAD: Ra6	ESCALA: 1:2
Proyecto: Banco de pruebas bombas y motores	REVISO: J.F.R	TRATAMIENTO TERMICO: NO APLICA	Dureza: NO APLICA	FORMATO: A4	
HOJA No: 1	APROBO:	DIMENSIONES EN mm	PARTE No:	CODIGO:	
FECHA: 14/06/2020	MATERIAL:	TOLERANCIA NO ESPECIFICADA: (M)			



Anexo D. Manual de operaciones del Banco de Pruebas.

El Anexo detalla el procedimiento para el montaje de bombas y motores que van a ser sometidos a pruebas de funcionamiento, así como las conexiones hidráulicas que deben ser realizadas según el tipo de componente a probar.

También se detalla el procedimiento de conexión y operación para la ejecución de pruebas con equipo Parker Service Master Plus Kit.



ESPECIALISTAS EN SISTEMAS
HIDRAULICOS Y PROYECTOS

BANCO DE PRUEBAS PARA BOMBAS Y MOTORES HIDRÁULICOS

MANUAL DE OPERACIÓN



BOGOTÁ D.C., MAYO DE 2020

	Elaboró:	Revisó:	Aprobó:
NOMBRE			Ing. Jorge Gordillo
CARGO			Gerente



1. OBJETIVO

Presentar al personal técnico de HYDRAULICTECH SAS el manual de operación del banco de pruebas para bombas y motores hidráulicos.

2. ALCANCE

Se detalla el procedimiento para el montaje de bombas y motores que van a ser sometidos a pruebas de funcionamiento, así como las conexiones hidráulicas que deben ser realizadas según el tipo de componente a probar.

También se detalla el procedimiento de conexión y operación para la ejecución de pruebas con equipo Parker Service Master Plus Kit.



3. INFORMACION DE SEGURIDAD

Este documento está dirigido al personal encargado de la operación del banco de pruebas. Es muy importante que dicho personal esté debidamente capacitado y entrenado antes de ejecutar los procedimientos que aquí se presentan.

Es indispensable seguir las recomendaciones y procedimientos de seguridad establecidos antes y durante la operación del banco de pruebas teniendo en cuenta que la intervención inadecuada a este equipo puede ocasionar daños importantes en el equipo, lesiones graves e incluso la muerte.

Este es un equipo el cual expone al personal riesgos de atrapamiento, caída de objetos, quemaduras, ruido, sobreesfuerzos, entre otros. Es obligatorio utilizar los elementos de protección personal y seguir las instrucciones de los encargados de HSEQ del sitio de trabajo.



**QUEDA PROHIBIDA LA MANIPULACION DEL BANCO DE PRUEBAS POR PERSONAL
NO AUTORIZADO**

3

IMPORTADORES:



BENSON Hydraulics



Commercial Hydraulics

Distribuidores de Marcas Reconocidas en el Mercado Colombiano



4. DESCRIPCIÓN GENERAL

La fuente de potencia del sistema hidráulico es obtenida del motor eléctrico principal. La potencia es transmitida hacia una bomba hidráulica de pistones axiales de desplazamiento variable conectada en circuito cerrado con un motor de pistones axiales de desplazamiento fijo. Una válvula ~~servohidráulica~~ accionada por un cilindro hidráulico modifica la inclinación del plato basculante de la bomba, con lo cual se controla la velocidad y el sentido de giro del motor de pistones axiales. El cilindro hidráulico es comandado por una válvula direccional de palanca montada en el panel de control hidráulico del banco.

Para la prueba de una bomba, esta se instala en el pedestal de pruebas. Entre los ejes de bomba de prueba y el motor de pistones del banco se instala un acople con un sensor de torque y un sensor de rpm. La succión de la bomba se conecta al depósito de aceite, la descarga se conecta a la válvula de alivio del panel de control hidráulico y es accionada con el motor de pistones, con este arreglo la cual se genera la carga para evaluar el estado de la bomba. La presión de la bomba es medida con un sensor de presión.

Para la prueba de un motor, se retira el motor de pistones del banco y se instala en su lugar el motor a probar. Las mangueras de salida de la bomba del banco se conectan al motor de prueba. En el pedestal de prueba se instala una bomba auxiliar del banco, la cual es una bomba de paletas de desplazamiento fijo. Entre los ejes de bomba y motor se instala un acople con un sensor de torque y un sensor de rpm. La succión de la bomba se conecta al depósito de aceite, y la descarga se conecta a la válvula de alivio del panel de control hidráulico, con la cual se genera la carga para evaluar el estado del motor. La presión del motor es medida con un sensor de presión.

En ambas pruebas los sensores se conectan al equipo Parker Service Master Plus Kit, con el cual se visualizan y almacenan los datos de presión, caudal, torque y rpm para su análisis y diagnóstico del componente probado.



5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Potencia instalada:	75 HP (55 kW)
Caudal máximo de la bomba principal	53,5 gpm
Presión máxima:	5075 PSI (350 bar)
Potencia disponible para prueba de bombas	59,7 HP (44.5 kW)
Velocidad máxima de motor hidráulico	1656 rpm
Torque máximo del motor hidráulico	5540 lb in (626 Nm)
Velocidad del motor hidráulico a máximo torque	658 rpm
Torque del motor hidráulico a velocidad máxima	2266 lb in (256 Nm)
Potencia disponible para prueba de motores	65 HP (48.5 kW)
Variables medidas con el equipo Parker Service Master Plus Kit	Presión, Caudal, rpm y torque
Variables medidas simultáneamente	4
Depósito de aceite:	Capacidad 40 galones
Tipo de aceite:	Mineral ISO 68
Tensión de alimentación	220 V – 240 V

5

IMPORTADORES:



BENSON (Hydraulics)



Distribuidores de Marcas Reconocidas en el Mercado Colombiano



6. INSTRUCCIONES DE OPERACION

6.1 Revisión Preliminar

Antes de operar el banco de prueba SIEMPRE revise lo siguiente:

- Verifique el nivel de aceite hidráulico del depósito.



Nivel completo de aceite

Nivel insuficiente de aceite

- En caso de ser necesario reabastezca de fluido hidráulico el depósito a través de la tapa respiradero con filtro de aire.



6

IMPORTADORES:



Distribuidores de Marcas Reconocidas en el Mercado Colombiano



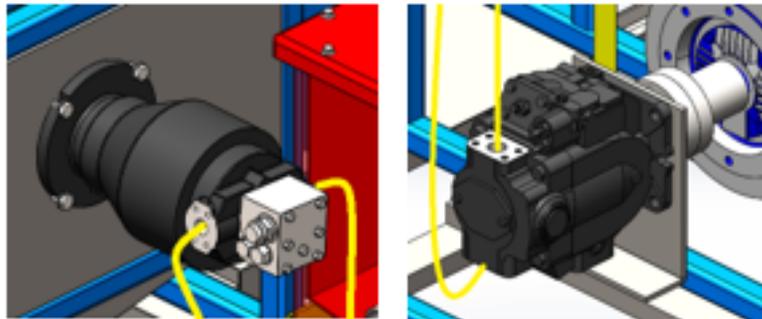
- Verifique que no haya fugas visibles de fluido hidráulico y que no haya mangueras y tubos desconectados.
- Verifique que la válvula de paso de la línea de succión del depósito a la bomba de carga principal esté completamente abierta.



6.2 Prueba de bombas de engranajes y paletas desplazamiento fijo.

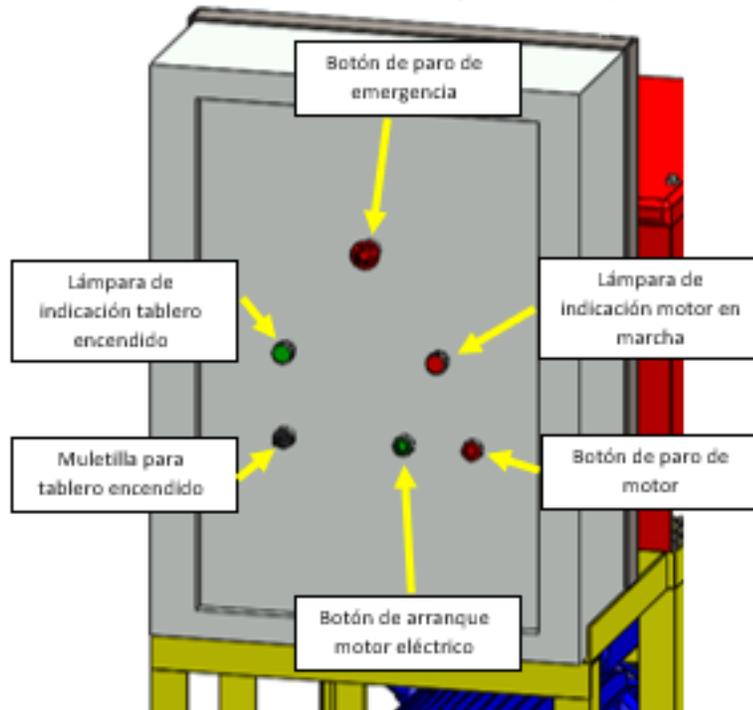
6.2.1 Ajustes iniciales

- Verifique que las dos mangueras de salida de la bomba estén debidamente conectadas al motor de pistones del banco.





b) Verifique que el paro de emergencia del tablero de control no esté presionado. Si lo está, gire el botón hasta que se libere.



- c) Energice el tablero con la muletilla para tablero encendido.
- d) Pulse el botón de arranque del motor eléctrico. Cuando el motor alcance la velocidad de operación se encenderá la lámpara de indicación de motor en marcha.
- e) Si el motor hidráulico gira, mueva la palanca de control de desplazamiento del panel de control hidráulico en cualquier sentido hasta que el motor hidráulico se detenga.
- f) Apague el motor eléctrico con el botón de paro.
- g) Coloque el acople flexible, el sensor de torque y el sensor de rpm en el eje del motor hidráulico.

8

IMPORTADORES:



BENTON

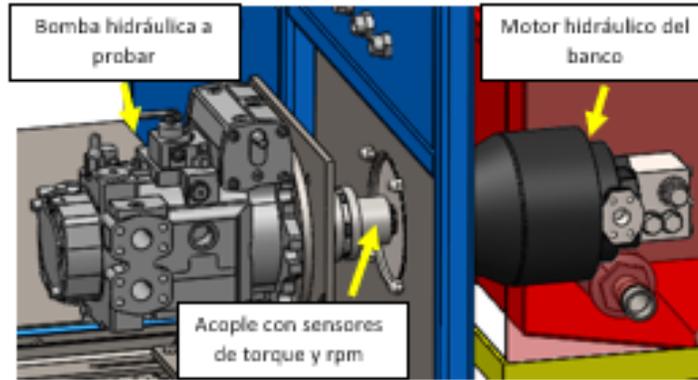


Commercial Hydraulics

Distribuidores de Marcas Reconocidas en el Mercado Colombiano



h) Instale la bomba hidráulica para probar en el pedestal de pruebas. Tenga a la mano el adaptador adecuado para el eje de la bomba y el sensor de torque.



i) Conecte la succión de la bomba a probar con la válvula de bola del depósito de aceite.

j) Conecte la descarga de la bomba a probar con la entrada del sensor de caudal del Parker Service Master Plus Kit.

k) Conecte la salida del sensor de caudal del Parker Service Master Plus Kit a la válvula de alivio del panel de control hidráulico.

6.2.2 Procedimiento de la prueba.

a) Afloje completamente la válvula de alivio del panel de control.

b) Conecte los sensores de torque y rpm al Parker Service Master Plus Kit.

c) Conecte el sensor de presión al "test point" de la válvula de alivio del panel de control hidráulico. Conecte el cable del sensor al Parker Service Master Plus Kit.

d) Conecte el cable del caudalímetro al Parker Service Master Plus Kit.

e) Conecte el cable de alimentación del Parker Service Master Plus Kit al enchufe de 120 V del tablero eléctrico del banco.

f) Encienda el Parker Service Master Plus Kit. Verifique que reconozca todos los sensores.



- g) Ponga en marcha el motor eléctrico. Permita que la bomba principal trabaje sin carga durante 5 minutos.
- h) Accione la válvula de control de desplazamiento lentamente hasta que Parker Service Master Plus Kit muestre en pantalla la velocidad del motor hidráulico indicada para la prueba.
- i) Apriete la perilla de la válvula de alivio lentamente hasta que el manómetro muestre la presión indicada para la prueba. Si, a pesar de que se apriete completamente la perilla, la presión no sube hasta el valor indicado, finalice la prueba.
- j) Mantenga la presión indicada para la prueba durante 1 minuto. Permita que el Parker Service Master Plus Kit registre las señales de los sensores.

6.3 Prueba de motores hidráulicos de desplazamiento fijo.

6.3.1 Ajustes iniciales

- a) Desmonte el motor de pistones del banco y en su lugar instale el motor a probar.
- b) Conecte los puertos A, B y el drenaje del motor hidráulico a probar con el bloque de válvulas para motor de pruebas.
- c) Conecte el bloque de válvulas con la bomba principal.
- d) Energice el tablero con la muletilla para tablero encendido.
- e) Pulse el botón de arranque del motor eléctrico. Cuando el motor alcance la velocidad de operación se encenderá la lámpara de indicación de motor en marcha.
- f) Si el motor hidráulico gira, mueva la palanca de control de desplazamiento del panel de control hidráulico en cualquier sentido hasta que el motor hidráulico se detenga.
- g) Apague el motor eléctrico con el botón de paro.
- h) Instale en el pedestal de pruebas la bomba auxiliar del banco.
- i) Coloque el acople flexible, el sensor de torque y el sensor de rpm en el eje del motor hidráulico.
- j) Conecte la succión de la bomba auxiliar con la válvula de bola del depósito de aceite.
- k) Conecte la descarga de la bomba auxiliar con la válvula de alivio del panel de control hidráulico.



6.3.2 Procedimiento de la prueba.

- a) Afloje completamente la válvula de alivio del panel de control.
- b) Conecte los sensores de torque y rpm al Parker Service Master Plus Kit.
- c) Conecte el sensor de presión al "test point" de la bomba principal. Conecte el cable del sensor al Parker Service Master Plus Kit.
- d) Conecte el cable del caudalímetro al Parker Service Master Plus Kit.
- e) Conecte el cable de alimentación del Parker Service Master Plus Kit al enchufe de 120 V del tablero eléctrico del banco.
- f) Encienda el Parker Service Master Plus Kit. Verifique que reconozca todos los sensores.
- g) Ponga en marcha el motor eléctrico. Permita que la bomba principal trabaje sin carga durante 5 minutos.
- h) Accione la válvula de control de desplazamiento lentamente hasta que Parker Service Master Plus Kit muestre en pantalla la velocidad del motor hidráulico indicada para la prueba.
- i) Apriete la perilla de la válvula de alivio lentamente hasta que el manómetro muestre la presión indicada para la prueba. Si, a pesar de que se apriete completamente la perilla, la presión no sube hasta el valor indicado, finalice la prueba.
- j) Mantenga la presión indicada para la prueba durante 1 minuto. Permita que el Parker Service Master Plus Kit registre las señales de los sensores.
- k) Repita la prueba con el sentido opuesto de giro del motor.

Firma Responsables:

Tulio Andrés Coy F.

Daniel Enrique Barón

Diseño, cálculo, selección de componentes, elaboración de planos de fabricación y manual de banco de pruebas para bombas y motores oleohidráulicos para la empresa HYDRAULICTECH SAS, con capacidad de 55 kW y adquisición de señales de las variables de presión, caudal, torque y velocidad rotacional



The **Parker** Service Master *Plus*

Portable measuring instrument

- aerospace
- climate control
- electromechanical
- filtration
- fluid & gas handling
- hydraulics
- pneumatics
- process control
- sealing & shielding



ENGINEERING YOUR SUCCESS.

Foreword**Revisions**

Version	Date	Change
1.0	12/2009	First edition

Contact addresses

Parker Hannifin GmbH
Tube Fittings Division Europe
P.O. Box 12 02 06, 33652 Bielefeld, Germany
Am Metallwerk 9, 33659 Bielefeld, Germany
Tel.: +49 521/40 48-0
Fax: +49 521/40 48-42 80
E-mail: Ermeto@parker.com
<http://www.parker.com>

Distributed By:
HOSE & FITTINGS, ETC.
1811 Enterprise Blvd.
West Sacramento, CA 95691
USA
www.hfeweb.com
+ 1.888.297.4673

Content

Content

Foreword	3
Revisions	3
1. Safety Notes/Range of Products	6
1.1 Proper and intended usage	6
1.2 Qualified personnel	6
1.3 Accuracy of the technical documentation	6
1.4 High pressure applications	7
1.5 Service and repair	7
1.6 Notes on disposal	8
2. Device version/Scope of delivery/Updates	9
2.1 Updates – Updating the instrument firmware	10
3. Instrument description	11
3.1 Ports on the base instrument	13
3.2 Input module connections	14
4. Connecting inputs and outputs	15
4.1 CAN-bus sensors	15
4.2 Digital IN/OUT	17
4.3 Analogue sensors with automatic sensor-ID	18
4.4 Sensors without sensor-ID	19
5. Power supply	20
5.1 Charging the battery / battery status indicator	20
5.2 Changing the battery	20
6. Menu Navigation Basics	21
6.1 Keys and functions	21
6.2 Screen layout	22
6.3 Symbols and navigating the menus	24
6.4 Quick navigation	31
7. Quick-start measurements	32
7.1 Start/stop measurements	32
7.2 Changing the display	33
7.3 Monitoring measurements	34
7.4 Ending the measurements	35

	Content
8. Menu Options	36
8.1 Main menu	38
8.2 F1 - EDIT menu	56
8.3 F2 - VIEW menu	61
8.4 F3 - RESET menu	82
8.5 F4 - REC menu	86
9. Operations	93
9.1 Basic settings and network connection	93
9.2 Measurement memory settings	97
9.3 Sensor settings and information	99
9.4 Executing and saving measurements	103
9.5 Creating and loading projects	113
9.6 Loading and analyzing saved measurements	116
10 Measurement Types and Memory Options	120
10.1 An explanation of measurement types	120
10.2 Notes on triggered and trigger-logic measurements	121
10.3 Memory options	125
11. Maintenance and cleaning	129
11.1 Notes on cleaning	129
11.2 Notes on maintenance and calibration	129
11.3 Repairs	129
12. Accessories	130
12.1 General accessories	130
12.2 Analogue sensors (with automatic sensor-ID) and connecting cable	130
12.3 CAN-bus sensors (with automatic sensor-ID) and connecting cable	131
13. Technical Specifications	132
13.1 Base instrument and options	132
13.2 Base instrument - inputs	133
13.3 Interfaces on base instrument	134
13.4 Basic instrument - additional components	136
13.5 Input module, model 01	139

Safety Notes/Range of Products

1. Safety Notes/Range of Products

1.1 Proper and intended usage

This measuring instrument ("the instrument") is only approved for use in applications described in the Operating Instructions. Any other use is not permitted and can lead to accidents or the destruction of the device. Non-approved use will result in the immediate expiration of all guarantee and warranty claims against the manufacturer.

	 WARNING
	Serious malfunctions leading to personal injury or damage to property can result when this product is used in applications that do not comply with the given specifications or if you disregard the operating instructions and warning notes.

1.2 Qualified personnel

These operating instructions have been written for skilled personnel who are familiar with the valid regulations and standards relevant to the application area.

1.3 Accuracy of the technical documentation

These operating instructions were created with the utmost care and attention. However, we offer no guarantee that the data, graphics and drawings are correct or complete. This document is subject to alteration without notice.

	Content
8. Menu Options	36
8.1 Main menu	38
8.2 F1 - EDIT menu	56
8.3 F2 - VIEW menu	61
8.4 F3 - RESET menu	82
8.5 F4 - REC menu	86
9. Operations	93
9.1 Basic settings and network connection	93
9.2 Measurement memory settings	97
9.3 Sensor settings and information	99
9.4 Executing and saving measurements	103
9.5 Creating and loading projects	113
9.6 Loading and analyzing saved measurements	116
10 Measurement Types and Memory Options	120
10.1 An explanation of measurement types	120
10.2 Notes on triggered and trigger-logic measurements	121
10.3 Memory options	125
11. Maintenance and cleaning	129
11.1 Notes on cleaning	129
11.2 Notes on maintenance and calibration	129
11.3 Repairs	129
12. Accessories	130
12.1 General accessories	130
12.2 Analogue sensors (with automatic sensor-ID) and connecting cable	130
12.3 CAN-bus sensors (with automatic sensor-ID) and connecting cable	131
13. Technical Specifications	132
13.1 Base instrument and options	132
13.2 Base instrument - inputs	133
13.3 Interfaces on base instrument	134
13.4 Basic instrument - additional components	136
13.5 Input module, model 01	139

Safety Notes/Range of Products

1.6 Notes on disposal

Recycling in compliance with WEEE

After purchasing our product, you have the opportunity to return the device to the sales branch at the end of its life cycle.



The EU Directive 2002/96 EC (WEEE) regulates the return and recycling of old electrical and electronic devices. As of 13/8/2005 manufacturers of electrical and electronics equipment in the B-2-B (business-to-business) category are obliged to take back and recycle WEEE free of charge sold after this date. After that date, electrical devices may not be disposed of through the "normal" waste disposal channels. Electrical equipment must be disposed of and recycled separately. All devices that fall under this directive must feature this logo.

Can we be of assistance?

We offer you the option of returning your old device to us at no extra charge. We will then professionally recycle and dispose of your device in accordance with the applicable laws.

What do you have to do?

Once your device has reached the end of its lifespan, simply return it by parcel service (in the box) to your sales branch. We will then take care of the recycling and disposal. You will incur no costs or suffer any inconvenience.

Any questions?

Please contact us if you have any additional questions.

Device version/Scope of delivery/Updates

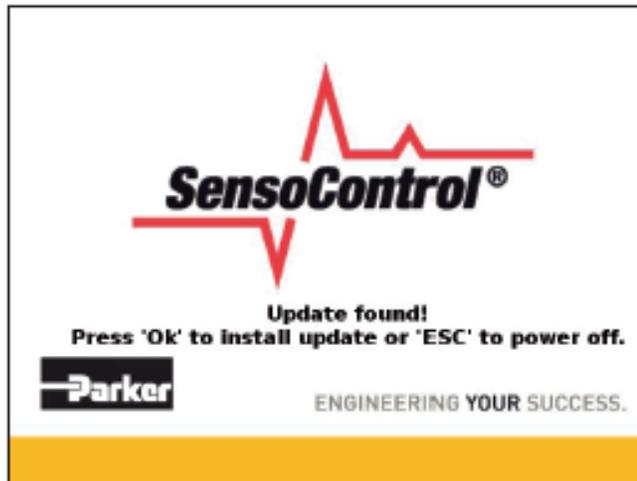
2.1 Updates – Updating the instrument firmware

The user can keep the measuring instrument up to date by updating the instrument's firmware. The update process is described in this section.

i From the DEVICE menu, open up the DEVICE INFO sub-menu. The current firmware version will be shown.

Files with a *.CAB extension are used for the update. These files are copied to the measuring instrument. The USB flash drive should be used to transfer the files.

- 1 Copy the *.CAB file (without the sub-directory) from the PC to the USB flash drive.
- 2 Disconnect all sensors that may be connected to your measuring instrument.
- 3 Start up the instrument and wait until the message "NO SENSOR" appears.
- 4 Connect the USB drive to the instrument and wait until "USB" is displayed.
- 5 Briefly press the ON/OFF key.
- 6 Wait for the following to appear on the display:



- 7 Press OK to follow the displayed instructions. Wait until the file has been copied to the instrument.
- 8 After the instrument turns off, restart it by pressing the ON/OFF button.
- 9 The firmware on the instrument will be updated.

Instrument description

3. Instrument description

This portable multi-function measuring instrument is used in hydraulic applications for measuring pressure, temperature, volumetric flow, and flow. It is capable of measuring, monitoring, analyzing and saving data. Applications are available for machine optimization and service/maintenance tasks.

This instrument can simultaneously record and process measurements from up to 54 channels or up to 28 sensors. The sensors are connected on two electrically isolated CAN-bus networks (M12x1 connector) as well as the standard analogue inputs (Push-Pull plug, SCM-500-01-00/01). The parameterization of units and measuring ranges is automated on sensors with automatic sensor-ID functionality (with up to 1 ms scanning rate). The analogue signal from sensors without sensor-ID functionality can also be used at a scanning rate up to 0.1 ms. A digital input and a digital output are also directly available.

After the instrument is turned on, the measured values from the connected sensors that have automatic sensor-ID are shown. The operator can select various display types, including numeric (4), numeric (8), bar graph, indicator gauge or curve chart. Measurement types are also available for recording measurements (Start/Stop measuring, point measuring and trigger measuring). Each recorded measurement process can consist of up to 4 million individual measured values. The entire measurement memory can contain more than one billion measured values (depending on the size of additional memory used such as microSD cards or USB drives).

A PC or Ethernet network can be connected using the USB and LAN ports. The PC-based analysis software can then use this connection to analyse measurements and control the instrument remotely.

All ports on the instrument are covered with rubber caps to protect them from being touched and from dust and moisture.

Instrument description

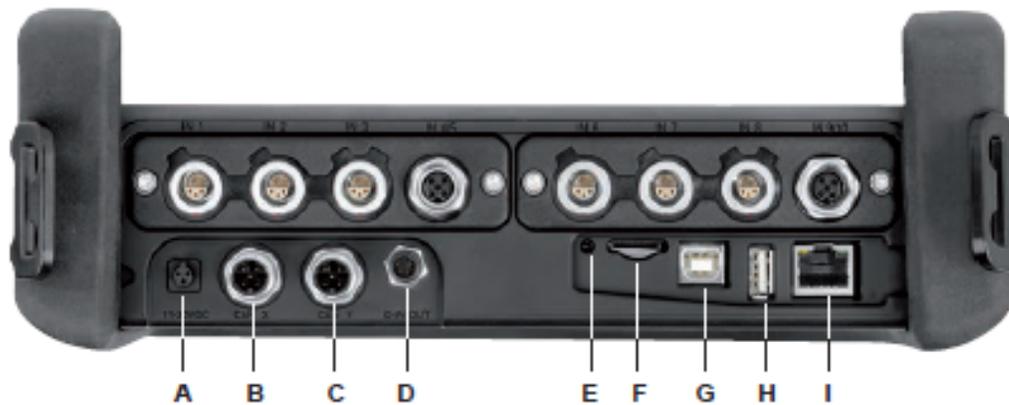


Option	Description
A	Input module (optional)
B	Additional input module (optional)
C	Input and outputs on the base instrument
D	Communication ports
E	Screen
F	Keypad
G	Protective sleeve for housing

- The "Menu Navigation Basics" Chapter includes more information about the keypad.

Instrument description

3.1 Ports on the base instrument



Ports on the base instrument

Option	Description
A	Power supply connection (11-30VDC)
B	CAN-Bus network CAN X
C	CAN-Bus network CAN Y
D	Digital input/output (D-IN-OUT)
E	Reset
F	Slot for Micro SD memory card
G	USB (device) connection to PC
H	USB (host) port for devices such as USB flash memory.
I	Ethernet LAN

Instrument description

3.2 Input module connections

3.2.1 Input module, model 01



Connections for input module, model 01

Option	Description
A	Analogue input 1 for sensors with automatic sensor-ID (IN1 and IN6)
B	Analogue input 2 for sensors with automatic sensor-ID (IN2 and IN7)
C	Analogue input 3 for sensors with automatic sensor-ID (IN3 and IN8)
D	Analogue input (M12) for sensors without sensor-ID (IN4/5 and IN9/10)

Connecting inputs and outputs

4. Connecting inputs and outputs

This chapter contains basic information about connecting a variety of sensors.

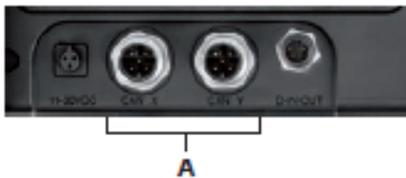
- ▶ The "Instrument Description" Chapter contains further details about the port layout on the base instrument model and the optional input modules.
- ▶ Additional information about connecting specialized sensors can be found in the corresponding operating instructions.

ATTENTION	
	Be sure that the plastic caps are covering any unused ports. There is no guarantee that the instrument will be properly protected against dust and splashed water when the inputs or outputs are uncovered. IP64 protection is ensured only when all plastic caps are on, or when the CAN network is in use, or when using analogue sensor without sensor-ID.

-  A sensor that is connected while a measurement is being recorded is not taken into consideration (i.e., a new channel is not displayed and the measurements from this channel are not saved).
The measurement process is continued even if a sensor is removed during the measuring. Data recorded up to that point from the removed sensor is saved.

4.1 CAN-bus sensors

CAN-bus sensors are connected to the CAN X or CAN Y ports on the base instrument.



A Ports for CAN bus sensors (CAN X, CAN Y)

Up to eight CAN-bus sensors can be connected via the bus line to each CAN-bus sensor port (CAN X, CAN Y). If more than one sensor is connected to a bus line then an additional Y splitter must be used. The measuring instrument automatically detects the measurement units and measurement range of the CAN-bus sensors. After a brief automatic parameterization process, measurements are transmitted and displayed on the instrument screen.

Connecting inputs and outputs

Connections can be made quickly and securely by inserting and turning (from 90° to 180° rotation) the connector.



CAN-bus sensors should preferably be connected to the instrument in the following order:

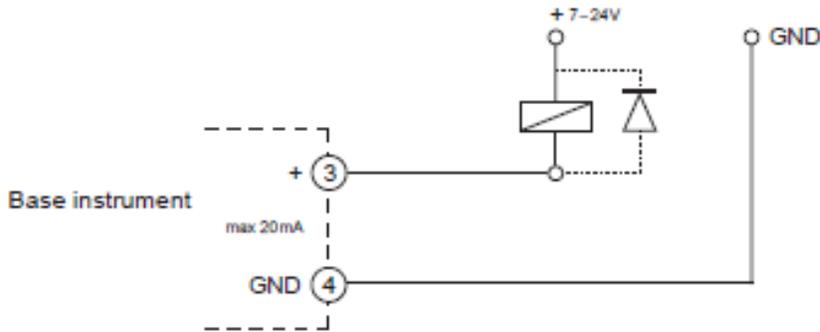
- 1 Connect the sensors at the application (the hydraulic connection).
- 2 Connect the sensor cabling.



- A Connection cable
- B Y splitter
- C Terminating resistor
- D CAN sensor

- 3 Connect the bus cable to the switched-on measuring instrument.
 - 4 The instruments searches for the sensors and the measured values for the connected sensors or signal transmitters are then displayed.
- The operating instructions for the corresponding CAN-bus sensor include additional information about connecting the sensor.

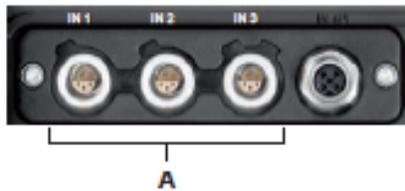
Connecting inputs and outputs



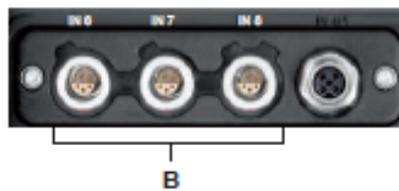
Example connection for D-OUT

4.3 Analogue sensors with automatic sensor-ID

Analogue sensors with automatic sensor-ID are connected to the analogue inputs IN1 to IN3 of the first optional input module and IN6 to IN8 of the second optional input module.



A Analogue ports IN1 – IN3



B Analogue ports IN6 – IN8

The instrument automatically detects the unit of measure and the measuring range of the analogue sensor. So it is not necessary to make any setting adjustments on the instrument.

Connecting inputs and outputs

4.2 Digital IN/OUT

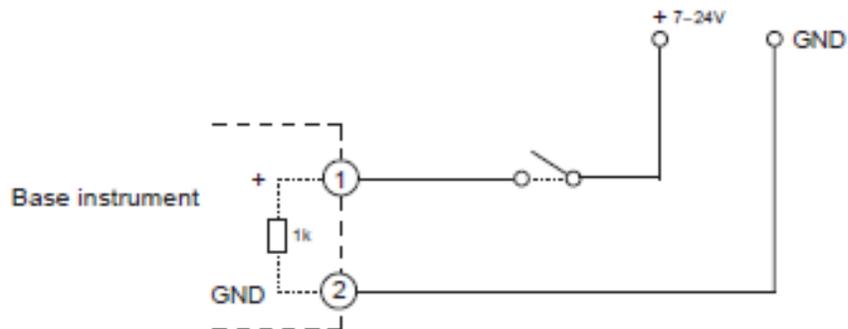
Digital inputs and outputs are connected to the D-IN/OUT port on the base instrument. Connections for digital inputs and outputs should be made as shown in the following illustrations.



A D-IN/OUT port

	Pin number	Pin assignment
	Pin 1	DIGITAL-IN +
	Pin 2	DIGITAL-IN GND
	Pin 3	DIGITAL-OUT +
	Pin 4	DIGITAL-OUT GND

Digital IN/OUT pin assignment



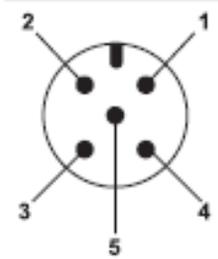
Example connection for D-IN

Connecting inputs and outputs

4.4 Sensors without sensor-ID

There are two ways to connect sensors which do not have the sensor-ID feature to the instrument:

- 1 Direct connection: Sensors without sensor-ID are connected to the analogue input IN4/5 of the first optional input module or to analogue input IN9/10 of the second optional input module.

	Pin number	Pin assignment
	Pin 1	+Ub, power supply for sensors IN4/5 and IN9/10
	Pin 2	Measurement signal IN4 / IN9
	Pin 3	GND, for IN4 / IN9
	Pin 4	Measurement signal IN5 / IN10
	Pin 5	GND, for IN5 / IN10

Pin assignments for sensors without sensor-ID

- 2 The second way to connect a sensor without sensor-ID is to use an adapter. The adapter is connected between the sensor without sensor-ID and the analogue sensor port with automatic sensor-ID (IN1-3, IN6-8).

- ▶ Additional information on using an adapter to connect sensors without sensor-ID can be found in the instructions for the current/voltage converter.

After connecting a sensor without sensor-ID, select the INPUT sub-menu from the main menu and specify the settings for the electrical connection and expected signal that correspond to the connected sensor.

- ▶ The "Menu Options" Chapter (refer to the "SENSOR menu" section) describes the INPUT sub-menu.

Power supply

5. Power supply

Power is supplied to the measuring instrument using either the integrated rechargeable battery or an external power supply unit. The power supply unit should be connected to the power connection on the main instrument.



A

A Power connection

i If the battery voltage falls below a minimal level, the current measurement is stopped and any measured values are saved. All user parameters are saved before the measuring instrument shuts down.

5.1 Charging the battery / battery status indicator

Connect the base instrument to the power supply unit in order to recharge the battery.

The maximum charge time is about three hours (also while running with connected sensors). The battery charge status is displayed during the charging process ().

i The battery can also be recharged when the instrument is turned off.

5.2 Changing the battery

Contact your sales representative for more information if you need to switch batteries.

Menu Navigation Basics

6. Menu Navigation Basics

6.1 Keys and functions

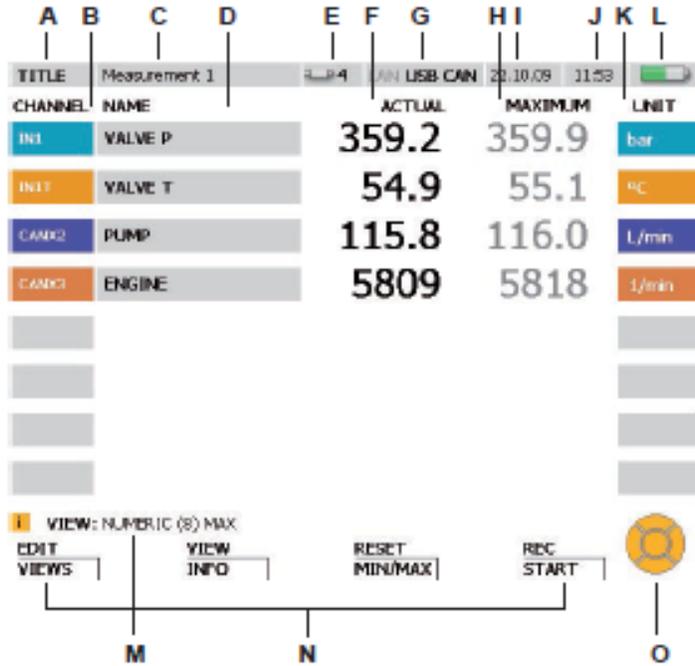


The keypad

Key	Description
A	Turns the instrument on and off
B	Main menu (basic settings)
C	Keys for entering numbers, letters and special characters
D	Save the current screen display as a graphic file (The LOAD FILE window then opens and the screen graphic file name can be specified.) ▶ The "Menu Options" Chapter (refer to the "VIEW menu" section) describes the LOAD FILE sub-menu.
E	Navigation keys
F	Function keys

Menu Navigation Basics

6.2 Screen layout



Display

Field	Description
A	TITLE: Indicates that an individual measurement will be carried out. Or: PROJECT: Indicates that a project (including project parameters) is loaded and will be processed.
B	Designates the active/connected channels with color assignments.
C	The name of the measurement or project.
D	The channel name (this is initially the sensor serial number for CAN-bus sensors).
E	The number of active channels.
F	The currently measured value of the channel.
G	Indicates which interface (LAN, USB, CAN) is active. Black active; grey: inactive.
H	Optional display selection: maximum or minimum value that has occurred during the current measurement, or the full scale (final) value (MAXIMUM, MINIMUM, FS).

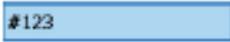
Menu Navigation Basics

Field	Description
I	The date display.
J	The time display.
K	The measuring unit with color coding. ► (The "Menu Options" Chapter (refer to the "EDIT menu" section) describes how the display can be customized.)
L	Battery symbol: The bar indicates the current battery charge. Green: Battery charge is greater than 66%. Yellow: Battery charge is between 33% and 66%. Red: Less than 33% battery charge remaining.
M	Status bar: containing notices, instructions and measurements for the operator.
N	Context-sensitive assignment of function keys F1 through F4.
O	Indicates which navigation keys can be used at the current moment.

Menu Navigation Basics

6.3 Symbols and navigating the menus

This section describes the menu navigation and gives examples on how to use the menu options.

Conventions	Description
	Cursor position: indicates where the entry will be made.
	Dark blue marking: indicates which field will be overwritten.
	Light blue marking: indicates which field has been selected.

Keys	Function
	The arrow keys are used to move the blue cursor to another field, for making a menu selection, or for scrolling to other channels which are not currently being shown. The navigation key icon on the screen shows which arrow is currently being used (as shown in the illustration under section 6.2 "Screen layout").
	The OK key is used for selecting or confirming a selection. All of the operations described here must be confirmed with the OK key.
	The ESC key deletes the entry and closes the menu, window or field.
	These keys are used for entering numbers, letters and special characters. You can press the same key repeatedly to select one of the characters that appears on that key. The sequence in which the characters are displayed is dependent on the currently selected field or opened window. Only the number keys are activated when a numeric entry is expected for a particular entry or window. If a name or comment should be entered in the selected field then the letters appear first and the numbers next. Press the CLR key in order to delete the last character entered.
	The function keys open one of the corresponding menus. For example, the EDIT menu open after the F1 key is briefly pressed. The VIEWS menu opens after the F1 key has been pressed and held for two seconds. The VIEWS menu is also found in the EDIT menu.

Menu Navigation Basics

6.3.1 Entering text in a field



Press for two seconds.

Press the F1 key to open the EDIT - VIEWS window.

The NAME field for channel IN1 is selected in the EDIT - VIEWS field.

CHANNEL	NAME
IN1	VALVE P
IN1T	VALVE T
CANX2	PUMP
CANX3	#123

1 Select the required field.

3 x



Press the down arrow key three times in order change the selection in the NAME field from channel IN1 to CANX3. The current name of the selected channel is #123.

CANX3	#123
-------	------

2 Open



Press OK to open the selected field NAME of channel CANX3.

CANX3	#123
-------	------

Menu Navigation Basics

6.3.1 Entering text in a field



Press for two seconds.

Press the F1 key to open the EDIT - VIEWS window.

The NAME field for channel IN1 is selected in the EDIT - VIEWS field.

CHANNEL	NAME
IN1	VALVE P
IN1T	VALVE T
CANX2	PUMP
CANX3	#123

1 Select the required field.

3 x



Press the down arrow key three times in order change the selection in the NAME field from channel IN1 to CANX3. The current name of the selected channel is #123.

CANX3	#123
-------	------

2 Open



Press OK to open the selected field NAME of channel CANX3.

CANX3	#123
-------	------

Menu Navigation Basics

3 Entering text



Use the entry keys for writing in the field. The new text will overwrite any existing text that is highlighted. For example:

Key	Result
3 (2 x)	E
6 (2 x)	N
4	G
4 (3 x)	I
6 (2 x)	N
3 (2 x)	E

4 Confirm



OK confirms the change. The channel CANX3 has been assigned the new name ENGINE.

4a Delete



ESC restores the previous entry #123.

Menu Navigation Basics

6.3.2 Selecting menu options

1 Highlight



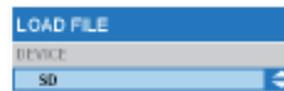
Select the sub-menu using the arrow keys if necessary. The currently selected option is SD.



2 Open



OK opens the menu selection.

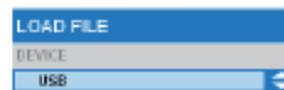


3 Select



Select the menu option using the arrow keys.

For example: press the down arrow key to select the entry USB which is below the entry SD.



4 Confirm



OK confirms the change. The currently selected option is USB.



4a Delete



ESC restores the previous entry SD.



Menu Navigation Basics

6.3.3 Selecting from a list

The current unit of measurement (bar) is displayed. This is shown with a green point.



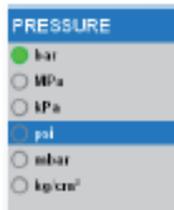
1 Highlight

3 x



Select the fourth option on the list using the arrow keys:

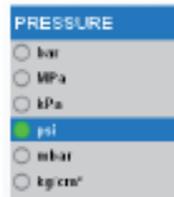
Press the bottom arrow three times in order to change the selection from bar to psi.



2 Confirm



OK confirms the highlighted selection. A green point is shown before psi.

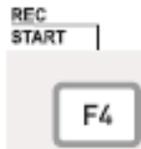


Menu Navigation Basics

6.3.4 Navigating the sub-menus

Example (selecting the TRIGGER-LOGIC sub-menu from the REC menu using the F4 key):

1 Open the menu



START/STOP	[1]
POINT	[2]
TRIGGER	[3]
TRIGGER-LOGIC	[4]
PROJECT	[5]

Menus can be opened using the menu button, the function keys (F1 – F4) or from currently opened menus.

F4 opens the REC menu.

2 Select

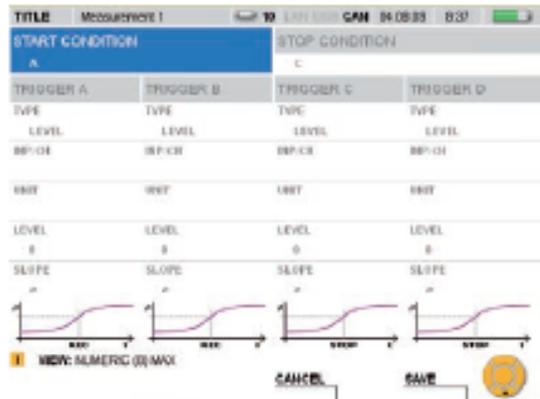


START/STOP	[1]
POINT	[2]
TRIGGER	[3]
TRIGGER-LOGIC	[4]
PROJECT	[5]

Select the fourth menu option. Press the down arrow three times. The TRIGGER-LOGIC sub-menu is then highlighted.

OK confirms the highlighted selection.

The selected window is then displayed.



Select the sub-menu and make setting changes as desired.

Menu Navigation Basics

3 Confirm or delete

SAVE



Press the F4 key in order to save your entry.

CANCEL



Press the F3 key in order to delete your entry and return to the main menu.

Menu Navigation Basics

6.4 Quick navigation

Example (selecting the TRIGGER-LOGIC sub-menu from the REC menu using the F4 key):

1 Open the menu



Menus can be opened using the menu button, the function keys (F1 – F4) or from currently opened menus.

F4 opens the REC menu.

2 Select



Entry:
4

Select the fourth menu option on the list using the entry keys.



Quick-start measurements

7. Quick-start measurements

A measurement can be initiated with only a few keys when analogue sensors with automatic sensor-ID or CAN-bus sensors are connected.

 If the measuring instrument is not plugged into the mains, the length of measurement recording will be limited by the capacity of the battery.

7.1 Start/stop measurements

Connect the CAN-bus sensors or sensors with automatic sensor-ID.

► The "Connecting Inputs and Outputs" Chapter describes how to connect the sensors.

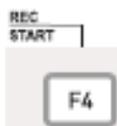
Turn on the measuring instrument.



Wait a few seconds until the following window appears.

TITLE	Measurement 1	F4	USB CAN	22.10.09	11:53	
CHANNEL	NAME	ACTUAL	MAXIMUM	UNIT		
IN1	VALVE P	359.2	359.9	bar		
IN1	VALVE T	54.9	55.1	°C		
CAN02	PUMP	115.8	116.0	l/min		
CAN03	ENGINE	5809	5818	l/min		
I VIEW: NUMERIC (0) MAX EXIT VIEW RESET REC VIFAC MPV MIN/MEV START						

Invoking the Start/Stop measurement window.

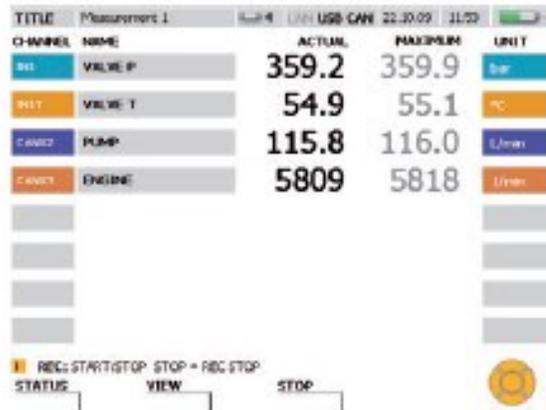
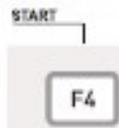


Press and hold for two seconds.

TITLE	Measurement 1	F4	USB CAN	22.10.09	11:53	
CHANNEL	NAME	ACTUAL	MAXIMUM	UNIT		
IN1	VALVE P	359.2	359.9	bar		
IN1	VALVE T	54.9	55.1	°C		
CAN02	PUMP	115.8	116.0	l/min		
CAN03	ENGINE	5809	5818	l/min		
I REC: START/STOP REC - EXIT START - REC STATUS VIEW SAVE PR3 START						

Quick-start measurements

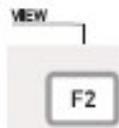
Start the measurement.



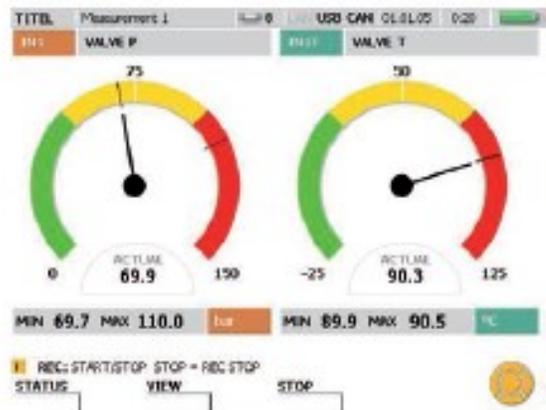
i The blinking REC icon in the status bar shows that the measurement process is underway.

7.2 Changing the display

Change to another type of display (GAUGE shown here).



- NUMERIC (8) (1) ▶
- NUMERIC (4) (2)
- BAR GRAPH (3)
- GAUGE (4)
- CURVE GRAPH (5) ▶
- FILE (6)
- SENSOR INFO (7)



Quick-start measurements

7.3 Monitoring measurements

STATUS



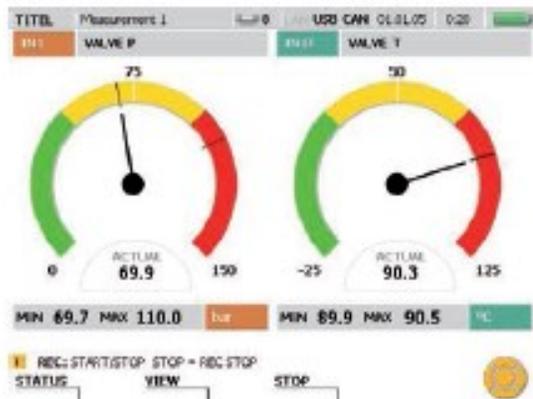
Displays measurement information in the STATUS window.

A green point behind REC indicates that measured values are being saved: START/STOP displayed.



Return to the previous display mode.

BACK



Quick-start measurements

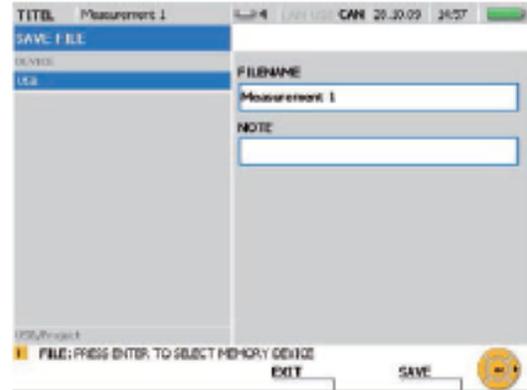
7.4 Ending the measurements

Save the results of the measurement.



Select a storage medium for the DEVICE menu option (flash device, SD card, USB flash memory). This is described in the section "Selecting menu options" in the "Menu Navigation Basics" Chapter.

Enter a desired filename in the FILENAME section. The name can be no longer than 16 characters. Select NOTE if you would like to attach a comment to the file. The comment can be no longer than 200 characters.



The F4 key allows you to save all measurements displayed in the SAVE FILE window using the specified settings. The SAVE FILE window closes after the measurements have been saved.



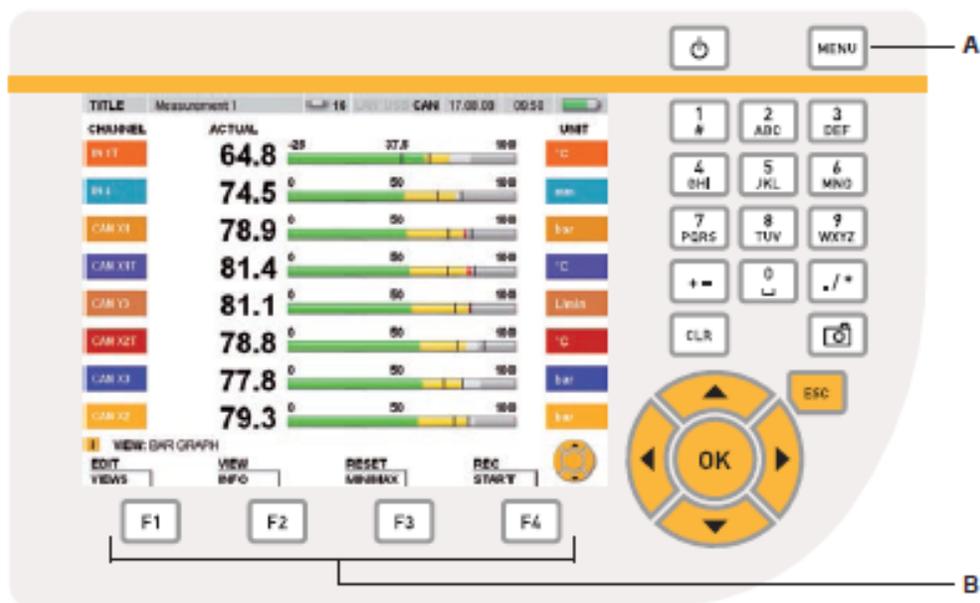
You can use the F3 key to delete the recorded measurements and exit the SAVE FILE window.

Menu Options

8. Menu Options

This chapter describes all contents (field and specific key functions) found in the main menu and in the EDIT, VIEW, RESET and REC menus.

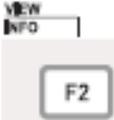
- More information on the commonly used key functions SAVE and CANCEL can be found in the "Symbols and using the menu" section in the "Menu Navigation Basics" Chapter.



Menu keys

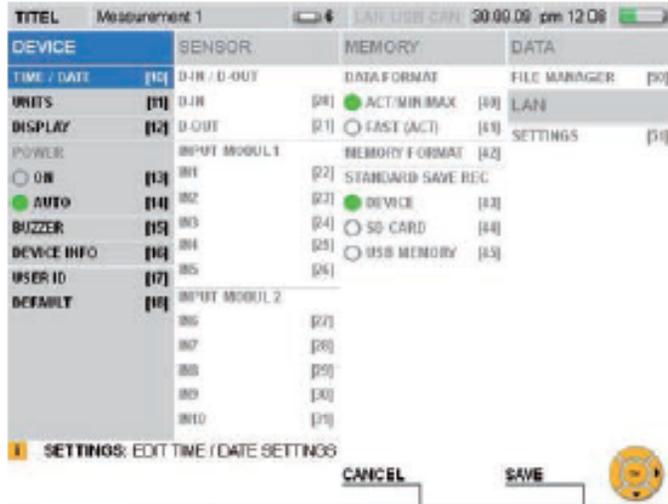
- A Main menu
- B Function keys

Menu Options

Menu key	Function
	<p>Press the MENU button in order to change the basic settings for the instrument, the connected sensors, data communication and data storage. The main menu is then displayed.</p> <p>► Section 8.1 contains more information about the main menu.</p>
	<p>You can use the EDIT menu to customize the display of measured values and graphs. Additional calculating channels can also be added.</p> <p>► Section 8.2 contains more information about the EDIT menu.</p>
	<p>You can change the arrangement and display of measurement channels and values in the VIEW menu. This menu also allows you to view saved measurements and information on the connected sensors.</p> <p>► Section 8.3 contains more information about the VIEW menu.</p>
	<p>You can reset the minimum and maximum values as well as the D-IN and D-OUT counters in the RESET menu. Null and offset values can be set for each channel in order to zero balance the measurement and calculation channels.</p> <p>► Section 8.4 contains more information about the RESET menu.</p>
	<p>The REC menu allows you to select and adjust the type of measurement and also to initiate the measurement process.</p> <p>► Section 8.5 contains more information about the REC menu.</p>

Menu Options

8.1 Main menu



MENU window

Field	Function
DEVICE	The DEVICE menu allows you to adjust the instrument's settings (such as display intensity, signal tone, time and date). You can also specify the measurement units and your user ID in this menu.
SENSOR	The SENSOR menu allows you to change the settings on the sensors connected that do not have automatic sensor-ID. You can change the settings on connected current and signal transmitters here. This menu also allows you to configure the digital ports.
MEMORY	The MEMORY menu allows you to change the settings for the data format, the recording rate and the target memory media.
DATA	The DATA menu allows you to open, copy and delete directories and files.
LAN	The LAN menu allows you to change the LAN connection settings.

Menu Options

8.1.1 DEVICE menu

The DEVICE menu allows you to adjust the instrument's settings (such as display intensity, signal tone, time and date). You can also specify the measurement units and your user ID in this menu.

DEVICE	
TIME / DATE	[10]
UNITS	[11]
DISPLAY	[12]
POWER	
<input type="radio"/> ON	[13]
<input checked="" type="radio"/> AUTO	[14]
BUZZER	[15]
DEVICE INFO	[16]
USER ID	[17]
DEFAULT	[18]

DEVICE menu option

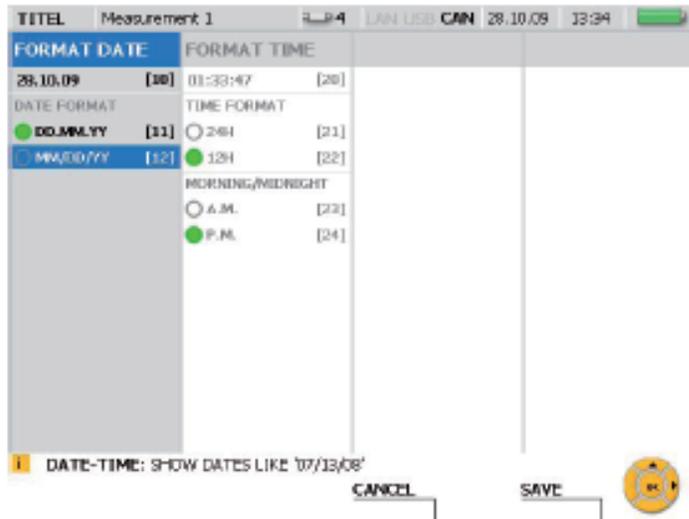
Field	Function
TIME / DATE	Select the TIME / DATE sub-menu in order to change the date, time and display format.
UNITS	Select the UNITS sub-menu in order to select the measurement units.
DISPLAY	Change to the DISPLAY sub-menu in order to adjust the background illumination.
POWER	Select AUTO if you would like to activate the automatic shut-off feature. Select ON if you would like to deactivate the automatic shut-off feature.
BUZZER	Select the BUZZER sub-menu in order to turn off or on the signal buzzer associated with the instrument's various actions.
DEVICE INFO	Select the DEVICE INFO sub-menu in order to display information about the measuring instrument.
USER ID	Select the USER ID sub-menu in order to change user information.
DEFAULT	This resets the values in the DEVICE menu to the factory default settings.

i The automatic shut-off feature turns the instrument off if no key has been pressed for twenty minutes. This function is never active while a measurement or recording process is underway. It is also not active when the power cord is plugged in.

i English is preset as the default language for the instrument. Use the PC analysis software to change the language. Contact your sales representative if your language is not on the list of available languages.

Menu Options

DEVICE menu - TIME / DATE sub-menu



TIME / DATE window

Field	Function
FORMAT DATE	Enter the date here.
DATE FORMAT	Select a date format.
FORMAT TIME	Enter the time here.
TIME FORMAT	Select a time format (12 or 24 hour).
MORNING/ MIDNIGHT	If you have selected the 12-hour time format, select a time format (morning or afternoon) here.

 Changes in the settings effect measurements and the creation of projects.

Menu Navigation Basics

3 Confirm or delete

SAVE



Press the F4 key in order to save your entry.

CANCEL



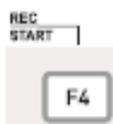
Press the F3 key in order to delete your entry and return to the main menu.

Menu Navigation Basics

6.4 Quick navigation

Example (selecting the TRIGGER-LOGIC sub-menu from the REC menu using the F4 key):

1 Open the menu



Menus can be opened using the menu button, the function keys (F1 – F4) or from currently opened menus.

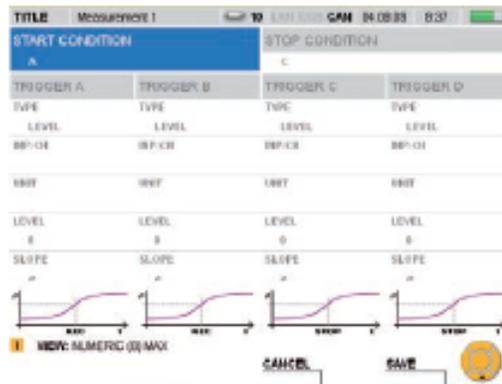
F4 opens the REC menu.

2 Select



Entry:
4

Select the fourth menu option on the list using the entry keys.



Quick-start measurements

7. Quick-start measurements

A measurement can be initiated with only a few keys when analogue sensors with automatic sensor-ID or CAN-bus sensors are connected.

i If the measuring instrument is not plugged into the mains, the length of measurement recording will be limited by the capacity of the battery.

7.1 Start/stop measurements

Connect the CAN-bus sensors or sensors with automatic sensor-ID.

► The "Connecting Inputs and Outputs" Chapter describes how to connect the sensors.

Turn on the measuring instrument.



Wait a few seconds until the following window appears.

TITLE		Measurement 1	4-2-4	USB CAN	22.10.09	11:53	
CHANNEL	NAME	ACTUAL	MAXIMUM	UNIT			
IN1	VALVE P	359.2	359.9	bar			
IN1	VALVE T	54.9	55.1	°C			
CAN02	PUMP	115.8	116.0	L/min			
CAN03	ENGINE	5809	5818	1/min			
VIEW: NUMERIC (0)PKK							
EDIT	VIEW	RESET	REC				
VFAC	INFO	MINMAX	START				

Invoking the Start/Stop measurement window.

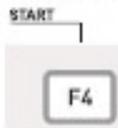


Press and hold for two seconds.

TITLE		Measurement 1	4-2-4	USB CAN	22.10.09	11:53	
CHANNEL	NAME	ACTUAL	MAXIMUM	UNIT			
IN1	VALVE P	359.2	359.9	bar			
IN1	VALVE T	54.9	55.1	°C			
CAN02	PUMP	115.8	116.0	L/min			
CAN03	ENGINE	5809	5818	1/min			
REC: START/STOP ESC = EDIT START = REC							
STATUS	VIEW	SAVE PRJ	START				

Quick-start measurements

Start the measurement.



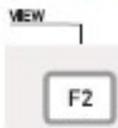
CHANNEL	NAME	ACTUAL	MAXIMUM	UNIT
IN1	VALVE P	359.2	359.9	bar
IN1	VALVE T	54.9	55.1	°C
CAUD2	PUMP	115.8	116.0	L/min
CAUD3	ENGINE	5809	5818	L/min

REC START/STOP STOP = REC STOP
 STATUS VIEW STOP

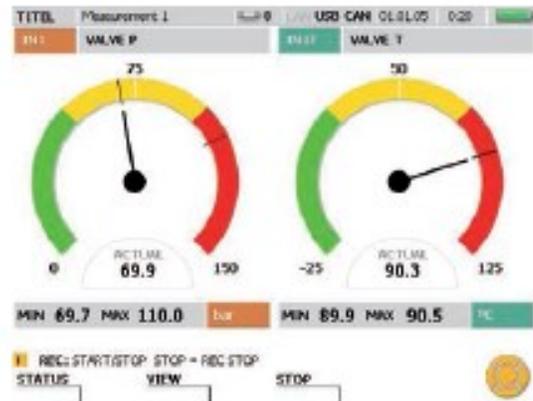
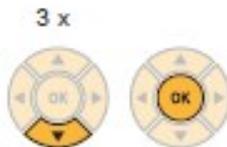
i The blinking REC icon in the status bar shows that the measurement process is underway.

7.2 Changing the display

Change to another type of display (GAUGE shown here).

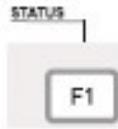


- NUMERIC (8) [1] ▾
- NUMERIC (4) [2]
- BAR GRAPH [3]
- GAUGE (4) [4]
- CURVE GRAPH [5] ▾
- FILE [6]
- SENSOR INFO [7]



Quick-start measurements

7.3 Monitoring measurements

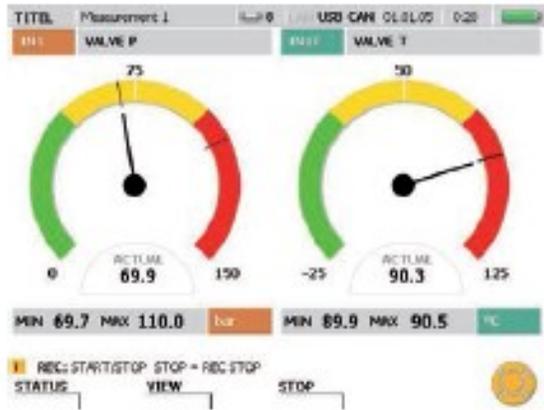
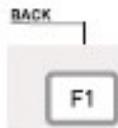


Displays measurement information in the STATUS window.

A green point behind REC indicates that measured values are being saved: START/STOP displayed.



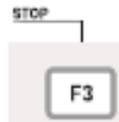
Return to the previous display mode.



Quick-start measurements

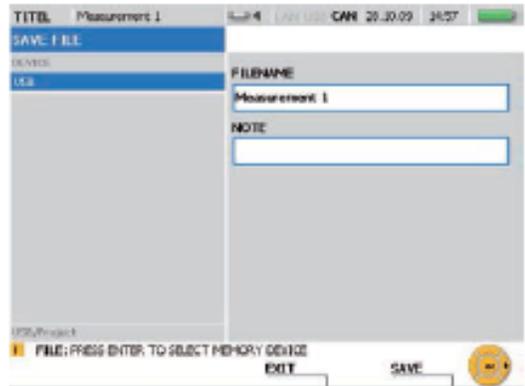
7.4 Ending the measurements

Save the results of the measurement.

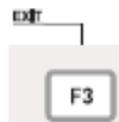


Select a storage medium for the DEVICE menu option (flash device, SD card, USB flash memory). This is described in the section "Selecting menu options" in the "Menu Navigation Basics" Chapter.

Enter a desired filename in the FILENAME section. The name can be no longer than 16 characters. Select NOTE if you would like to attach a comment to the file. The comment can be no longer than 200 characters.



The F4 key allows you to save all measurements displayed in the SAVE FILE window using the specified settings. The SAVE FILE windows closes after the measurements have been saved.



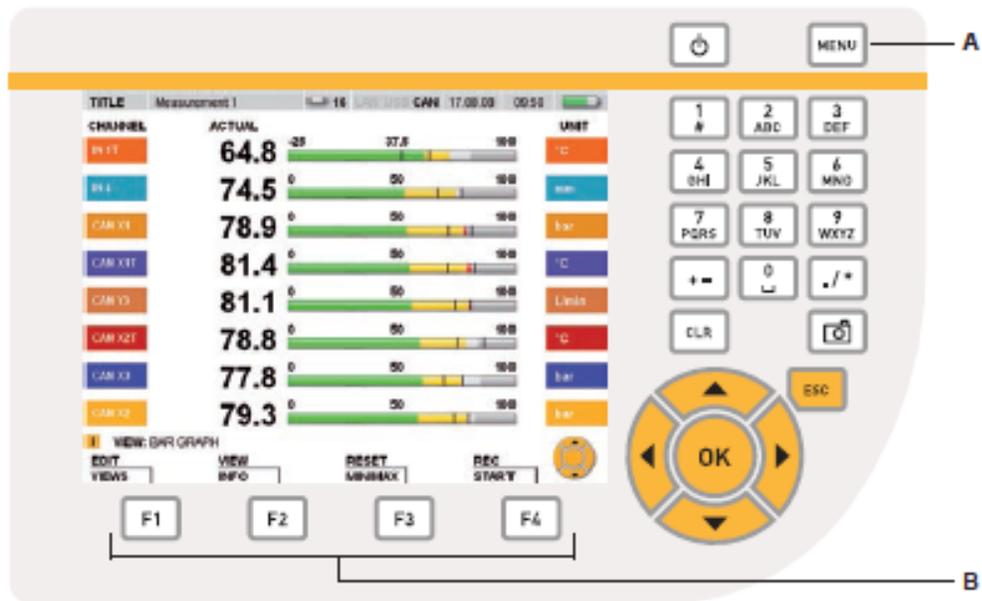
You can use the F3 key to delete the recorded measurements and exit the SAVE FILE window.

Menu Options

8. Menu Options

This chapter describes all contents (field and specific key functions) found in the main menu and in the EDIT, VIEW, RESET and REC menus.

- More information on the commonly used key functions SAVE and CANCEL can be found in the "Symbols and using the menu" section in the "Menu Navigation Basics" Chapter.



Menu keys

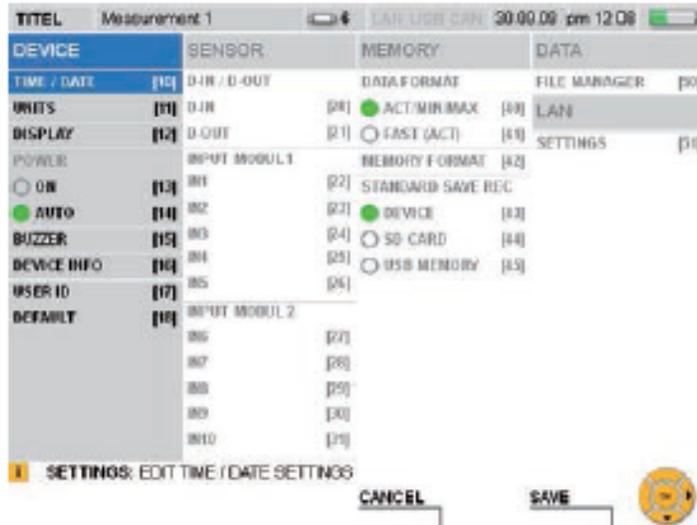
- A Main menu
- B Function keys

Menu Options

Menu key	Function
	<p>Press the MENU button in order to change the basic settings for the instrument, the connected sensors, data communication and data storage. The main menu is then displayed.</p> <p>► Section 8.1 contains more information about the main menu.</p>
 	<p>You can use the EDIT menu to customize the display of measured values and graphs. Additional calculating channels can also be added.</p> <p>► Section 8.2 contains more information about the EDIT menu.</p>
 	<p>You can change the arrangement and display of measurement channels and values in the VIEW menu. This menu also allows you to view saved measurements and information on the connected sensors.</p> <p>► Section 8.3 contains more information about the VIEW menu.</p>
 	<p>You can reset the minimum and maximum values as well as the D-IN and D-OUT counters in the RESET menu. Null and offset values can be set for each channel in order to zero balance the measurement and calculation channels.</p> <p>► Section 8.4 contains more information about the RESET menu.</p>
 	<p>The REC menu allows you to select and adjust the type of measurement and also to initiate the measurement process.</p> <p>► Section 8.5 contains more information about the REC menu.</p>

Menu Options

8.1 Main menu



MENU window

Field	Function
DEVICE	The DEVICE menu allows you to adjust the instrument's settings (such as display intensity, signal tone, time and date). You can also specify the measurement units and your user ID in this menu.
SENSOR	The SENSOR menu allows you to change the settings on the sensors connected that do not have automatic sensor-ID. You can change the settings on connected current and signal transmitters here. This menu also allows you to configure the digital ports.
MEMORY	The MEMORY menu allows you to change the settings for the data format, the recording rate and the target memory media.
DATA	The DATA menu allows you to open, copy and delete directories and files.
LAN	The LAN menu allows you to change the LAN connection settings.

Menu Options

8.1.1 DEVICE menu

The DEVICE menu allows you to adjust the instrument's settings (such as display intensity, signal tone, time and date). You can also specify the measurement units and your user ID in this menu.

DEVICE	
TIME / DATE	[10]
UNITS	[11]
DISPLAY	[12]
POWER	
<input type="radio"/> ON	[13]
<input checked="" type="radio"/> AUTO	[14]
BUZZER	[15]
DEVICE INFO	[16]
USER ID	[17]
DEFAULT	[18]

DEVICE menu option

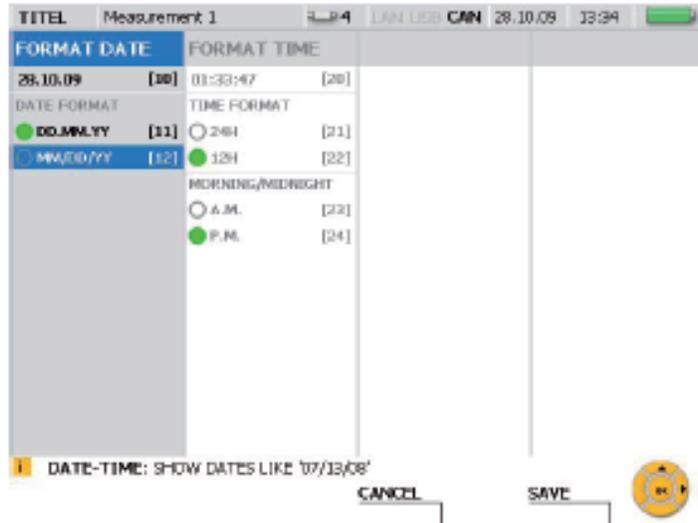
Field	Function
TIME / DATE	Select the TIME / DATE sub-menu in order to change the date, time and display format.
UNITS	Select the UNITS sub-menu in order to select the measurement units.
DISPLAY	Change to the DISPLAY sub-menu in order to adjust the background illumination.
POWER	Select AUTO if you would like to activate the automatic shut-off feature. Select ON if you would like to deactivate the automatic shut-off feature.
BUZZER	Select the BUZZER sub-menu in order to turn off or on the signal buzzer associated with the instrument's various actions.
DEVICE INFO	Select the DEVICE INFO sub-menu in order to display information about the measuring instrument.
USER ID	Select the USER ID sub-menu in order to change user information.
DEFAULT	This resets the values in the DEVICE menu to the factory default settings.

 The automatic shut-off feature turns the instrument off if no key has been pressed for twenty minutes. This function is never active while a measurement or recording process is underway. It is also not active when the power cord is plugged in.

 English is preset as the default language for the instrument. Use the PC analysis software to change the language. Contact your sales representative if your language is not on the list of available languages.

Menu Options

DEVICE menu - TIME / DATE sub-menu



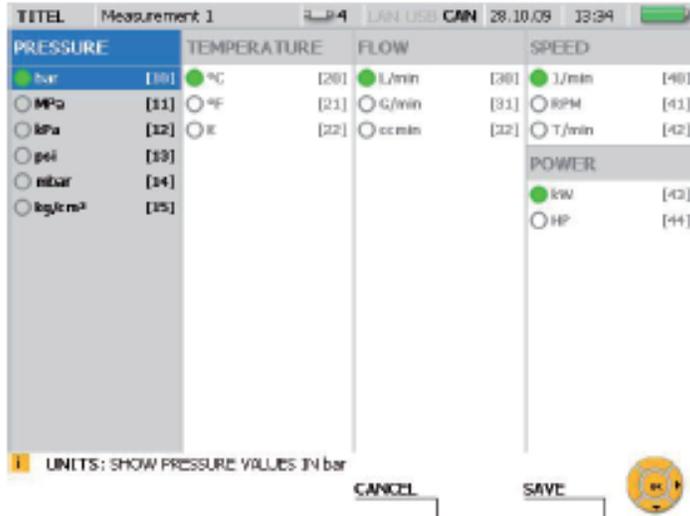
TIME / DATE window

Field	Function
FORMAT DATE	Enter the date here.
DATE FORMAT	Select a date format.
FORMAT TIME	Enter the time here.
TIME FORMAT	Select a time format (12 or 24 hour).
MORNING/ MIDNIGHT	If you have selected the 12-hour time format, select a time format (morning or afternoon) here.

 Changes in the settings effect measurements and the creation of projects.

Menu Options

DEVICE menu - UNITS sub-menu



UNITS window

Field	Function
PRESSURE	Select a measurement unit for pressure.
TEMPERATURE	Select a measurement unit for temperature.
FLOW	Select a measurement unit for flow.
SPEED	Select a measurement unit for speed.
POWER	Select a measurement unit for power.

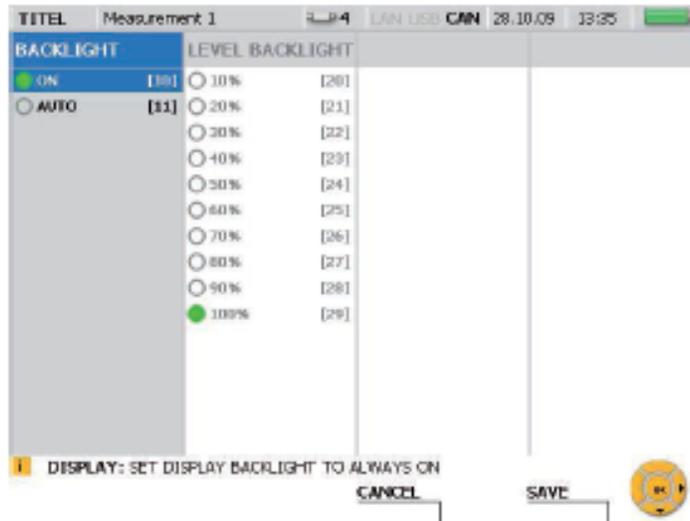
i The selected units are then applied. The measured values are recalculated to match the new units.

i For channels from analogue sensors without automatic sensor-ID, units can be selected in the sub-menus for input modules 1 and 2. They can also be specified directly by the user.

► The "Menu Options" Chapter (refer to the "SENSOR menu" section) gives more information.

Menu Options

DEVICE menu - DISPLAY sub-menu

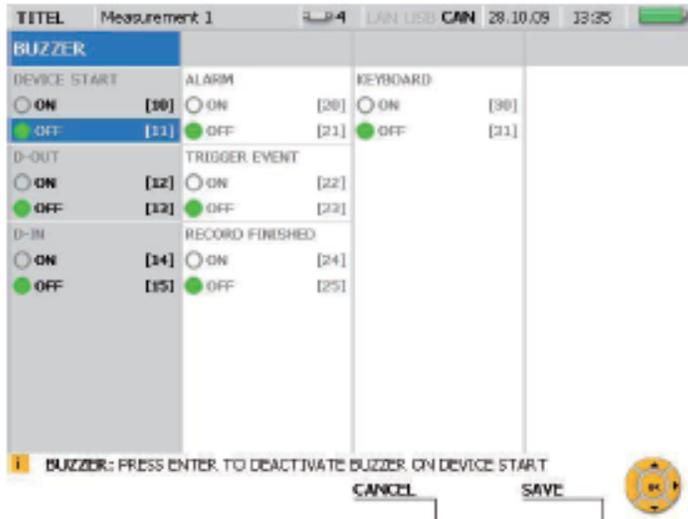


DISPLAY window

Field	Function
BACKLIGHT	Select ON in order to turn on the background light permanently. Select AUTO to activate the energy saving mode.
LEVEL BACKLIGHT	Select a brightness intensity value for the background illumination.

Menu Options

DEVICE menu - BUZZER sub-menu



BUZZER window

Field	Function
DEVICE START	Turn the signal buzzer off or on as the instrument start signal.
D-OUT	Turn the signal buzzer for the D-OUT signal off or on.
D-IN	Turn the signal buzzer for the D-IN signal off or on.
ALARM	Turn the signal buzzer for exceeding an alarm level off or on.
TRIGGER EVENT	Turn the signal buzzer for a trigger event off or on.
RECORD FINISHED	Turn the signal buzzer for the end of measurement process off or on.
KEYBOARD	Turn the signal tone for a key press off or on.

Menu Options

DEVICE menu - DEVICE INFO sub-menu

TITLE	Measurement 1	RMP 10	LAN USB CAN	08.07.00	10:57	
ADDRESS						
COMPANY						
DEPARTMENT						
URL						
MEMORY						
	USAGE [MB]	TOTAL [MB]				
FLASH	1002	128900				
SD CARD	124	64900				
TYPE						
	S I N	FIRMWARE				
	000224	V1.1				
IMD1-1	000216	V1.0				
IMD1-2	000354	V1.3				
VIEW: DEVICE INFO						
						EXIT

DEVICE INFO window

Field	Function
ADDRESS	Specifies the instrument manufacturer.
MEMORY	Specifies allocated memory space and maximum capacity of the connected storage media.
TYPE	Specifies the serial number and firmware version of the measuring instrument and attached input modules.
EXIT	Press F4 to exit the window.

Menu Options

DEVICE menu - USER ID sub-menu

USER ID window

Field	Function
COMPANY	Specify the name of your company here.
DEPARTMENT	Specify the department or division within your company.
NAME	Specify your name.
STREET	Specify your street and street number here.
POSTAL CODE	Specify your postal code here.
CITY	Specify your town or city name here.
PHONE	Specify your telephone number here.
FAX	Specify your fax number here.
URL	Specify your web address here.

 In the event that you lose the instrument, the information in the USER ID fields can be used to identify you as the owner.

Menu Options

8.1.2 SENSOR menu

The SENSOR menu allows you to change the settings on the sensors connected that do not have automatic sensor-ID. This menu also allows you to configure the digital ports.

SENSOR	
D-IN / D-OUT	
D-IN	[P4]
D-OUT	[P1]
INPUT MODUL 1	
IN1	[P2]
IN2	[P3]
IN3	[P4]
IN4	[P5]
IN5	[P6]
INPUT MODUL 2	
IN6	[P7]
IN7	[P8]
IN8	[P9]
IN9	[P0]
IN10	[P1]

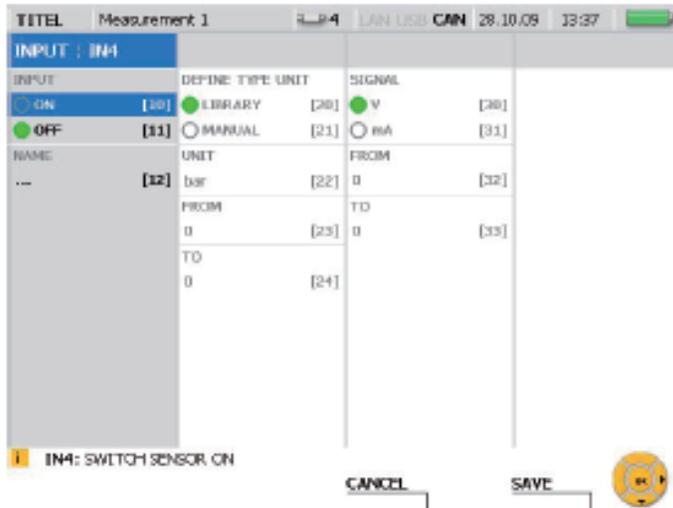
SENSOR menu option

Field	Function
D-IN / D-OUT	Select D-IN in order to change the digital input settings. Select D-OUT in order to change the digital output settings.
INPUT MODUL 1	Select a channel in INPUT MODUL 1 in order to change the settings for the analogue sensors on input module 1. The VADC MODULE sub-menu (for channels IN1 to IN3) or the INPUT sub-menu (for channels IN4 and IN5) then appears.
INPUT MODUL 2	Select a channel in INPUT MODUL 2 in order to change the settings for the analogue sensors on input module 2. The VADC MODULE sub-menu (for channels IN6 to IN8) or the INPUT sub-menu (for channels IN9 and IN10) then appears.

Menu Options

SENSOR menu - INPUT sub-menu

The INPUT sub-menu allows you to change the settings on sensors without automatic sensor-ID and on signal transmitters that are connected directly to the measuring instrument.

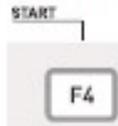


INPUT window (example: channel IN4)

Field	Function
INPUT	Switch to ON to activate channels 4, 5, 9 or 10 (displays the channel in the value display). Deactivate by switching to OFF.
NAME	Specify a name for the sensor channel. The name can be no longer than 16 characters.
DEFINE TYPE UNIT	Select LIBRARY here if you wish to select a measuring unit from the standard library. Select MANUAL is you want to specify another unit name.
UNIT	Select a measuring unit (in LIBRARY mode) or specify a unit name (in MANUAL mode). The unit name can be no longer than five characters.
FROM TO	Specify the starting point of the measuring range (FROM) and the end value of the range (TO) for the connected sensor.
SIGNAL	Select the signal type for the connected sensor (V or mA) in the SIGNAL field.
FROM TO	In the FROM field, specify the voltage or current value for the start of the measurement range for the connected sensor. Specify the final voltage or current value for the range in the TO field.

Quick-start measurements

Start the measurement.



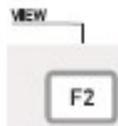
CHANNEL	NAME	ACTUAL	MAXIMUM	UNIT
IN1	VALVE P	359.2	359.9	bar
IN1	VALVE T	54.9	55.1	°C
CH02	PUMP	115.8	116.0	l/min
CH03	ENGINE	5809	5818	l/min

REC START/STOP STOP = REC STOP
 STATUS VIEW STOP

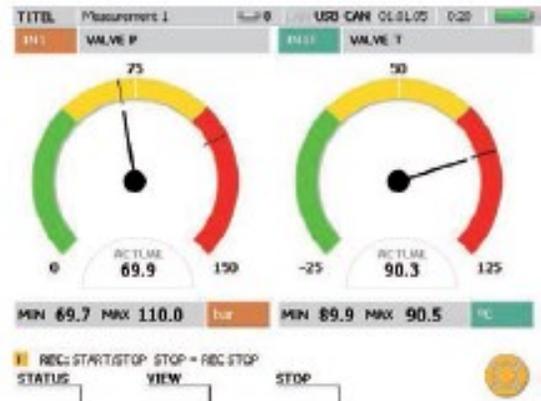
i The blinking REC icon in the status bar shows that the measurement process is underway.

7.2 Changing the display

Change to another type of display (GAUGE shown here).

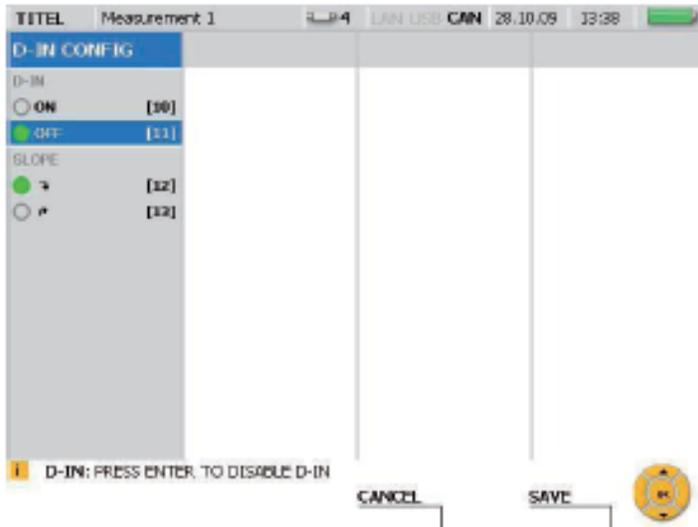


- NUMERIC (8) (1) ▾
- NUMERIC (4) (2)
- BAR GRAPH (3)
- GAUGE (4)
- CURVE GRAPH (5) ▸
- FILE (6)
- SENSOR INFO (7)



Menu Options

SENSOR menu - D-IN sub-menu



D-IN CONFIG window

Field	Function
D-IN	Switch to ON to activate then channel (displays the channel in the value display). Deactivate by switching to OFF.
SLOPE	Select the type of slope that the display and counter should react to. (↘ = falling slope, ↗ = rising slope).

Operations

Load the settings from the saved project.



CHANNEL	NAME	ACTUAL	MAXIMUM	UNIT
CARD1	VALVE P	30.02	63.00	bar
CARD1	VALVE T	90.2	90.3	°C
CARD1	ENGINE P	11.9	11.9	bar
CARD1	ENGINE T	-13.9	-13.9	°C
CARD1	PUMP P	308.6	309.0	bar
CARD1	PUMP T	52.2	52.2	°C

TITEL: DIGAVATOR 224 6 USB CAN 27.11.09 am 12:01
 REC: START/STOP ESC = EXIT START = REC
 STATUS VIEW SAVE PRJ START

Start the measured from the saved project.



 The project can still be loaded even when the parameters specified in the sensor list do not comply with the connected sensors.

Operations

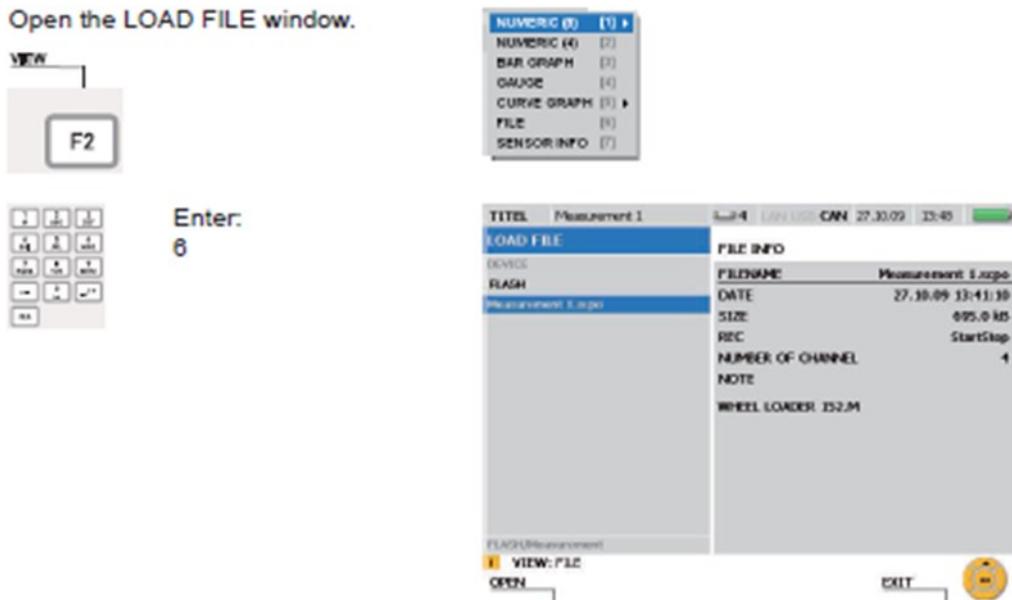
9.6 Loading and analyzing saved measurements

Saved measurements can be analyzed on the instrument itself or in the PC analysis software. The instrument's analysis features include minimum/maximum deviation analysis, system analysis or search for pressure peaks. Sections of the plotted measurement curve can be enlarged. Individual values and value deviations can also be viewed. A more detailed analysis can be carried out on the PC with the analysis software.

- ▶ The manual for the PC analysis software contains more information about analyzing saved measurements with the PC software.
- ▶ Additional information about the instrument's analysis features can be found in the "VIEW menu - CURVE sub-menu" section of the "Menu Options" Chapter.

The following example shows the menu navigation required for analyzing a curve and determining measured value deviations.

Open the LOAD FILE window.



The screenshot shows the instrument's menu navigation process. It starts with the 'VIEW' menu, where the 'F2' key is highlighted. A dropdown menu is shown with options: NUMERIC (0) [F1], NUMERIC (4) [F2], BAR GRAPH [F3], GAUGE [F4], CURVE GRAPH [F5], FILE [F6], and SENSOR INFO [F7]. The 'FILE' option is selected. Below this, a keypad is shown with the 'Enter' key and the number '6' highlighted. The main screen displays the 'LOAD FILE' window, which is split into two panes: 'LOAD FILE' and 'FILE INFO'. The 'LOAD FILE' pane shows a list of saved measurements, with 'Measurement 1.000' selected. The 'FILE INFO' pane displays details for the selected measurement: FILENAME: Measurement 1.000, DATE: 27.10.09 13:41:10, SIZE: 495.0 KB, REC: StartStop, NUMBER OF CHANNEL: 4, and NOTE: WHEEL LOADER IS2.M. At the bottom of the screen, the 'VIEW: FILE' option is highlighted, and the 'OPEN' and 'EXIT' buttons are visible.

Select the saved measurement that you wish to analyze.



i During the save process, measured values are compressed to optimize memory use. It can therefore take several seconds to load a measurement.

Operations

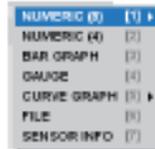
9.6 Loading and analyzing saved measurements

Saved measurements can be analyzed on the instrument itself or in the PC analysis software. The instrument's analysis features include minimum/maximum deviation analysis, system analysis or search for pressure peaks. Sections of the plotted measurement curve can be enlarged. Individual values and value deviations can also be viewed. A more detailed analysis can be carried out on the PC with the analysis software.

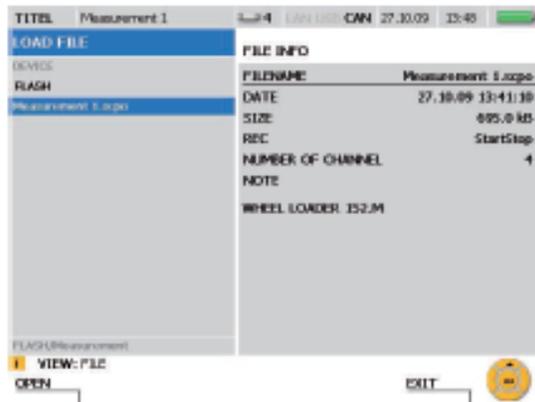
- ▶ The manual for the PC analysis software contains more information about analyzing saved measurements with the PC software.
- ▶ Additional information about the instrument's analysis features can be found in the "VIEW menu - CURVE sub-menu" section of the "Menu Options" Chapter.

The following example shows the menu navigation required for analyzing a curve and determining measured value deviations.

Open the LOAD FILE window.



Enter:
6



Select the saved measurement that you wish to analyze.



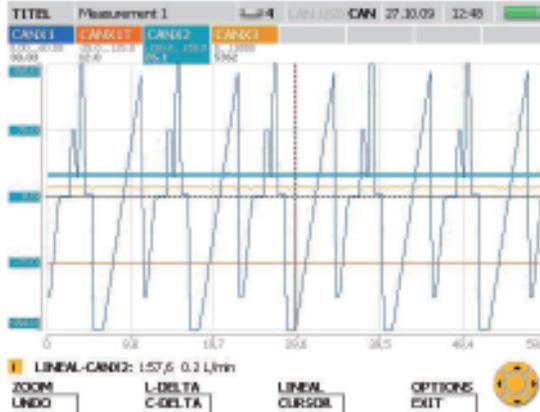
i During the save process, measured values are compressed to optimize memory use. It can therefore take several seconds to load a measurement.

Operations

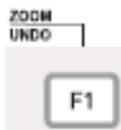
Open the TOOLS window.



Press for two seconds.



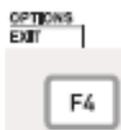
Open the ZOOM window.



Use the arrow keys to select the portion of the image that you wish to enlarge.



Exit the window.



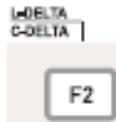
Press for two seconds.

- Additional information about the ZOOM function features can be found in the "VIEW menu - CURVE sub-menu" section of the "Menu Options" Chapter.

Operations

Multiple types of analysis can be executed from the CURVE GRAPH window. The following example shows how to determine the deviation between two measured values.

Open the C-DELTA window.



Press for two seconds.

The left cursor line is highlighted with a bold dashed line. The first measured value is the value at the intersection of this line and the plotted measurement curve.

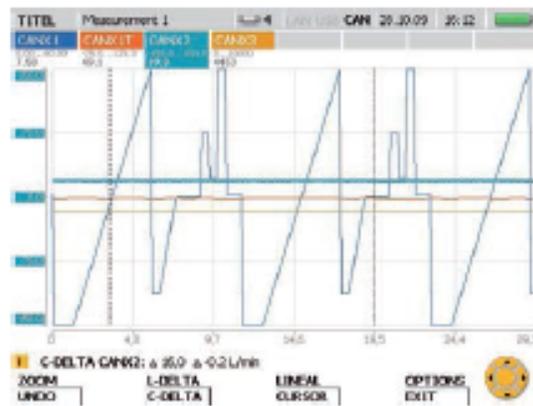
Use the arrow keys to move the cursor line. Move the line until you reach the first measured value for basing the deviation calculation.



Activate the right cursor line.



The right cursor line is highlighted with a bold dashed line. The second measured value is the value at the intersection of this line and the plotted measurement curve.

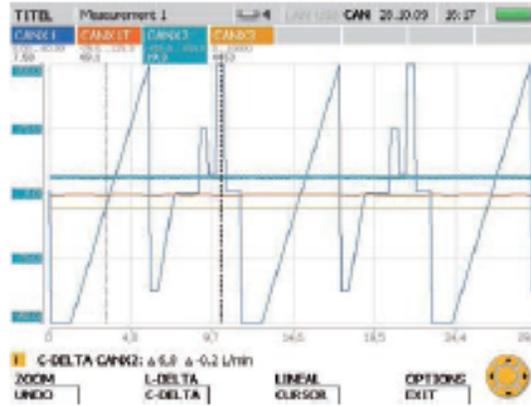


Operations

Use the arrow keys to move the right cursor line. Move the line until you reach the second measured value for basing the deviation calculation.



The calculated deviation (difference) for the measurement time and values is then displayed and updated constantly in the status bar.



Close the C-DELTA window.



Press and hold for two seconds.

Measurement Types and Memory Options

10 Measurement Types and Memory Options

10.1 An explanation of measurement types

Start/stop measurement

The start/stop measurement function can be used without making any configuration changes. This type of measurement records the current, minimum and maximum measured values for each measurement channel. The measurement can be any duration since the data is compressed as it is saved on the fly.



During compression, the pressure peak information is not lost since the minimum and maximum measured values are also saved.

Point measurement

Current measured values are saved (one value per channel) each time the START key is pressed during a point measurement. Up to 999 points can be recorded per channel.



The type of measurement is well suited for displaying the power of a hydraulic pump (with a p-Q graph).

Triggered measurement

A specific start condition is defined to trigger this type of measurement. The measurement then starts and runs for a specified duration. The start condition (a trigger event) could occur, for example, when a measurement is below or above a certain limit value, or when an external digital signal is received. A pre-trigger time can be specified so that measured values can be recorded before the trigger event occurs. A triggered measurement can last up to 300 hours. This type of measurement records the current, minimum and maximum measured values for all channels.

Measurement Types and Memory Options

Trigger-logic measurement

A trigger-logic measurement is started after one or two start conditions are met. These conditions can be logically linked to each other with Boolean operators (AND and OR). The measurement process ends after one or two linked stop conditions are met. The process can also be terminated after a specified duration. The start/stop conditions could occur, for example, when a measurement is below or above a certain limit value, or when an external digital signal is received. The duration of the measurement is not limited since measurement data is compressed as it is being saved. This type of measurement records the current, minimum and maximum measured values for all channels. The pressure peak information is not lost.

 If two start or stop conditions are linked with AND, then both conditions must not occur simultaneously. The two AND-linked conditions must occur sequentially in order to be considered a trigger event.

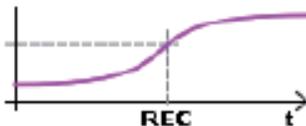
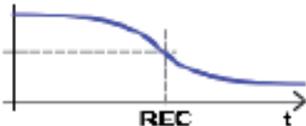
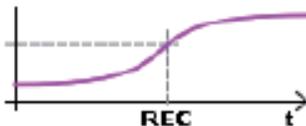
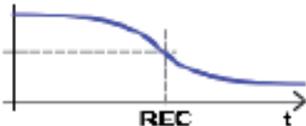
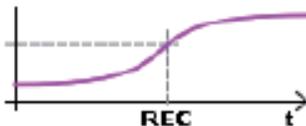
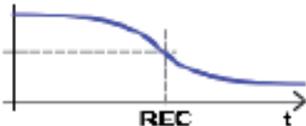
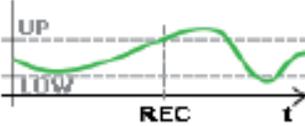
10.2 Notes on triggered and trigger-logic measurements

Start/stop conditions must be specified for triggered measurements and trigger-logic measurements. This section describes conditions which can be set to control the start and stop of a measurement recording process.

 In order to select the start/stop conditions, open up the TRIGGER or TRIGGER-LOGIC sub-menu from the REC menu.

► The "REC menu" section in the "Menu Options" Chapter describes the REC menu. The menu navigation required for selecting and configuring parameters in triggered measurements is described in the "Executing and saving measurements" section in the "Operations" Chapter.

Measurement Types and Memory Options

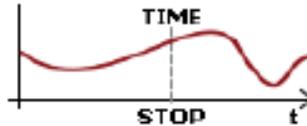
Start/stop measurement	Explanation		
LEVEL	<p>If a measurement exceeds or falls below a specific limit, then the measurement recording begins. Select a channel (INPUT) and a limit (LEVEL). Then specify a rising or falling slope (SLOPE). The specified limit must lie within the measuring range of the selected channel.</p>		
	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Exceeding limit:</p>  <p>If the measurement process is started while the measured value for the selected channel exceeds the specified limit, then the measurement will not be started until at least one of the measured values falls below the limit and then exceeds it once again.</p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Falling below limit:</p>  <p>If the measurement process is started while the measured value for the selected channel is below the specified limit, then the measurement will not be started until at least one of the measured values is above the limit and then falls below it once again.</p> </td> </tr> </table>	<p>Exceeding limit:</p>  <p>If the measurement process is started while the measured value for the selected channel exceeds the specified limit, then the measurement will not be started until at least one of the measured values falls below the limit and then exceeds it once again.</p>	<p>Falling below limit:</p>  <p>If the measurement process is started while the measured value for the selected channel is below the specified limit, then the measurement will not be started until at least one of the measured values is above the limit and then falls below it once again.</p>
<p>Exceeding limit:</p>  <p>If the measurement process is started while the measured value for the selected channel exceeds the specified limit, then the measurement will not be started until at least one of the measured values falls below the limit and then exceeds it once again.</p>	<p>Falling below limit:</p>  <p>If the measurement process is started while the measured value for the selected channel is below the specified limit, then the measurement will not be started until at least one of the measured values is above the limit and then falls below it once again.</p>		
WINDOW	<p>If a measurement exceeds or falls below a specific range, then the measurement recording begins. Select a channel (INPUT) and an upper (UP) and lower (LOW) limit for the measuring range. The specified limits must lie within the measuring range of the selected channel. The upper limit must be greater than the lower limit.</p>		
	 <p>If the initial measured value from the channel (at the start of the measurement process) is outside of this window, then no measurements will be saved. The recording of the measurements first begins after the measurements fall within the specified range (window) and then leave this range.</p>		

Measurement Types and Memory Options

Start/stop measurement	Explanation
CLOCK	<p>The measurement is started at the specified date and time. Enter a date (DATE) and time (CLOCK TIME) for the start condition. The specified time must be in the future; it uses the instrument's system time as a reference.</p>
EXTERN	<p>The measurement recording is started when a rising or falling slope is applied to the digital input. The direction of the slope (SLOPE) should be specified.</p>
<p>Rising slope: (signal changes from LOW to HIGH) Falling slope: (signal changes from HIGH to LOW)</p>	
<p>If a HIGH signal is already applied to the digital input, then at least one slope change must take place before the recording of measurements will begin. If a LOW signal is already applied to the digital input, then at least one slope change must take place before the recording of measurements will begin.</p>	
MANUAL (Start only)	<p>The measurement process starts when the F4 key is pressed. No other configuration is required.</p>

Measurement Types and Memory Options

Stop condition	Explanation
TIME	The measurement process is ended when the specified duration has elapsed since the start. Specify a measurement duration (REC TIME) for a stop condition or for a trigger-logic measurement.



The following table shows the configuration options available in the TRIGGER and TRIGGER-LOGIC sub-menus.

Trigger type	Parameter field	TRIGGER sub-menu	TRIGGER-LOGIC sub-menu
LEVEL	Channel selection, unit of measure, trigger level, slope	X	X
WINDOW	Channel selection, unit of measure, upper and lower limit for the window	X	X
CLOCK	Trigger date, trigger time, a.m/p.m	X	X
EXTERN	Channel selection, slope	X	X
MANUAL	Start condition	X	(only available as START CONDITION)
TIME	Duration of measurement	–	(only available as START CONDITION)

Measurement Types and Memory Options

10.3 Memory options

10.3.1 Configuring the measurement data format

The instrument samples all connected sensors and channels simultaneously using a high polling rate (0.1 ms or ≥ 1 ms). There are two possibilities:

- ACT/MIN/MAX: Polling rate ≥ 1 ms
- FAST (ACT): Polling rate = 0.1ms

The measured values are saved according to the configuration specified in the MEMORY FORMAT sub-menu (under the MEMORY menu).

Despite the high polling rate, all ACT/MIN/MAX measured values are saved in compressed format. The ACT (current) value is the last sample value on a sensor within a particular recording interval. The MIN value is the lowest measured value sampled in a particular recording interval. The MAX value is the highest measured value sampled in a particular recording interval.

	Format	Description
In the DATA FORMAT sub-menu, select	ACT/MIN/MAX (Standard)	The current (ACT) measurement, minimum (MIN) measurement and maximum (MAX) measurement values are saved within a specified recording interval (configured in the MEMORY FORMAT menu).
	FAST (ACT)	The channels IN4 and IN9 of the optional model-01 input modules are sampled and ACT (current) values are saved at a fixed interval of 0.1 ms. No other channels are measured and recorded during this time. This type of measurement can only be used for a triggered measurement (and not a trigger-logic measurement). The measurement can take place for no more than 120 seconds.

Measurement Types and Memory Options

10.3.2 Configuring the recording of measurements

There are three variants for recording measured values on the instrument:

- Point measurements (2000, 4000, 8000, 16000)
- Recording rate (1 ms to 60 min)
- Dynamic (16000 points)

As explained below, these settings must be made in conjunction with the ACT/MIN/MAX selection (in the DATA FORMAT sub-menu under the MEMORY menu).

The instrument has a maximum of 16000 measurement points available for each channel, regardless of the number of sensors connected. A measurement point consists of three values: an ACT value, a MIN value and a MAX value. The following configuration options are available in the MEMORY FORMAT sub-menu: The PKT settings allows you to change the number of measurement points. The RATE setting allows you to specify a recording rate anywhere between the set limits.

	Memory format	Description
In the MEMORY FORMAT sub-menu, select	Measurement points (2000, 4000, 8000, 16000)	<p>The selected recording time is automatically divided into a fixed number of recording intervals per channel and number or selected points.</p> <p>For example:</p> <p>Points selected = 4000</p> <p>Recording time: 10 min = 600 s</p> <p>Duration of the recording interval = $600 \text{ s} / 4000 = 150 \text{ ms}$</p> <p>The ACT, MIN and MAX values are recorded for each channel for a duration of 150 ms.</p>
	Recording rate (1 ms to 60 min)	<p>A recording interval is specified here. This is the rate at which measurement points are recorded for each channel.</p> <p>For example:</p> <p>Recording rate selected = 10 ms = 0.01 s</p> <p>$16000 \text{ points} * 0.01 \text{ s} = 160 \text{ s}$</p> <p>The recording can last for a duration of 160 seconds (with a 10-ms recording rate), regardless of the number of connected channels. The ACT, MIN and MAX values are recorded for each elapsed recording interval.</p>

Measurement Types and Memory Options

	Memory format	Description
No selection: automatically configured depending on the measurement options selected.	Dynamic (16000 points)	The in-process compression of measured values and adjustment of the recording interval starts at 1 ms. The recording interval is doubled after the limit has been reached for the measurement recording (16000 points per channel). Measurements of unlimited duration are possible. Also features optimized recording intervals and recording of ACT, MIN and MAX values.

10.3.3 Selecting DATA FORMAT = ACT/MIN/MAX

The following table illustrates the relationship between measured value recording and the different recording options.

Measured value recording	Points	Recording rate	Dynamic
Start/stop measurement	--- Not possible	--- Not possible	16000 points per channel, unlimited measurement duration
Point measurement	ACT value with press of key. Max. 999 values per channel.	--- Not possible	--- Not possible
Triggered measurement	2000, 4000, 8000, 16000 measurement points per channel	Can be configured anywhere from 1 ms to 60 minutes. Max. 16000 measurement points per channel.	--- Not possible
Trigger-logic measurement	--- Not possible	--- Not possible	16000 measurement points per channel, unlimited measurement duration

Measurement Types and Memory Options

10.3.4 Selecting DATA FORMAT = FAST (ACT)

If FAST (ACT) is selected, only the triggered measurement type is available for recording measurements.

Measured value recording	Points	Recording rate	Dynamic
Triggered measurement	--- Not possible	0.1 ms. Max. 1,200,000 measured values each for IN4 and IN9.	--- Not possible

Maintenance and cleaning

11. Maintenance and cleaning

11.1 Notes on cleaning

	ATTENTION Be sure to turn off the instrument and disconnect the power supply before you start cleaning it.
---	--

	ATTENTION Never use aggressive cleaning agents, solvents, petroleum ether or similar chemicals. These chemicals can damage the housing or display on the instrument.
---	--

Clean the instrument's housing with a soft moist cloth. Mild household cleaners may be used for hard-to-remove dirt and debris.

11.2 Notes on maintenance and calibration

This measuring instrument requires no special maintenance. However, it is necessary to calibrate the instrument regularly. A yearly calibration procedure is required if you use the instrument often. Please contact your sales representative for more information.

11.3 Repairs

Contact your sales representative if your instrument needs repairs. Have the following information ready:

- The name of your company or organization
- The name of your department
- Your contact person
- Your telephone and fax number
- Your e-mail address
- The article number of the faulty instrument (and serial number, if available).
- A detailed description of the problem

Accessories

12. Accessories

12.1 General accessories

Power supply unit 110/240 VAC EUR/US/UK/AUS	SCSN-460
Car adapter cable, 12/24 VDC	SCK-318-05-21
Neck strap	SC-ACC-01
Cable adapter, M8x1 for D-IN/OUT	SCK-009
Sensor adapter, M12x1 for external sensors	SCK-401-M
Frequency adapter (2 Hz – 5 kHz) including M8x1 cable adapter with analogue and CAN-bus interface	SCMA-FCU-600
Current/voltage converter (0–48V, 0–4A) including connection cable with test terminal	SCMA-VADC-600

12.2 Analogue sensors (with automatic sensor-ID) and connecting cable

Analogue connection cable 3 m 5 m Extension (5 m)	SCK-102-03-02 SCK-102-05-02 SCK-102-05-12
Pressure/temperature sensors -25 to +125 °C, including mounted SCA-1/2-EMA-3 adapter -1 to 15 bar	SCPT-015-02-02 SCPT-XXX-02-02
Temperature sensors (-25 to 125 °C) with screw-in filter (M10x1) with hand probe	SCT-150-04-02 SCT-150-0-02
Tachometer (0 to 10,000 RPM) with 2 metres attached cable	SCRPM-220
Volumetric sensors -60 to +60 L/min -150 to +150 L/min	SCQ-060-0-02 SCQ-150-0-02
Flow turbine 015/060/150/300/600/750 L/min	SCFT-XXX-02-02

Accessories

Flow turbine with load valve 150 L/min 300/750 L/min	SCFT-150-DRV SCFT-PTQ-XXX
---	------------------------------

12.3 CAN-bus sensors (with automatic sensor-ID) and connecting cable

CAN connection cable 2 m 5 m 10 m	SCK-401-02-4F-4M SCK-401-05-4F-4M SCK-401-10-4F-4M
CAN Y splitter, including 0.3 m cable	SCK-401-0.3-Y
CAN terminating resistor Female 5-pin socket – female 5-pin socket	SCK-401-R
Pressure/temperature sensors -25 to +125 °C, including mounted SCA-1/2-EMA-3 adapter -1 to 16 bar 060/160/400/600/1000 bar	SCPT-016-C2-05 SCPT-XXX-C2-05
Flow turbine 015/060/150/300/600/750 L/min	SCFT-XXX-C2-05
Flow turbine with load valve 150 L/min 300/750 L/min	SCFT-150-DRV-C2-05 SCFT-PTQ-XXX-C2-05

Technical Specifications

13. Technical Specifications

13.1 Base instrument and options

Instrument	Ports	Max. number of sensors	Max. number of channels	Polling rate
SCM-500-00-00 (Base unit)	2 CAN-bus networks	8 CANX	16	≥ 1 ms
		8 CANY	16	≥ 1 ms
	1 D-IN	1 D-IN	1	1 ms
	1 D-OUT	1 D-OUT	1	1 ms
SCM-500-01-00 (Base unit + 1 model-01 input module)	2 CAN-bus networks	8 CANX	16	≥ 1 ms
		8 CANY	16	≥ 1 ms
	1 D-IN	1 D-IN	1	1 ms
	1 D-OUT	1 D-OUT	1	1 ms
	3 SC sensors	1 I1	2	≥ 1 ms
		1 I2	2	≥ 1 ms
		1 I3	2	≥ 1 ms
	2 sensors without sensor-ID	2 I4/5	2	≥ 0.1 ms
SCM-500-01-00 (Base unit + 2 model-01 input modules)	2 CAN-bus networks	8 CANX	16	≥ 1 ms
		8 CANY	16	≥ 1 ms
	1 D-IN	1 D-IN	1	1 ms
	1 D-OUT	1 D-OUT	1	1 ms
	6 SC sensors	1 I1	2	≥ 1 ms
		1 I2	2	≥ 1 ms
		1 I3	2	≥ 1 ms
		1 I6	2	≥ 1 ms
		1 I7	2	≥ 1 ms
	4 sensors without sensor-ID	1 I8	2	≥ 1 ms
2 I4/5		2	≥ 0.1 ms	
2 I9/10		2	≥ 0.1 ms	

Technical Specifications

13.2 Base instrument - inputs

13.2.1 CAN-bus

Specification	Characteristics	Description
	Two CAN-bus networks	CAN = Controller Area Network CAN X, CAN Y
Plug	Five-pole, M12x1, integrated connector	Per network. SPEEDCON® connector version
Pin assignments	Pin 1 = Shield Pin 2 = CAN V+ Pin 3 = CAN GND Pin 4 = CAN High Pin 5 = CAN Low Housing = shield	CAN Standard
Supply voltage	+18 to +24 V DC	Per network
Power supply	Max. 500 mA	For both networks together
Fuse	short-circuit	Per network CAN V+ to GND
CAN X	Terminating resistor: 120 Ω between pins 4 and 5	No electrical isolation
CAN Y	Terminating resistor: 120 Ω between pins 4 and 5. Can be deactivated via software.	Electrical isolation between CAN_H and CAN_L, CAN V+ and CAN GND can be deactivated via software
CAN-bus baud rates	500 kBit	Other baud rates are possible
CANX network nodes	Max. 8	CANX1 – CANX8 for SCPT with P and T = 16 channels
CANY network nodes	Max. 8	CANY1 – CANY8 for SCPT with P and T = 16 channels
Polling rate for P-channel, 1	1 ms	Per network, with up to four sensors
Polling rate for P-channel, 2	2 ms (per network)	Per network, with up to five sensors

Technical Specifications

13.2.2 Digital channels

Specification	Characteristics	Description
Plug	Four-pole, M8x1, integrated connector	One plug for D-IN/D-OUT
Pin assignments	Pin 1 = Digital IN + Pin 2 = Digital IN GND Pin 3 = Digital OUT + Pin 4 = Digital OUT GND	
Active High	+7 to +24 VDC	
Active Low	<1 VDC	
D-IN input impedance	1 k Ω	
D-OUT output current	Max. 20 mA	

13.3 Interfaces on base instrument

13.3.1 LAN

Specification	Characteristics	Description
Plug	RJ45, socket, shielded	
Transfer rate	10, 100 MBit/s	
Standard	IEEE 802.3 (10/100BaseT)	

13.3.2 USB host

Specification	Characteristics	Description
Plug	USB socket, shielded, type A	
USB Standard	2.0, full speed	
Transfer rate	12 MBit/s	Memory size: Max. 40 GB
Power Supply	+5 V DC	
Power supply	Max. 100 mA	Low power
Fuse	short-circuit	VCC to GND

Technical Specifications

13.3.3 USB device

Specification	Characteristics	Description
Plug	USB socket, shielded, type B	
USB Standard	2.0, full speed	
Transfer rate	12 MBit/s	
Power supply to SCM-500	No	The USB connection does not serve as a power supply to the SCM-500.

13.3.4 SD memory card

Specification	Characteristics	Description
Slot	Micro SD memory card	Memory size: Max. 2 GB

Technical Specifications

13.4 Basic instrument - additional components

12.4.1 Memory

Specification	Measurement memory	External memory
Memory for running measurements	Volatile graphed data memory approx. 4,000,000 measured values	
Flash	Non-volatile total measured value memory approx. 32,000,000 measured values	
SD memory card	Over 1 billion measured values	Max. 2 GB
USB memory	Over 1 billion measured values	Max. 40 GB

13.4.2 Display screen

Specification	Characteristics	Description
Type	Graphic, color TFT LCD, negative, transmissive	
Size	5.7 inch	
Visible surface	115 x 88 mm	
Resolution	640 x 480	VGA
Illumination	Backlit LED	10 levels

13.4.3 Power supply (external)

Specification	Characteristics	Description
Plug	3-pole, socket	Binder brand, 719 series
Voltage	+11 to +30 V DC	
Current consumption	2000 mA (max.)	at 24 V DC
Rechargeable battery	Internal battery charging circuitry	
Recharging time	approx. 3 hours	at 24 V DC, 2500 mA

Technical Specifications

13.4.4 Power supply for battery

Specification	Characteristics	Description
Type	Lithium-ion battery	
Voltage	+7.4 V DC	
Capacity	4500 mAh	
Discharge time	Over 8 hours	with 6 sensors and 20 mA per sensor

13.4.5 General

Specification	Characteristics	Description
Housing material	ABS/PC	Thermoplastic
Material of protective sleeve around housing	TPE	Thermoplastic elastomer
Dimensions	257 x 74.5 x 181 mm	W x H x D
Weight	1550 g	Basic instrument
Acoustic signal	Buzzer	Event-driven activation, software

13.4.6 Input module slot

Specification	Characteristics	Description
Number	2	
Designation for inputs on slot 1	I1, I2, I3, I4/5	
Designation for inputs on slot 2	I6, I7, I8, I9/10	

Technical Specifications

13.4.7 Ambient conditions

Specification	Characteristics	Description
Operating temperature	0 to +50 °C	
Storage temperature	-25 to +60 °C	
Temperature margin of error:	0.02 %/°C	
Relative humidity	<80 %	
Degree of protection	IP64	While plugged in (CAN, D-IN/OUT) and with plastic covers

13.4.8 Standards

Specification	Characteristics	Description
USB	USB 2.0	
LAN	IEEE 802.3	
CAN	EN 80325-4	
Disturbance emissions	EN61000-6-3 + FCC	
Resistance to interference	EN61000-6-2	
HF field	IEC61000-4-3	Min. 10 V/m, margin of error < 1 %
ESD	IEC61000-4-2	4/8 kV
High-frequency, conducted	IEC61000-4-6	10 kV
Burst	IEC61000-4-4	2 kV
Surge	IEC61000-4-5	1 kV symmetric on power supply 2 kV asymmetric on power supply
Drop test	IEC60068-2-32	1 metre free fall ED without plug
Degree of protection	EN60529	IP64

Technical Specifications

13.5 Input module, model 01

13.5.1 Version

Specification	Characteristics	Description
Version	Model 01	
Inputs	Three SC sensors with sensor-ID Two sensor without sensor-ID	IN1, IN2, IN3 (IN6, IN7, IN8) IN4/5 (IN9/10)
Inputs per SC sensor	One faster channel One slower channel	1 ms, P-channel 1 second, T-channel
Inputs per sensor without sensor-ID	One faster channel One FAST channel	1 ms IN4/5 (IN9/10) 0.1 ms IN4 (IN9)

13.5.2 SC sensor input for sensor with automatic sensor-ID

Specification	Characteristics	Description
Plug	5-pole, push-pull, size 1	
Input resistance	470 k Ω	
Signal input for P-channel	-3.1 to +3.4 VDC	
Polling rate for P-channel	1 ms	
Filter for P-channel	500 Hz, low-pass	
Signal input for T-channel	0 to 3.1 VDC	
Polling rate for P-channel	1 second	
Filter for P-channel	7 Hz	
Resolution for P/T-channels	12-bit + sign	
Power supply, +Ub	+8 to 15 VDC	
Power supply, current	Max. 70 mA	per input (Ix)
Fuse	short-circuit	+Ub to GND

Technical Specifications

13.5.3 Sensors without sensor-ID (general)

Specification	Characteristics	Description
Plug	5-pole, M12x1, socket	
Pin assignments	Pin 1 = +Ub Pin 2 = Signal Pin 3 = GND Pin 4 = Signal Pin 5 = GND	I4 (I9) I5 (I10)
Signal	Current or voltage	Software switchable for each input I4/I5 (I9/I10)
Input resistance (current)	150 Ω	
Signal input (current)	0/4 to 20 mA	
Input resistance (voltage)	>100 k Ω	
Signal input (voltage)	-10 to +10 V DC	
Supply voltage	+18 to +24 V DC	
Power supply, current	Max. 100 mA	100 mA total for I4/I5 100 mA total for I9/I10
Fuse	short-circuit	+Ub to GND

13.5.4 Sensors without sensor-ID (sampling/polling)

Specification	Characteristics	Description
Polling rate types	1 ms, 0.1 ms	Software switchable
Polling rate: 1 ms	I4/I5, I9/I10	
Filter (1 ms)	500 Hz, low-pass	
Polling rate: 0.1 ms	I4, I9 (FAST channel)	If 0.1-ms polling rate, then I1-I3, I5, I6-I8, I10, CANX, CANY, D-IN/OUT are non-functional
Filter (0.1 ms)	5 kHz, low-pass	
Resolution	12-bit + sign	

Technical Specifications

13.5.5 Input module (general)

Specification	Characteristics	Description
Housing material	ABS/PC	Thermoplastic
Weight	75 g	
Measurement accuracy	< +/- 0.2% T-channel < +/- 0.25% FS	
Operating temperature	0 to +50 °C	
Storage temperature	-25 to +60 °C	
Temperature margin of error	0.02%/°C	
Rel. humidity	<80%	
Degree of protection	IP64 (IP54)	IP 64: When built into SMP and with plastic covers IP 54: While plugged in

Technical Specifications

 **Operating instructions**
The Parker Service Master Plus

Distributed By:
HOSE & FITTINGS, ETC.
1811 Enterprise Blvd.
West Sacramento, CA 95691
USA
www.hfeweb.com
+ 1.888.297.4673



Anexo E. Simulaciones del sistema hidráulico del Banco de Pruebas.

El Anexo E presenta las simulaciones efectuadas mediante el programa Automation Studio 6.0 para representar las pruebas bombas y motores, variando las condiciones de presión máxima, velocidad rotacional y desplazamiento de los elementos, y observando los cambios en las variables de presión, torque, velocidad rotacional, caudal y potencia consumida.

Algunos componentes del sistema hidráulico que se emplean en el banco no tienen representación en el programa, por tanto, el circuito de pruebas fue adaptado para aproximarlos a las condiciones reales.

E.1 Prueba de bombas y motores

Figura E - 82. Prueba de bomba de desplazamiento fijo 84 cm³

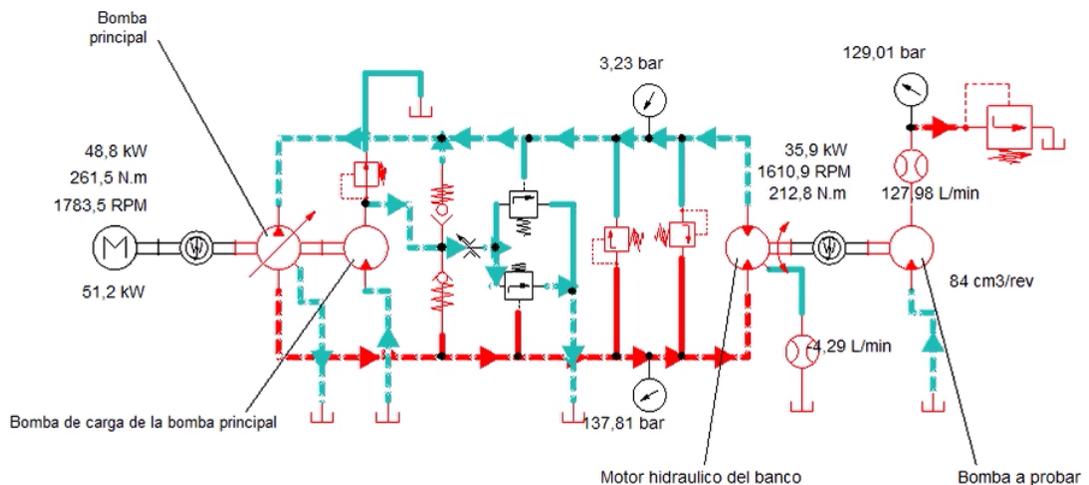


Figura E - 83. Prueba de bomba de desplazamiento fijo 40 cm³

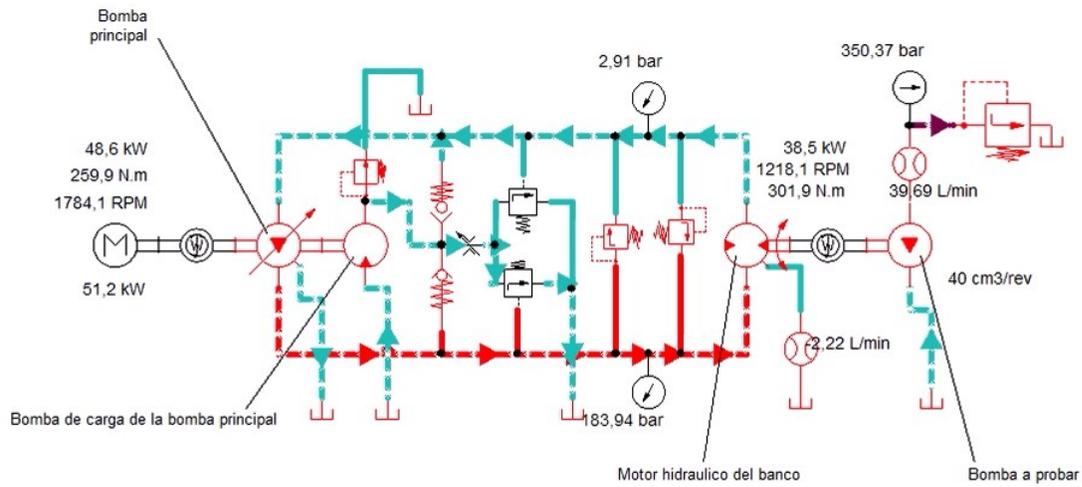


Figura E - 84. Prueba de motor de desplazamiento variable 400 cm³

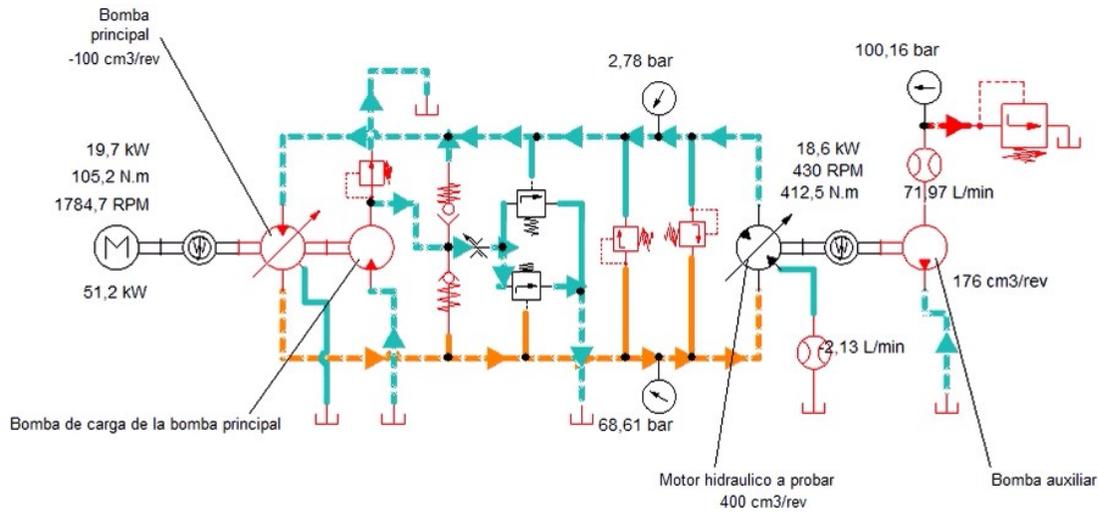
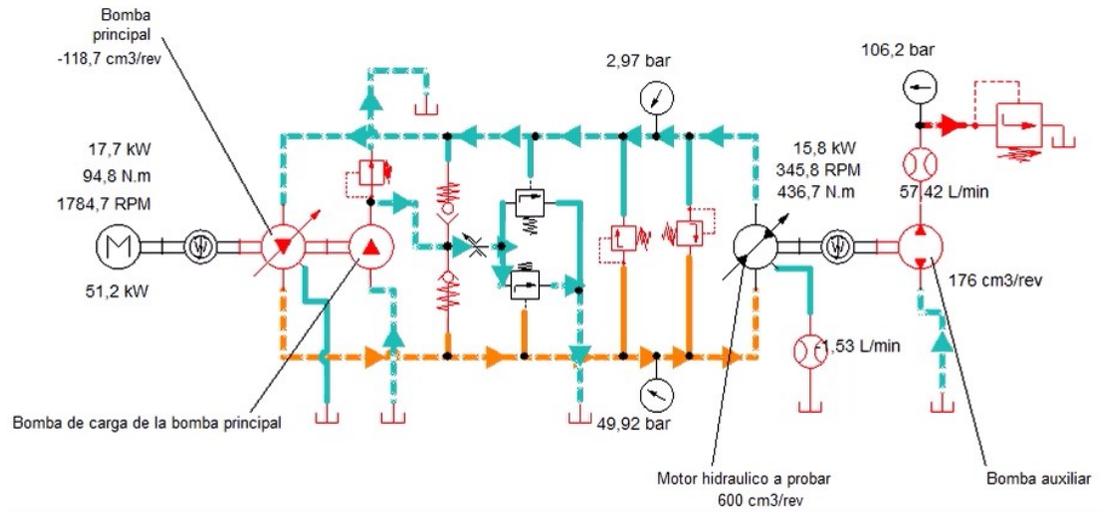


Figura E - 85. Prueba de motor de desplazamiento variable 600 cm³



Anexo F. Cartas de apoyo de trabajo de grado y aceptación de diseños.

La empresa HYDRAULICTECH expresó su apoyo para el trabajo de grado de los estudiantes Daniel Enrique Barón González y Tulio Andrés Coy Flórez de la Universidad Antonio Nariño.

El resultado final de este proyecto se presentó a la empresa, la cual ha aceptado y aprobado todos diseños concebidos. Se anexan las certificaciones escritas de apoyo y aceptación.



Carrera 64ª No. 4G – 50 Pradera
Bogotá – Colombia
Móvil: 318 5673037 – Tel: (1) 466 1374
www.hyt.com.co

Bogotá D.C. septiembre 30 de 2019

Señores
UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
Comité de Trabajo de Grado COTIGE.
Facultad de Ing. Electrónica, Biomédica y Mecatrónica

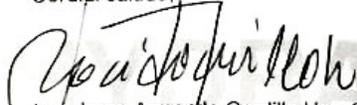
Ciudad

Apreciados señores:

Mediante la presente nos permitimos notificar que:

1. Nuestra empresa HYDRAULICTECH SAS, está requiriendo como herramienta indispensable para procesos de diagnóstico y reparaciones de equipos hidráulicos de nuestros clientes, un banco de prueba para bombas y motores hidráulicos. Para tal fin, el Departamento de Ingeniería a cargo de nuestro colaborador TULIO ANDRES COY FLOREZ ha sido delegado para el diseño, fabricación y puesta en marcha de dicho banco de prueba.
2. Los señores TULIO ANDRES COY FLOREZ y DANIEL ENRIQUE BARON GONZALEZ están optando a los títulos de Ingeniero en Automatización Industrial e Ingeniero Electromecánico respectivamente, y han mostrado interés en desarrollar este proyecto y presentarlo a la Universidad como trabajo de grado.
3. HYDRAULICTECH SAS como empresa se compromete a apoyar a los estudiantes mencionados para que realicen el diseño e ingeniería del banco de pruebas que estamos requiriendo, y brindar todas las condiciones a nuestro alcance para que ellos presenten y sustenten su proyecto de grado ante la Universidad.
4. HYDRAULICTECH SAS se hará cargo de los costos que implican el desarrollo de este proyecto, teniendo en cuenta que estos representan una inversión estratégica para los objetivos de mejoramiento tecnológico de nuestros procesos.

Cordial saludo,


Ing. Jorge Armando Gordillo Hernández
Representante Legal
Correo: jorge.gordillo@hyt.com
Teléfono: + 57 (1) 4661374
Celular: 301 5295043

Diseño, cálculo, selección de componentes, elaboración de planos de fabricación y manual de banco de pruebas para bombas y motores oleohidráulicos para la empresa HYDRAULICTECH SAS, con capacidad de 55 kW y adquisición de señales de las variables de presión, caudal, torque y velocidad rotacional



Calle 38 Sur No. 72j – 11 Carvajal
Bogotá – Colombia
Móvil: 318 5673037 – Tel (1) 466 1374
www.hyt.com.co

Bogotá D.C. junio 12 de 2020

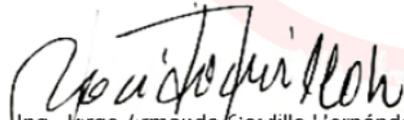
Señores
DANIEL ENRIQUE BARON GONZALEZ
TULIO ANDRES COY FLOREZ
Ciudad

Apreciados señores:

Mediante la presente nos permitimos comunicarles que nuestra Empresa ha dado su visto bueno del diseño del banco de pruebas para bombas y motores hidráulicos, de acuerdo con la información contenida en el documento del proyecto de grado presentado por ustedes a la Universidad Antonio Nariño.

En consecuencia, estamos dando aceptación a los diseños, planos eléctricos, hidráulicos, mecánicos y manual de operación del banco de pruebas. Solicitamos también su apoyo en la fabricación y puesta en marcha del banco, en el momento en que nuestra Empresa inicie esta fase del proyecto.

Cordial saludo,


Ing. Jorge Armando Gordillo Hernández
Representante Legal
Correo: jorge.gordillo@hyt.com
Teléfono: + 57 (1) 4661374
Celular: 301 5295043