



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**VÁLVULAS Y DISPOSITIVOS DE CONTROL,
SU FUNCIÓN Y APLICACIÓN EN SISTEMAS
DE PRODUCCIÓN DE FRÍO.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN ALIMENTOS
P R E S E N T A
MARTÍN ARNULFO LARA FUENTES

ASESOR: I.A. ALFREDO ÁLVAREZ CÁRDENAS.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX. 2005

m 344916



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

Válvulas y dispositivos de control: su función y aplicación en
sistemas de producción de frfo.

que presenta el pasante: Martín Arnulfo Lara Fuentes
con número de cuenta: 09755772-8 para obtener el título de :
Ingeniero en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 09 de Marzo de 2005

PRESIDENTE	IA. Alfredo Alvarez Cárdenas	
VOCAL	IA. Laura Margarita Cortazar Figueroa	
SECRETARIO	IA. Francisco Javier López Martínez	
PRIMER SUPLENTE	IA. Edgar F. Arechavaleta Vázquez	
SEGUNDO SUPLENTE	IA. Víctor Manuel Avalos Avila	

AGRADECIMIENTOS.

A mi madre.

Por brindarme su apoyo incondicional durante toda mi vida, y convertirme en una persona de bien. Gracias por todo.

Beti.

Por tu amor y comprensión, gracias por estar a mi lado.

Ing. Manuel Alarcón López.

Te agradezco sinceramente todo el apoyo recibido para la realización de este trabajo y por sus valiosos consejos en el ámbito de la producción de frío. Mil gracias.

Ing. Alfredo Álvarez Cárdenas.

Gracias por todas las recomendaciones y aportaciones para la realización de esta tesis.

A mis Hermanos.

Cali y Alex, por su cariño y respeto.

A mi familia.

Gracias Abuelitos, Melchor, Digna, Máximo, Mirna,
Toño, Cecilio, Adán, Agustina, José por su cariño.

A la UNAM.

A todos mis profesores y mi alma mater por formar
a buenos profesionistas.

A Mis Amigos.

Juvat, "pollo", Mau, Karina, Cesar, Mary, Ernesto
Por contar con su valiosa amistad.

INDICE.

INDICE DE FIGURAS	E
INDICE DE TABLAS	J
SIMBOLOGIA.....	K
RESUMEN.....	1
OBJETIVOS.....	3
INTRODUCCION.....	5

CAPITULO I

CLASIFICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE REGULACIÓN Y CONTROL.

1.1. Definición de los dispositivos de regulación y control.....	7
1.2. Clasificación de los dispositivos de regulación y control, según su mecanismo de operación.....	8
a) Mecánico.....	8
b) Electro-mecánico.....	9
c) Neumático.....	9
d) Electrónico.....	9
1.3. Clasificación de los dispositivos de regulación y control según, el campo de aplicación.....	10
a) Regulación automática de funcionamiento.....	10
b) Control de seguridad.....	12
1.4. Clasificación según grupo funcional.....	12
a) Control de operación o primario.....	12
b) Controles de actuación o secundarios	14
c) Controladores limitadores y de seguridad.....	15

CAPITULO II.

DESCRIPCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE REGULACIÓN Y CONTROL.

2.1.- Válvula solenoide.....	17
2.1.1.- Operación de la válvula solenoide de acción directa.....	18
2.1.2.- Tipos de válvulas solenoides.....	20

2.1.3.- Válvula solenoide de acción piloto	20
2.2.- Válvula reguladora de presión.....	22
2.2.2.- Principales pilotos empleados en las válvulas reguladoras de presión.....	27
2.2.2.1.- Piloto de presión de entrada.....	27
2.2.2.2.- Piloto de presión de salida	28
2.2.2.3.- Piloto de presión diferencial	29
2.2.2.4.- Piloto con compensador neumático	30
2.2.2.5.- Piloto de presión de alivio	31
2.2.2.6.- Piloto solenoide.....	32
2.2.2.7.- Piloto electrónico.....	33
2.2.2.8.- Piloto con bulbo termostático.....	34
2.2.3.- Principales reguladores empleados en el diseño de sistemas de producción de frío.....	35
2.2.3.1.- Reguladora estándar.....	35
2.2.3.2.- Reguladora con cierre eléctrico.....	37
2.2.3.3.- Reguladora de presión dual.....	38
2.2.3.4.- Reguladora de presión diferencial.....	41
2.2.3.5.- Reguladora de alivio de presión.....	41
2.2.3.6.- Reguladora de presión de salida.....	43
2.2.3.7.- Reguladora electrónica.....	44
2.3.- Válvula de suministro de vapor recalentado.....	45
2.3.1.- Principales válvulas de suministro de vapor recalentado empleadas dentro del diseño de sistemas de producción de frío.....	46
a) Válvula de suministro de vapor recalentado estándar.....	46
b) Válvula de suministro de vapor recalentado con purga.....	47
c) Válvula de suministro de vapor recalentado con purga y válvula reguladora de presión.....	48
2.4.- Válvula de no retorno “Check”.....	49
2.4.1.- Principales válvulas check empleadas en el diseño de sistemas de producción de frío.....	49
a) Válvula check estándar.....	50
b) válvula check con pistón.....	51
2.5.- Dispositivos de expansión.....	51
a) Tubo capilar.....	54
b) Válvula de expansión manual.....	54

c) Válvula de expansión a presión constante (automática).....	55
d) Válvula de expansión termostática (VET).....	57
e) Válvula de expansión electrónica.....	67
2.6.- Controladores de nivel de líquido.....	68
a) Válvula de flotador.....	69
b) Interruptor de nivel.....	73
c) Control de nivel de líquido electrónico.....	74
d) Sistema de control de nivel de líquido por pulsación (LPS).....	76
2.7.- Dispositivos especiales.....	78
a) Filtro.....	79
b) Válvula de seguridad.....	80
c) Válvula dual de seguridad.....	81
d) Mirilla de nivel.....	82
e) Válvulas de paso (Globo servicio).....	83
f) Purgador de gases no condensables.....	84

CAPITULO III

APLICACIONES DE LOS DISPOSITIVOS DE REGULACIÓN Y CONTROL

3.1.- Aplicaciones de frío.....	92
3.2 Aplicación de válvulas por equipo.....	94
3.3.1.- Aplicación de válvulas en condensadores (CE-I, II).....	94
3.3.2.- Aplicación de válvulas en recipientes piloto (REP-I).....	98
3.3.3.- Aplicación de válvulas en recipiente de presión constante (RPC-I).....	100
3.3.4.- Aplicación de válvulas en un interenfriador cerrado (IEC-I).....	105
3.3.5.- Aplicación de válvulas en el enfriador de agua (EA-I).....	109
3.3.7.- Aplicación de válvulas en el evaporador de una cámara de refrigeración (CR-I, CR-II).....	113
3.3.8.- Aplicación de válvulas en el evaporador de la cámara de conservación de congelados (CPC-01, CPC-02) y el túnel de congelación (TC-I, TC-II).....	114

3.3.9.- Aplicación de válvulas en un acumulador recirculador por bombas (ACB-I).....	117
3.3.10.- Aplicación de válvulas en un acumulador de succión para el sistema de alimentación phillips (ACS-I).....	122
3.3.11.- Aplicación de válvulas en una trampa phillips (TR-I).....	125
3.3.12.- Aplicación de válvulas en compresores (CB-I, II) CT-II-1, 2).....	128
Conclusiones.....	132
Bibliografía.....	P
Anexo.....	i

INDICE DE FIGURAS.

• VÁLVULAS SOLENOIDES.

Fig. 1 Esquema de componentes de una válvula solenoide de acción directa.....	19
Fig. 2 Válvula solenoide de acción directa.....	19
Fig. 3 Esquema de componentes de la válvula solenoide de acción piloto.....	22
Fig. 4 Válvula solenoide de acción piloto.....	22

• VALVULAS REGULADORAS DE PRESIÓN.

Fig. 5. Esquema de componentes de un piloto de presión de entrada.....	28
Fig. 6. Piloto de presión de entrada.....	28
Fig. 7. Esquema de componentes de un piloto de presión de salida.....	29
Fig. 8. Piloto de presión de salida.....	29
Fig. 9. Esquema de componentes de un piloto de presión diferencial.....	31
Fig. 10. Piloto de presión diferencial.....	31
Fig. 11. Esquema de componentes de un piloto de presión de alivio.....	32
Fig. 12. Piloto de presión de alivio.....	32
Fig. 13. Esquema de componentes modulo piloto electrónico.....	33
Fig. 14. Esquema de componentes de un modulo piloto con bulbo termostático.....	34
Fig. 15 Piloto de con bulbo termostático.....	34
Fig. 16. Esquema de los pasajes internos en los reguladores con tres pilotos.....	36
Fig. 17. Válvula reguladora de presión estándar con filtro.....	37
Fig. 18. Esquema de componentes de una válvula reguladora de presión estándar.....	37
Fig. 19. Válvula reguladora con cierre eléctrico.....	39
Fig. 20. Esquema de componentes de una reguladora con cierre eléctrico.....	39

Fig. 21. Esquema de componentes de un válvula reguladora de presión dual.....	40
Fig. 22. Válvula reguladora de presión dual.....	40
Fig. 23. Esquema de componentes de una válvula reguladora de presión diferencial	42
Fig. 24. Esquema de componentes de una válvula reguladora de presión de salida	44

• VALVULAS DE SUMINISTRO DE VAPOR RECALENTADO.

Fig. 25. Válvula de suministro de vapor recalentado estándar.....	47
Fig. 26. Esquema de componentes de una válvula de suministro de vapor recalentado estándar.....	47
Fig. 27. Esquema de componentes de una válvula de suministro de vapor recalentado con purga.....	48
Fig. 28. Válvula de suministro de vapor recalentado con purga.....	48

• VÁLVULA CHECK (RETENCIÓN).

Fig. 29. Válvula <i>check</i> estándar.....	50
Fig. 30 Esquema de componentes de una válvula de retención o check estándar.....	50
Fig. 31. Esquema de componentes de un válvula de retención tipo pistón..	52
Fig. 32. Válvula check tipo pistón.....	52

• DISPOSITIVOS DE EXPASION.

Fig. 33. Válvula de expansión manual.....	55
Fig. 34. Esquema de componentes de la válvula de expansión manual.....	55
Fig. 35. Esquema de operación de la válvula de expansión automática.....	56
Fig. 36. Válvula de expansión termostática (VET).....	58

Fig. 37. Esquema de componentes de la válvula de expansión termostática (VET).....	58
Fig. 38. Esquema de instalación del bulbo termostático de la válvula de expansión termostática.....	61
Fig. 39. Esquema de operación VET con igualador interno.....	62
Fig. 40. Esquema de operación de la VET con igualador externo.....	64
Fig. 41. Grafica de Funcionamiento de la válvula de expansión a presión Constante.....	65
Fig. 42. Grafica de funcionamiento de la válvula de expansión termostática.....	67
Fig. 43. Válvula de expansión electrónica.....	68
Fig. 44. Esquema de componentes de la válvula de expansión electrónica.....	68

• CONTROLADORES DE NIVEL DE LÍQUIDO.

Fig. 45. Esquema de componentes de la válvula de flotador de baja presión.....	71
Fig. 46. Válvula de flotador de alta presión.....	72
Fig. 47. Esquema de componentes de la válvula de flotador de alta presión.....	72
Fig. 48. Interruptor de nivel.....	74
Fig. 49. Esquema de componentes del interruptor de nivel.....	74
Fig. 50. Sonda y unidad de control del controlador de nivel de líquido electrónico.....	75
Fig. 51. Sistema de control de nivel de líquido por pulsaciones (LPS).....	77
Fig. 52 Esquema del sistema de control de nivel de líquido por pulsaciones (LPS).....	77

• DISPOSITIVOS ESPECIALES.

Fig. 53. Filtro.....	79
Fig. 54. Esquema de componentes del filtro.....	79
Fig. 55. Válvula de seguridad.....	80

Fig. 56. Esquema de componentes de la válvula de seguridad.....	80
Fig. 57. Detalle de operación de la válvula dual de seguridad.....	81
Fig. 58. Válvula dual de seguridad.....	81
Fig. 59. Minilla de nivel.....	82
Fig. 60. Válvula de globo servicio	83
Fig. 61. Esquema de componentes de la válvula de globo servicio	83
Fig. 62. Válvula de globo servicio con diámetro	84
Fig. 63 Esquema de componentes de la válvula de globo servicio	84
Fig. 64 Condiciones de operación de un sistema de producción de frío operando con y sin purgador de gases.....	86
Fig. 65. Ahorro de potencia en Sistemas operando con y sin purgador.....	87
Fig. 66 Esquema de operación del purgador de gases no condensables...	89
Fig. 67. Purgador de gases no condensables.....	90

• APLICACIÓN DE VALVULAS Y CONTROLES.

Fig. 68. Diagrama de aplicación de válvulas y controles.....	95
Fig. 69. Esquema de aplicación de válvulas en un condensador evaporativo (CE-I, II).....	96
Fig. 70. Esquema de aplicación de válvulas en un recipiente piloto (REP- I).....	98
Fig. 71. Esquema de aplicación de válvulas en un recipiente de presión constante (RPC-I).....	102
Fig. 72. Esquema de aplicación de válvulas en un interenfriador cerrado (IEC-I).....	107
Fig. 73. Esquema de aplicación de válvulas en un enfriador de agua (EA-I).....	110
Fig. 74. Esquema de aplicación de válvulas en un banco de hielo (BH-I).	112
Fig. 75. Esquema de localización de válvulas en una cámara de refrigeración (CR-I, II).....	113
Fig. 76. Esquema de localización de válvulas en una cámara de congelación (CPC-I, II).....	116
Fig. 77. Esquema de localización de válvulas en un acumulador de bombas (ACB-I).....	119
Fig. 78. Esquema de localización de válvulas en un acumulador de	

succión (ACS-I).....	123
Fig. 79. Esquema de localización de válvulas en una trampa phillips (TR-I).....	125
Fig. 80. Esquema de localización de válvulas en un compresor de tornillo (CB-I).....	128

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Función de los dispositivos de regulación y control.....	11
Tabla 2. Dispositivos de control.....	13
Tabla 3. Dispositivos de seguridad o interrupción.....	14
Tabla 4. Clasificación de controles por grupo funcional.....	16
Tabla 5. Dispositivos de expansión.....	53
Tabla 6. Aplicaciones de frío.....	92
Tabla 7. Selección de equipo frigorífico.....	93
Tabla 8. Especificación de válvulas en un condensador evaporativo (CE-I, II).....	97
Tabla 9. Especificación de válvulas en recipiente piloto (REP-I).....	101
Tabla 10. Especificación de válvulas en recipiente de presión constante (RPC-I).....	104
Tabla 11. Especificación de válvulas en un interenfriador cerrado (IEC-I).....	108
Tabla 12. Especificación de válvulas en un enfriador de agua (EA-I).....	111
Tabla 13. Especificación de válvulas en un evaporador de cámara de refrigeración (CR-I).....	115
Tabla 14. Especificación de válvulas en las cámaras de producto congelado (CPC-I, CPC II).....	118
Tabla 15. Especificación de válvulas en el acumulador de bombas (ACB-I).....	120
Tabla 16. Especificación de válvulas en el acumulador de succión (ACS-I).....	124
Tabla 17. Especificación de válvulas en la Trampa Phillips (TR-I).....	127
Tabla 18. Especificación de válvulas en los compresores de tornillo (CT-I).....	130

SIMBOLOGIA



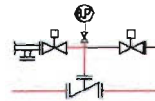
Válvula solenoide.



Válvula reguladora dual de presión



Válvula reguladora con cierre eléctrico.



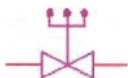
válvula de suministro de vapor recalentado



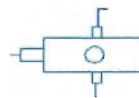
Válvula de no retorno
Check



Válvula de expansión termostática.



Válvula de expansión manual.



Válvula de flotador de alta presión



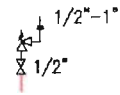
Interruptor de nivel.



Columna de nivel.



Filtro.



Válvula de seguridad



Válvula dual de seguridad.



Mirilla de nivel.



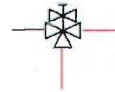
Válvula de globo servicio.



Válvula de angulo



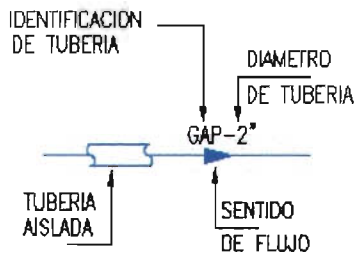
Válvula de cierre rápido



Válvula de tres vías



Interruptor de alta presion.



Identificación de tubería.



Flujo de líquido a alta presión.



Flujo de líquido subenfriado a alta presión



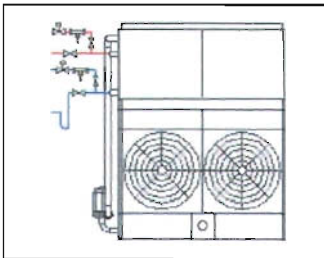
Flujo de líquido a baja presión.



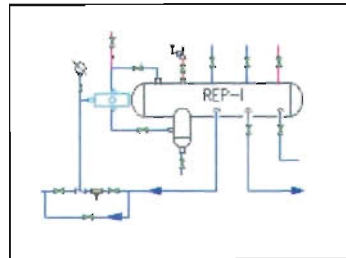
Flujo de vapor a baja presión.



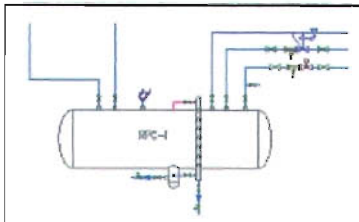
Flujo de vapor a alta presión.



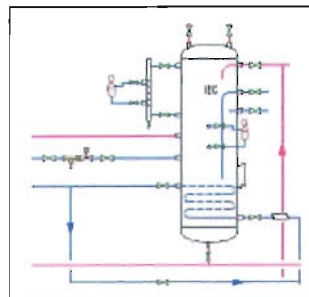
Condensador evaporativo.



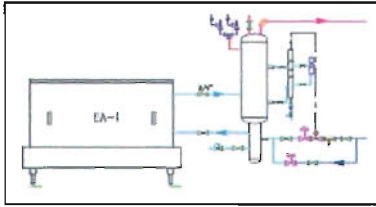
Recipiente piloto.



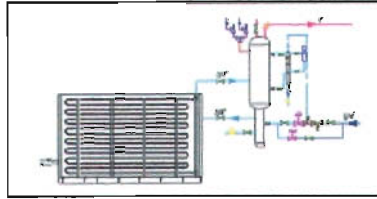
Recipiente de presión constante.



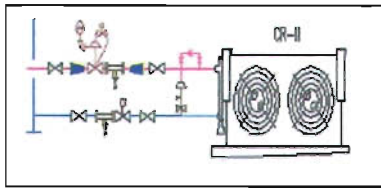
Interenfriador cerrado.



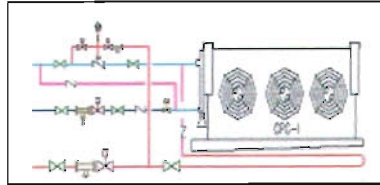
Enfriador de agua.



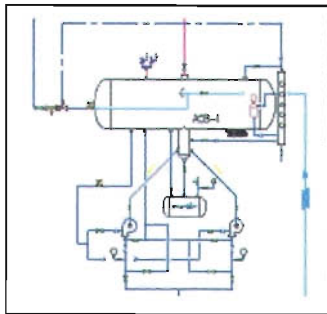
Banco de hielo.



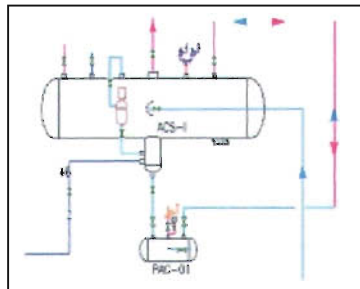
Cámara de refrigeración



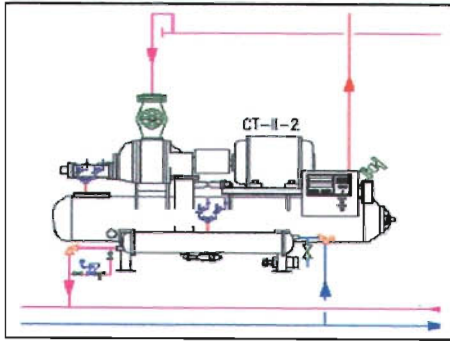
Cámara de congelación



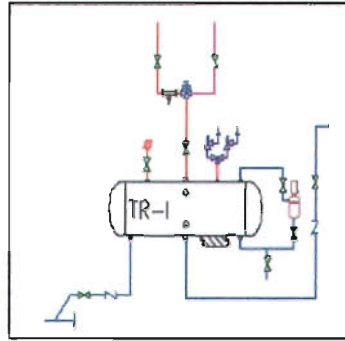
Acumulador de bombas.



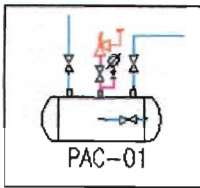
Acumulador de succión.



Compresor de tornillo



Trampa *Phillips*.



Purgador de aceite

RESUMEN

La producción de frío industrial y sus múltiples aplicaciones dentro de la industria alimentaria requiere de dispositivos de regulación y control, que permitan satisfacer adecuadamente las necesidades de éste, en los procesos y sistemas frigoríficos.

En este estudio se presentan las principales clasificaciones de los dispositivos de regulación y control en función a su tipo de operación: mecánica, electro-mecánica, neumática y electrónica. También una clasificación en función a su campo de aplicación, que contempla la regulación automática de funcionamiento y el control de seguridad. Así como, una clasificación de acuerdo a su grupo funcional donde intervienen controles de operación, de actuación y limitadores o de seguridad. En cada una se integran las características operativas de los dispositivos mencionados.

Se describe la operación detallada de cada componente de regulación y control, mostrando su aspecto físico. Se hace énfasis en los componentes mas recientes con los que cuenta la industria del diseño de sistemas de producción de frío.

Sin olvidar en cada componente del sistema frigorífico la aplicación y asociación correcta de cada dispositivo de regulación y control, mediante el diseño de un sistema de producción de frío con amoniaco, donde se contempla la correcta automatización.

Por otro lado se aporta la definición correcta de una serie de términos termodinámicos aplicados dentro del campo de la producción de frío. Para la comprensión del funcionamiento de una instalación frigorífica.

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL.

Analizar las especificaciones técnicas de válvulas y dispositivos de control utilizadas en el diseño de sistemas de producción de frío con amoníaco, mediante una revisión bibliográfica, con el fin de aportar a los ingenieros de diseño, operadores y técnicos de aplicación, una descripción amplia y detallada sobre su funcionamiento y aplicación.

OBJETIVO PARTICULAR 1.

Analizar las clasificaciones de los dispositivos de regulación y control, mediante el análisis de la información técnica, para comprender su principio de operación.

OBJETIVO PARTICULAR 2.

Estudiar las características operacionales de los dispositivos mencionados, para describir su funcionamiento en un sistema de producción de frío.

OBJETIVO PARTICULAR 3.

Describir las diferentes aplicaciones de los dispositivos de regulación y control, en un sistema de producción de frío industrial.

INTRODUCCION.

La presente investigación esta enfocada a analizar la descripción y aplicación de válvulas y dispositivos de control, involucrados en el diseño de plantas de producción de frío que emplean como refrigerante al amoniaco.

Los dispositivos de control automático constituyen uno de los factores más importantes dentro de una instalación frigorífica, ya que de su preciso y exacto funcionamiento, identificación y puesta en marcha, depende el adecuado funcionamiento del sistema de refrigeración o congelación, permitiendo una parada o puesta en marcha del ciclo, así como el mantenimiento constante de la temperatura deseada⁽¹⁾.

Los controles son redes de instrumentos de medida, traductores y transmisores que causan: arranque, paro, apertura, y cierre de dispositivos, cuyo resultado final es la regulación del flujo y el mantenimiento de la condición deseada⁽³⁾.

La automatización de un sistema frigorífico mantiene las condiciones de operación deseadas mediante la instalación de dispositivos de arranque y paro de los compresores, ventiladores, bombas y otros componentes eléctricos.

Cuando se logra que el sistema opere en condiciones de presión

y temperatura establecidas para cada aplicación de frío mediante la asociación correcta de cada uno de los dispositivos de regulación y control según sea el componente a controlar, el sistema frigorífico permitirá el mejor aprovechamiento energético de la instalación.

A causa de la importancia operativa en los sistemas de producción de frío industrial de cada uno de los dispositivos de regulación y control, se requiere de un análisis técnico que permita conocer sus principios de operación y aplicación en cada componente frigorífico, a fin de lograr su óptimo funcionamiento en la instalación frigorífica industrial.

Debido a que los alimentos son sistemas complejos y altamente perecederos, lo que implica que deberán ser sometidos a un proceso térmico que permita alargar la vida de anaquel, como el caso de la refrigeración o congelación, etc. Aunque también resulta importante los requerimientos de agua helada y hielo en algunos procesos alimenticios.

Por otro lado, este trabajo de investigación aporta un marco teórico referencial que sirva de sustento, tanto para las necesidades de capacitación para la industria del diseño de sistemas de producción de frío industrial; así como, para el quehacer académico de los alumnos y docentes de la carrera de ingeniería en alimentos.

CLASIFICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE REGULACIÓN Y CONTROL.

1.1. Definición de los dispositivos de regulación y control.

Son redes de instrumentos de medida, traductores y transmisores que causan acciones de arranque, paro, apertura, y cierre de aparatos cuyo resultado final es mantener en una delimitación estrecha razonable a la temperatura y humedad deseada en cámaras frías y frigoríficos, presión del refrigerante en líneas de gas o de líquido, límites máximos y mínimos de presión, temperatura y volumen de líquido o gas en los dispositivos que comprende la planta frigorífica (evaporador, acumulador de succión, compresor, interenfriador, condensador, y recibidor entre otros), así como la regulación del flujo para mantener una condición deseada^(3,19). Las principales funciones de los dispositivos de regulación y control son:

- a) Automatización de una planta frigorífica^(4,19).
- b) Controlar la capacidad y el punto de ajuste de un parámetro como presión o temperatura^(3, 5, 9,23).
- c) Dejar un límite de seguridad o interrupción^(2, 4, 20, 21, 23).

1.2 Clasificación de los dispositivos de regulación y control según su mecanismo de operación.

a) Mecánico

Estos instrumentos usan resortes y balances de fuerza que resultan de cambios en temperatura o presión para causar la regulación del parámetro fijado ^(3, 4). Dichos dispositivos pueden enlistarse de la siguiente manera:

- 1) Válvula de expansión manual
- 2) Válvula de expansión termostática.
- 3) Piloto de presión de entrada
- 4) Piloto de presión de salida.
- 5) Piloto de presión diferencial.
- 6) Piloto de presión neumático.
- 7) Piloto de presión de alivio.
- 8) Regulador de presión estándar.
- 9) Regulador diferencial de presión.
- 10) Válvula de suministro de vapor recalentado
- 11) Válvula de no retorno "check".
- 12) Válvula de seguridad.
- 13) Válvula de flotador.

b) Electro-mecánico.

Trabajan basados en los principios de electromagnetismo y fuerzas de resortes, para causar la regulación del flujo ^(3, 7), entre los que podemos encontrar:

- 1) Válvula solenoide de acción directa.
- 2) Válvula solenoide de acción piloto.
- 3) Interruptor de nivel ó, “*switch de nivel*”.

c) Neumático.

Estos dispositivos usan una combinación de componentes electromecánicos y mecánicos con una fuente de potencia externa (aire comprimido) para producir un cambio en la presión ajustada por ejemplo, en el evaporador ^(3, 4, 19). Tal es el caso de:

- 1) Válvula reguladora de presión compensada neumáticamente.
- 2) Piloto de presión compensado neumáticamente.

d) Electrónico.

Estos dispositivos detectan un voltaje de control que, dependiendo de la intensidad de éste, y en función a una temperatura

monitoreada desde un controlador que envía la señal de abertura o cierre del dispositivo, producen la regulación del flujo para mantener la condición deseada ^(3, 5, 9, 19). Los dispositivos que podemos encontrar dentro de esta clasificación tienden a ser los diseños más recientes con los que cuentan las empresas dedicadas a la fabricación de estos componentes, por ejemplo:

- 1) Reguladora piloto de presión electrónica.
- 2) Reguladora de presión electrónica.
- 3) Válvula de expansión electrónica.

Es importante acotar, que no solamente se encuentran dispositivos que detecten variaciones en voltaje sino aquellos que también pueden detectar cambios en resistencia eléctrica ó que puedan detectar capacitancia variable como las sondas ⁽³⁾. La tabla 1 resume algunas de las características de esta clasificación, resaltando el tipo de funcionamiento y aplicación en líneas de líquido o vapor según sea el caso.

1.3 Clasificación de los dispositivos de regulación y control según el campo de aplicación.

a) Regulación automática de funcionamiento.

Estos dispositivos se encargan de mantener o controlar la capacidad

de la instalación o de ajustar algunos parámetros como pueden ser la temperatura, presión, humedad relativa o el tiempo de ciertas operaciones como es el caso del deshielo. La tabla 2 resume los dispositivos en base a la función dentro del sistema de refrigeración, en la cual resaltan las válvulas de control de flujo regulando el caudal según los requerimientos de frío, los controles de

Tabla 1. Función de los dispositivos de regulación y control.

TIPO	FUNCIÓN	APLICACIÓN
Mecánico	Detectar cualquier cambio en la presión o temperatura.	Líneas de líquido y vapor.
Electromecánico	Proporcionar alimentación de líquido o vapor.	Líneas de líquido y vapor.
Neumático	Producir un cambio en la presión ajustada.	Líneas de líquido y vapor.
Electrónico	Detectar un cambio de voltaje originado por un cambio en la temperatura ajustada.	Líneas de líquido y vapor.

Fuente: *Curso de válvulas y controles. Blázquez, 2000*

nivel de líquido que envían señales eléctricas a algún dispositivo eléctrico (motor del compresor o una válvula solenoide), los controles de presión, temperatura, tiempo y humedad que actúan como interruptores eléctricos de válvulas solenoides y reguladores de presión, de tal manera que se accionen automáticamente según los

parámetros de tiempo establecidos ^(3, 4, 14, 15, 16).

b) Control de seguridad.

Este grupo de dispositivos se encarga de mantener la operación del ciclo en los límites de presión, temperatura, humedad o nivel de líquido y gas dentro de valores permisibles, para evitar daños irreversibles en los componentes del sistema. La tabla 3 presenta un resumen de los dispositivos de seguridad y el tipo de función dentro de los sistemas de refrigeración industrial ^(3, 4, 14, 15, 16).

El interruptor de nivel y el controlador de nivel de líquido, evitan un mal funcionamiento de algún equipo frigorífico como la bomba de recirculación de líquido o el compresor *booster* o de segunda etapa. La válvula de seguridad evita la explosión de un recipiente que contenga amoníaco o algún otro refrigerante a alta presión. El filtro evita tapones y fallas de operación en el sistema debido a las impurezas arrastradas por el refrigerante

1.4 Clasificación por grupo funcional.

a) Control de operación o primario.

Su trabajo consiste en transmitir los cambios en las condiciones

Tabla 2. Dispositivos de control.

DISPOSITIVO.	FUNCIÓN.
Válvula solenoide. Válvula de expansión manual. Válvula de expansión termostática. (VET). Válvula electromagnética. Válvula de flotador. Tubo capilar.	Control de flujo de refrigerante al evaporador
Controlador de nivel. Interruptor de nivel.	Control de nivel de líquido y vapor.
Termostato. Regulador de presión.	Control de temperatura
Presóstato. Regulador de presión.	Control de presión.
Temporizador electromecánico Equipo electrónico.	Control de tiempo de ciertas operaciones.
Higrostató.	Control de humedad relativa.
Plato de válvulas. Reguladores de presión.	Capacidad de la instalación.

Fuente: Koelet. 1997.

Deseadas tales como, temperatura (o su presión relacionada) y humedad. Traducen el cambio en movimiento o fuerza mecánica y antes de iniciar una acción, corrigen el cambio y mantienen el nivel apropiado de la condición deseada.

Tabla 3. Dispositivos de seguridad o interrupción.

DISPOSITIVO	FUNCIÓN
Controlador de nivel. Interruptor de nivel.	Nivel limite de líquido. Golpe de líquido.
Válvula de seguridad. Presóstato.	Presión extrema
Presostato diferencial.	Fallos en la presión de aceite
Filtro.	Humedad e impurezas en el refrigerante.
Válvula de presión constante. Protector de sobre carga. Lamina bimetálica.	Evita sobrecarga en el motor.
Calentador.	Evita congelación del agua o la salmuera.

Fuente: Koelet, 1997.

Actúan como interruptores eléctricos para conectar o desconectar el componente apropiado. Dentro de esta clasificación, encontramos los siguientes dispositivos:

- 1.- Termostato.
- 2.- Presóstato.
- 3.- Humidistato.

b) Controles de actuación o secundarios.

De manera indirecta controlan la operación que lleva a cabo la

medida de corrección. En este grupo encontramos:

- 1) Válvula de expansión manual.
- 2) Válvula de expansión termostática.
- 3) Piloto de presión de entrada.
- 4) Piloto de presión de salida.
- 5) Piloto de presión diferencial.
- 6) Piloto de presión neumático.
- 7) Piloto de presión de alivio.
- 8) Relevadores (contactores).
- 9) Válvula solenoide.
- 10) Regulador de presión estándar.
- 11) Regulador diferencial de presión.
- 12) Válvula de suministro de vapor recalentado.
- 13) Válvula de no retorno "check".
- 14) Válvula de seguridad.
- 15) Válvula de flotador.
- 16) Válvula de cuatro vías.
- 17) Válvula de contrapresión.
- 18) Válvula para agua.

c) Controles limitadores y de seguridad.

La función de este grupo es percibir y parar el sistema, antes de llegar a un límite excesivo. Toman el control de los actuadores independientemente de lo que soliciten los controladores de operación. Dentro de estos encontramos:

- 1) Termostato de seguridad.
- 2) Interruptor de corte por presión alta.

- 3) Corte por presión baja y el de seguridad de aceite.
- 4) Sobrecarga eléctrica.
- 5) Tapones fusibles.
- 6) Discos de ruptura.
- 7) válvula de seguridad.
- 8) Válvula dual de seguridad.

La tabla 4 resume algunas de las características de los dispositivos de control en base a la clasificación por grupo funcional, resaltando la aplicación de cada uno de estos componentes, en relación a la función y operación que desempeñan dentro del sistema de producción de frío.

Tabla 4. Clasificación de controles por grupo funcional.

TIPO	FUNCIÓN	APLICACIÓN
Control de operación	Actuar como un interruptor eléctrico.	Líneas de líquido y vapor
Control de actuación	Controlar de la operación de corrección.	Líneas de líquido y vapor
Control de seguridad	Detener el ciclo antes de llegar a un límite excesivo.	Líneas de líquido y vapor

Fuente: Koelet. 1997.

DESCRIPCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE REGULACIÓN Y CONTROL.

A continuación se presenta el estudio de las principales características operacionales de cada una de las válvulas y controles involucrados en el diseño de sistemas de producción de frío con amoníaco, así como los diferentes mecanismos de funcionamiento y tipo de dispositivos existentes, para realizar las operaciones necesarias que permiten controlar la producción de frío.

2.1. Válvula solenoide.

Esta es una válvula que permite o interrumpe el flujo de refrigerante en fase líquida o vapor ya sea a alta o baja presión dentro del sistema de producción de frío. Este dispositivo tiene un principio de funcionamiento electromecánico, es decir, mediante fuerzas electromagnéticas y de resortes que originan la apertura o cierre de la misma. A continuación se describe el principio de operación de las válvulas solenoides más utilizadas en los sistemas de producción de frío.

2.1.1. Operación de la válvula solenoide de acción directa.

Esta recibe su nombre debido a que no requiere de componentes extras que le permitan abrir o cerrar, consta de una bobina de alambre de cobre, la cual se conecta alrededor de un tubo que tiene un vástago móvil (armadura ó émbolo de hierro) localizado en el centro de la misma, un tubo no magnético separa la bobina del pistón buzo (y lo mueve desde allí a su posición normal) conteniendo el refrigerante a presión. Cuando la corriente fluye a través del alambre, se crea un campo magnético que atrae al pistón buzo de hierro y lo mueve desde su posición original abriendo la válvula, lo que permite el flujo de líquido ó vapor. Cuando se desenergiza, sucede lo contrario cerrando la válvula.

La figura 1 muestra el esquema de componentes principales de la válvula solenoide de acción directa, que intervienen en el funcionamiento de la misma. La figura 2 muestra la apariencia física de esta válvula ^(2, 5, 6, 16, 17, 18, 19, 20).

Para que la válvula pueda abrir se tienen que vencer tres fuerzas:

1. - La fuerza de cierre de la diferencia de presión por el área del puerto (diámetro de la válvula).
2. - El peso máximo de todas las partes.

3. - El esfuerzo del resorte de cierre.

Siendo la diferencia de presión, la fuerza principal que mantiene la válvula cerrada, ésta válvula, puede ser controlada termostáticamente. ^(18, 23).

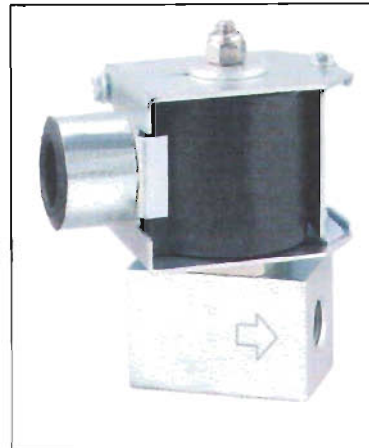
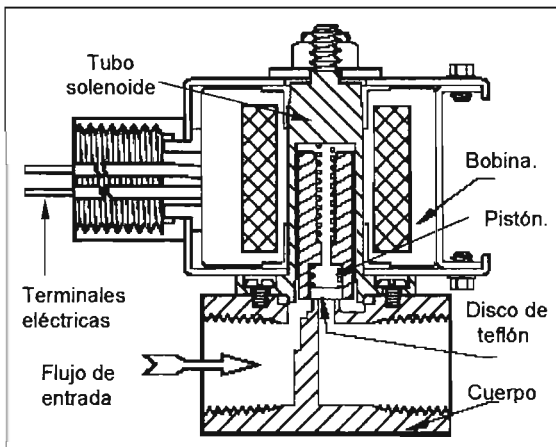


Fig. 1. Esquema de componentes de una válvula solenoide de acción directa.

Fig. 2. Válvula solenoide de acción directa.

Fuente: Hansen, 2002.

Las funciones de la válvula solenoide son:

- 1) Control de flujo de refrigerante abriendo y cerrando según los requisitos de refrigeración en líneas de líquido o vapor.
- 2) Evitar que el evaporador se cargue de refrigerante cuando pare el

ciclo y suba la presión de baja a consecuencia del aumento de temperatura, lo que causaría dificultades al compresor cuando se pone en marcha y produciría fugas en el mismo.

3) Invierte en el flujo de refrigerante para el ciclo de desescarche ^(18, 28).

2.1.2. Tipos de válvulas solenoides.

Los diferentes mecanismos de operación que adoptan las válvulas solenoides están en función al tamaño ó diámetro de la válvula, independientemente del sitio dentro de la instalación donde sean colocadas, así como del tipo de refrigerante empleado en dicha instalación, con lo que las válvulas con diámetros menores a $\frac{3}{4}$ de pulgada adoptan como mecanismo de operación la acción directa, mientras que las válvulas con diámetros superiores a los $\frac{3}{4}$ de pulgada, utilizarán un piloto o servo (ayuda) para operar correctamente ⁽¹⁹⁾.

2.1.3. Válvula solenoide de acción piloto.

Este mecanismo lo adoptan válvulas con diámetros grandes. Tanto el pistón buzo como la válvula, ocupan mucho espacio por lo que la bobina no desarrolla la fuerza requerida para levantar el pistón, de esta manera la válvula se separa de su asiento por acción de un diferencial de presión. La figura 3 muestra el esquema de

componentes de la válvula solenoide de acción piloto, en el cual se aprecia el tamaño del puerto más grande con respecto a la de acción directa, así como sus principales componentes de operación ^(16, 24).

Esta válvula opera con un pistón flotante. El orificio piloto de acero sanitario, esta situado en el centro del pistón mientras que el plato de la válvula con teflón, permanece colocado directamente en la armadura.

Cuando esta desenergizada la bobina, el orificio principal y el orificio piloto se encuentran cerrados debido al peso de la armadura, la fuerza del resorte de la misma y el diferencial de presión entre el sitio de entrada y salida de la válvula.

Al energiza la bobina, la armadura es desplazada hacia arriba dentro del campo magnético, abriéndose el orificio piloto, situación que alivia la presión sobre el pistón, el cual esta conectado al sitio de salida de la válvula. El diferencial de presión entre la entrada y salida de la válvula presiona el diafragma desde el orificio principal abriéndolo para que el flujo sea completo, pero para que suceda esto, la presión mínima diferencial debe oscilar entre .05 y .07 bar, dependiendo del tamaño de la válvula.

Al ser interrumpida la corriente, el orificio piloto se cierra y la presión sobre el diafragma será la misma que en la entrada vía el orificio de igualación, cerrando así el orificio principal ^(1, 9, 16, 19, 21, 24).

Las válvulas solenoides descritas anteriormente figuran entre las más utilizadas y aplicadas en la actualidad, en los sistemas de producción de frío con amoniaco.

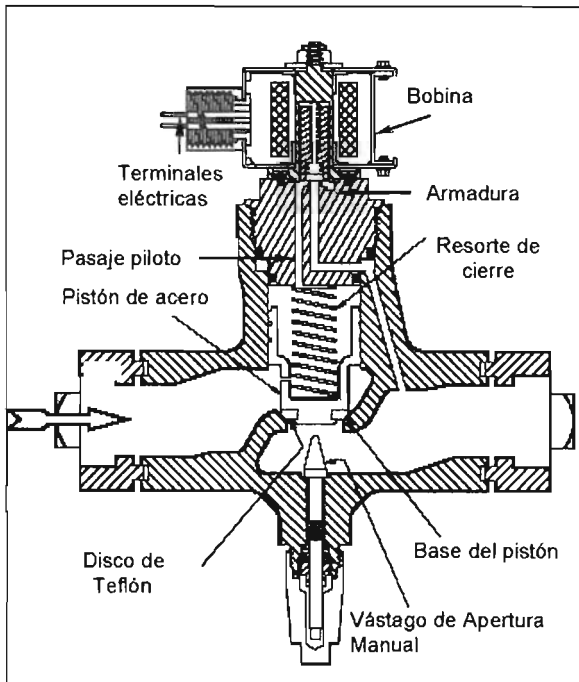


Fig. 3. Esquema de operación de la válvula solenoide de acción piloto.



Fig. 4. Válvula solenoide de acción piloto.

Fuente: Hansen, 2002.

2.2. Válvula reguladora de presión (V.R.P.).

Esta válvula se denomina también como la del lado de la

entrada del compresor ⁽²¹⁾ y mejor conocida como regulador para la línea de succión, pertenece al grupo de controles secundarios o de actuación, cuyo principio de operación puede ser mecánico, electromecánico o electrónico.

Sí empleáramos un termostato o un interruptor de presión como simple control para el compresor, esto sería inadecuado.

La V.R.P. proporciona un método muy eficaz para equilibrar la capacidad del sistema de refrigeración o congelación con las exigencias de la carga. Las válvulas reguladoras pueden controlar:

1. - Presión de operación del evaporador.
2. - Presión de succión del compresor
3. - Presión de condensación ^(6, 15, 23).
4. - Presión del receptor.
5. - Temperatura del medio, refrigerante o salmuera, en cuartos fríos, de aire acondicionado, y cuartos de ventilación para computadoras.
6. - Regulación de la capacidad (desviación "by-pass" de vapor recalentado) ^(5, 19).

Los reguladores para la línea de succión de tamaño más pequeño son de acción directa, ésta podría definirse como una cavidad que maneja perfectamente al refrigerante.

Los reguladores conducen el flujo creando un área de flujo mayor o menor, así se crea una velocidad más alta o más baja en el orificio, lo cual origina una caída de presión más grande o más pequeña, todo lo anterior, lo realizan en respuesta a una medida de presión y generalmente con el intento de mantener esta presión lo mas constante posible. Los reguladores grandes operan mediante un piloto externo para proporcionar una alta sensibilidad y exactitud de control, mediante este mecanismo, la válvula abre cuando se suministra presión en la parte superior del pistón a través de un tubo piloto, el orificio pequeño para sangrado o purgado en la parte superior del pistón desahoga esta presión del lado de salida (evaporador) de la válvula de control de líquido, cuando se cierra el suministro de presión por la parte superior del pistón, el resorte cierra la válvula de control de gas, como actúa la válvula reguladora de presión diferencial ^(6, 15).

Las principales funciones de la válvula reguladora de presión son:

1) Presión de operación del evaporador.

- a) Controla la presión, temperatura y humedad del aire, evitando que el evaporador caiga por debajo de una temperatura especificada ^(4, 6, 8, 16, 17, 19).
- b) Mantiene una presión mayor a la mínima establecida para cada evaporador.

- c) Evita disminución de la capacidad del compresor.
- d) Aumenta la capacidad del compresor por disminución de la temperatura de condensación.
- e) Evita que se enfríe demasiado el refrigerante al bajar la temperatura de evaporación.

2) Presión de succión del compresor.

- a) Protege al motor del compresor durante los periodos en que la presión del evaporador sea superior a la presión normal de operación para la cuál éste fue seleccionado ⁽⁶⁾.
- b) Impide un excesivo calentamiento del motor eléctrico.
- c) Promueve la disminución en la capacidad por el calor generado.
- d) Disminuye una carga excesiva del compresor al momento en que empieza a funcionar éste, debido a la alta presión de succión.
- e) Evita grandes cambios en la presión de succión y estabiliza el funcionamiento del compresor.
- f) Durante el deshielo por vapor recalentado, evita carga excesiva del compresor cuando el tiempo de operación del desescarchador es muy largo (sube presión de succión).
- g) Erradica una carga excesiva cuando el compresor opera por largos periodos de tiempo, con una alta presión de succión.
- h) Interrumpe el retorno de refrigerante líquido al evaporador

(16)

3) Presión de condensación.

Ésta, mantiene la presión del condensador y del receptor lo suficientemente alta y constante en plantas con condensadores evaporativos en sistemas de producción de frío y aire acondicionado ⁽⁹⁾.

4) Presión del receptor.

- a) Mantiene los desvíos "by-pass" de vapor recalentado.
- b) Mantiene una presión de condensación y en el receptor lo suficientemente alta y constante en plantas con recalentamiento y donde se emplean condensadores evaporativos ⁽⁹⁾.

5) Regulación de la capacidad ("by-pass" de vapor recalentado).

Su función es igualar la carga total del compresor y la carga variante del sistema. Esto se logra instalando una línea de desvío "by-pass" entre la descarga y la succión del compresor, de tal manera que si la carga disminuye también sucederá lo mismo en el compresor,

entonces una carga “artificial” en forma de vapor recalentado del lado de alta presión es suministrada al evaporador o al compresor ^(9, 19).

2.2.2. Principales pilotos empleados en las válvulas reguladoras de presión.

Estas válvulas piloto habilitan al regulador principal para realizar diferentes funciones de control y pueden ser instaladas de fábrica o al momento de la instalación.

2.2.2.1. Piloto de presión de entrada.

La función del piloto de presión de entrada es la de prevenir que la presión de entrada del regulador llegue por encima del punto fijado. Abre cuando se incrementa el suministro de presión, y cierra cuando disminuye la misma. El diámetro por debajo del diafragma es igual al diámetro del puerto. Este regulador es muy común en líneas de succión donde la presión en el evaporador llegue a ser menor a la del punto de ajuste del regulador. El ajuste de presión puede oscilar entre 0 y 10 bar (0-150 psi) y es controlada vía el tornillo de ajuste de la válvula. La figura 5 muestra el esquema de componentes de esta válvula, donde el cuerpo de ésta, es mas pequeño en relación a un

regulador principal, mientras que la figura 6 muestra su aspecto físico (4, 9, 19)

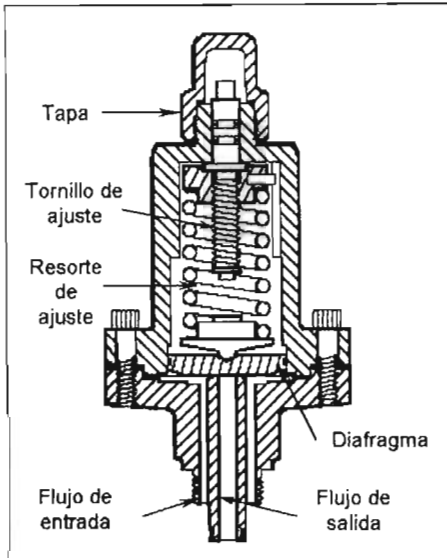


Fig. 5. Esquema de componentes de una válvula piloto de presión de entrada.



Fig. 6. Válvula piloto de presión de entrada.

Fuente: Hansen, 2002.

2.2.2.2. Piloto de presión de salida.

La válvula piloto de presión de salida abre cuando se presenta una disminución en la presión de salida. La figura 7 presenta el esquema de componentes de la reguladora, es importante observar el sitio de salida donde se lleva a cabo la transmisión de presión que

genera el funcionamiento del piloto, puesto que desde ahí se transmite la presión hacia el diafragma. Generalmente es usado para el desvío “by-pass” del vapor recalentado en la succión, o durante el deshielo. También se usa para limitar la presión de succión del compresor. La presión de control puede variar entre 2 y 21 bar (30- 300 psi) la cual es controlada vía el tornillo de ajuste de la válvula ^(4, 9, 19).

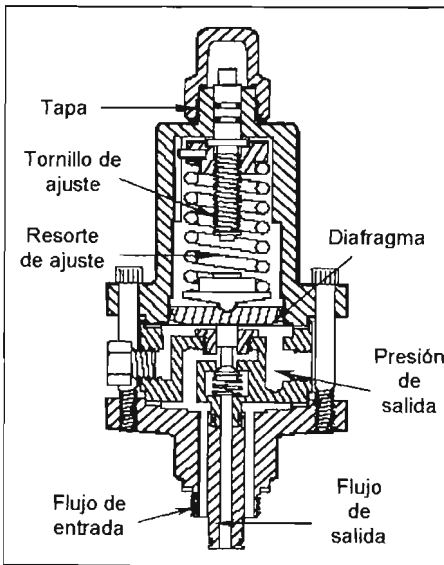


Fig. 7. Esquema de operación de una válvula piloto de presión de salida.

Fig. 8. Válvula Piloto de presión de salida.

Fuente: Hansen, 2002.

2.2.2.3. Piloto de presión diferencial.

La válvula piloto de presión diferencial mantiene un diferencial

constante entre la entrada y salida o alguna otra fuente de presión, este regulador resulta de conectar la presión de salida en la armadura que aloja al resorte, el rango de este regulador es determinado por la diferencia en la presión que se presenta y no por la presión de entrada o salida. La presión es controlada a través de la válvula bajo el diafragma, donde actúa la presión de entrada, siendo el punto de ajuste adicionado o compensado por la presión de salida, y cuyo resultado final es controlar la diferencia de presión. La presión es suministrada sobre la parte superior del diafragma, puede provenir desde algún otro punto de la instalación que sea menor a la presión de entrada del regulador, y la presión de ajuste de entrada debe ser igual a la fuerza máxima del resorte. La figura 9 muestra el esquema de componentes de esta válvula.

Un ejemplo que ilustre lo anteriormente descrito puede ser el de mantener la presión de aceite constante sobre una presión de descarga variante. El cambio en el punto de ajuste es una relación 1:1 una libra de cambio en la presión suministrada, genera una libra de cambio en la presión ajustada en la válvula. El rango de control puede variar entre 0 y 10 bar (0-150 psi) ^(4, 9, 19).

2.2.2.4. Piloto con compensador neumático.

La válvula piloto con compensador neumático puede emplear aire o algún otro presurizador en el lado de entrada de presión en una

relación 1:1 y opera de la misma manera que el regulador de presión diferencial y en el mismo rango de control⁽⁹⁾.

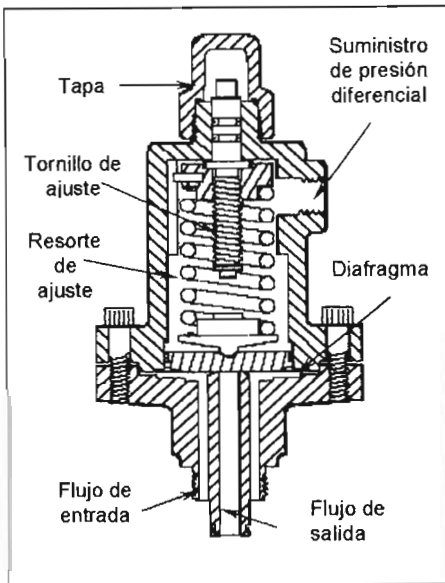


Fig. 9. Esquema de operación de una válvula piloto de presión diferencial.

Fig. 10. Válvula piloto de presión diferencial.

Fuente: *Hansen, 2002.*

2.2.2.5. Piloto de presión de alivio.

La válvula piloto de presión de alivio abre completamente cuando la presión de entrada excede el límite previamente fijado se vuelve a ajustar después de la operación. Se emplea para alivio de deshielo o alivio de alta presión en alguna parte del sistema el rango de control puede variar entre 0 y 10 bar (0-150 psi). La figura 11 muestra el

esquema de componentes de un piloto regulador de alivio de presión
(9)

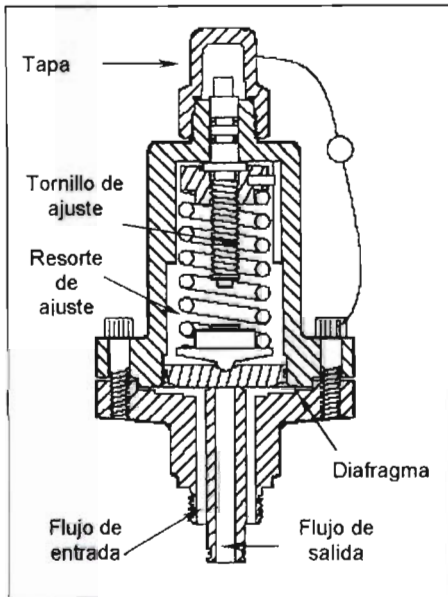


Fig. 11. Esquema de componentes de una válvula piloto de presión de alivio.

Fig. 12. Válvula piloto de presión de alivio.

Fuente: Hansen, 2002.

2.2.2.6. Piloto solenoide.

La válvula piloto solenoide opera de la misma manera que la válvula solenoide de acción directa, analizada en la sección 2.1 ^(4, 9, 19).

2.2.2.7. Piloto electrónico.

La válvula piloto electrónico cambia la presión ajustada con ayuda de un controlador externo y un sensor de temperatura para aire o líquido muy preciso, el rango de control puede oscilar entre los 0 y 6 bars (0 y 85 psig) la figura 13 muestra un esquema de componentes de una válvula piloto electrónico^(4, 9, 16).

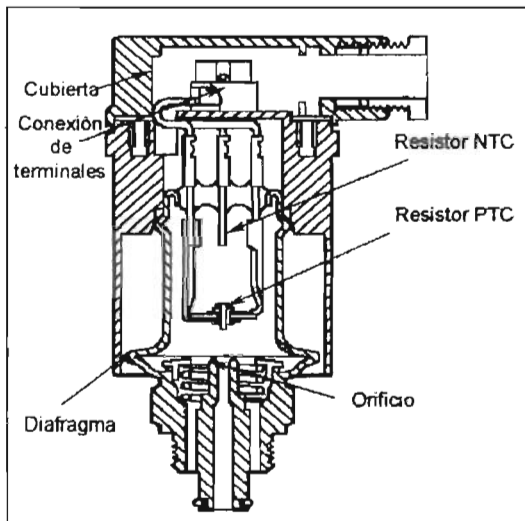


Fig. 13. Esquema de componentes de una válvula piloto Electrónica.

Fuente: Hansen, 2002.

2.2.2.8. Piloto con bulbo termostático.

El bulbo abre la piloto de control cuando se eleva la temperatura en el bulbo termostático el cual, contiene un poco de refrigerante (amoniaco), una vez que se alcanza la superficie del diafragma presiona el resorte de cierre, lo que origina que baje la aguja, de tal manera que el orificio de alimentación permita el flujo de refrigerante manteniéndolo en un rango constante que oscila entre -40°F a 32°F (-40°C - 0°C), la figura 14 muestra el esquema de componentes principales de operación ⁽⁹⁾.

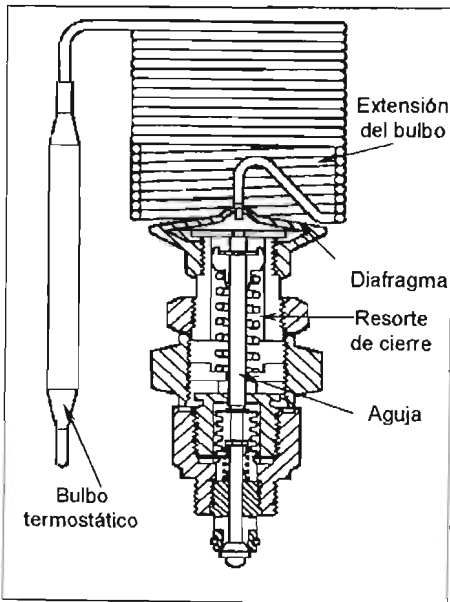


Fig. 14. Esquema de componentes de una válvula piloto con bulbo termostático.

Fig. 15. Válvula piloto con bulbo termostático.

Fuente: Hansen, 2002.

2.2.3. Principales reguladoras empleadas en el diseño de sistemas de producción de frío.

Estos reguladores están compuestos por un cuerpo principal que puede presentar dos o tres puertos, los cuales permiten un arreglo de reguladores piloto ya sea en serie o en paralelo, de tal manera que el regulador principal se habilite a una operación específica dentro del sistema de producción de frío. La figura 16 muestra la disposición de estos puertos y la forma en que conducen el flujo de refrigerante desde cada uno de los mismos.

2.2.3.1. Válvula reguladora estándar.

Es el regulador de presión más común, diseñado para controlar la presión de evaporación o de condensación en un recipiente o la presión en cualquier parte del sistema de refrigeración ^(4, 9, 19).

En este regulador el flujo de refrigerante es conducido a través del pasaje de conducción interno hacia el piloto de control de presión de entrada colocado en paralelo. La figura 18 muestra el esquema de componentes del regulador de presión estándar en cuya parte superior, se observa el piloto y en el cuerpo un pasaje de conducción. La reguladora piloto abrirá cuando ésta, exceda la presión ajustada en la reguladora de control, una vez que se introduce el refrigerante pasa

hacia la parte superior del pistón el cual, fuerza la base de la válvula principal a que se abra y regule el flujo, manteniéndose abierta siempre y cuando la presión sea mayor a la ajustada en el resorte manteniéndola constante. Se requiere una caída de presión mínima de 2 psi (.14 bar) para mantener totalmente abierta la válvula principal. Cuando la presión de entrada desciende por debajo del punto de ajuste, el resorte de cierre causará que el pistón regrese a su base cerrando la válvula ^(4, 9, 19).

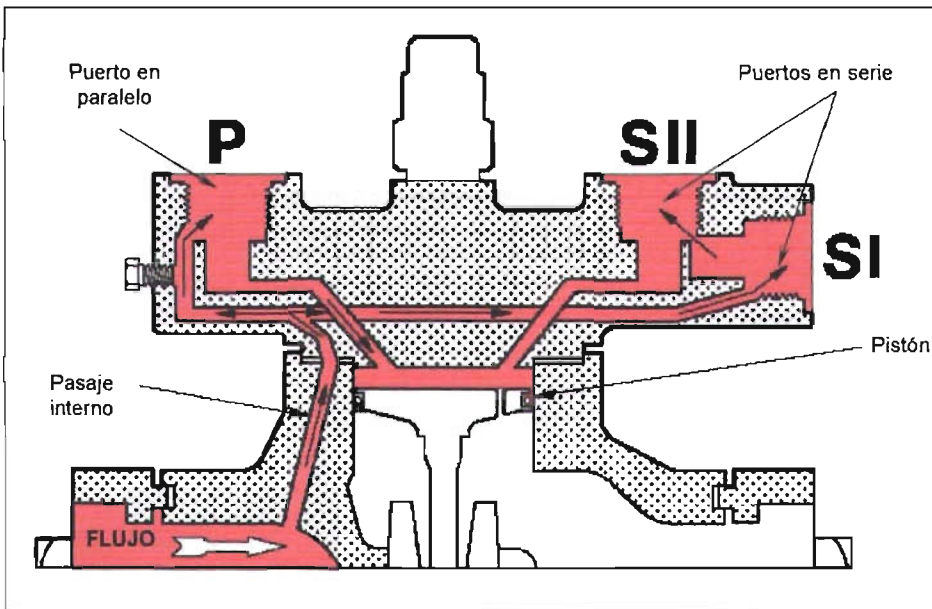


Fig. 16. Esquema de los pasajes internos en los reguladores con tres pilotos.

Fuente: Hansen, 2002.



Fig. 17. Válvula reguladora de presión estándar con filtro.

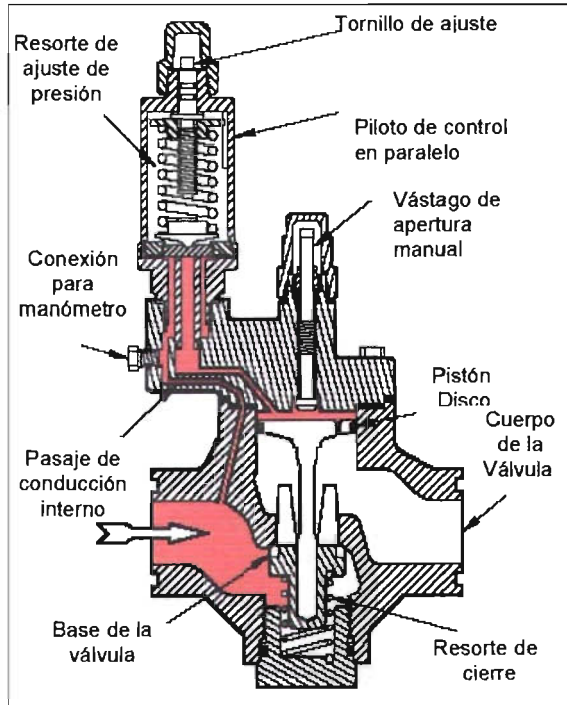


Fig. 18. Esquema de componentes de una válvula reguladora de presión estándar.

Fuente: Hansen, 2002.

2.2.3.2. Reguladora con cierre eléctrico.

Comúnmente es usado para controlar la temperatura durante el deshielo. Actuando cuando este energizado, cierra aún sin tomar en cuenta la presión ajustada ⁽⁹⁾.

En esta reguladora, el refrigerante a presión ingresa por el puerto en

paralelo del lado izquierdo (véase figura 20) y se dirige al puerto en serie uno del lado derecho de la reguladora, de esta manera la presión de entrada será transmitida a la solenoide piloto en serie uno una vez energizada pasando el refrigerante a la reguladora piloto en serie dos permitiendo así la regulación de la presión, lo que origina que la presión del refrigerante sea transmitida hacia la superficie del pistón, el cual fuerza a la válvula principal a que se mueva de su base, abriendo la válvula y permitiendo la regulación del flujo ⁽⁹⁾.

La figura 20 muestra el esquema de componentes de una reguladora con cierre eléctrico, ésta válvula de control opera de la misma forma que el regulador estándar o con las funciones de algún otro piloto. Cuando se desenergiza la solenoide piloto, detiene el flujo en dirección a la reguladora piloto, cerrando herméticamente el pistón de la válvula reguladora principal sin tomar en consideración la presión ajustada en la reguladora piloto de control ^(4, 9, 19).

2.2.3.3. Reguladora de presión dual.

Regula una presión de evaporación cuando esta energizada, y a una presión mas alta durante el deshielo, cuando se desenergiza puede controlar también temperatura o presión de alivio ^(4,19).

Cuando la reguladora piloto solenoide esta energizada, opera de la misma manera que el regulador con cierre eléctrico, manteniendo una

presión más baja.



Fig. 19. Válvula reguladora con cierre eléctrico.

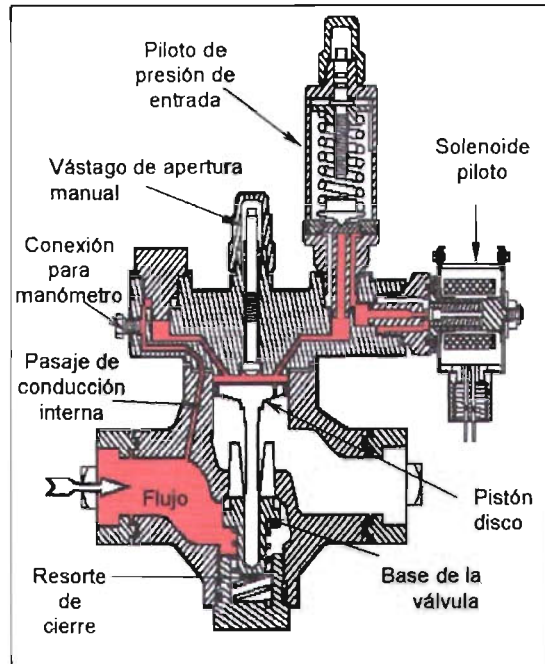


Fig. 20. Esquema de componentes de una Reguladora con cierre eléctrico.

Fuente: Hansen, 2002.

La figura 21 muestra el esquema de componentes de la reguladora de presión dual, donde se aprecia que si la válvula solenoide esta desenergizada (puerto en serie uno) la presión del refrigerante a la entrada es conducida hacia la reguladora piloto (puerto en paralelo) que mantiene fija una presión más alta que la reguladora piloto en serie dos y opera de la misma manera que el

regulador estándar. Cuando la presión del refrigerante a la entrada excede el punto fijado, el regulador piloto abre y permite que el flujo se dirija hacia la superficie del pistón, de esta manera, la base de la válvula principal es abierta y regula el flujo. Generalmente se utiliza en combinación entre un regulador de presión de evaporación y una válvula de alivio interno de deshielo ^(4, 9, 19).

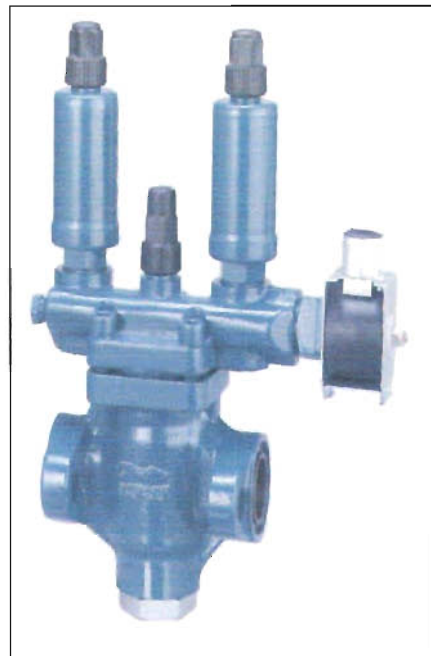
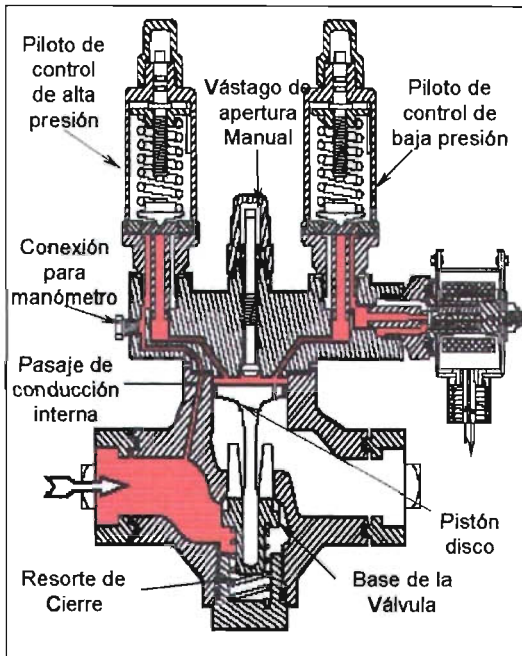


Fig. 21. Esquema de componentes de una válvula reguladora de presión dual.

Fig. 22. Válvula reguladora de presión dual.

Fuente: Hansen, 2002.

2.2.3.4. Reguladora de presión diferencial.

Comúnmente es usada para aliviar bombas de líquido, controla la diferencia entre la presión del condensador y del receptor, la presión de descarga que empuja al vapor recalentado para desescarchar o recuperar calor o alguna otra aplicación similar. Esta reguladora mantiene la diferencia ajustada entre la entrada y salida de presión ^(4, 9, 19). En esta reguladora, la presión de entrada del refrigerante es conducida hacia el pasaje de conducción interno en dirección a la reguladora piloto de presión diferencial, la presión de salida del refrigerante es conducida hacia el espacio superior del diafragma de la reguladora piloto, vía el tubo de percepción externa dejando que la presión actúe, cerrando la válvula. La figura 23 muestra el esquema de componentes de la válvula reguladora de presión diferencial. El rango del resorte permite el control de la presión diferencial entre la entrada y salida, de tal forma que si incrementamos el rango del resorte, se incrementa la fuerza del diferencial fijado, la presión de entrada es neutralizada por el rango del resorte más la presión de salida, la cual se dirige hacia la superficie del pistón, lo que fuerza a la base de la válvula principal a abrir y regular el flujo ^(4, 9, 19).

2.2.3.5. Reguladora de alivio de presión.

Es usada para el deshielo, alivio del lado de alta o baja presión,

o alivio no atmosférico en otras partes del sistema. Este control abre cuando el flujo de presión esta por arriba de lo fijado, en función de cambios repetidos en la operación. Esta reguladora opera de la misma manera que el regulador estándar ^(4, 9, 19).

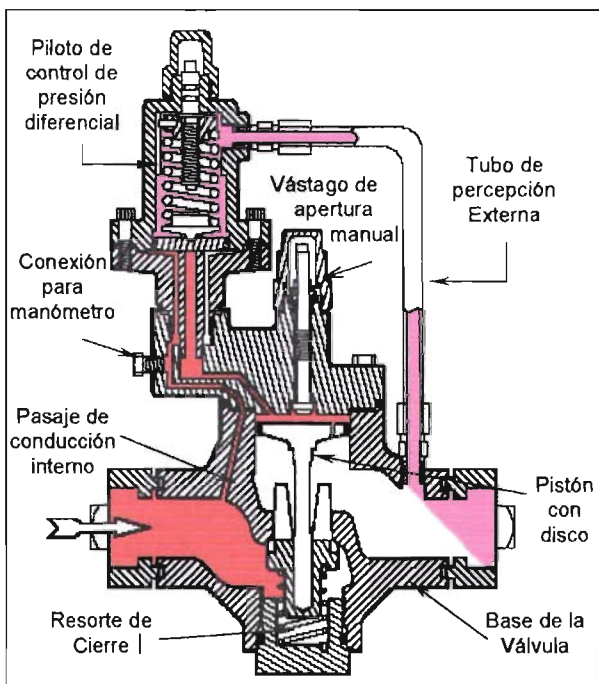


Fig. 23. Esquema de componentes de una válvula reguladora de presión diferencial.

Fuente: Hansen, 2002.

2.2.3.6. Reguladora de presión de salida.

Controla la presión de salida, cuando el flujo de presión de salida cae por abajo del punto fijado. Se usa también para vapor recalentado proporcionado una carga de refrigeración artificial, para el control de presión en el receptor por medio de la desviación de vapor recalentado (*by-pass*), limitando el suministro de presión de vapor recalentado, así como en el deshielo del evaporador en conjunción con las trampas de drenaje de líquido o por la limitación de la presión de succión del compresor, esta pieza puede ser combinada con un cierre eléctrico, operador de temperatura dual o con características de abertura completa ^(4, 9, 19).

Esta reguladora opera de la siguiente manera: la presión de salida del refrigerante es transmitida a través de un tubo de percepción externa hacia la reguladora piloto de percepción de presión de salida. Cuando la presión de salida disminuye más abajo de la presión fijada, el rango de fuerza del resorte del piloto de control abre un poco más, de tal manera la presión de entrada del refrigerante accede sobre el espacio superior del pistón, que lo que obliga a la base de la válvula principal a que abra y regule el flujo. La figura 24 muestra el esquema de componentes de la válvula reguladora de presión de salida. Cuando la presión de salida aumenta el piloto de control reduce la presión de entrada sobre el pistón y la base de la válvula principal comienza a cerrarse, deteniendo el flujo de refrigerante ^(4, 9, 19).

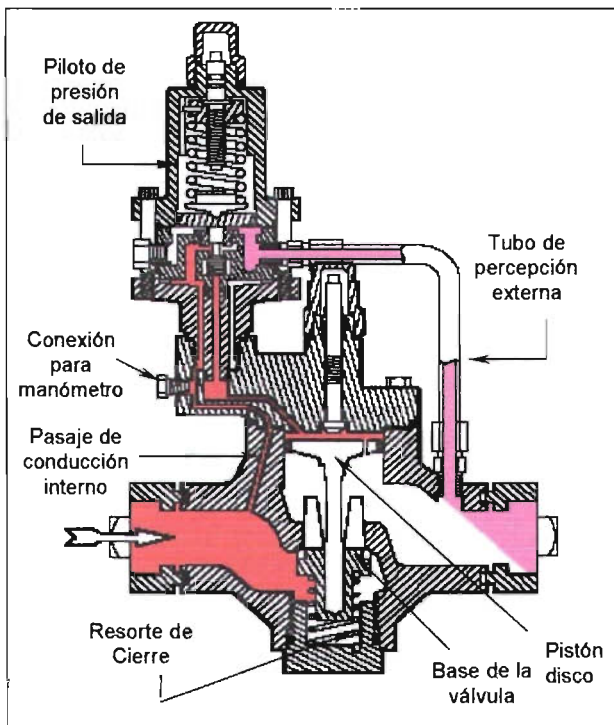


Fig. 24. Esquema de operación de una válvula reguladora de presión de salida.

Fuente: Hansen, 2002.

2.2.3.7. Reguladora electrónica.

Un piloto electrónico proporciona un control más preciso de la temperatura de varios medios de enfriamiento bajo condiciones de fluctuación de carga. En esta válvula, el controlador recibe una señal de un sensor de temperatura del aire o del líquido y así se transmite un voltaje hacia la reguladora piloto electrónica. Es conveniente apuntar

que un incremento en la temperatura disminuye el voltaje hacia la reguladora piloto, abriendo así el regulador, lo que permite regular el flujo.

Una disminución en la temperatura, incrementa el voltaje desde el controlador hacia la reguladora piloto cerrando la válvula y reduciendo el flujo, ejercicio que hace muy preciso el control de temperatura ^(4, 19).

2.3. Válvula de suministro de vapor recalentado.

También es llamada válvula de cierre en la succión. Las válvulas normalmente permanecen abiertas vía un resorte y no requieren de una caída de presión para operar, necesitamos una válvula solenoide (piloto) para controlar una presión más alta del refrigerante en estado vapor, la cual cierra durante el deshielo con vapor recalentado.

Este tipo de válvulas son ideales para aplicaciones de baja temperatura, donde se tenga que cerrar las siguientes líneas durante el deshielo: Línea de succión, línea de retorno de gas en evaporadores inundados o recirculados, así como en líneas con exceso de líquido o vapor.

Estas válvulas son mantenidas abiertas normalmente mediante

un resorte, cuando una presión alta pasa a través de la línea piloto en la entrada, la base del pistón es forzada hacia abajo comprimiendo un resorte y sentando el pistón firmemente en la base cónica del cuerpo de la válvula. Algunas, están diseñadas para mantener un cierre de golpe.

Para abrir el sitio donde se genera la alta presión de vapor, es interrumpido y el resto de esta presión es pasada libremente a través del pistón a la salida de la válvula. El flujo de presión máxima de vapor, causa que el resorte abra completamente siendo recomendable bajar la presión de evaporación antes de abrir la válvula ^(9,19).

2.3.1. Principales válvulas de suministro de vapor recalentado empleadas en el diseño de sistemas de producción de frío.

a) Válvula de suministro de vapor recalentado estándar.

Al momento de abrir el residuo de alta presión de vapor, esta válvula es purgada sobre la superficie del pistón haciendo pasar el residuo de vapor recalentado al lado de salida de la válvula hacia la succión del compresor, a excepción de que no contiene la válvula solenoide de purga. La figura 26 muestra el esquema de componentes principales de una válvula de suministro de vapor recalentado ⁽⁹⁾.

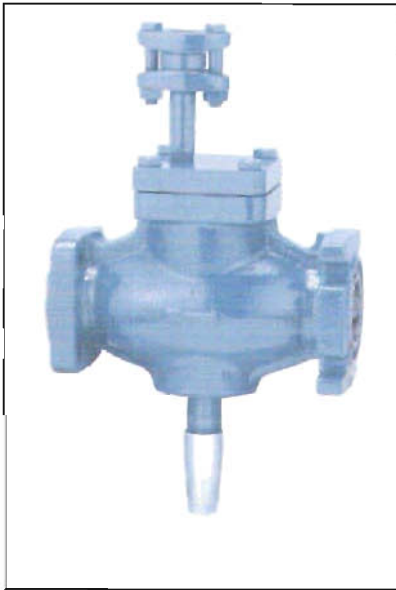


Fig. 25. Válvula de suministro de vapor recalentado estándar.

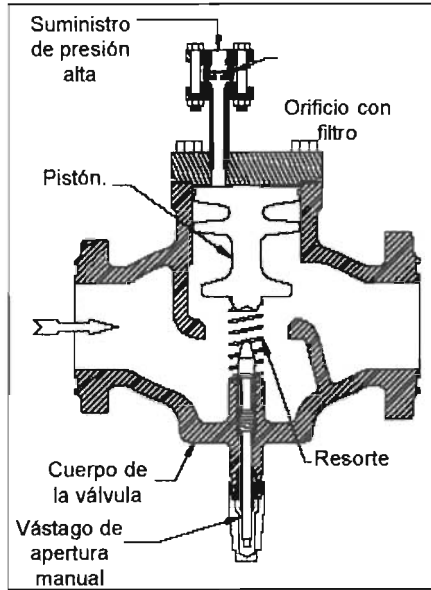


Fig. 26. Esquema de componentes de una válvula de suministro de vapor recalentado estándar.

Fuente: Hansen, 2002.

b) Válvula de suministro de vapor recalentado con purga.

Esta válvula opera de la misma manera que la válvula estándar solo que, como lo muestra la figura 27 tiene dos válvulas solenoides una que suministra el vapor recalentado a alta presión hacia la superficie del pistón y la válvula solenoide de purga que elimina el residuo de vapor recalentado cuando se interrumpe el suministro de vapor, enviándolo hacia la línea de succión del compresor ^(9,19).

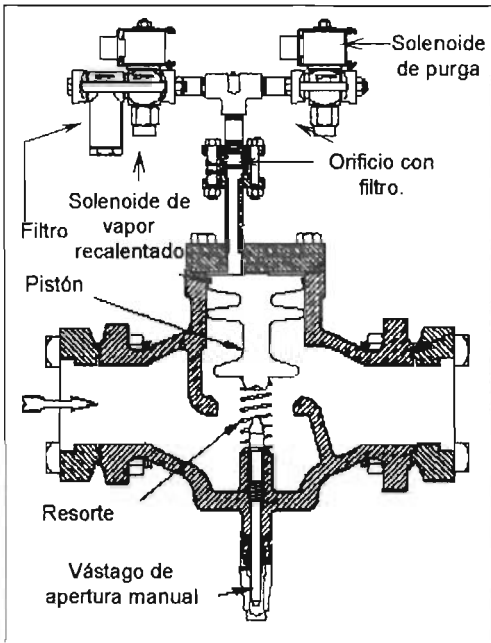


Fig. 27. Esquema de componentes de una válvula de suministro de vapor recalentado con purga.

Fig. 28. Válvula de suministro de vapor recalentado con purga.

Fuente: Hansen, 2002.

c) Válvula de suministro de vapor recalentado con purga y reguladora de presión.

El mecanismo de operación es similar a la válvula de suministro de vapor recalentado con purga, pero la diferencia entre ésta y la anterior es que en este caso, si existe un corte en el suministro de energía por fallas eléctricas, el pistón de la válvula principal permanecerá cerrado por un lapso de tiempo, acción realizada por la válvula piloto auxiliar

de presión, la cuál utiliza la presión del evaporador para suministrar adecuadamente una presión sobre el pistón.

Eventualmente el deshielo en el evaporador será reducido por la temperatura y la válvula de purgado, al tiempo en que la válvula abra completamente ^(9,19).

2.4. Válvula de no retorno “Check”.

La presión en un evaporador más caliente es por lo regular más alta dentro de una instalación que contenga múltiples aplicaciones de frío, que en un evaporador a baja temperatura, a menos que se proporcione una válvula de no retorno o “check”. Cuando se abre la válvula de control, el vapor tiende a regresar a presión más alta del evaporador más caliente al evaporador mas frío.

Esta condición causaría el calentamiento de éste y reduciría su eficiencia. El objetivo de dicha válvula es entonces permitir el flujo en una sola dirección, al ser instalada en las líneas de evaporadores individuales, líquido, descarga, y succión ^(9, 15).

2.4.1. Principales válvulas Check empleadas en sistemas de producción de frío.

a) Válvula Check estándar.

Normalmente son válvulas de cierre, que al presentarse un incremento en la presión de entrada, éste, vence la fuerza de un resorte haciendo que se cierre empujando la base de disco hacia atrás desde la base del cartucho, ocurre entonces el flujo a través de la válvula en dirección de la flecha. La válvula permanecerá abierta hasta que la caída de presión a la entrada descienda, actuando sobre la fuerza del resorte, la válvula se cierra cuando existe un flujo de retorno. La figura 30 muestra el esquema de componentes de la válvula *check* estándar, donde se observa la posición del resorte que sostiene la base del disco de la válvula ⁽⁹⁾.

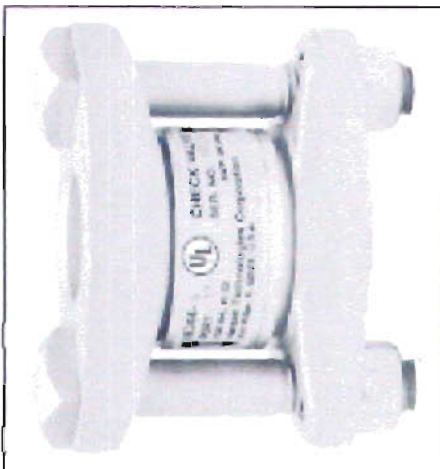


Fig. 29. Válvula "check" estándar.

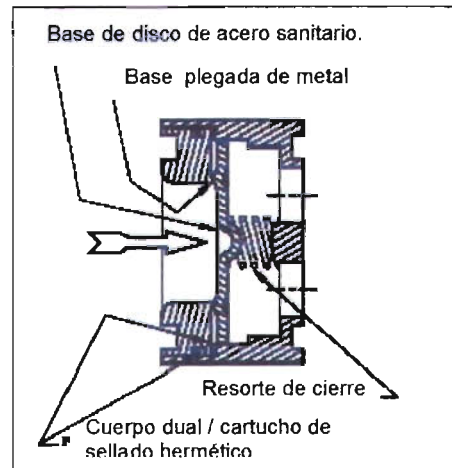


Fig. 30. Esquema de componentes de una válvula de "check" estándar.

Fuente: Hansen, 2002.

b) válvula check con pistón.

Esta válvula es ideal para evitar el retorno de flujo de refrigerante en líneas de líquido, descarga, succión, y vapor recalentado, especialmente donde la instalación este sujeta a vibraciones constantes ⁽⁹⁾.

La válvula abre cuando la presión de entrada excede la presión de salida (al menos 1 psi ó .07 bar), así se levanta el pistón y permite el flujo a través de la válvula en dirección de la flecha. Cuando la presión de entrada y salida son iguales el peso del pistón ocasiona que la válvula cierre, si la presión de salida vence la presión de entrada ésta, actúa sobre la superficie del pistón, lo que ayuda a que cierre la válvula. La figura 31 muestra los principales componentes de operación de la válvula check con pistón ⁽⁹⁾.

2.5. Dispositivos de expansión.

Los dispositivos de expansión son los componentes que dividen al sistema de producción de frío en alta presión de refrigerante antes de atravesar al dispositivo y el lado de presión de evaporación, una vez que el líquido pasa a través del cuerpo del dispositivo presentando una caída de presión considerable, acompañada de la disminución en la temperatura del refrigerante (otro equipo que divide baja y alta presión

de vapor es el compresor).

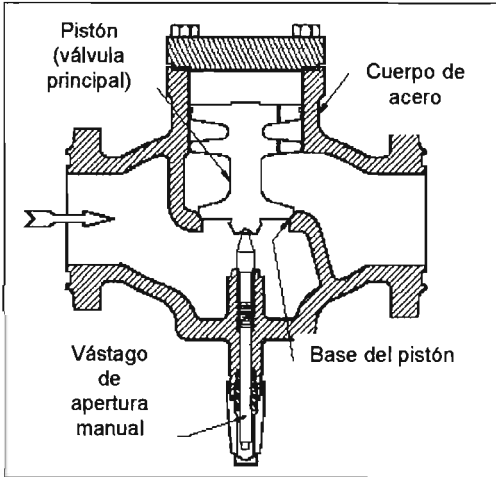


Fig. 31. Esquema de componentes de una válvula "check" tipo pistón.

Fig. 32. Válvula "check" con pistón.

Fuente: Hansen, 2002.

Algunas veces este dispositivo no es tan visible como el compresor, el condensador o el evaporador, pero se puede localizar dentro del gabinete que aloja al serpentín del evaporador.

La responsabilidad de los dispositivos de expansión es regular el flujo de refrigerante líquido a alta presión, desde la línea de líquido al evaporador ⁽⁴⁾.

La tabla 5 presenta los dispositivos de expansión en base a su mecanismo de acción.

Tabla 5. Dispositivos de expansión.

MECANISMO DE ACCIÓN	DISPOSITIVO
Caída de presión.	Tubo capilar
Manual.	Válvula de expansión manual.
Automática.	Válvula de expansión automática.
Recalentamiento del evaporador.	Válvula de expansión termostática.
Electrónico.	Válvula de expansión electrónica.
Nivel de líquido.	Válvula de flotador.

Fuente: *Whitman, 2000*

El tubo capilar es un órgano invariable, y efectúa la alimentación automática de fluido frigorífico al evaporador, en función a la carga de calor ^(16, 23). Las válvulas de expansión y los reguladores de flotador, regulan la cantidad de refrigerante que necesita el evaporador ⁽¹⁸⁾. La válvula de flotador es más utilizada como un control de nivel de líquido, aunque además genera una caída de presión considerable (90-100 psi). Las funciones de los dispositivos de expansión son las siguientes:

1. Regular el caudal de líquido refrigerante desde la línea de éste, al evaporador, a una velocidad compatible con la de vaporización del líquido que esta ocurriendo en el evaporador.

2. Mantener una diferencia de presión entre la presión de alta y baja del sistema, para permitir que el refrigerante se vaporice bajo las

condiciones de presión más bajas que existen en el evaporador, mientras que el proceso de condensación ocurre a alta presión en el condensador.

3. Permite la automatización del ciclo respondiendo a las necesidades de la carga ⁽²³⁾.

2.5.1. Tubo capilar.

Es el más simple de los dispositivos de expansión. Es una restricción deliberada de la línea de líquido. A causa de la disminución del diámetro (entre 0.7 y 1.2 mm) se genera una caída de presión considerable. Generalmente es usado en instalaciones de pequeña potencia, como es el caso de armarios frigoríficos domésticos y acondicionadores de aire pequeños ^(1, 4, 18, 28).

b) Válvula de expansión manual.

La razón de flujo líquido a través de esta depende del diferencial de presión a través del orificio de la válvula y del grado de apertura, esta última siendo de ajuste manual. La razón de flujo permanece siempre constante, independientemente de la presión y la carga que se tengan en el evaporador. ^(8, 23).

El refrigerante entra por la conexión a alta presión y sale vía el pasaje de conducción de salida a través del embolo acanalado donde se presenta la caída de presión. La apertura y el cierre de la válvula se efectúan mediante el giro del vástago de ajuste. ^(9, 16) La figura 34 muestra los principales componentes de operación de la válvula de expansión manual ⁽⁹⁾.



Fig. 33. Válvula de expansión manual

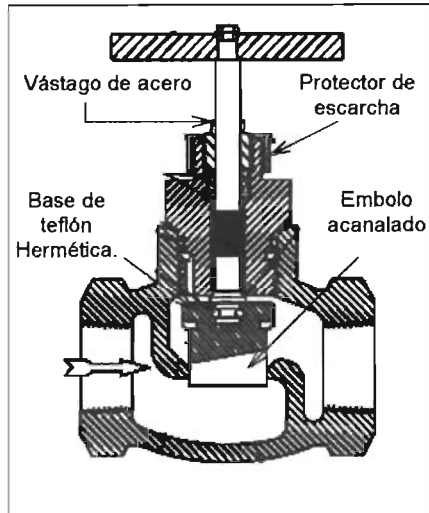


Fig. 34. Esquema de componentes de la válvula de expansión manual.

Fuente: Hansen, 2002.

c) Válvula de expansión a presión constante (automática).

Este dispositivo mantiene constante la presión del evaporador sin importar la carga a disipar, la figura 35 muestra las fuerzas que

actúan sobre la válvula:

1) Una fuerza a la que denominaremos "F1" debida a la presión del evaporador (acción de cierre).

2) Una fuerza a la que denominaremos "F2" debida a la acción de los resortes ajustables del tornillo de regulación (acción de apertura).

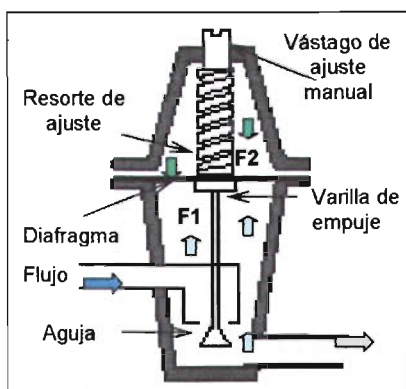


Fig. 35. Esquema de operación de la válvula de expansión automática.

Fuente: Whitman, 2000.

Una vez calibrada la presión deseada de evaporación "F2" y cuando la presión en el evaporador desciende "F1" de tal manera que "F1" sea menor que "F2", la válvula abrirá permitiendo la expansión del líquido a alta presión, éste se vaporizará en mayor proporción, con lo que la presión aumenta hasta que "F2" sea menor que "F1", cerrando

la válvula.

La principal ventaja de esta válvula es mantener la presión de evaporación constante y por lo tanto la temperatura de evaporación, dentro de límites muy estrechos, lo que es muy conveniente para el almacenamiento de un producto que requiere de una humedad relativa sensiblemente constante ^(1, 4, 6, 16, 23, 28).

Las principales desventajas son las siguientes: no responde a las necesidades de llenado de líquido del evaporador, en función a las condiciones de servicio, lo que origina el cierre de la válvula cuando aumenta la carga en el almacén frigorífico. Cuando disminuye la carga trae como consecuencia la formación de una menor cantidad de vapor y descenso en la presión de evaporación, lo que mantendrá la válvula abierta hasta que no se presente una vaporización de líquido originando así el golpe de líquido a la succión del compresor, aunque existe la alternativa de emplear un termostato que actúe a la temperatura de evaporación. Finalmente la presencia de este dispositivo hace inútil el funcionamiento de algún dispositivo de seguridad por baja presión, ya que este mantiene la presión constante.

d) Válvula de expansión termostática (VET).

Es probablemente la válvula más utilizada en la actualidad para control de refrigerante. Mientras que la válvula de expansión

automática está basada en mantener la presión de evaporación constante y la de expansión manual promueve la razón de flujo constante en el evaporador, ninguna de estas considera los cambios en la carga. La VET se basa en mantener un grado constante de recalentamiento en la succión a la salida del evaporador, lo cual permite mantenerlo completamente lleno de refrigerante bajo las condiciones de carga del sistema, sin peligro de derramar líquido dentro de la tubería de succión ^(1, 6, 23).

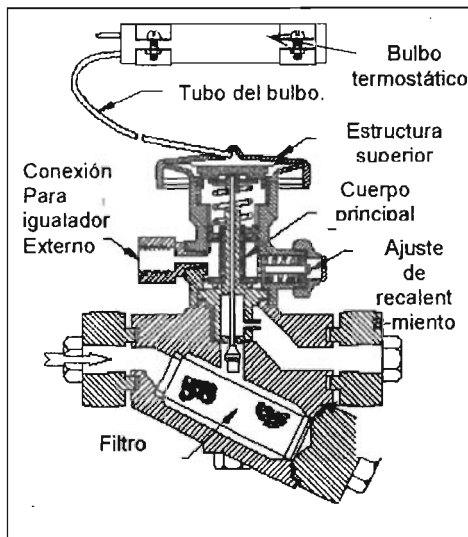


Fig. 36. Válvula de expansión termostática (VET).

Fig. 37. Esquema de componentes de la válvula de expansión termostática.

Fuente: *Hansen, 2002.*

Estas válvulas no contienen el tornillo y resorte regulador de la válvula automática, colocando en vez de éste, un elemento

termostático ⁽¹⁾. Además estas válvulas garantizan un buen aprovechamiento de la superficie del evaporador y se adaptan muy bien a las variaciones de las necesidades del frío ⁽¹⁸⁾. La figura 37 muestra el esquema de componentes de la válvula de expansión termostática.

El elemento termostático es un bulbo que contiene una mezcla de líquido y vapor saturado del mismo refrigerante usado en el sistema donde se instala la válvula (se halla generalmente en estado líquido, aunque existen fabricantes que lo cargan con gas) y está conectado por medio de un tubo capilar flexible que se instala en contacto con el tubo de salida del evaporador, ^(1, 23) donde responderá a los cambios de temperatura que el vapor refrigerante tenga en dicho punto ^(6, 23). El grado de apertura de esta válvula se determina en función a la relación de equilibrio entre las siguientes fuerzas:

1) Fuerza que ejerce la presión del gas sellado en el cilindro térmico sobre el diafragma (fuerza de apertura).

2) Presión de evaporación del refrigerante dentro del evaporador (fuerza de cerrado).

3) Fuerza del resorte que calibra el grado de recalentamiento (fuerza de apertura) ^(6, 18, 23)

Existen dos tipos de válvulas de expansión termostáticas:

1. VET Con igualador interno.
2. VET Con igualador externo.

Antes de estudiar el principio de operación de estas válvulas se explicará el criterio de recalentamiento.

Para la regulación de la válvula de expansión termostática debe considerarse el recalentamiento, que es la diferencia que existe entre la temperatura del refrigerante evaporado saliendo del evaporador en el tubo de aspiración y la temperatura de saturación del vapor ⁽⁹⁾. En condiciones normales de funcionamiento, dicha diferencia de temperatura es de 5.5°C ó 10.00 °F. Abriendo o cerrando el paso de líquido, por medio del dispositivo regulador, varía en su forma de acuerdo a cada modelo de fabricación, se disminuye o aumenta dicha diferencia de temperatura, obteniendo así la presión media de aspiración adecuada a la temperatura deseada de ebullición del refrigerante, siendo aconsejable realizar el ajuste después de que el sistema lleva varias horas de funcionamiento ⁽¹⁾.

Localización del bulbo termostático de transmisión de temperatura de la válvula de expansión termostática.

El buen funcionamiento de la válvula de expansión termostática depende de la localización e instalación del bulbo termostático de transmisión de la temperatura de succión. La figura 38 muestra el

esquema de localización del bulbo termostático en el cual se observa la instalación a 45° con respecto a la horizontal sobre la tubería de succión, a fin de evitar que la temperatura del liquido origine perdidas de recalentamiento y por otro lado el aceite alojado en la parte inferior de la tubería pueda actuar como un aislante, impidiendo la transmisión correcta de temperatura hacia la superficie del diafragma de la válvula de expansión termostática ^(6, 9, 28).

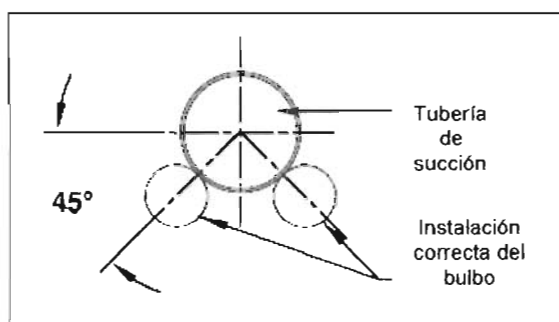


Fig. 38. Esquema de instalación del bulbo termostático en la válvula de expansión termostática.

Fuente: Hansen, 2002.

La **válvula de expansión termostática con igualador interno** funciona de la siguiente manera:

En a figura 39 se muestran las condiciones que existen en un evaporador con caída de presión interna de 10 psig el cual, es

alimentado por una VET con igualador interno.

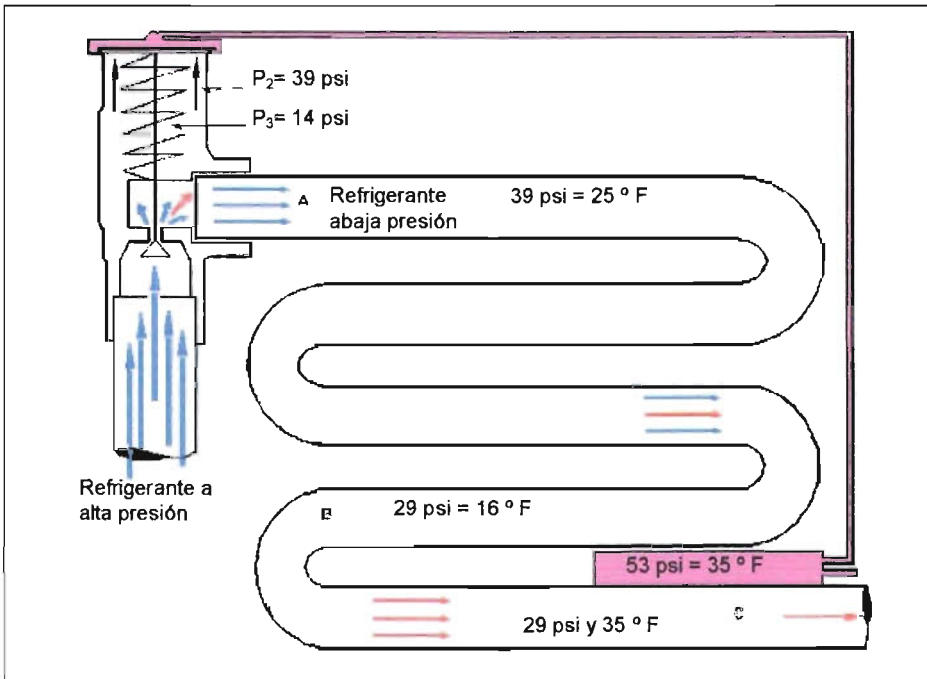


Fig. 39. Esquema de operación de la VET con igualador interno.

Fuente: *Watson, 1980*

La presión a la salida del difusor (C) está a 29 psig ó 10 psig por debajo de la entrada del difusor (A). La presión en el punto A, (39 psig) es la presión P_2 que esta ejerciendo una fuerza abajo del diafragma en dirección a cerrar el orificio de la válvula. Con la fuerza P_3 del resorte ajustado para mantener un recalentamiento del gas de salida de 10° F ó una presión de 14 psi, la presión requerida en la parte superior del diafragma para equilibrar las fuerzas es de 53 psig,

que corresponde a la temperatura de saturación de 35°F evidentemente la temperatura del refrigerante en el punto C debe ser de 35 °F para mantener las fuerzas balanceadas ⁽²⁷⁾.

La presión en el punto C es solamente de 29 psig debido a la caída de presión dentro del serpentín, que corresponde a una temperatura de saturación de 16 °F, un recalentamiento de (35°F-16°F = 19 °F) es necesario en el gas de salida, para abrir la válvula que logrará este recalentamiento, es necesario también dar mas uso al difusor y reducir la superficie de evaporación del refrigerante disminuyendo drásticamente la capacidad del difusor, porque tiene que mantenerse restringido el flujo de refrigerante para mantener un alto grado de recalentamiento necesario para abrir la válvula.

La **válvula de expansión termostática con igualador externo** funciona de la siguiente manera:

La figura 40 muestra una VET en estado balanceado, con igualación externa. Este dispositivo se emplea para difusores grandes que tiene una caída de presión excesiva de 1 1/2 psi con temperaturas de evaporación de 40 °F a 15 °F y con una caída de presión de ½ psig con temperaturas de evaporación por debajo de los 15 °F.

Se puede observar que la línea igualadora esta conectada a la línea de succión en forma directa, atrás del bulbo de la válvula, ésta, es la presión real de salida del evaporador, y es la presión que ejerce

la fuerza P_2 en la parte inferior del diafragma.

Tomando en cuenta la misma caída de presión a través del serpentín, la presión P_1 requerida sobre la parte superior del diafragma es de $(29+14 = 43 \text{ psig})$. Esta presión corresponde a una temperatura de saturación de 28°F y un recalentamiento necesario para abrir la válvula de $(28^\circ\text{F} - 16^\circ\text{F} = 12^\circ\text{F})$ ⁽²⁷⁾.

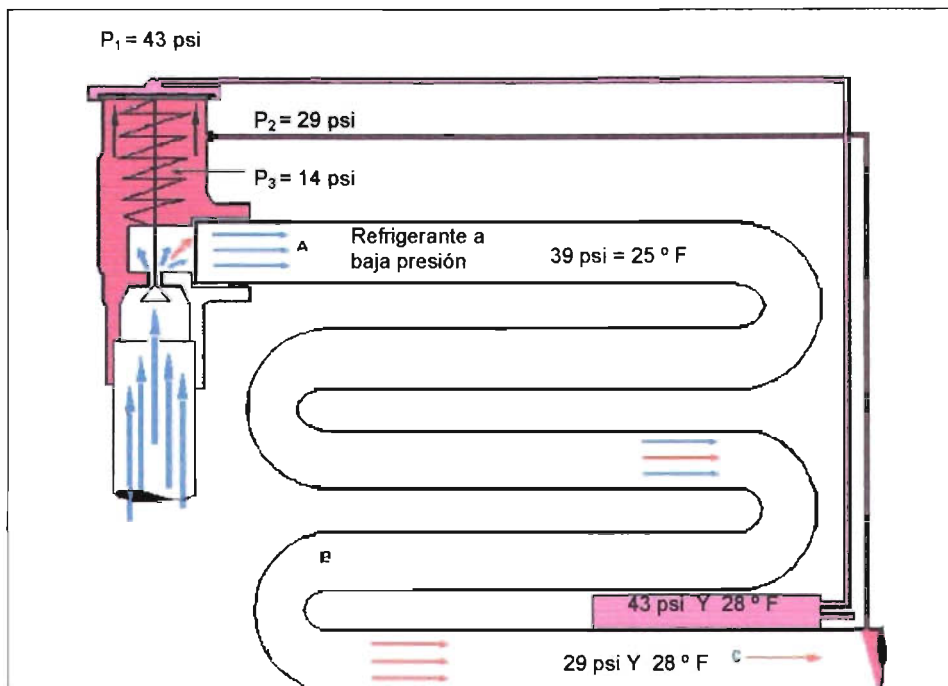


Fig. 40. Esquema de operación de la VET con igualador externo.

Fuente: *Watson, 1980*

Las **diferencias de operación entre la válvula a presión constante y la válvula de expansión termostática** son las siguientes:

La figura 41 nos muestra el funcionamiento de la válvula de expansión a presión constante. Para una misma presión de condensación, el punto A es una expresión de equilibrio donde la válvula alimenta refrigerante al evaporador como al compresor, de tal forma que si la carga de refrigeración disminuye, también lo hace la presión de evaporación pero la válvula no registra esta caída de presión de tal manera que se abre, sobrealimentando refrigerante al evaporador manteniéndose en el punto A y la válvula de expansión a presión constante en el punto B.

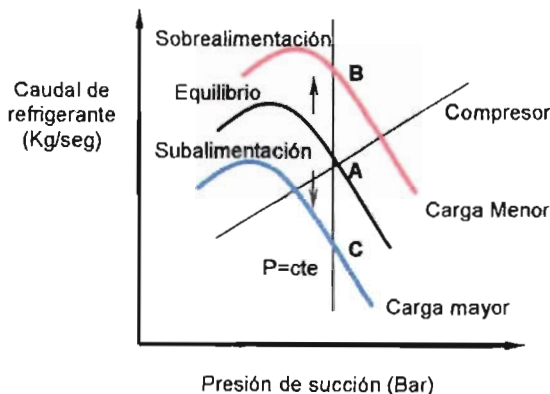


Fig. 41. Grafica de Funcionamiento de la válvula de expansión a presión constante

Fuente: *Instituto Argentino del frío, 1996.*

Por el contrario si la carga de refrigeración aumenta la presión de evaporación, la válvula cierra, encontrándonos en el punto C del esquema donde el evaporador permanecerá con poco refrigerante. El uso de estas válvulas esta limitado a equipos con cargas de refrigeración constantes. Otra desventaja de estas válvulas, es que no pueden ser usadas junto con un control de presión (presóstato de baja) debido a que éste, depende en esencia del cambio de presión en el evaporador durante el ciclo de producción de frío.

La figura 42 nos muestra distintos puntos de equilibrio para diferentes cargas de refrigeración en una válvula de expansión termostática, manteniendo una presión de condensación constante. Se puede apreciar en este caso que si la carga incrementa, de la misma manera lo hace la presión de succión y el compresor bombeará mayor cantidad de fluido frigorígeno.

Si la cantidad de líquido en el evaporador disminuye, hay una superficie mayor para el recalentamiento del gas de succión, el cual aumentará la temperatura y presión del bulbo termostático que se encargará de abrir la válvula. Estamos situados en el punto B del esquema representado en la Fig. 42.

Si la cantidad de líquido en el evaporador se incrementa, el recalentamiento disminuye y la válvula se cierra, lo que nos ubicaría en el punto C de nuestro gráfico.

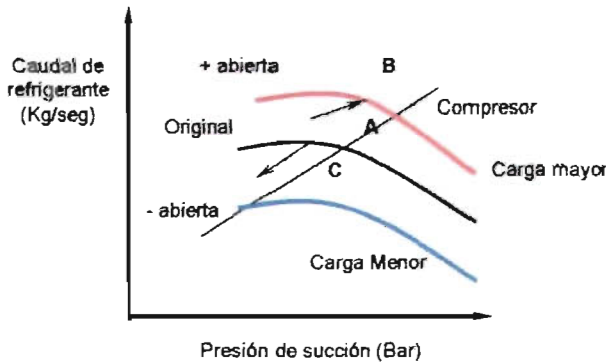


Fig. 42. Grafica de funcionamiento de la válvula de expansión termostática

Fuente: *Instituto Argentino del frío, 1996.*

e) Válvula de expansión electrónica

La figura 44 muestra el esquema de componentes de la válvula de expansión electrónica. En esta válvula el suministro de líquido a los evaporadores es controlado por señales de sensores de temperatura, los cuales registran la diferencia entre la temperatura de entrada y de salida del evaporador, que a su vez es constantemente comparado en el regulador con el diferencial de temperatura fijado en el mismo. Si la diferencia de temperatura en el evaporador cambia, el regulador enviara más o menos pulsaciones eléctricas al actuador (válvula eléctrica) lo que ocasionará que el grado de apertura de la válvula sea constantemente cambiado ⁽⁵⁾.

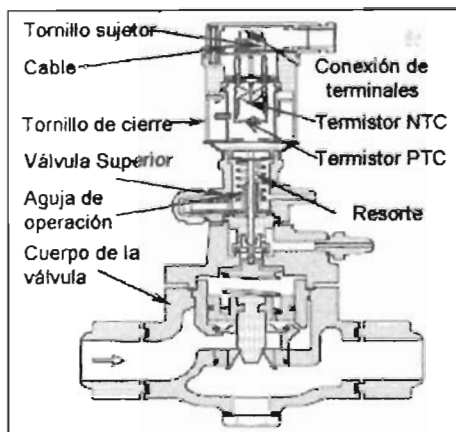
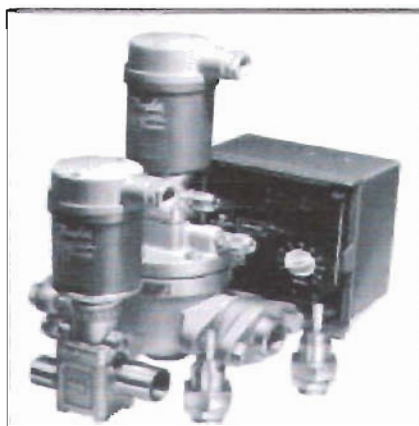


Fig. 43. Válvula de expansión electrónica. Fig. 44. Esquema de componentes de la válvula de expansión electrónica.

Fuente: Danfoss, 1997

2.6. Controladores de nivel de líquido.

La regulación y control de nivel de líquido frigorígeno en un recipiente, permite asegurar efectivamente la alimentación racional de líquido al evaporador, condensador, recibidor, acumulador e interenfriador, en un sistema de producción de frío ^(5, 28).

Las funciones de los controladores de nivel de líquido son las siguientes:

- 1) La válvula de flotador de baja presión regula la cantidad de líquido a

un tanque inundado a baja presión.

2) La válvula de flotador de alta presión regula la cantidad de líquido al condensador o al recipiente de alta presión.

3) El control de nivel de líquido electrónico regula la cantidad de líquido al acumulador o al separador de líquido, actuando sobre componentes electro-mecánicos, donde el control de nivel de líquido puede ser ajustado como un porcentaje del total de la capacidad.

4) El interruptor de nivel, controla el nivel de líquido dentro de un recipiente, actuando sobre componentes eléctricos y mecánicos, estableciendo un nivel de líquido determinado.

a) Válvula de flotador.

La válvula de flotador tiene como finalidad mantener constante el nivel de líquido presente en un recipiente, sin importar cual sea la variación de la carga, las variaciones del nivel de líquido son detectadas por un flotador cuyo movimiento servirá para restaurar el equilibrio, abriendo y cerrando la válvula de acuerdo a los cambios de nivel de éste dentro de la cámara del flotador. Al descargar el líquido por el orificio de salida, se presenta una caída de presión considerable, originando el enfriamiento del líquido automáticamente.

La válvula puede estar colocada del lado de alta o baja presión del sistema de producción de frío ^(6, 16, 23, 24). Encontramos dos tipos de válvulas de flotador:

- 1) Válvula de flotador del lado de baja presión.
- 2) Válvula de flotador del lado de alta presión.

1) Válvula de flotador del lado de baja presión.

Este dispositivo responde a una disminución de la presión del sistema de producción de frío y su función es mantener constante el nivel de líquido en un separador de éste, para un evaporador inundado o directo. Es responsable de mantener un nivel constante de líquido dentro del evaporador, bajo cualquier condición de carga, sin considerar la presión y temperatura del evaporador ^(6, 16, 23, 24).

La figura 45 muestra el esquema de componentes de la válvula de flotador de baja presión. Cuando crece la carga en el evaporador, una mayor cantidad de líquido se vaporiza, situación que origina que el nivel de líquido en el evaporador y la cámara del flotador descienda, bajando dicho flotador hasta que el orificio se abre permitiendo el ingreso de líquido. Cuando la carga en el evaporador decrece, se evapora una menor cantidad de líquido, subiendo el flotador hasta cerrar el orificio de salida, deteniendo el flujo de refrigerante.

La operación de la válvula de flotador de baja presión puede ser continua o intermitente. Con operación continua, la válvula tiene una acción estranguladora y se modulará hacia la posición de abierta o cerrada para alimentar con más o menos líquido al evaporador, respondiendo directamente al minimizar los cambios en el nivel de líquido en el evaporador.

Con operación intermitente esta válvula está diseñada para responder únicamente a los niveles máximo y mínimo de líquido, quedando totalmente abierta o cerrada como resultado de un dispositivo construido en el mecanismo de la misma. (6, 8, 16, 13, 24).

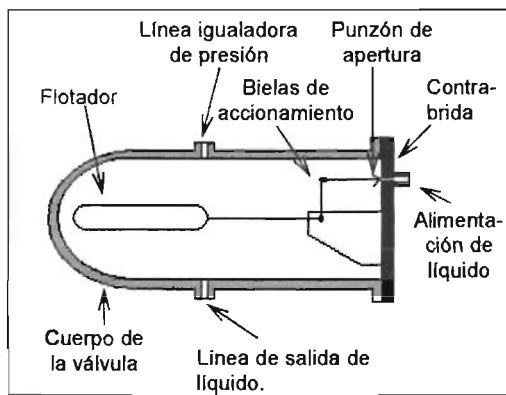


Fig. 45. Esquema de componentes de la Válvula de flotador del lado de baja presión.

Fuente: Rapin, 1976

2) Válvula de flotador del lado de alta presión.

Este dispositivo controla el flujo de refrigerante para mantener el nivel de líquido, sosteniendo el flujo de líquido de acuerdo con el grado de vaporización del mismo, controlando el nivel de éste, en un recipiente de presión constante. La figura 47 muestra el esquema de componentes de la válvula de flotador de alta presión.

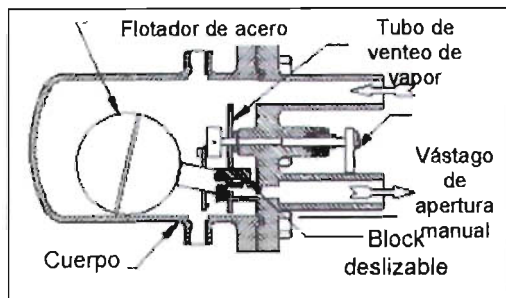
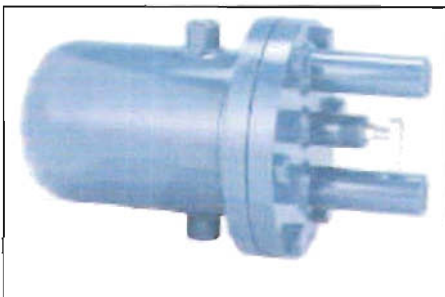


Fig. 46. Válvula de flotador de alta presión

Fig. 47. Esquema de componentes de la válvula de flotador de alta presión.

Fuente: Hansen, 2002.

El principio de operación de la válvula de flotador de alta presión, es el siguiente: una vez que el refrigerante en fase vapor es condensado, ingresa a la cámara de flotador aumentando el nivel de líquido dentro de la misma, causando que se levante el flotador y abriendo el orificio de salida, lo que permite el flujo de refrigerante. De esta manera, una pequeña cantidad es liberada desde la cámara del

flotador, lo que aumentará el nivel de líquido en el recipiente de presión constante. Cuando el compresor se detiene, el suministro de vapor al condensador se detiene también, lo que origina que el nivel de líquido dentro de la cámara del flotador descienda, y al descender éste, cierra herméticamente el orificio de salida de la válvula (4, 5, 6, 9, 16, 23, 24).

b) Interruptor de nivel.

Se compone de dos partes principales:

1. Una cámara de flotador equipada precisamente con un flotador que sube y baja de acuerdo al nivel de líquido en el evaporador y en la misma cámara.
2. Un recipiente hermético que contiene un imán permanente, un revelador y un interruptor de mercurio que es impulsado por el flotador de bola, para abrir o cerrar una válvula solenoide, cuando el nivel de líquido suba o baje en el evaporador (6, 19).

Cuando sube el nivel de refrigerante líquido en la cámara, el flotador asciende alejándose así, la varilla del flotador del imán permanente que esta sobre el revelador, el imán permanente activa el interruptor de mercurio (SPDT) desenergizando el circuito eléctrico. Al bajar el flotador sucede lo contrario. La figura 49 muestra el esquema

de componentes del interruptor de nivel ⁽⁹⁾.

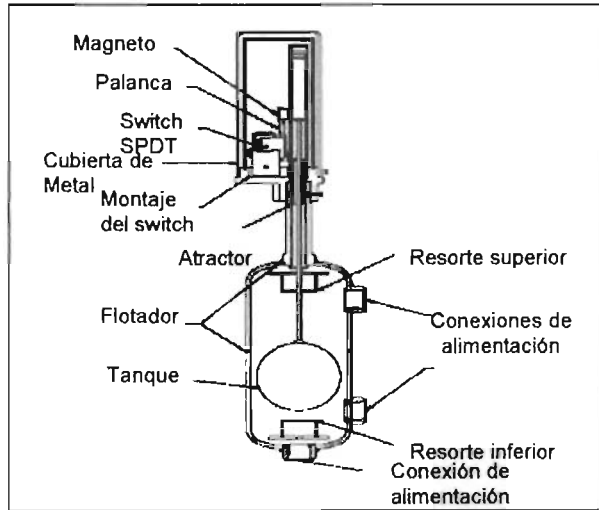


Fig. 48. Interruptor de nivel.

Fig. 49. Esquema de componentes del interruptor de nivel.

Fuente: Hansen, 2002.

c) Control de nivel de líquido electrónico.

Este control de nivel consta de dos partes:

1. Una sonda que es una varilla metálica que se encarga de enviar una señal referente al porcentaje de nivel de líquido en el recipiente y lo envía a la unidad de control.

2. Unidad de control: recibe el impulso de la sonda, y se caracteriza por ser un lector digital con perillas para asentar puntos máximos, mínimos e intermedios de ajuste y los diferenciales con los que se desea operar el sistema.



Fig. 50. Sonda y unidad de control del controlador de nivel de líquido electrónico

Fuente: *Hansen, 2002.*

La operación de este control de nivel de líquido consta de: la unidad de control donde podemos ajustar según la longitud de la sonda el porcentaje de líquido presente en el recipiente y una vez que fijamos los puntos de ajuste como puede ser en un punto de nivel alto, el intermedio y un nivel bajo así como sus respectivos diferenciales,

estos nos dan a su vez, otros límites intermedios a fin de obtener una función de control múltiple desde una misma unidad de control ^(9, 21).

d) Sistema de control de nivel de líquido por pulsaciones (LPS).

Es un sistema de modulación por pulsaciones que incorpora un sofisticado controlador llamado el control de nivel de líquido electrónico, con una sonda de 4-20 miliamper de señal eléctrica de lectura. El LPS modifica el flujo de líquido para controlar el nivel de éste, proporcionando un suministro uniforme y lo más importante, minimiza las fluctuaciones de presión dentro del recipiente.

Es utilizado en el recirculador por bombas, alimentación de un intercambiador de calor de placas, y para el interenfriador abierto o cerrado.

Las principales ventajas del controlador son las siguientes:

1. Estabiliza la presión de succión y reduce una carga necesaria o innecesaria del compresor.
2. Reduce los daños originados a la bomba por cavitación.
3. Tiene una reserva de capacidad para arrancar y agilizar el deshielo.
4. Cierra herméticamente (no hay filtración de líquido).
5. Incorpora y ajusta la capacidad fijada para encontrar un sistema

diferente o la variación por diferencia de carga.

El sistema de control de nivel de líquido por pulsaciones (LPS) modula el flujo hacia un recipiente. Esto se lleva a cabo mediante el monitoreo de la variación del nivel líquido fijado, del tal manera que se abrirá y cerrará una válvula solenoide durante 6 segundos de pulsación, la mayor parte del tiempo permanece abierta durante la pulsación, la cual será proporcional a que tan lejos se encuentre el nivel de líquido con respecto al punto fijado. Si el nivel de líquido esta muy por debajo del nivel fijado, la válvula puede permanecer los 6 segundos abierta, cuando el nivel se aproxima al adecuado, la válvula permanece abierta menos tiempo y cuando el nivel de líquido este por encima del nivel fijado no abrirá la válvula durante la pulsación.

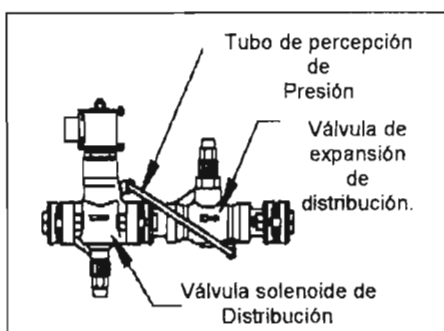
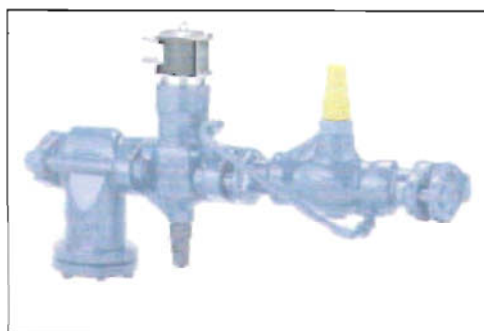


Fig. 51. Sistema de control de nivel de líquido por pulsaciones (LPS)

Fig. 52. Esquema del sistema de control de nivel de líquido por pulsaciones.

Fuente: Hansen, 2002.

2.7. Dispositivos especiales.

Dentro del sistema de producción de frío se hace necesario que no circulen impurezas que puedan dañar las válvulas ya que como se mostró dentro de su funcionamiento u operación el líquido tiene que viajar a través de pequeños orificios, que son en la mayoría de los casos muy angostos y podrían obstruirse deteniendo por completo el acceso de líquido a alguna parte del sistema, lo que originaría un constante mantenimiento para limpiarla e instalarla nuevamente. Por otro lado es necesario proteger a los recipientes que mantienen una presión excesiva y evitar que se sobrecargue el sistema, al existir una presión demasiado elevada del refrigerante dentro de estos.

Las columnas de nivel de líquido así como recipientes y equipos, deben mostrar tanto el aspecto físico como el nivel de líquido contenido en el mismo mediante el uso de una mirilla de nivel.

Las válvulas de globo servicio se utilizan en líneas de líquido y gas a alta o baja presión con la finalidad de permitir el servicio a un equipo o línea de refrigerante incluyendo las válvulas involucradas.

Dentro del sistema de producción de frío circula aire, el cual, no es posible condensar y al que se hace necesario retirar de las tuberías de circulación de refrigerante, mediante el auxilio de un purgador de gases no condensables.

a) Filtro.

Este tipo de accesorios están diseñados para remover partículas extrañas, suciedad, residuos de soldadura, ácidos orgánicos e inorgánicos así como la humedad y residuos de aceite en el refrigerante que circulan dentro del sistema, mediante la utilización de un tamiz de alrededor de 60 mallas de diámetro de partícula, de acero sanitario que funciona como filtro que atrapa todas las partículas descritas. La figura 54 muestra el esquema de componentes del filtro. Este accesorio produce una caída de presión baja ya que solo existe flujo laminar a través del mismo ^(5, 9, 19).

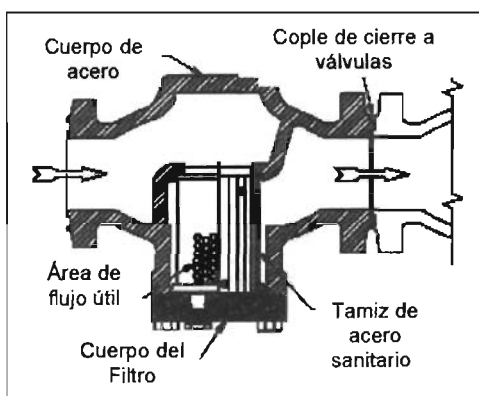


Fig. 53. Filtro.

Fig. 54. Esquema de componentes del filtro.

Fuente: Hansen, 2002.

b) Válvula de seguridad

Estas válvulas proporcionan un alivio de emergencia al presentarse una presión excesiva en un recipiente, después de la descarga, ésta, básicamente expulsará una porción de refrigerante y debe ser reemplazada tan pronto como sea posible para reanudar el ciclo. La válvula debe ser conectada en el espacio de vapor del recipiente, intercambiadores de calor, marmitas de aceite, separadores de aceite, recibidores piloto y en cualquier otra parte del sistema donde sea necesario. La Figura 56 muestra el esquema de componentes de la válvula de seguridad, en el cual resalta el cuerpo de pistón de acero que permite aliviar el exceso de presión.



Fig. 55. Válvula de seguridad.

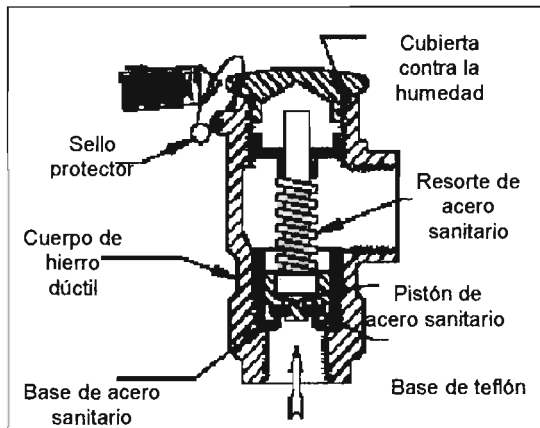


Fig. 56. Esquema de componentes de la válvula de seguridad.

Fuente: *Hansen, 2002.*

c) Válvula dual de seguridad.

Ésta en sí misma, consta de un par de válvulas de seguridad interconectadas por una válvula de cierre de tres vías, con el fin de impedir la pérdida de refrigerante; una vez que una de las válvulas de seguridad haya descargado el exceso de presión, basta con mover el vástago manualmente para reemplazar la válvula dañada. La figura 57 muestra el esquema de componentes del cuerpo de la válvula dual de seguridad ^(5, 9, 19).

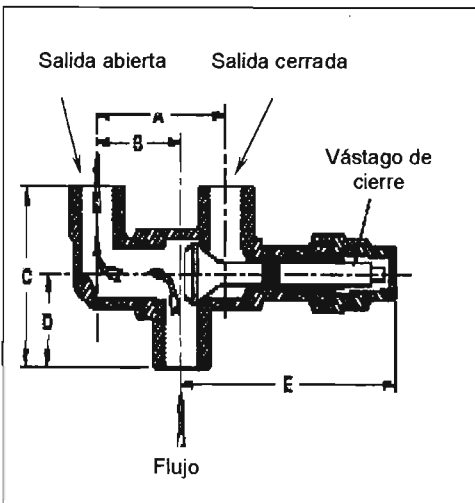


Fig. 57. Detalle de operación de la válvula dual de seguridad.

Fig. 58. Válvula dual de seguridad.

Fuente: Hansen, 2002.

d) Mirilla de nivel.

Es una lente que permite observar el nivel real de líquido en un recipiente de refrigeración. Cuando el líquido esta presente, la reflexión característica de la lente se torna oscura, pero cuando existe la presencia de vapor se torna clara, la figura 59 muestra la mirilla de nivel ^(5, 9, 19).



Fig. 59. Mirilla de nivel.

Fuente: *Hansen, 2002.*

e) Válvula de paso (globo servicio).

Este tipo de válvulas proporcionan flujo completo o incompleto en líneas de líquido de succión, descarga, recirculación de líquido, de vapor recalentado y aceite. Su principal objetivo es permitir el servicio a una parte del sistema o accesorio, sin desarmar toda una línea o equipo. La figura 61 muestra el esquema de componentes de una válvula de paso empleada en líneas de líquido, succión, descarga, y líquido recirculado utilizando amoníaco como refrigerante, mientras que, la figura 63 presenta una válvula de paso para líneas de succión y descarga del compresor, de vapor recalentado, conexiones de entrada y salida del evaporador y del condensador así como, para sistemas de aire acondicionado.

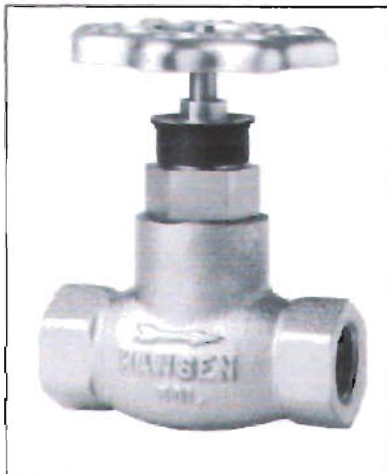


Fig. 60. Válvula de globo servicio

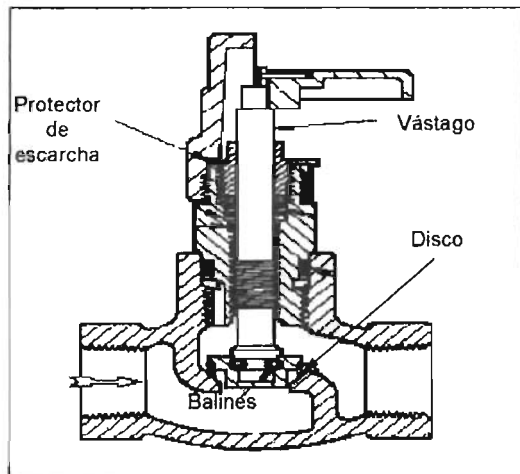


Fig. 61. Esquema de componentes de la válvula de globo servicio .



Fig. 62. Válvula de globo servicio.

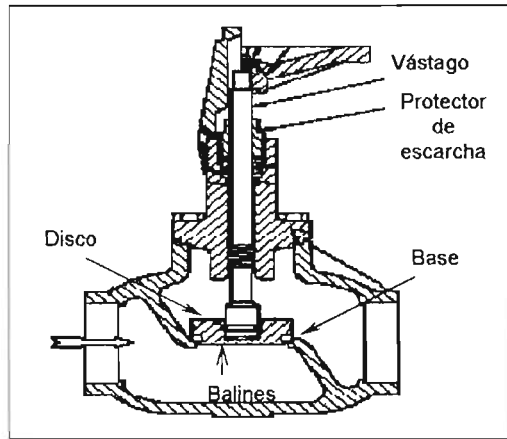


Fig. 63. Esquema de componentes de la válvula de globo servicio.

Fuente: *Hansen, 2002.*

f) Purgador de gases no condensables.

El purgador nos permite separar aquellos gases que no se pueden condensar (aire) y que originarían problemas para mantener una temperatura baja dentro de un recipiente a alta presión o un condensador evaporativo durante el funcionamiento del sistema. La figura 64 describe las condiciones de presión y temperatura de un sistema de producción de frío, operando con y sin purgador de gases, en el cual, resultaría muy difícil mantener una temperatura baja de refrigerante líquido en un sistema que opera sin purgador de gases, debido al aire que queda atrapado en el sistema, permitiendo así, que la presión del refrigerante vapor sea baja manteniendo una

temperatura inferior a la de la mezcla líquido-vapor refrigerante.

La presencia de aire origina el incremento de la presión de condensación y reduce la capacidad del sistema de producción de frío, debido a que actúa como un aislante, situación que aumenta la carga del compresor, reflejando un incremento del gasto energético no solo en ambientes fríos sino también en ambientes cálidos tal como lo muestra la figura 65. En un aumento de 10 psi (0.7 bar) en la presión de condensación el incremento en el consumo de energía eléctrica será del 6% con respecto a un sistema de producción de frío que opere con un purgador de gases.

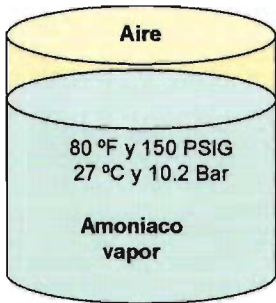
El aire ingresa al sistema de varias maneras:

1. Durante el mantenimiento de los compresores y filtros del sistema.
2. Filtración de aire a través de empaquetaduras de bridas para tuberías, a través de empaques de los vástagos, de sellos rotatorios en los compresores, así como de empaquetaduras superiores de las válvulas.
3. Cuando se alimenta refrigerante al sistema, ya que contiene alrededor de un 0.5% de impurezas, así como el contenido de aire en las tuberías flexibles de alimentación.

El aire dentro del sistema de producción de frío se localiza en el lado

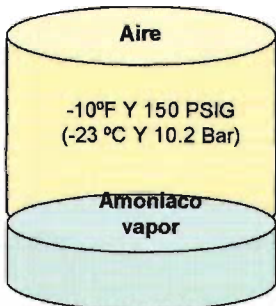
de alta presión, por lo general en las áreas de baja velocidad de fluido y baja temperatura, entre las que encontramos a los condensadores, recipientes de líquido a alta presión así como los intercambiadores de calor. Colectándose por lo regular en las paredes de estos.

SIN PURGADOR



Porcentaje de amoníaco en peso = 79.7%.
 Porcentaje de aire en peso = 20.3%.
 Porcentaje de amoníaco en volumen = 90%.
 Porcentaje de aire en volumen = 10%.
 Presión total = 150 Psig. (10.2 bar).
 Presión del amoníaco = 138 psig (9.4 bar).
 Presión del aire = 12 psig (0.8 bar).
 Temperatura de la mezcla = 27 °C.

CON PURGADOR



Porcentaje de amoníaco en peso = 8.3%.
 Porcentaje de aire en peso = 91.7%.
 Porcentaje de amoníaco en volumen = 13%.
 Porcentaje de aire en volumen = 87%.
 Presión total = 150 Psig. (10.2 bar).
 Presión del amoníaco = 9 psig (0.6 bar).
 Presión del aire = 141 psig (9.6 bar).
 Temperatura de la mezcla = -23 °C.

Fig. 64. Condiciones de operación de un sistema de producción de frío operando con y sin purgador de gases.

Fuente: *Hansen, 2002.*

La figura 66 muestra el esquema de operación con cada una de las válvulas involucradas en su funcionamiento del purgador de gases no condensables.

Cuando arranca el purgador se energiza la válvula solenoide de líquido (1) de tal manera que el evaporador inundado y la cámara de separación de aire a alta presión, se llenan de líquido enfriando el purgador. El líquido pasa a través de la válvula de control de nivel de líquido.

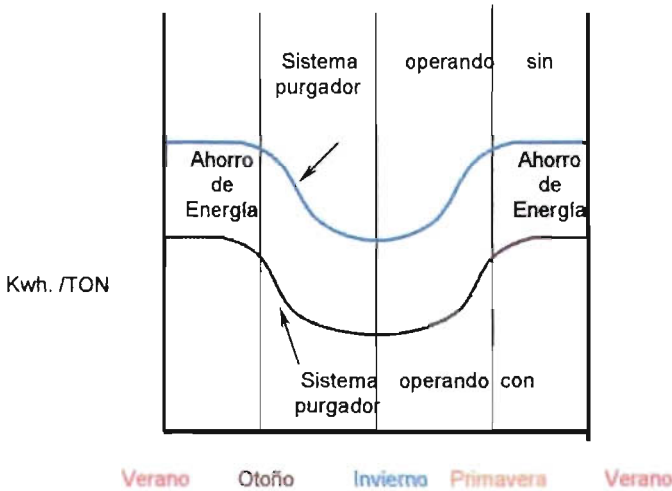


Fig. 65. Ahorro de energía en Sistemas operando con y sin purgador.

Fuente: *hansen, 1999.*

El sensor de nivel de líquido localizado en la cámara de succión, transmite el nivel de éste en el evaporador actuando sobre la válvula de control de nivel. Al mismo tiempo, la cámara del separador de aire

se llena con líquido que circula por una válvula *check* ajustada a 30 psi (2.1 bar). El vapor formado es enviado a la línea de succión energizándose la válvula solenoide de venteo (2). Cuando el nivel de líquido en la cámara de separación de aire se eleva, sube el flotador del interruptor de nivel desenergizando la válvula solenoide de venteo (2). La temperatura del purgador debe alcanzar los -7 °C (20 °F) fijada en el termostato localizado en la cámara del evaporador, de tal manera que se energiza la válvula solenoide de purga (4), el refrigerante vapor con gases no condensables, portará una cantidad de refrigerante condensado el cual es retenido por la trampa de líquido, siendo capturado antes de ingresar al serpentín del condensador de la cámara de purgado. Desde la trampa de líquido se alimenta a la cámara del evaporador inundado. Si la separación de gases no ocurre, el refrigerante líquido llenará el condensador de la cámara de purgado limitando su capacidad.

El líquido libre de gases no condensables ingresa al serpentín de la cámara del purgado el cual, es sumergido en el evaporador inundado con el refrigerante condensado en el interior del serpentín. El refrigerante condensado y el gas con gases no condensables, circularan a través de una válvula *check* y retornaran dentro del separador de aire. El refrigerante líquido condensado es removido del

separador de aire de alta presión, a través de una válvula solenoide de líquido (3), filtro y una válvula de paso (localizados en la línea de alimentación de líquido) y posteriormente se transporta al evaporador

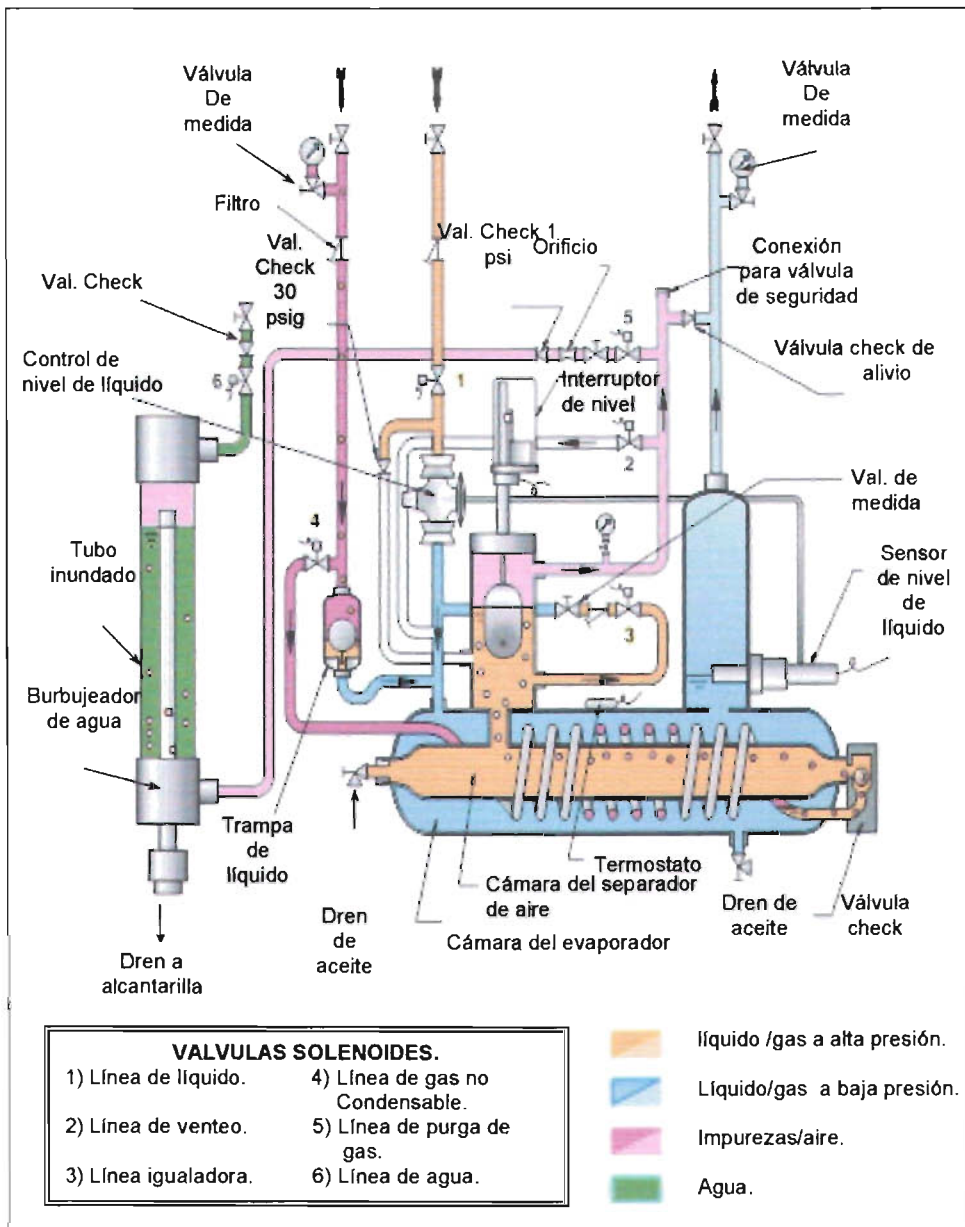


Fig. 66. Esquema de operación del purgador de gases no condensables.

Fuente: Hansen, 2002.

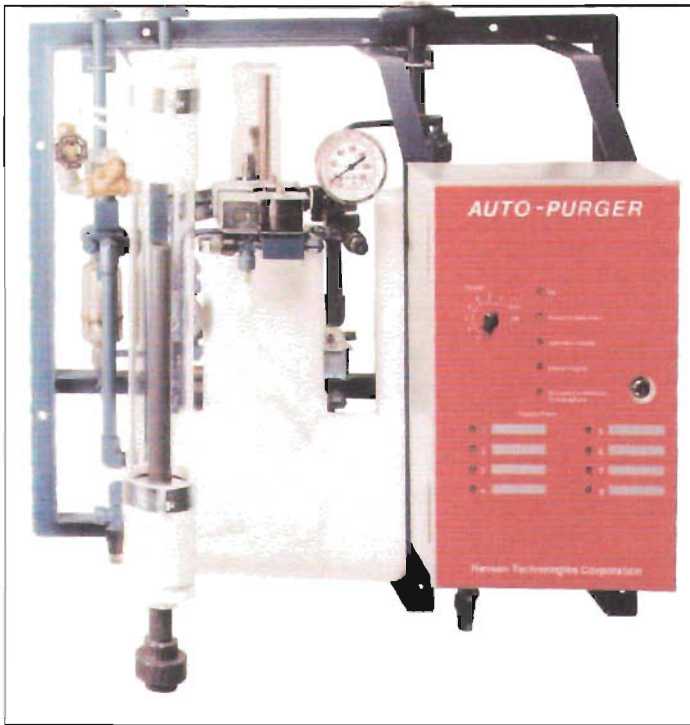


Fig. 67. Purgador de gases no condensables.

Fuente: Hansen, 2002.

A continuación se describen las aplicaciones de cada uno de los dispositivos mencionados, para lo cual se diseñó una instalación con un sistema centralizado de producción de frío, a doble etapa de compresión, condensador evaporativo y un sistemas de alimentación de líquido por bombas y “*Phillips*” empleando amoniaco como refrigerante.

Es muy importante considerar que este sistema se diseñó con la finalidad de explicar con precisión la función y aplicación de cada una de las válvulas y los dispositivos de control utilizados en los sistemas de refrigeración industrial.

La instalación contempla dos tipos de alimentación de líquido: uno de recirculación por bombas y el otro de circulación por “*Phillips*” con la intención de ejemplificar al máximo el número de válvulas y controles.

En la figura 68 se muestra la localización precisa de las válvulas y los controles involucrados en el diseño de plantas de refrigeración industrial, también se resaltan las válvulas y controles más importantes que por su operación, son fundamentales en cada subsistema.

3.1. Aplicaciones de frío.

La tabla 6 resume las aplicaciones de frío que comúnmente se emplean en la industria alimentaria, además de las temperaturas de cámara, es decir aquellas que son necesarias para que el producto pueda ser conservado.

Tabla 6. Aplicaciones de frío.

APLICACIÓN	TEMP. DE CAMARA (°F)	TEMP. DE EVAPORACIÓN (°F)	CARGA TÉRMICA (TR)
Enfriador de placas (EP-I).	33.8	23.9	40
Banco de hielo (BH-I).	28.4	18.5	50
Cámara de refrigeración 1 (ECR-I).	41.0	31.1	30
Cámara de refrigeración 2 (ECR-II).	41.0	31.1	30
Cámara de conservación de congelados 1 (ECCC-I).	-4.0	-13.9	30
Cámara de conservación de congelados 2 (ECCC-II).	-4.0	-13.9	30
Túnel de congelación 1 (ETC-I).	-31.0	-40.9	50
Túnel de congelación 2 (ETC-II).	-31.0	-40.9	50

Nos muestra también que la temperatura de evaporación es 5.5 °C menor a la temperatura de cámara factor que es una referencia importante para la selección del equipo, debido a que considera la

diferencia de presión de aspiración del refrigerante con respecto a su presión de saturación, con la finalidad de mantener la temperatura de ebullición deseada

Además de que se observan las cargas térmicas en toneladas de refrigeración (TR) las cuales contemplan la cantidad de producto a ser enfriado lo que se vuelve un parámetro necesario para realizar la selección del equipo frigorífico.

La tabla 7 presenta el resumen del equipo frigorífico seleccionado así como sus respectivos consumos de energía y capacidades.

Tabla 7. Selección de equipo frigorífico.

EQUIPO	CONSUMO (HP)	CAPACIDAD (TR)
Compresor <i>Booster</i> 1 (CB-I)	43.3	59.4
Compresor <i>Booster</i> 2 (CB-II)	169.8	108.6
Compresor de Segunda etapa (CSE-I).	228.5	163.2
Compresor de Segunda etapa (CSE-II).	304.9	217.8
Condensador evaporativo (CE-I, II) (dos unidades).		257.7
Evaporador del túnel de congelación (TC-I, II).		50
Evaporador de cámara de congelados (CPC-I, II)		30
Evaporador de cámara de refrigeración (CR-I, II)		30

3.2. Aplicación de válvulas y controles por quipo.

Para describir las aplicaciones de cada una de las válvulas y controles se seccionaron los equipos más importantes que aparecen en el diagrama de flujo (Figura 68) de la instalación, con la finalidad de identificar la posición, funcionamiento y aplicación de cada uno de estos dispositivos.

3.2.1. Aplicación de válvulas y controles en condensadores avaporativos (CE- I, II)

El condensador evaporativo (CE-I) se encarga de eliminar el calor latente de condensación, convirtiendo el vapor saturado en líquido saturado a la misma presión, mediante el principio de condensación evaporativa.

La figura 69 muestra el esquema de aplicación de válvulas en un condensador evaporativo, en el cual se observan válvulas de paso tipo globo servicio (1-CE-I y 2-CE-I) las cuales tiene como finalidad, dar servicio al equipo en caso necesario.

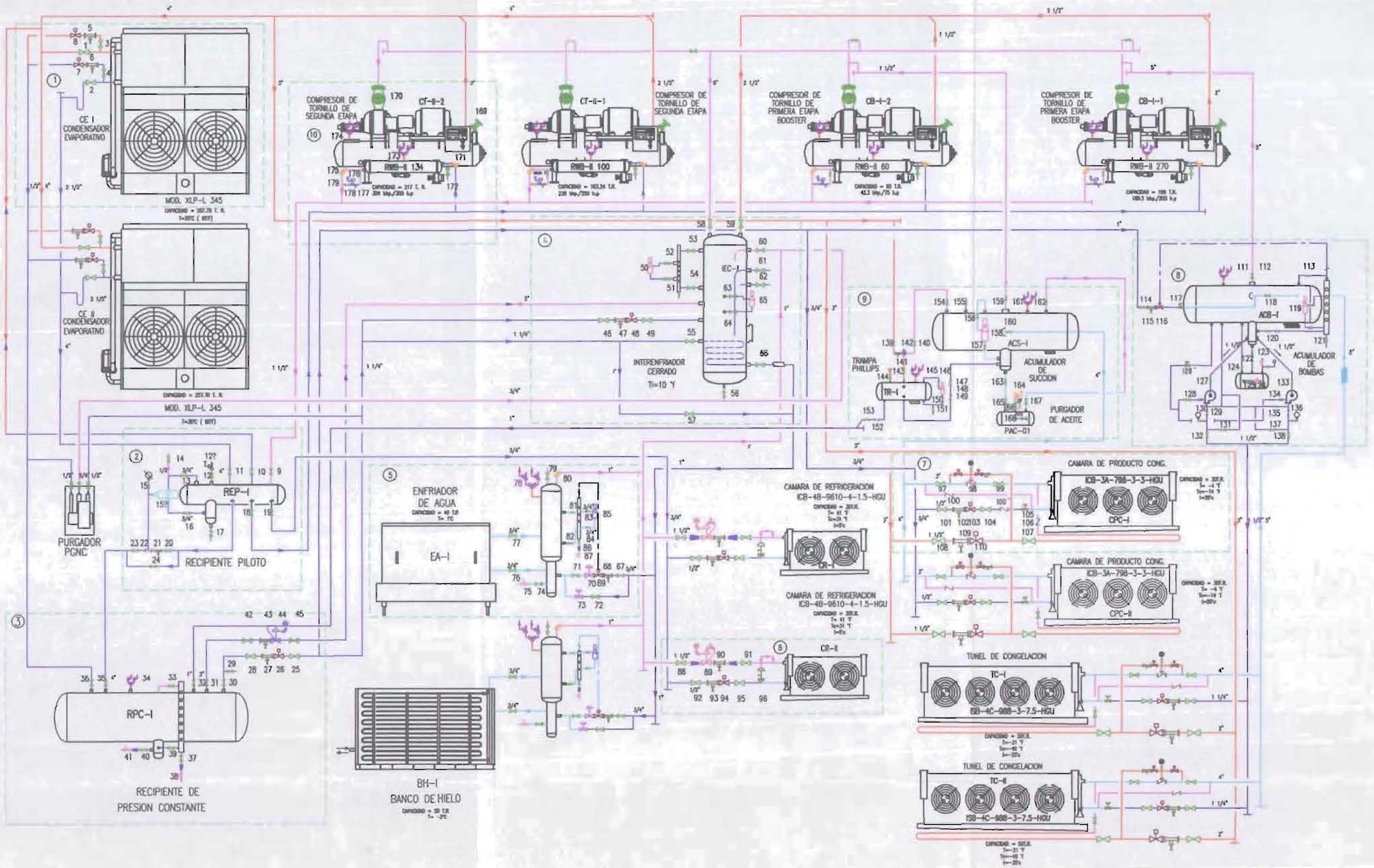


Fig. 68. Diagrama de aplicación de válvulas y controles.

SIMBOLOGIA DE VALVULAS			

Universidad Nacional Autónoma de México

VALVULAS Y CONTROLES: SU FUNCION Y APLICACION

MARTIN ARNALDO LARA FUENTES

FACULTAD ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

APLICACION DE VALVULAS Y CONTROLES

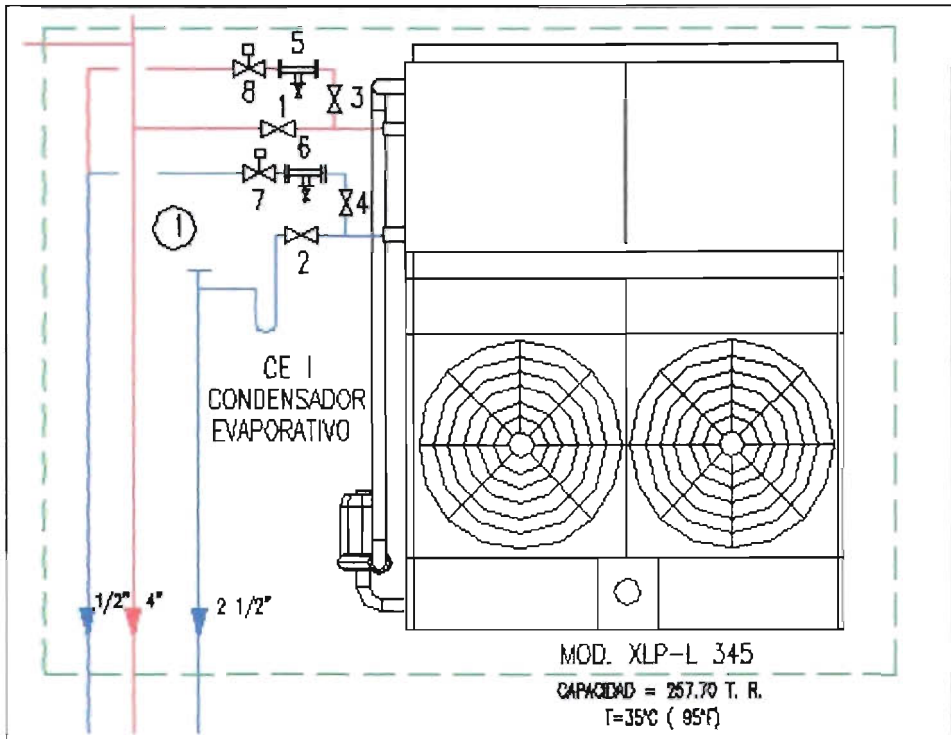


Fig. 69. Esquema de aplicación de válvulas en un condensador evaporativo (CE-I, II).

El equipo también cuenta con dos líneas auxiliares que parten de la entrada y salida del condensador las cuales permiten ingresar los puntos de purga para eliminar los gases no condensables que pudieran permanecer atrapados dentro del sistema, encontrando una válvula de globo servicio (3-CE-I) y un filtro (5-CE-I), que permiten eliminar las impurezas presentes en el refrigerante así como una válvula solenoide que permite o interrumpe el flujo de vapor de alta presión (8-CE-1) o

de líquido a alta presión (7-CE-I).

La tabla 8 muestra las especificaciones de las válvulas que son necesarias dentro de la instalación y funcionamiento de un condensador evaporativo. Dicha tabla contiene el número, el diámetro de la válvula, el tipo, función y la página de referencia donde puede consultarse dentro del texto.

Tabla 8. Especificación de válvulas en un condensador evaporativo (CE-I, II).

No. DE VALVULA	Φ (IN)	TIPO	FUNCIÓN	PÁGINA DE REFERENCIA
1-CE-I	3	Globo servicio.	Servicio línea de vapor sat.	83
2-CE-I	2 ½	Globo servicio.	Servicio línea de líquido sat.	83
3-CE-I	1/2	Globo servicio.	Servicio línea de vapor sat.	83
4-CE-I	1/2	Globo servicio.	Servicio línea de líquido sat.	83
5-CE-I	1/2	Solenoides.	Flujo o interrupción de flujo de vapor.	18
6-CE-I	1/2	Solenoides.	Flujo o interrupción de flujo de líquido.	18
7-CE-I	1/2	Filtro.	Eliminar impurezas.	79
8-CE-I	1/2	Filtro.	Eliminar impurezas.	79

3.3.2. Aplicación de válvulas y controles en un recipiente piloto (REP-I).

El recipiente piloto se localiza entre el condensador y el recipiente de presión constante, y permite recibir líquido saturado que será alimentado al recipiente de presión constante. Lo que genera una elevada caída de presión de líquido a través de la válvula de flotador.

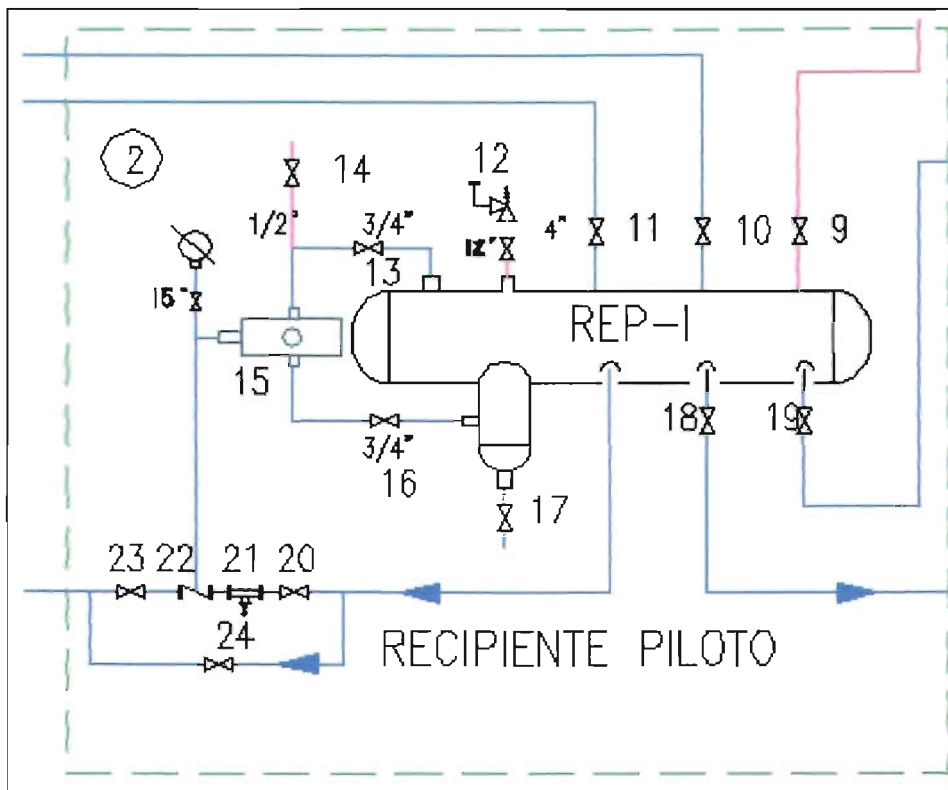


Fig. 70. Esquema de aplicación de válvulas en un recipiente piloto (REP-I).

La figura 70 muestra el esquema de aplicación de válvulas en un recipiente piloto donde resaltan: la válvula de flotador 15-REP-I que se encarga de mantener el flujo de líquido a alta presión cuando se encuentra abierta (flotador arriba) lo que permite el flujo de dicho líquido de alta presión a través de la línea de alimentación al recipiente de presión constante, cuando se cierra (flotador abajo) se interrumpe el flujo de refrigerante hacia el recibidor de presión constante debido a que la presión del recipiente piloto mantendrá cerrada la válvula check 22-REP-I de la línea de alimentación al recipiente de presión constante. La válvula 24-REP-I permite crear un “*by-pass*” cuando la válvula de flotador requiera servicio de emergencia de tal forma que no sea interrumpido el flujo de líquido dentro del sistema.

La válvula 13-REP-I es una válvula de servicio para la línea igualadora de presión de la válvula de flotador, la válvula 16-REP-I da servicio a la línea de alimentación de líquido a la válvula de flotador, la válvula de servicio 14-REP-I es una válvula de alivio de presión cuando se requiera proporcionar servicio a la válvula de flotador

La válvula de flotador cuenta con una línea que muestra una válvula de servicio 15'-REP-01 la cual, permite dar servicio al manómetro de medición de presión. La válvula de servicio 12'-REP-I permite dar servicio a la válvula de seguridad en caso de que sea accionada por un incremento excesivo de presión dentro del recipiente piloto, originada por una falla en la operación del sistema de producción de frío. Mientras que la válvula de seguridad 12-REP-I

permite el alivio de presión excesiva dentro del recipiente piloto ajustada a 250 psi. Finalmente el recipiente cuenta con una válvula de servicio 17-REP-I que permite purgar de aceite al recipiente piloto.

La tabla 9 muestra las especificaciones de las válvulas que son necesarias dentro de la instalación y funcionamiento de un recipiente piloto. Contiene el número de la válvula, el diámetro, el tipo función que tiene en cada línea de refrigerante en el recipiente así como la página de referencia dentro del texto.

3.3.3. Aplicación de válvulas en un recipiente de presión constante (RPC-I).

El recipiente de presión constante (RPC-I) contiene líquido a alta presión (100 psi) que será alimentado a las aplicaciones de frío dentro del sistema de producción del mismo, entre las que encontramos: el interenfriador cerrado (IC-I), banco de hielo (BH-I), enfriador de agua (EA-I), las cámaras de congelación (CPC-I y CPC-II) así como el acumulador de bombas (ACB-I) el cual alimentará líquido recirculado a los evaporadores de los túneles de congelación (TC-I y TC-II).

Tabla 9. Especificación de válvulas en recipiente piloto (REP-I).

No. DE VALVULA	Φ (IN)	TIPO	FUNCIÓN	PÁGINA DE REFERENCIA
9-REP-I	2	Globo servicio.	Servicio línea de vapor saturado.	83
10-REP-I	4	Globo servicio.	Servicio línea igualadora de presión.	83
11-REP-I	¾	Globo servicio.	Servicio línea de líquido saturado.	83
12'-REP-I	½	Globo servicio.	Servicio válvula de seguridad.	83
12-REP-I	¾ X 1	Seguridad	Alivio de presión excesiva	80
13-REP-I	½	Globo servicio.	Servicio línea igualadora de flotador	83
14-REP-I	½	Globo servicio.	Purga de amoniaco	83
15'-REP-I	½	Globo servicio.	Servicio a manómetro	83
15-REP-I	¾	Flotador de alta.	Abrir y cerrar la válvula <i>check</i> .	72
16-REP-I	½	Globo servicio.	Servicio línea igualadora de flotador	83
17-REP-I	½	Globo servicio.	Purga de aceite.	83
18-REP-I	2 ½	Globo servicio.	Servicio línea de líquido saturado.	83
19-REP-I	¾	Globo servicio.	Servicio línea de líquido saturado.	83
20-REP-I	4	Globo servicio.	Servicio válvula <i>check</i> en línea de líquido saturado.	83
21-REP-I	4	Filtro.	Eliminar impurezas	79
22-REP-I	4	<i>Check</i> piloteada.	Flujo o no flujo de líquido saturado.	46
23-REP-I	4	Globo servicio.	Servicio válvula <i>check</i> en línea de líquido saturado.	83
24-REP-I	4	Globo servicio.	<i>By-pass</i> línea de líquido saturado.	83

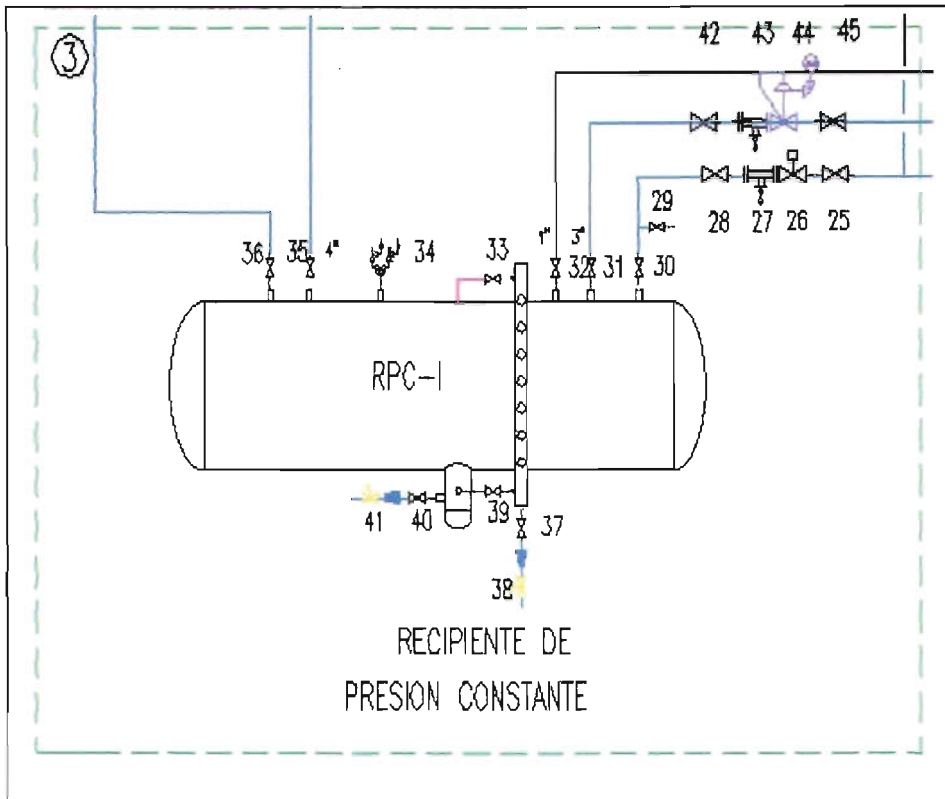


Fig. 71. Esquema de aplicación de válvulas en un recipiente de presión constante (RPC-I).

La figura 71 muestra un esquema de localización de válvulas de un recipiente de presión constante, donde se pueden observar una válvula solenoide (*King Valve*) 26-RPC-I que suministra flujo de líquido a las siguientes líneas:

- 1) Línea de líquido a baja presión que genera subenfriamiento en el interenfriador.

- 2) Línea que alimenta líquido a alta presión subenfriado al enfriador de agua y el banco de hielo.
- 3) Línea que alimenta líquido a alta presión hacia los evaporadores de la cámara de conservación de congelados.
- 4) Línea que alimenta líquido a alta presión al acumulador de bombas.

Es importante la aplicación de esta válvula solenoide debido a que se energiza cuando arranca el sistema y se cierra cuando paran los compresores, evitando golpes de líquido así como incremento de la presión del refrigerante.

También se observa una válvula reguladora de presión de entrada 44-RPC-I que permite mantener el recipiente a 100 psi. La válvula 29-RPC-I permite cargar amoníaco al sistema durante la instalación o recargas subsecuentes. El recipiente requiere una válvula dual de seguridad 34-RPC-I para conectar dos válvulas de seguridad, que impiden que el recipiente genere un aumento excesivo de presión por algún problema de operación. La válvula 40-RPC-I permite dar servicio a la línea de purga de aceite acumulado dentro del recipiente mediante el auxilio de una válvula de servicio 41-RPC-I.

La tabla 10 muestra las especificaciones de las válvulas que son necesarias dentro de la instalación y funcionamiento de un recipiente de presión controlada. Ésta, contiene el número, el diámetro de la válvula, el tipo, función y página de referencia dentro del texto.

Tabla 10. Especificación de válvulas en un recipiente de presión constante (RPC-I).

No. DE VALVULA	Φ (IN)	TIPO	FUNCIÓN	PÁGINA DE REFERENCIA
25-RPC-I	1 ¼	Globo servicio	Servicio línea de líquido a alta presión.	83
26-RPC-I	1 ¼	Solenoide (<i>King Valve</i>)	Flujo o no flujo de refrigerante	20
27-RPC-I	1 ¼	Filtro.	Eliminar impurezas	79
28-RPC-I	1 ¼	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a alta presión.	83
29-RPC-I	¾	Globo servicio.	Alimentar amoniaco al sistema.	83
30-RPC-I	1 ¼	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a alta presión.	83
31-RPC-I	3	Globo servicio.	Servicio línea de alivio de presión.	83
32-RPC-I	1	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a alta presión.	83
33-RPC-I	¾	Globo servicio.	Servicio columna	83
34-RPC-I	½ X ¾	Dual de seguridad.	Alivio de presión excesiva	81
35-RPC-I	4	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a alta presión.	83
36-RPC-I	½	Globo servicio.	Servicio línea de purga de gases no condensables	83
19-REP-I	¾	Globo servicio.	Servicio línea de líquido saturado.	83
20-REP-I	4	Globo servicio.	Servicio válvula <i>check</i> en línea de líquido saturado.	83
21-REP-I	4	Filtro.	Eliminar impurezas	79
22-REP-I	4	<i>Check</i> piloteada.	Flujo o no flujo de líquido saturado.	51
23-REP-I	4	Globo servicio.	Servicio válvula <i>check</i> en línea de líquido saturado.	83
24-REP-I	4	Globo servicio.	<i>By-pass</i> línea de líquido saturado.	83

Continuación de la tabla 10.

No. DE VALVULA	Φ (IN)	TIPO	FUNCIÓN	PÁGINA DE REFERENCIA
37-RPC-I	¾	Globo servicio.	Servicio línea purga de aceite	83
38-RPC-I	½	Globo servicio.	Purga de aceite	83
39-RPC-I	¾	Globo servicio.	Servicio columna	83
40-RPC-I	¾	Globo servicio.	Servicio línea purga de aceite	83
41-RPC-I	½	Globo servicio.	Purga de aceite	83
42-RPC-I	3	Globo servicio.	Servicio línea de alivio de presión.	83
43-RPC-I	3	Filtro.	Eliminar impurezas	79
44-RPC-I	3	Regulador de presión de entrada.	Mantener alivio de presión.	35
45- RPC-I	3	Globo servicio.	Servicio línea de alivio de presión.	83

3.3.4. Aplicación de válvulas en un interenfriador cerrado (IEC-

El interenfriador cerrado se encuentra ubicado entre el lado de la compresión de primera y segunda etapa, y tiene las siguientes funciones:

- 1) Eliminar el calor de compresión generado por los compresores booster (primera etapa).
- 2) Garantizar que la succión de los compresores de segunda etapa

este comprendida por vapor saturado.

3) Subenfriar el líquido saturado a alta presión que alimenta aplicaciones de refrigeración, enfriamiento de agua, banco de hielo.

4) Permite el mantenimiento de la presión intermedia de compresión.

La figura 72 muestra un esquema de aplicación de válvulas en un interenfriador cerrado donde resaltan en primer plano: el interruptor de nivel de líquido 50-IEC-I encargado de mantener el nivel máximo de líquido; cuando se sobrepasa el nivel el interruptor manda una señal de paro a los compresores de segunda etapa, evitando el golpe de líquido.

El interruptor de nivel 65-IEC-I se encarga de mantener el nivel de líquido que garantice que el serpentín permanezca inundado dentro del interenfriador, de tal manera que cuando descienda se energice la válvula solenoide de alimentación de líquido 48-IEC-I.

La válvula 57-IEC-I permite generar un *by-pass* cuando por alguna razón es obstruido el paso de líquido a alta presión a través del serpentín.

La tabla 11 muestra las especificaciones de las válvulas que son necesarias dentro de la instalación y funcionamiento de un interenfriador cerrado y en ella podemos observar el número, el

diámetro de la válvula, el tipo, función y página de referencia dentro del texto.

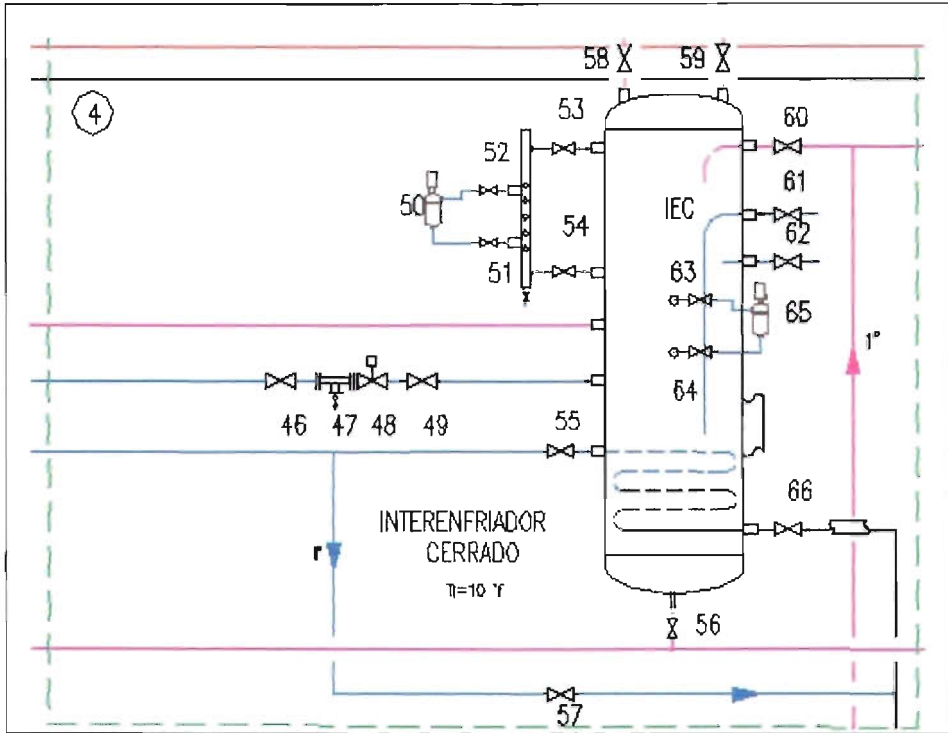


Fig. 72. Esquema de aplicación de válvulas en un interenfriador cerrado

Tabla 11. Especificación de válvulas en un interenfriador cerrado (IEC-I).

No. DE VALVULA	Φ (IN)	TIPO	FUNCIÓN	PÁGINA DE REFERENCIA
46-IEC-01	1 ¼	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a alta presión.	83
47-IEC-01	1 ¼	Filtro.	Eliminar impurezas	79
48-IEC-01	1 ¼	Solenoide	Flujo o no flujo de refrigerante	20
49-IEC-01	1 ¼	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a alta presión.	83
50-IEC-01	¾	Interruptor de nivel.	Nivel máximo de líquido.	73
51-IEC-01	½	Globo servicio.	Servicio interruptor de nivel.	83
52-IEC-01	½	Globo servicio.	Servicio <i>interruptor</i> de nivel.	83
53-IEC-01	¾	Globo servicio.	Servicio columna.	83
54-IEC-01	¾	Globo servicio.	Servicio columna.	83
55-IEC-01	1 ¼	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a alta presión.	83
56-IEC-01	¾	Globo servicio.	Purga de aceite.	83
57-IEC-01	1	Globo servicio.	<i>By-pass</i> de líquido a alta presión.	83
58-IEC-01	6	Globo servicio.	Servicio línea de vapor saturado.	83
59-IEC-01	1 ½	Globo servicio.	Servicio línea de vapor a alta presión.	83
60-IEC-01	¾	Globo servicio.	Servicio línea de vapor a baja presión.	83
61-IEC-01	¾	Globo servicio.	Línea de alimentación de refrigerante	83
62-IEC-01	¾	Globo servicio.	Línea de alimentación de refrigerante	83
	¾	Globo servicio.	Servicio interruptor de nivel.	83
64-IEC-01	¾	Globo servicio.	Servicio interruptor de nivel.	83
65-IEC-01	¾	Interruptor de nivel.	Cubrir el serpentín con líquido	73
66-IEC-01	1 ¼	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a alta presión.	83

3.3.5. Aplicación de válvulas en un enfriador de agua (EA-I).

Es un equipo que permite enfriar líquido (agua) que será aplicado en fases posteriores dentro de algún proceso alimenticio.

La figura 73 muestra el esquema de aplicación de válvulas en un enfriador de agua en el cual, resaltan las siguientes válvulas y controles: un control de nivel de líquido por pulsaciones (LPS) el cual consta de una válvula solenoide de suministro de líquido 69-EA-I, una válvula de expansión manual 70-EA-I y una sonda de nivel de líquido, que envía una señal eléctrica a la solenoide de líquido permitiendo flujo o no flujo al acumulador inundado, no sin antes producirse la expansión a través de una válvula de expansión manual 70-EA-I.

El acumulador inundado presenta un interruptor de nivel de líquido 85-EA-I encargado de activar una alarma y desenergizar la solenoide de líquido 69-EA-I cuando sobrepasa el nivel de líquido fijado.

La válvula de ángulo 79-EA-I permite cambiar la dirección de la tubería con un ángulo de 90° así como dar servicio a la línea.

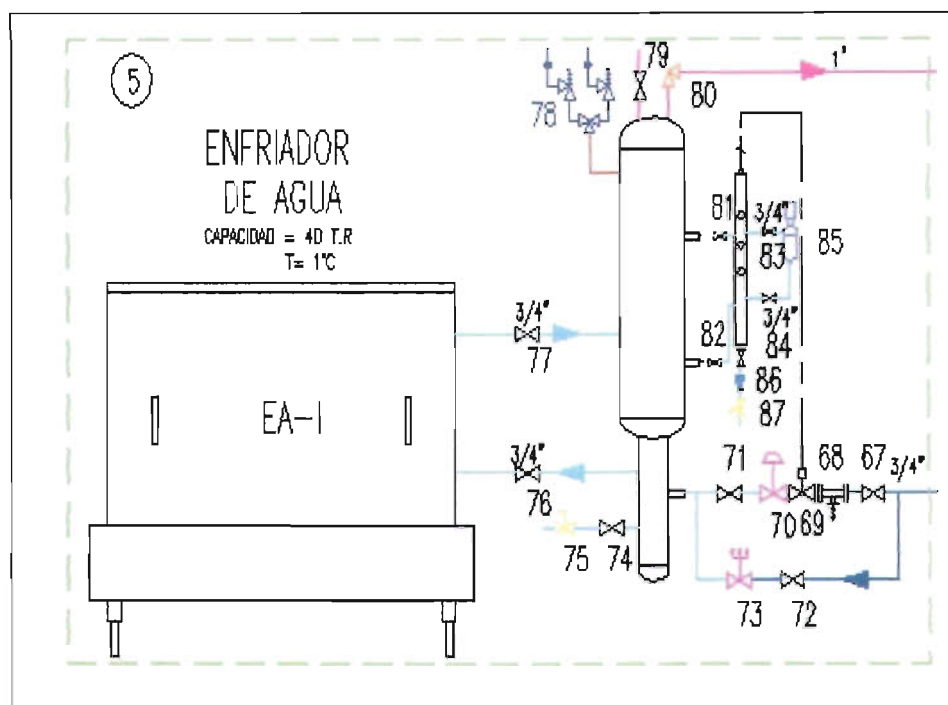


Fig. 73. Esquema de aplicación de válvulas en un enfriador de agua (EA-I).

La tabla 12 muestra las especificaciones de las válvulas que son necesarias dentro de la instalación y funcionamiento de un recipiente de un enfriador de agua y en ella se puede observar el número, el diámetro de la válvula, el tipo, función y página de referencia dentro del texto.

Tabla 12. Especificación de válvulas en un enfriador de agua (EA-I).

No. DE VALVULA	Φ (IN)	TIPO	FUNCION	PÁGINA DE REFERENCIA
67-EA-01	¾	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a alta presión	83
68-EA-01	¾	Filtro	Eliminar impurezas	79
69-EA-01	¾	Solenoides de distribución.	Flujo o no flujo de refrigerante	76
70-EA-01	¾	Expansión de distribución.	Caída de presión de líquido a alta presión	76
71-EA-01	¾	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a alta presión	83
72-EA-01	¾	Globo servicio.	By-pass línea de líquido a alta presión.	83
73-EA-01	¾	Expansión manual.	Caída de presión de líquido a alta presión.	54
74-EA-01	½	Globo servicio.	Servicio línea de purga de aceite.	83
75-EA-01	½	Globo servicio.	Purga de aceite	83
76-EA-01	¾	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a baja presión.	83
77-EA-01	¾	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a baja presión.	83
78-EA-01	¾ X 1	Dual de seguridad.	Conectar dos valvulas de seguridad.	81
79-EA-01	½	Globo servicio.	Servicio para conexión de manómetro	83
80-EA-01	1	Angulo.	Cambio de dirección de tubería.	
81-EA-01	¾	Globo servicio	Servicio columna.	83
82-EA-01	¾	Globo servicio.	Servicio columna.	83
83-EA-01	¾	Globo servicio.	Servicio <i>interruptor</i> de nivel.	83
84-EA-01	¾	Globo servicio.	Servicio <i>interruptor</i> de nivel.	83
85-EA-01	¾	Interruptor de nivel.	Nivel máximo de líquido	73
86-EA-01	½	Globo servicio.	Servicio línea de purga de aceite.	83
87-EA-01	½	Globo servicio.	Purga de aceite.	83

3.3.6. Aplicación de válvulas en un banco de hielo (BH-I).

Este equipo permite la formación de escamas de hielo los cuales son utilizados en aplicaciones de enfriamiento de alimentos o bebidas. La figura 74 muestra un la aplicación de válvulas en un banco de hielo, que es muy similar a la utilizada en el enfriador de agua donde la única diferencia es la aplicación de frío.

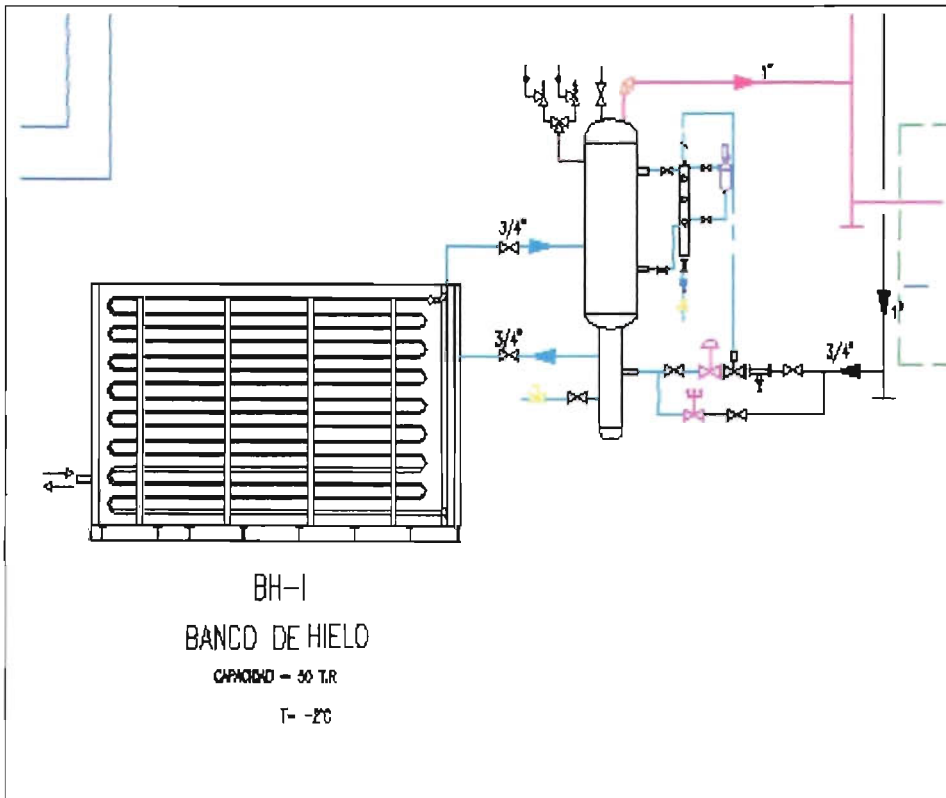


Fig. 74. Esquema de aplicación de válvulas en un banco de hielo (BH-I).

3.3.7. Aplicación de válvulas en el evaporador de una cámara de refrigeración (CR-I, CR-II).

La función de este equipo es mantener la temperatura de refrigeración dentro de un espacio destinado para el almacenamiento temporal de un producto alimenticio. La figura 75 muestra el esquema de aplicación de válvulas en una cámara de refrigeración, en la que podemos resaltar las siguientes: una válvula solenoide 94-CR-I de alimentación de líquido al evaporador de la cámara controlada, desde un termostato que monitorea la temperatura del recinto.

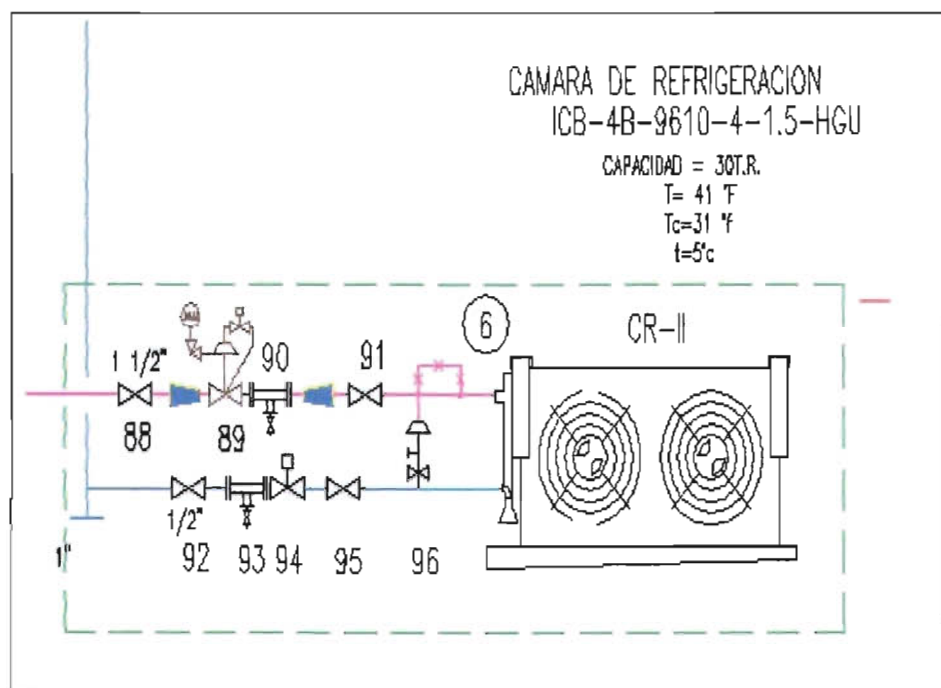


Fig. 75. Esquema de localización de válvulas en una cámara de refrigeración

La válvula 96-CR-I es de expansión termostática con igualador de temperatura externo, y genera la caída de presión del líquido a alta presión considerando el grado de recalentamiento a la salida del evaporador dentro del evaporador; así como la carga presente en el evaporador. La válvula 89-CR-I es un regulador con cierre eléctrico, el cual permite mantener la temperatura de evaporación constante.

El deshielo en este caso es por paro de ciclo un *timer* manda una señal a la válvula solenoide lo que origina que el suministro de refrigerante se interrumpa al serpentín del evaporador, elevando la temperatura del mismo, hasta que se deshiela completamente. Generalmente tarda entre 30 y 60 minutos.

La tabla 13 muestra las especificaciones de las válvulas que son necesarias dentro de la instalación y funcionamiento de un evaporador para cámaras de refrigeración y en ella podemos apreciar el número, el diámetro de la válvula, el tipo, función y página de referencia dentro del texto.

3.3.8. Aplicación de válvulas en el evaporador de la cámara de conservación de congelados (CPC-1, CPC-2) y el túnel de congelación (TC-I TC-II).

La función del evaporador de la cámara de conservación de congelados es mantener la temperatura de congelación, dentro de un

espacio destinado para el almacenamiento de un producto alimenticio.

Tabla 13. Especificación de válvulas en un evaporador de cámara de refrigeración (CR-I).

No. DE VALVULA	Φ (IN)	TIPO	FUNCIÓN	PÁGINA DE REFERENCIA
88-CR-01	1 ½	Globo servicio.	Servicio línea de vapor a baja presión.	83
89-CR-01	1 ½	Reguladora de presión con cierre eléctrico.	Mantener la presión constante.	37
90-CR-01	1 ½	Filtro.	Eliminar impurezas	79
91-CR-01	1 ½	Globo servicio.	Servicio línea de vapor a baja presión.	83
92-CR-01	½	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a alta presión.	83
93-CR-01	½	Filtro.	Eliminar impurezas	79
94-CR-01	½	Válvula solenoide	Flujo o no flujo de refrigerante	18
95-CR-01	½	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a alta presión	83
96-CR-01	½	Expansión termostática.	Caída de presión de líquido a alta presión	57

Mientras que; la función de un evaporador en un túnel de congelación, es suministrar una corriente de aire helado sobre un producto alimenticio, con la finalidad de congelarlo rápidamente.

La figura 76 muestra un esquema de aplicación de válvulas para una cámara de producto congelado, que es muy similar a la de un evaporador de un túnel de congelación y en éste resaltan las siguientes válvulas:

La válvula 98-CPC-I es una válvula de suministro de vapor recalentado

que permite cerrar la línea de succión durante el suministro de vapor recalentado, el cual permite el deshielo del serpentín del evaporador; esta válvula cuenta a su vez con una válvula solenoide que permite el suministro de vapor recalentado mientras que la otra, permite purgar la válvula cuando se interrumpe el flujo de vapor.

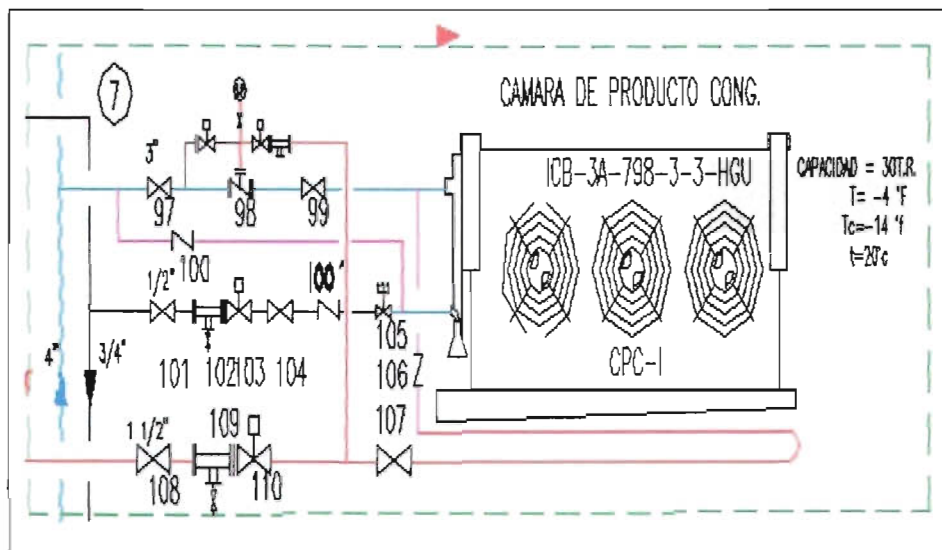


Fig. 76. Esquema de localización de válvulas en una cámara de congelación (CPC-I, II).

Una vez que el flujo de vapor circula por el serpentín, éste se dirige hacia la línea de succión a través de una válvula check ajustada a 70 psi (5 °C). La válvula check 100'-CPC-I se encuentra ajustada a 2 psi y evita el golpe de líquido hacia el asiento de la válvula solenoide 103-CPC-I.

La línea de vapor recalentado que sale de la charola, presenta

una válvula check 106-CPC-I que evita el retorno de vapor recalentado hacia ésta.

Las válvulas solenoides 103-CPC-I y 110-CPC-I de suministro de líquido y vapor recalentado son controladas desde un *timer* de control de deshielo.

La tabla 14 muestra las especificaciones de las válvulas que son necesarias dentro de la instalación y funcionamiento de un evaporador para cámaras de congelación y túneles de congelación rápida, en la que podemos observar el número, el diámetro de la válvula, el tipo, función y página de referencia dentro del texto.

3.3.9. Aplicación de válvulas en un recirculador por bombas (ACB-I).

Este recipiente permite almacenar líquido subenfriado, el cual será suministrado a los evaporadores de baja temperatura mediante la energía de una bomba de circulación de líquido.

La figura 77 muestra el esquema de aplicación de válvulas en un acumulador de bombas, en él, resaltan las siguientes válvulas: una solenoide 116-ACB-I de suministro de líquido a alta presión que es administrada desde un control de nivel de líquido electrónico, de tal

manera que se controla a su vez la expansión en la válvula 117-ACB-I de líquido en función del nivel de líquido contenido en el tanque, un interruptor de nivel de líquido 119-ACB-I que manda una señal de paro al compresor *Booster* una vez que se alcanza el nivel máximo de líquido.

Tabla 14. Especificación de válvulas en las cámaras de producto congelado (CPC-I, CPC-II).

No. DE VALVULA	Φ (IN)	TIPO	FUNCION	PÁGINA DE REFERENCIA
97-CPC-I	3	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a baja presión.	83
98-CPC-I	3	Suministro de vapor recalentado con purga.	Suministro de vapor recalentado	47
99-CPC-I	3	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a baja presión.	83
100-CPC-I	3	Check estándar.	Evita retorno de flujo	50
100'-CPC-I	½	Check estándar.	Evita golpe de líquido.	50
101-CPC-I	½	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a alta presión.	83
102-CPC-I	½	Filtro.	Eliminar impurezas	79
103-CPC-I	½	Válvula Solenoide.	Flujo o no flujo de refrigerante	18
104-CPC-I	½	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a alta presión.	83
105-CPC-I	½	Expansión manual.	Caída de presión y control de flujo de líquido.	54
106-CPC-I	½	Check pistón.	Evita golpe de líquido.	51
107-CPC-I	1 ½	Globo servicio.	Servicio línea de vapor recalentado	83
108-CPC-I	1 ½	Globo servicio.	Servicio línea de vapor recalentado	83
109-CPC-I	1 ½	Filtro.	Eliminar impurezas	79
110-CPC-I	1 ½	Válvula solenoide.	Flujo o no flujo de vapor recalentado	20

Una válvula de expansión manual 128'-ACBI que se encarga de aliviar el exceso de presión en la línea de líquido, recirculando éste, al tanque.

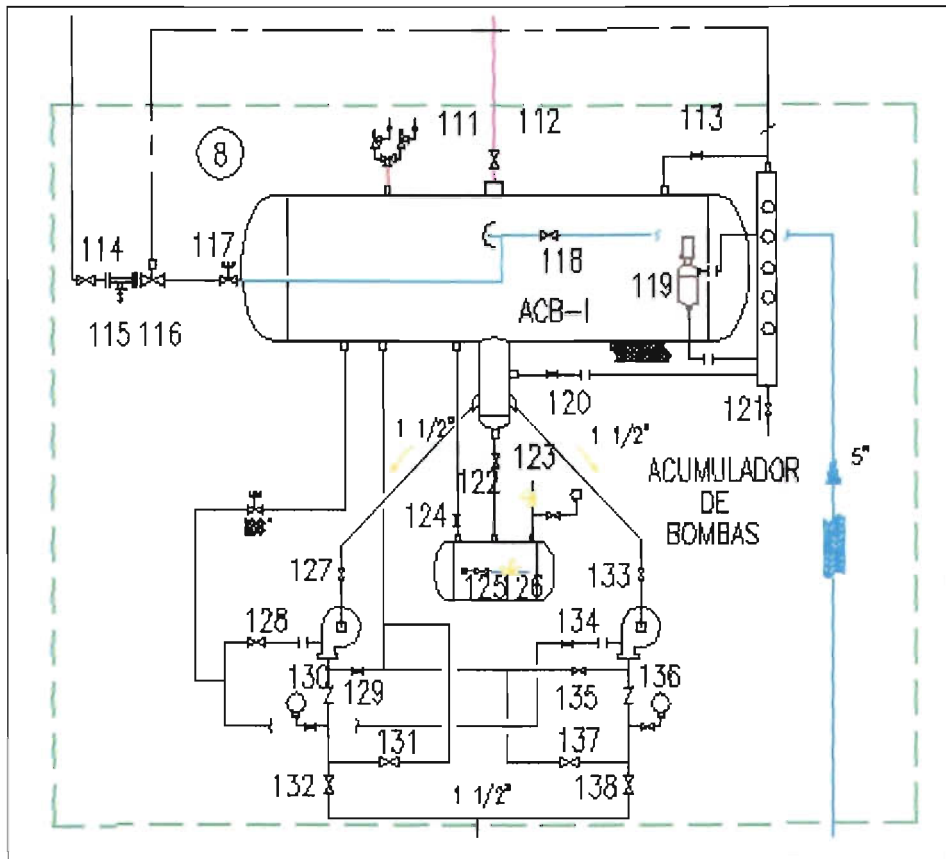


Fig. 77. Esquema de aplicación de válvulas de válvulas en un acumulador de bombas

También se observa un arreglo de válvulas de globo servicio: 128 y 134 que permiten dar servicio a la línea de alivio de presión, las valvulas127 y 133-ACB-I proporcionan servicio a las líneas de líquido

a baja presión que será bombeado. Las válvulas 129 y 135-ACB-I dan servicio a las bombas. Las válvulas 131 y 137-ACB-I dan servicio a las válvulas check's y las válvulas 132 y 138 sirven a las líneas de líquido bombeado.

Las válvulas 122 y 124-ACB-I ofrecen servicio a las líneas de líquido para purga.

Tabla 15. Especificación de válvulas en el acumulador de bombas (ACB-I).

No. DE VALVULA	Φ (IN)	TIPO	FUNCIÓN	PÁGINA DE REFERENCIA
111-ACB-I	1 ¼ X 1 ½	Dual de Seguridad.	Conexión de dos válvulas de seguridad.	81
112-ACB-I	5	Globo servicio.	Servicio línea de vapor a baja presión.	83
113-ACB-I	½	Globo servicio.	Servicio columna.	83
114-ACB-I	1	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a alta presión.	83
115-ACB-I	1	Filtro.	Eliminar impurezas	79
116-ACB-I	1	Solenoides de distribución (LPS).	Flujo o no flujo de refrigerante	76
117-ACB-I	1	Expansión de distribución (LPS).	Caída de presión de líquido a alta presión.	76
118-ACB-I	¾	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a baja presión.	83
119-ACB-I		Interruptor de nivel.	Control de nivel máximo de líquido	73
120-ACB-I	½	Globo servicio.	Servicio columna.	83

Continuación de tabla 15.

No. DE VALVULA	Φ (IN)	TIPO	FUNCION	PÁGINA DE REFERENCIA
121-ACB-I	½	Globo servicio.	Purga de aceite.	83
122-ACB-I	½	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a baja presión.	83
123-ACB-I	½	Globo servicio.	Purga de aceite.	83
124-ACB-I	½	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a baja presión.	83
125-ACB-I	½	Globo servicio.	Servicio línea de purga de aceite.	83
126-ACB-I	½	Globo servicio.	Purga de aceite	83
127-ACB-I	½	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a baja presión.	83
128-ACB-I	1 ½	Globo servicio.	Servicio línea de alivio de presión.	83
128'-ACB-I	1 ½	Válvula de expansión manual.	Caída de presión y alivio de presión excesiva.	54
129-ACB-I	1 ½	Globo servicio.	Servicio a bomba.	83
130-ACB-I	1 ½	Check estándar.	Evita retorno de flujo	50
131-ACB-I	1 ½	Globo servicio.	Servicio a válvula <i>check</i>	83
132-ACB-I	1 ½	Globo servicio.	Servicio línea de líquido bombeado.	83
133-ACB-I	1 ½	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a baja presión.	83
134-ACB-I	1 ½	Globo servicio.	Servicio línea de alivio de presión	83
135-ACB-I	1 ½	Globo servicio.	Servicio a bomba.	83
136-ACB-I	1 ½	Check estándar.	Evita retorno de flujo	50
137-ACB-I	1 ½	Globo servicio.	Servicio a válvula <i>check</i> .	83
138-ACB-I	1 ½	Globo servicio.	Servicio línea de líquido bombeado.	83

La tabla 15 muestra las especificaciones de las válvulas que son necesarias dentro de la instalación y funcionamiento de un acumulador de bombas, y en ella podemos observar el número, el diámetro de la válvula, el tipo, función y página de referencia dentro del texto.

3.3.9. Aplicación de válvulas en un acumulador de succión para el sistema de alimentación Phillips (ACS-I).

En este recipiente se mantiene una separación física de líquido, vapor a baja presión y temperatura proveniente del cabezal principal de retorno de los evaporadores de las cámaras de producto congelado.

La figura 78 muestra un esquema de localización de válvulas en un acumulador de succión donde resaltan el interruptor de nivel de líquido 158-ACS-I, el cual se encarga de enviar una señal de paro a los compresores *Booster* cuando se alcanza el nivel máximo de líquido permisible dentro del recipiente.

La válvula dual de seguridad 161-ACS-I permite conectar dos válvulas que expulsan el exceso de presión dentro del acumulador de succión.

La válvula de servicio 154-ACS-I atiende a la línea igualadora de presión entre el acumulador de succión y la trampa *Phillips*.

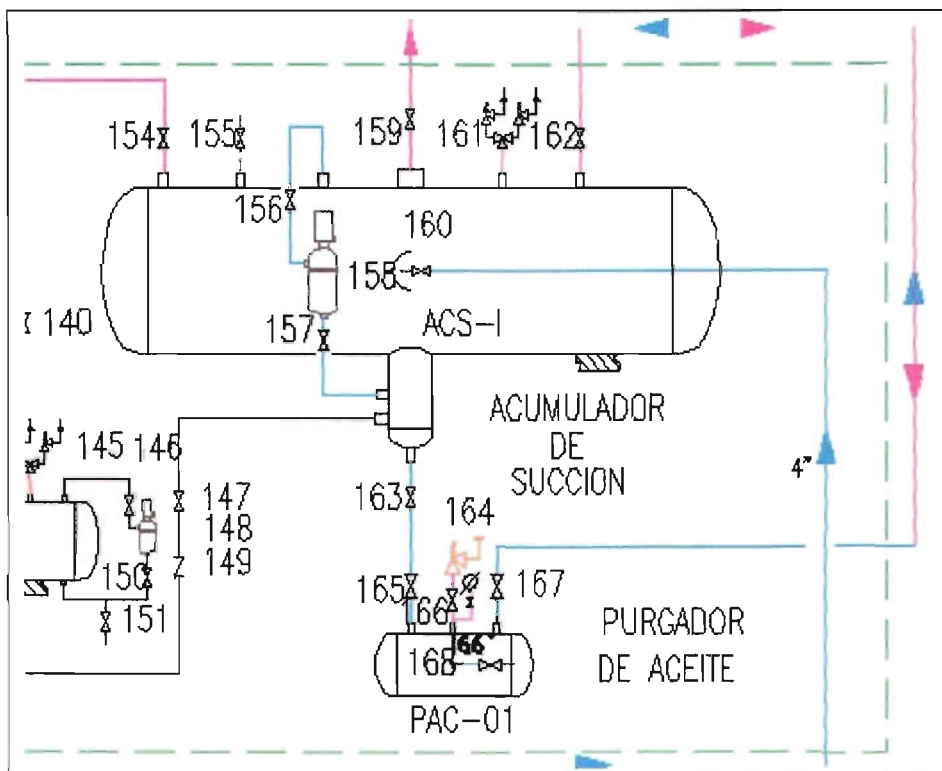


Fig. 78. Esquema de localización de válvulas en un acumulador de succión (ACS-I).

La válvula 159-ACS-I permite dar servicio a la línea de succión del compresor *Booster*. Mientras que la válvula 162-ACS-I permite dar servicio a la línea igualadora de presión entre el acumulador de succión y el purgador de aceite.

La tabla 16 muestra las especificaciones de las válvulas que son necesarias dentro de la instalación y funcionamiento de un acumulador

de succión, y en ella se observan el número, el diámetro de la válvula, el tipo, función y página de referencia dentro del texto.

Tabla 16. Especificación de válvulas en el acumulador de succión (ACS-I).

No. DE VALVULA	Φ (IN)	TIPO	FUNCION	PÁGINA DE REFERENCIA
154-ACS-I	1	Globo servicio.	Servicio línea de vapor a baja presión.	83
155-ACS-I	½	Globo servicio.	Suministro de amoniaco.	83
156-ACS-I	½	Globo servicio.	Servicio interruptor de nivel.	83
157-ACS-I	½	Globo servicio	Servicio interruptor de nivel.	83
158-ACS-I	¾	Interruptor de nivel.	Control de nivel máximo de líquido	73
159-ACS-I	1 ½	Globo servicio.	Servicio línea de vapor a baja presión.	83
160-ACS-I	4	Globo servicio.	Servicio línea de líquido-vapor a baja presión	83
161-ACS-I	¾ X 1	Dual de seguridad.	Conexión de dos válvulas de seguridad.	81
162-ACS-I	½	Globo servicio.	Servicio línea igualadora de presión.	83
163-ACS-I	½	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a purga.	83
164-ACS-I	¾ X 1	Seguridad.	Alivio de presión excesiva.	80
165-ACS-I	½	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a purga.	83
166-ACS-I	½	Globo servicio.	Servicio a válvula de seguridad.	83
167-ACS-I	½	Globo servicio.	Servicio línea igualadora de presión.	83
168-ACS-I	½	Globo servicio.	Purga de aceite.	83

3.3.10. Arreglo de válvulas en una trampa phillips (TR-I).

Es un recipiente que permite aliviar el exceso de líquido almacenado en el acumulador de succión hacia el recipiente de presión constante, utilizando como medio de presión el vapor recalentado, proveniente de la descarga de los compresores de segunda etapa de compresión.

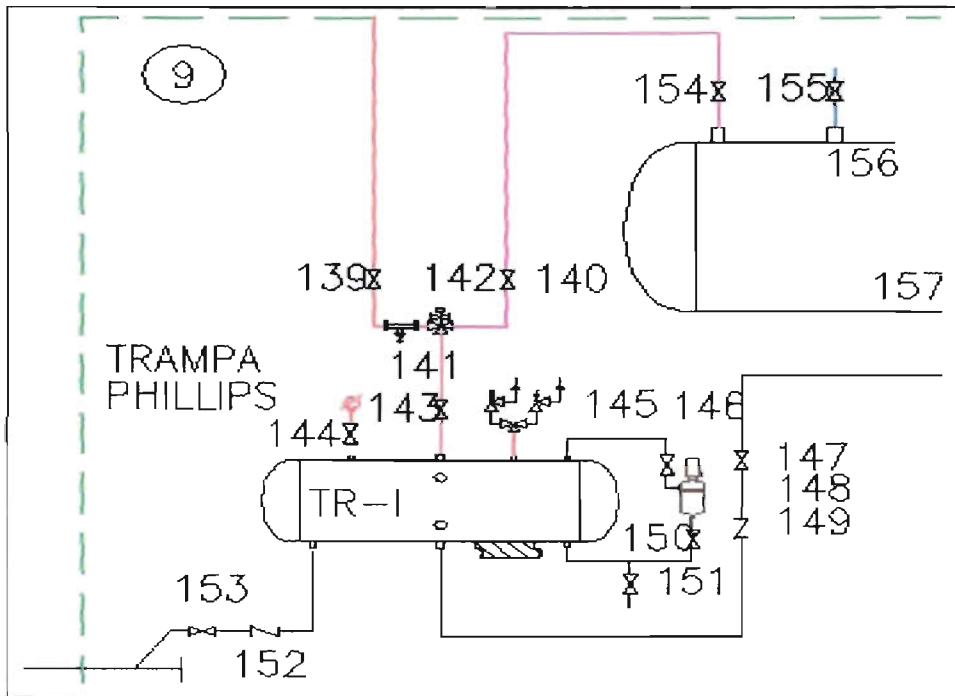


Fig. 79. Esquema de localización de válvulas en una trampa *Phillips* (TR-I).

La figura 79 muestra un esquema de localización de válvulas en una trampa *Phillips* en el que resaltan las siguientes válvulas: Una válvula de tres vías 142-TR-I es controlada con un interruptor de nivel de líquido 148-TR-I el cual, envía una señal eléctrica para abrir la válvula, un *timer* es ajustado entre 30 y 40 segundos, para permitir el suministro de vapor recalentado (a 181 psi) y se encarga de vaciar el líquido subenfriado a baja presión hacia el recipiente de presión constante, una vez que se interrumpe el suministro de vapor, se abre la línea igualadora de presión con respecto al acumulador de succión, lo que permite el ingreso de líquido nuevamente a la trampa.

La línea de descarga de líquido (100 psi) presenta una válvula *check* 152-TR-I que impide el flujo de líquido de retorno ya que la presión de líquido en la trampa y el acumulador de succión se mantienen en 2 psi.

Del mismo modo la línea de alimentación de líquido a la trampa presenta una válvula *check* 149-TR-I que impide el flujo de retorno hacia el acumulador de succión, lo que evitará que la trampa *Phillips* se llenara de líquido a baja presión

La tabla 17 muestra las especificaciones de las válvulas que son necesarias dentro de la instalación y funcionamiento de una trampa *Phillips*, en la que se observan el número, el diámetro de la válvula, el tipo, función y página de referencia dentro del texto.

Tabla 17. Especificación de válvulas en trampa phillips (TR-I).

No. DE VALVULA	Φ (IN)	TIPO	FUNCIÓN	PÁGINA DE REFERENCIA
139-TR-I	¾	Globo servicio.	Servicio línea de de vapor a alta presión.	83
140-TR-I	1	Globo servicio.	Servicio línea igualadora	83
141- TR-I	2 ½	Filtro	Eliminar impurezas	79
142- TR-I	2 ½	Válvula de tres vías	Flujo de alta o baja presión.	
143- TR-I	¾	Globo servicio.	Servicio línea de alta o baja presión.	83
144- TR-I	½	Globo servicio.	Servicio manómetro.	83
145- TR-I	½X¾	Dual se seguridad	Conexión de dos válvulas de seguridad.	81
146- TR-I	½	Globo servicio.	Servicio interruptor de nivel.	83
147- TR-I	½	Globo servicio.	Servicio línea de líquido a alta presión.	83
148- TR-I	¾	Interruptor de nivel.	Control de nivel de líquido en la trampa.	73
149- TR-I	1	Check estándar	Evita flujo de retorno.	50
150-TR-I	½	Globo servicio	Servicio interruptor de nivel.	83
151-TR-I	½	Globo servicio	Servicio interruptor de nivel	83
152-TR-I	1	Check estándar	Evita flujo de retorno.	50
153-TR-I	1	Globo servicio	Servicio línea de líquido a alta presión	83

3.3.2. Aplicación de válvulas en compresores (CB I, CB II, CT-II-1, CT-II-2).

Este equipo se encarga de comprimir el vapor a baja presión proveniente de un acumulador de succión, de tal manera que eleve su presión hasta alcanzar la presión de condensación.

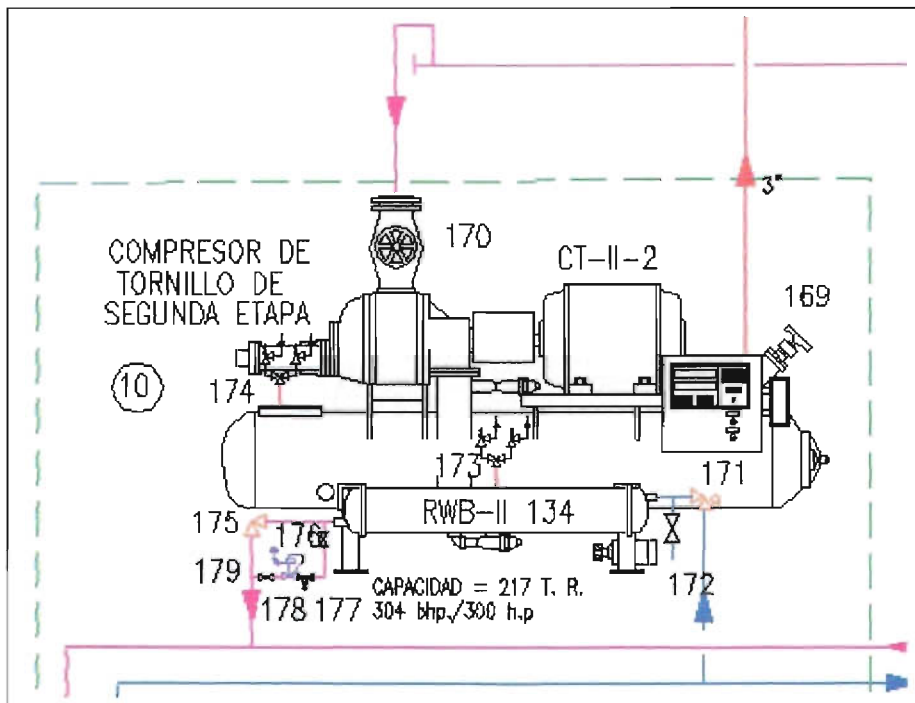


Fig. 80. Esquema de localización de válvulas en un compresor de tornillo (CT-I).

La figura 80 muestra el esquema de localización para un

compresor de tornillo de primera o segunda etapa de compresión, en el cual observamos la válvula reguladora de presión 176-CT-II-2 que se encarga de mantener la presión de evaporación constante.

Las válvulas 173 y 174-CT-II-2, son dos válvulas duales de seguridad, responsables de conectar dos válvulas de seguridad para evitar sobrepresión en el enfriador y separador de aceite respectivamente.

La tabla 18 muestra las especificaciones de las válvulas que son necesarias dentro de la instalación y funcionamiento de un compresor de tornillo, en la que podemos apreciar el número, el diámetro de la válvula, el tipo, y página de referencia dentro del texto.

Las aplicaciones de los dispositivos de regulación y control, aportan mejoras en las condiciones de operación de los sistemas de producción de frío industrial, entre las que podemos resaltar las siguientes:

Cuando se eliminan los gases no condensables a través de las líneas de purgado, cada uno de los puntos se activará de manera secuencial, impidiendo la mezcla de diferentes presiones que originarían una operación de purgado deficiente, debido a que únicamente se purgaría el punto de mayor presión.

Tabla 18. Especificación de válvulas en los compresores de tornillo (CT-I).

No. DE VALVULA	Φ (IN)	TIPO	FUNCIÓN	PÁGINA DE REFERENCIA
169-CT-II-1	2 ½	Globo servicio.	Servicio línea de descarga de vapor a alta presión.	53
170-CT-II-1	5	Globo servicio.	Servicio línea de succión de vapor a baja presión.	53
171- CT-II-1	2	Ángulo.	Cambio de dirección de la tubería.	
172- CT-II-1	½	Globo servicio.	Suministro de amoniaco	53
173- CT-II-1	½ X ¾	Dual de Seguridad.	Conección de dos válvulas de seguridad.	51
174- CT-II-1	½ X ¾	Dual de Seguridad.	Conección de dos válvulas de seguridad.	51
175- CT-II-1	1 ½	Ángulo.	Cambio de dirección de la tubería.	
176- CT-II-1	1 ½	Globo servicio.	Servicio válvula reguladora de presión.	53
177- CT-II-1	1 ½	Filtro.	Eliminar impurezas	50
178- CT-II-1	½	Regulador de presión de salida.	Mantiene presión constante	25
179- CT-II-1	1 ½	Globo servicio.	Servicio válvula reguladora de presión.	53

El recipiente piloto se encarga de alimentar líquido saturado hacia el recipiente de alta presión, controlando así, el flujo de éste.

La válvula solenoide que alimenta líquido a alta presión desde el recipiente de presión constante hacia las aplicaciones de frío, se desenergizará cuando pare alguno de los compresores, debido a alguna falla de operación, reestableciendo su funcionamiento, cuando

estos arrancan nuevamente. Esto garantiza un buen funcionamiento del sistema.

El sistema de control de nivel de líquido por pulsaciones (LPS) instalado en el enfriador de agua, el banco de hielo y el acumulador de bombas, es un excelente controlador de la presión de evaporación en función de las necesidades de control de nivel de líquido en los recipientes de éste, manteniéndolo constante al igual que a la presión de evaporación.

Cuando se arranca por primera vez el sistema de producción de frío, es necesario verificar que exista flujo de líquido a través de la válvula de flotador de alta presión, ya que esto origina el flujo de líquido al recipiente de presión constante y por consiguiente a las aplicaciones de frío. Si por alguna razón, permanecen atrapadas algunas impurezas que pudieran haber obstruido el orificio de salida de la válvula, no existirá flujo de líquido a las aplicaciones de frío requeridas.

CONCLUSIONES.

La información presentada permite a los ingenieros del diseño de sistemas de producción de frío con amoniaco la identificación y clasificación de los dispositivos de regulación y control que existen en la actualidad, proporcionando a detalle los mecanismos de operación de cada uno de ellos así como la aplicación y asociación correcta en cada componente del sistema frigorífico.

Los mecanismos de operación involucrados en las válvulas y controles permiten clasificarlos de manera técnica y suele ser una manera sencilla de comprender su funcionamiento, sin olvidar que los dispositivos electro-mecánicos y electrónicos son los componentes más precisos al momento de controlar los parámetros establecidos, como lo realizan la piloto reguladora de presión electrónica, válvula de expansión electrónica, control de nivel de líquido electrónico, control de nivel de líquido por pulsaciones, así como el purgador de gases no condensables. Sin descartar que los dispositivos clasificados con un principio de operación mecánico y neumático, mediante el uso de resortes (con una calidad impresionante) permiten regular el flujo en líneas de líquido y vapor como es el caso de la válvula de no retorno, de suministro de vapor recalentado, válvula reguladora de presión estándar, válvula reguladora de presión de salida, válvula reguladora de presión diferencial, etc. En el caso de la válvula reguladora de presión con cierre eléctrico y la válvula reguladora dual de presión operan con una combinación de principios mecánicos y electro-

mecánicos.

Para mejorar los diseños de estas válvulas, lograr un mantenimiento y detección de fallas operativas, se logra a partir de los mecanismos de operación de estos componentes. La regulación automática de funcionamiento así como los controles de actuación o secundarios concentran a todas las válvulas y controles que actualmente existen, la válvula de seguridad queda dentro de una aplicación de limitación y control de seguridad, debido a que limita a una presión de funcionamiento del sistema y una vez sobrepasada, expulsa el exceso de la misma. Es importante resaltar que los controles de operación o primarios como el caso del termostato, presostato y humidistato funcionan como interruptores eléctricos que actúan sobre los componentes de regulación y control.

Es importante recordar que la acción directa en válvulas solenoides, reguladoras piloto de presión está en función al diámetro del puerto y no al tipo de refrigerante, a la aplicación o al diseño de la misma. De tal manera a un diámetro inferior a $\frac{3}{4}$ de pulgada la válvula operará de manera directa; mientras que, a un diámetro superior a $\frac{3}{4}$ de pulgada su mecanismo de operación será vía un piloto. Las reguladoras y controles presentados en este documento muy difícilmente se localizan en algún texto existente, salvo algunos manuales en otro idioma y sin contener las descripciones detalladas.

La localización precisa del bulbo termostático de la válvula de

expansión termostática garantiza un buen funcionamiento. El mantenimiento constante de la temperatura de evaporación considerando los cambios en la carga por la rotación del producto almacenado o enfriado dentro del recinto. La válvula de expansión a presión constante, así como la válvula de expansión manual no consideran las variaciones de la carga dentro de la cámara de conservación, pero al ser asociadas mediante una válvula solenoide la cual es accionada vía un termostato que monitorea el cambio de temperatura dentro del recinto, actuando como un interruptor eléctrico que permite o interrumpe el flujo hacia la válvula de expansión ajustada a la presión de evaporación. El ajuste o calibración de la válvula reguladora de presión o la válvula de expansión se realiza después de un par de horas de funcionamiento de las compresores, lo que garantiza el flujo de refrigerante en toda la instalación, permite verificar fugas o alguna falla en alguno de los componentes del sistema frigorífico.

Los costos un poco elevados de los componentes electrónicos hacen que la mayoría de los diseños de los almacenes y aplicaciones frigoríficas utilicen los componentes mecánicos y electro-mecánicos. Y al momento de realizar la asociación correcta, el funcionamiento del sistema será muy eficiente.

La aplicación del purgador de gases dentro del diseño de cualquier sistema de producción de frío es muy útil debido al ahorro energético expresado en un 6 % del total del costo energético de

operación del sistema.

El diagrama de aplicación de válvula es sumamente práctico y útil en especialmente para aquellas personas que no dominan o tienen poco conocimiento sobre los sistemas de producción de frío debido a que presenta claramente cada equipo, componente y líneas de refrigerante en fase líquida o vapor a alta o baja presión.

Por otro lado contempla una asociación de válvulas y controles sencilla, pero que garantiza un excelente funcionamiento y control del sistema de producción de frío. Además de que permite estimar los costos de diseño y predecir los costos de mantenimiento de la instalación.

BIBLIOGRAFÍA.

- 1.- Alarcón C. Tratado practico de refrigeración automática. 12 Ed. 1998. Marcombo Boixareu Editores. Barcelona, España.
- 2.- Althouse A. D., Turnquist C. H., Bracciano A. F. Modern refrigeration and air conditioning. 1992. The Goodheart-Willcox Company. Illinois, USA.
- 3.- Blázquez E. A. Clasificación de controles. 2000. Diseño de sistemas de refrigeración. México D.F.
- 4.- Botero C. G. Manual de refrigeración y aire acondicionado. 1987. Pretice Hall Hispanoamericana S. A. México.
- 5.- Danfoss. Automatic controls for refrigeration plant and air conditioning systems. 1997. Manual técnico. Nordborg Denmark.
- 6.- Dossat R. J. Principios de refrigeración. 1997. CECSA. México.
- 7.- García G. Estudio de eficiencias operativas en instalaciones frigoríficas recirculadas a nivel industrial. 1998. Tesis. FES Cuautitlan, UNAM.
- 8.- Goliber F. P. Servicio de refrigeración. 1995. Ed. Diana. México.
- 9.- Hansen Technologies Co. Collection of instructions for commercial and Industrial refrigeration components. 2002. Illinois, U.S.A. .
- 10.- Hansen technologies Co. Refrigerant valve capacity tables for ammonia. 1999. Illinois, U.S.A.
- 11.- Hansen Technologies Co. Relief valves, sizing and piping. 2002. Manual técnico. Illinois, U.S.A.
- 12.- Hansen Technologies Co. Auto-purger, removes air...saves energy. 1999. Boletín técnico. Illinois, U.S.A. .

- 13.- Instituto Internacional del Frío Paris. El amoniaco como refrigerante., 1ª edición. 2000. AMV ediciones. Madrid, España.
- 14.- Koelet, P. C. Frío industrial, fundamentos diseño y aplicaciones". 1997. AMV ediciones. Madrid, España.
- 15.- Marsh R. W., Olivo C. T. Principios de la refrigeración. 2da edición. 1992. Editorial Diana. México.
- 16.- Mayekawa de México. Refrigeración, principios diseño y aplicaciones. 1980. Manual técnico. México.
- 17.- Meredith F.H. Manual para técnicos frigoristas. 1984. Editorial Acibia. Zaragoza, España.
- 18.- Morsel H. Vadecum del frigorista. 1973. Editorial Acibia. Zaragoza España.
- 19.- Parker Hannifin Co. Refrigeration Specialties Division. Industrial and commercial refrigeration flow control valves. 1999. Manual técnico. Illinois, USA.
- 20.- Portugués E. Instalaciones frigoríficas para la industria enologica. 1992. Editorial Servicio de Publicaciones, Valencia, España.
- 21- Pugh E. Refrigeration control valves: hook, line and sinker. Parker Hannifin Co. 1990. Boletín Técnico. Illinois, USA.
- 22.- Rapin P. J. Instalaciones Frigoríficas. 1976. Marcombo Boixareu Editores. Barcelona, España.
- 23.- Sánchez P. I. M. T. Ingeniería de las instalaciones térmicas agroindustriales. 1998. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. Córdoba, España.

24.- Sociedad Danesa de Fabricantes de Maquinaria Frigorífica. Manual del técnico frigorista. 1969. Trad. Antonio Pino S. Ed. Acribia. Zaragoza, España.

25.- Stoecker W. F., Jones J. W. Refrigeration and air conditioning. 1986. McGraw-Hill Book Company. New-York, USA.

26.- Watson J. A. Manual de mantenimiento preventivo para sistemas de Refrigeración industrial. 1980. Guadalajara Jal. México.

27.- Watson J. A. Refrigeración industrial para el operador. 1980. Guadalajara, Jal. México.

28.- Whitman C. W. Johnson M. W. Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado. 2000. Paraninfo Thomson Learning. Madrid, España.

29.- Yencho J. A. Capacitance level probes useful in refrigeration applications. 1996. Boletín técnico. Hansen Technologies Co. Illinois USA.

Paginas Electrónicas.

1.- Hansen Technologies Co. Tema: Válvula de expansión manual. Fecha: 3 de julio del 2003.

<http://www.hantech.com>

2.- Instituto Argentino del Frío. Válvulas de expansión. Tema: Comparación entre la válvula de expansión termostática y la válvula de expansión a presión constante. Fecha: 10 de agosto del 2002.

http://www.aafrio.org.ar/tema_congresos/caf_96/C96_Dispositivos_de_Expansion_desde_02.html

3.- Termistores. Tema: Termistores NTC y PTC. Fecha: 5 de diciembre del 2004.

<http://www.construnario.es/diccionario/central.asp?susc=24107&leng=&pag=3>

<http://www.ngasis.com/Articulos/Termistores/>

ANEXO.

ACUMULADOR: es un recipiente que almacena refrigerante, generalmente del lado de baja presión del sistema.

BARRERA AL VAPOR: Es una capa de una sustancia impenetrable, aplicada a las paredes, pisos y techos de los armarios de refrigeración, para impedir el flujo de vapor de agua de un ambiente mas cálido y húmedo alrededor de una estructura de refrigeración.

BOMBA DE CALOR: Un sistema que absorbe calor a mas baja temperatura y descarga éste, a un espacio y una temperatura mas elevadas. En la medida en que se adicione potencia, se requiere energía, adicional que es también descargada a una temperatura más alta. El equipo de un sistema de bomba de calor es el equivalente a un sistema de refrigeración. Pero si deseamos que la función sea recuperar el calor a alta temperatura; es denominada bomba de calor.

BTU: (Unidad Térmica Británica) es la cantidad de calor necesario para incrementar 1 °F una libra de agua.

CABALLO POTENCIA: Unidad de potencia. Equivalente a 550 ft-lb por segundo, o 33,000 ft-lb por minuto.

CABEZAL ESTÁTICO: Es la altura de un cabezal de líquido que soportara el mas mínimo movimiento.

CABEZAL DE VELOCIDAD: Es la altura de una cabezal de líquido equivalente al resultado de la presión, si un movimiento del fluido es lentamente friccionado contra el resto.

CABEZAL TOTAL: Es el resultado de la suma del cabezal estático y el cabezal de velocidad.

CALOR: Es una forma de transmisión de la energía que resulta en virtud de una diferencia de temperatura.

CALOR LATENTE: Es el cambio de entalpía durante la transición de estado entre el líquido y el vapor.

CALOR SENSIBLE: Es la cantidad de energía asociada con el cambio en la temperatura de un cuerpo.

CALOR ESPECÍFICO: Es la cantidad de calor requerido para elevar la temperatura de una unidad de masa de una sustancia, un grado en unidad de temperatura.

CALOR DE FUSIÓN: Es la suma total de transferencia de calor para cambiar de fase una unidad de masa, entre un sólido y un líquido.

CALOR DE EVAPORACIÓN: Es la cantidad de calor requerido para cambiar de fase una unidad de masa, de un estado sólido a un estado gaseoso.

CAPACIDAD DE REFRIGERACIÓN: Es la cantidad de calor removido de un cuerpo o espacio que es enfriado. Generalmente se usan unidades BTU/min, BTU/hr o toneladas de refrigeración (T.R.).

CARGA DE REFRIGERACIÓN: Es la cantidad de carga suministrada al evaporador, comúnmente expresada en toneladas de refrigeración, y es equivalente a 200 BTU/min o 12,000 BTU/hr.

COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR: Es el factor producto de multiplicar el área de transferencia de calor, por la diferencia de temperatura cedida por el mismo flujo: en BTU/hr.

COEFICIENTE DE CUMPLIMIENTO (COP): Es la relación entre el efecto neto de la refrigeración, con respecto a la potencia consumida por el compresor.

COMPRESIÓN MÚLTI-ETAPA: Es la compresión en dos o más pasos, donde la descarga de un compresor es conectada a la succión de otro, después de un proceso de eliminación de calor del recalentamiento generado.

COMPRESOR BOOSTER: Compresor de baja en un sistema de doble etapa de compresión.

COMPRESOR CENTRÍFUGO: Es un equipo que eleva la presión del vapor comprimido mediante la utilización de una velocidad de rotación

elevada.

COMPRESOR HERMÉTICO: Es la combinación de un motor/compresor en el cual se encuentran albergados ambos accesorios; de tal manera que se evite la filtración de cualquier refrigerante hacia el motor, mediante el uso de una flecha sellada.

COMPRESOR ABIERTO: Es un equipo donde la flecha tiene contacto con la atmósfera entre el compresor y el motor.

COMPRESOR RECIPROCANTE: Es un equipo en el cual la compresión se desarrolla mediante el movimiento de pistones dentro de cilindros, los cuales atrapan al refrigerante, de tal manera que cuando el pistón se mueve en dirección opuesta, comprime y descarga el refrigerante.

COMPRESOR ROTATORIO: Es un tipo de compresor donde la rotación cilíndrica del compresor se encuentra excéntricamente dentro del albergue el cual, es montado como aspa de molino, debido a que el rotor gira, el volumen de refrigerante atrapado dentro de los cambios de la aspa adyacente, completa las opciones de succión y compresión.

COMPRESOR DE TORNILLO: Es un compresor que mediante el cambio de volumen realiza la compresión, presentando una cavidad formada entre dos tornillos de forma helicoidal (tipo doble tornillo) o por la cavidad formada por un tornillo de forma helicoidal y un torno rotatorio (tipo tornillo único).

CONDUCTANCIA TÉRMICA: Es la razón del tiempo de flujo de calor por unidad de área, para que 1°F de diferencia de temperatura ocurra entre dos superficies ligadas.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA: Es la razón de tiempo de flujo de calor por unidad de área y espesor, bajo condiciones de flujo constante, cuando una unidad en el gradiente de temperatura se mantiene en dirección perpendicular hacia el área considerada.

CONGELADOR: Es un componente del sistema de refrigeración, el cual puede ser un congelador de placas, en espiral o un conductor de calor. En él, se aplica una corriente de aire a baja temperatura directamente sobre un cuerpo con el objeto de congelarlo. Este término también se

aplica a un espacio refrigerado en el cual se mantiene una temperatura inferior a los 32 °F. Pero algunas veces la aplicación de este término puede ocasionar algunas confusiones.

CONVECCIÓN TÉRMICA: Es la transferencia de calor entre la superficie de un sólido y un fluido.

CONVECCIÓN FORZADA: Es la transferencia de calor entre la superficie de un sólido y un fluido, cuando este flujo es suministrado por un dispositivo externo como un ventilador o una bomba.

CONVECCIÓN NATURAL: Es la transferencia de calor entre la superficie de un sólido y un fluido, cuando este flujo es desarrollado por la diferencia de densidades; que es resultado directo de la diferencia de temperaturas de ambos fluidos.

DESCARGAR: (Alivio de la carga) Es el mecanismo de un compresor mediante el cual se permite la reducción de la capacidad de bombeo, esta descarga se logra en un compresor recíprocante, manteniendo la válvula de succión de uno o más cilindros en posición abierta. En un compresor de tornillo se logra mediante el uso de una válvula corrediza.

DESHIELO: (Descarce) Es la eliminación de la escarcha formada en un serpentín, adicionando calor a fin de derretirla.

DESHIELO CON GAS CALIENTE: Es la eliminación de la escarcha formada en un serpentín, mediante el suministro de calor por condensación del refrigerante del lado de alta presión hacia el serpentín y tubos del evaporador.

EXPANSIÓN DIRECTA: En un serpentín donde la misma cantidad de flujo suministrada será evaporada.

EFICIENCIA DE COMPRESIÓN: Es la relación entre la potencia requerida para una compresión ideal con respecto a la compresión actual.

EFICIENCIA VOLUMÉTRICA: Relación entre la cantidad de flujo volumétrico de refrigerante bombeado por un compresor, medida durante la succión, como la cantidad de líquido arrastrado por el pistón

(compresor recíprocante) o como la cantidad de líquido alojado en las cavidades durante la operación de cierre o la succión en un compresor de tornillo.

ENERGÍA: La energía puede entenderse de muchas formas. Como trabajo (fuerza por distancia); térmica (cuando se eleva la temperatura de un cuerpo existiendo o no cambio de fase); cinética (una masa en movimiento); y potencial (la relativa a la elevación de las masas). Varias unidades de energía pueden incluir Ft-Lb, BTU y joules.

ENTALPIA: Es una propiedad termodinámica de una sustancia la cual equivale a la suma de la energía interna y el resultado de $p v/J$: donde p = presión, v = volumen específico, J = el equivalente mecánico del calor. Para el uso en refrigeración industrial una inexacta definición de "contenido de calor" es usualmente adecuada.

ENTROPÍA: El calor adicionado a una sustancia dividido entre la temperatura absoluta a la que el proceso ocurre, en la refrigeración será limitado al uso de líneas de entropía constante en la región de recalentamiento en un diagrama presión entalpía, para representar el camino de una compresión ideal.

EFEECTO REFRIGERANTE: Es el cambio en entalpía de una unidad de masa de refrigerante que es conducido a través del evaporador.

EQUALIZADOR: Es una tubería proveniente de alguna parte del sistema de refrigeración hacia otro, que mantiene esencialmente la misma presión en estos dos puntos.

EVAPORADOR: Es un equipo del sistema de refrigeración donde el líquido refrigerante cambia a fase vapor tomando calor externo, lo cual tiende a producir el efecto de la refrigeración.

FLASH GAS: (Relámpago de gas), es la porción de gas que resulta de la caída de presión de un líquido, si éste es saturado antes de la caída de presión, el líquido siguiente a la caída de presión permanecerá a una temperatura más baja. Para obtener este efecto de sub-enfriamiento una porción de líquido es convertida en vapor el cual da el origen del flash gas.

GRAVEDAD ESPECÍFICA: La densidad de un fluido, generalmente un líquido, relativa a la densidad del agua con respecto a un punto de referencia.

HUMEDAD RELATIVA: Es una relación generalmente expresada en porcentaje, de una fracción molar de vapor de agua presente en el aire, pero la fracción molar de vapor de agua presente a la misma temperatura de saturación y presión barométrica del aire.

INTERCAMBIADOR DE CALOR: Es un dispositivo que intercambia calor entre dos fluidos distintos separados.

INTERENFRIAMIENTO: Es la eliminación del recalentamiento de la descarga del gas del compresor de primera etapa de compresión antes de llegar a la segunda etapa de compresión.

LADO DE ALTA PRESIÓN: Es la porción del sistema de refrigeración operado a alta temperatura, generalmente se encuentra entre la descarga del compresor y la entrada de la válvula de expansión.

LADO DE BAJA PRESIÓN: Es una porción del sistema de refrigeración que opera a baja presión del refrigerante, se encuentra localizada después de la válvula de expansión y hasta la succión del compresor.

LINEA DE SUCCIÓN: Es la tubería que envía al refrigerante vapor desde el evaporador hacia el compresor.

POTENCIA: Capacidad de realizar un trabajo. Expresado en caballos potencia, BTU por hr. y Watts.

PUNTO DE FUSIÓN: Es la temperatura que aporta la presión entre las fases sólida y líquida de una sustancia en equilibrio.

PROCESO ISOENTROPICO: Es la caracterización de un proceso que toma lugar a entropía constante. En refrigeración industrial, una compresión ideal (adiabática y sin fricción) se realiza isoentropicamente.

PROCESO ISOTÉRMICO: Es la caracterización de un proceso que toma lugar a temperatura constante.

PRESION: Es la fuerza que se aplica a un líquido o gas homogéneo, por unidad en las paredes de su contenedor.

PRESIÓN ABSOLUTA: Es la presión referida a que de un vacío perfecto.

PRESIÓN ATMOSFERICA: Es la presión ejercida por el peso del aire sobre una posición de referencia.

PRESIÓN DE RETORNO: Es la presión del refrigerante medida a la entrada del compresor; también se denomina presión de succión.

PRESIÓN DE CARGA: Es la presión del sistema registrada por una carga.

PRESIÓN PARCIAL: La presión total de una mezcla de gases es atribuida a uno de los constituyentes de esta mezcla.

PRESIÓN DE VAPOR: Es la presión que entra en acción por la tendencia de un líquido a evaporarse. Así cuando el vapor esta presente sobre un líquido en un recipiente; la presión del recipiente es la presión de vapor del líquido a esa temperatura.

PESIÓN DE VELOCIDAD: Es la presión que se desarrolla cuando toda la cantidad de un fluido es arrastrada en un proceso ideal (sin fricción).

PRESIÓN DEL RECIPIENTE: Cualquier refrigerante contenido en un receptáculo del sistema.

PURGADO: El purgado de un líquido es un proceso adiabático, irreversible, que consiste en la disminución de la presión sin aplicar trabajo externo.

PURGADOR: es un dispositivo que elimina los gases no condensables del lado de alta presión en un sistema de refrigeración.

RADIACIÓN TÉRMICA: Es la transmisión de calor de una superficie a otra, a través de un gas o un espacio; sin calentar dicho espacio entre las superficies.

RECIBIDOR DE ALTA PRESIÓN: Es el recipiente entre la salida del condensador y el lado de baja del sistema de refrigeración, empleado para almacenar el refrigerante.

RECIBIDOR DE BAJA PRESIÓN: Es un recipiente que se emplea para recircular el líquido con vapor proveniente de los evaporadores; el cual separa la mezcla líquido-vapor, el vapor se envía a la succión del compresor; mientras que el líquido es alimentado a los evaporadores.

REFRIGERANTE: Es el fluido que trabaja en un sistema de refrigeración; el cual produce el efecto de refrigeración cuando se evapora y mediante la condensación elimina todo el calor de rechazo del sistema.

REFRIGERANTE SECUNDARIO: Es una sustancia generalmente no volátil, empleada durante la transferencia de calor, desde un punto de aplicación de refrigeración hacia el evaporador de refrigeración.

SATURACIÓN: La condición para la coexistencia en equilibrio de un vapor y un líquido, pero también puede ser un líquido y un sólido.

SISTEMA DE CARGA LIMITADA: Un sistema que contiene una carga de refrigerante en reposo, todo el líquido vaporizado en el sistema de tal manera que cualquier incremento en la temperatura del éste, resultará en un mínimo incremento en la presión interna del sistema.

SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE LÍQUIDO: Este tipo de sistema alimenta líquido a los evaporadores con una gran cantidad de refrigerante que puede ser evaporado, lo cual permite una superficie completamente humedecida (con líquido) de transferencia de calor. La consecuencia de este sistema es que permite la separación del refrigerante líquido y vapor en el recipiente. El refrigerante vapor retorna al compresor mientras que el líquido es recirculado al evaporador.

SOLUBILIDAD: Es la propiedad que tiene una sustancia de mezclarse con otra sustancia obteniendo una combinación homogénea, sin producir una reacción química.

SOBRECALENTAMIENTO: Es la condición con la cual, la temperatura del vapor es mas alta que la temperatura de saturación a una presión

existente.

SUPERFICIE EXTENDIDA: Superficie de transferencia de calor de una aleta, disco, etc. El cual se encuentra montado en los tubos del serpentín, para incrementar el área de transferencia de calor.

SUBENFRIAMIENTO: Es el enfriamiento de un líquido en su temperatura de saturación en una presión de referencia.

TAPÓN FUSIBLE: Es un dispositivo que permite aliviar el exceso de presión con un fusible que se derrite, abriendo un tapón que se encuentra ajustado a una temperatura predeterminada.

TEMPERATURA: Es el estado térmico de la materia, con referencia a la tendencia de transmisión de calor de una sustancia que esta en contacto con ella. Pero no es un flujo ni una diferencia de temperaturas.

TEMPERATURA ABSOLUTA: Es una temperatura expresada en grados sobre el cero absoluto.

TEMPERATURA CRÍTICA: Es la temperatura de saturación correspondiente, al estado donde se pierden las propiedades de líquido saturado o vapor saturado.

TEMPERATURA DE ROCIO: Es la temperatura del aire; con la cual el vapor de agua empieza a condensarse en una mezcla de aire / vapor de agua cuando es enfriada a presión constante.

TEMPERATURA DE BULBO SECO: Es la temperatura de una sustancia, generalmente aire, que se registra mediante un termómetro con su bulbo seco.

TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO: Es la temperatura del aire, medido cuando el bulbo es humedecido; así que la evaporación ocurre desde el bulbo húmedo hacia el aire.

TERMOSTATO: Instrumento que responde al cambio de temperatura en un espacio, y su capacidad de enviar una señal de retorno a un sistema de control que corresponde a la temperatura registrada.

TONELADA DE REFRIGERACIÓN: Es la capacidad de la unidad de refrigeración; que equivale a 200 BTU/min. o 12,000 BTU/hr.

TRABAJO: Cuando aplicamos una fuerza a través de una distancia específica.

VÁLVULA CHECK: En un dispositivo que se instala en líneas de succión, descarga y alimentación de líquido, con el objetivo de evitar el flujo de retorno del refrigerante hacia otro componente del sistema de refrigeración, originado éste por el incremento de presión; lo cual puede causar un daño en el proceso.

VÁLVULA DE EXPANSIÓN: Es un componente del sistema de refrigeración donde se presenta una caída de presión, del lado de alta hacia el de baja. Una obligación adicional es la regulación del flujo de refrigerante hacia el evaporador o algún otro recipiente donde este instalada.

VÁLVULA DE SUMINISTRO DE VAPOR RECALENTADO: Esta válvula se aplica para cerrar líneas de succión, retorno de gas; (en evaporador recirculado o inundado), o de exceso de líquido gas; mediante el suministro de un gas a alta presión, proveniente de la descarga del compresor. Para iniciar el ciclo de deshielo, en un sistema de refrigeración.

VÁLVULA DE RETORNO DE PRESIÓN: Es un regulador de presión entre la salida del evaporador y la succión del compresor; que intenta mantener la presión en el evaporador lograda por el ajuste de una presión determinada. También es llamado como regulador de presión de evaporación.

VÁLVULA DE FLOTADOR: Es una válvula que regula el flujo de refrigerante líquido manteniendo un nivel de líquido designado. La válvula es de flujo de entrada o salida.

VÁLVULA DE FLOTADOR DEL LADO DE BAJA: Es una válvula de flotador que intenta mantener un nivel de líquido constante en un reservorio con un flujo de entrada de la válvula.

VÁLVULA DE FLOTADOR DEL LADO DE ALTA: Es una válvula de

flotador que intenta mantener un nivel de líquido constante, con un flujo de salida de la válvula. Este tipo de válvula tiene la facultad de pasar todo el líquido pero introduciendo cargas de vapor.

VÁLVULA SOLENOIDE: Es una válvula que puede cerrar por acción de la gravedad, presión o un resorte y se abre mediante el movimiento de un pistón buzo, el cual se produce por una bobina y un magneto energizado.

VAPOR: Es un gas, generalmente se encuentra cerca de su condición de saturación.

VAPOR SATURADO: Es el vapor que se encuentra a una presión y temperatura en equilibrio con su estado líquido.

VAPOR SOBRECALENTADO: Es el vapor que existe a una temperatura mas alta que su temperatura y presión de saturación.

VELOCIDAD: Es un vector de cantidad, el cual denota la razón de tiempo y la dirección de un movimiento lineal.

VISCOSIDAD: Es la propiedad física de los fluidos en virtud de una resistencia a la deformación instantánea por un cambio de forma o de lugar en el espacio. Es la medida de una fuerza necesaria para mover una capa de un fluido con su resistencia relativa hacia una capa adyacente.

VOLUMEN ESPECÍFICO: Es el volumen de una sustancia por unidad de masa.