INDICE

I.- INTRODUCCIÓN A LOS EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN Y BOMBA DE CALOR

Introducción	*2*
El equipo de refrigeracion	*3*
El ciclo de refrigeracion	*3*
Máquinas frigoríficas de fluidos condensables con expansión isentálpica	*6*
Compresión en régimen húmedo	*6*
Compresión en régimen seco	*6*
Principio de funcionamiento de la bomba de calor	*8*
Objetivo de la bomba de calor	*9*
Producción simultanea de frío y de calor	*9*
Esquema de bomba de calor funcionando en situación de verano, Refrigeración	*12*
Esquema de bomba de calor funcionando en situación de invierno, Calefacción	*12*

II.- COMPRESORES, CONDENSADORES Y EVAPORADORES

Introducción	*15*
Compresores alternativos	*16*
Esquema de compresor alternativo monocilíndrico	*16*
Esquema de cargas de aspiración e impulsión en un compresor alternativo monocilíndrico	*16*
Esquema de compresor alternativo compacto monocilíndrico de simple efecto	*17*
Esquema de compresor alternativo de dos etapas	*17*
Esquemas de compresor alternativo compacto de simple, doble y triple efecto	*18*
Compresores rotativos	*19*
Esquemas de compresores rotativos monocelular, bicelular y multicelular	*20*
Esquemas de compresores rotativos de émbolo radiales	*20*
Esquema de las etapas de funcionamiento del compresor rotativo de paletas	*21*
Esquema de las etapas de funcionamiento del compresor rotativo de rodillo	*21*
Esquema de compresor rotativo de pala deslizante sobre el estator	*21*
Esquema de compresor rotativo de émbolos axiales	*22*
Esquema de compresor rotativo de émbolos inclinados, con disco cónico	*22*
Esquema de compresor rotativo de émbolos, con bloque de émbolos inclinado y regulable	*22*
Esquema de compresor Scroll	*22*
Turbocompresores	*23*
Esquema de turbocompresor axial	*23*
Esquema de turbocompresor radial	*23*
Condensadores	*24*
Condensadores enfriados por aire	*24*
Condensadores refrigerados por aire en convección natural	*24*
Condensadores refrigerados por aire en convección forzada	*25*
Condensadores enfriados por agua	*26*
Condensador enfriado por agua de doble tubo	*26*
Condensador de carcasa y serpentín	*27*
Condensador de carcasa y tubos	*27*
Condensadores evaporativos	*27*
Condensadores de lluvia	*27*
Condensadores en evaporación forzada	*28*
Evaporadores	*28*
Clasificación de los evaporadores según el funcionamiento	*29*
Evaporadores de expansión seca	*29*

Evaporadores inundados	*30*
Clasificación de los evaporadores según el tipo de construcción	*31*
Evaporadores de tubo liso	*31*
Evaporadores de placas	*32*
Evaporador de tubos circulares entre placas estampadas	*32*
Evaporador de placa de chapas	*32*
Evaporadores de sistema seco de tubos y aletas	*32*
Clasificación de los evaporadores según la fase en que se encuentra la materia a enfriar	*33*
Evaporadores para enfriamiento de sólidos	*33*
Evaporadores para enfriamiento de gases	*34*
Evaporadores para enfriamiento de líquidos	*34*
Evaporador de doble tubo	*34*
Enfriador Baudelot	*34*
Enfriador de tanque	*35*
Enfriador de carcasa y serpentín	*35*
Evaporador para enfriamiento de líquidos de carcasa y tubos	*36*
Evaporador atomizador	*36*
Acumulación de escarcha en el evaporador	*36*
Sistemas de desescarche	*37*
Desescarche por pulverización o lluvia de agua.	*37*
Descongelación por los gases calientes de la descarga del compresor	*38*
Aporte de gas caliente al evaporador	*38*
Aporte de gas caliente con el auxilio de un reevaporador	*38*
Inversión del ciclo	*39*
Desescarche por resistencias eléctricas	*39*
Control de fin de desescarche	*41*

III.- VÁLVULAS Y ACCESORIOS

Válvulas de expansión	*43*
Válvulas reguladores de caudal	*43*
Válvula de expansión manual	*43*
Válvula de expansión automática o presostato	*44*
Aumento de la carga térmica del evaporador	*44*
Disminución brusca de la carga térmica del evaporador	*45*
Válvula de expansión termostática	*45*
Válvulas de expansión termostática con igualación interna de presiones	*45*
Funcionamiento	*46*
Válvulas de expansión termostática con igualación externa de presiones	*47*
Válvulas de flotador	*49*
Válvula de flotador de baja presión (en el evaporador)	*49*
Válvula de flotador de alta presión (en el condensador)	*50*
Válvulas restrictoras o capilares	*51*
Válvula de expansión capilar	*51*
Tubos capilares	*51*
Válvulas especiales	*51*
Válvula termostática de inyección	*51*
Válvula de presión constante	*51*
Válvula de arranque	*51*
Regulador de capacidad	*51*
Válvula de acción instantánea	*51*
Válvula de estrangulamiento termostática	*51*
Válvula presostática de agua	*51*
Válvula solenoide	*51*
Válvula termostática de agua	*51*
Válvula de inversión de vías	*51*
Válvulas de seguridad y tapones fusibles	*51*
Otros accesorios	*54*

Presostatos	*54*
Termostato bimetálico	*54*
Termostato con bulbo y capilar	*54*
Filtros secadores	*54*
Filtros mecánicos	*54*
Filtros cerámicos	*54*
Tamices moleculares	*54*
Filtros de líquidos	*55*
Manómetros de BP, MP, AP	*56*
Aparatos de automaticidad	*56*
Ventilador	*56*
Aparatos de control	*56*
Termostato de máxima	*56*
Interruptor de parada	*56*
Termostato de mínima	*56*
Presostato de alta y baja presión	*56*
Temporizador de retardo de funcionamiento del compresor	*56*
Temporizador de funcionamiento mínimo del compresor	*56*
Termostato de descarche automático	*56*

IV.- CARGAS TÉRMICAS Y DIMENSIONADO

Introducción	*57*
Influencia del ambiente exterior	*58*
Cálculo de la carga térmica Q_1 a extraer de la cámara	*59*
Método rápido experimental para el cálculo de Q_1	*62*
Cálculo de la carga térmica por renovaciones de aire, luces, personas, Q_2 y Q_3	*63*
Cálculo de la carga térmica de los productos a refrigerar, congelar o conservar, Q_4	*64*
Carga total	*64*
Elección del diagrama de trabajo	*65*
Elección de temperaturas	*65*
Elección del fluido frigorígeno	*65*
Elección de los componentes del equipo de refrigeración	*65*
Dimensionado y selección del compresor	*65*
Selección del compresor	*66*
Capacidad frigorífica de un compresor en función de la temperatura de aspiración	*67*
Capacidad frigorífica de un compresor en función de la temperatura de condensación	*68*
Dimensionado y selección del motor eléctrico	*69*
Dimensionado y selección del evaporador	*70*
Abaco de Mehner	*71*
Factor de corrección de la LMTD	*72*
Factores de corrección de la LMTD para algunos tipos de intercambiadores	*75*
Dimensionado y selección del condensador	*74*
Tubos en batería	*80*

V.- ELECCIÓN Y DIMENSIONADO DE LAS TUBERÍAS Y VÁLVULAS DE UN EQUIPO DE REFRIGERACIÓN

Dimensionado, elección y verificación de las tuberías	*83*
Pérdidas de carga a lo largo de la línea del líquido.	*85*
Pérdida de carga a lo largo de la línea de aspiración.	*89*
Pérdida de carga a lo largo de la línea de descarga al condensador	*90*
Dimensionado y elección de la válvula de expansión	*90*
Funcionamiento de una válvula de expansión termostática	*91*
Consideraciones sobre la capacidad de las válvulas termostáticas	*92*
Influencia de estos factores sobre la capacidad de la válvula	*92*
Caída de presión a través de la válvula	*93*
Condición en la que se halla el refrigerante	*93*
Subenfriamiento del líquido	*93*

Registro de sobrecalentamiento de la válvula	*93*
Temperatura de evaporación del refrigerante y su influencia sobre el bulbo de la válvula	*93*
Tipo de carga termostática	*93*
Medida del sobrecalentamiento de una válvula termostática	*94*
Dispositivos de control y seguridad	*95*

VI.- FLUIDOS FRIGORÍGENOS

Introducción	*97*
Clasificación de los fluidos frigorígenos	*99*
Fluidos frigorígenos	*99*
Fluidos frigoríferos	*99*
Freones. Nomenclatura	*99*
Características de calidad de los freones	*99*
Mezclas azeotrópicas; nomenclatura	*101*
Mezclas zeotrópicas y cuasiazeotrópicas; nomenclatura	*101*
Hidrocarburos saturados	*101*
Compuestos orgánicos	*101*
Regla de las fases de Gibbs	*102*
Sustancia pura (componente único)	*102*
Monofásica	*102*
Bifásica	*103*
Mezcla binaria, componentes, A + B (Monofásica y bifásica)	*103*
Mezcla zeotrópica	*103*
Diagrama de fases	*104*
Diagrama termodinámico	*105*
Representación del ciclo frigorífico en el diagrama de fases	*106*
Mezcla azeotrópica	*106*
Propiedades del refrigerante ideal	*107*
Calor latente de vaporización	*107*
Presión de condensación	*108*
Presión de evaporación	*108*
Temperatura crítica	*108*
Volumen específico	*108*
Temperatura de congelación	*108*
Conductividad térmica	*108*
Viscosidad	*108*
Resistencia dieléctrica del vapor	*108*
Inactividad y estabilidad	*108*
Solubilidad en aceite	*108*
Solubilidad en agua	*109*
Características termodinámicas	*110*
Temperatura de congelación a la presión atmosférica	*110*
Temperatura de ebullición a la presión atmosférica	*110*
Presión de condensación	*111*
Presión y temperatura críticas	*111*
Peso molecular, constante R y exponente de compresión isentrópica del gas	*112*
Relación de presiones entre -15ºC a 30ºC	*112*
Relación de compresión	*112*
Temperatura de escape	*112*
Eficiencia COP	*112*
Volumen específico en la aspiración	*112*
Desplazamiento específico	*113*
Características físicas y químicas	*113*
Toxicidad	*113*
Inflamabilidad	*113*
Reglamentación	*113*
Grado de seguridad de los refrigerantes	*113*

Olor	*114*
Compatibilidad con materiales	*114*
Compatibilidad y solubilidad con lubricantes	*114*
Viscosidad y conductividad térmica	*115*
Características económicas	*115*
Características medioambientales	*116*
Antecedentes	*116*
Efecto invernadero	*117*
Potencial de Calentamiento de la Tierra (GWP)	*118*
Impacto de Calentamiento Equivalente Total (TEWI)	*118*
Potencial de Destrucción del Ozono ODP	*118*
Sustituyentes	*119*
Refrigerantes sintéticos	*119*
Refrigerantes naturales	*119*
El aceite en los equipos frigoríficos	*121*
Propiedades de los aceites lubricantes	*121*
Lubricación de cilindros en los compresores frigoríficos alternativos	*121*
Lubricación por barboteo	*121*
Lubricación forzada por bomba de aceite	*122*
Solubilidad entre el fluido frigorígeno y el aceite	*122*
Ley de Raoult	*122*
Solubilidad en aceite de los diferentes fluidos frigorígenos en fase liquida	*123*
Solubilidad entre el vapor de fluido frigorígeno y el aceite (Ley de Henry)	*123*
Solubilidad en aceite de diferentes fluidos frigorígenos en fase de vapor	*123*
Recuperación del aceite	*124*
Circulación del aceite en sistemas de NH_3	*125*
Circulación del aceite en sistemas de R-12	*125*
Refrigerante R-134 a	*126*
Presión de vapor, densidad, calor específico	*127*
Ecuación de estado	*128*
Entalpía específica	*128*
Entropía específica	*129*
Vapor húmedo	*129*
Exergía específica	*129*
Tablas de propiedades termodinámicas del R 134a	*130*
Diagrama (ln p,i) del R 134a	*136*
Tabla de propiedades termodinámicas del Freón 142b	*137*
Tabla de propiedades termodinámicas del Frenó 124	*140*
Tabla de propiedades termodinámicas del Freón FX 10 (R 408A) Mezcla azeotrópica	*143*
Tabla de propiedades termodinámicas del Freón FX 56 (R 409a)	*144*
Tabla de propiedades termodinámicas del Freón FX 57	*147*
Tabla de propiedades termodinámicas del Freón R 22	*149*
Tabla de propiedades termodinámicas del Freón R 123	*152*
Propiedades termodinámicas del vapor de Amoníaco	*155*
Diagrama (T,s) del Amoníaco	*156*
Diagrama (ln p, i) del gas carbónico (CO)	*157*

VII.- CLASIFICACIÓN DE INSTALACIONES DE CALEFACCION

Calderas	*160*
Combustión	*160*
Cámara de combustión y circuito de humos	*161*
Superficie de calefacción de la caldera	*162*
Caja de humos	*162*
Clasificacion de las calderas segun el tipo de combustible	*162*
- Calderas para combustibles sólidos (leña o carbón)	*162*
- Calderas para combustibles fluidos (gasóleo o gas)	*162*
Quemadores mecánicos	*162*

Quemadores atmosféricos	*164*
Calderas eléctricas	*164*
Clasificacion de las calderas según el material de que estan construidas	*164*
Calderas de fundicion	*164*
Calderas de acero	*164*
Potencia especifica de una caldera	*166*
Instalacion de calderas	*166*
Emplazamiento	*166*
Sala de calderas	*166*
Acoplamiento caldera-quemador	*167*
Selección del quemador	*168*
Potencia calorífica inferior de un combustible PCI	*169*
Rendimiento de la combustion de un generador	*169*
Abacos para el cálculo de la potencia de la caldera	*170*

VIII.- CHIMENEAS, DEPÓSITOS DE EXPANSIÓN Y TUBERÍAS

Chimeneas	*173*
Dimensionado de la chimenea	*174*
Cálculo del conducto horizontal	*176*
Aislamiento térmico	*176*
Diseño	*177*
Depósito de expansión	*178*
Instalaciones en circuito abierto	*179*
Cálculo del volumen del depósito de expansión abierto	*179*
Esquema de instalación de calefacción con depósito de expansión abierto	*180*
Instalación de calefacción con dos calderas y dos depósitos de expansión abiertos	*180*
Instalación de calefacción con dos calderas y un depósito de expansión abierto	*180*
Dimensionado de las tuberías de seguridad.	*181*
Instalacion en circuito cerrado	*182*
Instalación correcta e incorrecta de purgadores de aire en el depósito de expansión	*182*
Instalación correcta e incorrecta de órganos de cierre en el depósito de expansión	*183*
Instalación de depósitos de expansión cerrados, en una instalación de dos calderas	*183*
Dimensionado de la válvula de seguridad	*184*
Esquema de instalación para producción de agua caliente sanitaria	*184*
Esquema de instalación de calefacción y producción de agua caliente sanitaria	*184*
Instalacion defectuosa	*185*
Cálculo y selección del depósito de expansión cerrado	*185*
Cálculo del circulator	*186*
Cálculo de tuberías	*187*
Pérdidas de carga y de presión	*187*
Regulacion, control y seguridad de la caldera	*188*
Instalación en azoteas	*190*
Esquema de instalación en azotea con interruptor de nivel	*190*
Esquema de instalación en azotea con presostato	*190*
Abaco para la determinacion de las perdidas de carga en accesorios	*191*
Diagrama de pérdidas de carga en tubos de cobre para una temperatura del agua de 80ºC	*192*
Diag. de pérdidas de presión y velocidad en tuberías de acero para temperatura del agua de 40ºC	*193*

VIII.- AGUA DE ALIMENTACION, POTENCIA Y RENDIMIENTO DE SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

Proteccion de las calderas de acero contra la corrosion por condensaciones	*195*
Diagrama para la determinación de la temp. de condensación de un combustible (punto de rocío)	*196*
Temperatura de rocío del ácido según el contenido de azufre del gasóleo (Hoffman y Thurlow)	*196*
Prevencion de las condensaciones	*197*
Esquema de la instalación de calefacción con circulador anticondensación	*197*
Agua de la instalación	*198*
Dureza del agua	*19198*

Dureza temporal o dureza de carbonatos	*198*
Dureza permanente debida a los sulfatos, cloruros y silicatos	*199*
Incrustaciones	*199*
Corrosividad	*200*
Valor del pH	*200*
Potencia útil	*201*
Pérdidas térmicas	*201*
Pérdidas en la chimenea	*201*
Pérdidas de calor sensible en los humos	*201*
Pérdidas del calor sensible de los humos; fórmula de Siegert	*201*
Pérdidas de calor por inquemados	*203*
Rendimiento	*204*
Rendimiento útil	*204*
Rendimiento de la combustión	*204*
Pérdidas por radiación y convección	*204*
Rendimiento útil de la caldera	*205*
Rendimiento de la instalación	*205*
Pérdida de calor en tuberías.	*206*
Tabla de pérdidas de calor en tuberías, sin aislamiento térmico, por m lineal de tubería	*207*
Tabla de pérdidas de calor en tuberías, con aislamiento térmico, por m lineal de tubería	*207*
Cálculo de la dilatación en tuberías	*208*
Consideraciones económicas	*208*
Calculo del rendimiento estacional	*208*
Resumen de rendimientos	*208*
Rendimiento estacional en invierno	*209*
Rendimiento estacional en verano	*210*
Consideraciones finales	*211*
Adaptar la caldera a las necesidades de la instalación	*211*
Cálculo del consumo de agua caliente sanitaria	*213*
Cálculo del consumo de agua caliente en un bloque de viviendas	*214*
Cálculo del consumo de agua caliente en hoteles	*216*
Calentamiento del agua en piscinas descubiertas	*217*
Cálculo del consumo anual de combustible	*218*

X.- CALEFACCIÓN MONOTUBULAR

Introducción	*221*
Etapas del funcionamiento de una caldera mural	*222*
Encendido	*222*
Puesta en marcha	*222*
Funcionamiento normal	*224*
Apagado	*224*
Vaso de expansión a membrana	*224*
Seguridad contra el exceso de temperatura del agua	*225*
Seguridad contra el exceso de presión del agua	*225*
Seguridad contra las variaciones de la potencia ajustada	*226*
Seguridad contra el funcionamiento por falta de agua	*226*
Normas de instalación de aparatos calentadores de agua a gas	*226*
Ventilación de locales	*226*
Evacuación de gases de combustión de locales	*226*
Capacidad del local	*226*
Instalación de calentadores	*227*
Evacuación de los productos de la combustión	*227*
Sistemas en la conducción del agua a los radiadores	*227*
Disposición monotubular	*227*
Radiadores	*227*
Características de la llave monotubo para radiadores	*229*
Composición del conjunto, llave + radiador	*230*

Pérdida de carga	*230*
Disponibilidad de los aceleradores de las calderas murales	*230*
Determinación de la temperatura de salida del agua en un radiador de una instalación monotubular	*231*
Influencia del caudal de agua en circulación	*231*
Influencia de la temperatura del agua que circula	*232*
Influencia de la altura manométrica útil de la bomba	*232*
Influencia del salto térmico o diferencia de temperaturas entre la ida y el retorno	*232*
Métodos de funcionamiento	*233*
a) Método numérico	*233*
Selección de radiadores en función de la temp. ambiente y de la temp de circulación del agua	*234*
b) Método gráfico	*237*
Selección de radiadores	*237*
Selección de la caldera	*239*
Diagrama de p. de carga y velocidad del agua en tubos de acero para una temperat. del agua de ºC	*240*
Diagrama de p. de carga y velocidad del agua en tubos de cobre para una temperat. del agua de ºC	*241*
Pérdida de carga en la tubería	*242*
Pérdida de carga en los accesorios	*242*
Pérdida de carga en radiadores	*244*
Ventajas del sistema monotubular	*244*
Tabla de rendimientos térmicos de radiadores monotubulares	*244*
Coeficientes de transmisión de calor totales en muros exteriores	*245*
Coeficientes globales de transmisión de calor en puertas, ventanas y claraboyas	*247*
Coeficientes globales de transmisión de calor.- Valores normales de uso más frecuente	*248*
Temperatura de edificios no calentados	*249*
Temperaturas exteriores para cálculos en calefacción	*249*
Temperatura del aire interior para el cálculo de calefacción	*250*
Coeficientes globales de transmisión de calor en muros sin aislamiento	*250*
Coeficientes globales de transmisión de calor en muros con cámara de aire de a cm	*251*
Coeficientes globales de transmisión de calor en cubiertas y terrazas	*252*

Anexo.- Materiales aislantes para bajas temperaturas	*253*

Indice	*263*