



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

**“REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE
VOLTEO Y ACCIONAMIENTO DEL CABEZAL AGITADOR
DE UNA MARMITA”**

INFORME DE TRABAJO PROFESIONAL

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Reinaldo Favio Ramírez Camba

GUAYAQUIL – ECUADOR

2014

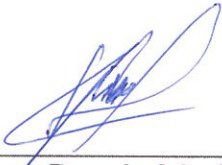
AGRADECIMIENTO

A Dios por cada día de vida que me
regala para servirle más y mejor, a
mis padres y hermanos por su
confianza y respaldo permanente, a
mi esposa e hijos por su inmenso
amor, comprensión y sabiduría; y al
Ing. Federico Camacho por su
invaluable ayuda e impulso en la
culminación de este proyecto.

DEDICATORIA

A mis hijos, como testimonio de que
las metas se pueden alcanzar (a
pesar de los errores) cuando se
enfrenta el camino con una firme
decisión, confianza en las
capacidades propias y sobre todo
mucho perseverancia.

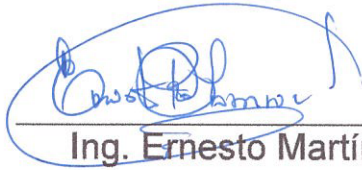
TRIBUNAL GRADUACIÓN



Dr. Kleber Barcia V., Ph. D.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Federico Camacho B.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Ernesto Martínez L.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Informe de Trabajo Profesional, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la Escuela Superior Politécnica del Litoral"



Reinaldo Favio Ramírez Camba

RESUMEN

El informe de trabajo profesional documenta el proceso para la repotenciación del sistema neumático de volteo y accionamiento del cabezal agitador de una marmita para cocción de alimentos, la cual fue adquirida por uno de los clientes de TECNOFLUIDO S.A. luego de haber estado sin uso durante algunos años.

El cliente solicitó a Tecnofluido presentar una propuesta para la repotenciación del sistema neumático de la marmita, la cual incluyó las siguientes actividades:

- Verificar el estado de los componentes neumáticos existentes, y descartar aquellos que no estén operativos.
- Diseñar un sistema neumático para control del mecanismo de volteo y de accionamiento del cabezal agitador, que garantice el funcionamiento seguro del equipo.
- Planificar la implementación del sistema en el equipo.

La secuencia de accionamiento del sistema fue diseñada a partir del requerimiento del cliente, y de acuerdo a los conceptos de ingeniería de automatización neumática. Los cálculos para el dimensionamiento y selección de los componentes neumáticos se realizaron usando los conceptos de ingeniería de mecánica de fluidos, y la selección fue comparada con la obtenida mediante un software desarrollado por el fabricante de los componentes a utilizarse. Adicionalmente, la secuencia de accionamiento fue modelada usando un software simulador de circuitos neumáticos, para comprobar su operatividad mecánica.

Finalmente se presenta el cronograma definido para la implementación del sistema, una guía para la instalación y montaje de los componentes, y el presupuesto general del trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Descripción de la planta.....	3
1.3. Descripción del equipo.....	5
1.4. Descripción del proceso neumático requerido.....	10
1.5. Normas y estándares aplicables.....	12

CAPÍTULO 2

2.	DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA.....	14
2.1.	Revisión de componentes neumáticos actuales.....	14
2.2.	Dimensionado de actuadores.....	16
2.3.	Diseño de secuencia de accionamiento del sistema.....	34
2.4.	Selección de válvulas y accesorios neumáticos.....	40
2.5.	Selección de sistema de tratamiento de aire.....	50
2.6.	Dimensionado de tuberías y conexiones.....	57
2.7.	Modelado virtual del sistema.....	63

CAPÍTULO 3

3.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	72
3.1.	Cronograma general.....	72
3.2.	Instalación y montaje.....	76
3.3.	Presupuesto.....	92

CAPÍTULO 4

4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
4.1.	Conclusiones.....	95
4.2.	Recomendaciones.....	96

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

m ²	Metro cuadrado
HP	Caballo de fuerza
SCFM	Pie cúbico por minuto en condiciones estándar
N m ³ /min	Metro cúbico por minuto en condiciones estándar
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ISO	Organización Internacional de Estandarización
Kg/m ³	Kilogramo por metro cúbico
PSI	Libra por pulgada cuadrada
SS	Acero inoxidable
mm.	Milímetro
MPa	Megapascal
Mm ²	Milímetro cuadrado
N	Newton
N l./min	Litro por minuto en condiciones estándar
°	Grado
mm./s.	Milímetro por segundo
"	Pulgada
μm	Micra
m.	Metro
mbar/m.	Milibar por metro
Mpa/m.	Megapascal por metro

SIMBOLOGÍA

α	Ángulo de giro
$\nless$	Ángulo
M_O	Momento respecto al punto O
W_M	Peso de la marmita
x_M	Distancia horizontal del centro de gravedad de marmita al eje de giro
W_L	Peso del fluido contenido en marmita
x_L	Distancia horizontal del centro de gravedad del fluido al eje de giro
P_{1Y}	Componente vertical de la carga ejercida por el actuador 1-1A
x_p	Distancia horizontal del punto de aplicación de P_{1Y} al eje de giro
P_1	Fuerza neta ejercida por 1-1A
W_i	Peso del elemento i
x_i	Distancia horizontal del centro de gravedad al eje de giro
P_Z	Componente vertical de la carga ejercida por el actuador 1-2A
θ	Ángulo de inclinación del actuador 1-2A
P_2	Fuerza neta ejercida por 1-2A
F_a	Fuerza del actuador en la carrera de extensión [N]
D	Diámetro del émbolo (mm.)
P	Presión del aire comprimido (MPa)
R	Rendimiento del cilindro
F_R	Fuerza del actuador en la carrera de retorno (N)
d	Diámetro del vástago (mm.)
Q_a	Caudal requerido en la carrera de avance (N l./min.)
v	Velocidad lineal del actuador (mm./s.)
Q_R	Caudal requerido en la carrera de retorno (N l./min.)
ΔP	Pérdida de presión (MPa)

Q	Caudal de aire comprimido (N l./min.)
L	Longitud de tubería (m.)
Ø	Diámetro interior de tubería (mm.)
$\Delta P/L$	Pérdida de presión específica

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Esquema general del equipo a intervenir

Figura 1.2: Marmita a intervenir

Figura 2.1: Esquema de operación del actuador 1-1A

Figura 2.2: Geometría del actuador 1-1A en posición inicial

Figura 2.3: Diagrama de cuerpo libre de la marmita y fluido

Figura 2.4: Esquema de operación del actuador 1-2A

Figura 2.5: Posiciones extremas de actuador 1-2A

Figura 2.6: Diagrama de cuerpo libre del agitador (posición de operación)

Figura 2.7: Diagrama de cuerpo libre del agitador (agitador elevado)

Figura 2.8: Sección esquemática de un cilindro neumático de doble efecto con sus dimensiones principales

Figura 2.9: Áreas efectivas del émbolo en las carreras de extensión (A_1) y retorno (A_2)

Figura 2.10: Factor de carga de actuadores

Figura 2.11: Diagramas espacio-fase de actuadores

Figura 2.12: Esquema neumático del sistema propuesto

Figura 2.13: Válvulas manuales SMC - Serie VH

Figura 2.14: Curvas de caudal Serie VH

Figura 2.15: Válvulas de pilotaje neumático SMC - Serie VNA

Figura 2.16: Silenciadores SMC - Serie AN

Figura 2.17: Reguladores de velocidad SMC - Serie AS

Figura 2.18: Finales de carrera y botoneras SMC - Serie VM400

Figura 2.19: Finales de carrera VM430-01-01S

Figura 2.20: Unidad de mantenimiento FRL estándar

Figura 2.21: Filtros de partículas SMC Serie AF

Figura 2.22: Curva de caudal Serie AF50

Figura 2.23: Reguladores de presión SMC Serie AR

Figura 2.24: Curva de caudal Serie AR50

Figura 2.25: Lubricadores SMC Serie AL

Figura 2.26: Curva de caudal Serie AL50

Figura 2.27: Cálculo de características de actuador 1-1A

Figura 2.28: Cálculo de características de actuador 1-2A

Figura 2.29: Cabezal descendido, marmita en posición de trabajo

Figura 2.30: Cabezal elevado, marmita en posición de trabajo

Figura 2.31: Cabezal en posición intermedia, marmita en posición de trabajo

Figura 2.32: Cabezal descendido, marmita bloqueada en posición de trabajo

Figura 2.33: Marmita volteada, cabezal de agitador elevado

Figura 2.34: Retorno de marmita, cabezal de agitador elevado

Figura 2.35: Marmita en posición intermedia, cabezal de agitador elevado

Figura 2.36: Marmita volteada, cabezal bloqueado en posición elevada

Figura 3.1: Cronograma general de repotenciación de la marmita

Figura 3.2: Cronograma de repotenciación del sistema neumático de volteo de la marmita y elevación del cabezal agitador

Figura 3.3: Configuración de componentes en plafón

Figura 3.4: Configuración de componentes en pared lateral

Figura 3.5: Configuración interior de gabinete (puerta)

Figura 3.6: Detalle de perforaciones en puerta del gabinete (vista exterior)

Figura 3.7: Detalle de perforaciones en plafón

Figura 3.8: Detalle de perforaciones en cara lateral del gabinete

Figura 3.9: Ubicación de rótulos informativos en puerta del gabinete (vista exterior)

Figura 3.10: Ubicación de platinas de fijación del gabinete

Figura 3.11: Montaje y operación de final de carrera 1-1S

Figura 3.12: Montaje y operación de final de carrera 1-2S

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Consumo de aire comprimido por líneas de producción

Tabla 2: Características técnicas de compresores de planta

Tabla 3: Densidad de vegetales crudos seleccionados

Tabla 4: Actuadores neumáticos del sistema

Tabla 5: Geometría del triángulo OCD durante giro

Tabla 6: Centros de gravedad de marmita y líquido

Tabla 7: Cargas calculadas en marmita

Tabla 8: Geometría de componentes de agitador (posición de operación)

Tabla 9: Cargas calculadas en agitador (posición de operación)

Tabla 10: Cargas calculadas en agitador (posición elevada)

Tabla 11: Características de actuadores requeridas por el sistema

Tabla 12: Fuerzas de actuadores neumáticos disponibles

Tabla 13: Caudales requeridos por actuadores neumáticos

Tabla 14: Finales de carrera a instalarse en el sistema

Tabla 15: Válvulas para control de actuadores

Tabla 16: Válvulas para bloqueo de escapes

Tabla 17: Reguladores de velocidad a instalarse en el sistema

Tabla 18: Modelos de válvulas Serie VH

Tabla 19: Selección de válvulas 1-1V1 y 1-2V1

Tabla 20: Modelos de válvulas Serie VNA

Tabla 21: Modelos de reguladores de velocidad Serie AS

Tabla 22: Selección de reguladores de velocidad 1-1V3, 1-1V4, 1-2V3 y 1-2V4

Tabla 23: Modelos de finales de carrera Serie VM400

Tabla 24: Resumen de válvulas y accesorios neumáticos seleccionados

Tabla 25: Cálculo de diámetros de tuberías

Tabla 26: Cálculo de caída de presión para diámetros de tubería seleccionados

Tabla 27: Resumen de tuberías a utilizar en el sistema

Tabla 28: Distribución de conectores por componente

Tabla 29: Presupuesto general

Tabla 30: Presupuesto detallado de materiales

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo documenta el diseño de un sistema para la repotenciación del sistema neumático de volteo y accionamiento del cabezal agitador de una marmita.

La automatización mediante sistemas neumáticos es una de las soluciones más utilizadas en el campo industrial, debido a la facilidad de transmisión de la energía neumática y la amplia variedad de equipos operados con esta forma de energía. En la aplicación que se documenta en este informe, se decidió mantener un sistema neumático debido a que resulta económico aprovechar la capacidad instalada de generación de aire comprimido, a la vez que se evita el riesgo que representa un sistema que incluya componentes eléctricos en una planta donde los equipos están expuestos a chorros de agua durante la limpieza.

Luego de realizar un diagnóstico del estado de los componentes originales, se presenta el diseño del sistema propuesto, el dimensionamiento y selección de los componentes, además de las condiciones económicas y operativas para la repotenciación del sistema neumático del equipo.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

Tecnofluido S.A. [1] es una empresa que funciona en Guayaquil desde el año 2006, dedicada a la proveeduría industrial e instalación de sistemas de vapor, sistemas de agua, sistemas de aire comprimido, sistemas contraincendios y sistemas de presión constante de bombas; entre sus principales actividades están:

- Asesorar a los clientes que trabajan en mejoras continuas de sus procesos industriales.
- Actualizar a sus clientes de nuevas tecnologías en las líneas de productos que distribuye.
- Diseñar y suministrar sistemas de vapor, agua y aire comprimido para la industria.

Uno de los clientes de Tecnofluido, perteneciente al sector de la industria alimenticia, solicitó la repotenciación del sistema neumático de volteo y del agitador de una marmita adquirida a otra fábrica, la cual le había dado de baja por haber cerrado una de sus líneas de producción.

Ante este requerimiento, se optó por ofrecer esta asesoría para la repotenciación del sistema neumático de volteo de la marmita, y del accionamiento del cabezal agitador. Esta propuesta incluyó: verificación del estado de los componentes antiguos, dimensionado de actuadores apropiados, diseño de la secuencia del sistema neumático, selección de los elementos apropiados y supervisión en la implementación del sistema propuesto.

1.2. Descripción de la planta

La fábrica que solicita la repotenciación del sistema neumático de volteo de la marmita se encuentra instalada en un área de 650 m², de los cuales se destinan aproximadamente 225 m² a producción, mientras que el resto se destinan a oficinas, laboratorios, bodegas, cámaras de fermentación y congelación; la tabla 1 detalla las líneas de producción existentes en la planta, y el consumo aproximado de aire comprimido de cada una:

Tabla 1: Consumo de aire comprimido por líneas de producción

Líneas de producción	Consumo de aire comprimido
Pelado	45 SCFM (1,27 N m ³ /min.)
Cocción	45 SCFM (1,27 N m ³ /min.)
Conformado	56 SCFM (1,59 N m ³ /min.)
Congelado	15 SCFM (0,42 N m ³ /min.)
Envasado	85 SCFM (2,41 N m ³ /min.)
Consumo máximo de la planta:	246 SCFM (6,96 N m³/min.)

Para atender esta demanda, la fábrica cuenta con 2 compresores, se hizo una revisión física de los equipos y se recogió las siguientes características técnicas:

Tabla 2: Características técnicas de compresores de planta [2]

	COMPRESOR 1	COMPRESOR 2
Marca:	Ingersoll Rand	Ingersoll Rand
Modelo:	SSR-EP40SE	UP6-50PE-125
Tipo:	Tornillo rotativo	Tornillo rotativo
Potencia:	40 HP	50 HP
Caudal:	163 SCFM (4,62 N m ³ /min.)	208 SCFM (5,89 N m ³ /min.)
Presión de trabajo:	125 PSI	125 PSI

Pese a que la presión de trabajo de los compresores es de 125 PSI, la mayoría de los equipos de la planta cuentan con reguladores de presión que fijan la presión de suministro en 100 psi (0,7 MPa). El

responsable de la planta sugiere que, en la medida de lo posible, se realice el dimensionado para esta presión.

De acuerdo a la información recopilada, la capacidad máxima de generación de aire comprimido en la planta es de $10,71 \text{ N m}^3/\text{min}$. (Tabla 2); y si se toma en cuenta que el consumo máximo de la planta es de $6,96 \text{ N m}^3/\text{min}$. (Tabla 1), se puede concluir que existe una disponibilidad de $3,75 \text{ N m}^3/\text{min}$. para la instalación de equipos nuevos como la marmita a repotenciar.

Adicionalmente, se observa que los compresores tienen el equipamiento básico para garantizar una calidad de aire adecuada para sistemas de automatización: secador refrigerado, tanque pulmón, purga automática y filtro coalescente de línea principal.

1.3. Descripción del equipo

El equipo a intervenir es una marmita abierta de chaqueta hemisférica utilizada para cocción de una variedad de vegetales: yuca, plátano, mote, choclo, gandul, entre otros. La tabla 3 consigna las densidades de estos productos:

Tabla 3: Densidad de vegetales crudos seleccionados [3]

Producto	Densidad (Kg/m^3)
Yuca	870
Plátano	500
Mote	700
Choclo	700
Gandul	870

Se verifica que para el proceso de cocción de cualquiera de los productos, estos deben estar sumergidos en agua, cuya densidad es superior; por ende, para el diseño se puede considerar que la densidad del producto a cocer es la del agua (1000 Kg/m^3).

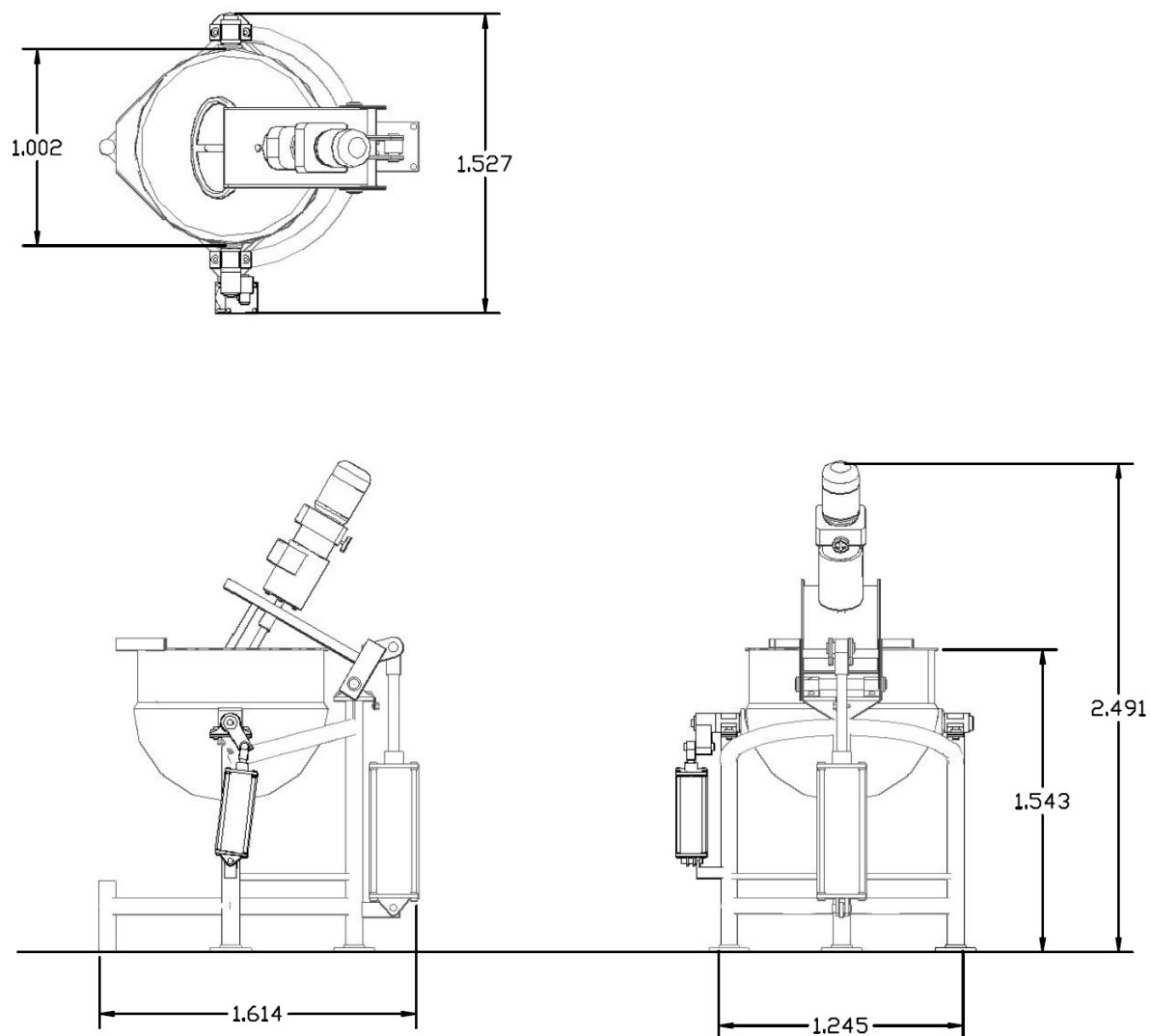


Figura 1.1: Esquema general del equipo a intervenir

De la revisión de la marmita se extraen los siguientes datos de placa:

Fabricante: GROEN [4]

Modelo: DH/INA/2-100

Material: 316 SS

Capacidad nominal: 100 galones (378,5 litros)

Presión máxima de operación: 50 psi

Año de fabricación: 1988

En el apéndice A se muestra la hoja de especificaciones del fabricante de la marmita [4]. De la revisión de esta ficha se puede extraer alguna información importante:

- La marmita está diseñada para la cocción de productos alimenticios, todas las partes en contacto con el producto son fabricadas de acero inoxidable 316.
- El equipo original ha sido totalmente desmantelado y solo se conserva el agitador y el recipiente original.
- El acople angular del motorreductor con el agitador ha sido reemplazado por un sistema lineal (más simple).
- El mecanismo de extracción del agitador es una modificación realizada por el anterior dueño del equipo, ya que en el equipo original el agitador estaba acoplado a la marmita.
- En el equipo original, un motorreductor eléctrico ejecutaba el volteo de la marmita, en lugar del sistema neumático actual.

- El equipo original contaba con un sistema completo de generación de vapor (operado a gas), y controles automáticos de presión, volumen y temperatura.
- El agitador ya no tiene un conjunto de raspadores desmontables que venían en el equipo original. Sin embargo, no son necesarios para la aplicación actual, ya que los vegetales a cocer no se adhieren a las paredes de la marmita.

La marmita puede ser volteada para la descarga del producto terminado al final del proceso y/o para operaciones de limpieza o mantenimiento; el eje sobre el cual se realiza el volteo está soportado por dos chumaceras, y en uno de sus apoyos tiene una cavidad concéntrica que permite el acceso de vapor a la camisa de la marmita.

El mecanismo que controla el accionamiento de volteo dispone de los siguientes componentes (Se incluye una codificación numérica provisional de los componentes originales. En el nuevo diseño propuesto se establecerá la codificación adecuada según la norma ISO 1219-2):

- (1) Cilindro neumático que voltea la marmita
- (2) Unidad de mantenimiento de aire
- (3) Válvula neumática (4 vías/2 posiciones) que acciona al cilindro 1

La marmita dispone de un agitador que permite mezclar el producto a cocer, para mejorar la transferencia de calor hacia el producto; este elemento puede ser retirado en cualquier instante del proceso. Este consta de los siguientes componentes:

- (4) Agitador de paletas, accionado por un motor eléctrico
- (5) Cilindro neumático que permite extraer el cabezal de la marmita.
- (6) Válvula neumática (4 vías/2 posiciones) que acciona al cilindro 5

Cuando el cliente solicitó a Tecnofluido el trabajo, la marmita tenía algunos años sin operación, no tenía ningún elemento para control de vapor ni condensado, y todos los componentes del sistema de volteo estaban desconectados; incluso muchos de ellos se veían en mal estado a simple vista. Sin embargo, el cliente informa que previo a la compra de la marmita se efectuaron pruebas de estanqueidad en el enchaquetado, para asegurarse que pueda quedar operativa luego de la reposición de los accesorios requeridos.



Figura 1.2: Marmita a intervenir

1.4. Descripción del proceso neumático requerido

El cliente requiere que se rehabiliten los mecanismos de volteo y de descenso del cabezal agitador, con las protecciones necesarias para evitar las siguientes operaciones inadecuadas:

- Volteo de la marmita mientras el cabezal del agitador está dentro de la misma.

- Descenso del cabezal del agitador mientras la marmita está volteada.

Ambas operaciones implican riesgo para la integridad del equipo, y por ende para la seguridad de los operadores y personal que labora en el entorno.

El detalle de las operaciones requeridas por el cliente son las siguientes:

- Ascenso y descenso del cabezal del agitador mientras la marmita está en posición de trabajo.
- El cabezal del agitador debe poder detenerse en cualquier posición intermedia, siempre que la marmita esté en la posición de trabajo.
- Bloqueo de la marmita en la posición de trabajo, mientras el cabezal del agitador esté descendido.
- Volteo y retorno de la marmita, siempre que el agitador esté elevado.
- La marmita debe poder detenerse en cualquier posición intermedia, siempre que el cabezal del agitador esté elevado.
- La velocidad de ascenso y descenso del cabezal del agitador debe ser regulable manualmente.
- La velocidad de volteo y retorno de la marmita debe ser regulable manualmente.

Adicionalmente, el cliente solicita que el mecanismo sea íntegramente neumático, debido a que el lavado del equipo se realiza mediante chorros de agua, lo cual obligaría a usar costosas protecciones de alto rango en caso de que se opte por un sistema que incluya componentes eléctricos, además del riesgo que representaría pese a las protecciones establecidas.

1.5. Normas y estándares aplicables

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) [5] es el organismo oficial de la República del Ecuador para la normalización, la certificación y la metrología; esta institución tiene un amplio catálogo de normas técnicas nacionales, y además tiene convenios con instituciones internacionales de normalización para el uso y difusión de sus normativas.

A nivel internacional, las normas emitidas por la International Organization for Standardization (ISO) [6] gozan de amplia difusión y aceptación en todos los niveles (fabricantes de equipos y partes, diseñadores, constructores, etc.); por esta razón, en el presente informe se seguirán las normativas emitidas por ISO para el diseño de sistemas neumáticos.

Entre la amplia gama de normativas ISO existentes, las desarrolladas por el Comité Técnico 131 (TC 131 – Fluid power systems) [7] son aplicables a sistemas neumáticos.

Especificando un poco más, las principales normas que se deben tomar en consideración para el diseño de sistemas neumáticos son:

- ISO 1219-1:2012: Fluid power systems and components -- Graphical symbols and circuit diagrams -- Part 1: Graphical symbols for conventional use and data-processing applications.
- ISO 1219-2:2012: Fluid power systems and components -- Graphical symbols and circuit diagrams -- Part 2: Circuit diagrams.
- ISO 4414:2010: Pneumatic fluid power -- General rules and safety requirements for systems and their components.
- ISO 5598:2008: Fluid power systems and components – Vocabulary.

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA

En este capítulo se detalla la revisión de los componentes actuales, el diseño de la nueva secuencia de accionamiento del sistema y el dimensionado y selección de los elementos respectivos. El circuito neumático se elabora de acuerdo a las normativas internacionales para representación [8] y codificación de cada uno de los componentes [9].

2.1. Revisión de componentes neumáticos actuales

Se realiza una revisión detallada de cada uno de los componentes neumáticos existentes en el equipo, y se obtiene los siguientes resultados:

(1) Cilindro neumático que voltea la marmita: El cilindro tiene un diámetro interior de la camisa de 125 mm., diámetro del vástago de

32 mm. y carrera de 200 mm. De la revisión interior se encuentra que el émbolo, el vástago y la parte interior de la camisa están en buen estado; sin embargo resulta necesario reemplazar los sellos internos. El responsable de mantenimiento de la fábrica realiza esta tarea, y el cilindro queda operativo. Sin embargo, luego del estudio del sistema se resolverá si su tamaño es adecuado o debe ser reemplazado.

(2) Unidad de mantenimiento de aire: Los vasos del filtro y lubricador están rotos, la membrana del regulador está cristalizada y por ello no funciona, además no hay disponibilidad local de repuestos para este accesorio; por ello se acuerda descartar este elemento.

(3) Válvula neumática que acciona al cilindro 1: El accionamiento está trabado, se desarma para limpieza y se encuentra los componentes pegados por suciedad. El cliente prefiere descartarla.

(4) Agitador de paletas, accionado por un motor eléctrico: La revisión y mantenimiento de este componente es efectuada por el cliente.

(5) Cilindro neumático que permite extraer el cabezal de la marmita: El cilindro tiene un diámetro interior de la camisa de 250 mm., diámetro del vástago de 50 mm. y carrera de 500 mm. De la revisión interior se encuentra que el émbolo, el vástago y la parte interior de la camisa están en buen estado; sin embargo resulta necesario reemplazar los sellos. El responsable de mantenimiento de la fábrica realiza esta tarea, y el cilindro queda operativo. Sin embargo, luego

del estudio del sistema se resolverá si su tamaño es adecuado para el equipo o debe ser reemplazado.

(6) Válvula neumática que acciona al cilindro 5: No se encuentra en el equipo, pero se presume que funcionaba de igual forma que el componente (3) debido a que el conexionado es idéntico.

2.2. Dimensionado de actuadores

Para el dimensionado de los actuadores se realiza un modelo tridimensional del equipo (con el software AutoCAD 2012®), tomando las dimensiones de los elementos existentes. De este modelo se extraerá la información para el dimensionado de los actuadores (longitudes, volúmenes, centros de gravedad, etc.).

El sistema controla dos actuadores lineales, así:

Tabla 4: Actuadores neumáticos del sistema

CÓDIGO	ACCIÓN QUE CONTROLA
1-1A	Volteo/retorno de marmita
1-2A	Ascenso/descenso de cabezal

Para el dimensionado de estos actuadores se debe considerar las cargas máximas a soportar por cada uno de ellos, las velocidades requeridas y la presión de trabajo de aire comprimido.

La figura 2.1 muestra las condiciones de trabajo del actuador 1-1A.

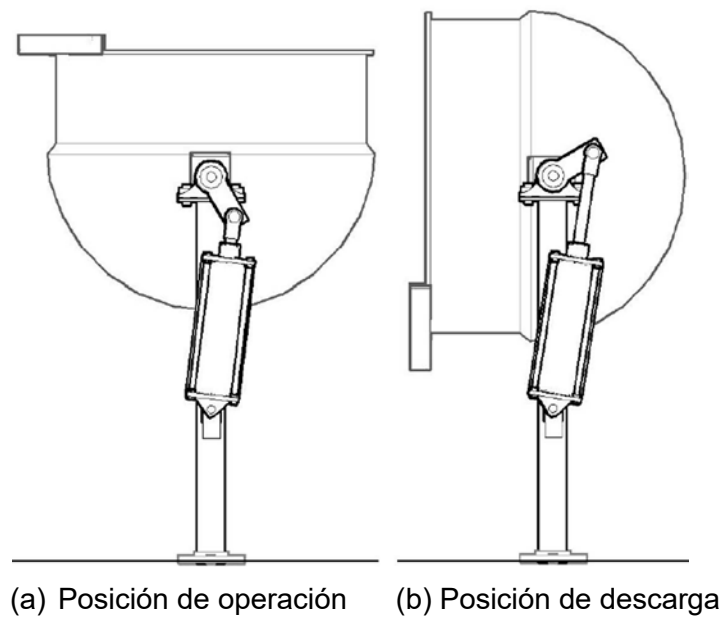


Figura 2.1. Esquema de operación del actuador 1-1A

Para calcular la carrera efectiva del actuador se procede mediante el análisis geométrico de los puntos extremos del movimiento.

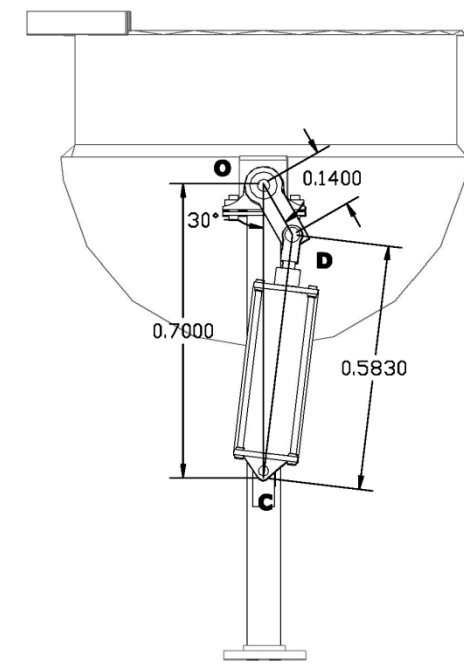


Figura 2.2: Geometría del actuador 1-1A en posición inicial

En la figura 2.2 se muestra la posición inicial del actuador; se aprecia que los puntos O y C son fijos, mientras que la posición del punto D está definida por las carreras de extensión o retorno del actuador. De acuerdo a la geometría del triángulo OCD, se pueden establecer las siguientes relaciones:

$$\overline{CD} = \sqrt{\overline{OC}^2 + \overline{OD}^2 - 2(\overline{OC})(\overline{OD}) \cos(\angle O)} \quad (\text{ec. 2.1})$$

$$\angle C = \sin^{-1} \left[\frac{\overline{OD} \cdot \sin \angle O}{\overline{CD}} \right] \quad (\text{ec. 2.2})$$

$$\angle D = \sin^{-1} \left[\frac{\overline{OC} \cdot \sin \angle O}{\overline{CD}} \right] \quad (\text{ec. 2.3})$$

Adicionalmente se tiene que $\angle O = 30^\circ + \alpha$ (ec. 2.4); con ello se puede obtener la geometría del triángulo OCD en toda la trayectoria de giro:

Tabla 5: Geometría del triángulo OCD durante giro

GIRO (α)	CD	OC	OD	$\angle O$	$\angle C$	$\angle D$
[°]	[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	[°]
0	0,583	0,7	0,14	30	6,90	143,10
10	0,600	0,7	0,14	40	8,63	131,37
20	0,619	0,7	0,14	50	9,97	120,03
30	0,642	0,7	0,14	60	10,89	109,11
40	0,665	0,7	0,14	70	11,41	98,59
50	0,690	0,7	0,14	80	11,53	88,47
60	0,714	0,7	0,14	90	11,31	78,69
70	0,737	0,7	0,14	100	10,78	69,22
80	0,759	0,7	0,14	110	9,98	60,02
90	0,779	0,7	0,14	120	8,95	51,05

De la tabla anterior se observa que en la posición 1, el segmento CD debe tener una extensión de 583 mm., mientras que en la posición 2 mide 779 mm. En consecuencia, la carrera efectiva del actuador 1-1A debe ser de 196 mm., menor que la carrera del actuador disponible (5), que es de 200 mm.

Para determinar la velocidad lineal requerida para el actuador se consulta al responsable del equipo, quien establece que el giro se debe realizar lentamente y por tramos, para permitir el vertido gradual del producto. Suponiendo una velocidad angular media aproximada de 5 grados/segundo, y considerando que la carrera (196 mm.) debe recorrerse en un giro de 90° (18 segundos), la velocidad lineal media del actuador se calcula en 10,9 mm./s.

El peso de la masa de líquido y la ubicación del centro de gravedad del conjunto (marmita + líquido) varían de acuerdo a la posición en que se encuentre, y la cantidad de líquido que contenga. Por ello se debe realizar el análisis en toda la trayectoria del conjunto, para identificar el punto donde el actuador 1-1A deba ejercer la fuerza máxima para la operación del conjunto.

Para facilitar el análisis, se considera por separado a la marmita y el líquido que ésta contiene, como se detalla en el diagrama de cuerpo libre (figura 2.3).

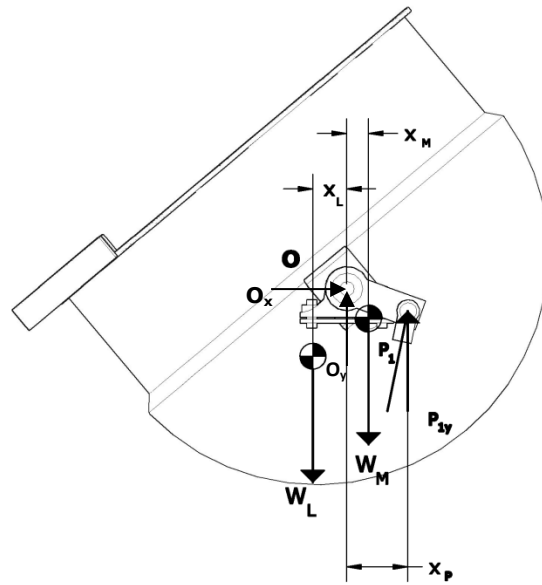


Figura 2.3: Diagrama de cuerpo libre de la marmita y fluido

La tabla 6 muestra las coordenadas del centro de gravedad de la marmita y el líquido contenido durante toda la trayectoria de giro.

Tabla 6: Centros de gravedad de marmita y líquido

GIRO (α) [°]	MARMITA			LÍQUIDO		
	X [m]	Y [m]	Z [m]	X [m]	Y [m]	Z [m]
0	-0,0042	-0,0771	-0,7481	0	0,0772	-0,5205
10	0,0092	-0,0767	-0,7481	-0,0246	0,0329	-0,5205
20	0,0224	-0,0739	-0,7481	-0,0424	-0,0177	-0,5205
30	0,0349	-0,0689	-0,7481	-0,0584	-0,0761	-0,5205
40	0,0464	-0,0618	-0,7481	-0,0733	-0,1408	-0,5205
50	0,0564	-0,0528	-0,7481	-0,0868	-0,2087	-0,5205
60	0,0647	-0,0422	-0,7481	-0,099	-0,2772	-0,5205
70	0,0711	-0,0304	-0,7481	-0,1105	-0,3435	-0,5205
80	0,0752	-0,0176	-0,7481	-0,1241	-0,4051	-0,5205
90	0,0771	-0,0042	-0,7481	-	-	-

Para el cálculo de la carga que debe ejercer el actuador 1-1A, se realiza la sumatoria de momentos sobre el eje Y respecto al punto O en cada instante del giro de la marmita.

$$\sum M_o = 0$$

$$W_M x_M + W_L x_L - P_{1Y} x_P = 0 \quad (\text{ec. 2.5})$$

Por la geometría del conjunto, la distancia horizontal x_P en cualquier punto de la trayectoria de giro se puede definir como:

$$x_P = OD \cos(60 - \alpha) \quad (\text{ec. 2.6})$$

Despejando la componente vertical de la fuerza del actuador:

$$P_{1Y} = \frac{(W_M x_M + W_L x_L)}{OD \cos(60 - \alpha)} \quad (\text{ec. 2.7})$$

Los centros de gravedad y volúmenes resultan de la geometría de cada componente. Las masas se calculan a partir de las densidades promedio de los materiales [10], para definir las cargas concentradas en los centros de gravedad. Se usa una densidad media del SS 316 de 8000 kg./m^3 (marmita), y para el líquido se considera la densidad del agua (1000 kg./m^3) según se definió en el capítulo 1.

La fuerza P_1 que debe ejercer el actuador 1-1A se obtiene mediante la relación extraída de la geometría del triángulo OCD:

$$P_1 = \frac{P_{1Y}}{\cos \angle C} \quad (\text{ec. 2.8})$$

La tabla resume las cargas que se aplican sobre el sistema y los valores calculados de P_{1Y} y P_1 en la trayectoria de giro del conjunto:

Tabla 7: Cargas calculadas en marmita

GIRO	MARMITA				LIQUIDO				FUERZA VERTICAL	FUERZA ACTUADOR 1-1A
	CENTRO DE GRAVEDAD	VOLUMEN	PESO	MOMENTO	CENTRO DE GRAVEDAD	VOLUMEN	PESO	MOMENTO		
(α) [°]	x_m [m]	[m ³]	W_m [N]	($W_m x_m$) [N-m.]	x_L [m]	[m ³]	W_L [N]	($W_L x_L$) [N-m.]	(P_{1y}) [N]	(P_1) [N]
0	-0,0042	0,0651	5109	-3,576	0	0,39	3825,90	0,00	-306,54	-308,78
10	0,0092	0,0651	5109	-96,561	-0,0246	0,3361	3297,14	-81,11	-379,00	-383,34
20	0,0224	0,0651	5109	-151,739	-0,0424	0,2788	2735,03	-115,97	-14,20	-14,41
30	0,0349	0,0651	5109	-184,437	-0,0584	0,2164	2122,88	-123,98	448,10	456,32
40	0,0464	0,0651	5109	-186,991	-0,0733	0,1536	1506,82	-110,45	962,40	981,79
50	0,0564	0,0651	5109	-142,542	-0,0868	0,0971	952,55	-82,68	1490,28	1520,98
60	0,0647	0,0651	5109	-32,187	-0,099	0,052	510,12	-50,50	2000,38	2040,00
70	0,0711	0,0651	5109	142,032	-0,1105	0,0213	208,95	-23,09	2467,23	2511,53
80	0,0752	0,0651	5109	316,250	-0,1241	0,0049	48,07	-5,97	2875,07	2919,21
90	0,0771	0,0651	5109	393,908	-	-	-	-	3248,90	3288,92

De los resultados obtenidos se concluye que la posición más crítica es cuando el ángulo de giro es 90° , donde se requiere una fuerza de 3288,92 N.

El actuador que debe extraer el cabezal de mezclado debe operar entre las condiciones mostradas en la figura 2.4:

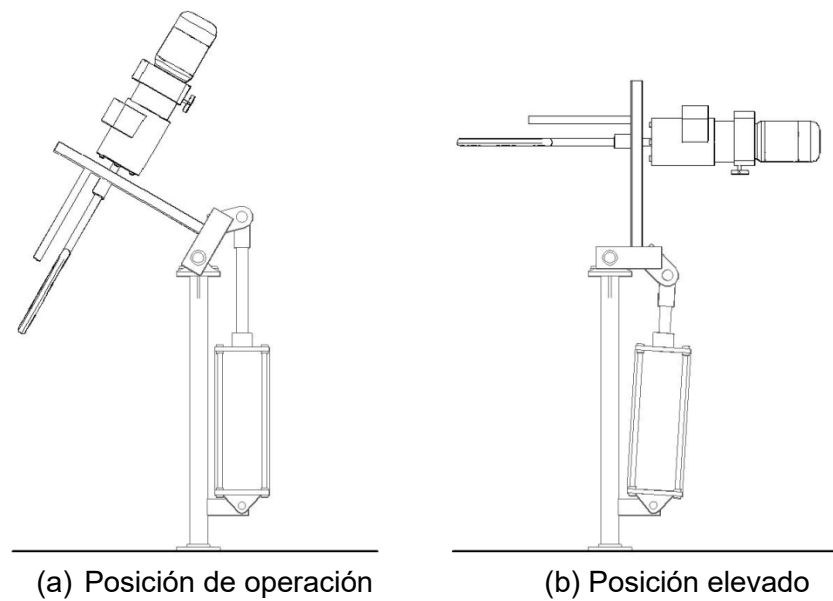


Figura 2.4: Esquema de operación del actuador 1-2A

Para el cálculo de la carrera efectiva del actuador se procede mediante el análisis geométrico de los puntos extremos del movimiento.

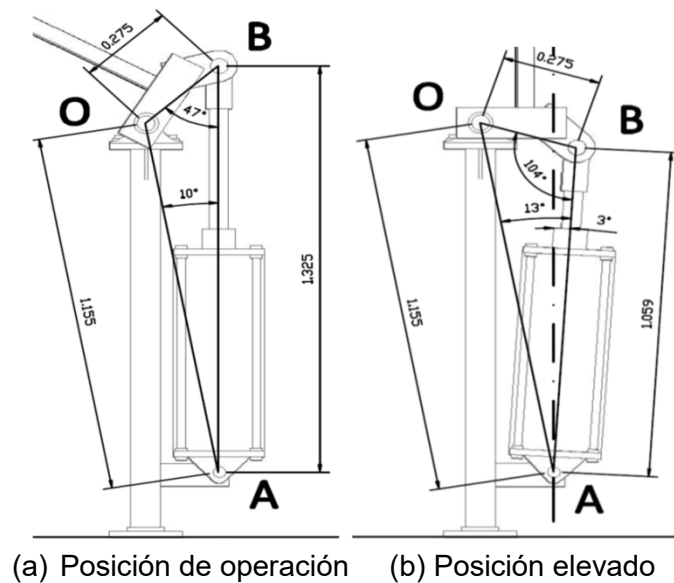


Figura 2.5: Posiciones extremas de actuador 1-2A

En la figura 2.5 se aprecia que los puntos O y A son fijos, mientras que la posición de B se define por las carreras de extensión o retorno del actuador.

Del análisis de los triángulos OAB en cada posición del actuador, se obtiene que en la posición 1, el segmento AB debe medir 1325 mm., mientras que en la posición 2 mide 1059 mm. En consecuencia, la carrera efectiva del actuador 1-2A debe ser de 266 mm., menor que la carrera del actuador disponible (5), que es de 500 mm.

Para determinar la velocidad lineal requerida para el actuador, se consulta al responsable del equipo, quien establece que la carrera efectiva deba realizarse en un lapso mínimo aproximado de 10

segundos. En consecuencia, la velocidad lineal requerida para el actuador se calcula en 26,6 mm./s.

La fuerza que debe realizar este actuador 1-2A se calcula considerando las condiciones más críticas, lo cual puede ser cuando el agitador está en posición de operación y el conjunto requiere ser elevado, o cuando el agitador está en el punto más alto, y el actuador debe empujar al conjunto para que este descienda.

Para el análisis se ha dividido el conjunto del cabezal agitador en componentes (cada uno con su centro de gravedad), como se detalla en el diagrama de cuerpo libre (figura 2.6).

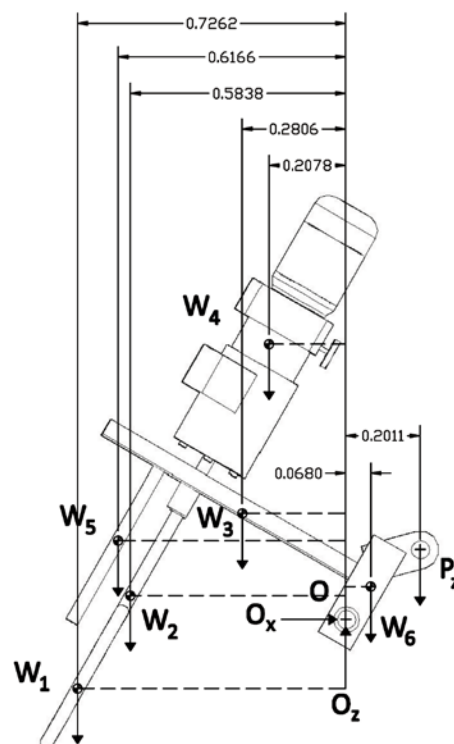


Figura 2.6: Diagrama de cuerpo libre del agitador (posición de operación)

Para el cálculo de la carga que debe ejercer el actuador 1-2A, se realiza la sumatoria de momentos sobre el eje Y respecto al punto O en el equilibrio (inmediatamente antes de iniciar el movimiento).

$$\sum M_o = 0$$

$$\sum W_i x_i + P_z x_p = 0 \quad (\text{ec. 2.9})$$

De este análisis se puede obtener la componente vertical de la fuerza que debe ejercer el actuador:

$$P_z = \frac{-\sum W_i x_i}{x_p} \quad (\text{ec. 2.10})$$

Los centros de gravedad y los volúmenes resultan de la geometría de cada componente. Las masas de cada objeto se calculan a partir de las densidades promedio de los materiales [10], y con ello se pueden definir las cargas concentradas en cada uno de los centros de gravedad. Para el cálculo se usa una densidad media del SS 316 de 8000 kg./m³ y para el SS 304 se usa 7900 kg./m³.

Debido a la estructura compleja del motorreductor, no es adecuado estimar su masa desde la densidad del material, sino que se debe usar información técnica del fabricante. No se dispone de información del equipo original, por lo que se usa un valor de masa referencial tomado de la hoja técnica de un equipo de similares especificaciones de otro fabricante [11].

La tabla a continuación muestra las características geométricas de los componentes del sistema en la posición de operación:

Tabla 8: Geometría de componentes de agitador (posición de operación)

COMPO-NENTE	COORDENADAS CENTRO GRAVEDAD [m.]			VOLUMEN [m ³]	MATERIAL
	X	Y	Z		
1	-0,7262	0,2286	-0,1851	0,0010	SS 316
2	-0,5838	0,2293	0,0641	0,0008	SS 316
3	-0,2806	0,2293	0,2839	0,0042	SS 304
4	-0,2078	0,2293	0,7385	0,0332	-
5	-0,6166	0,2304	0,2116	0,0004	SS 316
6	0,0680	0,2250	0,0881	0,0024	SS 304
P	0,2011	0,2250	0,1875		

La siguiente tabla resume las cargas que se aplican sobre el sistema y el valor calculado de P_z en la posición de operación.

Tabla 9: Cargas calculadas en agitador (posición de operación)

COMPO-NENTE	X	MASA	PESO	MOMENTO
	[m.]	[Kg.]	(W _i) [N]	(W _i x _i) [N-m.]
1	-0,7262	8,0000	-78,4800	56,9922
2	-0,5838	6,4000	-62,7840	36,6533
3	-0,2806	33,1800	-325,4958	91,3341
4	-0,2078	80,0000	-784,8000	163,0814
5	-0,6166	3,2000	-31,3920	19,3563
6	0,0680	18,9600	-185,9976	-12,6478
P _z	0,2011		-1764,1447	-354,7695

En consecuencia, la fuerza P_z que debe ejercer el actuador es de 1764,14 N. El signo negativo de la fuerza indica que ésta debe realizarse en el sentido de retorno del actuador.

Debe realizarse el mismo análisis en la posición elevada, tomando en cuenta las nuevas posiciones de los centros de gravedad, según el nuevo diagrama de cuerpo libre (figura 2.7):

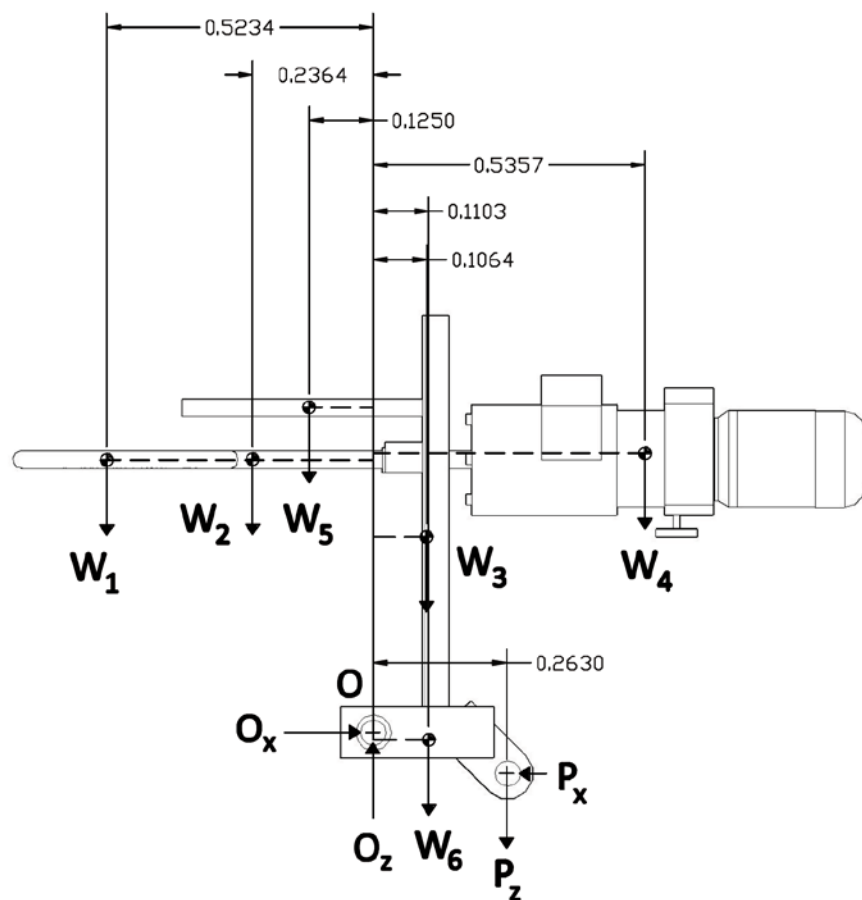


Figura 2.7: Diagrama de cuerpo libre del agitador (agitador elevado)

La carga que debe efectuar el actuador se calcula usando la ecuación 2.10, y los resultados se muestran en la tabla:

Tabla 10: Cargas calculadas en agitador (posición elevada)

COMPO- NENTE	COORDENADAS CENTRO GRAVEDAD [m.]			MASA	PESO	MOMENTO
	x	Y	Z	[Kg.]	[N]	[N-m.]
1	-0,5234	0,2286	0,5364	8,0000	-78,4800	41,0765
2	-0,2364	0,2293	0,5376	6,4000	-62,7840	14,8414
3	0,1064	0,2293	0,3850	33,1800	-325,4958	-34,3608
4	0,5357	0,2293	0,5492	80,0000	-784,8000	-420,3858
5	-0,1250	0,2304	0,6398	3,2000	-31,3920	3,9255
6	0,1103	0,2250	-0,0148	18,9600	-185,9976	-20,5149
P _z	0,2630	0,2250	-0,0804		1580,5705	415,6900

La fuerza en este caso resulta positiva debido a que debe ser ejecutada en la carrera de extensión del actuador.

De acuerdo a la configuración geométrica que se muestra en la figura 2.5, el actuador aplica la fuerza sobre el sistema con un ángulo de inclinación $\theta = 3^\circ$ respecto a la vertical. Por esta razón, la fuerza del actuador debe calcularse:

$$P_2 = \frac{P_z}{\cos \theta} \quad (\text{ec. 2.11})$$

De esta ecuación resulta que la fuerza que debe ejercer el actuador será de 1582,74 N.

De los resultados obtenidos se concluye que la posición más crítica es la posición de operación, donde se requiere una carga de 1764,14 N en la carrera de retorno del actuador.

En la tabla siguiente se resumen los resultados de los cálculos realizados:

Tabla 11: Características de actuadores requeridas por el sistema

CÓDIGO	FUERZA REQUERIDA	CARRERA REQUERIDA (mm.)	VELOCIDAD LINEAL REQUERIDA (mm./s.)
1-1A	3288,92 N	196 mm.	10,9 mm./s.
1-2A	1764,14 N	266 mm.	26,6 mm./s.

A continuación se debe calcular la fuerza que pueden entregar los actuadores neumáticos disponibles, para verificar que pueden ser utilizados en las condiciones de trabajo identificadas, en caso contrario se debe seleccionar nuevos actuadores para reemplazarlos. En la figura 2.8 se muestran las magnitudes que intervienen en el cálculo de la fuerza teórica de actuadores neumáticos.

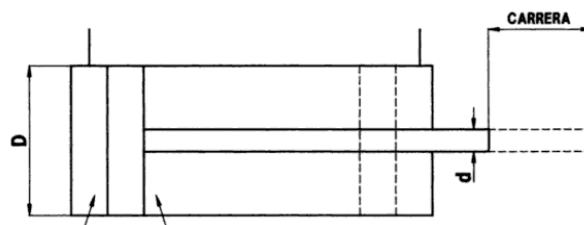


Figura 2.8: Sección esquemática de un cilindro neumático de doble efecto con sus dimensiones principales [12]

La fuerza que es capaz de ejercer un actuador neumático resulta de la expansión del aire comprimido a una presión p en la cámara limitada por el émbolo. En la carrera de avance está dada por:

$$F_a = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot p \cdot R}{4} \quad (\text{ec.2.12}) [13]$$

Donde:

F_a : Fuerza del actuador en la carrera de extensión (N)

D : Diámetro del émbolo (mm.)

p : Presión del aire comprimido (MPa)

R : rendimiento del cilindro

En la carrera de retorno, el área efectiva del émbolo se ve reducida por la presencia del vástago, como muestra la figura:

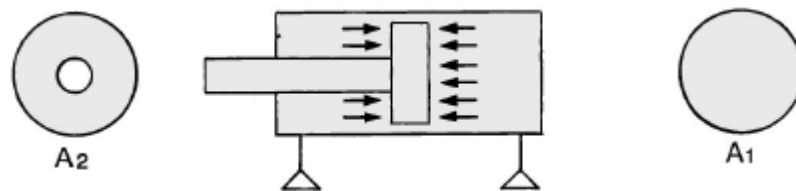


Figura 2.9: Áreas efectivas del émbolo en las carreras de extensión (A_1) y retorno (A_2) [14]

En este caso, la fuerza que efectúa el actuador es:

$$F_R = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot p \cdot R \quad (\text{ec.2.13}) [13]$$

Donde:

F_R : Fuerza del actuador en la carrera de retorno (N)

d : Diámetro del vástago (mm.)

El rendimiento del actuador R (citado por otros autores como factor de carga η) [14] depende del tipo de operación que se va a efectuar.

Cuando los actuadores ejecutarán operaciones dinámicas puede considerarse un rendimiento de 0,5, como lo muestra la figura 2.10:

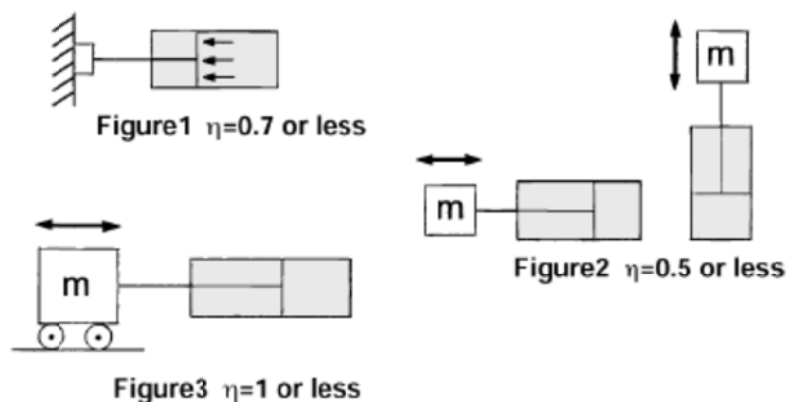


Figura 2.10: Factor de carga de actuadores [14]

Pese a que la presión de suministro definida por el usuario es de 0,7 MPa, en el dimensionado se usa una presión de trabajo de 0,6 MPa para compensar la caída de presión en la tubería y válvulas. Con este parámetro, las dimensiones de los actuadores disponibles y las ecuaciones 2.12 y 2.13, se obtiene las fuerzas que pueden realizar los actuadores disponibles.

Tabla 12: Fuerzas de actuadores neumáticos disponibles

MAGNITUD	ACTUADOR (1)	ACTUADOR (5)
Diámetro de émbolo (D)	125 mm.	250 mm.
Diámetro de vástago (d)	32 mm.	50 mm.
Presión de aire comprimido (p)	0,6 Mpa	
Rendimiento del actuador	0,5	
Fuerza de carrera de extensión (F_a)	3681,55 N	14726,22 N
Fuerza teórica de retorno (F_R)	3440,28 N	14137,17 N

Es notorio que las fuerzas de los actuadores disponibles superan a las requeridas por el sistema. Por ende, pueden usarse los actuadores (1) y (5) como los llamados 1-1A y 1-2A respectivamente. El caudal requerido por cada actuador depende de las dimensiones del actuador, la velocidad lineal del actuador y la presión del aire comprimido de suministro. En la carrera de avance se obtiene con la fórmula:

$$Q_a = 60 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v \cdot \frac{p+0,1013}{0,1013} \cdot 10^{-6} \quad (\text{ec.2.14}) [14]$$

Donde:

Q_a : Caudal requerido en la carrera de avance (N l./min.)

v : Velocidad lineal del actuador (mm./s.)

En la carrera de retorno la fórmula se modifica debido a la reducción del área efectiva émbolo por la presencia del vástago, así:

$$Q_R = 60 \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot v \cdot \frac{p+0,1013}{0,1013} \cdot 10^{-6} \quad (\text{ec.2.15}) [14]$$

Donde:

Q_R : Caudal requerido en la carrera de retorno (N l./min.)

Con la presión de operación, las dimensiones de los actuadores disponibles, las velocidades calculadas y las ecuaciones 2.14 y 2.15, se pueden obtener los caudales requeridos por los actuadores.

En vista de que la velocidad lineal calculada es inferior a la velocidad lineal recomendada para actuadores lineales estándar (50 a 500

mm./s.) [14], para el cálculo se utiliza la menor velocidad del rango recomendado (50 mm./s.). Es evidente que si la velocidad real del actuador es menor, el consumo de aire se reduce aún más.

Tabla 13: Caudales requeridos por actuadores neumáticos

MAGNITUD	ACTUADOR 1-1A	ACTUADOR 1-2A
Diámetro de émbolo (D)	125 mm.	250 mm.
Diámetro de vástago (d)	32 mm.	50 mm.
Presión de aire comprimido (p)	0,6 MPa	
Velocidad lineal requerida	50 mm./s.	50 mm./s.
Caudal requerido en la carrera de avance (Q_a)	<i>254,87 N l./min.</i>	<i>1019,50 N l./min.</i>
Caudal requerido en la carrera de retorno (Q_R)	<i>238,17 N l./min.</i>	<i>978,72 N l./min.</i>

2.3. Diseño de secuencia de accionamiento del sistema

Para el diseño de la secuencia de accionamiento del sistema se consideran las condiciones establecidas por el proceso, mientras que el dimensionado se realiza posteriormente, de acuerdo a los requerimientos de caudal de los actuadores.

Para el accionamiento de los dos actuadores, el sistema plantea las siguientes condiciones:

1. Ascenso y descenso del cabezal del agitador mientras la marmita está en posición de trabajo.
2. El cabezal debe poder detenerse en cualquier posición intermedia, siempre que la marmita esté en la posición de trabajo.

3. Bloqueo de la marmita en la posición de trabajo, mientras el cabezal del agitador esté descendido.
4. Volteo y retorno de la marmita, mientras el agitador esté elevado.
5. La marmita debe poder detenerse en cualquier posición intermedia, siempre que el cabezal del agitador esté elevado.
6. Bloqueo del cabezal en la posición elevado, mientras la marmita esté volteada.
7. La velocidad de ascenso y descenso del cabezal del agitador debe ser regulable manualmente.
8. La velocidad de volteo y retorno de la marmita debe ser regulable manualmente.

Las condiciones 1, 2, 3, 4, 5 y 6 establecen restricciones de acuerdo a la posición de la marmita y el cabezal. Por esta razón, se establece la necesidad de ubicar finales de carrera en los actuadores respectivos para obtener información sobre la posición de la marmita y el cabezal. El detalle de estos componentes se muestra en la tabla:

Tabla 14: Finales de carrera a instalarse en el sistema

FINAL DE CARRERA		INTERPRETACIÓN DE SEÑAL	
CÓDIGO	UBICACIÓN	ABIERTO (0)	CERRADO (1)
1-1S	MARMITA	Marmita en posición de trabajo	Marmita volteada
1-2S	CABEZAL	Cabezal totalmente elevado	Cabezal descendido

Las condiciones 2 y 5 requieren que los actuadores puedan detenerse manualmente en cualquier posición intermedia, lo que implica que las válvulas utilizadas para el control de los actuadores puedan bloquearlos en cualquier posición, y controlen las carreras de salida y de retorno. Por esta razón, se deben utilizar válvulas de 4 vías y 3 posiciones con centro cerrado y con accionamiento manual (por palanca).

Tabla 15: Válvulas para control de actuadores

CÓDIGO	ACTUADOR QUE CONTROLA
1-1V1	Actuador para volteo de marmita (1-1A)
1-2V1	Actuador para ascenso/descenso de cabezal (1-2A)

Las condiciones 3 y 6 exigen que el movimiento de cada actuador se bloquee de acuerdo a la posición del otro. Para ello se usan válvulas de dos vías actuadas neumáticamente que bloqueen el escape del aire de cada uno de los actuadores, de acuerdo a la señal recibida por el final de carrera que informa la posición del otro actuador. De igual manera, estas válvulas permitirán el libre movimiento del actuador de acuerdo a lo planteado en las condiciones 1 y 4.

Tabla 16: Válvulas para bloqueo de escapes

CÓDIGO	ACTUADOR QUE BLOQUEA
1-1V2	Actuador para volteo de marmita (1-1A)
1-2V2	Actuador para ascenso/descenso de cabezal (1-2A)

Las condiciones 7 y 8 establecen el requerimiento de regular manualmente la velocidad de los actuadores. Para este fin se utilizan reguladores de caudal, los cuales restringen el escape del aire de las cámaras de los actuadores y por ende limitan su velocidad.

La ubicación de estos componentes se muestra en la tabla:

Tabla 17: Reguladores de velocidad a instalarse en el sistema

REGULADORES DE VELOCIDAD		CARRERA QUE REGULA
CÓDIGO	UBICACIÓN	
1-1V3	Conexión 1 de actuador 1-1A (marmita)	Volteo de marmita
1-1V4	Conexión 2 de actuador 1-1A (marmita)	Retorno de marmita a posición de trabajo
1-2V3	Conexión 1 de actuador 1-2A (cabezal)	Descenso de cabezal
1-2V4	Conexión 2 de actuador 1-2A (cabezal)	Ascenso de cabezal

De acuerdo a lo especificado por el cliente, en la posición de reposo del sistema la marmita y el cabezal de volteo están en la posición de trabajo. Con todos estos componentes, la secuencia de accionamiento queda como sigue:

1. Al concluir la cocción del producto, el operador acciona la válvula 1-2V1 y el actuador 1-2A eleva el cabezal. Cuando el cabezal está totalmente elevado, el final de carrera 1-2S corta la señal de mando a la válvula 1-1V2 y libera el escape de la válvula 1-1V1.
2. El operador coloca la válvula 1-2V1 en la posición central y acciona la válvula 1-1V1 para que el actuador 1-1A voltee la

marmita, para la descarga del producto. Al iniciar el movimiento de la marmita, el final de carrera 1-1S envía una señal de pilotaje a la válvula 1-2V2 que bloquea el escape de la válvula 1-2V1, impidiendo el movimiento del cabezal.

3. El operador puede detener a la marmita en cualquier posición, solo colocando la válvula 1-1V1 en la posición central.
4. Cuando la marmita está totalmente volteada, el operador puede realizar las limpiezas respectivas. Entonces acciona la válvula 1-1V1 para que el actuador 1-1A retorne a la marmita a su posición de trabajo. Cuando la marmita llega a su posición de trabajo, el final de carrera 1-1S corta la señal de pilotaje de la válvula 1-2V2 y desbloquea el escape de la válvula 1-2V1.
5. Finalmente, el operador coloca la válvula 1-1V1 en la posición central y acciona la válvula 1-2V1 para que el actuador 1-2A introduzca el cabezal en la marmita y quede lista para iniciar el nuevo ciclo. Cuando el cabezal comienza a descender, el final de carrera 1-2S emite una señal de pilotaje a la válvula 1-1V2 que bloquea el escape de la válvula 1-1V1, y por ende impide el movimiento de la marmita.

A continuación se muestran los diagramas espacio-fase [15] para los actuadores del sistema:

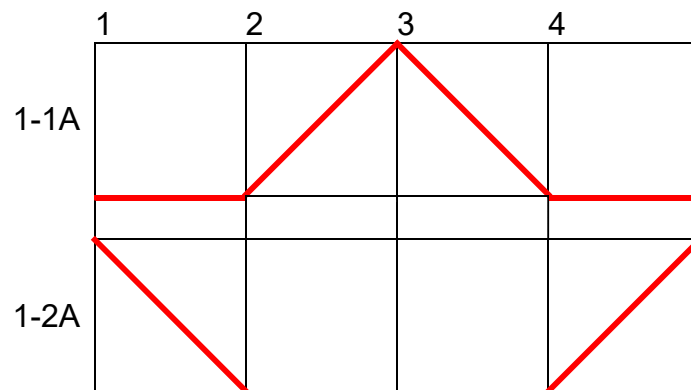


Figura 2.11. Diagramas espacio-fase de actuadores

La figura 2.12 muestra el esquema neumático del sistema propuesto, sin presentar aún dimensiones de la tubería, ni el respectivo sistema de tratamiento de aire.

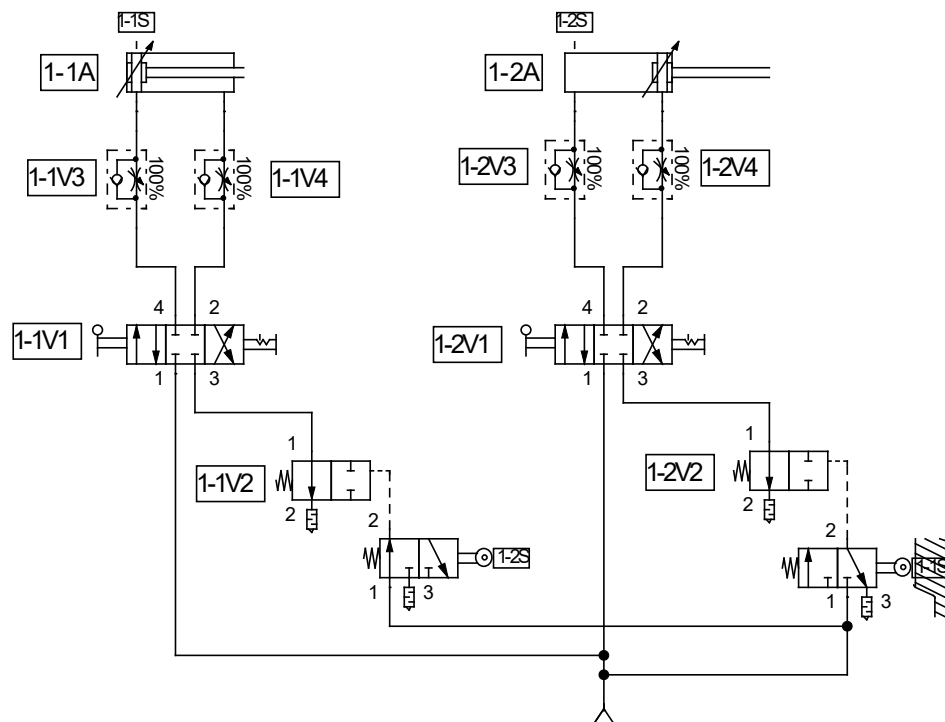


Figura 2.12. Esquema neumático del sistema propuesto

2.4. Selección de válvulas y accesorios neumáticos

La selección de las válvulas y accesorios neumáticos se realiza considerando la presión y caudal de aire comprimido que debe pasar por cada uno para alimentar a los actuadores correspondientes.

Todos los componentes neumáticos son seleccionados de la gama de productos de SMC Corporation [14], debido a que Tecnofluido S.A. es distribuidor autorizado de este fabricante, entre otros [1].

De acuerdo al dimensionado de los actuadores (sección 2.2), los caudales y presiones que deben llegar a los actuadores son:

La válvula 1-1V1 debe permitir el paso al actuador 1-1A de un caudal máximo de 254,87 N l/min.; y la válvula 1-2V1 debe permitir el paso al actuador 1-2A de un caudal máximo de 1019,50 N l/min a 0,6 MPa. Según el diseño realizado, las válvulas 1-1V1 y 1-2V1 deben ser de 4 vías/3 posiciones centro cerrado, accionadas por palanca. Este tipo de válvulas corresponden a la Serie VH de SMC Corporation [14].

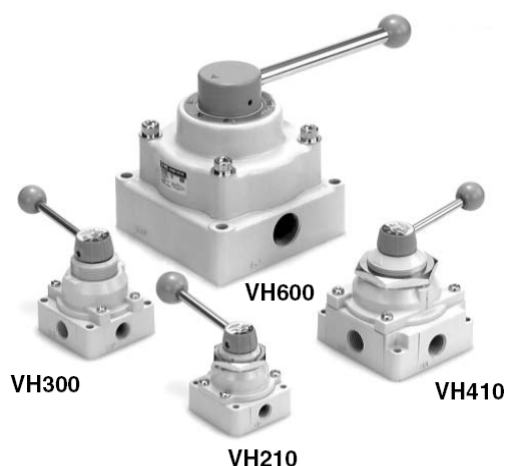


Figura 2.13. Válvulas manuales SMC - Serie VH [14]

{En la ficha técnica de la Serie VH (disponible en apéndice B) se encuentra que la presión máxima de trabajo de la válvula es de 1 MPa para los modelos VH200, 300 y 400, y de 0,7 MPa para el modelo VH600. En cualquier caso supera la presión de suministro definida (0,7 MPa), por lo que puede procederse a seleccionar las válvulas requeridas.

La selección del tamaño de las válvulas se realiza ubicando los puntos de operación definidos en las curvas de caudal disponibles en la ficha técnica, así:

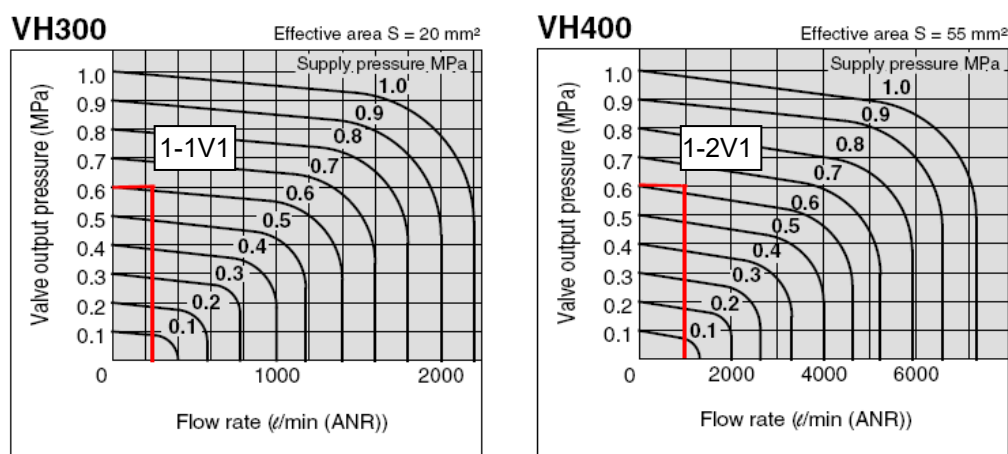
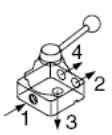
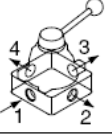
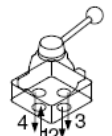
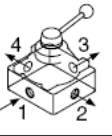
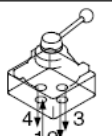


Figura 2.14: Curvas de caudal Serie VH [14]

En la figura 2.14 se observa que en ambos casos la caída de presión es prácticamente nula. Sin embargo, para efectos del dimensionado de las tuberías, se supondrá una caída de presión de 0,01 MPa.

Una vez identificado el tamaño de las válvulas, el modelo completo se determina ubicando la válvula apropiada en la tabla de modelos disponibles:

Tabla 18: Modelos de válvulas Serie VH [14]**Model**

Series	Port size Rc	Number of positions	Piping direction	Model		Effective area (mm ²)	Weight (kg)
				Body mounted	Panel mounted		
VH2	1/4	3 (Closed center)		VH200-02	VH210-02	7.5	0.42
		3 (Exhaust center)		VH201-02	VH211-02		
		2 (Position)		VH202-02	VH212-02		
VH3	1/4, 3/8	3 (Closed center)		VH300-02/03	VH310-02/03	Rc 1/4: 17	0.71
		3 (Exhaust center)		VH301-02/03	VH311-02/03		
		2 (Position)		VH302-02/03	VH312-02/03		
		3 (Closed center)		VH320-02/03	VH330-02/03	Rc 3/8: 20	
		3 (Exhaust center)		VH321-02/03	VH331-02/03		
		2 (Position)		VH322-02/03	VH332-02/03		
VH4	1/4 to 3/4	3 (Closed center)		VH400-02 to 06	VH410-02 to 06	Rc 1/4: 45	1.28
		3 (Exhaust center)		VH401-02 to 06	VH411-02 to 06	Rc 3/8: 49	
		2 (Position)		VH402-02 to 06	VH412-02 to 06	Rc 1/2: 55	
		3 (Closed center)		VH420-02 to 06	VH430-02 to 06	Rc 3/4: 58	
		3 (Exhaust center)		VH421-02 to 06	VH431-02 to 06		
		2 (Position)		VH422-02 to 06	VH432-02 to 06		

Por ende, las válvulas seleccionadas son:

Tabla 19: Selección de válvulas 1-1V1 y 1-2V1

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS	MODELO	CONEXIONES
1-1V1	Válvula de 4 vías/3 posiciones centro cerrado,	VH310-03	3/8"
1-2V1	accionada manualmente (palanca)	VH410-04	1/2"

Las válvulas 1-1V2 y 1-2V2 deben ser de 2 vías/2 posiciones normalmente abiertas (retorno por resorte), accionadas por una señal de pilotaje neumático. Este tipo de válvulas corresponden a la Serie VNA de SMC Corporation [14].

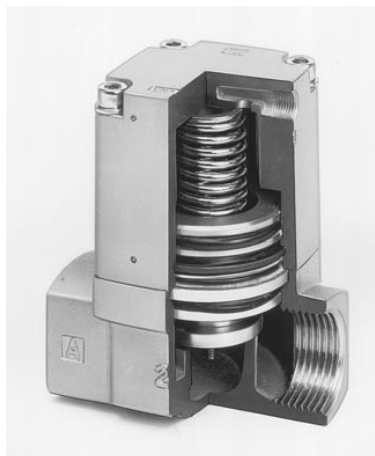


Figura 2.15. Válvulas de pilotaje neumático SMC - Serie VNA [14]

La función de estas válvulas es permitir el escape del caudal de aire de los actuadores 1-1A y 1-2A, por ende sus condiciones de presión y caudal son las mismas que las de las válvulas 1-1V1 y 1-2V1.

En la ficha técnica de la Serie VNA (disponible en apéndice C) se verifica que la presión máxima de trabajo de la válvula es de 1 MPa, lo cual supera la presión de suministro definida (0,7 MPa); por ende puede procederse a seleccionar las válvulas requeridas.

La selección de la válvula se realiza según la tabla de modelos disponible en la ficha técnica, tomando en consideración el caudal de trabajo recomendado por el fabricante:

Tabla 20: Modelos de válvulas Serie VNA**Modelo**

Modelo	Conexión Rc(PT)	Tamaño orificio ø (mm)	Caudal		Peso (kg)	
			Nl/min	Área efectiva (mm ²)	Acciona. neumático	Solenoides
VNA1□□□-6A	1/8		687.05	13	0.1	0.2
VNA1□□□-8A	1/4	10	1275.95	23		
VNA1□□□-10A	3/8		1963.00	35	0.3	0.4
VNA2□□□-10A	3/8	15	3729.70	70		
VNA2□□□-15A	1/2		4907.50	90	0.5	0.6
VNA3□□□-20A	3/4	20	7852.00	140		
VNA4□□□-25A	1	25	11778.00	220	0.8	0.9
VNA5□□□-32A	1 1/4	32	17667.00	320	1.3	1.4
VNA6□□□-40A	1 1/2	40	27482.00	500	2.1	2.2
VNA7□□□-50A	2	50	42204.00	770	3.1	3.2

De acuerdo a los caudales, la válvula 1-1V2 debería tener conexiones de 1/8", y la 1-2V2 debería ser de 1/4". Sin embargo, para facilitar el mantenimiento y evitar reducciones abruptas de diámetro, se resuelve usar en ambos casos las válvulas con conexiones de 1/4". El código de esta válvula se define con ayuda de la guía disponible en el apéndice C; deben usarse válvulas VNA102-8A-B. Como el aire que pasa por estas válvulas se libera al ambiente a través de los silenciadores, no es necesario el análisis de caída de presión.

Adicionalmente, en el diseño del sistema se ha considerado instalar silenciadores en el puerto de escape de las válvulas 1-1V2 y 1-2V2, para atenuar el ruido y para evitar la contaminación del sistema con polvo o partículas del ambiente. Estos accesorios se seleccionan de acuerdo a la conexión de escape de la válvula (1/4"), por lo que el modelo que corresponde es el AN20-02 (ficha técnica disponible en el apéndice D) [14].



Figura 2.16. Silenciadores SMC - Serie AN [14]

Los reguladores de velocidad de los actuadores 1-1A y 1-2A deben montarse en el panel de control, para facilitar su operación. Por ello se seleccionan reguladores de velocidad en línea. Este tipo de reguladores corresponden a la Serie AS de SMC Corporation [14].



Figura 2.17. Reguladores de velocidad SMC - Serie AS [14]

La selección de estos accesorios (1-1V3, 1-1V4, 1-2V3 y 1-2V4) se realiza de acuerdo al caudal y presión de trabajo de los actuadores. En la ficha técnica de la Serie AS (disponible en apéndice E) se

encuentra que su presión máxima de trabajo es de 1 MPa, lo cual supera a la presión de trabajo de los actuadores.

Los reguladores de velocidad se seleccionan según el caudal de trabajo recomendado en la tabla de modelos de la ficha técnica:

Tabla 21: Modelos de reguladores de velocidad Serie AS

Model/Flow Rate and Effective Area

Model	Port size	Free flow		Controlled flow	
		Flow rate (μ /min (ANR))	Effective area (mm ²)	Flow rate (μ /min (ANR))	Effective area (mm ²)
AS1000-M3	M3 x 0.5	20	0.3	20	0.3
AS1000-M5	M5 x 0.8	90	1.4	80	1.2
AS2000-01	1/8	340	5.2	250	3.8
AS2000-02	1/4	340	5.2	250	3.8
AS3000-02	1/4	810	12.3	810	12.3
AS3000-03	3/8	810	12.3	810	12.3
AS4000-02	1/4	1,670	25.5	1,670	25.5
AS4000-03	3/8	1,670	25.5	1,670	25.5
AS4000-04	1/2	1,670	25.5	1,670	25.5
AS5000-02	1/4	2,840	44	2,840	44
AS5000-03	3/8	4,270	66	4,270	66
AS5000-04	1/2	4,270	66	4,270	66

De esta tabla se desprende que deben usarse los siguientes reguladores de velocidad:

Tabla 22: Selección de reguladores de velocidad 1-1V3, 1-1V4, 1-2V3 y 1-2V4

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS	MODELO	CONEXIONES
1-1V3 1-1V4	Regulador de velocidad en línea	AS3000-03	3/8"
1-2V3 1-2V4		AS4000-04	1/2"

Respecto de la señal de pilotaje que requieren las válvulas 1-2V1 y 1-2V2, estos caudales suelen ser pequeños; además el fabricante no establece requerimientos de caudal para el pilotaje que las acciona, por lo que la selección de finales de carrera se hace de acuerdo al diámetro de sus conexiones de pilotaje (1/8"). Según se observa en el apéndice C, la presión requerida para las líneas de pilotaje debe ser entre 0,2 y 0,7 MPa [14]. En consecuencia, el aire de pilotaje puede suministrarse desde la misma línea que alimenta a los actuadores, como está considerado en el diseño de la secuencia de accionamiento del sistema (Sección 2.3).

Según la secuencia propuesta, los finales de carrera 1-1S y 1-2S que emiten las señales de pilotaje deben ser válvulas de 3 vías/2 posiciones accionadas por rodillos simples; el final de carrera 1-1S debe ser normalmente abierto (N.A.), mientras que el 1-2S debe ser normalmente cerrado (N.C.). Este tipo de finales de carrera corresponden a la Serie VM400 de SMC Corporation [14].



Figura 2.18: Finales de carrera y botoneras SMC - Serie VM400 [14]

En la ficha técnica de la Serie VM400 (disponible en apéndice F) se verifica que la presión máxima de trabajo de la válvula es de 1 MPa, lo cual supera la presión de suministro definida (0,7 MPa); por ende puede procederse a seleccionar las válvulas requeridas.

Los finales de carrera se seleccionan con la tabla de modelos disponibles en la ficha técnica, considerando las condiciones de operación definidas en la secuencia de accionamiento.

Tabla 23: Modelos de finales de carrera Serie VM400 [14]

Model

	Actuator	Model	Actuator part no.	Application
Mechanical operation	Basic	VM430-01-00	—	—
	Roller lever	VM430-01-01	VM-01A	Polyacetal roller
		VM430-01-01S	VM-01AS	Hard steel roller
	One way roller lever	VM430-01-02	VM-02A	Polyacetal roller
		VM430-01-02S	VM-02AS	Hard steel roller
	Straight plunger	VM430-01-05	VM-05A	—
	Roller plunger	VM430-01-06	VM-06A	Polyacetal roller
		VM430-01-06S	VM-06AS	Hard steel roller
	Cross roller plunger	VM430-01-07	VM-07A	Polyacetal roller
		VM430-01-07S	VM-07AS	Hard steel roller

En consecuencia se selecciona el modelo VM430-01-01S, que tiene conexiones de 1/8" y puede usarse como N.O. o N.C. modificando el conexionado. La figura 2.19 muestra el elemento seleccionado.

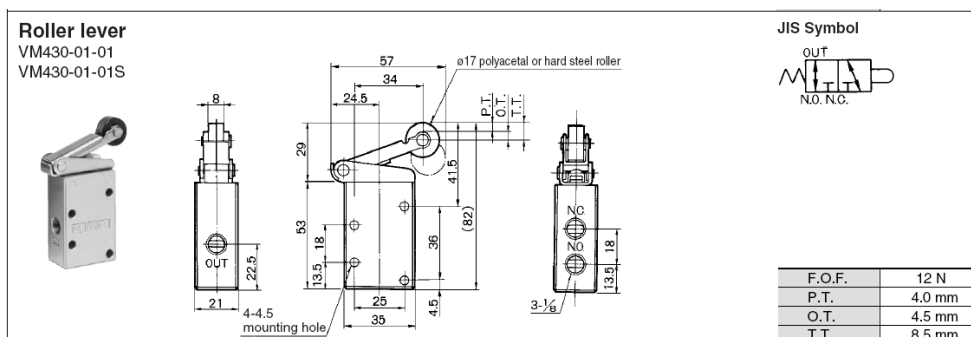


Figura 2.19: Finales de carrera VM430-01-01S [14]

Debe instalarse un silenciador en el puerto de retorno de cada final de carrera, del apéndice F [14] se escoge el modelo AN10-01.

La tabla a continuación resume las características de las válvulas y accesorios neumáticos seleccionados.

Tabla 24: Resumen de válvulas y accesorios neumáticos seleccionados

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS	MODELO	CONEXIONES
1-1V1	Válvula de 4 vías/3 posiciones centro cerrado, accionada manualmente (palanca)	VH310-03	3/8"
1-2V1		VH410-04	1/2"
1-1V2 1-2V2	Válvula de 2 vías/2 posiciones normalmente abierta (retorno por resorte), accionada neumáticamente	VNA102-8A-B	1/4"
Sin código	Silenciador para válvulas 1-1V2 y 1-2V2	AN20-02	1/4"
1-1V3 1-1V4	Regulador de velocidad, conexiones en línea	AS3000-03	3/8"
1-2V3 1-2V4		AS4000-04	1/2"
1-1S 1-2S	Final de carrera de 3 vías/2 posiciones accionado por rodillo simple	VM430-01-01S	1/8"
Sin código	Silenciador para finales de carrera 1-1S y 1-2S	AN10-01	1/8"

2.5. Selección de sistema de tratamiento de aire

Para la selección del sistema local de tratamiento de aire, hay que recordar que el área de generación cuenta con equipos básicos para garantizar una calidad de aire adecuada para automatización.

En consecuencia, se resuelve recomendar la instalación de una unidad de mantenimiento estándar FRL. Este conjunto está conformado por los siguientes elementos:

- **Filtro:** Retiene partículas gruesas que puedan arrastrarse de la línea de distribución (SMC Corporation establece como estándar 5 μm) [14] que puedan afectar la operatividad de los elementos del sistema, y permite la acumulación y purga de condensado que eventualmente se precipite en la tubería.
- **Regulador:** Permite regular la presión del aire desde el nivel suministrado por el compresor (125 PSI = 0,86 MPa) hasta el nivel requerido por el sistema (100 PSI = 0,7 MPa).
- **Lubricador:** Permite inyectar lubricante a los componentes neumáticos instalados aguas abajo (SMC Corporation recomienda el uso de aceite de turbina Class 1 ISO VG32). [14]. Según la información técnica de todos los componentes nuevos a instalarse (Apéndices B a F), éstos son autolubricados y no requieren de lubricación externa. Sin embargo, se requiere el equipo para lubricar los actuadores,

ya que estos no son nuevos y por ende no disponen de esta lubricación interna.



Figura 2.20: Unidad de mantenimiento FRL estándar [14]

Para el dimensionado de cada uno de los componentes de la unidad FRL, se requiere definir el caudal máximo requerido por el sistema. En la tabla 13 se definen los caudales requeridos por cada uno de los actuadores, y en la figura 2.11 se presenta el diagrama de espacio-fase del sistema. Como se observa que no existe simultaneidad entre el movimiento de los actuadores, puede considerarse para la selección el caudal mayor (1019,50 N l./min.). Adicionalmente se toma un factor de seguridad de 1,5, para cubrir el caudal adicional requerido para la presurización del sistema en el arranque, señales de pilotaje neumático, posibles fugas, etc.

En conclusión, el sistema de tratamiento se debe dimensionar para un caudal de 1529,25 N l./min, presión de entrada 0,86 MPa y presión de salida regulada 0,7 MPa.

En primera instancia debe dimensionarse el filtro de partículas. Este elemento corresponde a la Serie AF de SMC Corporation [14].



Figura 2.21: Filtros de partículas SMC Serie AF [14]

En la ficha técnica de la Serie AF (disponible en apéndice G) se encuentra que la presión máxima de trabajo del filtro es de 1 MPa, lo cual supera la presión de la red principal (0,86 MPa), por lo que puede procederse a seleccionar el filtro requerido.

La selección del tamaño del filtro se realiza ubicando el punto de operación en las curvas de caudal disponibles en la ficha técnica, así:

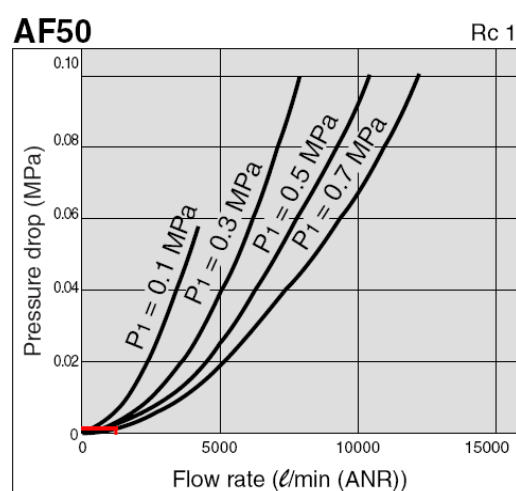


Figura 2.22: Curva de caudal Serie AF50 [14]

Se observa que la caída de presión con el modelo seleccionado es menor a 0,002 MPa, lo cual prácticamente no afecta al sistema. Nótese que se usó la curva de presión de alimentación de 0,7 MPa debido a que el fabricante no provee una curva a la presión de suministro real, pero se observa que al subir la presión de suministro, la caída de presión se reduce. Puede suponerse para el proceso de diseño que el filtro provoca una caída de presión de 0,002 MPa, por lo que la presión de suministro al regulador será de 0,858 MPa.

Una vez identificado el tamaño del filtro, el modelo completo se determina con la guía disponible en la ficha técnica. Se escoge el filtro AF50-10D, con conexiones de 1" y purga automática.

A continuación se realiza el dimensionado del regulador de presión. Este elemento corresponde a la Serie AR de SMC Corporation [14].



Figura 2.23: Reguladores de presión SMC Serie AR [14]

En la ficha técnica de la Serie AR (disponible en apéndice H) se encuentra que la presión máxima de trabajo es de 1 MPa, lo cual supera la presión de la red principal (0,86 MPa), y la máxima presión

de regulación (0,85 MPa) es superior a la presión regulada deseada (0,7 MPa); en consecuencia se puede seleccionar el regulador.

El tamaño del regulador se define ubicando el punto de operación definido en las curvas de caudal disponibles en la ficha técnica, así:

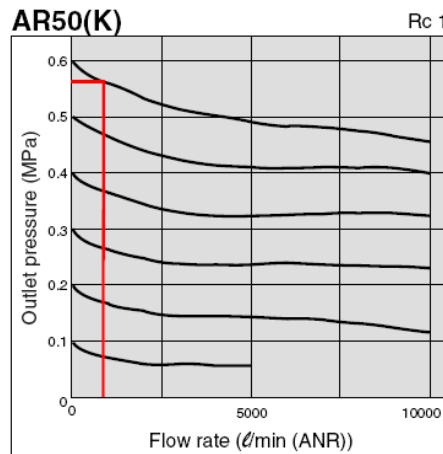


Figura 2.24: Curva de caudal Serie AR50 [14]

Nota: En la figura se considera presión de suministro 0,7 MPa.

Se observa que el modelo seleccionado entrega una presión de salida máxima de aproximadamente 0,57 MPa si la presión de entrada es 0,7 MPa. Como el fabricante no proporciona una curva a la presión de suministro requerida, mediante una traslación lineal se puede estimar que la presión máxima de salida será de 0,728 MPa si la presión de alimentación (a la salida del filtro) es de 0,858 MPa. Esto supera a la presión regulada requerida por el equipo (0,7 MPa).

Una vez identificado el tamaño del regulador, el modelo completo se determina con la guía disponible en la ficha técnica. Se escoge el

regulador AR50-10E, que tiene conexiones de 1", e incluye un manómetro incorporado con indicador de límites.

Finalmente se debe dimensionar el lubricador. Este elemento corresponde a la Serie AL de SMC Corporation [14].



Figura 2.25: Lubricadores SMC Serie AL [14]

En la ficha técnica de la Serie AL (disponible en apéndice I) se encuentra que la presión máxima de trabajo del lubricador es de 1 MPa, lo cual supera a la presión regulada deseada (0,7 MPa); en consecuencia se puede seleccionar el lubricador requerido.

El tamaño del lubricador se selecciona ubicando el punto de operación definido en las curvas de caudal de la ficha técnica, así:

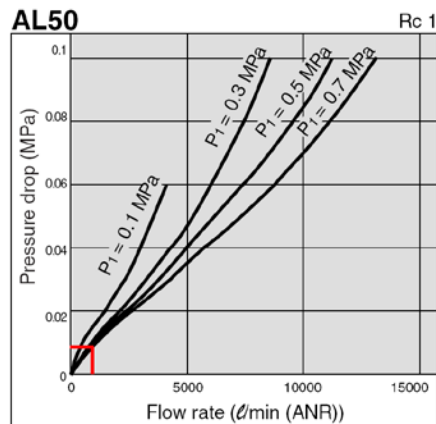


Figura 2.26: Curva de caudal Serie AL50 [14]

Nota: En la figura se considera presión de suministro 0,7 MPa.

Se observa que la caída de presión con el modelo seleccionado es menor a 0,01 MPa, lo cual prácticamente no afecta al sistema. Nótese que se usó la curva de presión de alimentación 0,7 MPa debido a que el fabricante no provee una curva a la presión requerida; sin embargo se observa que al subir la presión de suministro, la caída de presión se reduce. Puede suponerse para el diseño que el lubricador provoca una caída de presión de 0,01 MPa, por lo que la presión máxima de suministro al sistema será de 0,718 MPa (superior a la presión de 0,7 MPa definida para el diseño).

Una vez identificado el tamaño del lubricador, el modelo completo se define con la guía disponible en la ficha técnica. Se escoge el lubricador AL50-10, con conexiones de 1".

En resumen, la red de aire comprimido entrega una presión de suministro de 0,86 MPa, y si el regulador se configura para una

presión de salida de 0,7 MPa, puede suponerse que la presión de salida de la unidad FRL será de 0,69 MPa. Con este valor se hace el dimensionado de las tuberías de distribución de aire comprimido. La unidad de mantenimiento FRL queda codificada como 1-0Z.

2.6. Dimensionado de tuberías y conexiones

La selección del diámetro de las tuberías se realiza en función del caudal, la presión del aire comprimido y la caída de presión admisible por tramo de tubería. [16]

La caída de presión en una tubería se puede calcular con la fórmula:

$$\Delta P = \frac{1,6 \times 10^3 \times Q^{1,85} \times L}{\emptyset^5 \times (p + 0,1013)} \times \frac{10^3}{(6 \times 10^4)^{1,85}} \quad (\text{ec. 2.16}) [17]$$

Donde:

ΔP : Pérdida de presión (MPa)

Q: Caudal de aire comprimido (N l./min.)

L: Longitud de tubería (m.)

$\emptyset$: Diámetro interior de tubería (mm.)

De la ecuación 2.16 se puede derivar una fórmula para el cálculo del diámetro de tuberías:

$$\emptyset = \sqrt[5]{\frac{1,6 \times 10^3 \times Q^{1,85}}{(\Delta P / L) \times (p + 0,1013)}} \times \frac{10^3}{(6 \times 10^4)^{1,85}} \quad (\text{ec. 2.17})$$

Se ha definido el término $\Delta P/L$; a esta magnitud se le denomina **pérdida de presión específica**, y generalmente se admite que esta sea entre 1 y 3 mbar/m. [16], lo que equivale a entre 0,0001 y 0,0003 MPa/m. Para el cálculo de diámetros se va a considerar el máximo valor recomendado (0,0003 MPa/m.).

No se ha considerado para el análisis a las líneas de pilotaje debido a que el fabricante no provee información sobre el caudal requerido por las válvulas 1-1V2 y 1-2V2, además la presión de estas líneas no afecta significativamente al sistema. Considerando que los finales de carrera y la válvula de pilotaje tienen conexiones de 1/8", se decide usar tubería flexible de nylon de diámetro nominal 8 mm., cuyo diámetro interior es de 6 mm. [14]. La ficha técnica de la tubería flexible a utilizarse se encuentra en el apéndice J.

De igual manera, no se ha considerado para el cálculo de caídas de presión a la conexión entre las válvulas 1-1V1 y 1-1V2 ni entre 1-2V1 y 1-2V2, puesto que esta línea desemboca finalmente al ambiente y la caída de presión no es trascendente; se usará tubería flexible de nylon, de diámetro nominal 12 mm., y diámetro interior 9 mm. [14].

La siguiente tabla muestra los diámetros de tubería calculados para cada tramo, de acuerdo a las condiciones de trabajo y la pérdida de presión específica recomendada, usando la ecuación 2.17.

Tabla 25: Cálculo de diámetros de tuberías

TRAMO		CAUDAL	LONGITUD	PRESIÓN INICIO	CAÍDA DE PRESIÓN CALCULADA	PRESIÓN FINAL	DIÁMETRO CALCULADO
INICIO	FIN						
		Q [N l./min.]	L [m.]	p [MPa]	ΔP [MPa]	p - ΔP [MPa]	$\varnothing$ [mm.]
línea principal	1-0Z	1529,24	2	0,8600	0,0006	0,8594	22,86
1-0Z	1-0Z	1529,24	-	0,8594	0,1694	0,6900	-
1-0Z	1-1V1	254,87	0,5	0,6900	0,0002	0,6899	12,25
1-1V1	1-1V1	254,87	-	0,6899	0,0100	0,6799	-
1-1V1	1-1A	254,87	4	0,6799	0,0012	0,6787	12,28
1-1A	1-1V2	254,87	4	0,6787	0,0012	0,6775	12,29
1-0Z	1-2V1	1019,50	0,5	0,6900	0,0002	0,6899	20,46
1-2V1	1-2V1	1019,50	-	0,6899	0,0100	0,6799	-
1-2V1	1-2A	1019,50	2	0,6799	0,0006	0,6793	20,52
1-2A	1-2V2	1019,50	2	0,6793	0,0006	0,6787	20,57

En la selección del sistema de tratamiento de aire (sección 2.5) se consideró que la presión de suministro se regule a 0,7 MPa, mientras que las fuerzas de los actuadores se calcularon para una presión de trabajo de 0,6 MPa (sección 2.2). Esto significa que el diseño admite una caída de presión de hasta 0,1 MPa entre la unidad de mantenimiento y los actuadores.

En cuanto al material de las tuberías, la línea principal de la planta y todas las bajantes son de tubería de acero galvanizado cédula 40

[18], por lo que debe mantenerse el mismo criterio, estableciendo únicamente la recomendación respecto del diámetro de la misma.

La tabla 25 muestra que si se usan los diámetros calculados de acuerdo al criterio de la pérdida de presión específica, la presión de aire comprimido que llega a los dos actuadores es de 0,68 MPa; este valor es superior a la presión usada para el cálculo de las fuerzas de los actuadores (0,6 MPa). Por esta razón se puede calcular las caídas de presión real (usando la ecuación 2.5) considerando diámetros de tubería menores, de acuerdo a la disponibilidad de tubería flexible en el mercado. El uso de tubería flexible de nylon facilitará el montaje del sistema diseñado.

En la tabla siguiente se considera tubería de acero galvanizado de 1" (diámetro interior 26,28) [18] para la bajante principal, y para las líneas de distribución se usa tubería flexible de nylon de 16 mm (diámetro interior 12 mm.) [14]. También se presentan las pérdidas ocasionadas por las válvulas y accesorios (calculado en sección 2.4), para hacer el seguimiento de la presión en todo el sistema.

Tabla 26: Cálculo de caída de presión para diámetros de tubería seleccionados

TRAMO		CAUDAL Q [N l./min.]	LONGITUD L [m.]	PRESIÓN INICIO P [MPa]	DIÁMETRO NOMINAL SELECCIONADO	DIÁMETRO INTERNO SELECCIONADO	CAÍDA DE PRESIÓN REAL ΔP [MPa]	PRESIÓN FIN p [MPa]
INICIO	FIN							
Línea principal	1-0Z	1529,24	2	0,8600	1".	26,28	0,0003	0,8597
1-0Z	1-0Z	1529,24	-	0,8597	-	-	0,1697	0,6900
1-0Z	1-1V1	254,87	0,5	0,6900	16 mm.	12	0,0002	0,6898
1-1V1	1-1V1	254,87	-	0,6898	-	-	0,0100	0,6798
1-1V1	1-1A	254,87	4	0,6798	16 mm.	12	0,0013	0,6785
1-1A	1-1V1	254,87	4	0,6785	16 mm.	12	0,0014	0,6771
1-0Z	1-2V1	1019,50	0,5	0,6900	16 mm.	12	0,0022	0,6878
1-2V1	1-2V1	1019,50	-	0,6878	-	-	0,0100	0,6778
1-2V1	1-2A	1019,50	2	0,6778	16 mm.	12	0,0088	0,6692
1-2A	1-2V1	1019,50	2	0,6691	16 mm.	12	0,0089	0,6602

Los valores resaltados en la tabla corresponden a las presiones de alimentación de los actuadores 1-1A (0,68 MPa) y 1-2A (0,67 MPa), valores que siguen siendo superiores a los que se consideró para el diseño y permiten guardar tranquilidad respecto de la operatividad del sistema ante variaciones de la presión de suministro.

La tabla resume la selección realizada para cada tramo de tubería:

Tabla 27: Resumen de tuberías a utilizar en el sistema

TRAMO		Material de tubería	Diámetro nominal	Código
INICIO	FIN			
línea principal	1-0Z	Acero galvanizado céd. 40	1"	-
1-0Z	1-1V1	Nylon	16 mm.	TS1612
1-1V1	1-1A	Nylon	16 mm.	TS1612
1-1A	1-1V1	Nylon	16 mm.	TS1612
1-0Z	1-2V1	Nylon	16 mm.	TS1612
1-2V1	1-2A	Nylon	16 mm.	TS1612
1-2A	1-2V1	Nylon	16 mm.	TS1612

Aunque en el diseño se ha incluido la selección de la línea principal (bajante de la red), la instalación de la misma (tubería de acero galvanizado céd. 40 1") hasta el gabinete es responsabilidad del cliente. Adicionalmente se recomienda la instalación de un nudo universal y una válvula esférica en la entrada al gabinete, de modo que pueda desmontarse y/o cortarse el suministro de aire comprimido para fines de mantenimiento. Esta válvula debe ser de paso total, de modo que no genere restricción en el caudal de aire comprimido.

La selección de los conectores se realiza de acuerdo a las conexiones de los elementos seleccionados, y consideraciones de forma que se identifican durante el montaje. Las especificaciones completas de estos accesorios se detallan en el apéndice M [14].

2.7. Modelado virtual del sistema

Para verificar la funcionalidad del diseño, la selección realizada para los actuadores 1-1A, 1-2A y sus elementos de control respectivos se ingresan al programa “Model Selection Software v4.0”, desarrollado por SMC Corporation [19]. Este software calcula las características de operación del sistema de acuerdo a las condiciones de diseño establecidas.

Debido al montaje pivotante de los actuadores y la variación de las cargas en el transcurso de la carrera, solo se ingresa al programa la condición de mayor carga; por ello los resultados son referenciales para esta posición, y no representativos del ciclo de operación.

Para el actuador 1-1A, en el programa se registra que el actuador debe mover una masa de 335,26 kg. en la carrera de retorno, lo cual es equivalente a la fuerza máxima que debe ejercer el actuador (3288,92 N.) Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Programa de selección del modelo neumático v. 4.0-Cálculo características-Cálculo

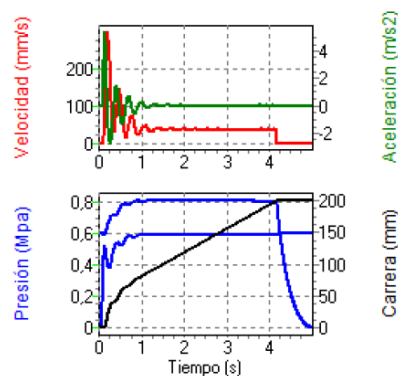
Título : Actuador 1-1A

Creador : Reinaldo Ramirez

Referencia

Modelo	Referencia	Cant.	Fijación1	Cant.	Fijación2	Cant.
Cilindro	CS111125-200	1				
Electroválvula	VEX3321-0311111-1	1	KQ2L16-03S	2		
Bloque						
Silenciador	AN30-03	2				
Válvula escape rápido						
Regul. caudal	AS3000-03-1	1	KQ2L16-03S	1		
Regulador caudal (I)	AS3000-03-1	1	KQ2L16-03S	1		
Conexionado	TS16121-1	1				
Longitud tot.tubo (I)	TS16121-1					
Amort. hidráulico						

Características del sistema



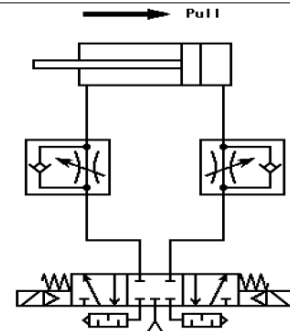
Duración tot. carrera: 4,17 s
Tiempo de arranque: 0,11 s
Tiempo 90% fuerza: 4,74 s
Velocidad media: 48 mm/s
Velocidad máx.: 299 mm/s
Veloc.fina!l carrera: 38 mm/s
Aceleración máx.: 5,4 m/s²
Presión máx.: 0,81 MPa
Consumo aire/ciclo: 35,050 dm³(ANR)
Caudal aire requer.: 242,2 dm³/min(ANR)

Resultado cálculo amortiguación

Absor. energía: 0,24 J
Energía admisible: 32,30 J
Resultado de valoración: Dentro del rango admisible

Resultado cálculo condensación

Probab. condensación: 0 %
La probabilidad de condensación es muy pequeña.



Valores de entrada

Carrera: 200 mm
Duración tot. carrera: 4,17 s
Direcc. desplaz.: Tracción(D)
Presión aliment.: 0,60 MPa
Temp. ambiente: 25,0 degC
Longitud tot.tubo (D): 2,0 m
Longitud tot.tubo (I): 2,0 m
Regulador caudal (D): En el cilindro
0 m
Apertura: 20 %
Regulador caudal (I): En el cilindro
0 m
Apertura: 20 %
Masa de la carga: 335,26 kg
Impedancia: N
Ángulo montaje: 90 deg
Aplicación: Desplazamiento

Factor de rozamiento: Sin guía
0,00

Abertura del silenciador:
Apertura válv.escape rápido:

Valor de entrada cálculo amortiguación

Tipo de amortiguación: Amortiguación neumática
Tipo de montaje pieza:

Valor de entrada cálculo de condensación

Presión: 0,60 MPa

Comentario:

SMC Version: 4.0.08

Figura 2.27: Cálculo de características de actuador 1-1A

Los resultados obtenidos confirman que la selección realizada es correcta, ya que son consecuentes con los resultados obtenidos del cálculo teórico.

Debe observarse que el software solo permite el accionamiento del actuador mediante una electroválvula; para superar esta limitación se registra un modelo de electroválvula que tiene características de caudal similares a las válvulas manuales seleccionadas en el sistema real.

Para la verificación del diseño realizado con el actuador 1-2A, se registra que el actuador debe mover una masa de 179,83 kg. en la carrera de retorno, lo cual es equivalente a la a la fuerza máxima que debe ejercer el actuador (1764,14 N.) Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Programa de selección del modelo neumático v. 4.0-Cálculo características-Cálculo

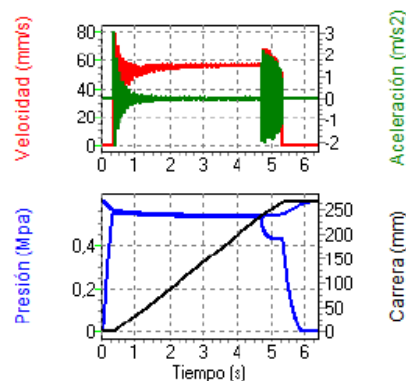
Título : Actuador 1-2A

Creador : Reinaldo Ramirez

Referencia

Modelo	Referencia	Cant.	Fijación1	Cant.	Fijación2	Cant.
Cilindro	CS100-250-266	1				
Electroválvula	VEX350-04-0000-0	1	KQ2L16-04S	2		
Bloque						
Silenciador	AN40-04	2				
Válvula escape rápido						
Regul. caudal	AS4000-04-0	1	KQ2L16-04S	1		
Regulador caudal (I)	AS4000-04-0	1	KQ2L16-04S	1		
Conexionado	TS1612-0-0	1				
Longitud tot.tubo (I)	TS1612-0-0					
Amort. hidráulico						

Características del sistema



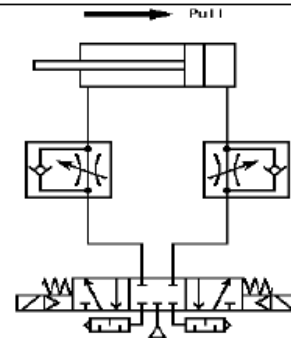
Duración tot. carrera: 5,34 s
Tiempo de arranque: 0,34 s
Tiempo 90% fuerza: 5,78 s
Velocidad media: 50 mm/s
Velocidad máx.: 80 mm/s
Veloc. final carrera: 57 mm/s
Aceleración máx.: 3,1 m/s²
Presión máx.: 0,60 MPa
Consumo aire/ciclo: 177,216 dm³(ANR)
Caudal aire requer.: 965,7 dm³/min(ANR)

Resultado cálculo amortiguación

Absor. energía: 0,34 J
Energía admisible: 147,00 J
Resultado de valoración: Dentro del rango admisible

Resultado cálculo condensación

Probab. condensación: 0 %
La probabilidad de condensación es muy pequeña.



Valores de entrada

Carrera: 266 mm
Duración tot. carrera:
Direcc. desplaz.: Tracción(D)
Presión aliment.: 0,60 MPa
Temp. ambiente: 25,0 degC
Longitud tot.tubo (D): 2,0 m
Longitud tot.tubo (I): 2,0 m
Regulador caudal (D): En el cilindro
Apertura: 60 %
Regulador caudal (I): En el cilindro
Apertura: 60 %
Masa de la carga: 179,83 kg
Impedancia: N
Ángulo montaje: 90 deg
Aplicación: Desplazamiento

Factor de rozamiento: Sin guía
0,00

Abertura del silenciador:
Apertura válv. escape rápido:

Valor de entrada cálculo amortiguación

Tipo de amortiguación: Amortiguación neumática
Tipo de montaje pieza:

Valor de entrada cálculo de condensación

Humedad absoluta: 0,0008 kg/kg

Comentario:

SMC Version: 4.0.08

Figura 2.28: Cálculo de características de actuador 1-2A

Finalmente, para verificar la funcionalidad del circuito diseñado se utiliza el software FluidSIM 3.6, desarrollado por Festo Didactic [20]. Este software permite simular la operación del circuito neumático en todos los escenarios posibles.

A continuación se muestra la simulación de la operación del sistema, de acuerdo a los requerimientos establecidos en la sección 2.3:

1. Ascenso y descenso del cabezal del agitador mientras la marmitta está en posición de trabajo.

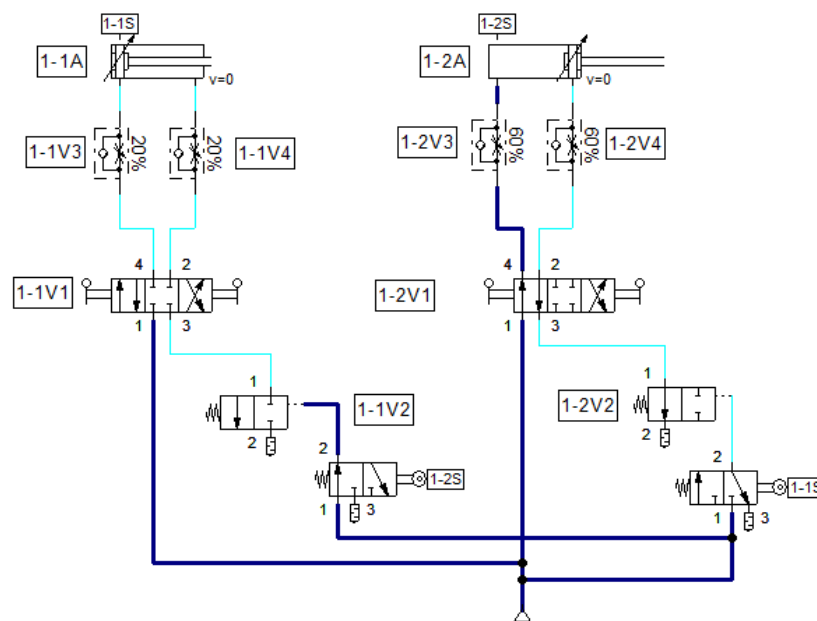


Figura 2.29: Cabezal descendido, marmitta en posición de trabajo

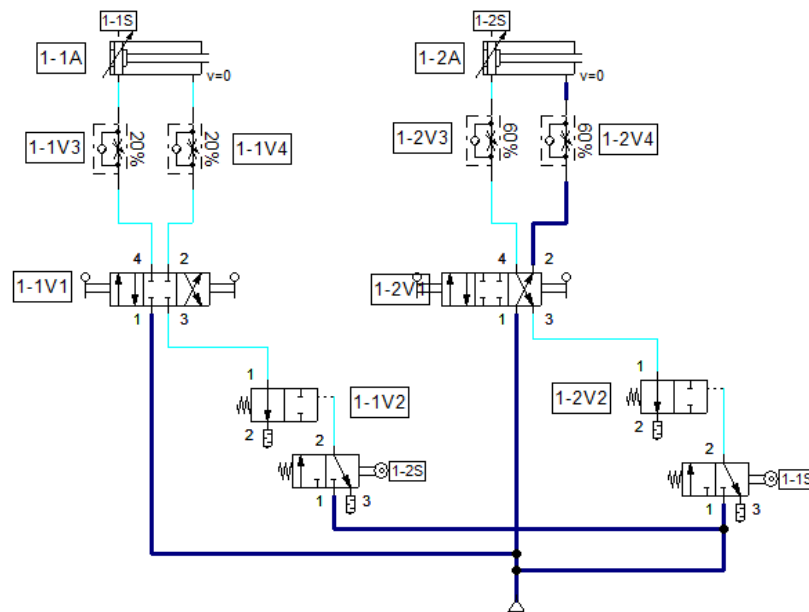


Figura 2.30: Cabezal elevado, marmita en posición de trabajo

2. Cabezal del agitador debe poder detenerse en cualquier posición intermedia, siempre que la marmita esté en la posición de trabajo.

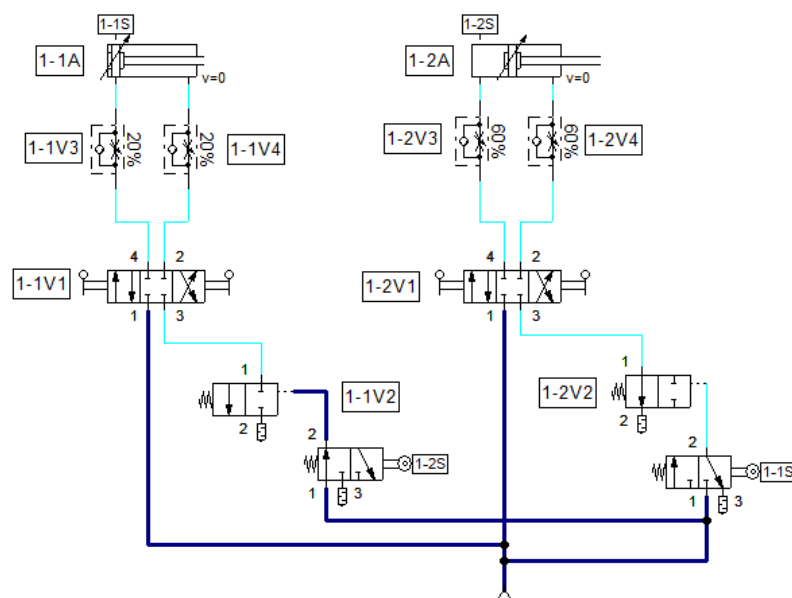


Figura 2.31: Cabezal en posición intermedia, marmita en posición de trabajo

3. Bloqueo de la marmita en la posición de trabajo, mientras el cabezal del agitador esté descendido.

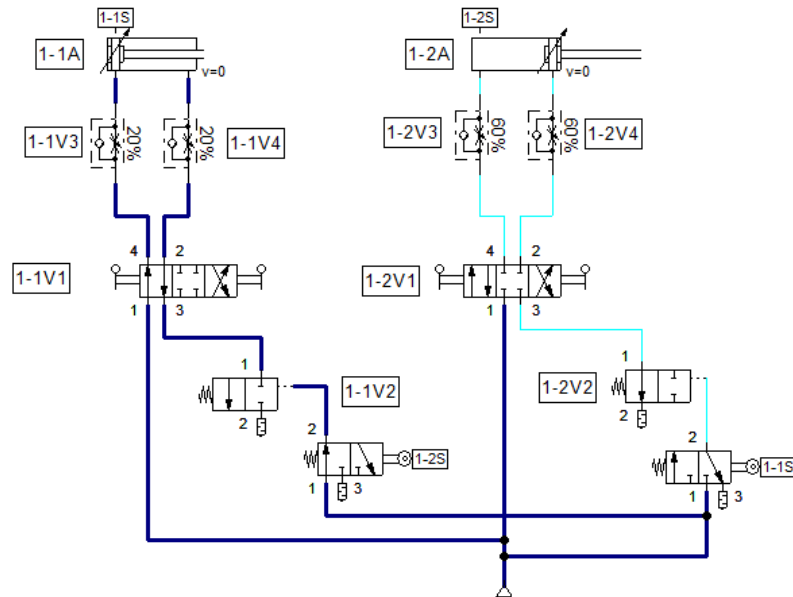


Figura 2.32: Cabezal descendido, marmita bloqueada en posición de trabajo

4. Volteo y retorno de la marmita, solo con el agitador elevado.

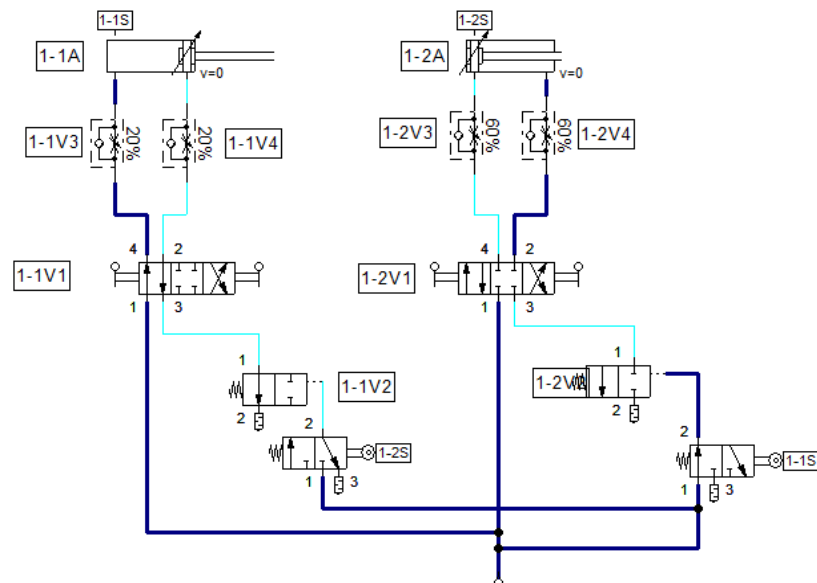


Figura 2.33: Marmita volteada, cabezal de agitador elevado

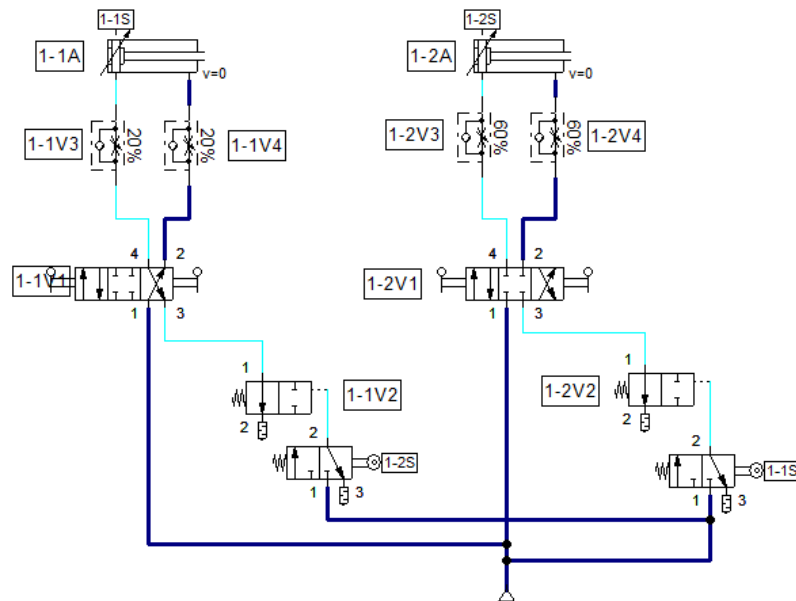


Figura 2.34: Retorno de marmita, cabezal de agitador elevado

5. La marmita debe poder detenerse en cualquier posición intermedia, siempre que el cabezal del agitador esté elevado.

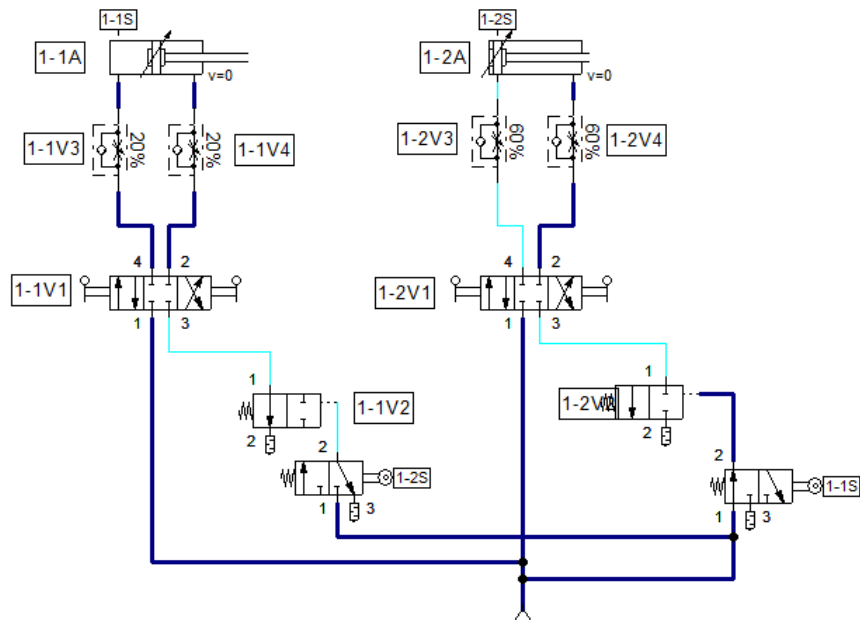


Figura 2.35: Marmita en posición intermedia, cabezal de agitador elevado

6. Bloqueo del cabezal en la posición elevado, mientras la marmita esté volteada.

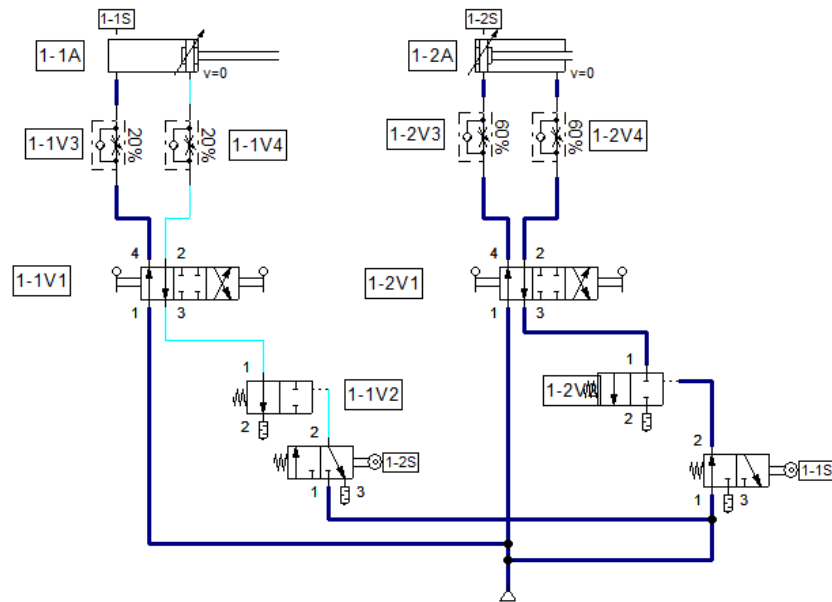


Figura 2.36: Marmita volteada, cabezal bloqueado en posición elevada

CAPÍTULO 3

3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

3.1. Cronograma general

El presente trabajo es parte del proyecto de repotenciación total del equipo, ejecutado por su propietario con el servicio de compañías especializadas en cada área. Incluye los siguientes trabajos:

- A. Adecuación de componentes mecánicos de la marmita.
- B. Repotenciación del motor agitador del cabezal.
- C. Implementación del sistema de vapor.
- D. Repotenciación del sistema neumático de volteo de la marmita y elevación del cabezal.
- E. Adecuación del espacio físico para la instalación del equipo.
- F. Montaje del equipo en sitio.

A continuación se muestran el cronograma general del proyecto, y el cronograma de la repotenciación del sistema neumático:

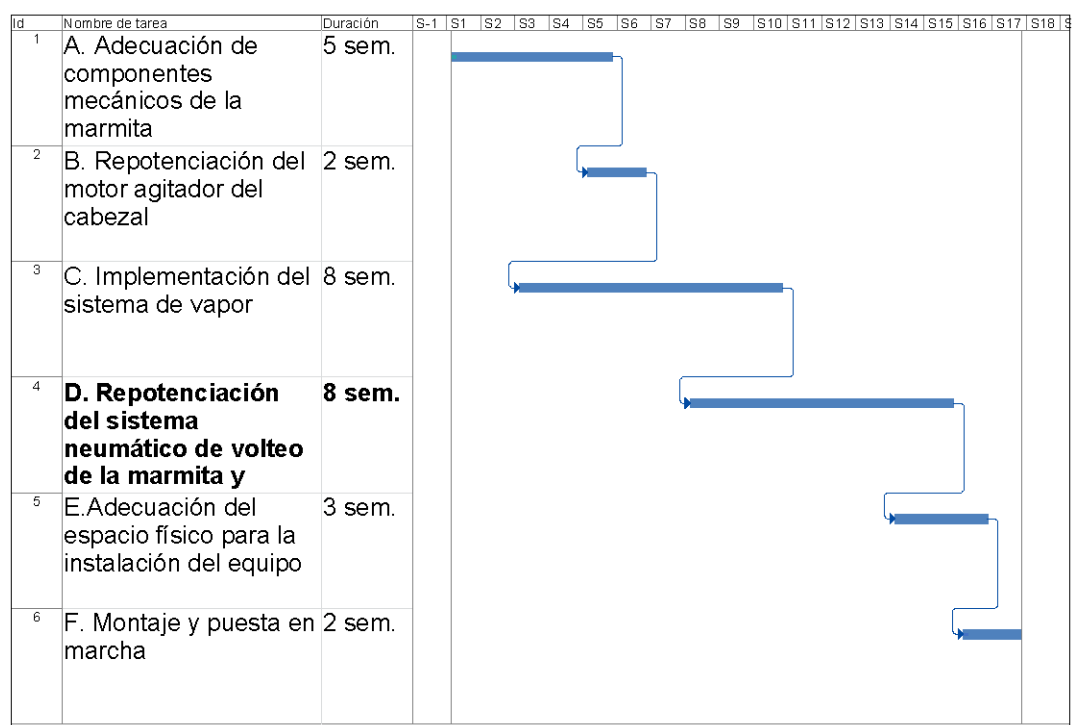


Figura 3.1: Cronograma general de repotenciación de la marmita

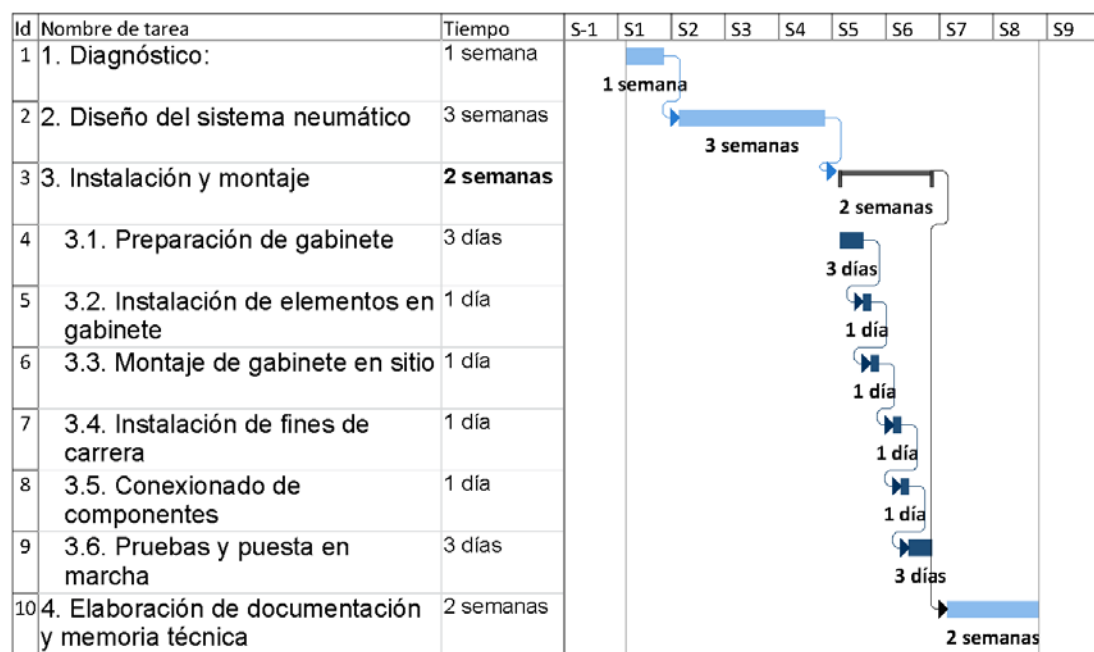


Figura 3.2: Cronograma de repotenciación del sistema neumático de volteo de la marmita y elevación del cabezal agitador

Las etapas mencionadas en la Figura 3.2 se detallan brevemente a continuación:

1. *Diagnóstico*: Se realiza el levantamiento de información sobre las condiciones específicas de operación requeridas para el sistema neumático y se verifica el estado de los componentes originales.
2. *Diseño del sistema neumático*: Se diseña el circuito neumático de acuerdo a las condiciones establecidas en el diagnóstico, y se dimensiona los componentes requeridos.
3. *Instalación y montaje*: Corresponde a la implementación del sistema diseñado, de acuerdo a las siguientes etapas:
 - 3.1. *Preparación de gabinete*: Se realizan las perforaciones en el gabinete para el posterior montaje de válvulas, tuberías y conectores. También se perfora la platina interior del gabinete (comúnmente conocida como plafón), para el montaje de la unidad de mantenimiento y válvulas. Finalmente se colocan rótulos informativos de las posiciones de operación del equipo.
 - 3.2. *Instalación de elementos en gabinete*: Se fija en el gabinete la unidad de mantenimiento, válvulas y conectores; además se instalan las tuberías flexibles que conectan los componentes al interior del gabinete, de acuerdo al circuito neumático diseñado.

3.3. *Montaje de gabinete en sitio:* Se prepara la estructura para la fijación del gabinete, y se fija el gabinete en el equipo.

3.4. *Instalación de fines de carrera:* Se fijan los fines de carrera en las inmediaciones de los actuadores, para que emitan las señales requeridas según el circuito neumático diseñado.

3.5. *Conexión de componentes:* Se conectan los actuadores con los elementos correspondientes del gabinete, usando la tubería flexible seleccionada, y se fijan las tuberías flexibles a la estructura, usando amarras plásticas. El cliente debe conectar la línea principal a la unidad de mantenimiento.

3.6. *Pruebas y puesta en marcha:* Se verifica el conexionado de los componentes, y se presuriza el sistema para identificar y corregir posibles fugas. Posteriormente se prueba la operatividad de la secuencia diseñada y se calibran las velocidades de operación según lo requerido por el proceso.

4. *Elaboración de documentación y memoria técnica:* Se elabora el informe técnico del trabajo, que incluye toda la información relacionada al diagnóstico, diseño y montaje del sistema.

Las fases 1 y 2 del trabajo se encuentran desarrolladas en los capítulos 1 y 2 de este informe, respectivamente. La fase 3 se desglosa en la sección 3.2, y la fase 4 corresponde a la totalidad del informe.

3.2. Instalación y montaje

Para garantizar la integridad del sistema, los componentes del circuito neumático se deben instalar en un gabinete metálico cerrado. Para mantener las condiciones de inocuidad de la planta y facilitar la operación del equipo, se usa un gabinete de acero inoxidable de dimensiones 500 mm. x 400 mm. x 200 mm. (Especificaciones completas en apéndice K) [21]. El gabinete tiene una platina interior (plafón), donde se montan los componentes internos (unidad de mantenimiento y válvulas de bloqueo de escape). En la puerta del gabinete se deben fijar las válvulas que controlan el movimiento de los actuadores, y los reguladores de velocidad.

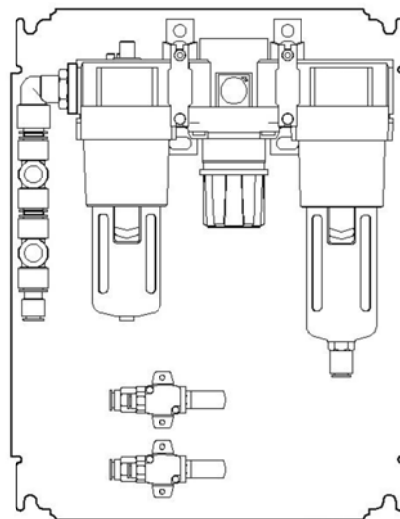


Figura 3.3: Configuración de componentes en plafón

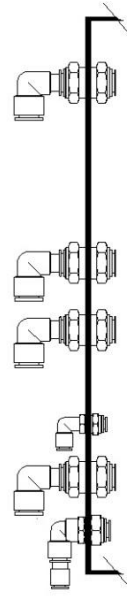


Figura 3.4: Configuración de componentes en pared lateral

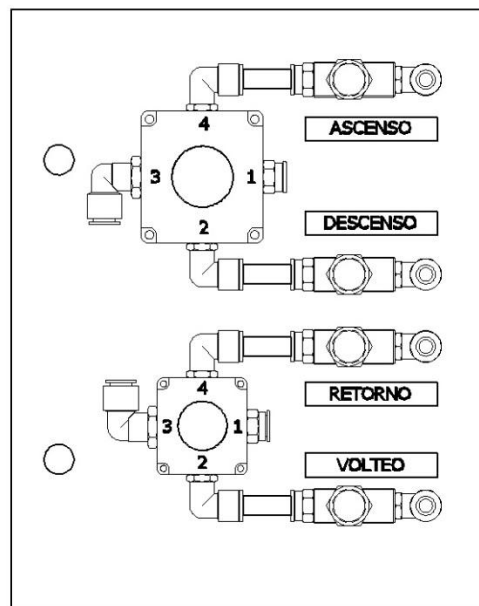


Figura 3.5: Configuración interior de gabinete (puerta)

De acuerdo a lo establecido en el cronograma, la instalación del sistema se realiza por etapas; a continuación se anota una guía para la ejecución de cada una de las etapas:

1. *Preparación de gabinete:*

- a. Deben realizarse perforaciones en la puerta, caras laterales y platina interior del gabinete, según se muestra en las figuras 3.6 a 3.8:

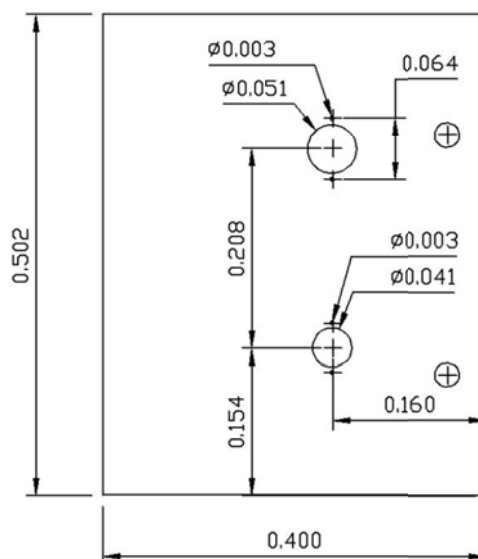


Figura 3.6: Detalle de perforaciones en puerta del gabinete (vista exterior)

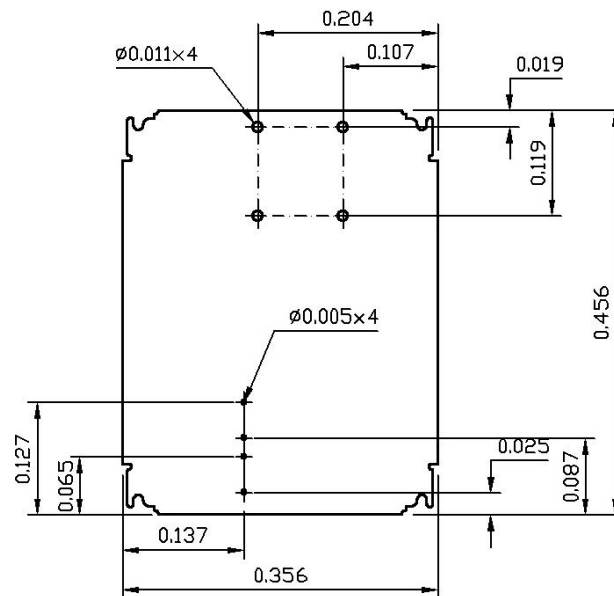


Figura 3.7: Detalle de perforaciones en plafón

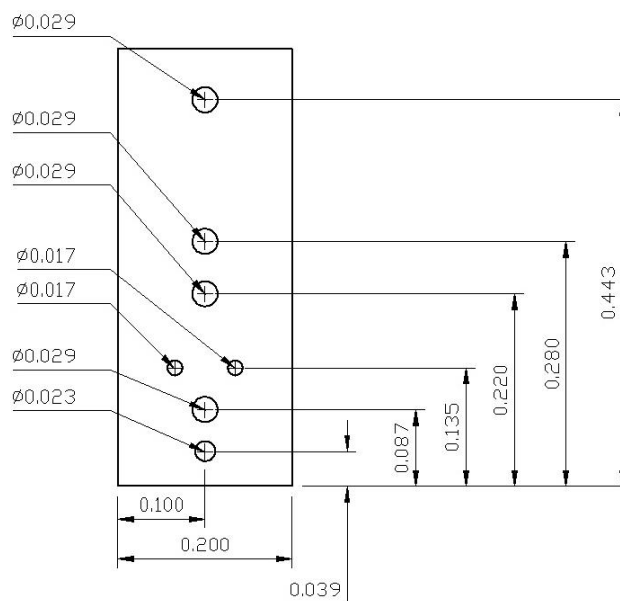


Figura 3.8: Detalle de perforaciones en cara lateral del gabinete

- b. Deben colocarse rótulos informativos en la puerta del gabinete, según se muestra en la figura 3.9:

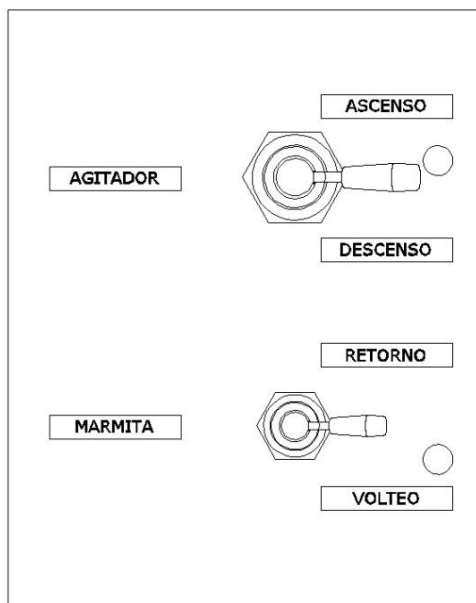


Figura 3.9: Ubicación de rótulos informativos en puerta del gabinete (vista exterior)

- c. Debe instalarse patas de fijación en la parte posterior del gabinete, según la especificación del fabricante [21]. Para el acople con la estructura, las patas deben ser colocadas en posición horizontal. Se acuerda con el proveedor que entregue el gabinete con los accesorios instalados.

2. *Instalación de elementos en gabinete:*

- a. Para el conexionado de los componentes de la unidad de mantenimiento, y para la fijación de los mismos en la platina interior, se usan accesorios “espaciadores con soporte” (especificaciones en Apéndice L) [14].

- b. Antes de fijar los elementos a la platina interior y puerta del gabinete, deben montarse conectores para el conexionado de la tubería flexible, de acuerdo a la tabla siguiente:

Tabla 28: Distribución de conectores por componente

COMPONENTE	CONEXIÓN	TIPO DE CONECTOR
Unidad de mantenimiento (1Z0)	Entrada	Tubería principal 1"
	Salida	Bushing de bronce 1"x½" y conector recto 16 mm. x ½"
Válvula manual de marmita (1-1V1)	Entrada (1)	Conector codo 90° 16 mm. x 3/8"
	Salida (2)	Conector codo 90° 16 mm. x 3/8"
	Salida(3)	Conector codo 90° 16 mm. x 3/8"
	Escape (4)	Conector codo 90° 12 mm. x 3/8"
Válvula manual de agitador (1-2V1)	Entrada (1)	Conector tipo T corrida 16 mm. x ½"
	Salida (2)	Conector codo 90° 16 mm. x ½"
	Salida(3)	Conector codo 90° 16 mm. x ½"
	Escape (4)	Conector codo 90° 12 mm. x ½"
Válvula de bloqueo de escape de marmita (1-2V1)	Entrada (1)	Conector codo 90° 12 mm. x 1/4"
	Salida (2)	Conector codo 90° 12 mm. x 1/4"
	Pilotaje (12)	Conector codo 90° 8 mm. x 1/8"
Válvula de bloqueo de escape de agitador (1-2V1)	Entrada (1)	Conector codo 90° 12 mm. x 1/4"
	Salida (2)	Conector codo 90° 12 mm. x 1/4"
	Pilotaje (12)	Conector codo 90° 8 mm. x 1/8"

Final de carrera marmita (1-1S)	Entrada (1)	Conector codo 90° 8 mm. x 1/8"
	Salida (2)	Conector codo 90° 8 mm. x 1/8"
Final de carrera agitador (1-2S)	Entrada (1)	Conector codo 90° 8 mm. x 1/8"
	Salida (2)	Conector codo 90° 8 mm. x 1/8"

- c. Deben montarse silenciadores en las conexiones de salida de las válvulas de bloqueo de los escapes (1-1V2 y 1-2V2).
- d. Los elementos se fijan en el gabinete utilizando los tornillos y tuercas provistos por el fabricante.
- e. El conexionado de los elementos internos ubicados en la puerta se realiza luego de montar el plafón y con la puerta totalmente abierta, procurando que las tuberías flexibles sean lo suficientemente largas como para doblarse al cerrar el gabinete con radios de curvaturas mayores al mínimo sugerido por el fabricante (apéndice J) [14].
- f. Las tuberías flexibles que deben salir del gabinete se deben acoplar con conectores pasamuros instalados en las paredes laterales del gabinete. Del lado exterior, en cada conector se acopla un codo con clavija para conectar la tubería flexible que va hasta el actuador, sin cambios bruscos de dirección.

3. Montaje de gabinete en sitio:

- a. Para instalar el gabinete, es necesario que se hayan fijado dos platinas de 2" en la estructura del equipo, de acuerdo a la posición de las patas de fijación del gabinete (detallado en apéndice K) [21]. La posición de las platinas se muestra en la figura 3.10. Se entregan las medidas requeridas, pero este trabajo se incluye en las actividades de adecuación de componentes mecánicos del equipo.

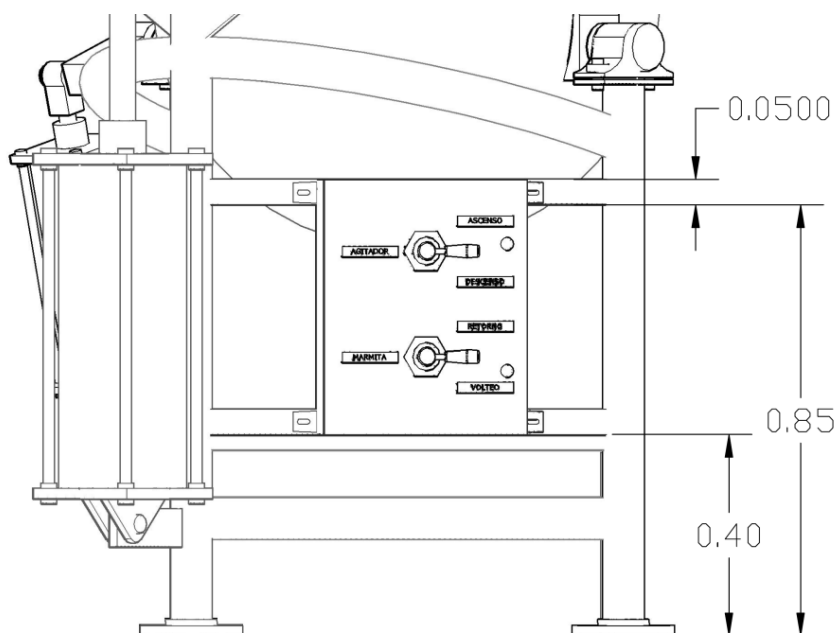


Figura 3.10: Ubicación de platinas de fijación del gabinete

- b. En las platinas deben realizarse las perforaciones necesarias para la fijación del gabinete con los tornillos provistos por el fabricante (figura 3.10).

- c. Al instalar el gabinete en su posición final, debe verificarse que la posición de montaje no interfiera con las salidas de los conectores pasamuros colocados en la cara lateral del gabinete. Además debe asegurarse el adecuado ajuste de los tornillos de fijación, para evitar problemas de vibración.

4. *Instalación de fines de carrera:*

- a. Antes de la instalación de los finales de carrera 1-1S y 1-2S en su posición de trabajo, deben colocarse los conectores respectivos. En vista de que los finales de carrera son idénticos, se detalla el posicionado de los conectores para garantizar la operación deseada:
 - i. El sensor 1-1S debe operar en posición normalmente cerrado (N.C.), por ende deben colocarse conectores tipo codo 90° 8 mm.x 1/8" en los puertos marcados como NC y OUT; en el puerto restante debe instalarse un silenciador de 1/8".
 - ii. El sensor 1-2S debe operar en posición normalmente abierto (N.O.), para ello deben colocarse conectores tipo codo 90° 8 mm.x 1/8" en los puertos marcados como NO y OUT; en el puerto restante debe instalarse un silenciador de 1/8".

- b. De acuerdo al circuito neumático, el final de carrera 1-1S debe emitir una señal cuando el actuador 1-1A ha completado la carrera de retorno (marmita en posición de operación). Para obtener esta señal, el final de carrera debe instalarse en la estructura que soporta a la chumacera de la marmita, de modo que el rodillo sea accionado por el brazo cuando la marmita llega a la posición de trabajo.

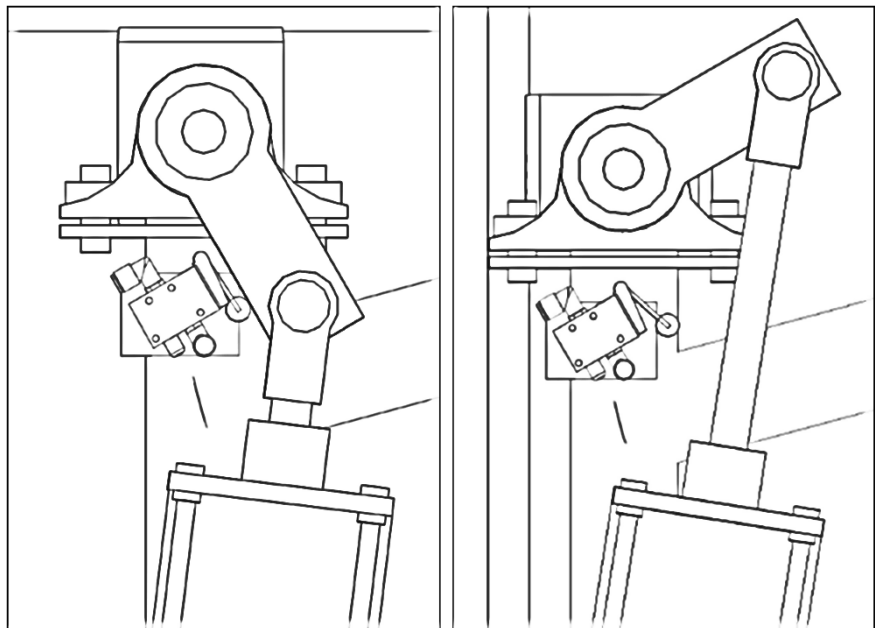


Figura 3.11: Montaje y operación de final de carrera 1-1S

- c. De acuerdo al circuito neumático, el final de carrera 1-2S debe cortar su señal cuando el actuador 1-2A ha completado su carrera efectiva de retorno (agitador en posición elevada). Para obtener esta señal, el final de

carrera debe instalarse en la estructura que soporta a la chumacera del agitador, de modo que el rodillo sea accionado por el brazo cuando el agitador llega a su posición elevada.

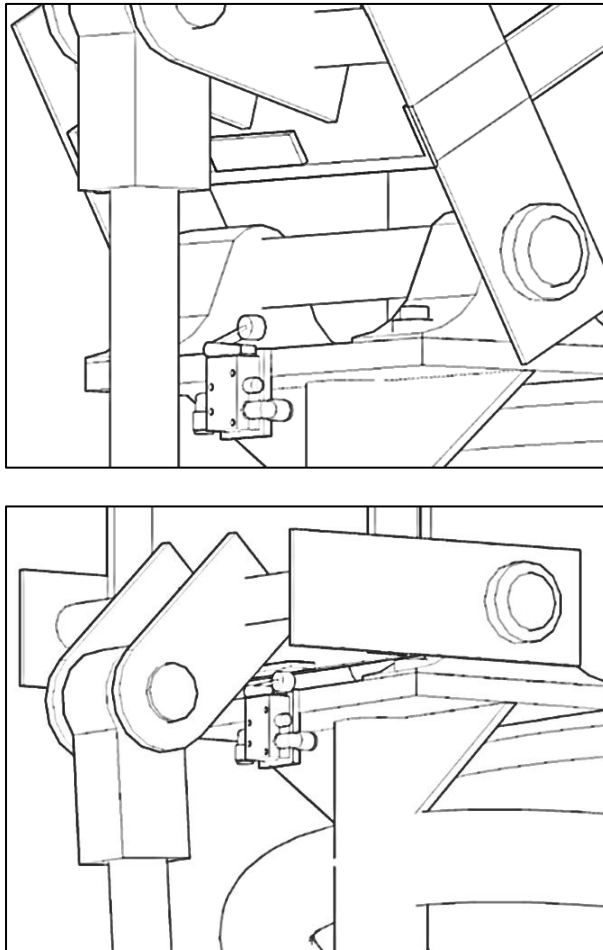


Figura 3.12: Montaje y operación de final de carrera 1-2S

5. Conexión de componentes:

- a. Previo al conexión del sistema, deben instalarse conectores tipo codo 90° de $\frac{1}{2}$ " x 16 mm. en las conexiones de los actuadores.

- b. Los componentes externos (actuadores y finales de carrera) se acoplan a los pasamuros del gabinete con tuberías flexibles de nylon, de acuerdo al dimensionado realizado y a las conexiones especificadas en el circuito neumático. Las tuberías flexibles deben fijarse con amarras plásticas a la estructura, por el lado externo de la misma (para reducir la exposición al calor emitido por la marmita).
- c. Previo al inicio de las pruebas, se debe instalar la bajante principal (tubería de acero galvanizado céd. 40 1”), una válvula de corte de paso total y conectarla con la unidad de mantenimiento que está en el gabinete, a través del agujero previsto en su cara lateral derecha. Esta tarea le corresponde al responsable de la adecuación del espacio físico para la instalación del equipo.

6. *Pruebas y puesta en marcha:*

- a. En primera instancia se revisa que cada uno de los componentes esté conectado de acuerdo al circuito neumático, y se hace verifica el ajuste de todas las conexiones roscadas y de acople rápido.
- b. Previo a la presurización del sistema, se verifica que las válvulas 1-1V1 y 1-2V1 estén en la posición central y los reguladores de caudal estén totalmente cerrados.

- c. Para la presurización del sistema se abre la válvula de corte de la línea principal en un 25%, y se mueve la perilla del regulador para fijar la presión en el nivel de diseño (0,7 MPa); luego se abre totalmente la válvula de corte.
- d. Para la prueba, inicialmente se acciona la válvula 1-2V1 para elevar el agitador; sin embargo, no habrá movimiento ya que el regulador de velocidad respectivo (1-2V3) está cerrado. Luego se abre progresivamente el regulador de velocidad, hasta que el responsable del equipo quede conforme con la velocidad de ascenso del agitador.
- e. Una vez que el agitador ha llegado a su posición elevada, se coloca la válvula 1-2V1 en su posición central y se verifica que el final de carrera 1-2S haya sido accionado. En caso de que no haya ocurrido, debe despresurizarse el sistema, modificar el montaje, y repetir el procedimiento hasta que se accione apropiadamente.
- f. Con el agitador en su posición elevada y el final de carrera accionado, se puede realizar la prueba del movimiento de volteo de la marmita. De manera similar, se acciona la válvula 1-1V1 para voltear la marmita; sin embargo, no habrá movimiento ya que el regulador de velocidad 1-1V4 está cerrado. Luego se abre progresivamente el regulador

de velocidad, hasta que el responsable del equipo quede conforme con la velocidad de volteo de la marmita.

- g. Una vez que la marmita está volteada hasta el punto deseado por el responsable del equipo, se coloca la válvula 1-1V1 en su posición central y se verifica que quede bloqueada en la última posición.
- h. A continuación se prueba que el agitador esté bloqueado en la posición elevada. Esto se realiza moviendo la válvula 1-2V1 a la posición de descenso del agitador, y abriendo ligeramente el regulador de velocidad 1-2V3 para comprobar que el cabezal no se mueve. Si se observa movimiento, debe colocarse la válvula en la posición central de inmediato, despresurizar el sistema, corregir las conexiones de los finales de carrera y repetir el procedimiento para asegurar que no exista movimiento. Luego de realizar la prueba, debe volverse a cerrar el regulador de velocidad 1-2V3.
- i. A continuación se ajusta la carrera de retorno de la marmita. Se acciona la válvula 1-1V1 para retornar la marmita; sin embargo, no habrá movimiento ya que el regulador de velocidad 1-1V3 está cerrado. Luego se abre progresivamente el regulador de velocidad, hasta que el

responsable del equipo quede conforme con la velocidad de retorno de la marmita.

- j. Una vez que la marmita está en su posición de trabajo, se coloca la válvula 1-1V1 en su posición central y se verifica que el final de carrera 1-1S haya sido accionado. En caso de que no haya ocurrido, debe despresurizarse el sistema, modificar el montaje, y repetir el procedimiento hasta que se accione apropiadamente.
- k. Con la marmita en su posición de trabajo y el final de carrera accionado, se puede realizar la prueba del movimiento de descenso del agitador. De manera similar, se acciona la válvula 1-2V1 para descender el agitador; sin embargo, no habrá movimiento ya que el regulador de velocidad 1-2V4 está cerrado. Luego se abre progresivamente el regulador de velocidad, hasta que el responsable del equipo quede conforme con la velocidad de descenso del agitador.
- l. Una vez que el agitador está en su posición de trabajo, se coloca la válvula 1-2V1 en su posición central y se prueba que la marmita esté bloqueada en la posición de trabajo. Esto se realiza moviendo la válvula 1-1V1 a la posición de volteo de la marmita, Si se observa movimiento de la

marmita, debe colocarse la válvula en la posición central de inmediato, despresurizar el sistema, corregir las conexiones de los finales de carrera y repetir el procedimiento para asegurar que no exista movimiento.

- m. A continuación se debe ajustar las velocidades de volteo y retorno de la marmita con carga. Para esto se eleva el cabezal agitador, se llena la marmita de agua y se prueban los movimientos de ascenso y descenso; se deberá hacer un último ajuste a las velocidades de volteo y retorno de la marmita mediante el giro de las perillas de los reguladores 1-1V4 y 1-1V3 respectivamente.
- n. Las velocidades calibradas se bloquean mediante el ajuste de las tuercas ubicadas debajo de las perillas de los reguladores de velocidad.
- o. Finalmente, se cierra el gabinete y queda listo para la puesta en marcha del equipo. Se debe insistir que es indispensable que las válvulas 1-1V1 y 1-2V1 deben permanecer siempre en la posición central, y solo deben manipularse para mover alguno de los componentes del sistema.

3.3. Presupuesto

A continuación se presenta el desglose de los costos asociados a la implementación del sistema:

Tabla 29: Presupuesto general

No.	DESCRIPCIÓN	COSTO (\$)
1	Diseño del sistema	3500,00
2	Materiales	2460,00
3	Instalación y montaje	2750,00
	SUBTOTAL	8710,00
	I.V.A. (12%)	1045,20
	TOTAL:	\$ 9755,20

A continuación se presenta el presupuesto detallado de los materiales requeridos para la instalación del sistema:

Tabla 30: Presupuesto detallado de materiales

No.	CANT.	DESCRIPCIÓN	MARCA	CÓDIGO FÁBRICA	P. UNIT.	P. TOTAL
1	1	Gabinete acero inoxidable 500x400x200 mm.	Legrand	352 02	226,50	226,50
2	1	Platina interior para gabinete	Legrand	360 55	22,20	22,20
3	1	Conjunto de fijación para gabinete	Legrand	364 06	13,30	13,30
4	10	Rótulos plásticos grabados 60x20 mm.	Fabricación local	-	4,50	45,00
5	1	Filtro de partículas 5 µm, conexión 1" con purga automática	SMC	AF50-10D	121,80	121,80
6	1	Regulador de presión 1" con manómetro	SMC	AR50-10E	144,00	144,00

7	1	Lubricador 1"	SMC	AL50-10	65,65	65,65
8	2	Espaciador con soporte	SMC	Y600T	19,20	38,40
9	1	Válvula 4 vías/3 posiciones centro cerrado 3/8" accionamiento por palanca	SMC	VH310-03	121,55	121,55
10	1	Válvula 4 vías/3 posiciones centro cerrado 1/2" accionamiento por palanca	SMC	VH410-04	129,25	129,25
11	2	Válvula 2 vías/2 posiciones N.A. 1/4" accionamiento pilotaje neumático	SMC	VNA102-8A-B	145,00	290,00
12	2	Válvula mecánica 3 vías/2 posiciones 1/8" accionada por rodillo	SMC	VM430-01-01S	77,00	154,00
13	4	Regulador de velocidad en línea 1/2"	SMC	AS4000-04	25,00	100,00
14	2	Silenciador 1/4"	SMC	AN20-02	9,00	18,00
15	2	Rollo de tubería flexible nylon 16 mm. x 20 m.	SMC	TS1613-20	150,00	300,00
16	1	Rollo de tubería flexible nylon 12 mm. x 20 m.	SMC	TS1209-20	110,00	110,00
17	2	Rollo de tubería flexible nylon 8 mm. x 20 m.	SMC	TS0806-20	28,00	56,00
18	6	Conector recto 16 mm. x 1/2"	SMC	KQ2H16-04	8,00	48,00
19	13	Conector codo 90° 16 mm. x 1/2"	SMC	KQ2L16-04	10,60	137,80
20	2	Conector codo 90° 12 mm. x 1/2"	SMC	KQ2L12-04	8,50	17,00
21	2	Conector recto 12 mm. x 1/4"	SMC	KQ2H12-02	5,40	10,80

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

1. De la revisión realizada al equipo en sus condiciones iniciales, se concluye que se realizaron muchas modificaciones en el sistema de control de la marmita original, en la mayoría de los casos con deficiente criterio técnico.
2. Los actuadores usados en el sistema original para reemplazar el arreglo electromecánico original de volteo de la marmita están claramente sobredimensionados tanto en diámetro como en carrera, sin embargo fueron reutilizados en la repotenciación.
3. El circuito neumático utilizado en el sistema original para controlar los actuadores de volteo y del agitador no tomaba en consideración las restricciones que debía tener el sistema para garantizar su integridad, pues no bloqueaba el volteo de la

marmita cuando el cabezal estaba descendido ni evitaba que se baje el cabezal agitador mientras la marmita estaba en posición volteada.

4. En los cálculos realizados se notó que las velocidades requeridas por el sistema son bastante bajas; esto fue corroborado por la verificación realizada con el software provisto por el fabricante. A bajas velocidades, es preferible implementar sistemas hidráulicos y/o electromecánicos; sin embargo se optó por mantener el sistema neumático debido a que el proceso de producción que se desarrolla en la fábrica exige condiciones de inocuidad, lo cual es difícil de garantizar con sistemas hidráulicos, y por otro lado los equipos electromecánicos pueden sufrir daños durante la limpieza que se efectúa usando chorros de agua.

4.2. Recomendaciones

1. Desde el punto de vista técnico es recomendable utilizar actuadores correctamente dimensionados, para optimizar el consumo de aire comprimido y mejorar la eficiencia energética del sistema; en la repotenciación se utilizó los actuadores existentes para evitar que el costo inicial del proyecto se eleve excesivamente.

2. Debe diseñarse un plan de mantenimiento preventivo para el sistema neumático del equipo, incluyendo por lo menos las siguientes actividades:
 - a. Verificación de la posición de montaje y la operatividad de los finales de carrera, para garantizar la operatividad del sistema neumático.
 - b. Mantenimiento periódico de los actuadores neumáticos, para asegurar su operatividad mecánica.
 - c. Renovación periódica del elemento filtrante de la unidad de mantenimiento y silenciadores de válvulas, para evitar su saturación y taponamiento.
 - d. Suministro constante de lubricante en el lubricador de la unidad de mantenimiento, para asegurar la óptima operación de los actuadores.
 - e. Revisión del estado físico de las tuberías flexibles, que pueden verse afectadas en su integridad por la exposición a altas temperaturas.
 - f. Identificación y eliminación de fugas de aire que pueden afectar la operatividad del sistema e incrementan el consumo de aire del equipo.

APÉNDICES

Apéndice A: Marmita DH/INA/2-100

Apéndice B: Válvulas manuales Serie VH

Apéndice C: Válvulas de proceso Serie VNA

Apéndice D: Silenciadores Serie AN

Apéndice E: Reguladores de velocidad Serie AS

Apéndice F: Finales de carrera Serie VM400

Apéndice G: Filtros de línea Serie AF

Apéndice H: Reguladores de presión Serie AR

Apéndice I: Lubricadores Serie AL

Apéndice J: Tubería flexible de nylon Serie TS

Apéndice K: Gabinetes metálicos Legrand

Apéndice L: Espaciadores Serie Y

Apéndice M: Tubería flexible de nylon Serie TS

BIBLIOGRAFÍA

1. TECNOFLUIDO - Ingeniería de fluidos. Web corporativa. 2010
<http://www.tecnofluido.com.ec/index-2.html>
2. INGERSOLL RAND. Catalogo de compresores de aire de tornillo rotativo refrigerados lubricados. 2009.
<http://www.ingersollrandproducts.com/eu-es/products/air/rotary-contact-cooled-air-compressors>
3. AQUA-CALC. Conversions and calculations. <http://www.aqua-calc.com/calculate/food-weight-to-volume#density-table>
4. GROEN, a DOVER company. Catalogo de marmitas CapKold. 2008.
<http://unifiedbrands.net/index.php?id=191>
5. INEN – Instituto Ecuatoriano de Normalización - ¿Quiénes Somos?. 2009.
http://www.inen.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=69&Itemid=29
6. ISO – International Organization for Standardization –
<http://www.iso.org/iso/home.htm>

7. ISO – ISO Standards Catalog

http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=52232

8. Norma internacional ISO 1219-1:2012. Fluid power systems and components -- Graphical symbols and circuit diagrams -- Part 1: Graphical symbols for conventional use and data-processing applications.
9. Norma internacional ISO 1219-2:2012. Fluid power systems and components -- Graphical symbols and circuit diagrams -- Part 2: Circuit diagrams.
10. EURO INOX. Manual de diseño para Acero Inoxidable Estructural. Steel Construction Institute. 2006.
11. NORD. Catálogo de motorreductores. <http://www.nord.com>
12. MILLÁN TEJA, Salvador. Automatización Neumática y Electroneumática. Biblioteca Técnica NORGREN, 1995
13. BERRÍO, Luis Giovanny. Neumática Básica. ITM. 2007.
14. Best Pneumatics Catalog. SMC Corporation. 2004
15. GEA PUERTAS, José Manuel. Circuitos básicos de ciclos neumáticos y electroneumáticos. MARCOMBO, 1998.
16. HERAS JIMENEZ, Salvador. Instalaciones Neumáticas. Editorial UOC. 2003.

17. MAJUMDAR, S.R. Pneumatic Systems: Principles and Maintenance.
Tata McGraw Hill. 1995
18. ASTM A53 / A53M - 12 Standard Specification for Pipe, Steel, Black
and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless
19. Model Selection Software v4.0.08. SMC Corporation.
20. FluidSIM v3.6. Festo Didactic
21. LEGRAND. Gabinetes industriales. Catálogo de productos.
<http://www.legrand.com.mx>

APÉNDICE A

MARMITA DH/INA/2-100

Self-Contained, Gas Heated, Tilting Kettle with Non Tilt-Out Agitator

☐ DH/INA/2-100 [100 Gal.]

General Description:

CapKold® Model DH/INA/2-100 gallon working capacity, self-contained, high efficiency 360,000 BTU/hr gas fired, hemispheric bottom steam jacketed kettle, with inclined agitator. Electrically driven worm gear tilts kettle body to simplify product loading, kettle cleaning and transfer of non-pumpable products. Agitator assembly tilts with the kettle body. 50 PSI maximum jacket operating pressure, 3" air operated drop down outlet valve and variable speed agitator drive.

Kettle Construction:

- 50 PSI, ASME Code hemispheric bottom kettle jacket construction and National Board registered
- C.S.A. Design Certified and NSF listed
- High efficiency fin tube gas heat exchanger with 360,000 BTU/hr maximum power input
- Reinforced bar rim and flow control pouring lip
- Electrically driven worm gear tilt of kettle body and agitator assembly for pouring and cleaning
- Electronic ignition
- 3" air operated drop down stainless steel outlet valve mounted flush to kettle bottom
- Type 316 stainless steel kettle interior and all wetted parts, type 304 elsewhere
- 3/4" rim mounted water fill faucet
- Compressed air connection for CapKold® Pump/Fill Station (see CKPF/3)
- 100 gallon working capacity
- NSF listed

Agitator Design:

- Fixed, inclined entry style agitator located 45° to left of center line
- 2 horsepower variable speed agitator drive with precise control from 4-36 RPM
- Agitator assembly tilts with kettle body



Integral Control Package:

- Digital product temperature indicator/controller
- Pilot light indicator
- Dual safety agitator start switches
- Variable speed agitator control
- Emergency agitator stop button
- Power ON indicator light
- Kettle body tilt switch and indicator
- Low water (kettle jacket) indicator light
- Pre-set automatic water metering
- Agitator jog button (partial rotation at 4 RPM)

Options & Accessories:

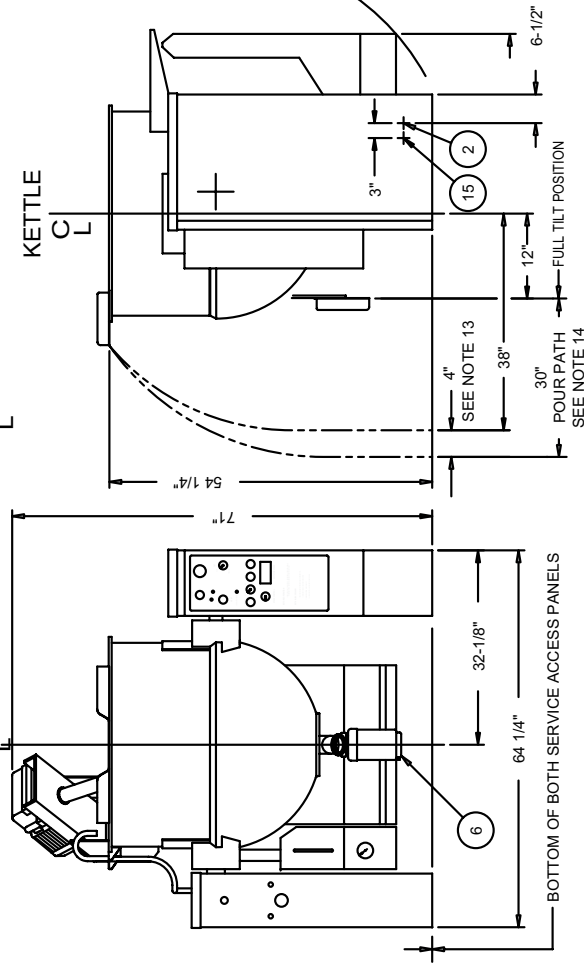
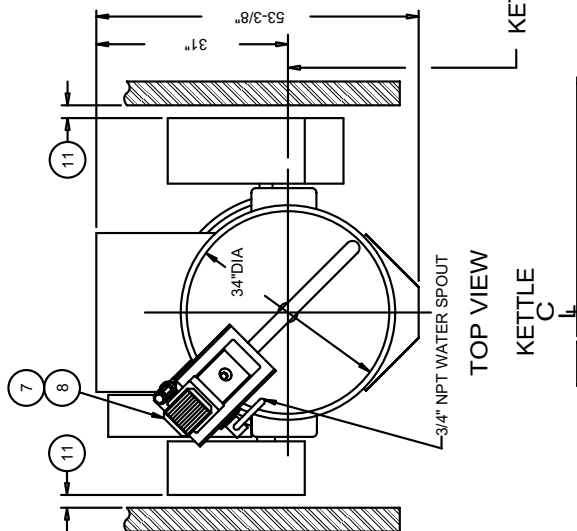
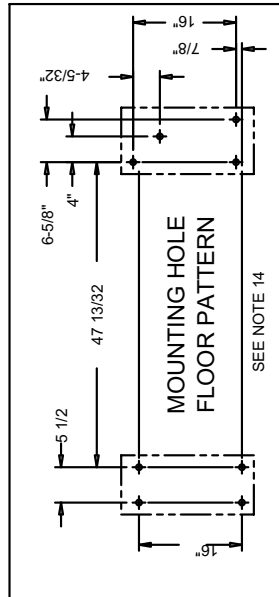
- ☐ Product temperature chart recorder
- ☐ 2 piece hinged cover
- ☐ Removable pouring lip mounted product strainer
- ☐ Prison package
- ☐ Lip Strainer

SELF-CONTAINED, GAS HEATED, TILTING KETTLE WITH NON-TILT OUT INCLINED AGITATOR

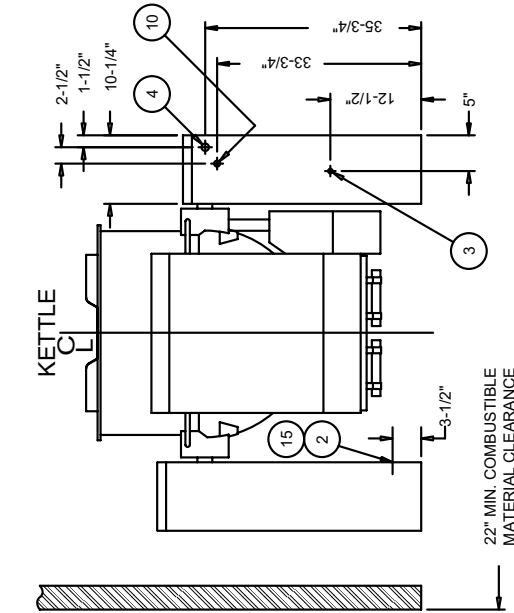
- PRODUCT SPECIFICATIONS:**
1. INPUT RATE: 360,000 BTU/HR
 2. ELECTRICAL CONNECTION 1/2" CONDUIT
 3. ELECTRICAL SUPPLY VOLTAGE: 208/240/480 VAC
 - 3 PHASE 60 Hz
 - 3/8" NPT AIR SUPPLY: 100 PSI MAX.
 4. 1" NPT GAS SUPPLY
 5. 50 PSI ASME APPROVED
 6. 3" AIR ACTUATED BOTTOM DROP DOWN VALVE
 7. 2 H.P. VARIABLE SPEED AGITATOR MOTOR
 8. ELECTRIC MOTOR DRIVEN POWER TILT FEATURE
 9. APPROX. SHIPPING WEIGHT: 1750 LBS
 10. COLD WATER SUPPLY - 3/4" HOSE CONNECTION 0.34 GPM @ 30 PSI (SUPPLY 30 PSI MIN. & 60 PSI MAX.)
 11. 24" SERVICE CLEARANCE REQUIRED
 12. UNIT MUST BE MOUNTED ON NON-COMBUSTIBLE FLOORING.
 13. PRODUCT OVERFLOW WHEN KETTLE IS STOPPED DURING TILT CYCLE
 14. 42" DRAIN RECOMMENDED
 15. RECOMMENDED LOCATION FOR ACCESS TO 4-20 MA FOOD PROBE OUTPUT ON CONTROLLER.

INCOMING GAS SUPPLY PRESSURES		POWER SUPPLY	
GAS TYPE	MINIMUM	MAXIMUM	VOLTAGE
NATURAL	7" W.C.	14" W.C.	208
PROPANE	11" W.C.	14" W.C.	240
			480

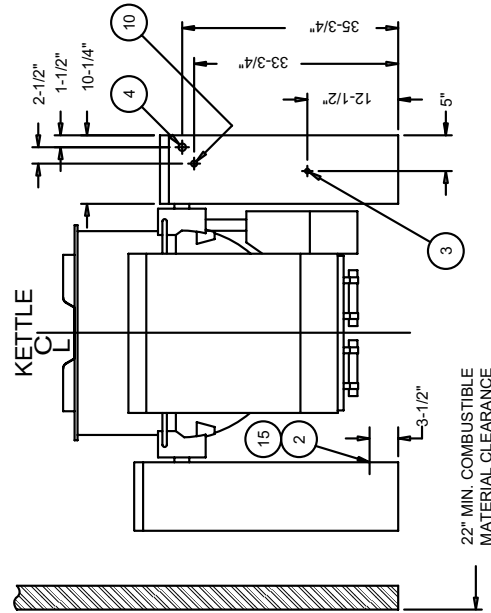
INCOMING GAS SUPPLY PRESSURES		POWER SUPPLY	
GAS TYPE	MINIMUM	MAXIMUM	VOLTAGE
NATURAL	7" W.C.	14" W.C.	208
PROPANE	11" W.C.	14" W.C.	240
			480



FRONT VIEW
P/N 115211 REV. E



RIGHT SIDE VIEW
MOTOR AND BRIDGE ASSY. NOT SHOWN IN THIS VIEW

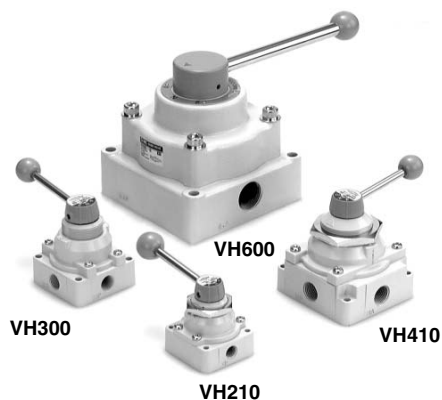


REAR VIEW
MOTOR AND BRIDGE ASSY. NOT SHOWN IN THIS VIEW

APÉNDICE B

VÁLVULAS MANUALES SERIE VH

Hand Valve Series *VH*



Specifications

Fluid	Air	
Proof pressure	1.5 MPa	
Max. operating pressure	VH200/300/400	1.0 MPa
	VH600	0.7 MPa
Ambient temperature and operating fluid temperature	-5 to 60°C (No freezing)	
Operating angle	90°	
Lubrication	Not required (Use turbine oil Class 1 ISO VG32, if lubricated.)	

Option

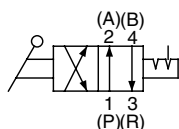
Bottom ported	VH300/400
Panel mounted	VH200/300/400
Different P port location (On handle side)	All models applicable *



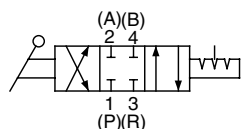
* Note that 1(P) port of VH600 is located on handle side as standard.

Model

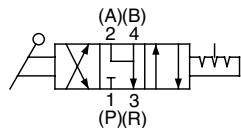
JIS Symbol 2 position



Closed center

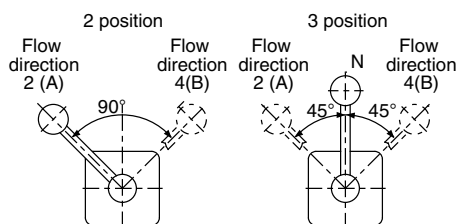


Exhaust center



Handle Operation Angle and Air Flow Direction

(Refer to the figures of piping direction to the right.)



Series	Port size Rc	Number of positions	Piping direction	Model		Effective area (mm²)	Weight (kg)	
				Body mounted	Panel mounted			
VH2	1/4	3 (Closed center)		VH200-02	VH210-02	7.5	0.42	
		3 (Exhaust center)		VH201-02	VH211-02			
		2 (Position)		VH202-02	VH212-02			
VH3	1/4, 3/8	3 (Closed center)		VH300-02/03	VH310-02/03	Rc 1/4: 17	0.71	
		3 (Exhaust center)		VH301-02/03	VH311-02/03			
		2 (Position)		VH302-02/03	VH312-02/03			
		3 (Closed center)		VH320-02/03	VH330-02/03	Rc 3/8: 20		
		3 (Exhaust center)		VH321-02/03	VH331-02/03			
		2 (Position)		VH322-02/03	VH332-02/03			
VH4	1/4 to 3/4	3 (Closed center)		VH400-02 to 06	VH410-02 to 06	Rc 1/4: 45	1.28	
		3 (Exhaust center)		VH401-02 to 06	VH411-02 to 06			Rc 3/8: 49
		2 (Position)		VH402-02 to 06	VH412-02 to 06			
		3 (Closed center)		VH420-02 to 06	VH430-02 to 06	Rc 3/4: 58		
		3 (Exhaust center)		VH421-02 to 06	VH431-02 to 06			
		2 (Position)		VH422-02 to 06	VH432-02 to 06			
VH6	3/4, 1	3 (Exhaust center)		VH600-06/10	—	Rc 3/4: 185 Rc 1: 194	9.7	

How to Order

VH 2 0 1 — 02 —

Hand valve •

Body size (Base size) •

2	1/4 base
3	3/8 base
4	1/2 base
6	1 base

Piping/Mounting •

Symbol	Piping ^(Note)	Mounting method
0	Side	Body
1	Side	Panel mounting
2	Bottom	Body
3	Bottom	Panel mounting

 Note) Only side piping is available for VH200 and VH600 and R port is located on the bottom.

1(P) port location

R	1(P) port 180° location change
L	Long handle (Applicable to VH300/400)

* When specifying more than one option, indicate symbols alphabetically.

Port size (Nominal size)

02	1/4
03	3/8
04	1/2
06	3/4
10	1

Thread type

Nil	Rc
N	NPT
F	G

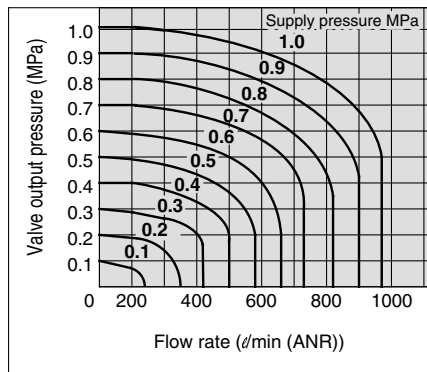
Function •

0	3 position closed center
1	3 position exhaust center
2	2 position

Flow Characteristics

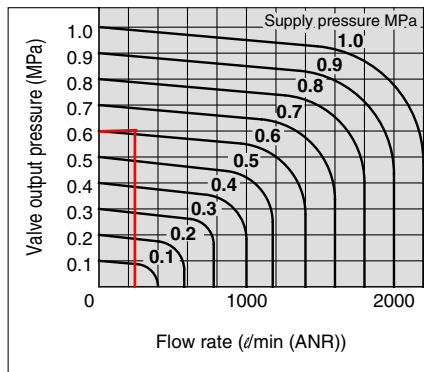
VH200

Effective area S = 7.5 mm²



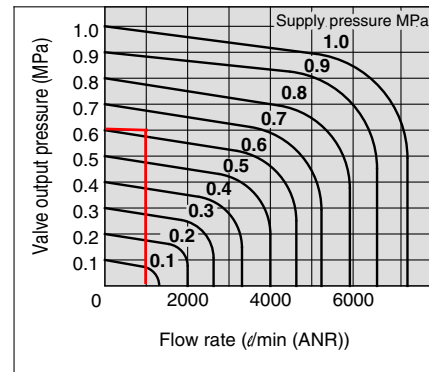
VH300

Effective area S = 20 mm²



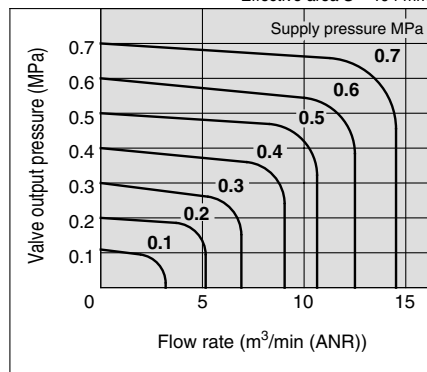
VH400

Effective area S = 55 mm²



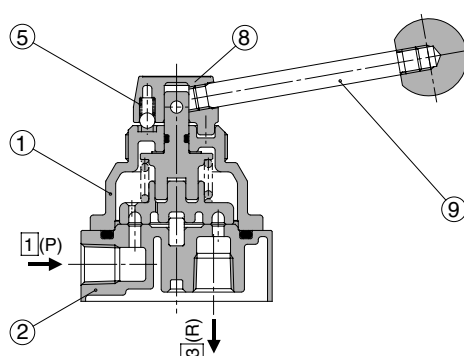
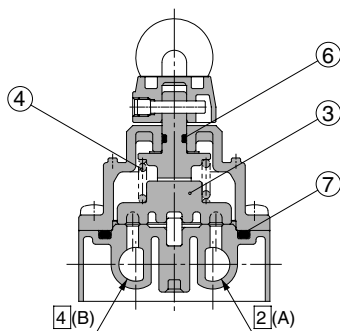
VH600

Effective area S = 194 mm²

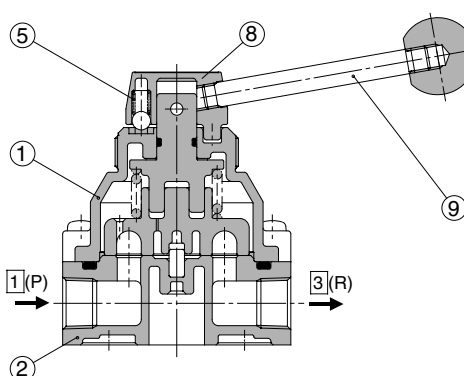
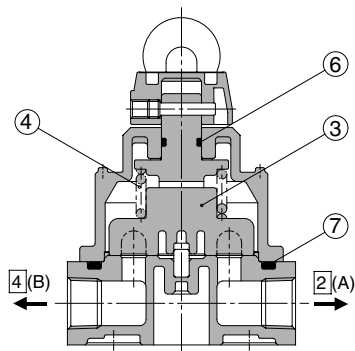


Construction

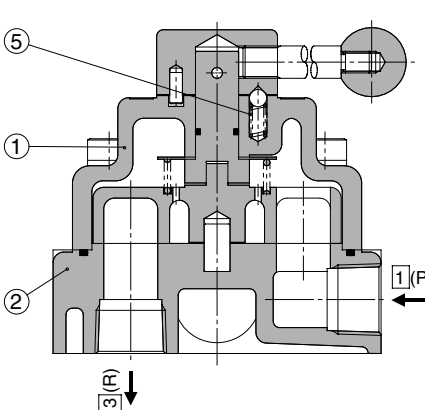
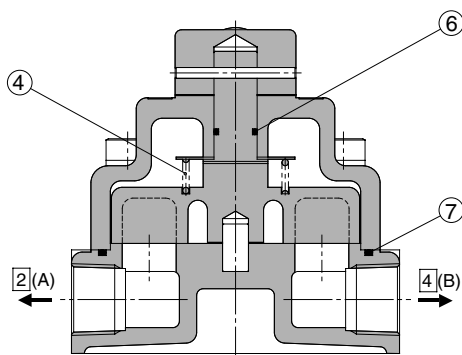
VH200



VH300/400



VH600



S□A

V□A

S□A

V□A

VM

VR

VH

VHS

Component Parts

No.	Description	Material	
		VH200/300/400	VH600
①	Cover	Zinc die-casted	Cast iron
②	Body	Aluminium die-casted	Cast iron

Replacement Parts

No.	Description	Material	Part no.			
			VH200	VH300	VH400	VH600
③	Slide ring	Resin	244026 244026-1*	244120 244120-1*	244219 244219-1*	—
④	Slide ring spring	Piano wire	24408-1	24416-3	24425-6	240417
⑤	Check ball spring	Piano wire	24077	240359	240359	24047
⑥	O-ring	NBR	JIS B 2401 P5	JIS B 2401 P10	JIS B 2401 P10	JIS B 2401 P15
⑦	O-ring	NBR	JIS B 2401 P42	JIS B 2401 G55	JIS B 2401 P71	JIS B 2401 G120
⑧	Handle head	Zinc alloy	24403	24413	24413	—
⑨	Handle rod assembly	—	2407102A	2407102A (2407114A)	2407102A (2407114A)	—

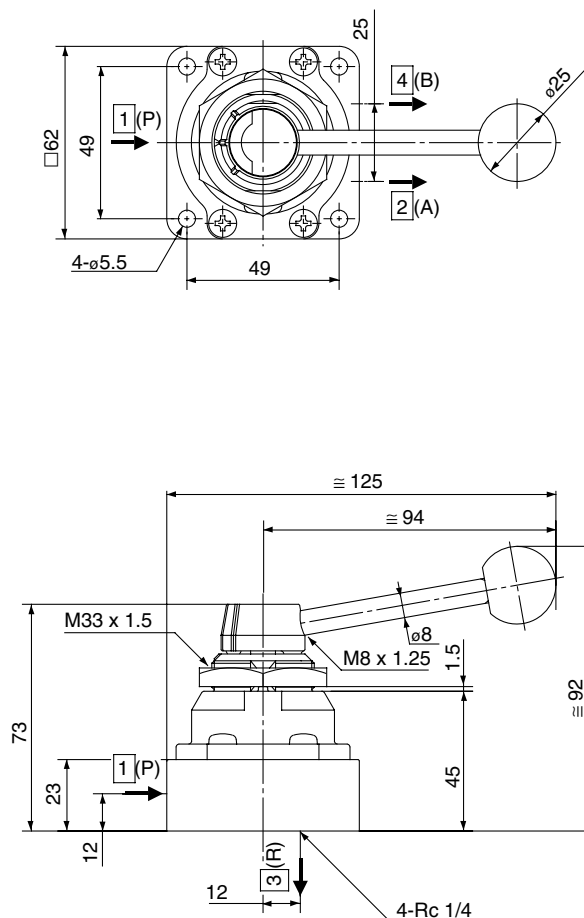
* In the case of the exhaust center type.
(): Long handle type

Part No. of Lock Nut for Panel Mounting

Series	Part no.
VH200	244010
VH300	24418
VH400	240258

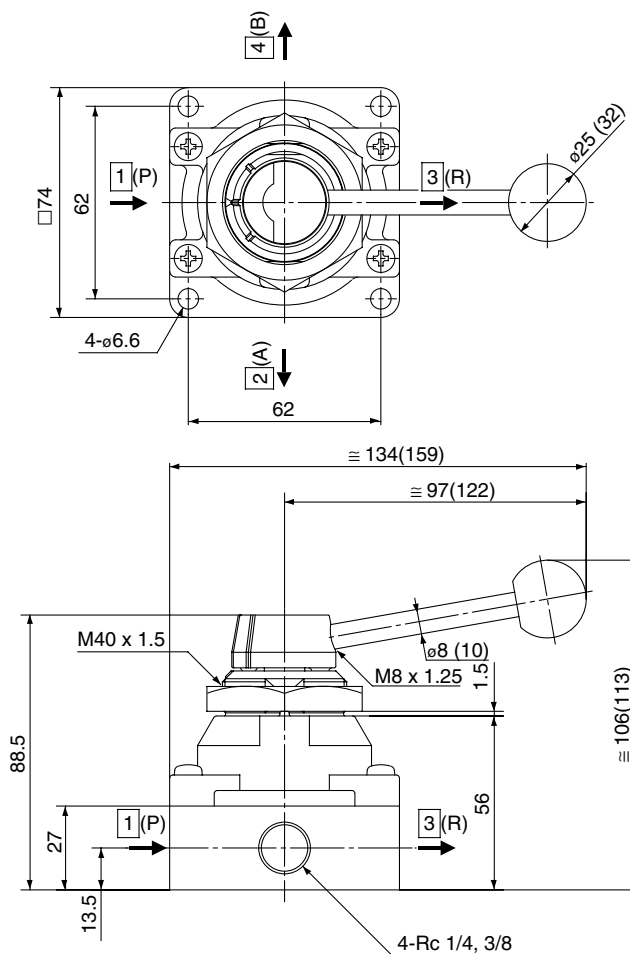
Dimensions: Panel Mounted

VH21□-02



VH31□-02/03

(): Long handle type



S□A

V□A

S□A

V□A

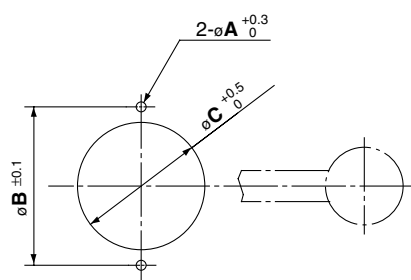
VM

VR

VH

VHS

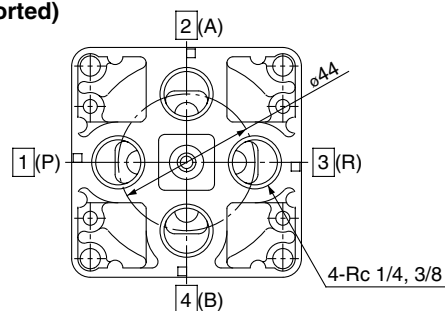
Panel cut dimension



Max. panel thickness D

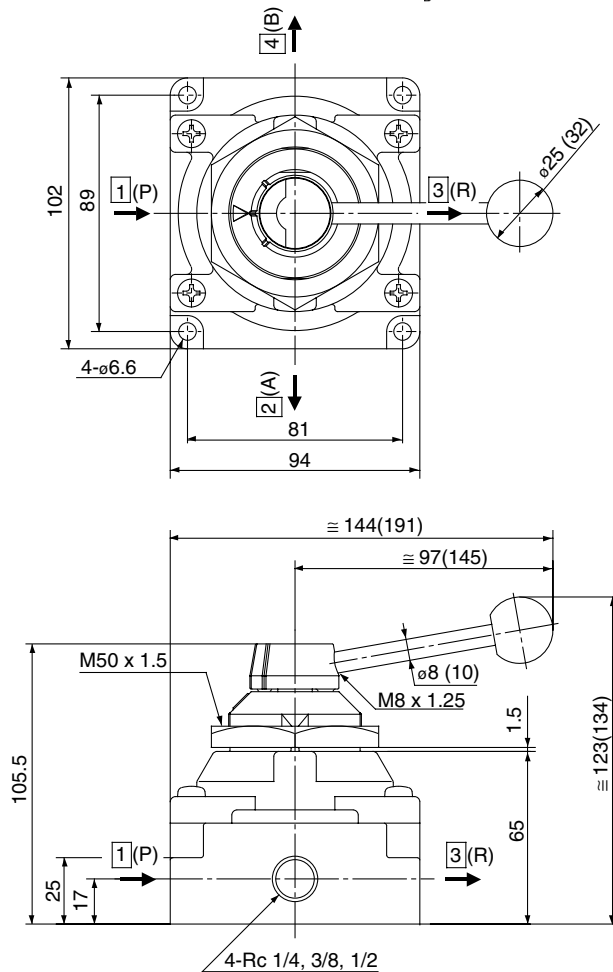
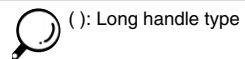
	A	B	C	D
VH200	3.2	40	35	3.5
VH300	3.2	51	41	6
VH400	3.2	64	51	8

VH33□-02/03 (Bottom ported)

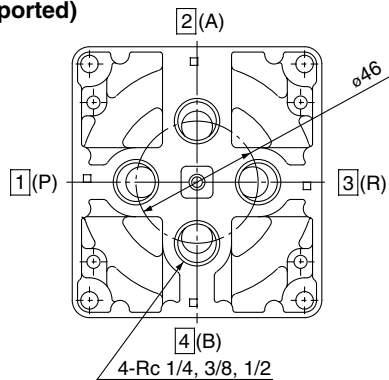


Series VH

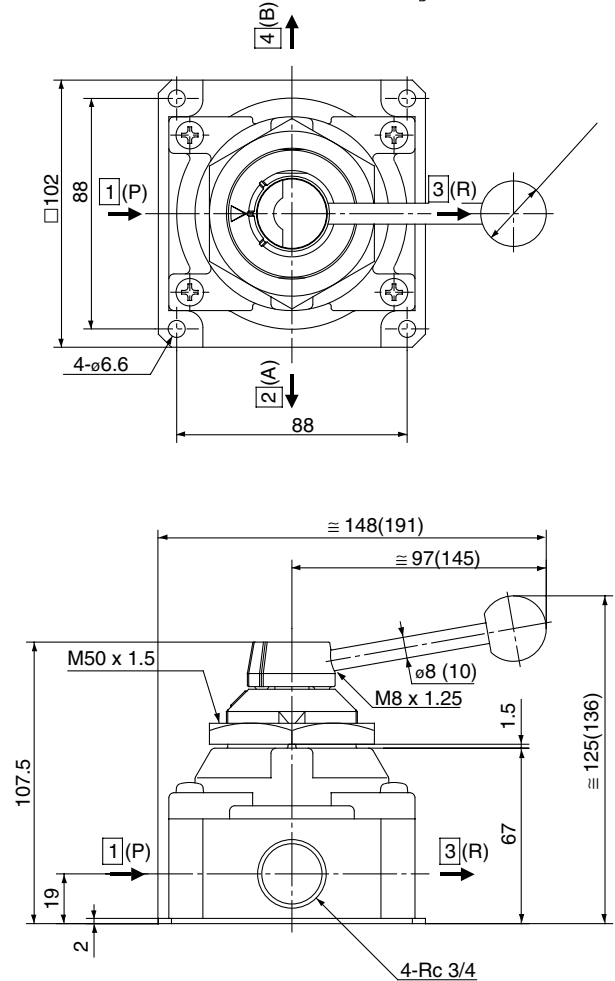
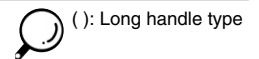
Dimensions: Panel Mounted

VH41□-02 to 04

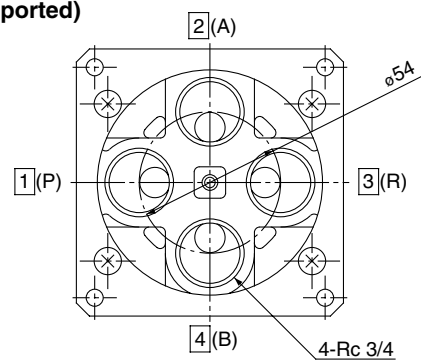
VH43□-02 to 04 (Bottom ported)



VH41□-06



VH43□-06
(Bottom ported)



APÉNDICE C

VÁLVULAS DE PROCESO SERIE VNA

Válvula de 2 vías para aire comprimido y control de circuitos hidroneumáticos

Válvula de proceso

Serie VNA

Válvula de 2 vías universal

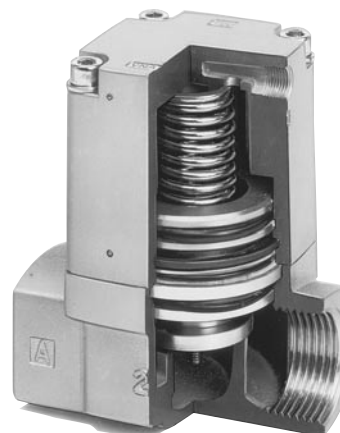
Exclusivamente para sistema de presión y control de circuitos hidroneumáticos
El funcionamiento de la válvula se realiza a través de aire de pilotaje externo

La válvula de asiento de compensación hace posible el caudal normal e inverso.

Posibilidad de funcionamiento desde 0 MPa

Múltiples versiones

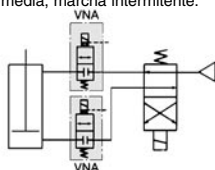
N.C., N.A., C.O., están disponibles. Los modelos roscados, 6A a 50A, están estandarizados.



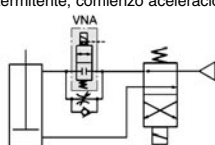
Aire comprimido

Circuito de presión: ejemplos de aplicación

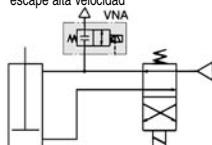
Válvula de parada del actuador
Parada de emergencia, parada intermedia, marcha intermitente.



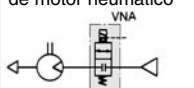
Válvula intermitente del actuador
Deceleración terminal, deceleración intermitente, comienzo aceleración.



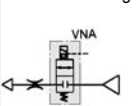
Válvula de escape del actuador
Funcionamiento a alta velocidad, escape alta velocidad



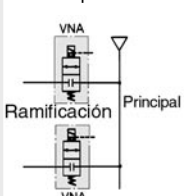
Válvula accionamiento de motor neumático



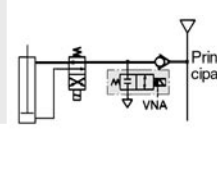
Válvula descarga



Válvula parada línea

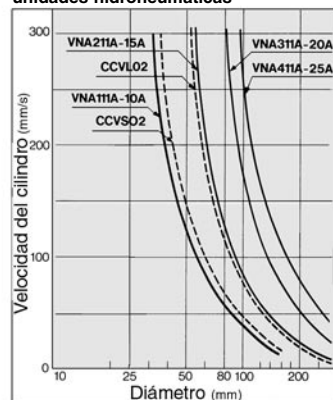


Válvula



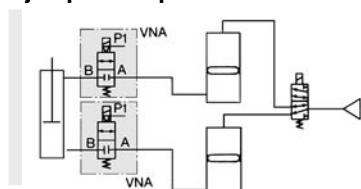
Hidroneumático

Capacidad de funcionamiento cuando se utilizan unidades hidroneumáticas



Esta serie sirve como complemento a la capacidad de la unidades de válvulas hidroneumáticas. Adecuada para trabajar con cilindros de gran diámetro así como con cilindros múltiples y para parar su funcionamiento. Pueden utilizarse, entonces, como unidades hidroneumáticas convencionales.

Circuito hidroneumático:
Ejemplo de aplicación



Condiciones

Presión de alimentación	0.49MPa
Fluido hidráulico	ISO VG32
Carga	Sin carga
Longitud de conexionado	1m
Diám. conexionado	VNA111A 3/8B(9 mm)
	VNA111A 1/2B(13 mm)
	VNA311A 3/4B(19 mm)
	VNA411A 1B(25 mm)



Véase Best Pneumatics 2 para más información sobre la serie hidroneumática.

⚠ Precaución

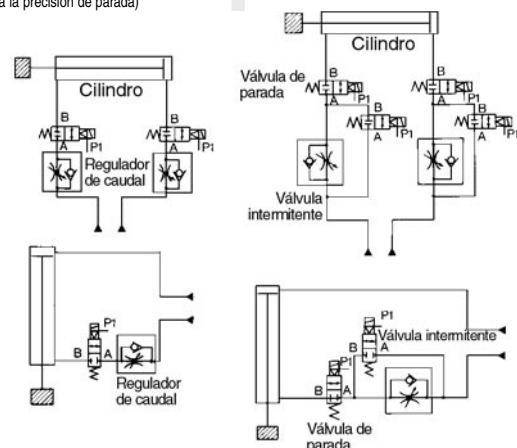
Instalación de un controlador de velocidad

Conecte el controlador de velocidad (Serie AS etc.) a la conexión A (incorporada en el cuerpo A) de VNA*11 (para proteger la válvula de control de velocidad de impactos cuando la válvula está parada, mejorando de esta manera la precisión de parada)

⚠ Precaución

Funcionamiento válvula intermitente

La combinación de 2 o más válvulas de la serie VNA funciona como una válvula intermitente. Conecte la válvula intermitente a la conexión A de la válvula de parada como es el caso de la válvula de control de velocidad.



Forma de pedido

Material de sellado

A	Junta NBR
B	Junta FPM
C	Junta EPR

Véase en la tabla ① para las aplicaciones.

Fijación

—	Sin fijaciones
B	Con fijación

Sólo tamaño de válvula 1, 2, 3, 4.

Accionamiento neumático

VNA201A15A

Accionamiento electroneumático

VNA211A15A1D

Tamaño de válvula

Tipo de válvula

Tamaño conexión

Símbolo	Tamaño orificio (mm)	Símbolo			Símbolo	Conexión tamaño RC(PT)
		1	2	3Nota)		
		N.C.	N.A.	C.O.		
1	ø10	●	●	●	6A	1/8
		●	●	●	8A	1/4
		●	●	●	10A	3/8
2	ø15	●	●	●	10A	3/8
		●	●	●	15A	1/2
3	ø20	●	●	●	20A	3/4
4	ø25	●	●	●	25A	1
5	ø32	●	●	●	32A	1 1/4
6	ø40	●	●	●	40A	1 1/2
7	ø50	●	●	●	50A	2

Tensión nominal

1	100V AC 50/60Hz
2	200V AC 50/60Hz
3	110V AC 50/60Hz
4	220V AC 50/60Hz
5	24V DC
6	12V DC
7	240V AC 50/60Hz
9	Menos de 250 VAC y 50 VDC

Enrada eléctrica/LED indicador y supresor de picos de tensión

D	Conector DIN
DL	Conector DIN con led indicador y supresor de picos de tensión

Nota) Sólo modelo de accionamiento neumático.

Order Made

Consulte con SMC en caso de otras tensiones diferentes (9).

Clase protección

clase I (Marca:)..... Tipo terminal DIN

Tabla ① Fluidos aplicables

Modelo	VNA□□□A (Material de la válvula: Junta NBR)	VNA□□□B (Material de la válvula: Junta FPM)	VNA□□□C (Material de la válvula: Junta EPR)
Fluidos aplicables	Aire comprimido(seco estándar) CO ₂ (0.7 MPa Máx.) Nitrógeno(N2) Freón 11, 113, 114 Aceite de turbina(40 a 100 cst), Fluido hidráulico	Argon, helio, aceite de turbina, fluido hidráulico (99°C)	CO ₂ (0.7 MPa máx.)

Precaución

consulte con SMC otros fluidos, condiciones de funcionamiento, etc.

4.2-4



Electroválvula de pilotaje externo

Válvula de accionamiento neumático

Symbolo

Tipo	Válvula		
	N.C. Normalmente cerrada	N.A. Normalmente abierta	C.O. Efecto doble
Accionamiento neumático	VNA□01 	VNA□02 	VNA□03
	VNA□11 	VNA□12 	

Modelo

Modelo	Conexión Rc(PT)	Tamaño orificio ø (mm)	Caudal		Peso (kg)	
			N _l /min	Área efectiva (mm ²)	Acciona. neumático	Solenoide
VNA1□□□-6A	1/8	10	687.05	13	0.1	0.2
VNA1□□□-8A	1/4		1275.95	23		
VNA1□□□-10A	3/8		1963.00	35		
VNA2□□□-10A	3/8	15	3729.70	70	0.3	0.4
VNA2□□□-15A	1/2		4907.50	90		
VNA3□□□-20A	3/4	20	7852.00	140	0.5	0.6
VNA4□□□-25A	1	25	11778.00	220	0.8	0.9
VNA5□□□-32A	1 1/4	32	17667.00	320	1.3	1.4
VNA6□□□-40A	1 1/2	40	27482.00	500	2.1	2.2
VNA7□□□-50A	2	50	42204.00	770	3.1	3.2

Características técnicas de la válvula

Fluido	Véase la tabla ① en la pág. 4.2-4.	
Temperatura del fluido	VNA□□□A	-5 a 60°C ⁽¹⁾
	VNA□□□B/□□□C	-5 a 99°C ⁽¹⁾ (Sólo accionamiento neumático)
Temperatura ambiente	-5 a 50°C (Accionamiento neumático: 60°C) ⁽¹⁾	
Presión de prueba	1.5MPa	
Rango de presión de trabajo	0 a 1MPa	
Aire de pilotaje externo	Rango de presión	0.2 a 0.7MPa
	Lubricación	No necesaria (Aceite de turbina n°1 (ISO VG32) en caso de lubricación) ⁽²⁾
	Temperatura	-5°C a 50°C (Accionamiento neumático: 60°C)



Nota 1) sin congelación

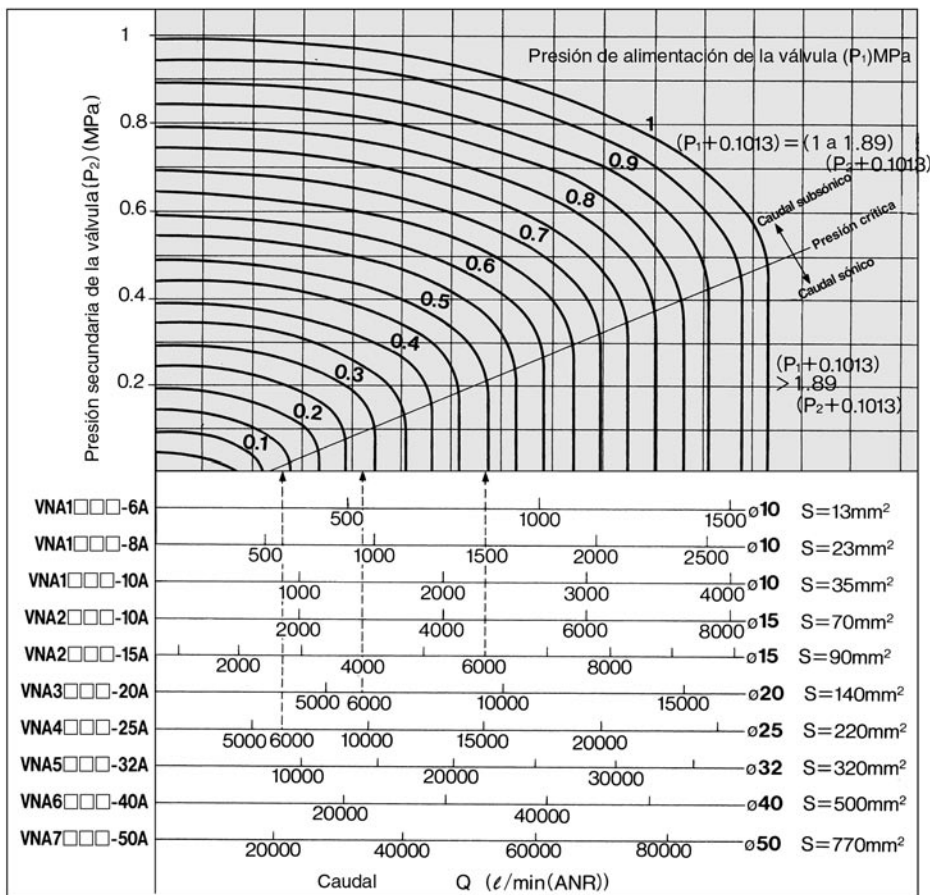
Nota 2) La lubricación no se permite en el caso del material de sellado EPR.

Características de la electroválvula de pilotaje

Tamaño conexión			6A a 25A	32A a 50A
Electroválvula de pilotaje			SF4-□□□-23	VO301-00 □□□
Entrada eléctrica			Conector DIN	Conector DIN
Bobina nominal tensión(V)	AC(50/60Hz)		100V, 200V	Otros (Opción)
	DC		24V, Otros (Opción)	
Tensión admisible			-15% a +10% (Tensión nominal)	
Aislamiento de bobina			Clase B o equivalente (130°C)	
Elevación de la temperatura			≤35°C (aplicación de tensión nominal)	≤70°C (aplicación de tensión nominal)
Corriente aparente	AC	De entrada	5.6VA(50Hz), 5.0VA(60Hz)	12VA(50Hz), -10.5VA(60Hz)
		Mantenida	3.4VA(50Hz), 2.3VA(60Hz)	7.5VA(50Hz), 6VA(60Hz)
Consumo de corriente	DC		1.8W	4.8W
Accionamiento manual			Pulsador sin enclavamiento Otros (opción)	Pulsador sin enclavamiento

Características del caudal

Aire comprimido



Lectura del gráfico

En la zona del caudal sónico: para un caudal de 6000 (l/min)
 VNA4mm(orificio ø25)....P₁ ≈ 0.14MPa
 VNA4mm(orificio ø20)....P₁ ≈ 0.28MPa
 VNA4mm(orificio ø15)....P₁ ≈ 0.5MPa

Cálculo de caudal

<Aire comprimido y otros gases>

① Ecuación en el dominio del caudal subsónico

- Cálculo por medio del factor Cv

$$Q = 4080 \cdot C_v \cdot \sqrt{\frac{\Delta P(P_2 + 0.1013)}{G}} \cdot \sqrt{\frac{273}{273 + \theta}}$$

..... l/min (ANR)

- Cálculo por medio del área efectiva

$$Q = 226 \cdot S \cdot \sqrt{\frac{\Delta P(P_2 + 0.1013)}{G}} \cdot \sqrt{\frac{273}{273 + \theta}}$$

..... l/min (ANR)

② Ecuación en el dominio del caudal sónico

- Cálculo por medio del factor Cv

$$Q = 2040 \cdot C_v \cdot (P_1 + 0.1013) \cdot \frac{1}{\sqrt{G}} \cdot \sqrt{\frac{273}{273 + \theta}}$$

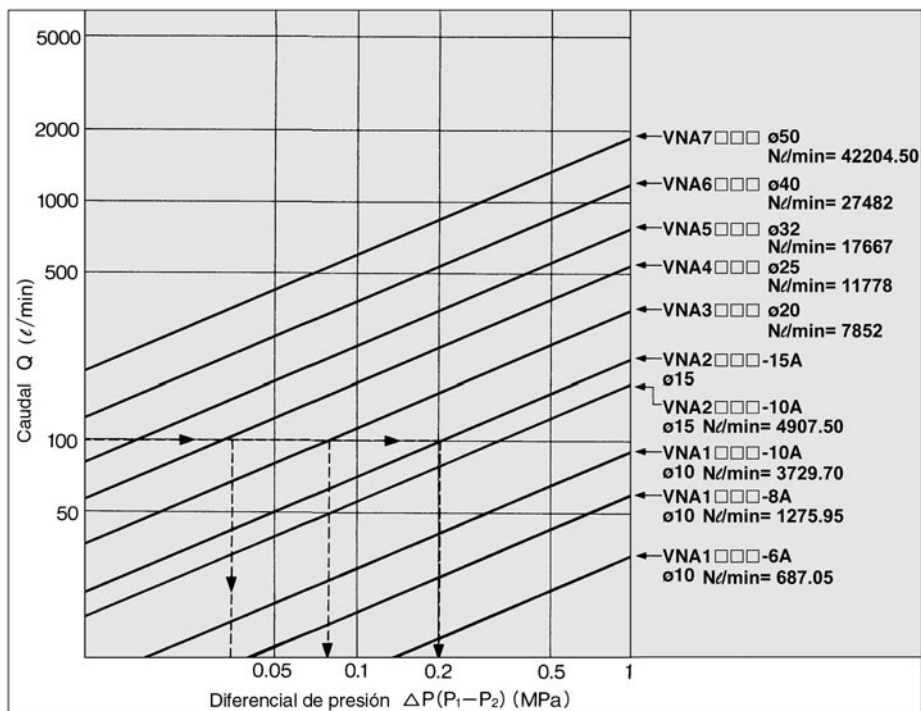
..... l/min (ANR)

- Cálculo por medio del área efectiva

$$Q = 113 \cdot S \cdot (P_1 + 0.1013) \cdot \frac{1}{\sqrt{G}} \cdot \sqrt{\frac{273}{273 + \theta}}$$

..... l/min (ANR)

Aceite de turbina (ISO VG32)



Lectura del gráfico

En el caso del caudal de aceite 100 l/min:
 VNA4□□□(orificio ø24)....ΔP ≈ 0.035MPa
 VNA4□□□(orificio ø20)....ΔP ≈ 0.08MPa
 VNA4□□□(orificio ø15)....ΔP ≈ 0.2MPa

Cálculo del caudal

- Cálculo por medio del factor Cv

$$Q = 14.2 \cdot C_v \cdot \sqrt{\frac{10.2 \Delta P}{G}} \text{ l/min}$$

- Cálculo por medio del área efectiva

$$Q = 0.8 \cdot S \cdot \sqrt{\frac{10.2 \Delta P}{G}} \text{ l/min}$$

(Nota) El cálculo de error del fluido con viscosidad de 50 cSt o menor será muy pequeño.

Símbolo

Q : Caudal (aire comprimido y otros gases l/min (ANR))

(agua y otros líquidos l/min)

ΔP: presión diferencial (P₁-P₂)

P₁ : presión de entrada (MPa)

P₂ : presión de salida (MPa)

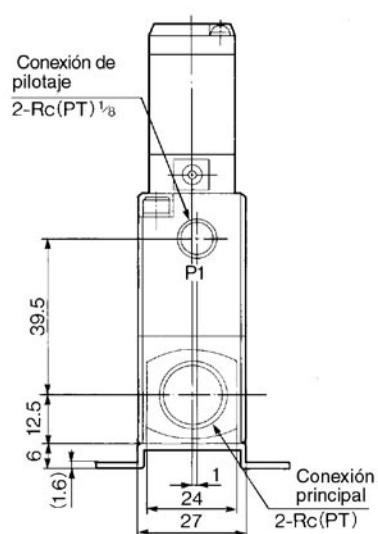
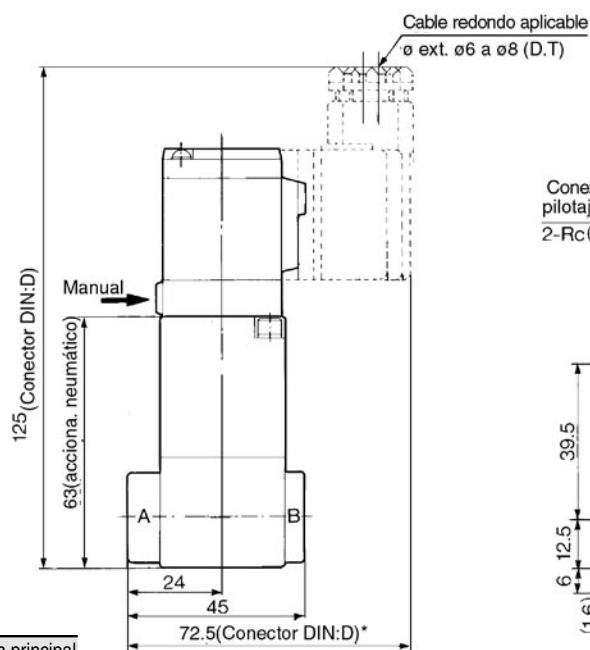
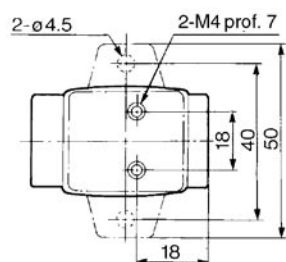
θ : temperatura de aire y otros gases (°C)

S : área efectiva (mm²) S ≈ 17667. N/min

Cv : factor Cv (/)

G : gravedad específica (/) aire/agua=1

Conexión 6A, 8A, 10A

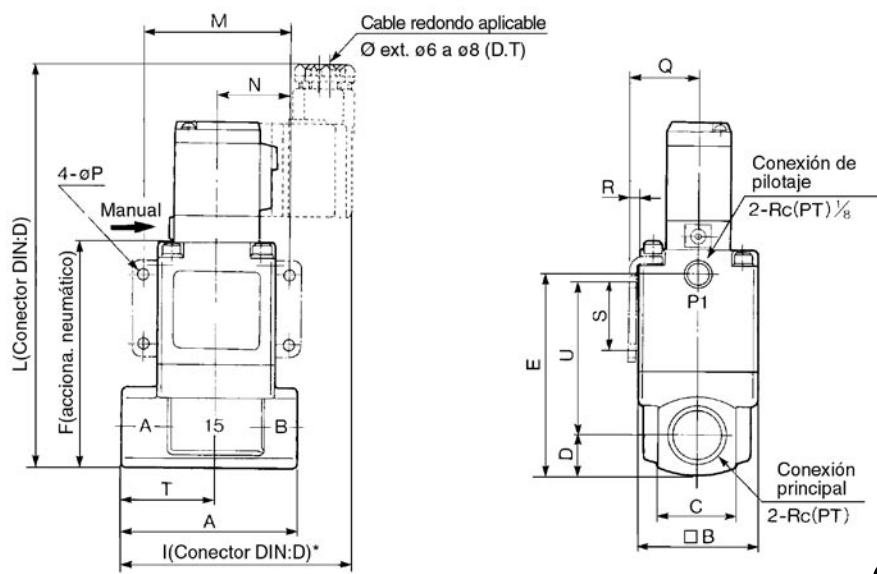


Modelo	Cónexión principal Rc(PT)
VNA1□□□-6A	1/8
VNA1□□□-8A	1/4
VNA1□□□-10A	3/8



* DZ: mayor de 9mm

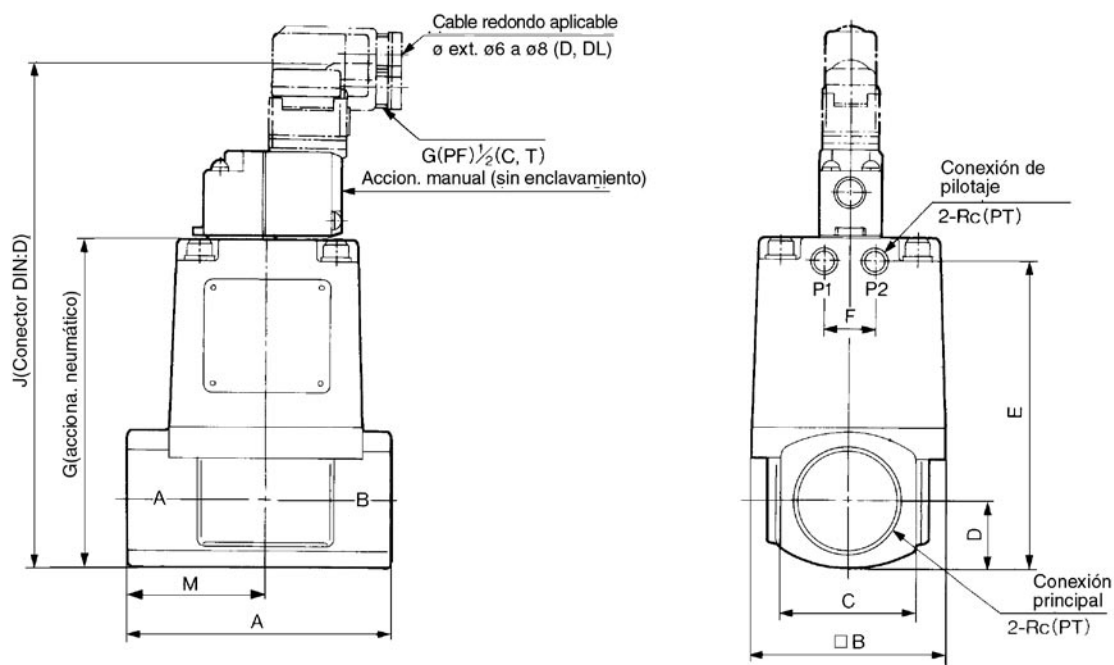
Conexión 10A, 15A, 20A, 25A



* DZ: mayor de 9mm

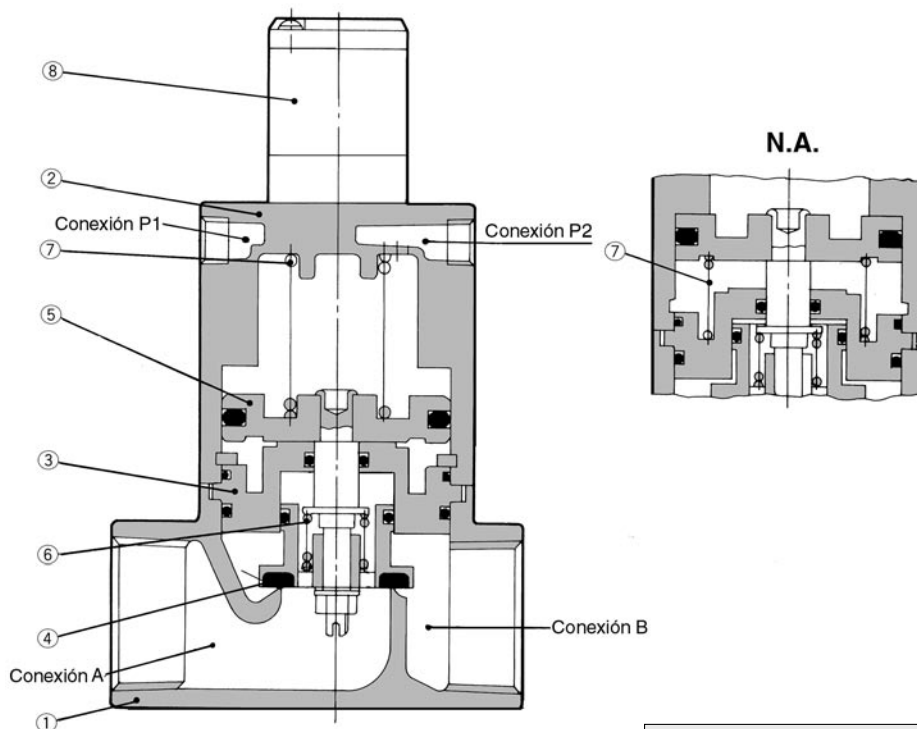
Modelo	Conexión principal Rc(PT)	A	B	C	D	E	F	I	L	M	N	P	Q	R	S	T	U
VNA2□□□-10A	3/8	63	42	28	14	72.5	80.5	82.5	142.5	52	26	4.5	24.3	2.3	25	34	55
VNA2□□□-15A	1/2	63	42	28	14	72.5	80.5	82.5	142.5	52	26	4.5	24.3	2.3	25	34	55
VNA3□□□-20A	3/4	80	50	35	17.5	84	92	91.5	154	62	31	5.5	28.3	2.3	30	43	60.5
VNA4□□□-25A	1	90	60	40	20	100	108	97.5	170	72	36	6.5	33.3	2.3	35	49	73

Conexión 32A, 40A, 50A



Modelo	Conex. principal Rc(PT)	Conex. pilotaje Rc(PT)	A	B	C	D	E	F	G	J	M
VNA5□□□-32A	1 1/4	1/8	105	77	53	26.5	120.5	20	129.5	219.5	55
VNA6□□□-40A	1 1/2	1/4	120	96	60	30	137	24	147	237	63
VNA7□□□-50A	2	1/4	140	113	74	37	160	24	170	260	74

Construcción



Componentes

Nº	Designación	Material	Nota
①	Cuerpo	Aleación de aluminio	Pintado en platino
②	Cubierta	Aleación de aluminio	Pintado de platino
③ ⁽¹⁾	Conjunto placa	Aleación de aluminio	Material de la válvula: (NBR, FPM, EPR)
④ ⁽¹⁾	Elemento válvula	Aleación de aluminio	Material de la válvula: (NBR, FPM, EPR)
⑤	Pistón completo	Aleación de aluminio	—
⑥	Muelle	Acero inoxidable	—
⑦	Muelle de recorrido	Alambre de acero	—
⑧	Electroválvula de pilotaje	—	—



Nota 1) Piezas ③, ④ son para la selección de la composición de la válvula.

Replacement Parts

Nº	Designación			Ref.						
				VNA1□□A -6A, 8A, 10A	VNA2□□□ -10A, 15A	VNA3□□□ -20A	VNA4□□□ -25A	VNA5□□□ -32A	VNA6□□□ -40A	VNA7□□□ -50A
③	Placa completa	Material válvula	NBR	VN1-A3AA	VN2-A3AA	VN3-A3AA	VN4-A3AA	VN5-A3AA	VN6-A3AA	VN7-A3AA
			FPM	VN1-A3AB	VN2-A3AB	VN3-A3AB	VN4-A3AB	VN5-A3AB	VN6-A3AB	VN7-A3AB
			EPR	VN1-A3AC	VN2-A3AC	VN3-A3AC	VN4-A3AC	VN5-A3AC	VN6-A3AC	VN7-A3AC
④	Disco de válvula (Disco de válvula para 25A-50A)	Material de válvula	NBR	VN1-4AA	VN2-4AA	VN3-4AA	VN4-A4AA	VN5-A4AA	VN6-A4AA	VN7-A4AA
			FPM	VN1-4AB	VN2-4AB	VN3-4AB	VN4-A4AB	VN5-A4AB	VN6-A4AB	VN7-A4AB
			EPR	VN1-4AC	VN2-4AC	VN3-4AC	VN4-A4AC	VN5-A4AC	VN6-A4AC	VN7-A4AC
⑧	Electroválvula de pilotaje			SF4-□□□-23 (Véanse más detalles en la pág.4.2-10.)				VO301-00□□□ (Véanse más detalles en la pág.4.2-10.)		

Principios de funcionamiento

VNA01□, □11□ (N.C.)

Cuando no está activada la electroválvula de pilotaje ⑧ (o cuando el aire se descarga desde la conexión P1 del modelo con accionamiento neumático), el elemento de la válvula ④ unido al émbolo ⑤ se cierra por medio del muelle de retorno ⑦.

● Cuando se abre el elemento de la válvula

Cuando se activa la electroválvula de pilotaje (o cuando se introduce aire presurizado a través de la conexión P1 del modelo con accionamiento neumático), el aire de pilotaje que se ha introducido a través del émbolo se mueve hacia arriba para abrir el elemento de la válvula.

● Cuando se cierra el elemento de la válvula

Cuando se desactiva la electroválvula de pilotaje (o cuando se descarga el aire presurizado a través de la conexión P1 del modelo con accionamiento neumático), el aire de pilotaje se descarga a través del émbolo y el muelle de retorno cierra el elemento de la válvula.

VNA02□, □12□ (N.A.)

En oposición a la válvula N.C., cuando se corta la alimentación a la electroválvula de pilotaje (o cuando se descarga el aire a través de la conexión P2 del modelo con accionamiento neumático), la válvula se mantiene abierta por medio del muelle de retorno. Cuando se activa la electroválvula de pilotaje (o cuando se introduce aire a través de la conexión P2 del modelo con accionamiento neumático), el elemento de la válvula se cierra.

VNA03□ (C.O.)

El elemento de válvula del tipo C.O., sin muelle de retorno, se encuentra en una posición arbitraria cuando se descarga el aire a través de las conexiones P1 y P2. Cuando se introduce aire a través de la conexión P1 (descarga a través de la conexión P2), el elemento de la válvula se abre y se cierra cuando se introduce presión a través de la conexión P2 (descarga a través de la conexión P1).

APÉNDICE D

SILENCIADORES SERIE AN

Silencer

Compact Resin Type/Male Thread

Series *AN05 to 40*

RoHS



How to Order

AN

20

-

02

Body size

Thread type

Thread connection port size

Symbol
05
10
15
20
30
40

Thread type	
Nil	M thread
	R
N	NPT

Symbol	Port size	Applicable model
M5	M5 x 0.8	AN05
01	1/8	AN10
02	1/4	AN15/20
03	3/8	AN30
04	1/2	AN40

Specifications

Fluid	Compressed air
Max. operating pressure Note 1)	145psi (1.0 MPa)
Noise reduction	30 dB(A) Note 2)
Ambient and fluid temperature	41 to 140°F (5 to 60°C) Note 3)

Note 1) It indicates the inlet pressure for solenoid valve.

Note 2) The value may vary, depending on the pneumatic circuit or pressure that is exhausted from the solenoid valve.

Note 3) The product can be used in temperatures 14 to 140°F (–10 to 60°C) if there is no risk of water droplets forming and freezing.

Refer to page 5 for Precautions on these products.

Performance

Model	Effective area mm ²	Sonic conductance C [dm ³ /(s·bar)]	Recommended flow m ³ /min(ANR)	Weight g
AN05-M5	5	1	0.4 or less	0.5
AN10-01	10	2	0.8 or less	1
AN15-02	15	3	1.0 or less	2.5
AN20-02	35	7	3.0 or less	4
AN30-03	60	12	5.0 or less	5.5
AN40-04	90	18	8.0 or less	8.5

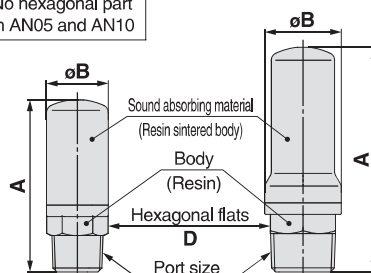
Note) Recommended flow rate is the flow at 72.5psi (0.5 MPa) in the inlet pressure.

Construction/Parts/Dimensions

AN05/10/20

AN15/30/40

No hexagonal part
in AN05 and AN10



Dimensions

Model	Port size R, NPT	A	B	D
AN05-M5	M5 x 0.8	15	6.5	–
AN10-01	1/8	23	11	–
AN15-02	1/4	32	16	14
AN20-02	1/4	45	16.5	14
AN30-03	3/8	58.5	20	17
AN40-04	1/2	68	24	21



APÉNDICE E

REGULADORES DE VELOCIDAD SERIE AS

Speed Controller: Standard Type

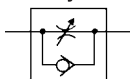
Series AS

In-line Type

Compact size saves space.
Speed may be accurately controlled even at low speeds.
Constant speed easily set.
Retainer prevents an accidental loss of needle.



JIS Symbol



Model/Flow Rate and Effective Area

Model	Port size	Free flow		Controlled flow		Applicable cylinder bore size (mm)	Weight (g)
		Flow rate (l/min (ANR))	Effective area (mm ²)	Flow rate (l/min (ANR))	Effective area (mm ²)		
AS1000-M3	M3 x 0.5	20	0.3	20	0.3	2.5, 4, 6	4.7
AS1000-M5	M5 x 0.8	90	1.4	80	1.2	6, 10, 16, 20, 25	33
AS2000-01	1/8	340	5.2	250	3.8	20, 25, 32, 40	90
AS2000-02	1/4	340	5.2	250	3.8		115
AS3000-02	1/4	810	12.3	810	12.3	32, 40, 50, 63	130
AS3000-03	3/8	810	12.3	810	12.3		124
AS4000-02	1/4	1,670	25.5	1,670	25.5	40, 50, 63	221
AS4000-03	3/8	1,670	25.5	1,670	25.5	80, 100	214
AS4000-04	1/2	1,670	25.5	1,670	25.5		205
AS5000-02	1/4	2,840	44	2,840	44	40, 50, 63	242
AS5000-03	3/8	4,270	66	4,270	66	80, 100	233
AS5000-04	1/2	4,270	66	4,270	66		224

Note) Flow rate values are measured at 0.5 Mpa and 20°C.

Specifications

Fluid	Air
Proof pressure note)	1.5 MPa (1.05 MPa)
Max. operating pressure note)	1 MPa (0.7 MPa)
Min. operating pressure note)	0.05 MPa (0.1 MPa)
Ambient and fluid temperature	-5 to 60°C (No freezing)
Number of needle rotations note)	8 turns (10 turns)

Note) (): Values for AS1000.

Accessory

Description	Part no.	Applicable model
Nipple	M-5N	AS1000

Note) AS1000 with nipple: AS1000-M5-N

How to Order

AS 1 000 — [] M5 — []

Body size

1	M3, M5 standard
2	1/8, 1/4 standard
3	3/8 standard
4	1/2 standard
5	1/2 standard

Thread type

Nil	Metric thread (M3, M5)
N	NPT
F	G

Bore size

Bore size	Applicable series
M3	M3 x 0.5 AS1000
M5	M5 x 0.8 AS1000
01	Rc 1/8 AS2000
02	Rc 1/4 AS2000/3000/4000/5000
03	Rc 3/8 AS3000/4000/5000
04	Rc 1/2 AS4000/5000

Option

H ⁽¹⁾	High temperature (-5 to 80°C)
L ⁽²⁾	Low temperature (-30 to 60°C)

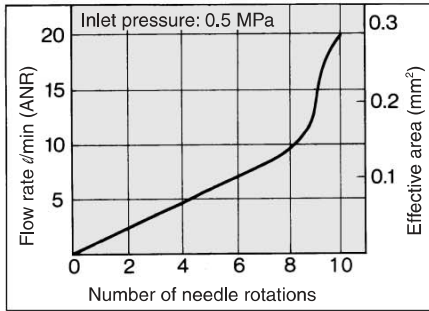
Note 1) AS5000 is available as special.
AS1000 is not applicable.
Note 2) AS1000, AS2000 are not applicable.

Caution

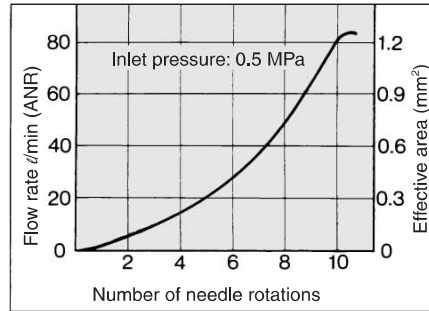
Be sure to read before handling. Refer to pages 15-18-3 to 15-18-4 for Safety Instructions and Common Precautions on the products mentioned in this catalog, and refer to pages 15-8-6 to 15-8-8 for Precautions on every series.

Needle Valve/Flow Characteristics

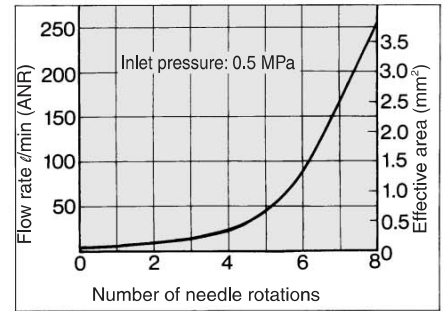
AS1000-M3



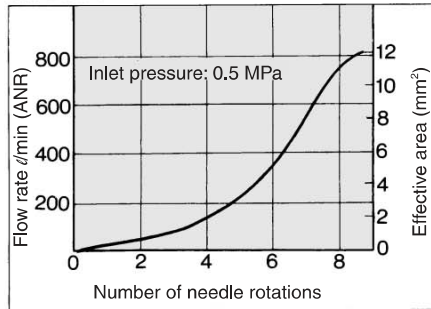
AS1000-M5



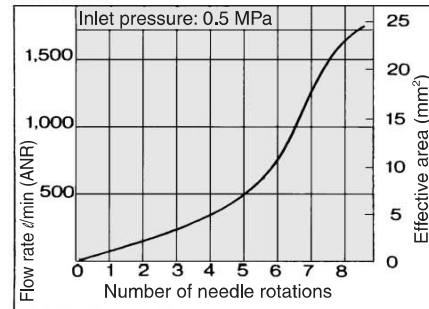
AS2000



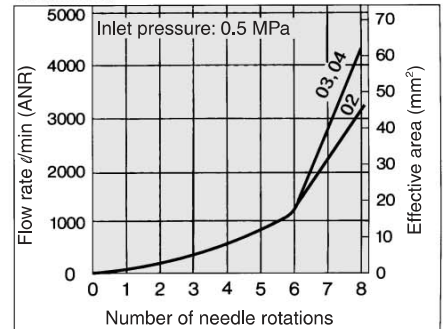
AS3000



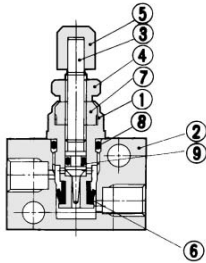
AS4000



AS5000



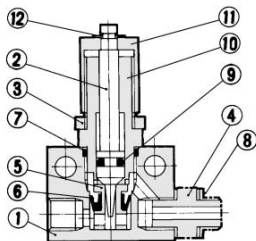
Construction: AS1000-M3



Component Parts

No.	Description	Material	Note
①	Body B	Brass	Electroless nickel plated
②	Body	Brass	Electroless nickel plated
③	Needle	Brass	Electroless nickel plated
④	Lock nut	Brass	Electroless nickel plated
⑤	Handle	Brass	Electroless nickel plated
⑥	U seal	HNBR	
⑦	Needle guide	Brass	Electroless nickel plated
⑧	O-ring	NBR	4.5 x 3 x 0.75
⑨	O-ring	NBR	2.2 x 0.8 x 0.7

Construction: AS1000-M5



Component Parts

No.	Description	Material
①	Body	Zinc alloy
②	Needle	Stainless steel
③	Lock nut *	Brass
④	Nipple	Stainless steel

* Electroless nickel plated

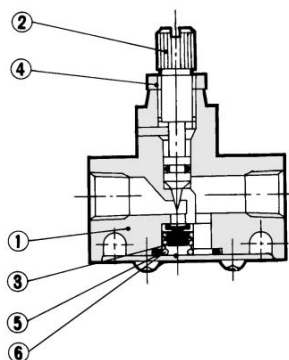
No.	Description	Material	Note
⑨	O-ring	NBR	
⑩	Needle guide	Brass	Electroless nickel plated
⑪	Handle	Brass	Electroless nickel plated
⑫	E type snap ring	Steel	Black oxidized coated

Replacement Parts

No.	Description	Material	Part no.
⑤	Valve seat	Brass	1429138
⑥	U seal	HNBR	142964
⑦	O-ring	NBR	ø9 x ø7 x ø1
⑧	Gasket	PVC	M-5G1

Series AS

Construction: AS2000/3000



Component Parts

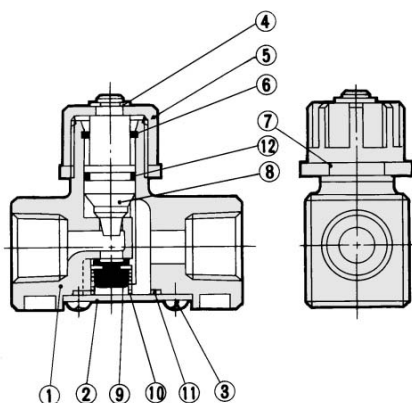
No.	Description	Model	
		AS2000	AS3000
①	Body	Zinc alloy	Aluminum alloy
②	Needle *	Brass	Brass
④	Lock nut *	Brass	Carbon steel

Replacement Parts

No.	Description	Model	
		AS2000	AS3000
③	Valve	143022	14283
⑤	O-ring	143021	14284
⑥	Spring	143023	14282

* Electroless nickel plated

Construction: AS4000



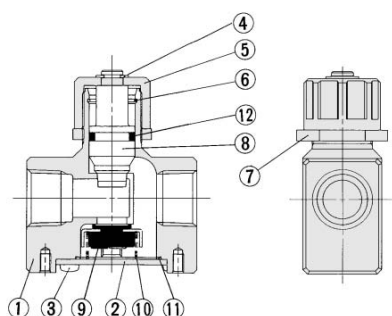
Component Parts

No.	Description	Material	Note
①	Body	Aluminum alloy	Chromated
②	Cap	Rolled steel	Zinc chromated
③	Cross-recessed head cap screw	Steel wire	4 x 0.7 x 8
④	E type snap ring	Stainless steel	JIS B 2805 Nominal 6
⑤	Handle	Zinc alloy	Black zinc chromate plated
⑥	Ring	Steel wire	Zinc chromated
⑦	Lock nut	Zinc alloy	
⑧	Needle	Aluminum alloy	
⑫	O-ring	NBR	143112

Replacement Parts

No.	Description	Material	Parts no.
⑨	Valve	NBR, Brass	143145
⑩	Spring	Stainless steel	143146
⑪	O-ring	NBR	143147

Construction: AS5000



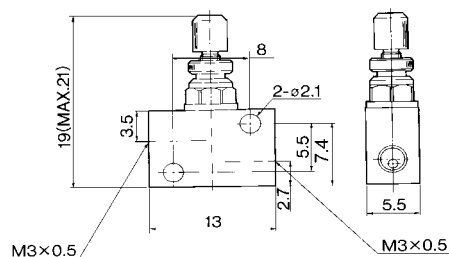
Component Parts

No.	Description	Material	Note
①	Body	Aluminum alloy	Chromated
②	Cap	Rolled steel	Nickel plated
③	Cross-recessed head cap screw	Steel wire	M4 x 0.7 x 8 Nickel plated
④	E type snap ring	Stainless steel	JIS B 2805 Nominal 6
⑤	Handle	Zinc alloy	Chromated
⑥	Ring	Stainless steel	
⑦	Lock nut	Zinc alloy	Chromated
⑧	Needle	Aluminum alloy	Chromated
⑫	O-ring	NBR	JIS B 2401 P12

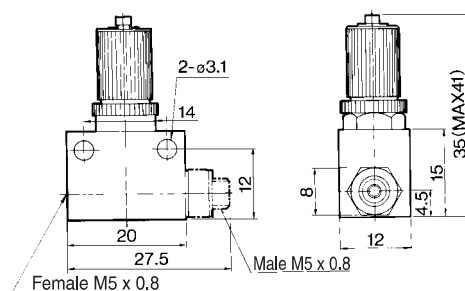
Replacement Parts

No.	Description	Material	Parts no.
⑨	Valve	NBR, Stainless steel	14143
⑩	Spring	Stainless steel	14144
⑪	Seal	NBR	14147

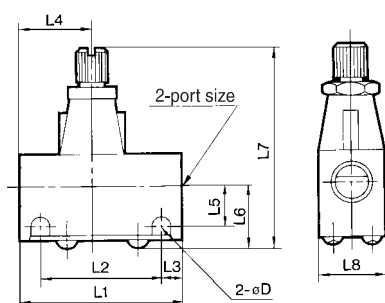
Dimensions: AS1000-M3



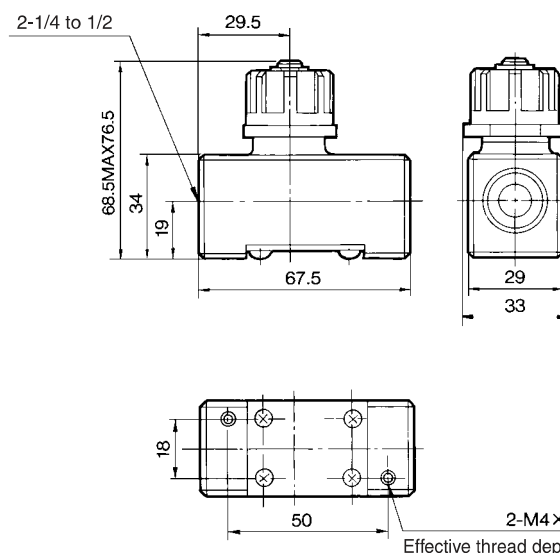
Dimensions: AS1000-M5



Dimensions: AS2000/3000



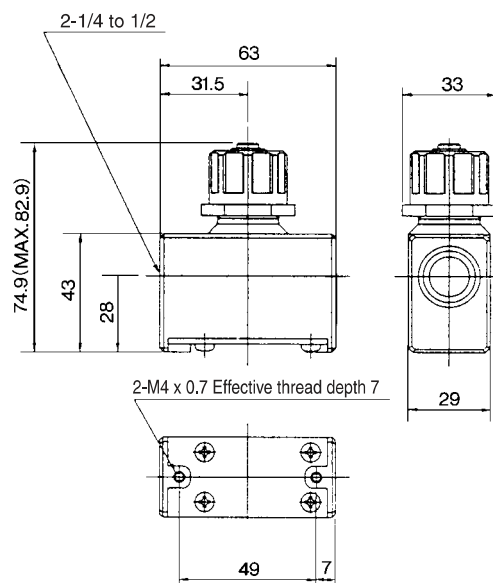
Dimensions: AS4000



Dimensions

Model	Bore size	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7		L8	D
								Max.	Min.		
AS2000-01	Rc 1/8	40	30	5	17	10	15.5	54.5	50	16	4.5
AS2000-02	Rc 1/4	40	30	5	23	11.5	17	56	51.5	20	4.5
AS3000-02, 03	Rc 1/4, 3/8	56	45.5	5.25	25	13.2	20.6	68	61	26	5.5

Dimensions: AS5000



AS

ASP

ASN

AQ

ASV

AK

ASS

ASR

ASF

APÉNDICE F

FINALES DE CARRERA SERIE VM400

3 Port Mechanical Valve

Series VM400

Either N.C. or N.O. is available.

Piping possible to any port.

Proper countermeasures can be taken for applications in which the noise of the exhaust could cause problems to the surroundings.

Specifications

Fluid	Air/Inert gas
Operating pressure	−100 kPa to 1.0 MPa
Ambient and fluid temperature	−5 to 60°C (No freezing)
Effective area	7 mm ²
Lubrication	Not required (Use turbine oil Class 1 ISO VG32, if lubricated)
Port size	1/8
Weight (Basic)	110 g

Model

	Actuator	Model	Actuator part no.	Application
Mechanical operation	Basic	VM430-01-00	—	—
	Roller lever	VM430-01-01	VM-01A	Polyacetal roller
		VM430-01-01S	VM-01AS	Hard steel roller
	One way roller lever	VM430-01-02	VM-02A	Polyacetal roller
		VM430-01-02S	VM-02AS	Hard steel roller
	Straight plunger	VM430-01-05	VM-05A	—
	Roller plunger	VM430-01-06	VM-06A	Polyacetal roller
		VM430-01-06S	VM-06AS	Hard steel roller
Manual operation	Cross roller plunger	VM430-01-07	VM-07A	Polyacetal roller
		VM430-01-07S	VM-07AS	Hard steel roller
	Toggle lever	VM430-01-08	VM-08A	—
	Push button (Mushroom)	VM430-01-30R	VM-30AR	Red
		VM430-01-30B	VM-30AB	Black
		VM430-01-30G	VM-30AG	Green
		VM430-01-30Y	VM-30AY	Yellow
	Push button (Extended)	VM430-01-32R	VM-32AR	Red
		VM430-01-32B	VM-32AB	Black
		VM430-01-32G	VM-32AG	Green
		VM430-01-32Y	VM-32AY	Yellow
	Push button (Flush)	VM430-01-33	VM-33A	With a set of red, black, green, yellow
	Twist selector (2 position)	VM430-01-34R	VM-34AR	Red
		VM430-01-34B	VM-34AB	Black
		VM430-01-34G	VM-34AG	Green
		VM430-01-34Y	VM-34AY	Yellow
	Key selector (2 position)	VM430-01-36	VM-36A	—



Note 1) Actuator replacement is available for all types.

Note 2) For push button (mushroom), push button (extended), push button (flush) and a single unit of fastening ring, refer to pages 5-6-6 to 5-6-7. The other parts are not replaceable.

Note 3) The handle of the selector (2 position) cannot be removed or replaced alone.



How to Order

VM4 3 0-01-01 S

- Port size**

01	Rc 1/8
N01	NPT 1/8
F01	G 1/8
- Actuator type**

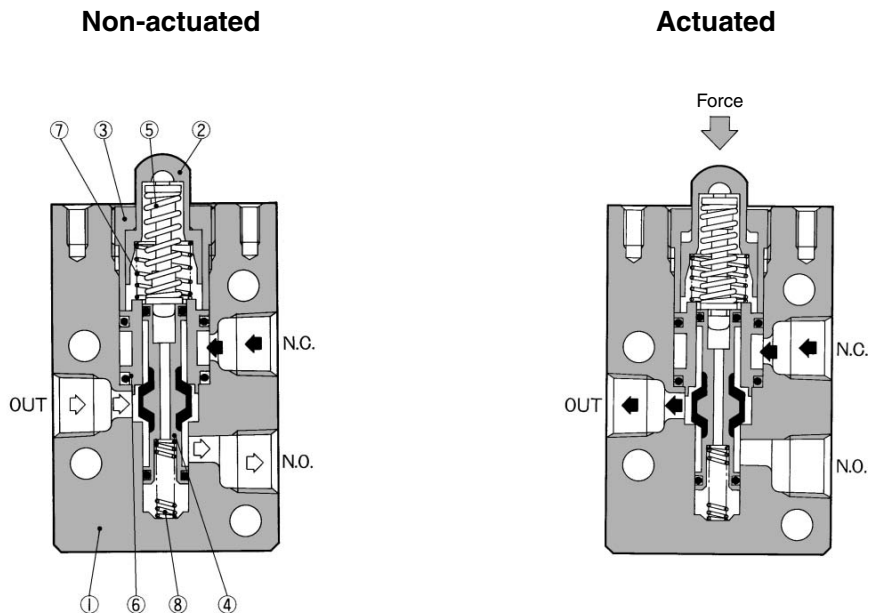
00	Basic
01	Roller lever
02	One way roller lever
05	Straight plunger
06	Roller plunger
07	Cross roller plunger
08	Toggle lever
30	Push button (Mushroom)
32	Push button (Extended)
33	Push button (Flush)
34	Twist selector (2 position)
36	Key selector (2 position)
- Suffix for actuator**

S	Hard steel roller
R	Red
B	Black
G	Green
Y	Yellow

Color of push button selector
- Number of ports**

3	3 port
---	--------

Construction



Component Parts

No.	Description	Material	Note
①	Body	ADC	Metallic plated
②	Plunger	POM	
③	Upper lid	Brass	Black zinc chromated
④	Spool valve	Aluminum alloy	Rubber lined

No.	Description	Material	Note
⑤	Over travel spring	Stainless steel	
⑥	Retainer	Brass	
⑦	Spring	Stainless steel	
⑧	Spring	Stainless steel	

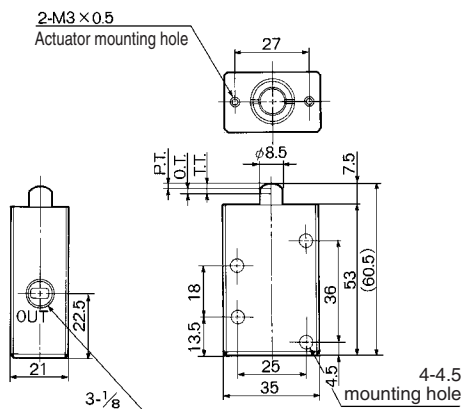
□A
 V□A
 S□A
 V□A
 VM
 VR
 VH
 VHS

Series VM400

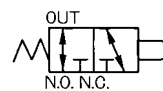
Series VM400

Basic

VM430-01-00



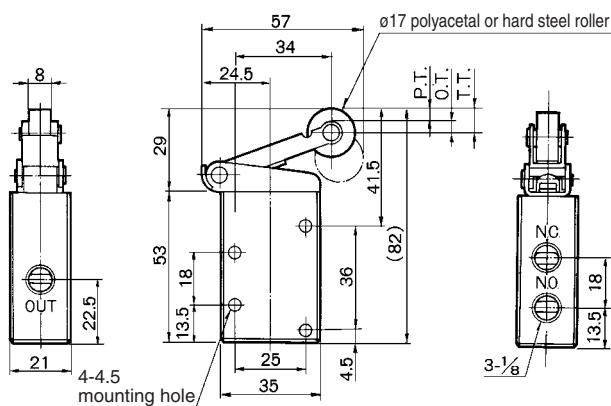
JIS Symbol



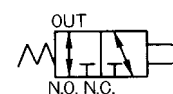
F.O.F.	26 N
P.T.	1.5 mm
O.T.	2.0 mm
T.T.	3.5 mm

Roller lever

VM430-01-01
VM430-01-01S



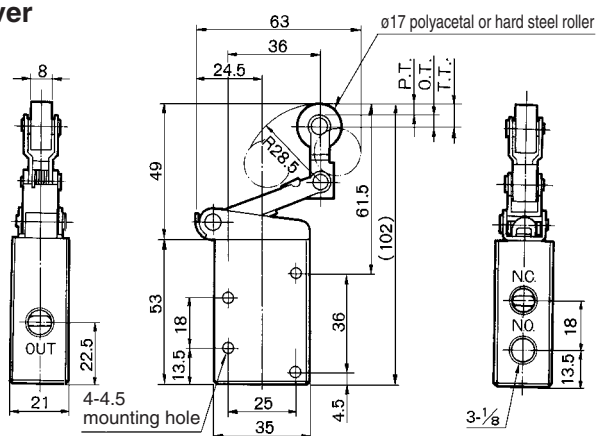
JIS Symbol



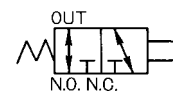
F.O.F.	12 N
P.T.	4.0 mm
O.T.	4.5 mm
T.T.	8.5 mm

One way roller lever

VM430-01-02
VM430-01-02S



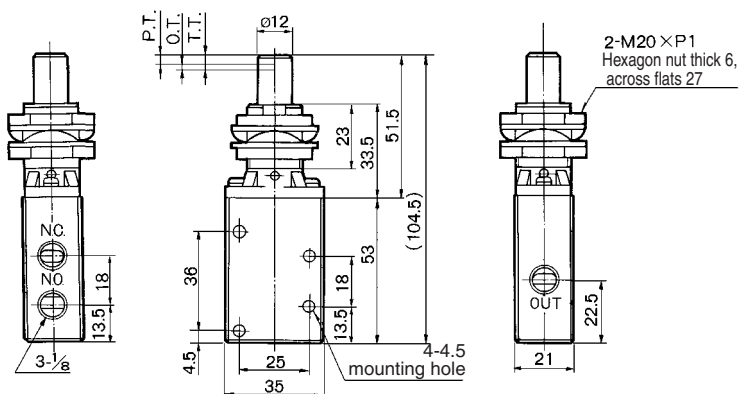
JIS Symbol



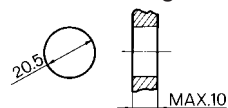
F.O.F.	11 N
P.T.	4.0 mm
O.T.	5.0 mm
T.T.	9.0 mm

Straight plunger

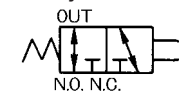
VM430-01-05



Panel mounting hole



JIS Symbol



F.O.F.	30 N
P.T.	3.5 mm
O.T.	2.0 mm
T.T.	5.5 mm

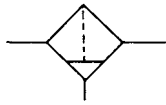
APÉNDICE G

FILTROS DE LÍNEA SERIE AF

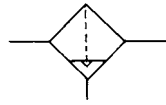
Air Filter

AF10 to AF60

JIS Symbol
Air Filter



JIS Symbol
Air Filter with Auto Drain



How to Order

AF **30** — **03** **BD** —

① ② ③ ④ ⑤

- Option / Semi-standard: Select one each for **a** to **f**.
- Option / Semi-standard symbol: When more than one specification is required, indicate in ascending alphanumeric order.
Example) AF30-03BD-2R

		Symbol	Description	1								
				Body size								
				10	20	30	40	50	60			
2	Thread type	Nil	Metric thread (M5)		●	—	—	—	—	—		
		N Note 1)	Rc	—	●	●	●	●	●			
		F Note 2)	NPT	—	●	●	●	●	●			
		G	—	●	●	●	●	●				
+												
3	Port size	M5	M5	●	—	—	—	—	—			
		01	1/8	—	●	—	—	—	—			
		02	1/4	—	●	●	●	—	—			
		03	3/8	—	—	●	●	—	—			
		04	1/2	—	—	—	●	—	—			
		06	3/4	—	—	—	●	●	—			
		10	1	—	—	—	—	●	●			
+												
4	Option Note 3)	a	Mounting	Nil	Without mounting option		●	●	●	●	●	●
				B Note 4)	With bracket		—	●	●	●	●	●
+												
b	Float type auto drain	Nil	Without auto drain		●	●	●	●	●	●		
		C	Float type auto drain (N.C.)		●	●	●	●	●	●		
		D	Float type auto drain (N.O.)		—	—	●	●	●	●		
+												
5	Semi-standard	c	Bowl	Nil	Polycarbonate bowl		●	●	●	●	●	●
				2	Metal bowl		●	●	●	●	●	●
				6	Nylon bowl		●	●	●	●	●	●
				8	Metal bowl with level gauge		—	—	●	●	●	●
				C	With bowl guard		—	●	—	—	—	—
				6C	Nylon bowl with bowl guard		—	●	—	—	—	—
		+										
		d	Drain port Note 5)	Nil	With drain cock		●	●	●	●	●	●
				J Note 6)	Drain guide 1/8		—	●	—	—	—	—
				Drain guide 1/4		—	—	●	●	●	●	
				W Note 7)	Drain cock with barb fitting: For ø6 x ø4 nylon tube		—	—	●	●	●	●
		+										
		e	Flow direction	Nil	Flow direction: Left to right		●	●	●	●	●	●
				R	Flow direction: Right to left		●	●	●	●	●	●
+												
f	Pressure unit	Nil	Name plat and pressure gauge in imperial units: MPa		●	●	●	●	●	●		
		Z Note 8)	Name plate, caution plate for bowl in imperial units (PSI, °F)		○ Note 9)	○ Note 9)	○ Note 9)	○ Note 9)	○ Note 9)	○ Note 9)		

Note 1) Drain guide is NPT1/8 (applicable to the AF20) and NPT1/4 (applicable to the AF30 and AF60). The exhaust port for auto drain comes with ø3/8" One-touch fitting (applicable to the AF30 to AF40).

Note 2) Drain guide is G1/8 (applicable to the AF20) and G1/4 (applicable to the AF30 to AF60).

Note 3) Option B is not assembled and is supplied loose at the time of shipment.

Note 4) Including 2 mounting screws

Note 5) Float type auto drain: The combination between C and D is not available.

Note 6) Without a valve function

Note 7) Metal bowl: The combination of 2 and 8 cannot be selected.

Note 8) For thread type: M5 and NPT. This product is for overseas use only according to the new Measurement Law. (The SI unit type is provided for use in Japan.)

Note 9) ○: For thread type: M5 and NPT only

Standard Specifications

Model	AF10	AF20	AF30	AF40	AF40-60	AF50	AF60
Port size	M5 x 0.8	1/8, 1/4	1/4, 3/8	1/4, 3/8, 1/2	3/4	3/4, 1	1
Fluid	Air						
Ambient and fluid temperature	−5 to 60°C (with no freezing)						
Proof pressure	1.5 MPa						
Maximum operating pressure	1.0 MPa						
Nominal filtration rating	5 μm						
Drain capacity (cm³)	2.5	8	25	45			
Bowl material	Polycarbonate						
Bowl guard	—	Semi-standard	Standard				
Weight (kg)	0.06	0.18	0.22	0.45	0.49	0.99	1.05

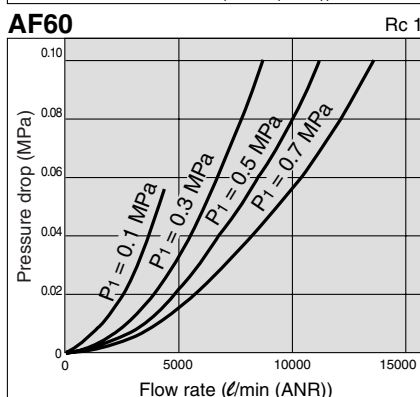
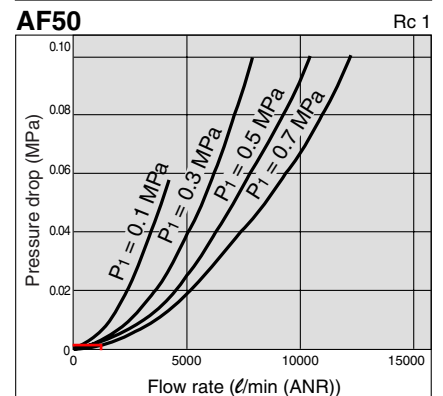
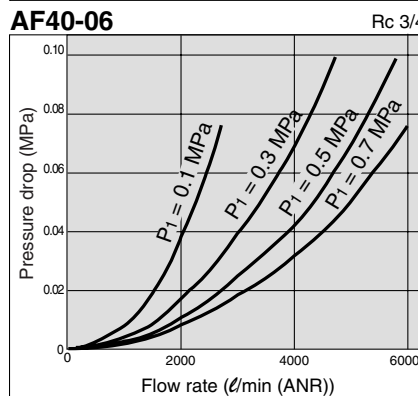
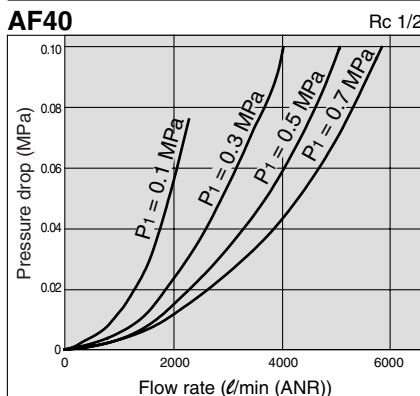
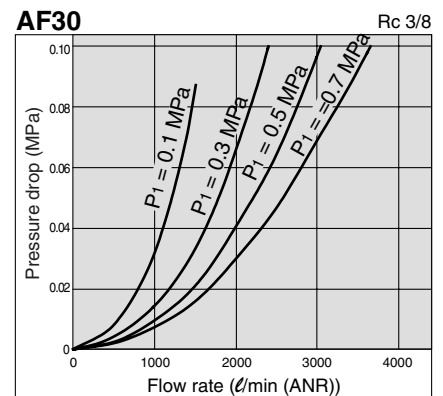
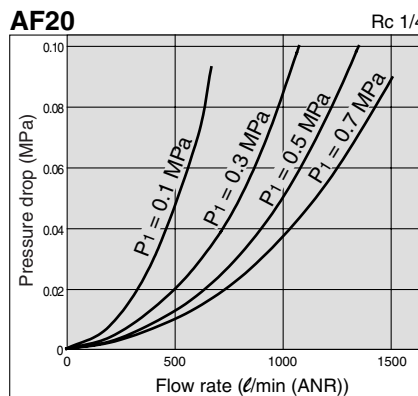
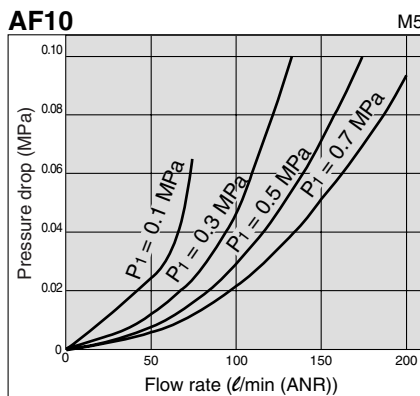
Option / Part No.

Option	Model	AF10	AF20	AF30	AF40	AF40-60	AF50	AF60
Bracket assembly ^{Note 1)}		—	AF20P-050AS	AF30P-050AS	AF40P-050AS	AF40P-070AS	AF50P-050AS	AF50P-050AS
Float type auto drain ^{Note 2)}	N.O.	—	—	AD38	AD48			
	N.C.	AD17	AD27	AD37	AD47			

Note 1) Assembly of a bracket and 2 mounting screws

Note 2) Minimum operating pressure: N.O. type—0.1 MPa; N.C. type—0.1 MPa (AD27) and 0.15 MPa (AD37/47). Please contact SMC for PSI and °F unit specifications.

Flow Characteristics (Representative values)



⚠ Specific Product Precautions

Be sure to read this before handling. Refer to “Precautions for Handling Pneumatic Devices” (M-03-E3A) for Safety Instructions and F.R.L. Unit Precautions.

Mounting and Adjustment

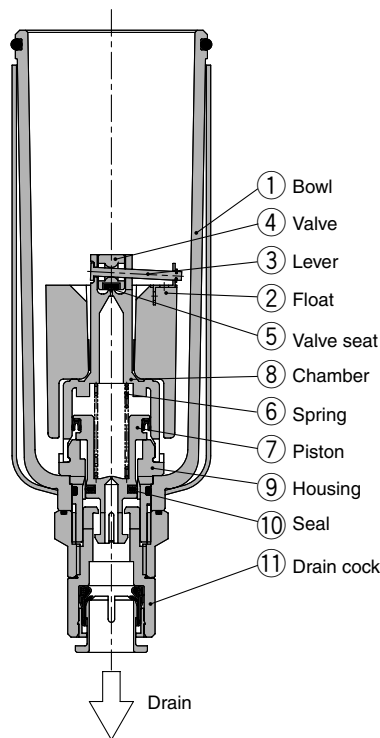
⚠ Warning

1. Replace the element every 2 years or when the pressure drop becomes 0.1 MPa, whichever comes first, to prevent damage to the element.

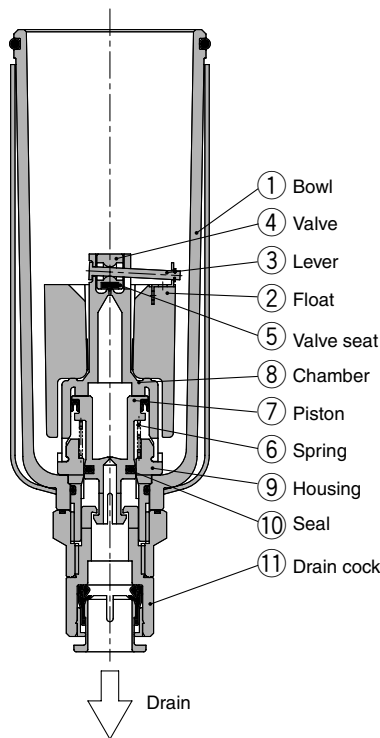
Series AF10 to AF60

Working Principle: Float Type Auto Drain

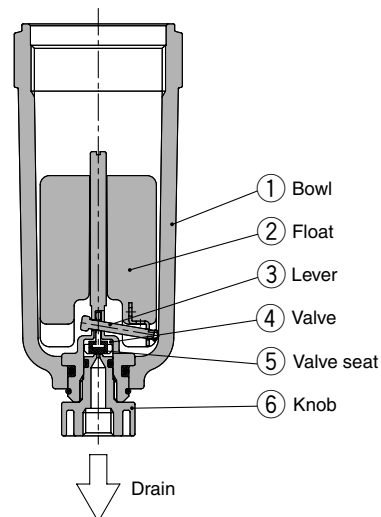
N.O. type: AD38, AD48



N.C. type: AD37, AD47



Compact auto drain
N.C. type: AD17, AD27



- **When pressure inside the bowl is released:**

When pressure is released from the bowl ①, piston ⑦ is lowered by spring ⑥.

The sealing action of seal ⑩ is interrupted, and the outside air flows inside the bowl ①, through housing hole ⑨ and drain cock ⑪.

Therefore, if there is an accumulation of condensate in the bowl ①, it will drain out through the drain cock.

- **When pressure is applied inside the bowl:**

When pressure exceeds 0.1 MPa, the force of piston ⑦ surpasses the force of spring ⑥, and the piston goes up.

This pushes seal ⑩ up so that it creates a seal and the inside of the bowl ①, is shut off from the outside air.

If there is no accumulation of condensate in the bowl ①, at this time float ② will be pulled down by its own weight, causing valve ④, which is connected to lever ③, to seal valve seat ⑤.

- **When there is an accumulation of condensate in the bowl:**

Float ② rises due to its own buoyancy and pushes open the seal created by the valve seat ⑤.

This allows the pressure inside the bowl ①, to enter the chamber ⑧. The result is that the combined pressure inside chamber ⑧ and the force of the spring ⑥, lower the piston ⑦.

This causes the sealing action of seal ⑩ to be interrupted, and the accumulated condensate in the bowl ①, drains out through the drain cock ⑪.

Turning drain cock ⑪ manually counterclockwise lowers piston ⑦, which pushes open the seal created by seal ⑩, thus allowing the condensate to drain out.

- **When pressure inside the bowl is released:**

Even when pressure inside the bowl ①, is released, spring ⑥ keeps piston ⑦ in its upward position.

This keeps the seal created by the seal ⑩, in place, thus shutting the outside air from inside the bowl ①.

Therefore, even if there should be some condensate accumulation inside the bowl ①, it will not drain out.

- **When pressure is applied inside the bowl:**

Even when pressure is applied inside the bowl ①, the combined force of spring ⑥ and the pressure inside the bowl ①, keeps piston ⑦ in its upward position.

This maintains the seal created by the seal ⑩, in place, thus shutting the outside air from inside the bowl ①.

If there is no accumulation of condensate in the bowl ①, at this time float ② will be pulled down by its own weight, causing valve ④, which is connected to lever ③, to seal valve seat ⑤.

- **When there is an accumulation of condensate in the bowl:**

Float ② rises due to its own buoyancy and pushes open the seal created by the valve seat ⑤. Pressure passes from the bowl to chamber ⑧.

The result is that the pressure inside chamber ⑧ surpasses the force of the spring ⑥, and pushes piston ⑦ downwards.

This causes the sealing action of seal ⑩ to be interrupted and the accumulated condensate in the bowl ①, drains out through the drain cock ⑪.

Turning drain cock ⑪ manually counterclockwise lowers piston ⑦, which pushes open the seal created by seal ⑩, thus allowing the condensate to drain out.

- **When pressure inside the bowl is released:**

Even when pressure inside the bowl ①, is released, the weight of the float ② causes valve ④, which is connected to lever ③, to seal valve seat ⑤. As a result, the inside of the bowl ①, is shut off from the outside air.

Therefore, even if there is an accumulation of condensate in the bowl ①, it will not drain out.

- **When pressure is applied inside the bowl:**

Even when pressure is applied inside the bowl ①, the weight of the float ②, and the differential pressure that is applied to valve ④ cause valve ④ to seal valve seat ⑤, and the outside air is shut off from the inside of the bowl ①.

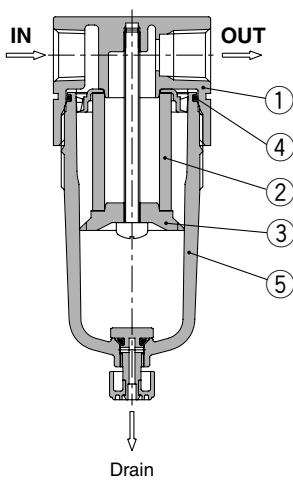
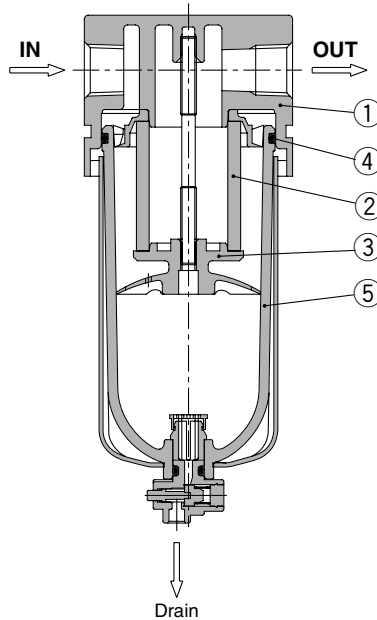
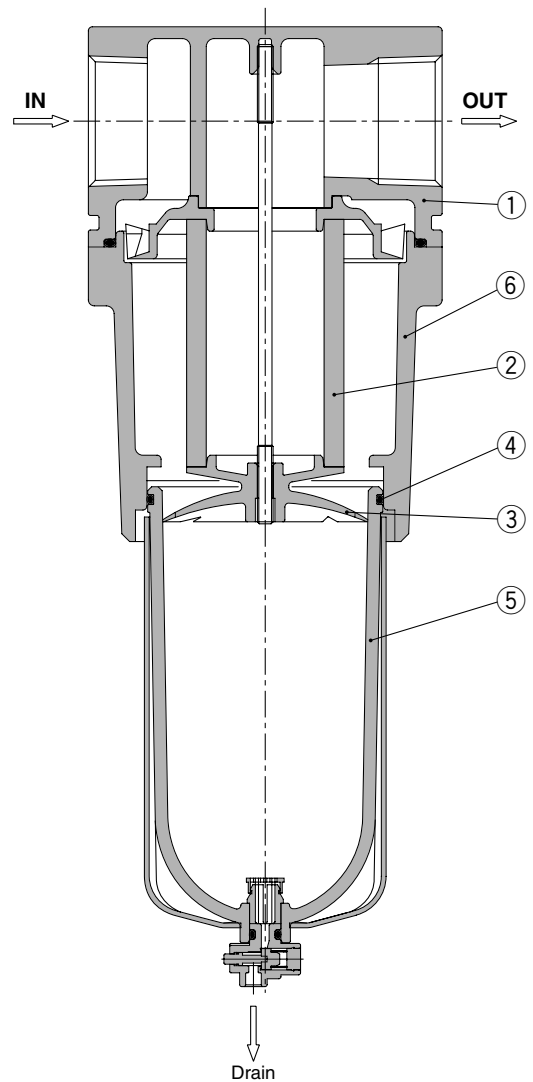
- **When the drain is accumulated in the bowl:**

Float ② rises due to its own buoyancy and the seal at valve seat ⑤ is interrupted.

The condensate inside the bowl ① drains out through the knob, ⑥.

Turning knob ⑥ manually counterclockwise lowers it and causes the sealing action of valve seat ⑤ to be interrupted, thus allowing the condensate to drain out.

Construction

AF10, AF20

AF30 to AF40-06

AF50, AF60


Component Parts

No.	Description	Material	Model	Color
1	Body	Zinc die-cast	AF10, AF20	Platinum silver
		Aluminum die-cast	AF30 to AF60	
6	Housing	Aluminum die-cast	AF50, AF60	Platinum silver

Replacement Parts

No.	Description	Material	Part no.						
			AF10	AF20	AF30	AF40	AF40-06	AF50	AF60
2	Filter element	Non-woven fabric	AF10P-060S	AF20P-060S	AF30P-060S	AF40P-060S		AF50P-060S	AF60P-060S
3	Baffle	PBT	AF10P-040S ^{Note 1)}	AF20P-040S	AF30P-040S	AF40P-040S		AF50P-040S	AF60P-040S
4	Bowl O-ring	NBR	C1SFP-260S	C2SFP-260S	C3SFP-260S	C4SFP-260S			
5	Bowl assembly ^{Note 2)}	Polycarbonate	C1SF	C2SF	C3SF ^{Note 3)}	C4SF ^{Note 3)}			

Note 1) The material of the baffle for the AF10 (AF10P-040S) only is polyacetal.

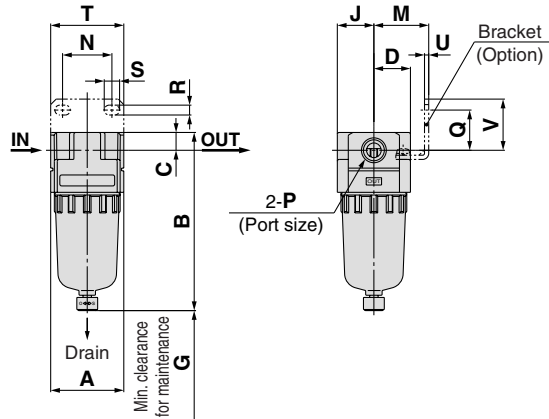
Note 2) Bowl O-ring is included. Please contact SMC regarding the bowl assembly supply for PSI and °F unit specifications.

Note 3) Bowl assembly for the AF30 to AF60 models comes with a bowl guard (steel band material).

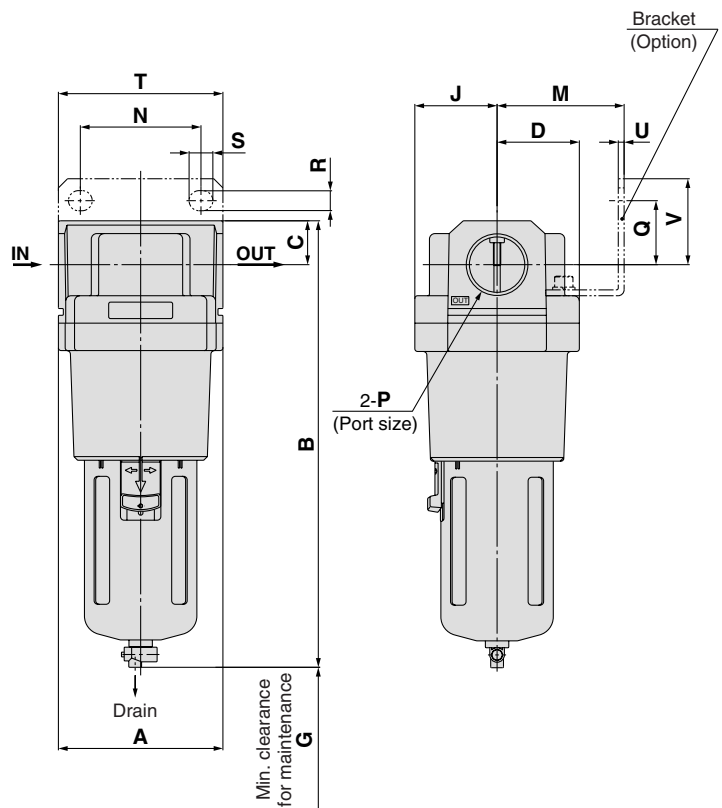
Series AF10 to AF60

Dimensions

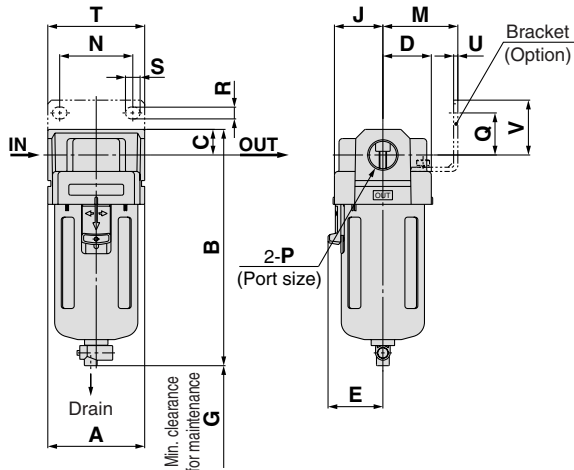
AF10, AF20



AF50, AF60



AF30 to AF40-06



Applicable model	AF10, AF20		AF20	AF30 to AF60				
Optional/Semi-standard specifications	With auto drain (N.C.)	Metal bowl	With drain guide	With auto drain (N.O./N.C.)	Metal bowl	Metal bowl with level gauge	With drain guide	Drain cock with barb fitting
Dimensions								

Model	Standard specifications								Optional specifications								With auto drain
	P	A	B	C	D	E	G	J	M	N	Q	R	S	T	U	V	
AF10	M5 x 0.8	25	67	7	12.5	—	25	12.5	—	—	—	—	—	—	—	—	85
AF20	1/8, 1/4	40	97	10	20	—	40	20	30	27	22	5.4	8.4	40	2.3	28	115
AF30	1/4, 3/8	53	129	14	26.5	30	50	26.5	41	40	23	6.5	8	53	2.3	30	170
AF40	1/4, 3/8, 1/2	70	165	18	35	38	75	35	50	54	26	8.5	10.5	70	2.3	35	204
AF40-06	3/4	75	169	20	45	38	75	45	50	54	25	8.5	10.5	70	2.3	34	208
AF50	3/4, 1	90	245	24	45	45	20	45	70	66	35	11	13	90	3.2	47	284
AF60	1	95	258	24	47.5	47.5	20	47.5	70	66	35	11	13	90	3.2	47	297

Model	Semi-standard specifications			
	With barb fitting	With drain guide	Metal bowl	Metal bowl with level gauge
	B	B	B	B
AF10	—	—	66	—
AF20	—	101	97	—
AF30	137	136	142	162
AF40	173	172	178	198
AF40-06	177	176	182	202
AF50	253	252	258	278
AF60	266	265	271	291

APÉNDICE H

REGULADORES DE PRESIÓN SERIE AR

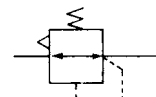
Regulator

AR10 to AR60

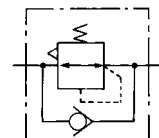
Regulator with Backflow Mechanism

AR20K to AR60K

JIS Symbol
Regulator

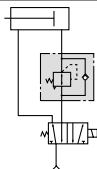


Symbol
Regulator with
Backflow Mechanism

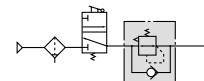


With the backflow function it incorporates a mechanism to exhaust the air pressure in the outlet side reliably and quickly.

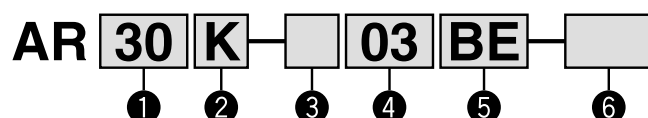
Example 1)
When the pressure in the rear and the front of the cylinder differs:



Example 2)
When the air supply is cut off and releasing the inlet pressure to the atmosphere, the residual pressure release of the outlet side can be ensured for a safety purpose.



How to Order



- Option / Semi-standard: Select one each for a to g.
- Option / Semi-standard symbol: Enter them alphanumerically.
Example) AR30K-03BE-1NR

		Symbol	Description	①							
				Body size							
				10	20	25	30	40	50	60	
②	With backflow mechanism	Nil	Without backflow mechanism	●	●	●	●	●	●	●	
		K Note 1)	With backflow mechanism	—	●	●	●	●	●	●	
+											
③	Thread type	Nil	Metric thread (M5)	●	—	—	—	—	—	—	
			Rc	—	●	●	●	●	●	●	
		N	NPT	—	●	●	●	●	●	●	
		F	G	—	●	●	●	●	●	●	
+											
④	Port size	M5	M5	●	—	—	—	—	—	—	
		01	1/8	—	●	—	—	—	—	—	
		02	1/4	—	●	●	●	●	—	—	
		03	3/8	—	—	●	●	●	—	—	
		04	1/2	—	—	—	—	●	—	—	
		06	3/4	—	—	—	—	●	●	—	
		10	1	—	—	—	—	—	●	●	
+											
a	Mounting	Nil	Without mounting option	●	●	●	●	●	●	●	
		B Note 3)	With bracket	●	●	●	●	●	●	●	
		H	With set nut (for panel fitting)	●	●	●	●	●	—	—	
+											
⑤	b	Pressure switch	Nil	Without pressure gauge	●	●	●	●	●	●	●
			E	Square embedded type pressure gauge (with limit indicator)	—	●	●	●	●	●	●
			G	Round type pressure switch (without limit indicator)	●	—	—	—	—	—	—
				Round type pressure switch (with limit indicator)	—	●	●	●	●	●	●
		Digital pressure switch	E1 Note 4)	Output: NPN output / Electrical entry: Wiring bottom entry	—	●	●	●	●	●	●
			E2 Note 4)	Output: NPN output / Electrical entry: Wiring top entry	—	●	●	●	●	●	●
			E3 Note 4)	Output: PNP output / Electrical entry: Wiring bottom entry	—	●	●	●	●	●	●
			E4 Note 4)	Output: PNP output / Electrical entry: Wiring top entry	—	●	●	●	●	●	●

Regulator *Series AR10 to AR60*

Regulator with Backflow Mechanism *Series AR20K to AR60K*



AR20/AR20K AR40/AR40K

		Symbol	Description	①															
				Body size															
				10	20	25	30	40	50	60									
⑥	Semi-standard	c	Set pressure	Nil	0.05 to 0.85 MPa set							●	●	●	●	●	●	●	
				1 ^{Note 5)}	0.02 to 0.2 MPa set							●	●	●	●	●	●	●	
		+																	
		d	Exhaust mechanism	Nil	Relieving type							●	●	●	●	●	●	●	
				N	Non-relieving type							●	●	●	●	●	●	●	
		+																	
		e	Flow direction	Nil	Flow direction: Left to right							●	●	●	●	●	●	●	
				R	Flow direction: Right to left							●	●	●	●	●	●	●	
		+																	
		f	Handle facing	Nil	Downward facing handle							●	●	●	●	●	●	●	
				Y	Upward facing handle							●	●	●	●	●	●	●	
		+																	
		g	Pressure unit	Nil	Name plate and pressure gauge in imperial units: MPa							●	●	●	●	●	●	●	
				Z ^{Note 6)}	Name plate and pressure gauge in imperial units (PSI, °F)							○ ^{Note 8)}	○ ^{Note 8)}	○ ^{Note 8)}	○ ^{Note 8)}	○ ^{Note 8)}	○ ^{Note 8)}	○ ^{Note 8)}	
				ZA ^{Note 7)}	Digital pressure switch: With unit switching function							—	△ ^{Note 9)}	△ ^{Note 9)}	△ ^{Note 9)}	△ ^{Note 9)}	△ ^{Note 9)}	△ ^{Note 9)}	

Note 1) The AR10 comes with a backflow mechanism as a standard feature. (K is not available.) When using the AR10 type as w/ backflow mechanism, back flow may not occur with the set pressure 0.15 MPa or less.

Note 2) Option B, G and H are not assembled and are supplied loose at the time of shipment.

Note 3) Assembly of a bracket and set nuts (the AR10, AR20(K) to AR40(K)) Including 2 mounting screws for the AR50(K) and AR60(K)

Note 4) When choosing with H (panel mount), the installation space for lead wires will not be secured. In this case, select "wiring top entry" for the lead wire entry. (Select "wiring bottom entry" when the semi-standard Y is chosen simultaneously.)

Note 5) The only difference from the standard specifications is the adjusting spring for the regulator. It does not restrict the setting of 0.2 MPa or more. When the pressure gauge is attached, a 0.2 MPa pressure gauge will be fitted.

Note 6) For thread type: M5 and NPT. This product is for overseas use only according to the new Measurement Law. (The SI unit type is provided for use in Japan.) The digital pressure switch will be equipped with the unit switching function, setting to PSI initially.

Note 7) For options: E1, E2, E3, E4. This product is for overseas use only according to the new Measurement Law. (The SI unit is provided for use in Japan.)

Note 8) ○: For thread type: M5 and NPT only

Note 9) △: Combination available for options: E1, E2, E3, E4.

Standard Specifications

Model	AR10	AR20(K)	AR25(K)	AR30(K)	AR40(K)	AR40(K)-06	AR50(K)	AR60(K)
Port size	M5 x 0.8	1/8, 1/4	1/4, 3/8	1/4, 3/8	1/4, 3/8, 1/2	3/4	3/4, 1	1
Pressure gauge port size ^{Note 1)}	1/16 ^{Note 2)}	1/8			1/4			
Fluid	Air							
Ambient and fluid temperature ^{Note 3)}	−5 to 60°C (with no freezing)							
Proof pressure	1.5 MPa							
Maximum operating pressure	1.0 MPa							
Set pressure range	0.05 to 0.7 MPa	0.05 to 0.85 MPa						
Relief pressure ^{Note 4)}	Set pressure + 0.05 MPa ^{Note 3)} [at relief flow rate of 0.1 ℓ/min (ANR)]							
Construction	Relieving type							
Weight (kg)	0.06	0.26	0.21	0.29	0.44	0.47	1.17	1.22

Note 1) Pressure gauge connection threads are not available for F.R.L. unit with a square embedded type pressure gauge (the AR20(K) to AR60(K)).

Note 2) Use a bushing (part no:131368) when connecting the R 1/8 pressure gauge to the R 1/16.

Note 3) -5 to 50°C for the products with the digital pressure switch.

Note 4) Not applicable to the AC10.

Series AR10 to AR60

Series AR20K to AR60K

Option / Part No.

Option		Model	AR10	AR20(K)	AR25(K)	AR30(K)	AR40(K)	AR40(K)-06	AR50(K)	AR60(K)
Bracket assembly ^{Note 1)}			AR10P-270AS	AR20P-270AS	AR25P-270AS	AR30P-270AS	AR40P-270AS		AR50P-270AS ^{Note 2)}	
Set nut			AR10P-260S	AR20P-260S	AR25P-260S	AR30P-260S	AR40P-260S		___ ^{Note 3)}	___ ^{Note 3)}
Pressure gauge	^{Note 4)} Round type	Standard	G27-10-R1	G36-10-□01			G46-10-□02			
		0.02 to 0.2 MPa set	G27-10-R1 ^{Note 5)}	G36-2-□01			G46-2-□02			
	^{Note 6)} Square embedded type	Standard	—	GC3-10AS [GC3P-010AS (Pressure gauge cover only)]						
		0.02 to 0.2 MPa set	—	GC3-2AS [GC3P-010AS (Pressure gauge cover only)]						
Digital pressure switch ^{Note 7)}	NPN output: Wiring bottom entry		—	ISE35-N-25-MLA [ISE35-N-25-M (Switch body only)]						
	NPN output: Wiring top entry			ISE35-R-25-MLA [ISE35-R-25-M (Switch body only)]						
	PNP output: Wiring bottom entry			ISE35-N-65-MLA [ISE35-N-65-M (Switch body only)]						
	PNP output: Wiring top entry			ISE35-R-65-MLA [ISE35-R-65-M (Switch body only)]						

Note 1) Assembly of a bracket and set nuts

Note 2) Assembly of a bracket and 2 mounting screws

Note 3) Please consult with SMC regarding the set nuts for the AR50(K) and AR60(K).

Note 4) □ in part numbers for a round pressure gauge indicates a type of connection thread. No indication is necessary for R; however, indicate N for NPT. Please contact SMC regarding the connection thread NPT and pressure gauge supply for PSI unit specifications.

Note 5) Pressure gauge for general purpose

Note 6) Including one O-ring and 2 mounting screws. []: Pressure gauge cover only

Note 7) Lead wire with connector (2 m), adaptor, lock pin, O-ring (1 pc.), mounting screw (2 pcs.) are attached. []: Switch body only
Also, regarding how to order the digital switch, please refer to page 73.

⚠ Specific Product Precautions

Be sure to read this before handling. Refer to “Precautions for Handling Pneumatic Devices” (M-03-E3A) for Safety Instructions and F.R.L. Unit Precautions.

Selection

⚠ Warning

- Residual pressure disposal (outlet pressure removal) is not possible for the AR20 to 60 even though the inlet pressure is exhausted. When the residual pressure disposal is performed, use the regulator with a backflow mechanism (the AR20K to AR60K).

Maintenance

⚠ Warning

- When using the regulator with backflow mechanism between a solenoid valve and an actuator, check the pressure gauge periodically. Sudden pressure fluctuations may shorten the durability of the pressure gauge. A digital pressure gauge is recommended for such situation or as deemed necessary.

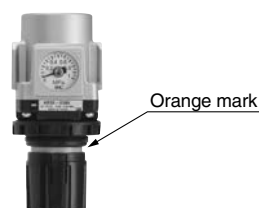
Mounting and Adjustment

⚠ Warning

- Set the regulator while verifying the displayed values of the inlet and outlet pressure gauges. Turning the regulator knob excessively can cause damage to the internal parts.
- The pressure gauge included with regulators for 0.02 to 0.2 MPa setting is for up to 0.2 MPa use only (except for the AR10). Exceeding 0.2 MPa of pressure can damage the gauge.
- Do not use tools on the pressure regulator knob as this may cause damage. It must be operated manually.

⚠ Caution

- Be sure to unlock the knob before adjusting the pressure and lock it after setting the pressure. Failure to follow this procedure can cause damage to the knob and the outlet pressure may fluctuate.
 - Pull the pressure regulator knob to unlock. (You can visually verify this with the “orange mark” that appears in the gap.)
 - Push the pressure regulator knob to lock. When the knob is not easily locked, turn it left and right a little and then push it (when the knob is locked, the “orange mark”, i.e., the gap will disappear).



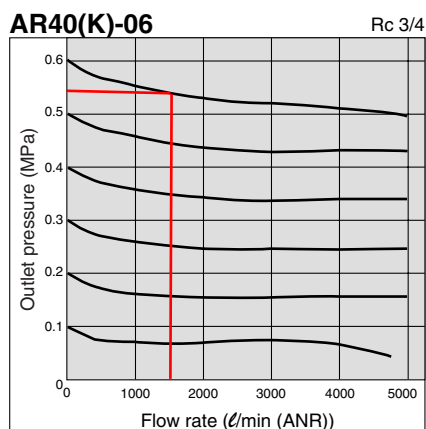
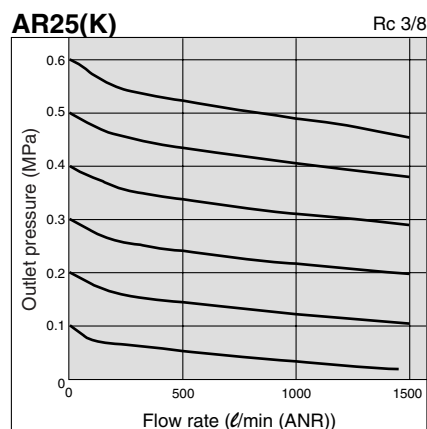
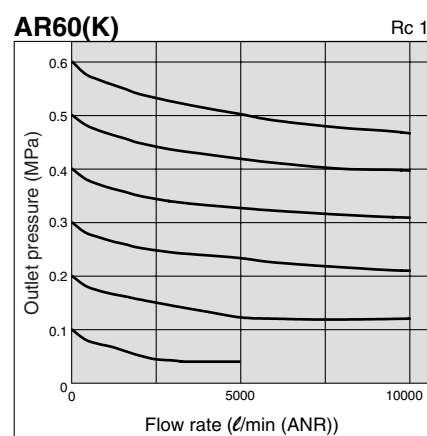
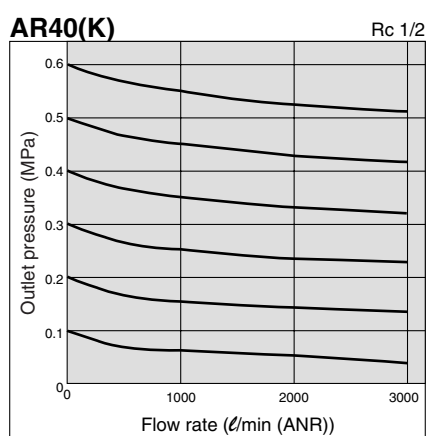
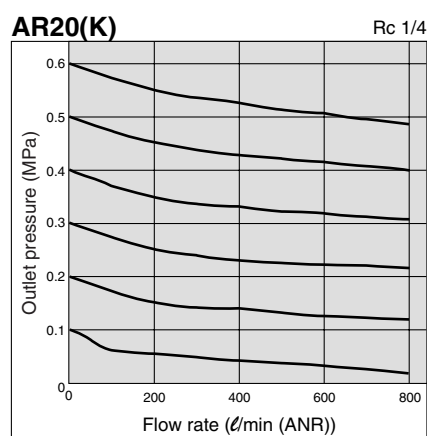
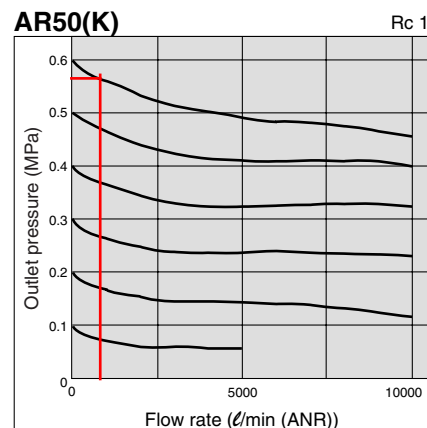
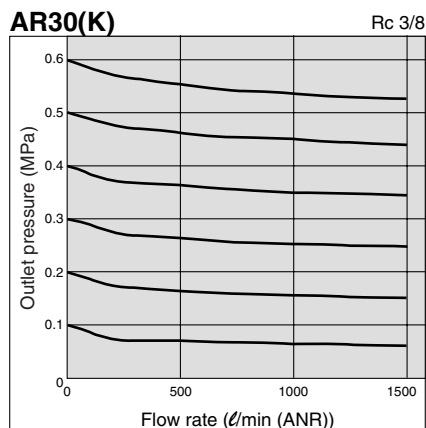
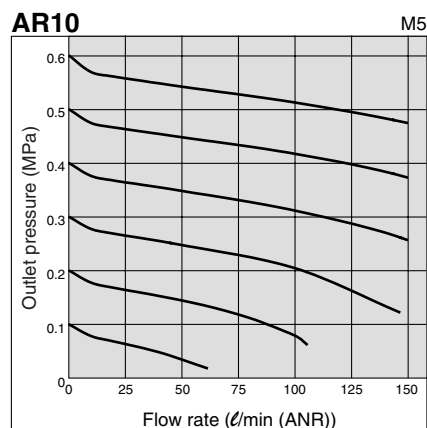
- A knob cover is available to prevent careless operation of the knob. Refer to “Features 1” for details.

Regulator *Series AR10 to AR60*

Regulator with Backflow Mechanism *Series AR20K to AR60K*

Flow Characteristics (Representative values)

Condition: Inlet pressure 0.7 MPa



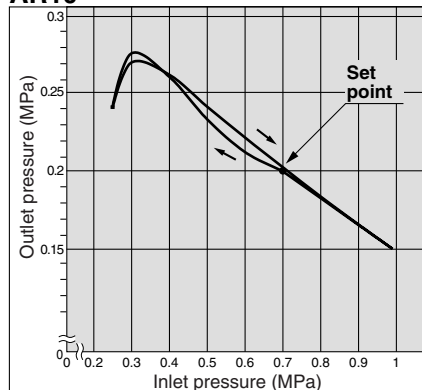
Series AR10 to AR60

Series AR20K to AR60K

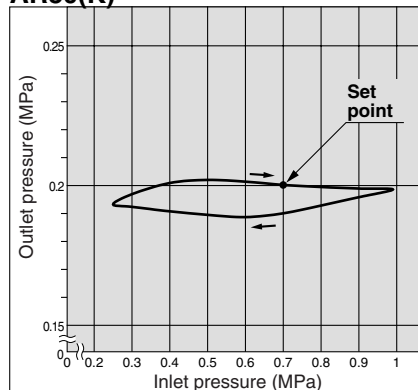
Pressure Characteristics (Representative values)

Conditions: Inlet pressure 0.7 MPa, Outlet pressure 0.2 MPa, Flow rate 20 ℓ /min (ANR)

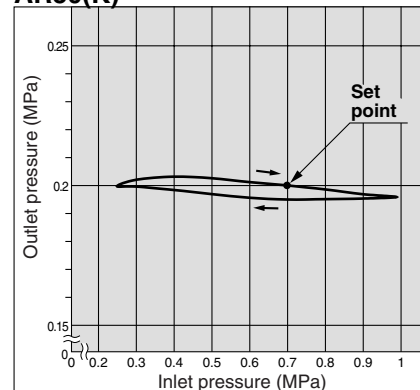
AR10



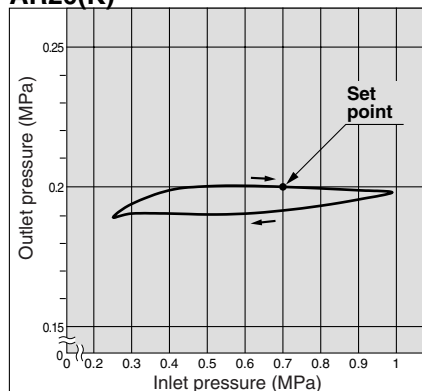
AR30(K)



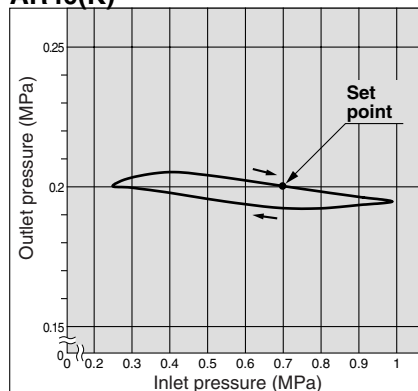
AR50(K)



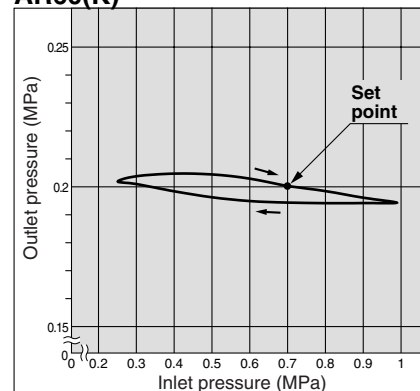
AR20(K)



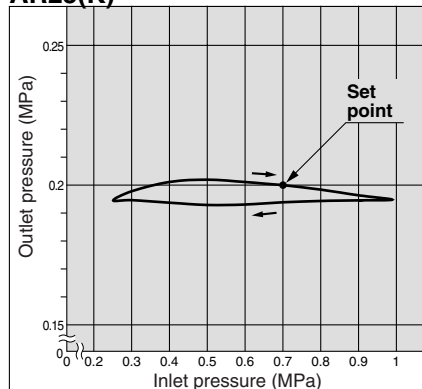
AR40(K)



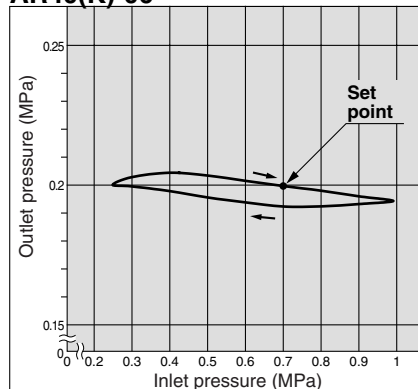
AR60(K)



AR25(K)



AR40(K)-06

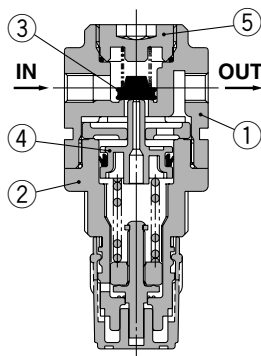


Regulator *Series AR10 to AR60*

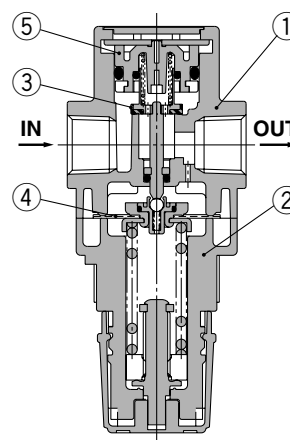
Regulator with Backflow Mechanism *Series AR20K to AR60K*

Construction

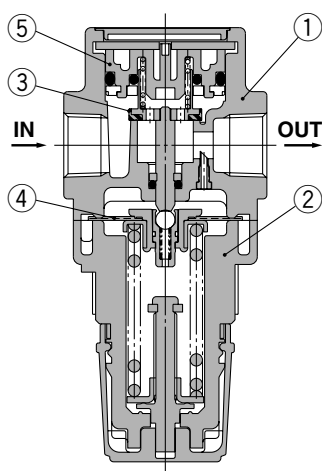
AR10



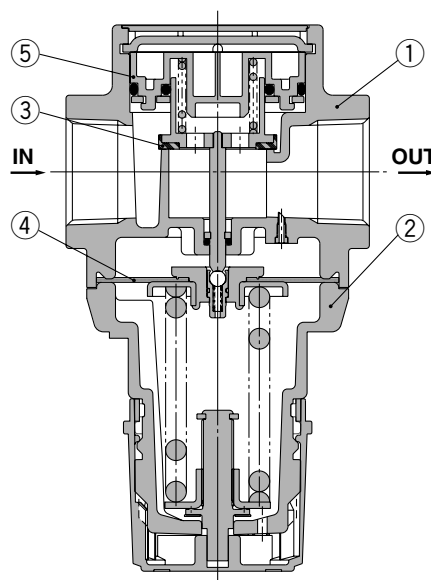
AR20(K), AR25(K)



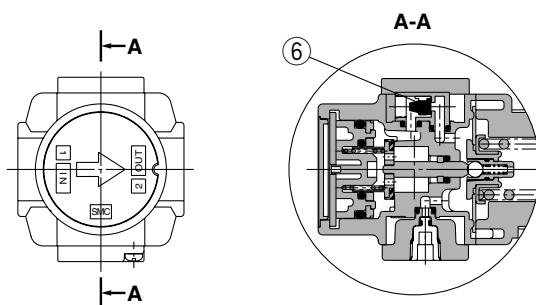
AR30(K), AR40(K)



AR50(K), AR60(K)



AR20K to AR60K (Regulator with Backflow Mechanism)



Component Parts

No.	Description	Material	Model	Note
1	Body	Zinc die-cast	AR10, AR20(K)	Platinum silver
		Aluminum die-cast	AR25(K) to AR60(K)	
2	Bonnet	Polyacetal	AR10, AR20(K) to AR40(K)-06	Black
		Aluminum die-cast	AR50(K), AR60(K)	

Replacement Parts

			Part no.							
No.	Description	Material	AR10	AR20(K)	AR25(K)	AR30(K)	AR40(K)	AR40(K)-60	AR50(K)	AR60(K)
3	Valve assembly	Brass, HNBR	AR10P-090S	AR20P-410S	AR25P-410S	AR30P-410S	AR40P-410S		AR50P-410S	AR60P-410S
4	Diaphragm assembly	Weatherable NBR	AR10P-150AS ^{Note 1)}	AR20P-150AS	AR25P-150AS	AR30P-150AS	AR40P-150AS		AR50P-150AS	
5	Valve guide assembly	Polyacetal	131329	AR20P-050AS	AR25P-050AS	AR30P-050AS	AR40P-050AS		AR50P-050AS	AR60P-050AS
6	Check valve assembly ^{Note 2)}	—	—	AR20KP-020AS						

Note 1) The AR10 is a piston type. Assembly of a piston and a seal (KSYP-13).

Note 2) Check valve assembly is applicable for a regulator with backflow mechanism (the AR20K to AR60K) only.

Assembly of a check valve cover, check valve body assembly and 2 screws

Series AR10 to AR60

Series AR20K to AR60K

Working Principle (Regulator with Backflow Mechanism)

AR10

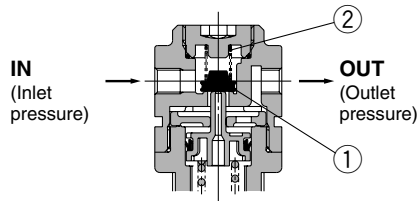


Figure 1

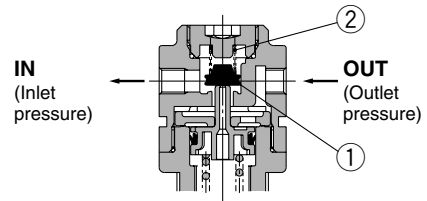


Figure 2

When the inlet pressure is higher than the regulating pressure, the check valve operates as a normal regulator (Figure 1).

When the inlet pressure is shut off and exhausted, any inlet pressure applied to the valve ① will be lost. The force for seating the valve ① is the valve spring force ② only. When the valve ① is opened using the outlet force, the outlet pressure will be exhausted at the inlet side. (Figure 2)

When the set pressure is 0.15 MPa or less, valve ① may not open due to the valve spring ② force.

AR20K to AR60K

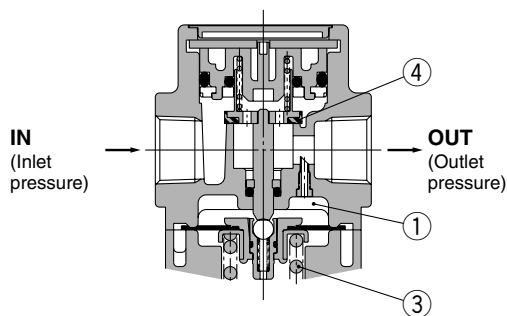
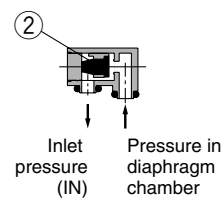
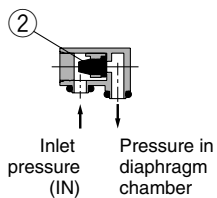
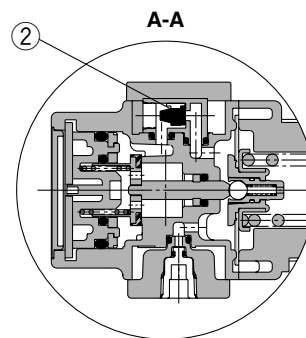
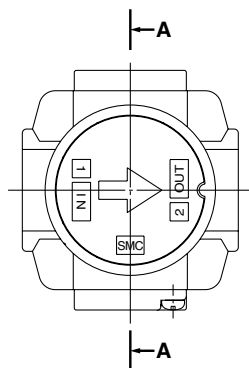


Figure 1 Normal

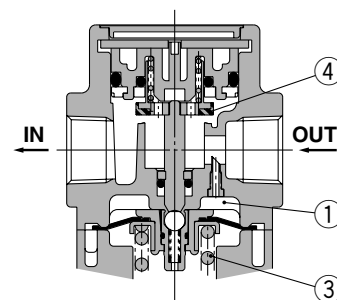


Figure 2 Back flow

When the inlet pressure is higher than the regulating pressure, the check valve ② closes and operates as a normal regulator (Figure 1). When the inlet pressure is shut off and released, the check valve ② opens and the pressure in the diaphragm chamber ① is released into the inlet side (Figure 2).

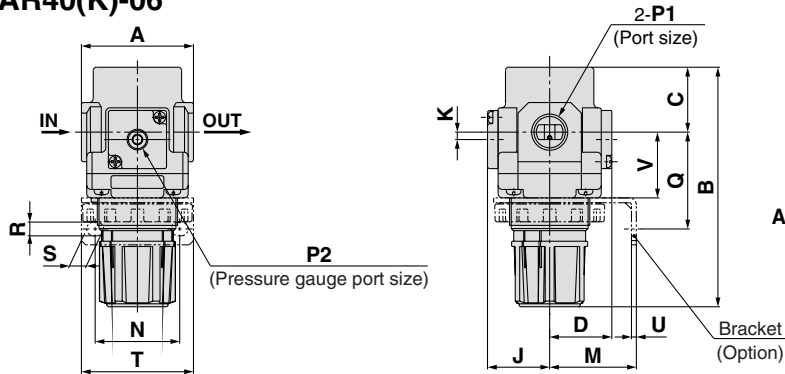
This lowers the pressure in the diaphragm chamber ① and the force generated by the pressure regulator spring ③ lifts the diaphragm. Valve ④ opens through the stem, and the outlet pressure is released to the inlet side (Figure 2).

Regulator **Series AR10 to AR60**

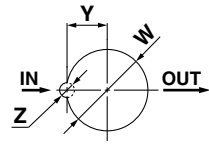
Regulator with Backflow Mechanism **Series AR20K to AR60K**

Dimensions

AR10, AR20(K) to AR40(K)-06

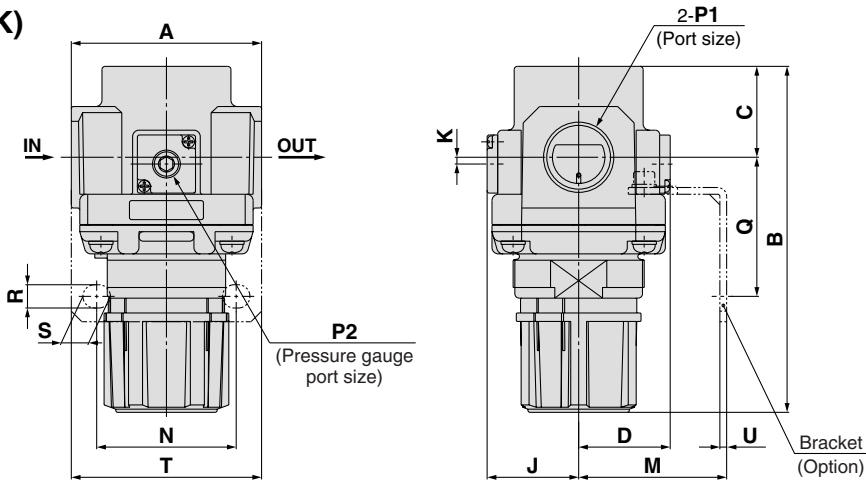


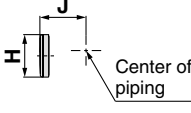
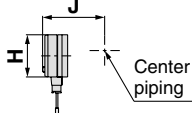
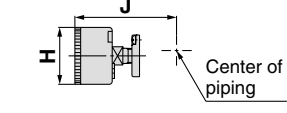
Panel fitting dimension



AR10, AR20(K) to AR30(K): Max. 3.5
AR40(K): Max. 5

AR50(K), AR60(K)



Applicable model	AR20(K) to AR60(K)		AR10, AR20(K) to AR60(K)
Option	Square embedded type pressure gauge	Digital pressure switch	Round type pressure gauge
Dimensions			

Model	Standard specifications									Optional specifications					
	P1	P2	A	B Note 1)	C	D	F	J	K	Square type pressure gauge		Digital pressure gauge		Round type pressure gauge	
AR10	M5 x 0.8	1/16	25	58	11	12.5	M18 x 1	13	0	—	—	—	—	ø26	26
AR20(K)	1/8, 1/4	1/8	40	94	26.5	28.5	M28 x 1	28.5 Note 2)	2	□28	29.5	□27.8	40	ø37.5	65
AR25(K)	1/4, 3/8	1/8	53	101	28	27.5	M32 x 1.5	27.5	0	□28	28.5	□27.8	39	ø37.5	64
AR30(K)	1/4, 3/8	1/8	53	116	31	29.5	M38 x 1.5	29.5	3.5	□28	30.5	□27.8	41	ø37.5	66
AR40(K)	1/4, 3/8, 1/2	1/4	70	128	36	34	M42 x 1.5	34	3.5	□28	35	□27.8	45	ø42.5	74
AR40(K)-06	3/4	1/4	75	129	36	34	M42 x 1.5	34	3	□28	35	□27.8	45	ø42.5	74
AR50(K)	3/4, 1	1/4	90	169	43	43.5	M62 x 1.5	43.5	3.3	□28	44.5	□27.8	55	ø42.5	84
AR60(K)	1	1/4	95	176	46	43.5	M62 x 1.5	43.5	3.3	□28	44.5	□27.8	55	ø42.5	84

Model	Optional specifications										
	Bracket mount							Panel mount			
	M	N	Q	R	S	T	U	V	W	Y	Z
AR10	25	28	30	4.5	6.5	40	2	18	18.5	—	—
AR20(K)	30	34	44	5.4	15.4	55	2.3	25	28.5	14	6
AR25(K)	30	34	44	5.4	15.4	55	2.3	26	32.5	16	6
AR30(K)	41	40	46	6.5	8	53	2.3	31	38.5	19	7
AR40(K)	50	54	54	8.5	10.5	70	2.3	35.5	42.5	21	7
AR40(K)-06	50	54	56	8.5	10.5	70	2.3	37	42.5	21	7
AR50(K)	70	66	65.8	11	13	90	3.2	—	—	—	—
AR60(K)	70	66	65.8	11	13	90	3.2	—	—	—	—

Note 1) The total length of B direction is the length when the filter regulator handle is unlocked.

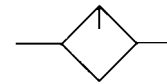
Note 2) For the AR20 only, the position of the pressure gauge is above the center of the piping.

APÉNDICE I

LUBRICADORES SERIE AL

Lubricator AL10 to AL60

JIS Symbol



How to Order

AL **30** — **03** **B** —

① ② ③ ④ ⑤

- Option / Semi-standard: Select one each for **a** to **d**.
- Option / Semi-standard symbol: When more than one specification is required, indicate in ascending alphanumeric order.
Example) AL30-03B-2R

		Symbol	Description	1							
				Body size							
				10	20	30	40	50	60		
2	Thread type	Nil	Metric thread (M5)		●	—	—	—	—	—	
			Rc	—	●	●	●	●	●		
		N	NPT	—	●	●	●	●	●		
		F	G	—	●	●	●	●	●		
+											
3	Port size	M5	M5	●	—	—	—	—	—		
		01	1/8	—	●	—	—	—	—		
		02	1/4	—	●	●	—	—	—		
		03	3/8	—	—	●	●	—	—		
		04	1/2	—	—	—	●	—	—		
		06	3/4	—	—	—	●	●	—		
		10	1	—	—	—	—	●	●		
+											
4	Option (Mounting)	Nil	Without mounting option	●	●	●	●	●	●		
		B ^{Note 1)}	With bracket	—	●	●	●	●	●		
+											
5	Semi-standard	a	Bowl	Nil	Polycarbonate bowl	●	●	●	●	●	●
				1	1000 cm ³ tank	—	—	△ ^{Note 2)}	△ ^{Note 2)}	△ ^{Note 2)}	△ ^{Note 2)}
				10	1000 cm ³ tank with level switch (lowest limit ON)	—	—	△ ^{Note 2)}	△ ^{Note 2)}	△ ^{Note 2)}	△ ^{Note 2)}
				11	1000 cm ³ tank with level switch (lowest limit OFF)	—	—	△ ^{Note 2)}	△ ^{Note 2)}	△ ^{Note 2)}	△ ^{Note 2)}
				2	Metal bowl	●	●	●	●	●	●
				6	Nylon bowl	●	●	●	●	●	●
				8	Metal bowl with level gauge	—	—	●	●	●	●
				C	With bowl guard	—	●	—	—	—	—
				6C	Nylon bowl with bowl guard	—	●	—	—	—	—
		+									
		b	Lubricant port	Nil	Without drain cock	●	●	●	●	●	●
				3	With drain cock	●	●	●	●	●	●
				3W	Drain cock with barb fitting: For ø6 x ø4 nylon tube	—	—	●	●	●	●
		+									
		c	Flow direction	Nil	Flow direction: Left to right	●	●	●	●	●	●
				R	Flow direction: Right to left	●	●	●	●	●	●
		+									
		d	Pressure unit	Nil	Name plate and pressure gauge in imperial units: MPa	●	●	●	●	●	●
				Z ^{Note 3)}	Name plate and pressure gauge in imperial units (PSI, °F)	○ ^{Note 4)}	○ ^{Note 4)}	○ ^{Note 4)}	○ ^{Note 4)}	○ ^{Note 4)}	○ ^{Note 4)}

Note 1) Option B is not assembled and is supplied loose at the time of shipment.

Note 2) △: Dedicated lubricant discharge function is equipped, and semi-standard b-3, or 3W are not available.

Note 3) For thread type: M5 and NPT. This product is for overseas use only according to the new Measurement Law. (The SI unit type is provided for use in Japan.)

Note 4) ○: For thread type: M5 and NPT only

Standard Specifications

Model	AL10	AL20	AL30	AL40	AL40-60	AL50	AL60
Port size	M5 x 0.8	1/8, 1/4	1/4, 3/8	1/4, 3/8, 1/2	3/4	3/4, 1	1
Fluid	Air						
Proof pressure	1.5 MPa						
Maximum operating pressure	1.0 MPa						
Ambient and fluid temperature	-5 to 60°C (with no freezing)						
Minimum dripping flow rate ^{Note)} [L/min (ANR)]	4	15	1/4: 30 3/8: 40	1/4: 30 3/8: 40 1/2: 50	50	190	220
Oil capacity (cm³)	7	25	55	135			
Recommended lubricant	Class 1 turbine oil (ISO VG32)						
Bowl material	Polycarbonate						
Bowl guard	—	Semi-standard	Standard				
Weight (kg)	0.07	0.2	0.24	0.47	0.52	1.06	1.13

Notes) • The flow rate is 5 drips or greater/min under the following conditions: Inlet pressure of 0.5 MPa; Class 1 turbine oil (ISO VG32); Temperature at 20°C; Oil adjustment valve fully opened.
• Use air consumption flow rate for minimum dripping flow rate.

Option / Part No.

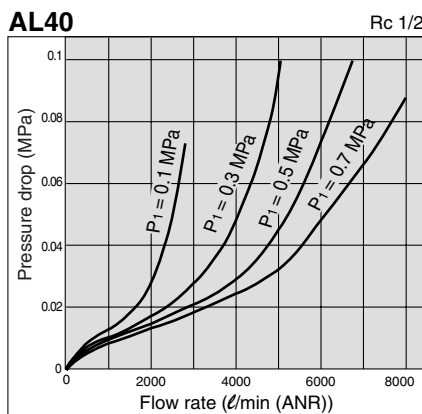
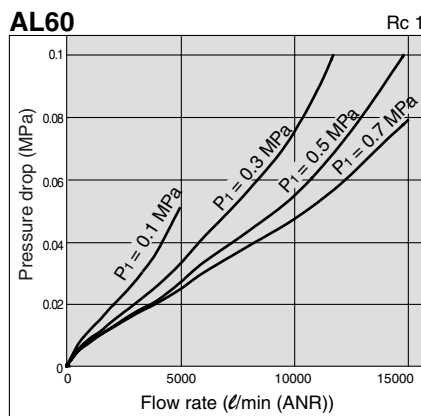
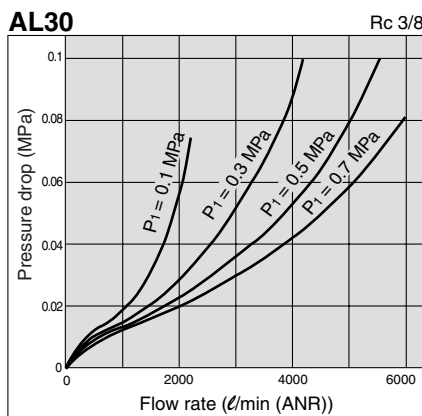
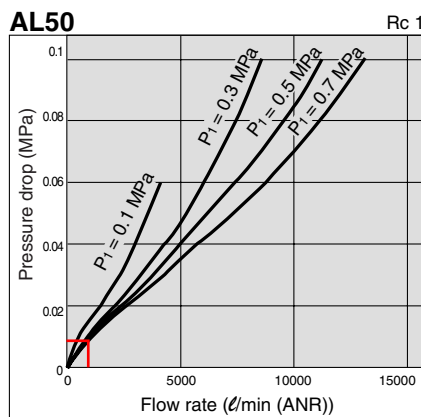
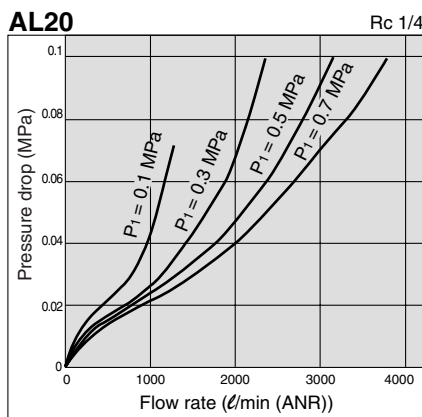
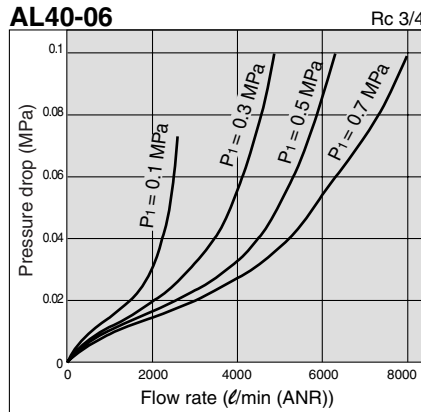
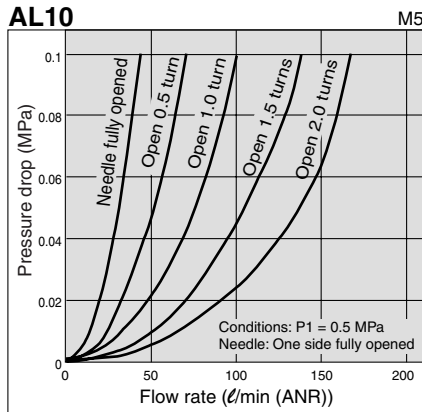
Model	AL10	AL20	AL30	AL40	AL40-60	AL50	AL60
Option							
Bracket assembly ^{Note)}	—	AF20P-050AS	AF30P-050AS	AF40P-050AS	AF40P-070AS	AF50P-050AS	AF50P-050AS

The part number for bracket assembly for 1000 cm³ is AF50P-050AS (applicable to the AL30 to AL60).

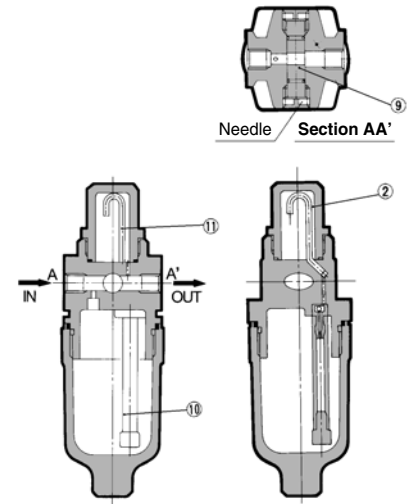
Note) Assembly of a bracket and 2 mounting screws

Series AL10 to AL60

Flow Characteristics (Representative values)



Working Principle: AL10 Type



A portion of the air introduced from the IN side pressurizes the lubricant inside the bowl. The remainder of the air passes through the needles ⑨, and flows to the OUT side. The pressure differential between the inside of the bowl and the inside of the sight dome ②, causes the lubricant inside the bowl into the oil passage ⑩. The lubricant drips from the dripping tube ⑪, and lubricate the OUT side. The amount of lubricant is adjusted by the needle ⑨, on the front face. Turning the needle clockwise increases the amount of the lubricant, and turning it counterclockwise until fully opened shuts off the lubricant. The needle on the side that is not used should be left fully opened.

⚠ Specific Product Precautions

Be sure to read this before handling. Refer to "Precautions for Handling Pneumatic Devices" (M-03-E3A) for Safety Instructions and F.R.L. Unit Precautions.

Selection

⚠ Warning

1. Do not introduce air from the outlet side as this can damage the damper.

⚠ Caution

1. Use a check valve (the AKM series) to prevent back flow of the lubricant when re-directing the air flow before the lubricator.

Maintenance

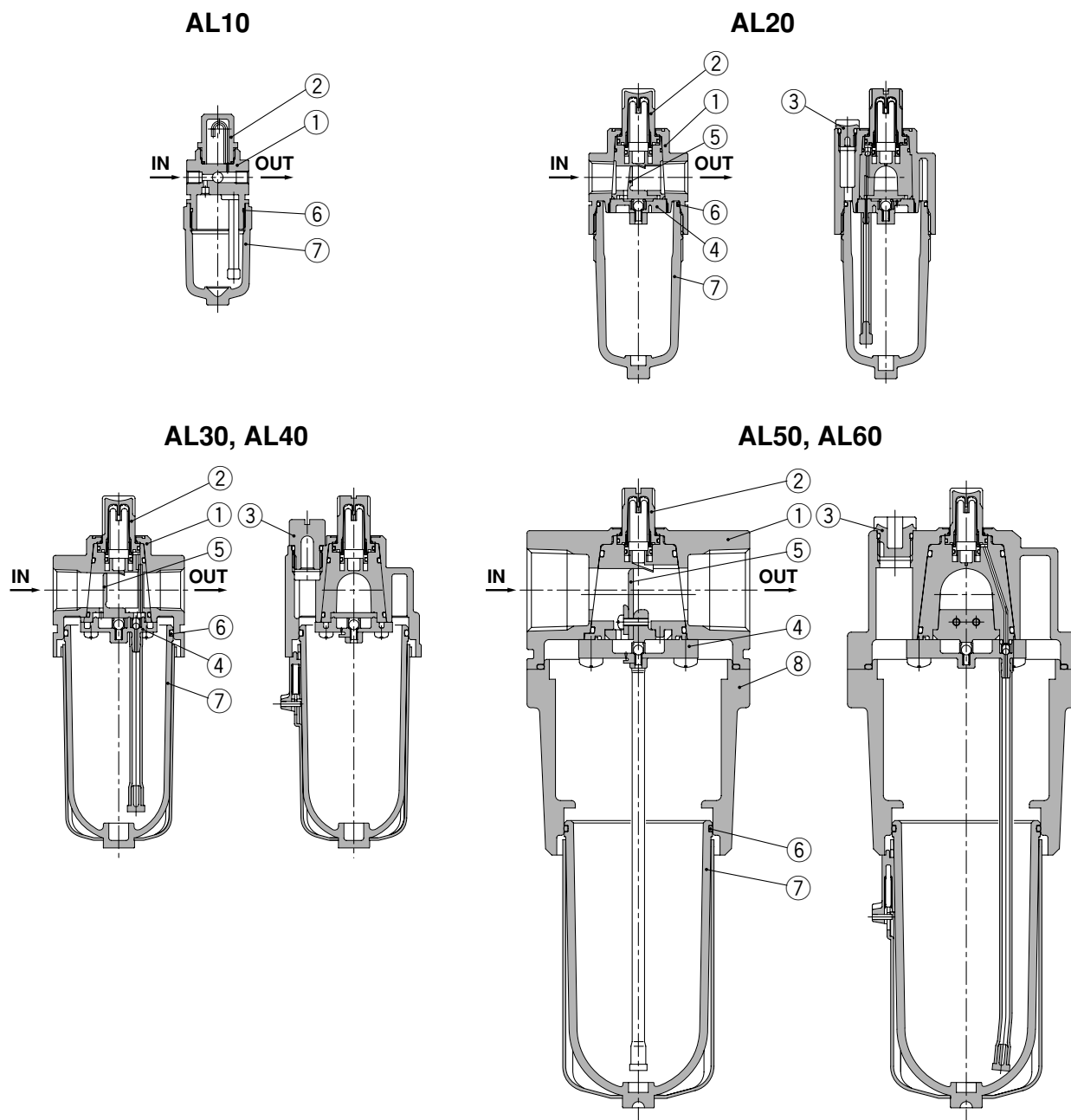
⚠ Warning

1. For the AL10/20 type, replenish the lubricant after releasing the inlet pressure. Lubrication cannot take place under a pressurized condition.

⚠ Caution

1. Check the dripping amount once a day. Drip failure can cause damage to the components that need lubrication.

Construction



Component Parts

No.	Description	Material	Model	Color
1	Body	Zinc die-cast	AL10, AL20	Platinum silver
		Aluminum die-cast	AL30 to AL60	
8	Housing	Aluminum die-cast	AL50, AL60	Platinum silver

Replacement Parts

No.	Description	Material	Part no.						
			AL10	AL20	AL30	AL40	AL40-06	AL50	AL60
2	Sight dome assembly	Polycarbonate	AL10P-080AS	AL20P-080AS					
3	Lubrication plug assembly	—	—	AL20P-060AS	AL30P-060AS	AL40P-060AS			
4	Damper retainer assembly ^{Note 1)}	—	—	AL20P-030AS	AL30P-030AS	AL40P-030AS		AL50P-030AS	AL60P-030AS
5	Damper (assembly)	Synthetic resin	—	AL20P-040S	AL30P-040S	AL40P-040S		AL50P-040AS	AL60P-040AS
6	Bowl O-ring	NBR	C1SFP-260S	C2SFP-260S	C3SFP-260S	C4SFP-260S			
7	Bowl assembly ^{Note 2)}	Polycarbonate	C1SL	C2SL	C3SL ^{Note 3)}	C4SL ^{Note 3)}			

Note 1) Add "-1" at the end of the part number when ordering a damper retainer assembly for 1000 cm³. Example) AL30P-030AS-1

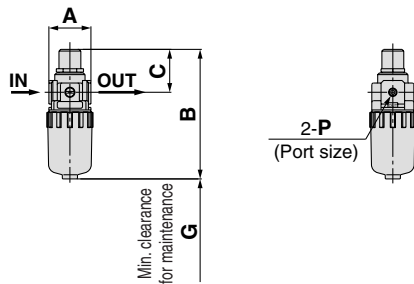
Note 2) Including O-Ring. Please contact SMC regarding the bowl assembly supply for PSI and °F unit specifications.

Note 3) Bowl assembly for the AL30 to AL60 comes with a bowl guard (steel band material).

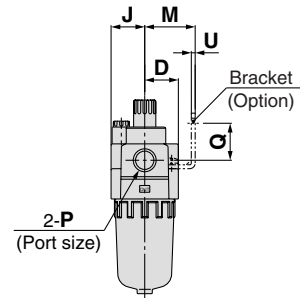
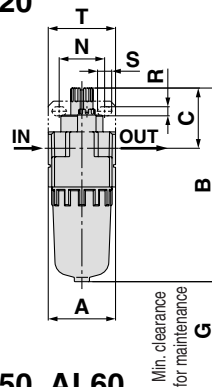
Series AL10 to AL60

Dimensions

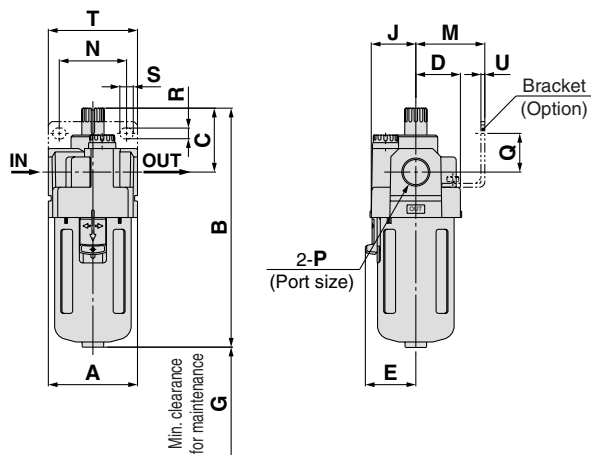
AL10



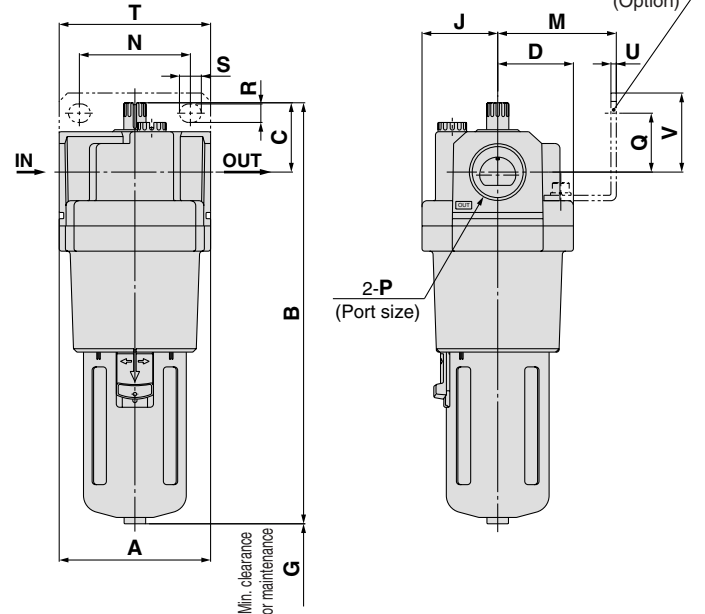
AL20



AL30, AL40



AL50, AL60



Applicable model	AL10, AL20				AL30 to AL60				
Optional/Semi-standard specifications	With drain cock	Metal bowl with drain cock	Metal bowl	With drain cock	Metal bowl with level gauge	Metal bowl with drain cock	Metal bowl with drain cock & level gauge	Drain cock with barb fitting	
Dimensions									Barb fitting Applicable tubing: T0604

Model	Standard specifications								Optional specifications						
	P	A	B	C	D	E	G	J	M	N	Q	R	S	T	U
AL10	M5 x 0.8	25	77	26	12.5	—	35	12.5	—	—	—	—	—	—	—
AL20	1/8, 1/4	40	115	36	20	—	60	20	30	27	22	5.4	8.4	40	2.3
AL30	1/4, 3/8	53	142	38	26.5	30	80	26.5	41	40	23	6.5	8	53	2.3
AL40	1/4, 3/8, 1/2	70	176	40	35	38	110	35	50	54	26	8.5	10.5	70	2.3
AL40-06	3/4	75	176	38	45	38	110	45	50	54	25	8.5	10.5	70	2.3
AL50	3/4, 1	90	250	41	45	45	110	45	70	66	35	11	13	90	3.2
AL60	1	95	268	45	47.5	47.5	110	47.5	70	66	35	11	13	90	3.2

Model	Semi-standard specifications					
	With drain cock	With barb fitting	Metal bowl	Metal bowl with drain cock	Metal bowl with level gauge	Metal bowl with drain cock & level gauge
AL10	B	B	B	B	B	B
AL20	85	—	82	85	—	—
AL30	123	—	121	124	—	—
AL40	153	161	142	166	162	186
AL40-06	187	195	176	200	196	220
AL50	187	195	176	200	196	220
AL60	261	269	250	274	270	294
	279	287	268	292	288	312

APÉNDICE J

TUBERÍA FLEXIBLE DE NYLON SERIE TS

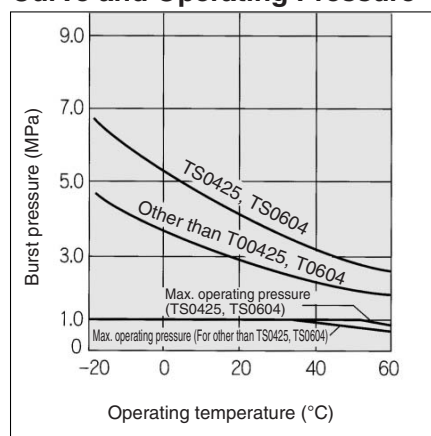
Soft Nylon Tubing

Series TS/TISA



For general pneumatic tubing, Soft nylon tubing
Pliable

Burst Pressure Characteristics Curve and Operating Pressure



⚠ Precautions

Be sure to read before handling.
Refer to pages 15-18-3 to 4 for Safety Instructions and Common precautions on the products mentioned in this catalog, and refer to pages 15-1-10 to 11 for Precautions on every series.

⚠ Caution

1. Use a nylon or polyurethane tubing for general industrial water. If using a soft-nylon tube, it may be shrunk and cause air leakage or the tube may be loosen out.
2. The value of the max. operating pressure is at a temperature of 20°C. Refer to the burst pressure characteristics curve for other temperatures. Furthermore, abnormal temperature rises caused by adiabatic compression may result in the burst of the tube.

Model/Specifications

Model Specifications											
	Tubing size										
	Metric size (Series TS)						Inch size (Series TISA)				
Model	TS0425	TS0604	TS0806	TS1075	TS1209	TS1612	TISA01	TISA05	TISA07	TISA11	TISA13
Tubing O.D. (mm)	4	6	8	10	12	16	3.18	4.76	6.35	9.53	12.7
Tubing I.D. (mm)	2.5	4	6	7.5	9	12	2.18	3.48	4.57	6.99	9.56
Black (B)											
White (W)											
Red (R)											
Blue (BU)											
Yellow (Y)											
Green (G)											
Nominal size (inch)											
	5/32 "		5/16 "				1/8 "	3/16 "	1/4 "	3/8 "	1/2 "
Fluid	Air										
Max. operating pressure (at 20°C)	1.0 MPa										
Burst pressure	Refer to the burst pressure characteristics curve.										
Min. bending radius (mm)	12	15	23	27	31	60	12	15	23	30	40
Operating temperature	-20 to +60°C (No freezing)										
Material	Nylon 11, Nylon 12										

How to Order

TS0604 W 100

Tubing model

Color

Symbol	Color	Symbol	Color
B	Black	BU	Blue
W	White	Y	Yellow
R	Red	G	Green

Length per roll

Symbol	Length *
20	20 m roll
100	100 m roll (Black and white only)

Made to Order

(Please contact SMC for specifications in detail, dimensions, delivery and specifications other than those mentioned above.)

100 m reel

Metric size and Inch size except ø16: Suffix "-X3" to the end of part number. Ex.) TS0425R-100-X3

Longer length reel

Metric size: Suffix "-X3" to the end of part number. Ex.) TS0425G-500-X3

20 m roll

Inch size: Suffix "-X4" to the end of part number. Ex.) TISA01BU-20-X4

Made to Order Availability

Part no.	Length	Model	TS0425 *	TS0604 *	TS0806 *	TS1075 *	TS1209 *	TISA01 *	TISA05 *	TISA07 *	TISA11 *	TISA13 *	Color
X3	100 m reel		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Black, White, Red, Blue, Yellow, Green
	150 m reel					○							
	200 m reel				○								
	500 m reel		○	○									
X4	20 m roll							○	○	○	○	○	Red, Blue, Yellow, Green

APÉNDICE K

GABINETES METÁLICOS LEGRAND

Gabinetes industriales:

> Atlantic Inox



Visera de protección superior e inferior que evita el escurrimiento de líquidos al interior del gabinete.



- Diseño que evita el ingreso de escurrimientos dentro del gabinete (marco en forma de canal).
- De acero inoxidable 304 L.
- Sello aplicado con equipo totalmente automatizado que asegura el grado de protección.
- Protegido totalmente contra el polvo y contra chorros de agua a presión en todas direcciones (IP 65).
- Altamente resistente a los agentes químicos.
- Herrajes para el autocentrado de la platina, facilitando su montaje y dándole rigidez mecánica.
- Índice de protección al choque mecánico IK 10.
- Puerta con ángulos redondeados que reducen la probabilidad de deformaciones por impacto.

*No incluye platina. Platina incluida sólo en Ref. 352 00

Certificaciones Internacionales

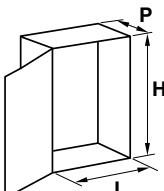
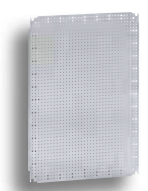


Aplicaciones

- Áreas donde sean requeridos altos niveles de higiene como: plantas procesadoras de alimentos, cocinas industriales o comerciales, hospitales, laboratorios, etc.
- Ambientes corrosivos: plantas químicas, industria farmacéutica, industria papelera, entre otros.

Tabla de selección

Gabinetes Atlantic, Atlantic Inox y Marina

DIMENSIONES EXTERIORES			ATLANTIC	ATLANTIC INOX	MARINA	ACCESORIOS	
			Metálicos IP 66 - IK 10 color Gris RAL 7035	Inox - IP 66 - IK 10 acero inoxidable 304L	Poliéster - IP 66 IK 10 color Gris RAL 7035	Platina lisa Para Atlantic Inox y Marina	Platina perforada
							
H (mm)	L (mm)	P (mm)					
300	200	160	386 00 ⁽¹⁾	352 00 ⁽¹⁾	362 50	360 49	360 00 ⁽²⁾ 360 01 ⁽³⁾
	300	160	386 01 ⁽¹⁾				360 02
400	300	200	386 05 ⁽¹⁾	352 01	362 51	360 52	360 04
	400	200	386 06 ⁽¹⁾				360 05
500	400	200	386 09 ⁽¹⁾	352 02	362 52	360 55	360 09
600	400	250	386 14 ⁽¹⁾	352 05	362 55	360 56	360 22
	500	250	386 17 ⁽¹⁾				
700	500	250	386 21 ⁽¹⁾	352 06	362 56	360 58	360 31
800	600	250	386 23 ⁽¹⁾			360 59	360 33
	600	300	386 24 ⁽¹⁾	352 11	362 61	360 59	360 33
1000	800	300	386 29 ⁽¹⁾	352 13	362 63	360 61	360 42
1200	800	300	386 30 ⁽¹⁾				360 46



Ventilador
ver página 16



Riel DIN
ver página 16



Conductores
de continuidad
ver página 16



Manijas de cierre
ver página 16



Chapas con llave
ver página 16



Porta planos
ver página 16



Conectores glándula
(Prensaestopas)
ver página 59

- (1) Incluyen platina
(2) Para Atlantic y Atlantic Inox
(3) Para Marina

Atlantic Inox

Gabinets de acero inoxidable IP 66 - IK 10



352 00

352 13

Emp.	Ref.	IP 66 - IK 10 de acuerdo a IEC 60529		
		Grado acero inoxidable 304L AFNOR Z3 CN 18/10. Para uso en:		
		- Áreas donde sean requeridos altos niveles de higiene como: plantas procesadoras de alimentos, cocinas industriales / comerciales.		
		- Ambientes corrosivos: plantas químicas, industrias farmacéuticas, industrias papeleras.		
		Gabinets en acero inoxidable 304L. Puertas redondeadas y bisagras protegidas. Gabinete reversible. Con visera de protección arriba y abajo. Certificación UL		
		Dimensiones exteriores en mm Alto x Ancho x Profundidad	Peso kg	Volumen (dm³)
1	352 00	300 x 200 x 160 ⁽¹⁾ (3)	4	20
1	352 01	400 x 300 x 200 ⁽¹⁾	5,8	42
1	352 02	500 x 400 x 200 ⁽²⁾	8,3	66
1	352 05	600 x 400 x 250 ⁽²⁾	12	92
1	352 06	700 x 500 x 250 ⁽²⁾	15	131
1	352 11	800 x 600 x 300 ⁽²⁾	22	201
1	352 13	1000 x 800 x 300 ⁽²⁾	38	323

- (1) Una cerradura - un punto de cierre.
(2) Dos cerraduras - dos puntos de cierre.
(3) Suministrado con platina.

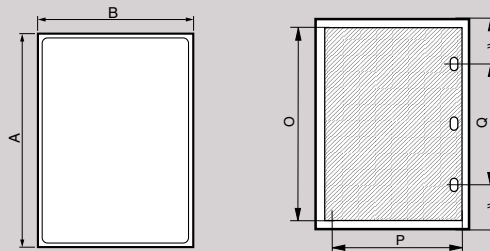
■ Patas de Fijación (Juego de 4)

Emp.	Ref.	
1	364 06	Para cargas de hasta 300 Kg Instalación horizontal o vertical Patas de acero inoxidable 304 L suministradas con tornillos de acero inoxidable

Atlantic Inox

Gabinets de acero inoxidable IP 66 - IK 10

■ Dimensiones (mm)



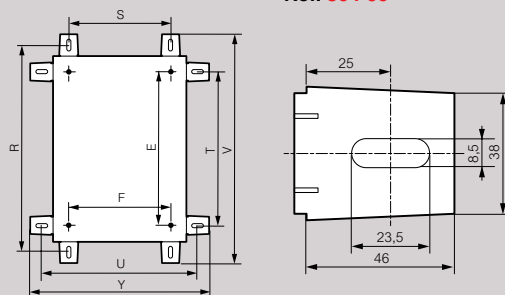
Ref.	Dimensiones útiles			Dimensiones útiles puerta		Posición cerradura Q (mm)
	A (mm)	B (mm)	Profundidad (mm)	O (mm)	P (mm)	
352 00	301,6	199,6	161,5	250	150	(1)
352 01	401,6	299,6	201,5	350	250	(1)
352 02	501,6	399,6	201,5	450	350	250 ⁺
352 05	601,6	399,6	251,5	550	350	380 ⁺
352 06	702,4	500	251,5	650	450	400 ⁺
352 11	802,4	600	301,5	750	550	400 ⁺
352 13	1 003,6	800,6	301,5	950	750	600 ⁺

- (1) Una cerradura - un punto de cierre
(2) Dos cerraduras - dos puntos de cierre

■ Dimensiones de fijación

Ref.	Patatas de Fijación montaje vertical		Patatas de Fijación montaje horizontal		Distancia total 364 01		Distancia entre ejes	
	R (mm)	S (mm)	T (mm)	U (mm)	V (mm)	Y (mm)	E (mm)	F (mm)
352 00	350	150	250	250	392	292	225	169
352 01	450	250	350	350	492	392	325	269
352 02	550	350	450	450	592	492	425	369
352 05	650	350	550	450	692	492	525	369
352 06	750	450	650	550	792	592	625	469
352 11	850	550	750	650	892	692	725	569
352 13	1050	750	950	850	1092	892	925	769

Ref. 364 06



■ Profundidad utilizable



Gabinete profundidad (mm)	Fondo de gabinetes W (mm) X (mm)	
160	140	125
200	180	165
250	230	215
300	280	265
400	380	365

Accesorios

Para gabinetes



Emp.	Ref.	Platinas de acero		
Platinas lisas				
		Para tableros dimensiones (mm) Alto x Ancho	Platinas peso kg	Espesor en (mm)
1	360 49	300 x 220	0,9	2
1	360 52	400 x 300	1,3	2
1	360 55	500 x 400	3,5	3
1	360 56	600 x 400	4,5	3
1	360 58	700 x 500	7,0	3
1	360 59	800 x 600	9,0	3
1	360 61	1000 x 800	17,3	3

Emp.	Ref.	Platinas de acero		
Platinas perforadas				
		Para tableros dimensiones (mm) Alto x Ancho	Platinas peso kg	Espesor en (mm)
1	360 00 ⁽²⁾	300 x 200	0.4	2
1	360 01 ⁽¹⁾	300 x 220	0.47	2
1	360 02	300 x 300	0.6	2
1	360 04	400 x 300	0.8	2
1	360 05	400 x 400	1.1	2
1	360 09	500 x 400	1.5	3
1	360 22	600 x 400	2.2	3
1	360 31	700 x 500	3.7	3
1	360 33	800 x 600	5.2	3
1	360 42	1000 x 800	9.2	3
1	360 46	1200 x 800	11.1	3

(1) Para Atlantic y Atlantic Inox
(2) Para Marina

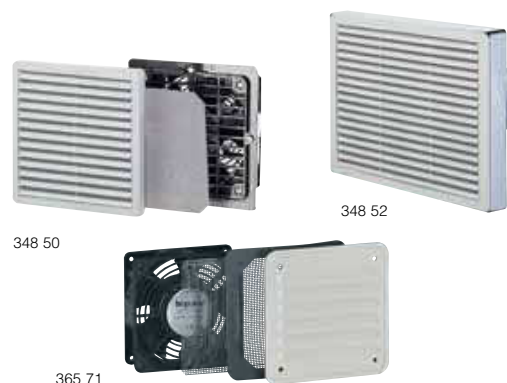
Porta planos adhesivo				
		Dimensiones (mm)		
		Exterior Ancho x Alto	Interior Ancho x Alto x Prof.	
20	365 80	340 x 235	310 x 200 x 18	
20	365 81	260 x 165	230 x 130 x 18	

Rieles perforados				
		Base lisa longitud 2m		
10	374 02	Perfil G (EN 60715) 15 mm de profundidad		
10	374 04	Perfil Omega (EN 60715) 7,5 mm de profundidad		
10	374 07	Perfil Omega (EN 60715) 15 mm de profundidad		
10	477 22	Perfil Omega (EN 60715) 7,5 mm de profundidad. Perforaciones oblongas		
10	477 23	Perfil Omega (EN 60715) 15 mm de profundidad. Perforaciones oblongas		

Conductores de masa				
Longitud 200 mm entre centros de fijación. Permiten obtener la continuidad de tierra entre la puerta y el cuerpo del gabinete.				
		Sección (mm)	Diámetro del orificio de fijación (mm)	
20	347 95	6	8,5	

Accesorios

Para gabinetes



Emp.	Ref.	Pincel de retoque
1	365 91	Pincel de retoque para proteger el metal en el área de corte Pintura anticorrosiva RAL 7035

Ventiladores				
Juego de ventilador con filtro Ventilador instalado al exterior del gabinete. Rápido montaje mediante flejes. Suministrado completo con un par de rejillas plásticas RAL 7035, filtro electrostático lavable y parrilla de seguridad.				
1	348 50	40/160 m3/h 230 V~ 50/60 Hz IP 54- IK 08		
1	348 51	120/160 m3/h 230 V~ 50/60 Hz IP 54- IK 08		
1	348 52	240/450 m3/h 230 V~ 50/60 Hz IP 54- IK 08		
1	348 59	40/160 m3/h 120 V~ 50/60 Hz IP 54- IK 08		
1	348 60	120/160 m3/h 120 V~ 50/60 Hz IP 54- IK 08		
1	348 61	240/450 m3/h 120 V~ 50/60 Hz IP 54- IK 08		
1	365 71	30/160 m3/h 230 V~ 50/60 Hz IP 32- IK 10 Con rejillas metálicas beige RAL 7032		

Cuerpo para chapa				
10	368 04	Metálico para chapa estándar.		
10	368 05	Manija con chapa (con obturador). Puede aceptar chapa con llave. Ref. 368 22		

Chapa estándar metálica				
10	368 20	Doble barra		

Chapa con llaves				
10	368 22	Suministrados con juego de 2 llaves. Llave No. 405		

Leva de cierre				
10	368 43	Leva de cierre únicamente para Gabinetes Atlantic		

Llave metálica para chapa Ref. 368 20				
10	365 42	Doble Barra		

Pata de candado				
1	365 13	Pata de candado para gabinetes Marina		

Características Técnicas

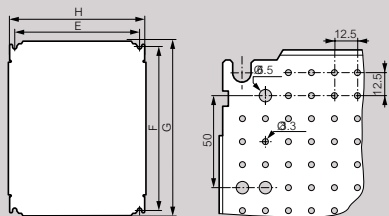
Accesorios

■ Asociación de Chapas



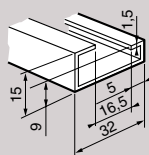
■ Tabla de Platinas

Dimensiones Gabinetes (mm)	Dimensiones de platina		Superficie útil (dm²)	Fijación de platina Alto x Ancho	
	G (mm)	H (mm)		G (mm)	H (mm)
300 x 200	256	156	4.2	225	125
300 x 220	275	192	5.3	263	163
300 x 300	256	256	6.2	225	225
400 x 300	356	256	8.2	325	225
400 x 400	356	356	11.7	325	325
500 x 400	456	356	15.2	425	325
600 x 400	556	356	18.7	525	325
700 x 500	656	456	28.7	625	425
800 x 600	756	556	40.7	725	525
1000 x 800	956	756	70.7	925	725
1200 x 800	1156	756	85.7	1125	725

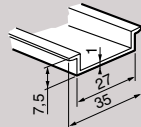


■ Dimensiones (mm)

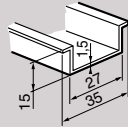
Ref. 374 02



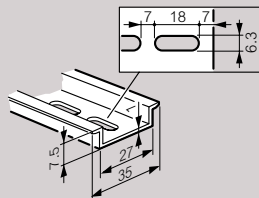
Ref. 374 04



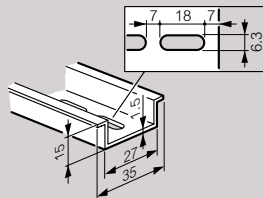
Ref. 374 07



Cat.No 477 22



Cat.No 477 23



Características Técnicas

Ventiladores

■ Características técnicas

Ref.	348 50	348 51	348 52	348 59	348 60	348 61	365 71
Tensión Asignada (V)/ fase	230/1	230/1	230/1	120/1	120/1	120/1	230/1
Frecuencia (Hz)	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
Potencia Absorbida (W)	20	20	29	20	20	29	22
Consumo corriente (mA)	125	125	426	125	125	426	140
Flujo de aire máximo (m³/h)	160	160	450	160	160	450	160
Flujo de aire máximo con rejilla (m³/h) y filtros (m³/h)	40	120	240	40	120	240	30
Presión Estática (mm de agua)	66	51	111	66	51	111	100
Nivel de ruido (dBA)	43	43	50	43	43	50	49
Temperatura de utilización (°C)	-10°C/+50°C						
Masa (Kg)	0.8	1.4	1.7	0.8	1.4	1.7	0.72
IP/IK	54/08	54/08	54/08	54/08	54/08	54/08	32/10

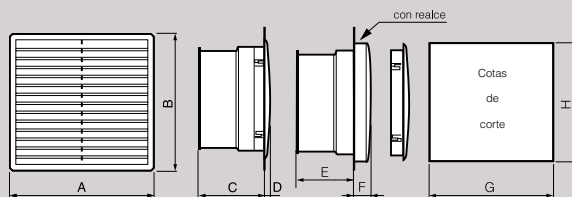
Para Marina y Atlantic

■ Dimensiones (mm)

Ventiladores con filtro

Ref. 348 50/51/52/59/60/61

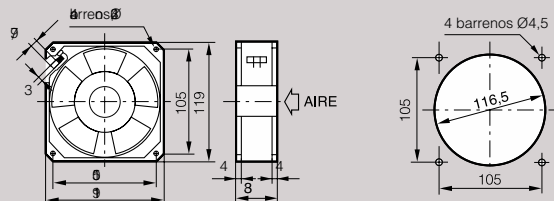
- Ventilación tipo helicoidal.
- Carcasa de ventilador en policarbonato gris RAL 7021.
- Rejilla en policarbonato gris RAL 7035.
- Filtro de material sintético.
- Conexión eléctrica por terminal Nybloc de 2,5 mm².



Ref.	A	B	C	D	E	F	G	H
348 50/59	150	250	70	7	43	34	125	125
348 51/60	250	250	105	8	78	35	223	223
348 52/61	250	250	123	8	96	35	223	223

Ref. 365 71

- Ventilación tipo helicoidal.
- Carcaza del ventilador de ZAMAK revestido de pintura negra.
- Hélice plástica.
- Montaje sobre rodamientos.
- Rejillas de acero revestidas con pintura de poliéster beige RAL 7032.
- Rejilla anti-insectos en polipropileno negro.
- Conexión eléctrica por terminal plana de 3,0 mm de ancho.



APÉNDICE L

ESPACIADORES SERIE Y

Series AC Spacers / Brackets Accessories

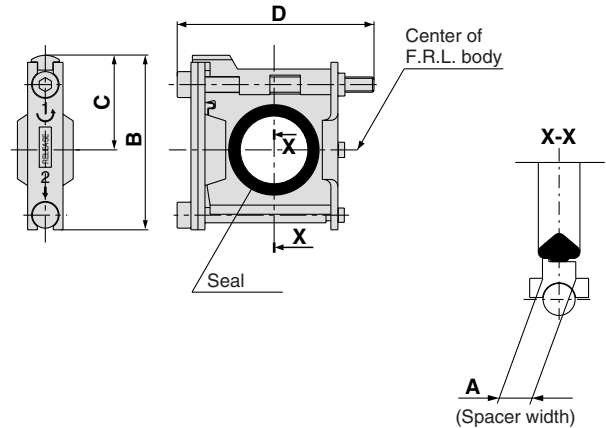
Spacer



Y200

Y400

Model	A	B	C	D	Applicable model
Y100	6	27	15	33	AC10, AC10A, AC10B
Y200	3	35.5	18.5	48	AC20□
Y300	4	47	26	59	AC25□, AC30□
Y400	5	57	31	65	AC40□
Y500	5	61	33	75	AC40□-06
Y600	6	75.5	41	86	AC50, AC55, AC60 AC50A, AC60A AC50B, AC55B, AC60B



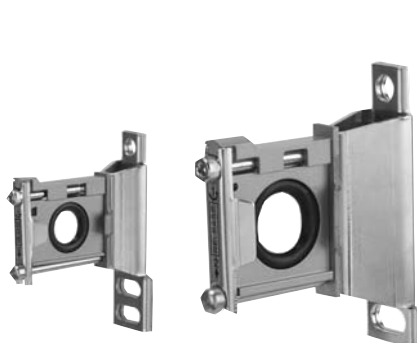
Replacement Parts

Description	Material	Part no.					
		Y100	Y200	Y300	Y400	Y500	Y600
Seal	HNBR (Note 2)	Y100P-060AS (Note 1)	Y200P-061S	Y300P-060S	Y400P-060S	Y500P-060S	Y600P-060S

Note 1) Assembly of 2 O-rings

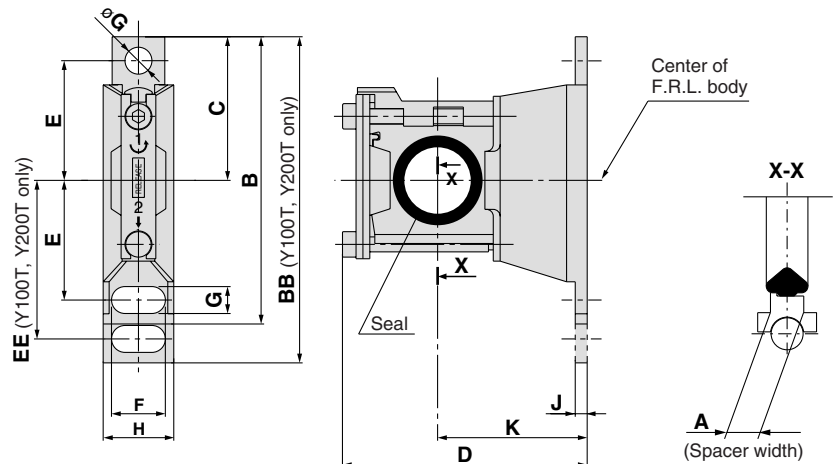
Note 2) NBR is used for Y100T spacer because of no direct contact with fluid.

Spacer with Bracket



Y200T

Y400T



Model	A	B	BB	C	D	E	EE	F	G	øG	H	J	K	Applicable model
Y100T	6	—	56	24.5	40.5	20	27	6.8	4.5	4.5	14	2.8	25	AC10□
Y200T	3	—	67	29	53	24	33	12	5.5	5.5	19	3.2	30	AC20□
Y300T	4	82	—	41	68	35	—	14	7	7	21	4	41	AC25□, AC30□
Y400T	5	96	—	48	81.5	40	—	18	9	9	26	4	50	AC40□
Y500T	5	96	—	48	86	40	—	18	9	9	27	4.6	50	AC40□-06
Y600T	6	120	—	60	112	50	—	20	11	11	31	6.4	70	AC50, AC55, AC60, AC50A, AC60A, AC50B AC55B, AC60B

Replacement Parts

Description	Material	Part no.					
		Y100T	Y200T	Y300T	Y400T	Y500T	Y600T
Seal	HNBR (Note 2)	Y100P-060AS (Note 1)	Y200P-061S	Y300P-060S	Y400P-060S	Y500P-060S	Y600P-060S

Note 1) Assembly of 2 O-rings

Note 2) NBR is used for Y100T spacer because of no direct contact with fluid.