

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO
PARA LOS HEMICICLOS DEL CONGRESO DE LA
REPÚBLICA DEL PERÚ**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

FOLGGES LUIS HAYASHI BEJARANO

PROMOCIÓN 1982-II

LIMA-PERÚ

2013

ÍNDICE

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO 1	
INTRODUCCIÓN	4
1.1 OBJETIVOS	4
1.2 ANTECEDENTES	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 ALCANCE	6
1.5 DESCRIPCIÓN GENERAL	6
1.6 MÉTODO DEL TRABAJO	13
1.7 LIMITACIONES DEL ESTUDIO	13
CAPÍTULO 2	
MARCO TEÓRICO	14
2.1 FUNDAMENTO PARA EL DISEÑO	14
2.2 FUNDAMENTO	15
2.3 CLIMATIZACIÓN	15
2.4 CONFORT TÉRMICO	17
2.5 TERMORREGULACIÓN HUMANA Y BALANCE ENERGÉTICO	18
2.6 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO	21
2.6.1 Índices Ambientales	23
2.6.2 Psicometría y Carta Psicométrica	25
2.6.3 Condiciones exteriores de diseño	27
2.6.4 Ganancias o Pérdidas de Calor	28

2.6.5	Sistemas de Refrigeración empleados en Aire Acondicionado	29
2.6.6	Tipos de Sistemas de Climatización	33
2.6.6.1	Sistema todo aire	33
2.6.6.2	Sistema todo agua	35
2.6.6.3	Sistema aire – agua	36
2.6.6.4	Sistemas todo refrigerante:	37
2.6.6.5	Equipos de la Refrigeración	38
2.6.6.5.1	Condensador	38
2.6.6.5.2.	Compresores	39
2.6.6.5.3	Compresores reciprocantes	39
2.2.6.5.4	Compresores rotativos de tornillo	40
2.2.6.5.5	Compresores rotativos scroll	41
2.2.6.5.6	Compresores centrífugos	42
2.2.6.5.7	Evaporadores	43
2.2.6.5.8	Bombas	43
2.7	NORMATIVIDAD	46
2.8	CONDICIONES DE DISEÑO	55
2.8.1	Condiciones Exteriores del proyecto para el confort en verano	55
2.8.2	Condiciones Interiores del proyecto para el confort en verano	56
 CAPÍTULO 3		
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO		
3.1	MEMORIA DESCRIPTIVA	57
3.1.1	Generalidades	57
3.1.2	Alcances	57
3.1.3	Normas y códigos	62

3.1.4	Propósito del proyecto	63
3.1.5	Parámetros de diseño	65
3.1.6	Resultados	66
3.1.7	Planos de obra	67
3.1.8	Planos de replanteo	67
3.1.9	Alternativas	67
3.2	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	67
3.2.1	Sistema de aire acondicionado	67
3.2.1.1	Chillers	67
3.2.1.2	Bombas de agua	73
3.2.1.3	Accesorios de control	75
3.2.1.4	Variador de frecuencia	76
3.2.1.5	Válvulas multipropósito	78
3.2.1.6	Difusor de succión	78
3.2.1.7	Juntas flexibles	78
3.2.1.8	Acoples ranurados.	78
3.2.1.9	Tanque de expansión	79
3.2.1.10	Tanque separador de aire	79
3.2.1.11	Accesorios e instrumentos	79
3.2.1.12	Unidad manejadora de aire	79
3.2.1.13	Válvulas de 02 vías	86
3.2.1.14	Tuberías y accesorios	86
3.2.1.15	Aislamiento las tuberías para agua helada	92
3.2.1.16	Extractores de aire	93
3.2.1.17	Bases flotantes	94
3.2.1.18	Instalación eléctrica	94
3.2.1.19	Instalación de drenaje	95
3.2.1.20	Pruebas y balanceo	96

CAPÍTULO 4

CÁLCULO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

4.1	METODOLOGÍA DE CÁLCULO	97
4.1.1	Condiciones exteriores máximas (verano)	97
4.1.2	Condiciones exteriores máximas (invierno)	97
4.1.3	Condiciones interiores (verano)	98
4.1.4	Condiciones interiores (invierno)	98
4.1.5	Fluctuación	98
4.1.6	Cargas internas	98
4.1.7	Datos de los materiales involucrados en la construcción	99
4.1.8	Condiciones Interiores	101
4.1.9	Ventilación	101
4.2	CÁLCULO Y DISEÑO	101
4.2.1	Determinación de cargas térmicas y capacidad de equipos	101
4.2.2	Cálculo de la caída de presión en ductos	109
4.2.3	Diseño de tuberías de agua helada	112
4.2.4	Selección del Enfriador de agua (Chiller)	113
4.2.5	Selección de Bombas	116
4.3	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS	119
4.3.1	Unidad Enfriadora de aire (air handler – agua helada)	119
4.3.2	Unidad enfriadora de aire (Manejadoras – agua helada)	123
4.3.3	Unidad evaporadora	127
4.3.4	Unidad enfriadora de agua compacta (Chiller)	128
4.3.5	Unidades electrobombas	132
4.3.6	Sistema de agua helada	142

4.3.7	Tuberías y accesorios de refrigeración	147
4.3.8	Aislamiento de las tuberías	149
4.3.9	Instalación eléctrica	150
4.3.10	Instalación de drenaje	150
4.3.11	Acondicionamiento, pruebas, balanceo y arranque del sistema	151

CAPÍTULO 5

SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA DE AIRE

ACONDICIONADO	154
5.1 SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES	154
5.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	154
5.3 DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN ELEGIDO	162

CAPÍTULO 6

EVALUACIÓN ECONÓMICA: COSTO /BENEFICIO

6.1 COSTO INICIAL Y DE INSTALACIÓN	163
6.2 COSTO DE OPERACIÓN	165
6.3 COSTO DE MANTENIMIENTO	166
6.4 COSTO TOTAL	166
6.5 EVALUACION FINANCIERA DEL PROYECTO	168
CONCLUSIONES	172
BIBLIOGRAFÍA	180
PLANOS	
APÉNDICE	

ÍNDICE

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO 1	
INTRODUCCIÓN	4
1.1 OBJETIVOS	4
1.2 ANTECEDENTES	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 ALCANCE	6
1.5 DESCRIPCIÓN GENERAL	6
1.6 MÉTODO DEL TRABAJO	13
1.7 LIMITACIONES DEL ESTUDIO	13
CAPÍTULO 2	
MARCO TEÓRICO	14
2.1 FUNDAMENTO PARA EL DISEÑO	14
2.2 FUNDAMENTO	15
2.3 CLIMATIZACIÓN	15
2.4 CONFORT TÉRMICO	17
2.5 TERMORREGULACIÓN HUMANA Y BALANCE ENERGÉTICO	18
2.6 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO	21
2.6.1 Índices Ambientales	23
2.6.2 Psicometría y Carta Psicométrica	25
2.6.3 Condiciones exteriores de diseño	27
2.6.4 Ganancias o Pérdidas de Calor	28

2.6.5	Sistemas de Refrigeración empleados en Aire Acondicionado	29
2.6.6	Tipos de Sistemas de Climatización	33
2.6.6.1	Sistema todo aire	33
2.6.6.2	Sistema todo agua	35
2.6.6.3	Sistema aire – agua	36
2.6.6.4	Sistemas todo refrigerante:	37
2.6.6.5	Equipos de la Refrigeración	38
2.6.6.5.1	Condensador	38
2.6.6.5.2.	Compresores	39
2.6.6.5.3	Compresores reciprocantes	39
2.2.6.5.4	Compresores rotativos de tornillo	40
2.2.6.5.5	Compresores rotativos scroll	41
2.2.6.5.6	Compresores centrífugos	42
2.2.6.5.7	Evaporadores	43
2.2.6.5.8	Bombas	43
2.7	NORMATIVIDAD	46
2.8	CONDICIONES DE DISEÑO	55
2.8.1	Condiciones Exteriores del proyecto para el confort en verano	55
2.8.2	Condiciones Interiores del proyecto para el confort en verano	56
 CAPÍTULO 3		
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO		
3.1	MEMORIA DESCRIPTIVA	57
3.1.1.	Generalidades	57
3.1.2	Alcances	57
3.1.3	Normas y códigos	62

3.1.4	Propósito del proyecto	63
3.1.5	Parámetros de diseño	65
3.1.6	Resultados	66
3.1.7	Planos de obra	67
3.1.8	Planos de replanteo	67
3.1.9	Alternativas	67
3.2	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	67
3.2.1	Sistema de aire acondicionado	67
3.2.1.1	Chillers	67
3.2.1.2	Bombas de agua	73
3.2.1.3	Accesorios de control	75
3.2.1.4	Variador de frecuencia	76
3.2.1.5	Válvulas multipropósito	78
3.2.1.6	Difusor de succión	78
3.2.1.7	Juntas flexibles	78
3.2.1.8	Acoples ranurados.	78
3.2.1.9	Tanque de expansión	79
3.2.1.10	Tanque separador de aire	79
3.2.1.11	Accesorios e instrumentos	79
3.2.1.12	Unidad manejadora de aire	79
3.2.1.13	Válvulas de 02 vías	86
3.2.1.14	Tuberías y accesorios	86
3.2.1.15	Aislamiento las tuberías para agua helada	92
3.2.1.16	Extractores de aire	93
3.2.1.17	Bases flotantes	94
3.2.1.18	Instalación eléctrica	94
3.2.1.19	Instalación de drenaje	95
3.2.1.20	Pruebas y balanceo	96

CAPÍTULO 4

CÁLCULO DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

4.1	METODOLOGÍA DE CÁLCULO	97
4.1.1	Condiciones exteriores máximas (verano)	97
4.1.2	Condiciones exteriores máximas (invierno)	97
4.1.3	Condiciones interiores (verano)	98
4.1.4	Condiciones interiores (invierno)	98
4.1.5	Fluctuación	98
4.1.6	Cargas internas	98
4.1.7	Datos de los materiales involucrados en la construcción	99
4.1.8	Condiciones Interiores	101
4.1.9	Ventilación	101
4.2	CÁLCULO Y DISEÑO	101
4.2.1	Determinación de cargas térmicas y capacidad de equipos	101
4.2.2	Cálculo de la caída de presión en ductos	109
4.2.3	Diseño de tuberías de agua helada	112
4.2.4	Selección del Enfriador de agua (Chiller)	113
4.2.5	Selección de Bombas	116
4.3	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS	119
4.3.1	Unidad Enfriadora de aire (air handler – agua helada)	119
4.3.2	Unidad enfriadora de aire (Manejadoras – agua helada)	123
4.3.3	Unidad evaporadora	127
4.3.4	Unidad enfriadora de agua compacta (Chiller)	128
4.3.5	Unidades electrobombas	132
4.3.6	Sistema de agua helada	142

4.3.7	Tuberías y accesorios de refrigeración	147
4.3.8	Aislamiento de las tuberías	149
4.3.9	Instalación eléctrica	150
4.3.10	Instalación de drenaje	150
4.3.11	Acondicionamiento, pruebas, balanceo y arranque del sistema	151

CAPÍTULO 5

SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DEL SISTEMA DE AIRE

	ACONDICIONADO	154
5.1	SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES	154
5.2	SELECCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	154
5.3	DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN ELEGIDO	162

CAPÍTULO 6

EVALUACIÓN ECONÓMICA: COSTO /BENEFICIO

6.1	COSTO INICIAL Y DE INSTALACIÓN	163
6.2	COSTO DE OPERACIÓN	165
6.3	COSTO DE MANTENIMIENTO	166
6.4	COSTO TOTAL	166
6.5	EVALUACION FINANCIERA DEL PROYECTO	168

	CONCLUSIONES	172
--	---------------------	-----

	BIBLIOGRAFÍA	180
--	---------------------	-----

PLANOS

APÉNDICE

AGRADECIMIENTO

- **A Dios por la realización de este proyecto.**
- **A mi esposa Rose Mary por su Inmenso apoyo y dedicación.**
- **A mis hijas Haruko y Suemi por su amor y entrega.**
- **A mis padres por mi formación y su inmenso amor.**

PRÓLOGO

El presente trabajo plantea como rediseñar el Sistema de Aire Acondicionado de los Hemiciclos del Congreso, también conocidos como las cámaras de Diputados y Senadores ubicados en el monumental edificio del Congreso de la República con la finalidad de mejorar las condiciones de operación del sistema actual, cuya demanda de aire acondicionado se ha incrementado por el mayor número de personas presentes y los cambios climatológicos; así mismo porque todos estos ya cumplieron su vida útil.

Este trabajo se desarrolla en seis capítulos como se indica a continuación.

En el **Capítulo 1** de este trabajo se presentan las razones de la sustitución de los sistemas de aire acondicionado de los Hemiciclos del Congreso de la República del Perú también, aquí indicamos la situación actual de las instalaciones de aire acondicionado atendido con un sistema de múltiples unidades tipo paquetes y del tipo "Split" buscando como objetivo mejorar las condiciones de confort, disminuir el peso de los equipos exigido por los técnicos de Defensa Civil, así como disminuir u optimizar las cargas térmicas, también se presentan el planteamiento del problema, sus alcances, las normas empleadas y los reglamentos vigentes.

En el **Capítulo 2** presentamos el marco teórico para el desarrollo del proyecto, es decir los fundamentos y las consideraciones para el diseño del sistema de aire acondicionado.

En el **Capítulo 3** se desarrolla una memoria descriptiva para llevar a cabo el proyecto producto del estudio realizado.

En el **Capítulo 4**, se presenta el método para el cálculo de la carga térmica en condiciones de verano, se diseña los procesos en la carta psicométrica y el diseño de ductos.

En el **Capítulo 5** se presentan la disposición de los equipos actuales y se realiza la selección de los equipos y accesorios de reemplazo, se verifica la posibilidad de usar los mismos ductos aplicándose el método de la velocidades recomendadas para el rediseño de ductos y sus accesorios (rejillas, difusores, reducciones y cambios de dirección) justificando el cambio de los dos sistemas de aire acondicionado actuales, también se calcula las dimensiones de las tuberías de agua de retorno y de agua helada determinando el espesor de aislante y las pérdidas de presión en las tuberías para la selección de las bombas de agua helada y del agua de retorno; luego se seleccionan los principales equipos del sistema elegido, como son del tipo CHILLER, las bombas y las manejadoras de aire; y finalmente se detallan las especificaciones de los equipos mencionados líneas arriba.

En el **Capítulo 6** se realiza una evaluación económica basada en el metrado y presupuesto de los equipos y accesorios del CHILLER seleccionado y del sistema de ductos incluyendo el presupuesto de instalación y mantenimiento que conforma el presupuesto total.

Cabe indicar que, si bien es cierto, el sistema de unidades oficialmente usado en el Perú es el **Sistema Internacional** de Unidades, en los temas relacionados con el acondicionamiento de aire está muy arraigado el uso del **Sistema Ingles** ya que los principales productores de equipos de climatización se encuentran en países que utilizan este sistema de unidades, por lo tanto usaremos este sistema pero colocando su equivalencia en el Sistema Internacional de Unidades.

Finalmente agradezco especialmente al Ing. Jaime Ravelo por su asesoramiento y dedicación para este trabajo, al igual que al Grupo Funcional de Ingeniería de Mantenimiento del Congreso de la República como a la Arquitecta Mónica Arancibia y al Ing. Ovidio Taype por las facilidades en cuanto a planos, parámetros técnicos y acceso a sus instalaciones.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es rediseñar el Sistema de Aire Acondicionado de los Hemiciclos del Congreso de la República con la finalidad de mejorar las condiciones de operación del sistema actual; cuantificar el consumo de energía con un nuevo sistema que incluya las luminarias de nueva tecnología (lámparas Diodo emisor de luz LED) y disminuir el peso de los equipos montados en el techo del edificio.

1.2 ANTECEDENTES

Cada hemiciclo del Congreso cuenta con sistemas de Aire Acondicionado independientes básicamente tipo paquete, habiéndose tenido que colocar algunas unidades del tipo Split. En cada hemiciclo se controla manualmente el exceso de carga generado por la concurrencia de personas dentro del hemiciclo a través de un termómetro ubicado en el Hemiciclo, como es el caso de un cambio de gobierno democrático o cuando el señor presidente de la república presenta al país su mensaje a la nación.

El Sistema de Aire Acondicionado de la cámara de diputados fue diseñado para operar con seis unidades tipo paquete de 120,000 Btu/h o 10 TON, mientras que el sistema de la cámara de senadores fue diseñada para operar con cinco unidades tipo paquete también de 120,000 Btu/h o 10 TON. Sin embargo actualmente se vienen usando otras unidades tipo Split para compensar las cargas térmicas extras; todas las unidades tipo paquete están ubicadas en la azotea del congreso así mismo la unidad condensadora de cada equipo Split también está en la misma azotea,

Las unidades paquete que suministran el aire acondicionado están separadas unas a otras, formando un círculo debido a la forma de la claraboya que irradia luz al Hemiciclo; en estas se conectan los ductos de suministro y retorno respectivo. Las cuales están colocadas bajo un techo en donde se crea un "efecto invernadero" lo que disminuye el rendimiento de los equipos. Actualmente los equipos descritos ya han superado su vida útil y deben ser cambiados o modificados.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Dado a que actualmente los ambientes del Congreso de la República vienen trabajando con equipos instalados de más de 25 años y que en la actualidad han cambiado las condiciones climatológicas y tecnológicas, se hace necesario rediseñar los sistemas de aire acondicionados para los Hemiciclos del Congreso de la República. Que habiéndose incrementado la cantidad de personas, en horas punta, como es el caso de los debates de Leyes en el Hemiciclo, conformado por los congresistas, asesores, secretarías, mozos, invitados en las galerías, etc., obliga a mejorar un

servicio que sea de confort, para todos los ocupantes del Hemiciclo. Es por ello, la necesidad de cambiar los dos Sistemas de Aire Acondicionado que actualmente se encuentran trabajando en pésimas condiciones, por ser consideradas Máquinas obsoletas,. También se ve reflejado el Sistema de Aire Acondicionado en el momento de su inicio, pues se tiene que activar una hora y media antes de comenzar, realizando gastos innecesarios de energía eléctrica.

1.4 ALCANCE

A pesar que hoy en día existen nuevas luminarias mas económicas que podrían disminuir las carga térmica total, nos limitaremos al cálculo y rediseño de los sistemas de Aire Acondicionado y la selección de sus componentes, que permita garantizar la operatividad continua del Sistema de Aire Acondicionado y dar un mejor confort de ambiente para el desarrollo de sus funciones parlamentarias.

1.5 DESCRIPCIÓN GENERAL

Mostramos a continuación como funcionan actualmente los sistemas de aire acondicionado y las siguientes fotografías de los principales ambientes de ambas cámaras.

Las siguientes fotos (1 – 1 a; 1 – 1 b) muestran las instalaciones de los equipos tipo paquete en la azotea de la Cámara de Diputados.



Foto 1-1.a



Foto 1-1. b

Las siguientes fotos (1-2a; 1 – 2b) muestran los difusores que inyecta el aire acondicionado a la Cámara de Diputados.



Foto 1-2a

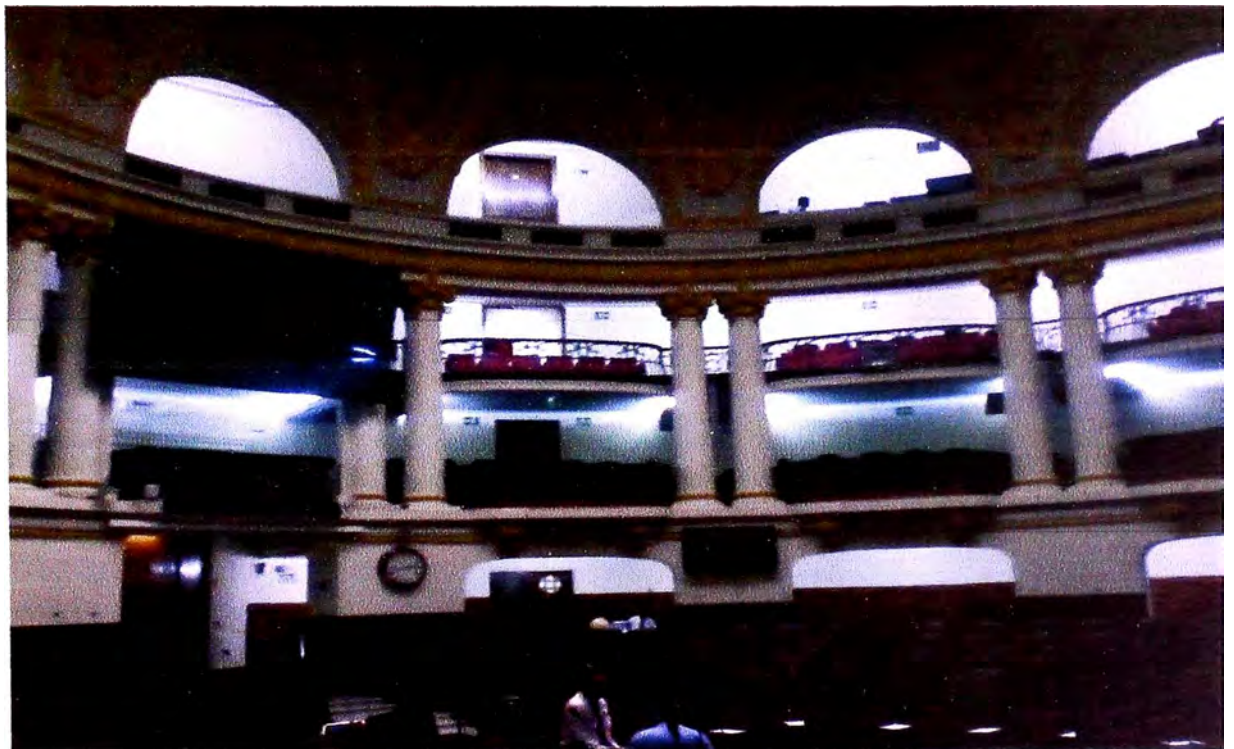


Foto 1-2.b

Las siguientes fotos (1 – 3a; 1 – 3b) muestran las rejillas de retorno instaladas en la Cámara de Diputados.



Foto 1 - 3.a



Foto 1 - 3.b

Las siguientes fotos (1 - 4a; 1 - 4 b) muestran las instalaciones de los equipos tipo paquete y tipo Split en la azotea de la Cámara de Senadores.



Foto 1 - 4.a



Foto 1 - 4.b

Las siguientes fotos (1 - 5) muestran los difusores que inyecta el aire acondicionado a la Cámara de Senadores.



Foto 1- 5

Las siguientes fotos (1- 6) muestran las rejillas de retorno instaladas en la Cámara de Senadores.



Foto 1 – 6

1.6 MÉTODO DEL TRABAJO

Para el desarrollo del siguiente trabajo seguiremos los siguientes pasos:

1. Revisión de Bases Teóricas
2. Levantamiento de Planos de Arquitectura
3. Evaluación y Recolección de Datos Meteorológicos
4. Estudio de los ambientes a acondicionarse
5. Ejecución de la Ingeniería de Proyectos
6. Elaboración del Presupuesto

1.7 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Aunque planteamos realizar un estudio del reforzamiento para instalar el nuevo CHILLER, este no será realizado en este estudio, pero si se suministrara las características de los equipos como el largo, ancho y altura, así como el peso de estos equipos que serán entregados al Grupo Funcional de Ingeniería del Congreso avocados a verificar la arquitectura del edificio, así mismo planteamos el cambio de las luminarias como una propuesta que requiere un estudio específico.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 FUNDAMENTOS PARA EL DISEÑO

La función principal del acondicionamiento de aire es mantener, dentro de un espacio determinado, condiciones de confort y sanitarias (conservación de la salud y prevención de enfermedades), o bien las necesarias para la conservación de un producto para un proceso de fabricación. Para conseguirlo debe instalarse un equipo acondicionador de capacidad adecuada y mantener su control durante todo el año. La potencia del equipo se determina de acuerdo con las exigencias instantáneas de la **máxima carga real o efectiva**; el tipo de control a utilizar dependerá de las condiciones que deben mantenerse durante las cargas máxima y parcial. Generalmente, es importante medir las cargas reales máxima o parcial en un espacio dado, por lo que es preciso hacer un cálculo estimativo de dichas cargas.

Antes de hacer la estimación de la carga es necesario realizar un estudio completo que garantice la exactitud de evaluación de las componentes de carga. Si se examinan minuciosamente las condiciones del local y de la

carga real instantánea, podrá proyectarse un sistema económico, de funcionamiento uniforme y exento de averías.

2.2 FUNDAMENTOS

Aquí se presentan los conceptos y definiciones necesarias para el diseño del sistema de aire acondicionado propuesto.

2.3 CLIMATIZACIÓN

La climatización es el proceso de tratar o acondicionar el aire de un ambiente controlado, con el fin de establecer y mantener las condiciones requeridas de temperatura, humedad, calidad y movimiento del aire en una aplicación específica.

La temperatura del aire se controla eliminando calor o agregando calor.

La humedad del aire se controla agregando o eliminando vapor de agua (humidificación o des humidificación).

La calidad del aire que puede definirse como el grado en el que se satisfacen las exigencias del ser humano que son, básicamente, percibir el aire fresco, en lugar de viciado, cargado o irritante; y saber que el riesgo para la salud que pudiera derivarse de la respiración de ese aire sea despreciable. La calidad del aire se controla mediante inyección de aire fresco (exterior) al ambiente climatizado; y además, mediante la filtración de los contaminantes microscópicos, del polvo, de los ácaros de casa, del polen, del pelo de animales y de la eliminación de olores del aire que se encuentran en el interior o exterior del ambiente para que este sea limpio. Para tener aire de calidad se utiliza, como herramienta principal, la

ventilación mecánica para eliminar e ingresar aire al espacio acondicionado. La ASHRAE, en su estándar N° 62, da recomendaciones de caudales mínimos por ocupante para espacios interiores ocupados, y recomienda incrementar este valor cuando el aire que entra en un ambiente no se mezcla adecuadamente en la zona respiratoria o si existen focos de contaminación inusual.

El movimiento del aire nos indica la velocidad a la cual este llega a los lugares donde se distribuye. Se controla mediante equipos y accesorios adecuados para la distribución del aire.

Otro factor importante a controlar en el diseño de un sistema de climatización es el ruido, para lo cual se deberá tener consideraciones especiales de acuerdo al tipo de aplicación (salas de grabación, salas de cine, auditorios, oficinas, centros comerciales, etc.). Por tal razón se deberá poner énfasis en la utilización de dispositivos atenuantes o reductores de ruido de acuerdo a la aplicación.

La mayor parte de la climatización de ambientes se usa para dar confort térmico a las personas, sin embargo también se emplea para obtener las condiciones que se requieren en determinados procesos. Por ejemplo, las instalaciones textiles, de imprenta, fotografías, salas de cómputo e instalaciones mica sed, todas estas necesitan determinada temperatura y humedad para su buen funcionamiento.

Para mantener un ambiente a la temperatura y humedad deseados son necesarios algunos procesos llamados acondicionamiento del aire. Estos procesos incluyen el calentamiento simple, el enfriamiento simple, la

humidificación y las des humidificación. Algunas veces dos o más de estos procesos son necesarios para llevar el aire a un nivel de temperatura y humedad deseado. Los diversos procesos de acondicionamiento de aire se pueden representar en la carta psicrométrica tal como se ilustran en la Figura 2.1.

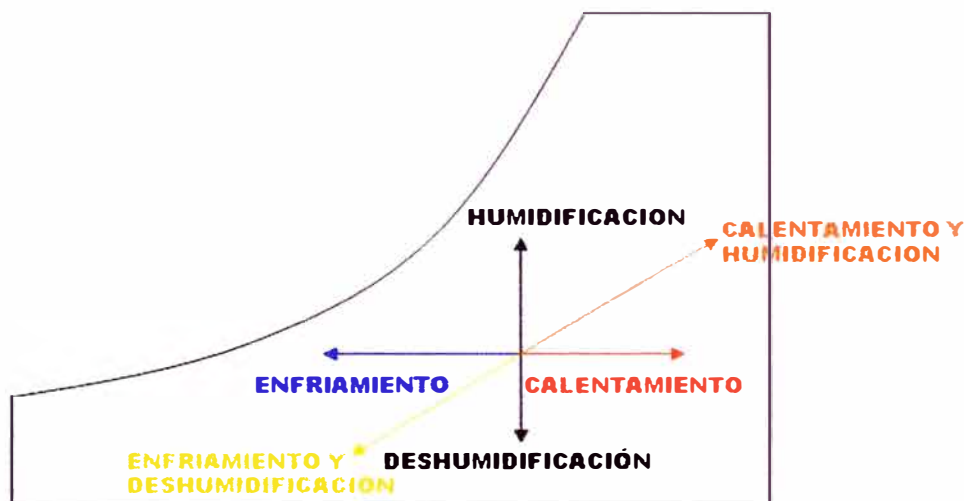


Figura 2.1.- Procesos del Acondicionamiento del Aire

2.4 CONFORT TÉRMICO

El principal propósito de los sistemas de aire acondicionado y ventilación es proveer confort térmico. Es por ello que antes de definir y diseñar dichos sistemas habrá que tener una idea clara de lo que implica el concepto de confort térmico. La Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Aire Acondicionado y Refrigeración (ASHRAE) indica que el confort térmico es la condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico.

En general, el confort ocurre cuando las temperaturas del cuerpo son sostenidas dentro de rangos estrechos, la humedad de la piel es baja y el esfuerzo fisiológico de la regulación se minimiza.

El confort también depende del comportamiento, el cual es iniciado consciente o inconscientemente y es guiado por sensaciones térmicas y de humedad para reducir la incomodidad. Algunos ejemplos son la alteración de prendas de vestir, el cambio de actividad, el cambio de postura o posición, abrir una ventana o salir de un ambiente.

Sorprendentemente, a pesar de los climas, condiciones de vida, y diferencias culturales en todo el mundo, las temperaturas que las personas eligen como confort para condiciones similares de vestido, actividad, humedad y movimiento del aire son muy parecidos.

2.5 TERMORREGULACIÓN HUMANA Y BALANCE ENERGÉTICO

La actividad metabólica en los seres humanos genera constantemente calor dentro de sus cuerpos. Este calor debe ser disipado y regulado para mantener temperaturas normales. Los seres humanos poseen una serie de mecanismos termorreguladores que mantienen constante la temperatura del cuerpo. Asimismo ASHRAE enuncia: "Temperaturas de la piel mayores a 118°F (45°C) o menores a 64.5°F (18°C) causan dolor. La temperatura de la piel asociada con el confort en actividades sedentarias son de 91.5°F (33°C) a 93 (34°C) y decrece con el aumento de actividad". El confort térmico no se consigue con mantener a cero el balance de energía entre el cuerpo y el ambiente, sino por el contrario se llega a dicho confort cuando se cede calor a un determinado ritmo, si este ritmo se incrementa sentimos frío, y si decrece sentimos calor.

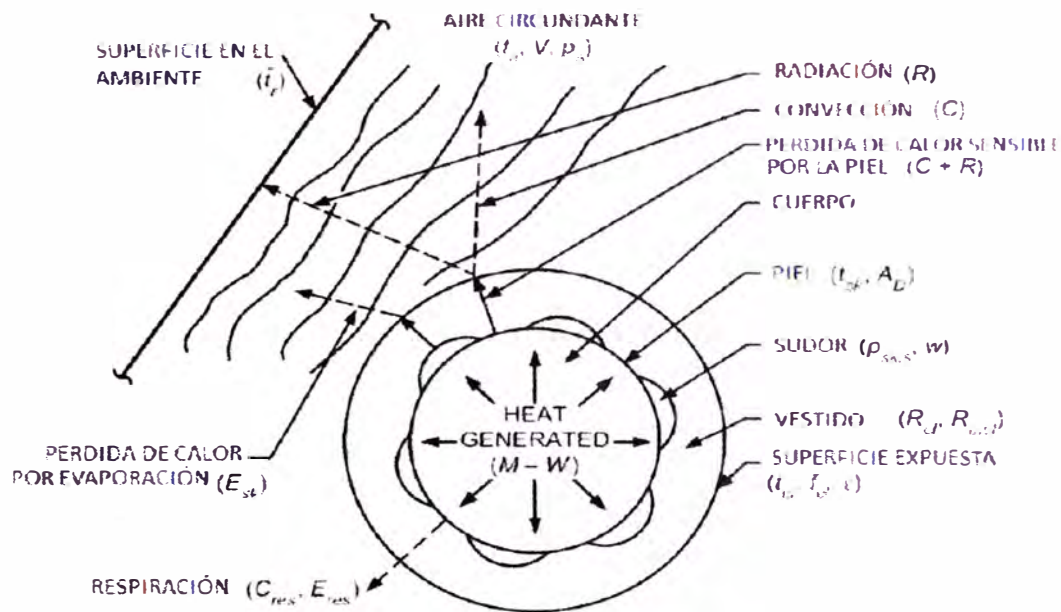


Figura 2.2.- Interacción térmica del cuerpo humano y el ambiente

La figura 2.2 muestra la interacción térmica del cuerpo humano con el ambiente. El calor neto generado ($M-W$), que es la diferencia entre el metabolismo M y el trabajo mecánico desarrollado W , es transferido al ambiente a través de la superficie de la piel (q_{sk}) y la respiración (q_{res}) con algún excedente o déficit almacenado (S), causando el aumento o disminución de la temperatura del cuerpo.

$$M - W = q_{sk} + q_{res} + S \quad (2.1)$$

$$M - W = (C + R + Esk) + (Cres + Eres) + (Ssk + Scr) \quad (2.2)$$

Donde:

M = Tasa de producción de calor metabólico, BTU/pie²-hr ($W\text{-m}^2$)

W = Tasa de trabajo mecánico realizado, BTU/pie²-hr ($W\text{-m}^2$)

q_{sk} = Tasa total de pérdida de calor por piel, BTU/ pie²-hr (W-m²)

q_{res} = Tasa total de pérdida de calor por medio de la respiración, BTU/pie²-hr (W-m²)

C+R = Calor sensible perdido por la piel, BTU/ pie²-hr (W-m²)

E_{sk} = Tasa de calor por convección perdido por respiración, BTU/pie²-hr (W-m²)

C_{res} = Tasa de calor por evaporación perdido por respiración, BTU/pie²-hr (W-m²)

S_{sk} = Tasa de calor almacenado en compartimentos de la piel, BTU/pie²-hr (W-m²)

S_{cr} = Tasa de calor almacenado en compartimentos del núcleo, BTU/pie²-hr (Wm²)

En el régimen transitorio, se considera al cuerpo humano dividido en dos compartimentos:

El interior, o núcleo, representado por el esqueleto, la masa muscular y los órganos internos.

El exterior, representado por la piel (la fracción de piel con respecto a la masa total del cuerpo, depende del caudal de sangre que fluye desde el núcleo a la piel).

Y, se basa en las siguientes hipótesis:

El intercambio de calor por conducción desde la piel hacia el exterior es despreciable. La temperatura de cada compartimento es uniforme, 98°F (37°C) para el núcleo y 93°F (34) para la piel. El metabolismo, el trabajo externo y las pérdidas por respiración están asociados al núcleo.

El intercambio de calor entre núcleo y piel tiene lugar por contacto directo (conducción) y a través del flujo de la sangre controlado por el mecanismo de termorregulación (convección).

2.6 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

Estudios realizados por Rohles (1973) y Rohles y Nevins (1971) en 1600 estudiantes de edad universitaria revelaron correlaciones entre el nivel de confort, la temperatura, la humedad, el sexo y la duración de exposición. La escala de sensaciones desarrollado a partir de estos estudios se llama "Escala de sensación térmica ASHRAE" y se presenta a continuación:

Escala de sensación térmica	Temperatura °C
ASHRAE	
Muy Caliente	+ 3
Caliente	+ 2
Ligeramente Caliente	+ 1
Neutral	0
Ligeramente Frio	-1
Frio	-2
Muy Frio	-3

El "clo" es una unidad usada para especificar el efecto de aislamiento producido por la vestimenta. Para un cuerpo desnudo corresponde un clo = 0 y para un traje típico de trabajo compuesto por saco, chaleco, camisa y pantalón, corresponde un clo = 1. Se ha determinado que para condiciones de diseño correspondientes a 78°F (26°C), 50% de humedad relativa y 25.22 mm. de Hg (0.933 pulg. de Hg) de presión de vapor, los individuos de ambos sexos muestran una sensación de confort después de un periodo de tres horas.

Por otro lado, dentro de las primeras horas de exposición los hombres sienten ligeramente más calor que las mujeres, bajo un mismo conjunto de temperaturas y humedades dadas. En ese sentido la humedad es el índice

más significativo para determinar que tan confortable se sienten los hombres con respecto a las mujeres.

En la siguiente figura se presentan las zonas de bienestar según la Norma de Confort 55 de ASHRAE en términos de temperatura efectiva, basadas en actividades sedentaria y grados de vestimenta típicos para verano (0,5 clo) e invierno (0,9 clo). El 80% de las personas, adecuadamente vestidas, encuentra el ambiente térmicamente aceptable dentro de estas zonas.

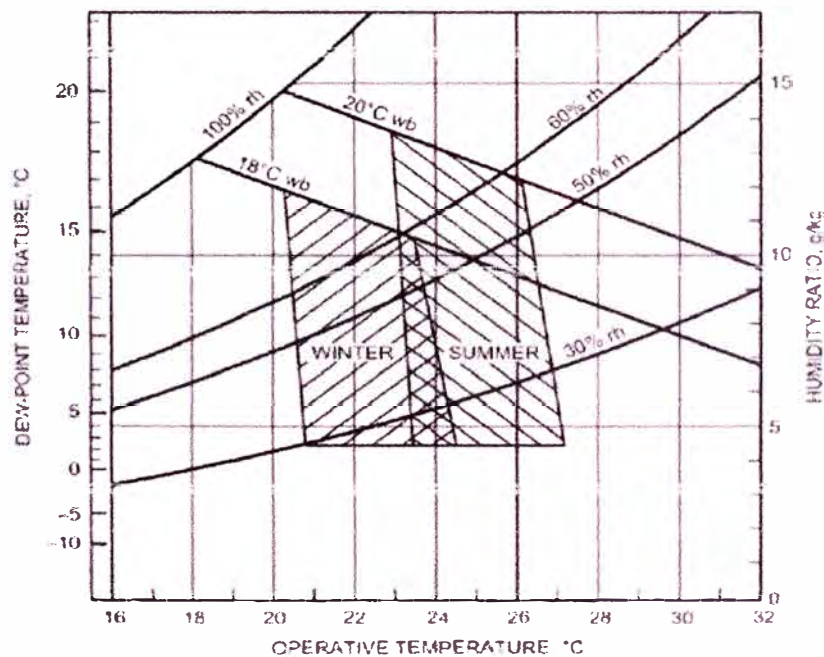


Figura 2.3.- Zonas de confort para verano e invierno según ASHRAE

Se observa la amplitud de ambas zonas, sobre todo en lo que se refiere a la humedad relativa. Su valor afecta al bienestar de las personas dentro de los límites antes indicados y en las proximidades de la neutralidad térmica.

Los niveles superiores e inferiores de humedad relativa para dichas zonas de confort son menos precisos. A baja humedad se puede secar la piel y las superficies mucosas dando lugar a quejas sobre el confort debido a la sequedad de la nariz, la garganta, los ojos y la piel, es por ello que el Estándar 55 de ASHRAE recomienda que la temperatura del punto de rocío en espacios ocupados no debe de ser menor a 2,22°C. De la misma forma cuando la humedad es alta la sensación térmica por sí sola no es un índice confiable del confort térmico. El malestar al parecer es debido a la sensación de humedad en sí, al aumento de fricción entre la piel y la ropa y otros factores. Para prevenir esto, Nevins et al. (1975) recomienda que en las zonas de confort la humedad relativa no debe exceder el 60%.

Las zonas de confort mostradas en la Figura 2.3 y las consideraciones mencionadas anteriormente son referenciales para cualquier tipo de ambiente.

2.6.1 Índices Ambientales

Existen muchos parámetros para describir el ambiente en términos de confort, los parámetros más usados para el diseño son los siguientes:

Temperatura: El adecuado control de la temperatura del medio ambiente que circunda el cuerpo humano elimina el esfuerzo fisiológico de acomodación, obteniéndose con ellos un mayor confort y la consiguiente mejora del bienestar físico.

Humedad: Una gran parte del calor que posee el cuerpo humano se disipa por evaporación a través de la piel. La evaporación se favorece cuando la humedad relativa del aire es baja y se retarda si ésta es alta, es por ello que la regulación de la humedad tiene una importancia tan vital como la de la temperatura para conseguir el confort térmico. Un exceso de humedad no sólo da como resultado reacciones fisiológicas perjudiciales, sino que también afecta a las cualidades de muchas de las sustancias contenidas en ambiente, como por ejemplo la ropa y los muebles.

Temperatura del punto de rocío: Es una buena medida de humedad en el ambiente y es directamente relacionado con la presión de vapor de agua en el aire saturado. La utilidad de punto de rocío en específicas condiciones de confort es, como sea, limitado.

Movimiento del Aire: La transferencia de calor del cuerpo por convección depende de la velocidad del aire en movimiento. Evidencias muestran que uno se siente más confortable en un ambiente caliente si el movimiento del aire es alto. Asimismo si la temperatura del ambiente es baja, uno se siente incomodo si el movimiento del aire es alto.

Pureza del Aire: Las personas respiramos normalmente, alrededor de 15 Kg. de aire cada día, por lo que debemos de considerar la importancia que tiene su adecuada limpieza y renovación. La disminución de oxígeno y el aumento del anhídrido carbónico en el ambiente, la dilución de malos olores y la eliminación de partículas sólidas son factores que se deben tomar en cuenta no solo por lo perjudiciales que son para la salud sino también por las molestias que causan al ser humano. Asimismo el humo, ya sea

producido en el interior de la del ambiente, debe ser evacuado a causa de lo pernicioso que resulta para la vista y el aparato respiratorio.

Por lo tanto se debe acondicionar el aire para conseguir una atmósfera sana y confortable controlando simultáneamente la temperatura, humedad, circulación del aire y limpieza del mismo de acuerdo a los requerimientos de la edificación.

2.6.2 Psicometría y Carta Psicométrica

Psicometría es el estudio de las condiciones de la mezcla aire vapor, a continuación definiremos algunos términos importantes:

Temperatura de bulbo seco: Es la temperatura del aire, tal como lo indica el termómetro.

Temperatura de bulbo húmedo: Es la temperatura que indica un termómetro cuyo bulbo está envuelto en una mecha empapada de agua, en el seno de aire en rápido movimiento.

Temperatura de punto de rocío: Es la temperatura a la cual el vapor de agua en el aire se comienza a condensar si se enfría el aire a presión constante.

Humedad específica: Es el peso de vapor de agua por libra de aire seco, expresada en libras por libras de aire seco, o en granos de agua por libras de aire seco.

Humedad relativa: Es la relación de la presión real vapor de agua en el aire con la presión de vapor de agua si el aire estuviera saturado a la misma temperatura de bulbo seco. Se expresa en %.

Volumen específico: Es el volumen de aire por unidad de peso de aire seco. Se expresa en ft^3/lb de aire seco.

Entalpía específica: Es el contenido el calor de aire, por unidad de peso. Se expresa en BTU/lb de aire seco.

Calor específico: Es la cantidad de calor en BTU necesario para elevar la temperatura 1 °F de una libra de sustancia.

Calor sensible. Calor introducido o extraído en la mezcla de aire - vapor para cambiar su temperatura, pero sin cambiar el estado.

Calor latente. Calor introducido o extraído en la mezcla de aire variando el contenido de vapor, sin variar la temperatura.

Calor total. Es la cantidad que indica el contenido total de calor de la mezcla aire vapor y es igual a la suma de los calores sensible y latente.

Las propiedades del aire atmosférico se pueden representar en tablas o en formas gráficas. A la forma gráfica se le llama carta psicométrica. Esta es muy importante ya que permite estudiar los procesos de acondicionamiento. La carta muestra, básicamente, la relación entre las cinco siguientes propiedades del aire:

Temperatura de bulbo húmedo, Temperatura de rocío, Temperatura de bulbo seco, Humedad relativa, Humedad específica, Estas propiedades se muestran a continuación, Figura 2.4

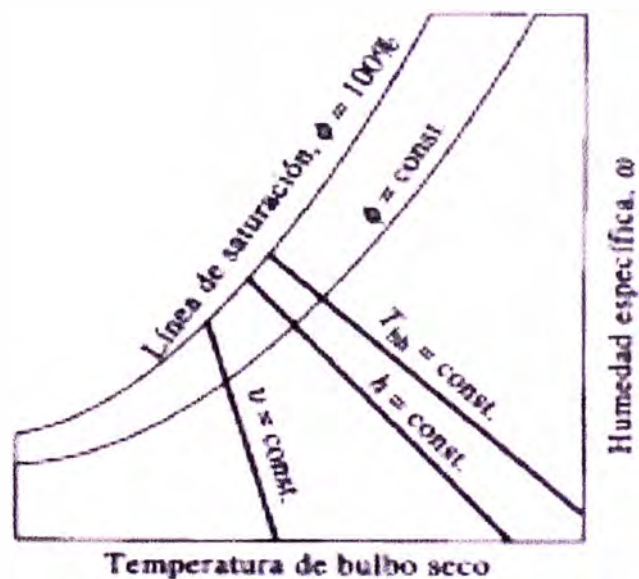


Figura 2.4.- Propiedades de Aire en Carta Psicométrica

2.6.3 Condiciones exteriores de diseño

Son aquellas condiciones climatológicas existentes en el medio ambiente.

Se consideran las siguientes condiciones para el proyecto:

a. Condiciones normales de verano.

b. Condiciones normales de invierno.

Las condiciones normales de verano son recomendables en aplicaciones destinadas al confort o a la refrigeración industrial, en las que ocasionalmente es tolerable que se sobrepasen las condiciones ambientales del proyecto. Estas condiciones normales fijadas para el ambiente exterior consisten en admitir una simultaneidad de valores fijados para las temperaturas de los termómetros seco y húmedo y del contenido de humedad, las cuales se pueden sobrepasar algunas veces dentro del año y durante cortos periodos de tiempo.

El segundo tipo de condiciones exteriores son las llamadas condiciones normales de invierno, que son recomendables para instalaciones de confort y calefacción industrial. La temperatura seca interior podrá ser inferior a la indicada algunas veces durante el año, generalmente en las primeras horas de la mañana. Con la calefacción la variación de temperatura se produce por debajo de las condiciones exigidas de confort en la hora de máxima carga de calefacción (ausencia de personal, iluminación o ganancia solar y con la mínima temperatura exterior). El calor almacenado en la estructura del edificio cuando se trabaja con carga parcial (durante las horas del día) reduce la capacidad necesaria del equipo para el funcionamiento a plena carga.

2.6.4 Ganancias o Pérdidas de Calor

Toda “Ganancia o pérdidas de calor” es la cantidad instantánea de calor que entra o sale del espacio a acondicionar, mientras que la “Carga real o efectiva” es, por definición, la cantidad instantánea de calor añadida o eliminada por el equipo; por esto la ganancia instantánea y la carga real rara vez serán iguales debido a la inercia térmica efecto de almacenamiento o acumulación de calor en las estructuras del edificio que rodean el espacio acondicionado.

La ganancia de calor es la razón por la cual el calor es transferido o generado en el local. Esta ganancia de calor tiene dos componentes:

Calor Latente: Se manifiesta en un incremento de la humedad del aire.

Calor Sensible: Se manifiesta a través de un aumento de la temperatura del aire.

Las cargas por calor sensible consideradas para el cálculo de los diferentes ambientes de la edificación multifuncional serán:

1. Transmisión de calor por superficies exteriores.
2. Transmisión de calor por superficies interiores.
3. Radiación Solar.
4. Emisión de calor por los ocupantes.
5. Calor inducido por ventilación.
6. Calor desprendido por los aparatos.

Asimismo las cargas de calor latente consideradas serán:

1. Humedad cedida por las personas.
2. Humedad cedida por la ventilación.
3. Calor latente procedente de aparato.

2.6.5 Sistemas de Refrigeración empleados en Aire Acondicionado

Los sistemas de climatización utilizan el ciclo termodinámico de refrigeración por compresión o por absorción de un gas refrigerante.

El ciclo de Refrigeración por compresión se compone de cuatro procesos: Compresión, condensación, expansión y evaporación del gas refrigerante como sustancia de trabajo. En el ciclo por absorción, además de que la sustancia de trabajo y su compresión es diferente, el proceso y equipo de compresión del primero se sustituye por un mecanismo de absorción compuesto por un absorbedor, una bomba, un generador, un regenerador, una válvula de expansión y un rectificador.

El primero utiliza una fuente de energía normalmente eléctrica para el compresor y, el segundo, una fuente de calor disponible más económica (Çengel Yunus A. y Boles Michael A., 2003)

La Figura 2.5 ilustra conceptualmente el ciclo de Refrigeración por compresión de un gas Refrigerante. Durante el proceso de compresión el gas refrigerante es comprimido hasta la presión del condensador, alcanzando una temperatura bastante superior a la del medio circundante, valor que es reducido a la temperatura de saturación a presión constante en

el proceso de condensación y una sustancia secundaria - aire o agua - absorbe la energía térmica en el condensador.

En la expansión el refrigerante se estrangula hasta la presión del evaporador, descendiendo la temperatura del refrigerante por debajo de la del espacio refrigerado durante el proceso. En el proceso de evaporación, el gas refrigerante, en su condición de mezcla saturada de baja calidad, circula por el evaporador y se evapora totalmente absorbiendo el calor del espacio refrigerado por medio de otra sustancia secundaria - aire o agua -. El evaporador descarga el gas refrigerante como vapor saturado al compresor para cerrar el ciclo termodinámico. Este ciclo puede ser de una o varias etapas con algunas mejoras en su funcionamiento.

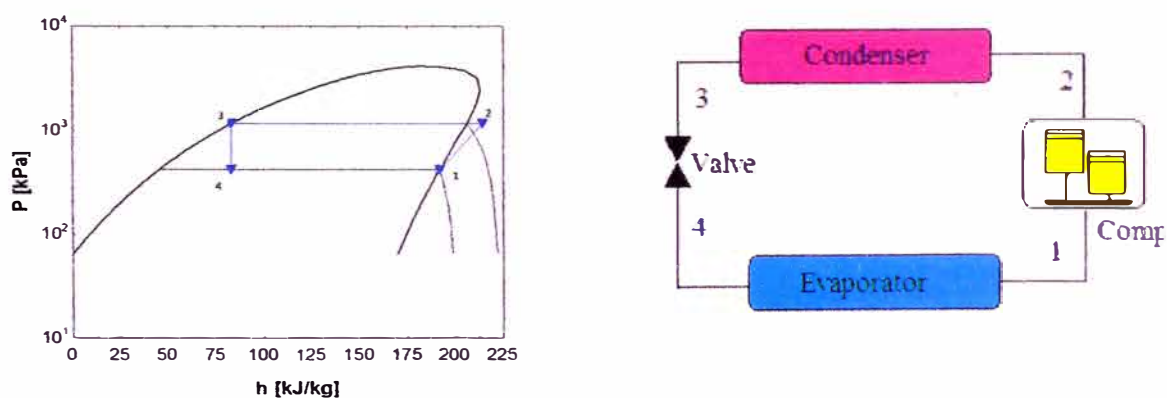


Figura 2.5.- Ciclo de Refrigeración por Compresión de vapor.

En la Figura 2.6 se aprecia conceptualmente el ciclo de Refrigeración por absorción. En este ciclo la sustancia de trabajo es una solución compuesta

por un refrigerante y un absorbente, siendo más común la solución acuosa de amoníaco, la de bromuro de litio y la de cloruro de litio respectivamente. En la primera, el amoníaco actúa como refrigerante y el agua como medio de transporte. En las dos soluciones acuosas restantes, el agua es el refrigerante y el bromuro o cloruro de litio el absorbente y medio de transporte. Los dos últimos son más comúnmente utilizados en los sistemas de climatización, donde la temperatura mínima está por encima del punto de congelación del agua.

En este ciclo, el proceso de compresión se sustituye por el mecanismo de absorción ya indicado. El refrigerante como vapor saturado que descarga el evaporador lo entrega al absorbedor y, mediante una reacción química exotérmica con el absorbente, se disuelve en una solución líquida formada por el refrigerante y el absorbente, liberando calor durante el proceso. La cantidad de refrigerante que pueda disolverse en el medio de transporte es inversamente proporcional a la temperatura, de ahí la importancia de enfriar el absorbedor, a fin de que su temperatura sea lo más baja posible y maximizar la cantidad de refrigerante disuelto.

Esta solución líquida se bombea al generador de absorción pasando previamente por un regenerador. La energía térmica suministrada al generador es absorbida por la solución líquida, evaporándose una parte. El vapor rico en refrigerante pasa por un rectificador que separa el absorbente, retornándolo al generador y, el refrigerante puro de alta presión, circula por

el resto del ciclo desarrollando los procesos ya definidos en el ciclo por compresión.

La solución caliente, pobre en refrigerante, es enviada al absorbedor pasando previamente por el regenerador, con el objeto de precalentar la solución líquida bombeada al generador, luego es estrangulada hasta la presión del absorbedor y se mezcla con el refrigerante que entrega el evaporador, donde se cierra el ciclo termodinámico.

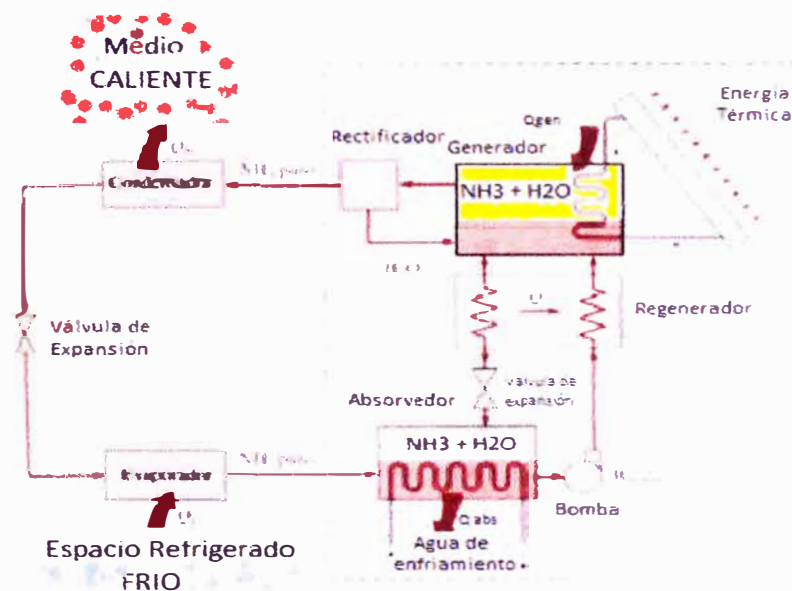


Figura 2.6.- Ciclo de Refrigeración por Absorción

Al comparar ambos ciclos se encuentra que los sistemas de refrigeración por absorción tienen una ventaja comparativa ya que comprimen una solución líquida en lugar de vapor y, consecuentemente, la potencia suministrada por este proceso es sustancialmente menor, en el orden de 1% del calor suministrado al generador, y operan con una fuente de calor disponible más económica que la energía eléctrica. No obstante lo anterior,

son más costosos y voluminosos, menos eficientes, requieren de torres de enfriamiento mucho más grandes y son más difíciles de mantener que los del ciclo por compresión de vapor.

Partiendo de cualquiera de ambos ciclos termodinámicos, se desarrolla la climatización de ambientes bajo el concepto de enfriamiento o de confort térmico.

2.6.6 Tipos de Sistemas de Climatización

Existen diferentes clasificaciones. Aquí presentaremos una clasificación en función del fluido encargado de compensar la carga térmica en el ambiente climatizado. Así, podemos diferenciar los sistemas como:

2.6.6.1 Sistema todo aire

El aire es utilizado para compensar las cargas térmicas en el ambiente climatizado, en el cual no tiene lugar ningún tratamiento posterior. Tienen capacidad para controlar la renovación del aire y la humedad del ambiente. Un sistema puramente todo aire sería el basado en una Unidad de Tratamiento de Aire (UTA), Figura 2.7, aunque también se llama así a los sistemas dotados de climatizadores que acondicionan el aire de una zona y que posteriormente se distribuye en los locales.

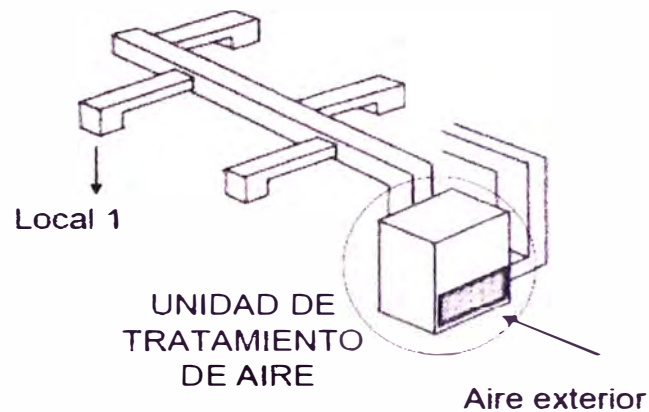


Figura 2.7.- Sistema Todo Aire

El único fluido que entra en el espacio acondicionado es el aire. Este aire, proviene de la UTA y está ya tratado, es decir, filtrado, enfriado, calentado, deshumidificado o humidificado, según las necesidades.

El aire puede provenir de una UTA que a su vez recibe el frío o calor de un productor central (enfriadora de agua - CHILLER o bomba de calor respectivamente), o puede ser un equipo autónomo, que incluye en su interior el sistema de tratamiento de aire y el equipo productor de frío (compresor para expansión directa), o incluso puede ser una manejadora con batería de expansión directa atendida desde un equipo partido.

Dentro de los sistemas todos aire podemos encontrar diferentes variantes en función del control de la temperatura efectuado. Así, podemos encontrar instalaciones de:

1. Un solo conducto con caudal de aire constante

- Instalaciones de una zona
- Instalaciones de varias zonas (multizonas)

2. Un solo conducto con caudal de aire variable (VAV)

3. Doble conducto

- Volumen de aire constante
- Volumen de aire variable

Aquí se puede considerar el equipo “roof-top” o tipo “paquete” módulo que permite dimensionar instalaciones de climatización con unidades autónomas aire-aire compactas. Estos equipos están destinados a edificios terciarios e industriales teniendo como ventaja fundamental la ausencia de tuberías de agua y de refrigerante en los recintos. Por tanto, el montaje de la instalación es más sencillo y se disminuye sensiblemente el tiempo de ejecución.

2.6.6.2 Sistema todo agua

Son aquellos en que el agua es el agente que se ocupa de compensar las cargas térmicas del ambiente climatizado (aunque también puede tener aire exterior para la renovación). Aquí podemos encontrar las instalaciones de calefacción con radiadores o con suelo radiante, y las instalaciones de aire acondicionado con fan-coils. El esquema básico de una instalación todo agua se presenta en la Figura 2.8.

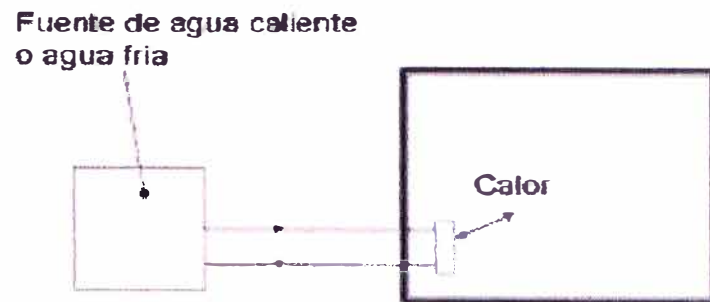


Figura 2.8.- Sistema Todo Agua

También llamados sistema hidrónicos. En los sistemas toda agua, el agua se enfría y calienta en unidades centralizadas y se lleva a los elementos terminales ubicados en los locales a climatizar. Estos elementos terminales pueden ser manejadoras, fan-coils, radiadores, etc.

Los sistemas todo agua pueden clasificarse en sistemas de tubería simple (dos tuberías) y sistemas de varias tuberías.

En los sistemas de tubería simple cada unidad terminal recibe la entrada de agua fría o caliente, según la estación del año y termina en una tubería de retorno.

En los sistemas de varias tuberías cada unidad terminal tiene una doble entrada de agua (caliente y fría) y una tubería (tres tuberías) o dos tuberías de retorno (cuatro tuberías).

2.6.6.3 Sistema aire - agua

Se trata de sistemas donde llega tanto agua como aire para compensar las cargas del local. Un ejemplo de este tipo de instalaciones son los sistemas de inducción, Figura 2.9.

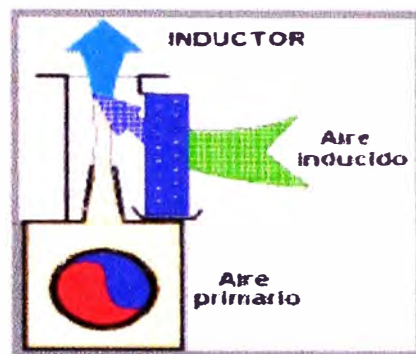


Figura 2.9.- Sistema Aire - Agua

En los sistemas aire-agua, el aire exterior es tratado separadamente para todo el edificio. El agua (fría o caliente) se distribuye hasta los elementos terminales, donde pasa el aire tratado junto con el aire de recirculación en el mismo local.

2.6.6.4 Sistemas todo refrigerante:

Se trata de instalaciones donde el fluido que se encarga de compensar las cargas térmicas del local es el refrigerante. Dentro de estos sistemas podemos englobar los pequeños equipos autónomos (Split y multisplit). Su regulación puede ser todo o nada, o los sistemas de volumen de refrigerante variable.



Figura 2.10.- Split

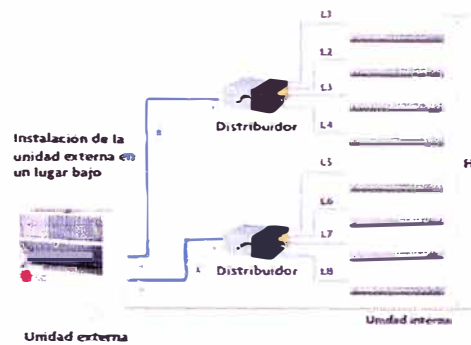


Figura 2.11.- Multi Split

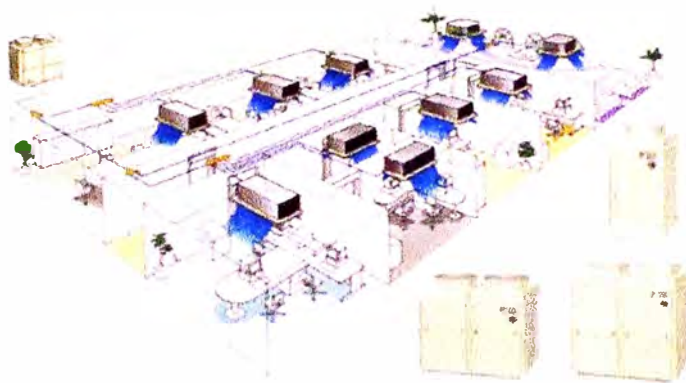


Figura 2.12.- Sistema VRV - Volumen Refrigerante Variable

También se pueden clasificar en función de si se trata de un sistema unitario o un sistema centralizado:

-Un sistema unitario utiliza un equipo donde todos los elementos son montados por el fabricante y se venden de una pieza.

-Un sistema centralizado es aquel donde los componentes se encuentran separados y son instalados y montados por el instalador.

Otra clasificación que podemos encontrar es por la zona a que climatiza, distinguiendo así sistemas de una única zona y sistemas multizona:

-Sistemas de una única zona son aquellos que climatizan sólo una zona del local.

-Sistemas multizona son aquellos que pueden acondicionar de forma satisfactoria un número de diferentes zonas.

2.6.6.5 Equipos de la Refrigeración

2.6.6.5.1 Condensador

El condensador elimina del sistema la energía ganada por el evaporador y el compresor. El aire atmosférico o agua son los sumideros de calor más convenientes.

En el condensador enfriado por aire, el refrigerante circula a través del serpentín y el aire pasa por el exterior de los tubos. El movimiento del aire es generado por un ventilador para aumentar la capacidad de eliminar el calor y condensar el refrigerante, se encuentran en capacidades de hasta 515 toneladas de refrigeración.

En el condensador enfriado por agua, son en general el de tipo coraza y tubos semejantes a los evaporadores del mismo tipo. Se utiliza agua recirculada con una torre de enfriamiento para eliminar calor.

2.6.6.5.2 Compresores

Existen los compresores de desplazamiento positivo, los cuales trabajan reduciendo el volumen de un gas en un espacio confinado, con ello aumentan su presión y temperatura. Podemos mencionar de este tipo, los compresores reciprocantes y rotativos (Scroll y Tornillo). También existen los compresores centrífugos, los que trabajan aumentando la energía cinética (velocidad) del gas, la cual a continuación se convierte en aumento de presión al reducir la velocidad.

Los compresores centrífugos son utilizados ampliamente en grandes sistemas centrales de acondicionamiento de aire y los compresores rotativos se utilizan en el campo de los refrigeradores domésticos, sin embargo, la inmensa mayoría de compresores utilizados en tamaño de menor caballaje para las aplicaciones comerciales, domésticas e industriales son reciprocantes.

2.2.6.5.3 Compresores reciprocantes

Son los que más se usan, y se consiguen desde potencias fraccionarias hasta algunos cientos de toneladas. La construcción es semejante a los de motores reciprocantes de vehículos, con pistones, cilindros, válvulas, bielas y cigüeñal.

Los compresores herméticos se fabrican con el compresor y el motor dentro de una caja sellada. De este modo hay posibilidad de pérdida de refrigerante por fugas alrededor de la flecha o eje. En un compresor hermético, el refrigerante enfría el motor.

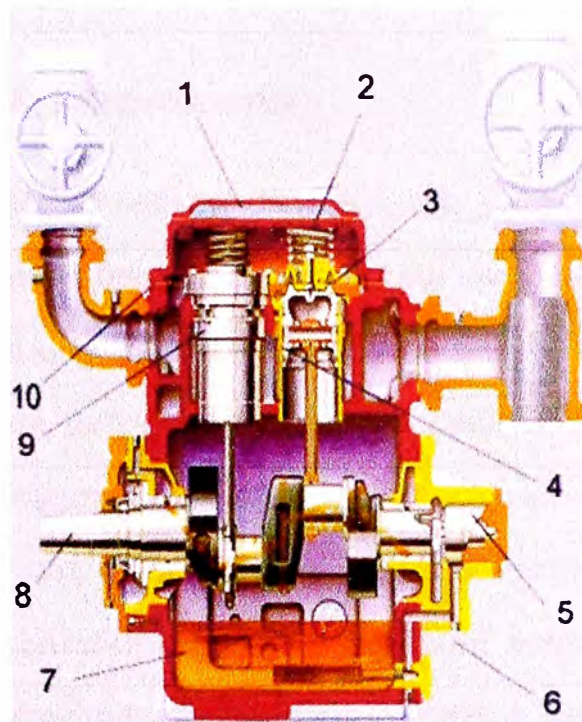


Figura 2.13.- Compresor Recíprocante

2.2.6.5.4 Compresores rotativos de tornillo

Dos tornillos helicoidales engranan y comprimen el gas, a medida que el volumen de este disminuye hacia el extremo de la descarga. Este tipo de compresor se ha popularizado recientemente debido a su confiabilidad, eficiencia y costo. Se usa en general en los tamaños más grandes de desplazamiento positivo, para capacidades de hasta 515 toneladas de refrigeración.



Figura 2.14.- Compresor rotativo de tornillo

2.2.6.5.5 Compresores rotativos scroll

Este tipo de compresores utilizan dos espirales para realizar la compresión del gas. Las espirales se disponen cara contra cara; siendo la superior fija y la que incorpora la puerta de descarga, y la inferior es la espiral motriz. Las espirales disponen de sellos a lo largo del perfil en las cargas opuestas. Estos actúan como segmentos de los cilindros proporcionando un sello de refrigerante entre ambas superficies, el centro del cojinete de la espiral y el centro del eje del cigüeñal del conjunto motriz están desalineados. Esto produce una excentricidad o movimiento orbital de la espira móvil, el movimiento orbital permite a las espirales crear bolsas de gas, y como la acción orbital continua, el movimiento relativo entre ambas espirales, fija y móvil, obliga a las bolsas de refrigerante a desplazarse hacia la puerta de descarga en el centro del conjunto disminuyendo progresivamente el volumen.

Durante el primer giro o fase de aspiración, la separación de las paredes de las espirales permite entrar al gas, al completar el giro, las superficies de las espirales se vuelven a unir formando las bolsas de gas, durante el segundo giro o fase de compresión, el volumen de las bolsas de gas se reduce progresivamente, la finalización del segundo giro produce la máxima compresión, durante el tercer giro o fase de descarga, la parte final del scroll obliga al gas comprimido a salir a través de la puerta descargada. Se encuentra hasta de 200 toneladas de refrigeración.

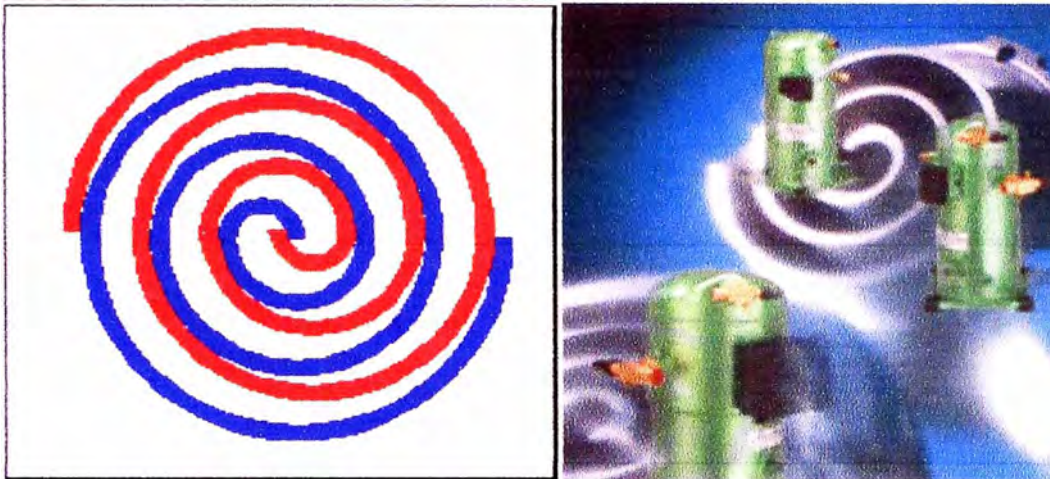


Figura 2.15.- Compresor rotativo scroif

2.2.6.5.6 Compresores centrífugos

Este tipo de compresores tiene impulsores de paleta que giran dentro de una carcasa, de modo semejante a las bombas centrífugas. Los impulsores aumenta la velocidad del gas, la cual a continuación se convierte en aumento de presión al disminuir la velocidad. La naturaleza del compresor centrífugo lo hace adecuado para capacidades muy grandes, hasta 5,500 toneladas de refrigeración. Los impulsores pueden girar a velocidades hasta de 20,000 RPM, lo que permite manejar grandes cantidades de refrigerante.



Figura 2.16.- Compresor centrífugo

2.2.6.5.7 Evaporadores

Se pueden clasificar de dos tipos, que se usan en el aire acondicionado: evaporador de expansión seca o directa y evaporadores inundados. En los primeros, el refrigerante pasa a través de tuberías y no hay almacenamiento de refrigerante líquido en el evaporador. En el evaporador tipo inundado, se mantiene un nivel de líquido refrigerante.

Los evaporadores de expansión seca, pueden ser de dos tipos: serpentines de enfriamiento de expansión seca y enfriadoras de expansión seca. Los serpentines de enfriamiento se usan para enfriar aire, estos son de un rollo de tubo aleado, y las enfriadoras para enfriar agua u otros líquidos, son del tipo coraza y tubos.

2.2.6.5.8 Bombas

Las bombas tienen la función de dar presión adecuada para vencer la resistencia que encuentra un líquido para recorrer un sistema de tuberías. Existen dos tipos de bombas, el de desplazamiento positivo y el tipo centrífugo, en el caso del aire acondicionado, solo se usa el tipo centrífugo, por lo que se tratará solo este tipo.

Las bombas centrífugas se usan tanto en sistema de agua helada, como también en las torres de enfriamiento. Son confiables, potentes y eficientes. La bomba centrífuga eleva la presión del agua al aumentar primero su velocidad, para convertir a continuación su energía de velocidad en energía de presión.

A continuación se muestra, en la Figura 2.17, una bomba centrífuga real.

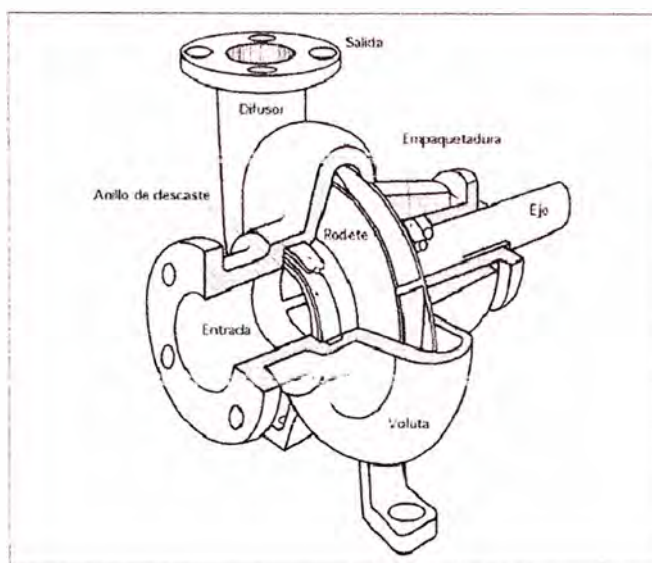


Figura 2.17.- Bomba Centrífuga

Características de las bombas

Los conceptos de mayor importancia en el funcionamiento de las bombas son: la presión o carga que puede desarrollar, el flujo que entrega, la potencia necesaria para impulsarla y su eficiencia. A todos estos conceptos se le llama características de la bomba.

Las características en general se presentan en forma de curvas para cada bomba, y se emplean para seleccionar la bomba correcta de acuerdo a la aplicación deseada. En la Figura 2.18 se muestra las características de funcionamiento de una bomba.

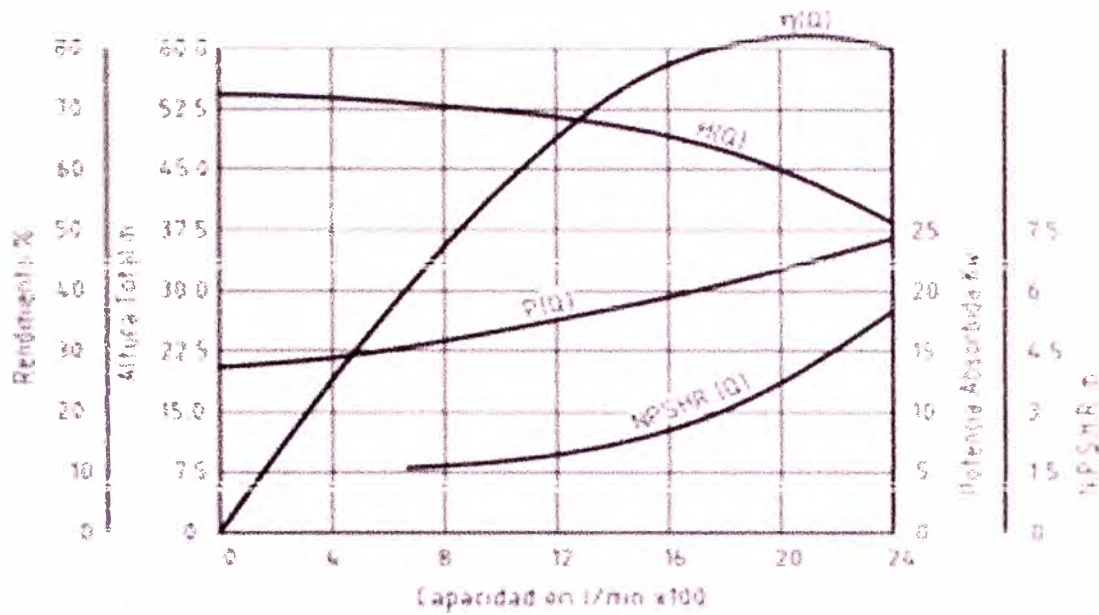


Figura 2.17.- Curva Características de una Bomba

Leyes de la similitud de una bomba.

Existen relaciones entre el flujo, la velocidad, la potencia y carga para una bomba centrífuga, que son muy útiles para evaluar el funcionamiento de la bomba en otras condiciones:

$$GPM_2 = GPM_1 \times \left(\frac{N_2}{N_1} \right) \quad (2.3)$$

$$C_2 = C_1 \times \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 \quad (2.4)$$

$$BHP_2 = BHP_1 \times \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^3 \quad (2.5)$$

En donde:

GPM: Flujo Volumétrico, galones/min.

C: Carga de la Bomba, pies de agua.

BHP: Alimentación de la Potencia de Freno.

N: velocidad, en revoluciones por minuto (RPM)

1, 2: dos condiciones de operación cualesquiera.

2.7 NORMATIVIDAD

La unidad será completamente ensamblada y probada en fábrica. Las marcas ofrecidas serán de primer nivel, con representante autorizado en el país y servicio técnico calificado. Deberá ser diseñado, probado y certificado en concordancia con los protocolos, y se instalará en cumplimiento con las secciones aplicables de las siguientes normas y códigos:

- Norma ARI 550/590: Piantas enfriadoras de agua con ciclo de compresión de vapor.
- Código ASME Sección VIII, División 1: Código de calderas y recipientes a presión.
- Norma ANSI/ASHRAE 15: Código de seguridad para refrigeración mecánica.
- Norma ARI 370: Clasificación acústica de grande equipos de refrigeración y de aire acondicionado en exteriores.
- Norma ASHRAE 34: Designación y clasificación de refrigerantes.
- Norma ASHRAE 90.1: Cumplimiento de Eficiencia Energética.
- Norma ANSI/NFPA 70: Código Nacional de Electricidad (N.E.C.)
- Fabricados en instalaciones con certificación ISO 9002.
- OSHA: Código de Seguridad y Salud.

Debido al alto costo de la energía, se deberá instalar capacitores de corrección del factor de potencia del compresor con valor no menor o igual a 0.95, de tal manera que se reduzca, en lo posible, la potencia reactiva consumida.

Además se deberá suministrar un punto de alimentación de agua en el área asignada para los equipos de climatización piso para limpieza de los mismos, y un punto de alimentación de agua para la conexión del tanque de expansión.

Toda la zona donde se ubicará el enfriador será impermeabilizada para evitar que se filtre el agua a través del piso y muros; además deberá contar con puntos de drenaje adecuados para evacuar el agua acumulada como resultado de los futuros trabajos de limpieza.

A continuación se describen las características mínimas que deberán cumplir los Componentes del enfriador de agua (*CHILLER*):

Gabinete

Los elementos estructurales externos deberán ser de calibre pesado y revestido de acero galvanizado de calibre pesado, las cuales serán tratadas y pintadas con cocido al horno que asegure su funcionamiento a intemperie.

Compresores

Los compresores deben ser herméticos tipo scroll que contará con lubricación de aceite forzado con sus respectivos filtros, cárter de aceite con sus respectivos calentadores, punto de suministro de aceite y mirilla de nivel de aceite. Estará provisto para tener protección contra pérdida de fase, desbalance de fases, rotación inversa, sobrecarga de corriente, sobre y bajo voltaje. Los compresores estarán montados sobre amortiguadores de vibración.

Cada circuito de refrigerante deberá incluir: válvula de aislamiento de servicio, válvula de alivio de presión para la línea de alta y baja presión, válvula de cierre en la línea de líquido con puerto de carga, filtro secador, válvula solenoide, mirilla de indicador de humedad de refrigerante y válvula de expansión termostáticas.

Evaporador

El evaporador es del tipo de expansión directa y es un intercambiador de calor del tipo tubo y carcasa (refrigerante por los tubos y agua en la parte exterior), con tubos de cobre sin costura, carcasa de acero y deflectores. Los cabezales serán de acero y desmontables para permitir el acceso a los tubos de cualquier lado.

Cada intercambiador será diseñado, fabricado y probado utilizando las normas para recipientes a presión de la ASME, con una presión de trabajo

mínima de 450 PSIG (3103 kPa) en el lado del refrigerante y 150 PSIG (1034 kPa) para el lado del agua. Cada intercambiador de calor será térmicamente aislado con una espuma elastómera de 3/4" de espesor y con conductividad térmica de 0,26 BTU/hr pie² °F (1.476 watt/m² °C).

Condensador

El serpentín del condensador estará conformado por tubos sin costura y aletas de aluminio mecánicamente unidos.

Los ventiladores deberán estar posicionados para la descarga vertical, ser silenciosas, equilibrados estática y dinámicamente para un funcionamiento sin vibraciones, resistente a la corrosión, con rodamientos de lubricación permanente y directamente impulsados por motores independientes, los que tendrán protección térmica para evitar el sobrecalentamiento de las bobinas del motor. Cada ventilador tendrá su propio comportamiento para evitar flujos cruzados durante funcionamiento de los mismos.

El condensador deberá estar aislado de la estructura marco, mediante aisladores de jebe a fin de evitar la corrosión. La presión de trabajo de diseño del condensador es de 650 PISG (45 bar) y la presión para el lavado del serpentín será hasta 1500 PISG (103 bar).

Centro de Control

El panel de control contará con una pantalla de cristal líquida que permite mostrar un mínimo de dos líneas de datos de 40 caracteres en cada línea. En el panel de control se ubicarán interruptor ON/OFF, pantalla, teclado, fusibles del transformador y block de terminales para la conexión en el campo; y en el panel de fuerza se ubicarán los contactores y fusibles de los ventiladores, los contactores y la protección de sobrecarga de corriente de los compresores, interruptor de desconexión. El panel de control tendrá certificación NEMA, UL y otros.

El equipo tendrá un sistema del tipo "MICROPROCESADOR", el cual mostrará, entre otra información, lo siguiente:

Temperatura de agua entrando y saliendo del evaporador.

Temperatura de aire entrando y saliendo del condensador.

Presión y temperatura de refrigerante en el compresor y condensador para cada circuito.

Temperaturas en la línea de succión, sobrecalentamiento y subenfriamiento de cada circuito.

Ingresar set points o modificar los valores del sistema.

Estado, inicio y horas de operación de los compresores y número de Compresores funcionamiento.

- Hora de inicio y parada de operación.
- Hora, día y fecha.

Bombas de Agua Helada

Las electrobombas serán del tipo centrífugo y deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

La caja de la bomba será de fierro fundido.

El impulsor será de bronce, debidamente balanceado.

La bomba y el motor estarán unidos mediante pernos, formando una unidad compacta.

El impulsor estará montado sobre el eje del motor, especialmente diseñado para esta aplicación, evitando vibraciones y asegurando un perfecto alineamiento.

Sello mecánico construido con elementos de acero y caras de cerámica y carbono.

- El accionamiento de la bomba será por medio de motor eléctrico trifásico para 60HZ.

La bomba se conectará a las tuberías por medio de unión flexible.

Adicionalmente se deberán incluir los siguientes accesorios para las bombas:

Válvula Multipropósito

Válvula para calibración, corte y check, será del tipo para instalación vertical o en ángulo, el cuerpo será construido de fierro fundido, la glándula construida de bronce y el vástago de acero inoxidable.

Difusor de Succión

El cuerpo construido de fierro fundido, con conexiones para brida, llevará tapa embridada para limpieza, incluirá filtro.

TANQUE DE EXPANSIÓN

Será de forma cilíndrica, construida de plancha galvanizada de acuerdo a las normas ASME, para trabajar a una presión máxima de 150 PSIG (1034 kPa).

JUNTAS FLEXIBLES

Para diámetros de 2 ½" (64 mm) o mayores las juntas deberán ser de goma sintética con refuerzos internos de acero y mallas de material sintético para presión de operación de 15 kg/cm², además deberá contar con bridas en acero fundido según ANSI – B.16.5 y provistos de tirantes clase 250.

Manejadoras de Aire

Gabinete

Todas las secciones modulares que comprenden el gabinete de la unidad se construirán con planchas de fierro galvanizado pesado, en forma de paneles removibles que permitan reparaciones y mantenimiento de las piezas componentes. Todos los paneles removibles contarán con empaquetaduras para asegurar su hermeticidad; las secciones modulares estarán adecuadamente reforzadas por medio de estructuras metálicas, conformadas por angulares o canales de fierro galvanizado, que garanticen la solidez y rigidez de la unidad.

Las secciones modulares que encierran el serpentín y el ventilador se forrarán en la totalidad de la superficie interior con aislamiento térmico, de 1" (25 mm) de espesor como mínimo; de preferencia el aislamiento será de lana de vidrio con densidad de 1.5 lb/pie³ (24 kg/m³). Además llevará una capa de material adecuado (Neopreno o similar) en su superficie exterior para evitar que el aislamiento se erosione con el paso del aire.

El aislamiento se adherirá a la superficie interior del gabinete por medio de un pegamento especial a prueba de agua, adecuado y garantizado. Toda la estructura de refuerzo y planchas que conforman las diferentes secciones modulares del gabinete, con excepción del serpentín, se protegerán contra la corrosión por medio de limpieza química, fosfatado y pintura al horno de todas las piezas metálicas. Además se les proveerá de un tratamiento adecuado que permita la instalación de las unidades en ambientes exteriores, sin sufrir las inclemencias del clima húmedo.

El gabinete contará con bandeja de drenaje, que obligatoriamente debe cubrir toda el área de apoyo del serpentín de enfriamiento, para recepcionar el agua de condensación. Estará aislado con material térmico que sea además resistente a la corrosión y tendrá conexiones roscadas a ambos lados de la bandeja.

Ventiladores

Cada unidad estará equipada con ventiladores centrífugos silenciosos de doble ancho y doble entrada, con hojas inclinadas hacia adelante, balanceados estática y dinámicamente como un solo conjunto con sus ejes. Los ejes serán de acero e irán apoyados en chumaceras, las cuales estarán

montadas rígidamente en la estructura metálica de la sección modular correspondiente al gabinete. Los rotores del ventilador serán unidos a sus ejes por medio de chavetas especiales.

Después del ensamblaje de los ventiladores en el gabinete, la unidad completa deberá ser balanceada estática y dinámicamente.

Los ventiladores serán accionados por medio de motores eléctricos a través de fajas y poleas de paso variable seleccionadas con un factor de seguridad de 1.4 sobre la potencia al freno del motor. La unidad contará con una base metálica galvanizada y con tensores de fajas para el montaje del motor eléctrico, además contará con guarda fajas galvanizadas.

La velocidad del aire no será mayor de 700 pies por minuto (3.56 m/s), a través del serpentín de enfriamiento de aire.

Serpentín de enfriamiento

Cada unidad contará con serpentines de refrigeración y des humidificación de aire que tendrán como medio de refrigeración agua helada, producida en el enfriador de agua (*chiller*).

El serpentín de enfriamiento estará construido de tubos de cobre alternados con aletas corrugadas de aluminio, las cuales estarán unidas a los tubos por expansión mecánica solamente.

Estarán diseñados para una presión máxima de trabajo de 250-300 PSIG (1723690-2068428 Pa de presión manométrica) bajo el agua. Todos los serpentines contarán con las previsiones necesarias que permitan su

drenaje total. Contarán además obligatoriamente con purgadores de aire automáticos.

Los serpentines se ensamblarán en la sección modular correspondiente a la unidad, de tal forma que se asegure firmemente el serpentín a la unidad lo más herméticamente posible.

Filtros de aire

Cada unidad contará con una sección donde se instalarán los filtros de aire, los cuales constarán de un pre filtro de malla de aluminio de 2" (50.8 mm) de espesor y cuatro capas de ¼" (6.35 mm).

Esta sección contará con una puerta de acceso adecuada para permitir el cambio y mantenimiento de los filtros.

2.8 CONDICIONES DE DISEÑO

2.8.1 Condiciones Exteriores del proyecto para el confort en verano

Son aquellas condiciones climatológicas existentes en el medio ambiente.

Se consideran las siguientes condiciones para el proyecto:

- a. Condiciones normales de verano
- b. Condiciones normales de invierno

Las condiciones normales de verano son recomendables en aplicaciones destinadas al confort o a la refrigeración industrial, en las que ocasionalmente es tolerable que se sobrepasen las condiciones ambientales del proyecto. Estas condiciones normales fijadas para el ambiente exterior consisten en admitir una simultaneidad de valores fijados para las

temperaturas de los termómetros seco y húmedo y del contenido de humedad, las cuales se pueden sobrepasar algunas veces dentro del año y durante cortos periodos de tiempo.

El segundo tipo de condiciones exteriores son las llamadas condiciones normales de invierno, que son recomendables para instalaciones de confort y calefacción industrial. La temperatura seca interior podrá ser inferior a la indicada algunas veces o durante el año, generalmente en las primeras horas de la mañana. Con la calefacción la variación de temperatura se produce por debajo de las condiciones exigidas de confort en la hora de máxima carga de calefacción (ausencia de personal, iluminación o ganancia solar y con la mínima temperatura exterior). El calor almacenado en la estructura del edificio cuando se trabaja con carga parcial (durante las horas del día) reduce la capacidad necesaria del equipo para el funcionamiento a plena carga.

2.8.2 Condiciones Interiores del proyecto para el confort en verano

Estas condiciones son: una temperatura operativa comprendida entre 23 y 25 °C, una humedad relativa comprendida entre el 45 y el 60% y una velocidad del aire que sea menor que:

- a) Con difusión del aire por mezcla:

$$c = 0.01t - 0,07 \quad (2.1)$$

- b) Con difusión del aire por desplazamiento:

$$c = 0,01t - 0,10 \quad (2.2)$$

siendo:

c la velocidad máxima del aire, en m/s; y

t la temperatura.

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

El objetivo del presente documento es indicar los estándares y parámetros de Ingeniería, considerados para la realización del proyecto AIRE ACONDICIONADO para el reemplazo del sistema existente de los hemiciclos del Congreso de la República ubicado en el Jr. Ancash 542, Lima 15001. Así mismo establece las prácticas a seguir en la ejecución e instalación del sistema respectivo.

3.1.1 Generalidades

Para el desarrollo del presente Proyecto se ha tenido en cuenta las normas y procedimientos del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), ASHRAE, NFPA, SMACNA, ARI, UL, etc. experiencia local, zonas o ambientes solicitados por el propietario a climatizar, así como los Planos de Arquitectura de V Diseño S.A.

3.1.2 Alcances

Se debe considerar esta Memoria Descriptiva y Especificaciones Técnicas como requisitos y norma mínimas que debe cumplir el contratista mecánico de aire acondicionado y ventilación mecánica en lo referente a fabricación,

montaje, instalación, calidad de materiales, capacidad y tipos de equipos y en general de todos los elementos necesarios para que el contratista mecánico ejecute y será el responsable de la correcta instalación de los sistemas. Así mismo, estas especificaciones comprenden los aspectos más resaltantes y detallados más adelante, sin entrar en especificaciones de elementos menores; para lo cual el contratista deberá aplicar las mejores técnicas de instalación en aquellos puntos que no estén especialmente descritos.

Para la ejecución de los trabajos se deberá usar mano de obra calificada, herramientas adecuadas y la dirección técnica de un Ingeniero Mecánico Colegiado y habilitado, respaldado por una empresa especializada en este rubro con experiencia comprobada y demostrable en gerencia e instalaciones de sistemas aire acondicionado de estas características y magnitud.

Los suministros y trabajos a ejecutarse incluyen pero no están limitados a lo siguiente:

Contratista Mecánico:

El Instalador deberá presentar los catálogos, planos y/o muestras que sean requeridos por el Propietario o quién haga las veces de él. También presentará su programación de Suministro y Ejecución de las Instalaciones en obra con indicación de los puntos críticos previstos hasta el arranque y puesta en marcha del sistema, con el fin de garantizar la plena operatividad del sistema tan pronto estén terminados los ambientes de los Hemiciclos.

El Instalador estará obligado a reemplazar aquellos equipos, accesorios o materiales que presenten funcionamiento anormal, fallos constructivos o de instalación y, en general, cualquier elemento que presente un rendimiento inferior al previsto por este proyecto.

Suministro e Instalación de todos los equipos y accesorios que aparecen en los planos y/o solicitan en las presentes especificaciones técnicas, completos con todos los elementos que sean requeridos para su correcta y normal operación, aun cuando no están mostrados en los planos ni se describan en las especificaciones.

Instalación del **sistema de tuberías de agua helada**.

Conexión eléctrica de fuerza de los equipos desde las provisiones dejadas por la obra civil (a 1.0 m de cada equipo), así mismo los alcances para las instalaciones eléctricas de los chillers, bombas, unidades manejadoras de aire, unidades ventiladoras, etc., que se muestran en el esquema de principio eléctrico mostrado en el plano de detalles.

Conexión al sistema de drenaje de todos los equipos desde las provisiones dejadas por la obra civil (a 1.0m de cada equipo).

Conexión eléctrica de los controles.

Suministro de elementos anti vibratorios para los chillers, bombas, unidades manejadoras de aire, unidades ventiladoras, etc. (la fabricación de la loza flotante corresponde a obra civil).

Pruebas, regulaciones y balance de los sistemas.

Sobre el izaje el contratista favorecido deberá emplear todas las precauciones y normas de seguridad que sean necesarias para este tipo de trabajos.

Si por motivo del izaje es necesario desarmar total o parcialmente algún equipo, esto se hará con la autorización de la supervisión de obra y tomando todas las medidas necesarias para cuando se rearmen, queden en las mismas condiciones de operación originales.

Se deberá tener en cuenta el apuntalamiento de los techos inferiores durante el desplazamiento de los nuevos equipos hasta su ubicación final, dicho trabajo será proporcionado por la obra civil, así mismo la obra civil deberá realizar todos los trámites correspondientes ante la municipalidad a efectos de realizar la maniobra de izaje.

Obra Civil:

Bases Flotantes anti vibratorias especiales para los equipos de aire acondicionado (Chillers y Bombas de agua).

Dejar accesos para mantenimiento de los equipos.

Proporcionar un camino despejado para el acarreo del chiller, manejadoras y extractores de monóxido de carbono, durante el proceso de izaje.

Entubado para los termostatos y controles.

Suministro de energía eléctrica de fuerza a cada uno de los equipos que forman parte de este proyecto, Chillers, bombas de agua, unidades manejadoras de aire, unidades ventiladoras, cajas de volumen variable, dampers, etc.

Dejar los puntos de drenaje para cada uno de los Equipos; UMAS, Fan Coils, bombas de agua, etc.

Dejar los puntos de agua de reposición para el sistema de agua helada.

La obra civil deberá prever sumideros adecuados para evacuar el agua e caso de inundación tanto en la losa impermeabilizada de los chillers y bombas de agua (Azotea). En los planos se encuentran indicados algunos sumideros a manera referencial, es responsabilidad de la obra civil dimensionar el tamaño y la cantidad de estos sumideros.

ACUSTICA DE LA SALA DE MAQUINAS

La obra civil deberá realizar el aislamiento acústico de la sala de aquí as donde estarán ubicados los chillers y bombas, para lo cual deberá asesorarse de un especialista acústico, así mismo deberá proporcionar las bases flotantes para los chillers, manejadoras y bombas de agua.

De acuerdo a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (ECA) establecidos por Decreto Supremo N° 085-2003-PCM

Zona de Aplicación	Valores expresados en LAeqT	
	Horario Diurno (de 7:01 a 22:00 hrs.)	Horario Nocturno (de 22:01 a 7:00 hrs.)
Protección Especial	50	40
Residencial	60	50
Comercial	70	60
Industrial	80	70

Realizar los trámites municipales para el izaje de los equipos chillers.

3.1.3 Normas y códigos

En la ejecución de los trabajos de instalación deberán observarse las siguientes normas y códigos:

RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones), Norma EM-030, EM-050, A.010 y A.130.

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers).

SMACNA (Sheet metal and Air Conditioning Engineers).

ASA (American Standard Association).

ASTM (American Society for Testing Materials).

ASME (American Society of Mechanical Engineers).

NFPA (National Fire Protection Association).

3.1.4 Propósito del proyecto

El trabajo consiste en reemplazar el sistema de expansión directa existente y cuyos equipos se encuentran ubicados en la azotea y espacios dentro de los ambientes que acondicionan, empleando manejadoras de aire y realizar las conexiones correspondientes a los ductos existentes.

El sistema de aire acondicionado que se propone es un sistema central de agua fría compuesto por 2 (dos) unidades enfriadoras de agua (Chillers) con condensadores enfriados por aire y compresores de tipo scroll y de doble circuito como mínimo por cada chiller. Deberán ser de operación silenciosa con refrigerante ecológico **R410A** y se ubicarán en la azotea del edificio.

Complementan el sistema bombas de recirculación centrífugas de agua fría, primaria y secundaria, con sus correspondientes unidades de reserva.

Para acondicionar los ambientes se utilizarán Unidades Manejadoras de Aire, las cuales se instalarán en las respectivas ubicaciones de las unidades acondicionadoras de expansión directas, a partir de dónde se distribuirá el aire mediante los ductos de descarga.

Cada vez que los ductos de descarga y/o retorno crucen las zonas de seguridad deberá, instalarse dámperes cortafuego.

El sistema se complementa con el ingreso de aire fresco exterior, la cual será tomada por cada Unidad Manejadora de Aire (UMA), para lo cual se ha previsto ductos verticales.

En términos generales el sistema de agua helada, fundamentalmente tendrá las siguientes características:

1. Los equipos a seleccionarse deben ser preferentemente de fabricación USA y deben estar certificados por ARI, CTI, ASTM y UL. La capacidad de los chillers deberá estar certificada de acuerdo al Estándar ARI 550/590, según las condiciones indicadas en dicha norma. La alimentación eléctrica de estos equipos será de 380 voltios / 3 / 60 Hz.

2. Todas las demás Unidades Manejadoras de Aire (UMAs) y los extractores de aire serán conectadas al sistema eléctrico de emergencia, de tal manera que cuando se produzca un evento de falta de energía local, el edificio se mantenga ventilado con la respectiva renovación de aire.

El Sistema de Bombeo necesario para hacer circular el agua será del tipo Volumen Variable, el cual consiste en tener un circuito de agua exclusivo para mantener constante el flujo de agua en los Chillers (Bombeo Primario) y que mantiene constantes los parámetros de operación del Sistema y un circuito de bombeo Secundario que se encarga de enviar el caudal de agua necesario al Sistema de acuerdo a la demanda de carga del Congreso. La variación del caudal de agua en la montante, se hace a través de un variador de velocidad (frecuencia) en el Tablero de control, que controla la bomba correspondiente y que recibe la señal de un sensor de presión diferencial ubicado en la red de agua helada.

Para ello se emplearán bombas de diseño ANSI, válvulas de triple uso, difusores de succión, filtros coladores de succión, manómetros, válvulas de servicio y otros. Asimismo el sistema deberá contar con un sistema de aireación del tipo cerrado con tanque de expansión del tipo diafragma y separador de aire.

El ambiente del Centro de Cómputo será abastecido por un equipo de expansión directa tipo Split Ductos, la que estará conectada eléctricamente al sistema de emergencia. Así como también el Auditorio contará con dos equipos de expansión directa tipo paquete (package), además tendrán sus respectivos extractores de aire para forzar la renovación de aire.

3.1.5 Parámetros de diseño

La evaluación de la carga térmica se ha realizado considerando los siguientes parámetros de diseño:

Ambientes físicos: Según planos del Anteproyecto de Arquitectura.

Condiciones del Aire Exterior:

Temperatura de Bulbo Seco: 29.4° C (85 ° F)

Temperatura de Bulbo Húmedo: 23.9 ° C (75° F)

Condiciones del Aire Interior:

Temperatura de Bulbo Seco: 23.3 ° C (74 ° F)

Humedad Relativa 55 % (no controlada)

Calor liberado por las personas: Calor Sensible: 250 BtuH

Calor Latente : 200 BtuH

Calor Liberado por Artefactos de Iluminación: 20 watts/m²

Renovación aire exterior 15 cfm/persona

Coefficiente global de transmisión:

Techo: Losa de concreto aligerada de 8" espesor, expuesta al sol, protegida con ladrillo Pastelero: $0.30 \text{ Btu/h pie}^2 \text{ }^\circ\text{F}$

Paredes : Ladrillo con enlucido exterior e interior: $0.30 \text{ Btu/h pie}^2 \text{ }^\circ\text{F}$

Fachada : Lamina de Vidrio

3.1.6 Resultados

Con los datos anteriormente expuestos y siguiendo la metodología de la ASHRAE (Asociación Americana de Ingenieros en Aire Acondicionado y Refrigeración), se ha determinado las capacidades requeridas por el sistema integral. La capacidad del sistema por equipos, se presentan en los Cuadros de capacidad.

3.1.7 Planos de obra

El Contratista antes de comenzar la Obra, deberá revisar el proyecto mecánico y si lo encuentra necesario, sustentará los cambios que propone mediante los correspondientes planos, debidamente coordinados con los proyectos de las otras especialidades y las mediciones del edificio existente, para la aprobación del Propietario y/o el Proyectista.

3.1.8 Planos de replanteo

El Contratista al final de la Obra presentará los planos de replanteo en los que estará indicando el estado final de la Instalación, diagramas de control, esquemas eléctricos y los datos de los Equipos y Accesorios instalados

3.1.9 Alternativas

No se aceptarán alternativas al proyecto inicial que afecten su diseño general y a las condiciones particulares que en él hay, ya que este tiene el consenso de los propietarios y los especialistas participantes.

3.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

3.2.1 Sistema de aire acondicionado

3.2.1.1 Chillers

El chiller será diseñado, seleccionado, y construido usando un refrigerante ecológico R410A. El enfriador deberá ser certificado por ARI. Incluirá, dos sistemas de refrigeración completamente independientes; deberá contar con 02 circuitos de refrigeración y compresores del tipo scroll, evaporador del tipo de expansión directa; condensador enfriado por aire.

Deberán ser 02 unidad de 80.0 TR de refrigeración cada uno como mínimo, con un flujo de agua a razón de 2.4 gpm/toneladas a 55°F/45°F trabajando con una temperatura ambiente de 85°F; y tendrá una eficiencia como mínimo de 9.8 EER (al 100% de carga) y a carga parcial un IPLV 15.1 EER.

El chiller debe incluir resortes anti vibratorios antisísmicos indicados por el fabricante.

Gabinete: Los paneles de la unidad, elementos estructurales, cajas de control y elementos estructurales serán construidos en acero galvanizado. Todas las superficies serán pintadas con pintura horneada en polvo y tendrán un rating mínimo de resistencia de 6 aplicando la prueba ASTM B117 según ASTM

Deberá incluir válvulas de aislamiento de tipo bola (01 en cada sistema de refrigeración), y transductores de presión a la descarga y succión de los compresores

Condiciones eléctricas del lugar 380 V. 3 fases. 60 Hz.

El peso máximo de operación de cada uno de los chillers no deberá sobrepasar los 3,000 Kg, esto se debe verificar con el reporte de selección del equipo.

El modelo sugerido de la marca CARRIER equivalente en otras marcas

Compresores y Motores

Los compresores serán del tipo scroll hermético, haciendo en total un mínimo de 05 compresores, los compresores deberán incluir chaquetas acústicas para disminuir el nivel de ruido, asimismo contará con las siguientes características:

1. Diseño obediente, capaz de soportar esfuerzos radiales y axiales.
2. El refrigerante deberá atravesar el motor, refrescándolo completamente.
3. Recolector de aceite en el carter del compresor
4. Calentador del carter de los compresores
5. Válvula check a la descarga del compresor.
6. Carga inicial de aceite
7. Visor del nivel de aceite.
8. Aisladores de vibración

Componentes del circuito de refrigeración:

Cada circuito refrigerante incluirá en la línea de líquido: válvula de cierre con el puerto de carga, válvula de alivio para la línea de baja presión, filtro-secador, válvula solenoide, visor de refrigerante con indicador de humedad, válvula de expansión, aislamiento flexible con espuma y transductor de presión para la línea de succión.

Intercambiadores de Calor:

A. EVAPORADOR:

1. Del tipo de expansión directa tipo coraza y tubos (refrigerante en los tubos y agua en la coraza) con tubería en cobre de alta eficiencia para disminuir el riesgo de congelación del intercambiador durante los periodos de paro.
2. Construido, probado, y estampado de acuerdo con secciones aplicables del código de recipientes de presión de ASME para el mínimo 450 PSIG (30 bar) para el lado del refrigerante como presión de diseño; y 150 PSIG (bar 10) para el lado del agua.
3. Carcasa cubierta con el 3.4"(19mm) de aislamiento flexible, con conductividad térmica de 0.26k ([BTU/HR-Ft² -°F]/in.) como máximo.

B. CONDENSADOR ENFRIADO POR AIRE

1. Serpentin: El intercambiador de calor deberá ser de un solo material, para evitar corrosión galvánica que se crea por la unión de materiales diferentes.

Estos deberán venir soldados como si fuera una sola pieza. La presión de diseño de trabajo será 650 PSIG (45 bar). El serpentín del condensador deberá poder ser lavable con agua a presión y contará con protección fenólica realizada en fábrica. No se aceptarán opciones de tratamiento realizadas localmente.

2. Ventiladores de bajo ruido: Serán balanceados estática y dinámicamente con transmisión directa. Las aspas serán fabricadas con fibra de vidrio montadas en una sección de bajo nivel de ruido suministrando una descarga vertical. Los ventiladores tendrán guardas de alto calibre recubiertas con PVC o galvanizadas

El nivel de ruido permitido como máximo para los ventiladores será de 66 dBA medido a 30 pies.

3. Motores De Ventilador de Alta eficiencia, transmisión directa y alimentados con potencia trifásica, con aislamiento eléctrico tipo F y TEAO (Totally Enclosed Air Over), con rodamientos de bolas con doble sello y lubricación permanente

Requerimientos eléctricos y mecánicos

El chiller deberá contar además con

- A. Secuencias automáticas de protección, comienzo y parada automática.
- B. Panel del Microprocesador: Gabinete de acero pintado, protección NEMA 3R/12 (IP55) del polvo y puerta sellada junta.
- C. Un único punto de entrada

- D. Transformador de control
- E. Aisladores de Vibración Antisísmicos de 2" de deflexión.
- F. Interruptor de flujo
- G. Módulo de protección de corriente
- H. Kit de trabajo para ambientes a altas temperaturas
- I. Kit de lectura de presión de succión y descarga
- J. Protección de alto voltaje, bajo voltaje, inversión de fase, desbalance de fase.

Panel de control

El panel de control, deberá tener un panel con una pantalla de cristal líquido instalado y fijo en fábrica, deberá tener como mínimo 2 líneas de 20 caracteres como mínimo

El panel deberá estar contenido en una cabina fabricada de acuerdo a NEMA 3R/12 y equivalente a IP55. El display deberá mostrar la siguiente información:

Temperatura de agua helada.

Temperatura ambiente

Presiones de cada sistema

Horas de operación y número de encendidos para cada compresor.

Deberá tener la opción de imprimir el historial de operación del equipo.

El microprocesador de control deberá ser capaz de mostrar lo siguiente:

Temperatura de retorno y salida de agua helada

Temperatura de agua helada de cut-out

Temperatura ambiente de cut-out

Temperatura exterior del ambiente

Estatus del Anti-recycleTimer

Valor del anticoincidenttimer

Estatus de encendido de cada compresor

Programación para el funcionamiento del equipo por horarios incluyendo feriados

Estatus de la válvula solenoide

El chiller deberá contar con las siguientes certificaciones:

1. ANSI/ASHRAE Standard 15 – Safety Code for Mechanical Refrigeration
2. ASHRAE 90.1– Energy Efficiency compliance.
3. ANSI/NFPA Standard 70 – National Electrical Code (N.E.C.).
4. ASME Boiler & Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 1.
5. ARI Standard 550/590 – Positive Displacement Compressors and Air Cooled Rotary Screw Water-Chilling Packages.

6. Conform to Intertek Testing Services, formerly ETL, for construction of chillers and provide ETL/cETL Listing label.

7. Manufactured in facility registered to ISO 9002.

8. OSHA – Occupational Safety and Health Act

3.2.1.2 Bombas de agua

Se suministrarán e instalarán las bombas como se muestran en los planos.

El diseño de las bombas será con succión en el extremo (EndSuction) montada sobre su base metálica (Frame Mounted). Serán 3 bombas primarias (1 en "stand by") y 2 bombas secundarias (01 en "stand by"). La eficiencia de las bombas no deberá ser menor al 75% con margen de tolerancia máximo de 2%.

La voluta o carcaza de la bomba deberá ser de fierro fundido calidad ASTM48, clase 30 con pedestal de soporte fundido en forma integral (una sola pieza). El impulsor será de bronce fundido calidad ASTM B584, tipo cerrado, balanceado dinámicamente para cumplir con la clasificación G 6.3 de ANSI, fijado con chaveta al eje y asegurado por medio de prisionero. El eje de la bomba deberá ser de acero inoxidable AISI 416, con funda (shaftsleeve) también de acero inoxidable.

La bomba deberá tener un sello mecánico del tipo cerámico y deberá ser de diseño de eje seco, de tal forma que el eje nunca este expuesto al fluido.

Las bridas de las bombas deben ser de clase 125 según ANSI para 250 F. La carcaza tendrá conexiones para manómetros de 1/4" y deberá tener puertos de ventilación y purga en la parte superior e inferiormente de la

voluta. Las bridas de succión y descarga deberán estar alineadas, siendo la brida de succión de entrada horizontal y la brida de descarga de salida vertical.

El ensamble de la caja de rodamientos deberá tener rodamientos de bolas de uso industrial, clase L10 (Mínimo tiempo de vida 60,000 horas de funcionamiento).

La bomba, el motor y la base deberán ser ensamblados y alineados en fábrica, la base será de acero estructural o de acero acanalado completamente cerrada en los lados y en los extremos, con miembros seccionados firmemente soldados. La bomba contará con un acople flexible, capaz de absorber la vibración de torsión, se empleará entre la bomba y el motor y estará equipado con un guarda acople. La bomba deberá estar pintada exteriormente en su totalidad con una protección epóxica industrial de 2 a 3 milis de espesor.

El performance de las bombas deberán seguir los procedimientos de pruebas del Hydraulic Institute (HI) y ANSI.

El motor eléctrico deberá cumplir con las especificaciones NEMA Premium Efficiency, con cerramiento (enclosure) TEFC, para 1750 rpm. La bomba y el motor estarán alineados de fábrica, debiendo el contratista de instalaciones verificar ese alineamiento en campo, previo al arranque de las unidades.

3.2.1.3 Accesorios de control

El sistema diseñado necesita como principales accesorios:

Transmisor de presión de agua

- Controlará la presión hidráulica de entrada y salida de las Bombas. Se instalará una a la entrada y otra a la salida de cada bomba.
- Rango entre 0-150 PSIG. Máximo admisible 300 PSIG.
- Para transmisión compatible 4-20 mA. O pulsos 1-11 VDC.
- Sin control de ajustes interno.
- En cobertura de aluminio NEMA 4. Para clima tropical izado.
- Listado UL.

Transmisor de temperatura de agua

- Controlará la temperatura en la entrada y salida de los Chilers y de suministro y retorno en cada sector de los hemiciclos.
- Para transmisión compatible 4-20 mA pulsos 1-11 VDC. Rango entre 32-90° F.
- Sin control de ajustes interno.
- En cobertura de aluminio NEMA 4. Para clima tropicalizado.
- Listado UL.

Transmisor de flujo de los chillers

- Controlará el flujo de entrada en cada Chiller . Rango entre 0- 1200 GPM.

- Para transmisión compatible 4-20 mA. O pulsos 1-11 VDC.
- Sin control de ajustes interno.
- En cobertura de aluminio NEMA 4. Para clima tropical izado.
- Cableado codificado.
- Listado UL.

3.2.1.4 Variador de frecuencia

El variador de frecuencia debe convertir tensión trifásica que varíe entre +/- 10% a 60 Hz, en tensión y frecuencia variables de salida. Debe suministrar una tensión de salida completa al motor, incluso a una tensión de alimentación del -10%. La relación tensión/frecuencia debe ser adecuada para el control de velocidad de las bombas de agua secundarias centrífugas, para así minimizar el consumo de energía.

Estos equipos deben cumplir con los siguientes puntos:

1. Eficiencia mínima de 96% a 100% de carga y 92% a 20% de carga.
2. Tensión de entrada 380 V +/-10%
3. Temperatura ambiente durante operación de -10°C a 40°C.
Humedad relativa máxima de 95%.
4. Frecuencia de salida de 0-60Hz.
5. Tensión de salida trifásica ajustable de 0-100%.
6. El torque de salida se debe limitar al 110% del torque nominal del motor para impedir daños a los equipos conectados.

7. El variador puede usar señales de control 0-10 V, 1-5 V y 4-20 mA.
8. El variador debe tener dos relays de salida programables. Deben ser programables dos salidas analógicas para poder visualizar los parámetros en el sistema de control inteligente.
9. Debe ser posible programar 20 velocidades prefijadas diferentes. Incluso inversión de giro.
10. El variador debe evitar al menos 4 frecuencias de bypass con ancho de banda ajustable para evitar la resonancia mecánica.
11. El variador debe poseer una función de bloqueo de parámetros (password) para impedir una programación no intencionada.
12. El variador debe cumplir los requisitos de EMC y RFI de acuerdo a la norma EN 55011.
13. El variador debe ser capaz de tomar el control de la electrobomba independientemente del sentido de rotación del mismo.
14. El variador debe tener un control con procesador de 32 bits y circuitos ASIC que garanticen el voltaje de motor completo y una corriente de otro de forma sinusoidal.
15. El variador debe emitir una advertencia o parar el motor si éste se sobrecalienta. Esta función debe ser parte integrante del convertidor de frecuencia. En consecuencia, no se necesita un termistor en el motor.
16. El variador debe tener un Cos 1 en el lado de la alimentación a todas las cargas y velocidades.

17. El variador debe tener un controlador PID incorporado de fábrica para obtener un control de lazo cerrado.

El variador debe incluir las siguientes funciones de forma estándar:

1. Desconexión del inversor a 75°C en el disipador de calor.
2. Protección contra sub voltaje.
3. Protección contra sobre voltaje.
4. Display con teclado alfanumérico
5. Elección de hasta 4 variables para visualización.
6. Bloqueo para impedir la programación accidental del variador.
7. 4 rampas ajustables individualmente de aceleración y desaceleración.

3.2.1.5 Válvulas multipropósito

Válvula para Calibración, corte y check, será del tipo para instalación vertical, el cuerpo construido de fierro fundido, la glándula construida de bronce, vástago de acero inoxidable.

3.2.1.6 Difusor de succión

El cuerpo construido de fierro fundido, con conexiones para brida, llevara tapa embridada para limpieza, incluirá filtro.

3.2.1.7 Juntas flexibles

Deberán ser en goma sintética con refuerzos internos de acero y mallas de material sintético para presión de operación de 15 kg/cm², con bridas en acero fundido, según ANSI – B.16.5, provistos de tirantes.

3.2.1.8 Acoples ranurados.

El empalme entre las tuberías del sistema y el chiller deberán ser mediante acoples ranurados ó según el diámetro de los tubos de ingreso y salida del chiller.

3.2.1.9 Tanque de expansión

Cantidad: 0 1

Capacidad Mínima: 80 Galones con Blader.

3.2.1.10 Tanque separador de aire

01 Tanque de 6" de diámetro con bridas, incluye filtro colador, para manejar un caudal mínimo de 800 gpm.

3.2.1.11 Accesorios e instrumentos

- Purgadores de aire.
- Interruptor de flujo (Flowswitch).
- Manómetro diferencial de presión.
- Termómetro de dial o de columna.

3.2.1.12 Unidad manejadora de aire

Se suministrarán e instalarán en el sitio indicado en los planos, las Unidades Manejadoras de Aire - Central Station Air Handling Units- tipo aplicado, modulares, importadas, para trabajar en salas de máquinas, compuestas por sección ventiladora, sección de serpentín y sección de filtros. Las Unidades serán construidas de acuerdo a las normas ARI 430 y ARI 410, para capacidad certificada de serpentines. Deberán llevar los sellos correspondientes. El aislamiento de las unidades debe cumplir con las normas de NFPA 90A.

Sección ventiladora:

Esta sección ventiladora con un (1) ventilador centrífugo de aletas inclinadas hacia adelante, balanceados estática y dinámicamente de acuerdo con AMCA, de doble ancho y doble entrada. El eje sobre el cual irá montado el ventilador será de acero y estará soportado por balineras escualizables con boquilla exterior para su lubricación. El ventilador y el motor estarán aislados internamente a las vibraciones por medio de resortes iguales o similares a Vibration Mountings. El motor estará soportado sobre base metálica provista de tensores adecuados y la transmisión será por medio de poleas y fajas en "V". El motor será trifásico TEFC de alta eficiencia, para operación a 380V-3f-60Hz.

El gabinete de esta sección será construido en lámina galvanizada calibre 16, con estructura formada en perfiles galvanizados; los paneles serán de fácil remoción y estarán aislados térmicamente con lana de vidrio de 1" de

espesor y una libra de densidad o su equivalente en poliuretano de 1" de espesor.

Sección serpentín:

La sección de serpentín tendrá bandeja de drenaje de tamaño adecuado para recoger el condensado del serpentín y sus distribuidores y estará aislada con material repelente al agua de 1" de espesor.

El gabinete de esta sección será de construcción similar al de la sección de ventiladores en cuanto a materiales y calibres a usar.

El serpentín de enfriamiento será construido en tubos de cobre sin costuras con aletas de aluminio soldadas mecánicamente a los mismos. La máxima presión de trabajo debe ser de 300 PSIG a 200°F. Los tubos del serpentín deben estar probados a una presión de 350 PSIG sumergidos en agua.

Sección de filtros:

Donde así se indique, la unidad tendrá un banco de pre-filtros del tipo metálico lavable de 2" de espesor, en material de malla y poliéster de 30% de eficiencia y filtros tipo rígido de 12" de espesor para lograr 13 MERV, según ASHRAE standard 52-76.

El gabinete de los filtros también será de construcción similar al de la sección ventiladora en cuanto a materiales y calibres a usar.

Las UMAs de las Salas de Operaciones contarán además una sección para instalar un serpentín evaporador de expansión directa. Además contarán con variadores de frecuencia para mantener el mínimo caudal de aire para las respectivas salas de operaciones cuando los filtros de aire se ensucien.

Serán controlados por el sensor de diferencial de presión instalado antes y después del filtro tipo HEPA.

3.2.1.13 Válvulas de 02 vías.- Serán del tipo modulante, con bobina de 220V. Las válvulas deben ser seleccionadas por capacidad.

3.2.1.14 Tuberías y accesorios

Tuberías

Diámetros hasta 2": Deberá ser ejecutada en tubo de acero al carbono negro sin costura, ASTM-A-53 - grado B, o ASTM-A106 - grado B, schedule 40, extremos con rosca NPT.

Diámetros de 2 1/2" (inclusive) hasta 10":

Deberá ser ejecutada en tubo de acero al carbono negro sin costura, ASTMA-

53 - grado B, o ASTM-A106 - grado B, schedule 40, extremos biselados para soldar.

Codos y curvas de 90° y 45°

Diámetros encima de 2 1/2" (inclusive) hasta 10":

Deberá ser ejecutada en tubo de acero al carbono, sin costura, ASTM-A-53 ó ASTM-A-106 (conforme ASTM-A-234), dimensiones de segundo ANSI-B.16.7, radio largo, con extremos biselados para soldar.

Coplas roscadas

Diámetros de 1/2" hasta 2" (inclusive):

Deberá ser ejecutada en acero al carbono negro, SAE-1010 o SAE-1020, sin costura, clase 200 libras, extremos soldados x tuerca NPT (ABNT-NBR8133).

Codos 90° e 45°

Diámetros de 1/2" hasta 2" (inclusive):

Deberá ser ejecutado en fierro maleable, galvanizado, clase 10, ABNT-NBR-6943, tuerca NPT.

Tees y Tees de Reducción

Diámetros de 1/2" hasta 2" (inclusive):

Deberán ser ejecutados en fierro maleable, galvanizado, clase 10, ABNTNBR-

6943, tuerca NPT.

Reducciones

Diámetros de 1/2" hasta 2" (inclusive):

Deberán ser ejecutados en fierro maleable, galvanizado, clase 10, ABNTNBR-

6943, tuerca NPT.

Bridas

Diámetros encima de 2 1/2" (inclusive) hasta 10":

Deberán ser de acero al carbono, ASTM-A-181, clase 150, tipo sobrepuesto, según ANSI-B.16.5, cara plana o con resalte, de acuerdo a la aplicación.

Válvulas de Mariposa

Diámetros encima de 2 1/2" (inclusive): Deberán ser de tipo con conexiones bridadas, según ANSI-B.16.5, clase 250, cara plana, cuerpo en fierro fundido modular ASTM-A-534.25.45.12, asiento en EPDM, disco en fierro nodular ASTM-A534.25.45.12, vástago y tornillos de fijación de disco en acero inoxidable; para 250 psi, accionamiento por palanca manual, con memoria.

Manómetros.

Deberán ser en caja de acero pintado, Ø 100 mm, con anillo de metal, de conexión 1/2" NPT, escalas compatibles con la aplicación, escritas en "kgf/cm² y lbs/pulg²".

Termómetros

Deberán ser en caja de acero pintado, Ø 100 mm, tipo bimetalico, con asta recta o angular, conexión de 1/2" NPT, con escalas compatibles con la aplicación, escritas en "°C".

Pozos para Termómetros

Deberán ser ejecutados en metal, con rosca interna Ø1/2", y rosca externa Ø 3/4" ambas NPT, con extensión de la distancia conforme diámetro del tubo en que fuera aplicado.

Empaquetaduras para Bridas

Deberán ser de neopreno, espesura de 1/16", pre cortadas, para bridas ANSIB-16.5, clase 150.

Tornillos de Bidas

Deberán ser de acero al carbono ASTM-A-307-Gr.B, con tuercas hexagonales ASTM-A-194, en los diámetros adecuados a las bridas que puedan acoplar.

Soportes

Toda la tubería deberá ser soportada, asegurada y guiada de forma apropiada, de modo de no presentar flexiones y evitar transmisión de vibraciones parapara pisos o paredes, utilizándose **anti vibratorios de goma**.

Los soportes metálicos deben ser contruidos y montados de acuerdo con las normas de construcción y montaje de las estructuras metálicas de fuerza.

Durante el montaje, deben ser provistos por el instalador, soportes provisionales, de modo que la línea no sufra tensiones exageradas ni que esfuerzos apreciables sean transmitidos a los equipamientos, ni por poco tiempo.

Los puntos de fijación serán hechos después del montaje total de la línea.

Solamente será permitido soldar soportes en tubos o equipamientos (idénticos a los provisionales) cuando sea indicado en el proyecto o permitidos por el cliente.

Los soportes deben ser colocados con una tolerancia de ± 3 cm en dirección perpendicular al tubo y ± 15 cm en dirección longitudinal, salvo se indique lo contrario.

Las superficies de soporte del contacto con el tubo, deberán ser pintadas antes de la colocación de la línea.

Las líneas podrán ser probadas, solamente después y colocadas en todos los soportes, guías y anclajes.

Soldadura

- Metales de Relleno

Los electrodos para soldadura por arco eléctrico obedecerán a la especificación ASTM A-233.

Los electrodos y varillas deberán estar siempre libres de herrumbre, aceites, grasa, tinta, tierra, o cualquier otro material que pueda comprometer el resultado de la soldadura.

No se permitirá el uso de soldadura oxiacetilénico.

- Procedimiento de soldadura

Preparación del metal base:

1. Preparación de los lados

Los lados que serán soldados deberán ser preparados por maquinado o esmeril.

No será permitido el corte por soplete.

En caso de imperfección en el corte se eliminarán las irregularidades y escorias que serán removidas con esmeril o lima.

La preparación de las extremidades para soldar de tope, deberá obedecer las normas pertinentes.

2. Limpieza

Antes del inicio de soldadura, las áreas de soldadura y las áreas adyacentes deberán estar limpias, de modo que estén exentas de óxidos, tintas, herrumbre, escorias, rebordes, humedad, o cualquier otro material que pueda afectar la soldadura.

Pruebas

- La tubería antes de la instalación del aislamiento y aplicación de la pintura deberá ser probada con agua a presión mínima de 1.5 veces de presión de trabajo o 150 psi, la más alta, esto debido a que finalmente es un sistema dinámico con flujos de agua a presión.
- La presión de la prueba deberá ser aplicable inclusive para las tuberías que trabajan sin presión alguna.
- Todos los sistemas de tuberías a ser probados, deben ser subdivididos en secciones, por medio de tapones o bridas ciegas, para resultados parciales de forma que sea fácilmente detectables la fuga. Cada sección será probada a una misma presión.
- Las juntas de expansión deben ser verificadas y unidas convenientemente, para que no se deformen.
- Todas las soldaduras deben estar expuestas, sin aislamiento y sin pintura.

- No se debe usar para las pruebas hidrostáticas cualquier tipo de agua dañina para a tubería. Sólo agua potable de la red de Sedapal.
- Antes de completarse el relleno de las tuberías con agua, se deberá hacer una eliminación total del aire del sistema.
- La subida de presión en el sistema debe ser lenta.
- La presión de prueba, será mantenida por lo menos por 24 (veinticuatro) horas, más el tiempo durante el cual la tubería deberá ser cuidadosamente examinada para la verificación del escape de líquido.
- El manómetro de medida de presión deberá ser colocado en un punto más alto del sistema, en caso de que esto no sea posible, se debe acrecentar el valor de presión de prueba y presión de columna hidrostática por encima del manómetro.

Pintura

Antes de ser pintadas las tuberías se procederá a limpiar adecuadamente la superficie, Se aplicará primero la pintura de base de zincromato. Pintura de acabado será del tipo esmalte sintético.

3.2.1.15 Aislamiento de las tuberías para agua helada

Todas las tuberías de agua helada deberán ser aisladas térmicamente con mangas de 1" de espuma elastomérica de espesor para las tuberías de agua helada hasta 6"Ø, o planchas de espuma elastomérica de 1" de espesor para las tuberías mayores a 6"Ø, de espesor nominal conforme a la tabla; la conductividad térmica de este aislamiento medida a una temperatura de 0°C debe de ser menor o igual a 0.034 W / (m.K.), (Marcas Recomendadas:

Armaflex, Aeroflex, DurkFlex, Superlon) cualquiera de estas marcas son aceptadas.

DIÁMETRO ESPESOR DEL AISLAMIENTO

Hasta 6"	1"
de 6" a 12"	1 ¼"
Mayor de 12"	1 1/2"

El aislamiento deberá ser colocado con pegamento recomendado por el fabricante del aislamiento, o en lugares de difícil acceso con cinta adhesiva recomendado por el fabricante del aislamiento.

Todas las tuberías de agua helada, deberán ser revestidas con plancha de acero galvanizado de 1/54", a fin de protegerlas de impactos mecánicos y radiación solar.

3.2.1.16 Extractores de aire

Se suministrará e instalarán en cada nivel de los sótanos para llevar el aire contaminado hacia las rejillas de extracción, ventiladores centrífugos del tipo en línea en gabinete de las siguientes características:

- Impelente centrífugo de doble entrada, el rodete será de hojas curvadas hacia atrás (BackwardCurved), el cual será balanceado estática y dinámicamente.
- El impelente será de aluminio y su carcasa será construidos con planchas de acero galvanizado.

- Todas las partes metálicas se protegerán contra la corrosión por medio de limpieza química, luego se aplicarán dos manos de pintura base y dos manos de pintura esmalte.
- El ventilador debe venir de fábrica con las siguientes certificaciones AMCA y UL. Los rodamientos del eje deben ser suministrados de fábrica, probados y diseñados al 100% para aplicaciones con movimiento de aire, con un mínimo de vida útil de 200.000 horas de trabajo.

Se recomienda las marcas GREENHECK, TWIN CITY o LOREN COOK (USA), que cuentan con certificaciones AMCA, UL y cUL705.

3.2.1.17 Bases flotantes

La Obra civil deberá construir la base flotante para la ubicación de los equipos chiller, torres, bombas y ventiladores del presente proyecto.

Estas bases flotantes deberán construirse bajo la supervisión del instalador de aire acondicionado, según se indica en el plano de detalles.

3.2.1.18 Instalación eléctrica

En los planos de instalaciones eléctricas se indica el lugar donde la obra civil deberá dejar las provisiones eléctricas para los equipos de aire acondicionado, extracción de baños, inyección de aire fresco.

El contratista del Aire Acondicionado ejecutará totalmente la conexión eléctrica de los equipos desde dichas provisiones.

Los alambres y cables serán libres de halógeno.

Será parte de la instalación eléctrica la instalación de todo el sistema de control, los arrancadores magnéticos y las botoneras de arranque ubicadas en lugares accesibles.

Todos los equipos de aire acondicionado estarán conectados a tierra con su respectivo cable.

Los Gabinetes de los tableros eléctricos que estén a la intemperie (Bombas), deben tener techo inclinado y un grado de protección NEMA4. Los accesorios utilizados deben ser de marcas de reconocido prestigio tal como SIEMENS, MERLIN GERIN, LEGRAND y/o SCHNEIDER, No se aceptaran otras marcas.

Para la conexión eléctrica en general se seguirán las normas técnicas establecidas en el código nacional de electricidad.

3.2.1.19 Instalación de drenaje

El drenaje de los equipos de Aire Acondicionado se conectará al sumidero proporcionado por obra civil y ubicado a una distancia no mayor de 0.5 metros de los equipos, estos puntos de drenaje deberán coordinarse su ubicación final con obra civil al inicio de la obra; se empleará tubería PVC-SAP con uniones para embonar usando pegamento adecuado.

Sumideros para el caso de inundación debido a eventos fortuitos.

En el caso de las torres de enfriamiento por cualquier eventualidad, la obra civil deberá prever sumideros para evacuar un volumen de agua de 10m³ (mínimo 4 puntos sumideros), y en el caso de los chillers un volumen de agua de 55m³ (mínimo 4 puntos sumideros).

Además el piso de esta zona deberá contar con una impermeabilización efectuada por el contratista de la Obra Civil para evitar cualquier tipo de filtración de agua hacia el interior del local.

3.2.1.20 Pruebas y balanceo

Las pruebas y ajustes de los equipos de Aire Acondicionado y Ventilación, serán supervisados personalmente por el Ingeniero responsable de las instalaciones; para las pruebas y regulaciones se ceñirá a las instrucciones de los fabricantes.

Se regularán y calibrarán los controles automáticos. Se entrenará en la operación de los equipos a la persona designada por el propietario.

Una vez informado al propietario de que el sistema se encuentra balanceado, deberán verificarse en su presencia todas aquellas pruebas sobre las cuales él exija comprobación.

CAPÍTULO 4

CÁLCULO Y DISEÑO DEL SISTEMA

4.1 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Los siguientes son los parámetros empleados en el diseño del sistema y representan las condiciones máximas de funcionamiento bajo las cuales operará en forma satisfactoria. También son los valores para seleccionar los equipos en los casos que corresponda.

Por lo general las condiciones exteriores de proyecto se obtienen de las estaciones meteorológicas o en su defecto, de mediciones hechas en el mismo lugar.

El cálculo de las ganancias térmicas de los ambientes y el dimensionamiento de los equipos se han realizado en base a los siguientes parámetros:

4.1.1 Condiciones exteriores máximas (verano)

Temperatura Bulbo Seco : 85 ° F (29.4 ° C)

Temperatura Bulbo húmedo : 75 ° F (23.8 ° C)

4.1.2 Condiciones exteriores máximas (invierno)

Temperatura Bulbo Seco : 58 ° F (14.4 ° C)

4.1.3 Condiciones interiores (verano)

Temperatura Bulbo Seco : 75 ° F (23.8 ° C)

Humedad relativa : 50% (No controlada)

4.1.4 Condiciones interiores (invierno)

Temperatura Bulbo Seco : 71,6 ° F (22.0 ° C)

4.1.5 Fluctuación

Temperatura Bulbo Seco : $\pm 2^{\circ}\text{F}$

Humedad Relativa : $\pm 5\%$

4.1.6 Cargas internas

4.1.6.1 Ganancia de calor por personas:

Ganancia sensible : 255 Btu/h. por persona

Ganancia latente : 245 Btu/h. por persona

4.1.6.2 Iluminación :

Camaras	Iluminacion (W/m²)
Diputados	20.87
Senadores	20.04

4.1.6.3 Equipos instalados y disipación de calor

Computadoras personales:	250W
Pantalla gigante para presentaciones:	1080W
Pantalla de TV 20"	60W
Sistema de cómputo del hemiciclo:	1200W

4.1.7 Datos de los materiales involucrados en la construcción

Los valores que se mostrarán serán de vital importancia para calcular la carga térmica sensible de los ambientes. La mayoría de los valores fueron obtenidos de especificaciones técnicas de proveedores; algunos otros fueron tomados de las lista de opciones que nos permite utilizar el programa de cálculo CHVAC¹.

Cabe resaltar que algunas cargas no estarán presentes por la ubicación del predio. Por otro lado la orientación del edificio influirá en gran manera sobre la aportación de calor sobre los diferentes ambientes del Congreso.

Suelen existir variantes en las paredes, tales como espacios de aire los cuales también representan resistencia al flujo de calor, para ello existen valores tabulados de conductancia térmica, según las condiciones de construcción, si ese fuera el caso, el valor obtenido en tablas se deberá incluir en el coeficiente global.

A continuación se muestran los valores de los coeficientes globales de transmisión de los muros, vidrios y demás materiales utilizados en la construcción del Congreso en mención; por otro lado también se proporcionan los factores de sombra de los vidrios y materiales traslúcidos.

Tabla 4.1 Factores de transmisión de calor o sombra (U)

(Valores consultados a empresas proyectistas SAEG Engineering Group y Grupo Kotec S.A)

FACTOR DE TRANSMISION (U)	SISTEMA INGLÉS	SISTEMA INTERNACIONAL
Coeficiente de conducción muros exteriores y techos	0.35 BTU/h.°F.pie2	1.99 Watt/m ² °C
Coeficiente de conducción muros interiores	0.35 BTU/h.°F.pie2	1.99 Watt/m ² °C
Coeficiente de conducción de vidrios	1.00 BTU/h.°F.pie2	5.678 Watt/m ² °C
Factor de sombra de vidrios templados	0.7	0.7
Factor de sombra de vidrio templado Reflectivo de 8mm de espesor	0.62	0.62
Coeficiente de conducción de policarbonato	0.4 BTU/h.°F.pie2	2.271 Watt/m ² °C
Factor de sombra policarbonato de	0.7	0.7

¹CHVAC: Programa de cálculo térmico basado en procedimientos de cálculo según ASHRAE, elaborado por Elite Software.

Condiciones Interiores:

Temperatura de bulbo seco = 75°F (23.8°C)

Humedad relativa = 50%

4.1.8 Ventilación

Auditorio = 12 Renovaciones/hora

Otros = 12 Renovaciones/hora

4.2 CÁLCULO Y DISEÑO**4.2.1 Determinación de cargas térmicas y capacidad de equipos**

Las cargas térmicas para las diferentes condiciones estacionales en la ciudad de Lima y la determinación de las capacidades de los diferentes equipos que se han considerado para el presente proyecto se han obtenido mediante software. El software utilizado es **CHVAC**, desarrollado por Elite Software, la cual permite determinar de forma precisa las cargas máximas de enfriamiento y calentamiento. Las cargas de enfriamiento son calculadas mediante el método RTS – Radiant Time Series.

El software busca de forma automática todas las cargas de enfriamiento y los factores de corrección necesarios para procesar las cargas, para lo cual se le ha suministrado los datos climáticos de Lima.

Los reportes detallan la siguiente información: Datos generales del proyecto, cargas de zonas detalladas, resumen de cargas de las UMAS (unidades manejadoras de aire), cargas de aire exterior, cargas totales de los

Hemiciclos, toneladas requeridas, cantidad de aire en CFM, flujo de agua fría, datos de psicometría completa con condiciones de entrada y salida de los serpentines, etc. Considera el análisis del estándar 62 de ASHRAE – rotación automática del Congreso, orientación de las paredes en 360°, inclinación de vidrios, sombras exteriores, perfiles de carga de operación interna, temperaturas de diseño bajo techo variable; diversidad del personal, aire exterior pre tratado, tasas de ventilación e infiltración estacional, cargas de recalentamiento, pérdidas y ganancias en ductos y plenums de aire de retorno. El método de cálculo, es mediante el método RTS, descrito en el último manual de fundamentos de ASHRAE. Este método es bastante seguro debido a que calcula el efecto de retraso de la ganancia del calor radiante durante cada uno de las pasadas 24 horas para determinar la carga de enfriamiento actual.

Los resultados de los resúmenes de las corridas efectuadas se adjuntan en el **ANEXO D** del presente documento.

A continuación se presenta una de las interfaces del mencionado programa.

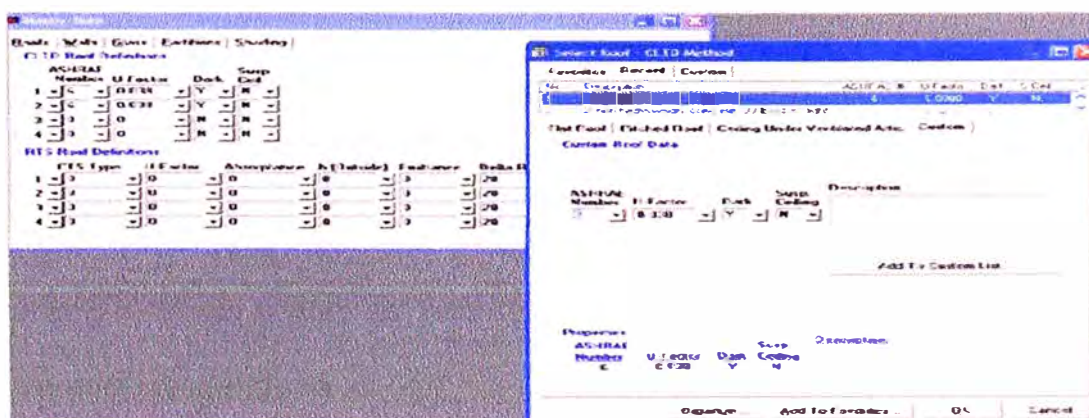


Figura 4.1 Ingreso de coeficientes de conducción térmica

La carga térmica para cualquier ambiente está conformada por calor sensible y calor latente, el procedimiento de cálculo de dichas cargas se muestra a continuación.

Primero, es necesario conocer la hora donde se concentra la mayor carga térmica debido a las condiciones exteriores. En este caso particular el ambiente se ubica en la zona central de los Hemiciclos, es decir ninguna de sus paredes se encuentra expuestas al sol, es por ello que la carga térmica dependerá primordialmente de la cantidad de personas que se encuentran en el ambiente.

La hora de mayor demanda depende de la latitud, altitud y longitud de la ciudad, esto se facilita mediante el programa CHVAC que cuenta tanto con las coordenadas geográficas así como las condiciones exteriores de Lima, las cuales están incorporadas en una base de datos.

Para el cálculo de la carga térmica total y el cálculo psicométrico utilizaremos las siguientes relaciones:

Sala de Diputados:

$$PR = (\text{Presión barométrica del lugar de } 29.86 / \text{Presión estándar ASHRAE de } 29.921) = 0.998$$

Para determinar el calor sensible aportado por las paredes, ventanas, puertas, techo y piso se tiene la ecuación 4.1 y se toman los coeficientes de conducción de la tabla 4.1.

$$Q_s = A \times U \times \Delta T_1 \quad (TBS) \quad (4.1)$$

Dónde:

Calor sensible (Qs) en Btu/h

A= Área (pie²) = 6,772.36

U= Coeficiente de conducción en Btu/h.pie².°F, ver tabla 4.1

ΔT_1 (TBS)= es la variación entre la temperatura exterior de 85°F la temperatura interior de 71,6 °F = 85°F -71,6°F = $\Delta T_1 = 13,4^\circ\text{F}$

En el valor del área se considera las áreas de los techos, paredes y pisos que son tomados de los planos de arquitectura, L-01, L-03 y L-05.

Entonces el vaior Qs del hemiciclo de diputados es igual a 362,362.43 Btu/h. (106.20 kW).

A este valor de calor sensible aportado por las paredes, techos y piso se le debe adicionar el calor aportado por las personas (Qsp) e iluminación (Qi) los cuales se pueden calcular mediante los valores de la tabla 4.4. El factor de diversidad indica que el ambiente en la hora pico está ocupado por el 85% del máximo de personas admisibles, pero solo lo aplicamos para la carga latente es decir que el cálculo de la carga sensible se realiza como si el ambiente estuviera con su máximo valor de 1000 personas.

$$Q_{sp} = 255,000 \text{ Btu/h (74.70 kW)}$$

$$Q_i = 44,208 \text{ Btu/h (13.13 kW)}$$

La suma de estos valores da como resultado el calor sensible total del ambiente Q_{se} y se realiza según la ecuación 4.2

$$Q_{se} = Q_s + Q_i + Q_{sp} \quad (4.2)$$

Al valor de calor sensible $Q_{se} = 662,171$ Btu/h (194 kW)

Una vez obtenido el calor sensible del ambiente se realiza el cálculo del caudal de aire (C) necesario para extraer dicho calor. Para este fin utilizaremos la ecuación 4.3.

$$Q_{se} = 662.171 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} = PR \times 1.1 \times C \times \Delta T_2 \quad (4.3)$$

De esta ecuación despejamos el caudal (C) en función de las otras variables, se debe tomar en cuenta que la diferencia de temperaturas $\Delta T_2 = T_s - T_{insuflamiento}$ es entre la entrada y la salida del aire del serpentín del evaporador, aplicaremos la siguiente ecuación:

$$T_{insuflamiento} = T_s - \text{altura}_{recinto} (\text{pies}) \times 2^\circ F \quad (4.4)$$

$$T_{insuflamiento} = 49,6^\circ F$$

Luego de aplicar la ecuación 4.3 se obtiene un caudal de aire de 24,138 CFM (41,023 m³/h). Cabe indicar que el calor sensible aportado por el aire exterior de ventilación no es tan representativo como el calor latente que este mismo aporta.

El calor sensible aportado por el aire de ventilación viene dado por la siguiente fórmula:

$$Q_{se \text{ exterior}} = PR \times 1.1 \times C \times \Delta T_3 \quad (4.5)$$

Dónde:

PR: 0.998

C: Caudal en CFM

ΔT_3 : Diferencia entre las temperaturas exterior (T_{ext}) e interior o de sala (T_s)

Entonces se tiene un calor debido al aire exterior ($Q_{se \text{ exterior}}$) = 53,263 Btu/h (15.61 kW), Finalmente el calor sensible neto a extraer del ambiente es:

$$Q_{se \text{ neto}} = Q_{se} + Q_{se \text{ exterior}} \quad (4.6)$$

$$Q_{se \text{ neto}} = 715,434 \text{ Btu/h (209.6 kW)}$$

De manera similar se obtiene el calor latente del ambiente. Esta ganancia de calor está compuesta principalmente por la presencia del aire fresco (Q_{la}) y el aporte de las personas (Q_{lp}), las infiltraciones por puertas y ventanas se evitarán manteniendo una presión positiva en el ambiente.

Para el calor latente se utiliza la ecuación 4.6

$$Q_l = Q_{lp} + Q_{la} \quad (4.7)$$

Para calcular el calor latente debido a las personas (Q_{lp}) se utilizará el valor de la tabla 4.2. En el ambiente analizado se tiene un total de 1000 personas a una tasa de 288.23 Btu/h por persona y un factor de diversidad de 85%, esto nos da como resultado 245,000 Btu/h (36 kW).

Obtenemos un factor de calor sensible (F.C.S.) $= Q_{se}/Q_T = (662,171 - 245,000) / 662,171 = 0.63$

El calor latente a remover se obtiene utilizando una carta psicométrica, en la cual se ubican las condiciones iniciales y las condiciones a las que se desea llegar; tal como se muestra en la figura 4.2 se puede apreciar al lado derecho de la carta la cantidad de masa de agua contenida en el aire seco para cada punto.

Para la condición de aire exterior, 85°F de bulbo seco, se tiene 116.92 granos/lb de aire seco y para las condiciones interiores, 71.6°F de bulbo seco, se tiene 54.67 granos/lb de aire seco. A través de la siguiente ecuación se obtiene el calor latente que se desea remover.

Finalmente al calor latente se obtiene:

$$Q_{la\ neto} = 245.000 \text{ Btu/h (36 kW)} \quad (4.9)$$

Notas.-

F.C.S: Factor de Calor Sensible

Pivot: Punto de referencia a 80 °F y 50% de H.R

S: Condiciones Interiores o de Sala

E: Condiciones exteriores

I: punto de Insuflamiento

W: Humedad especifica o Humedad absoluta

TBS: Temperatura de bulbo seco

TBH: Temperatura de bulbo húmedo

HR: Humedad relativa

AE: Aire exterior

H: entalpia

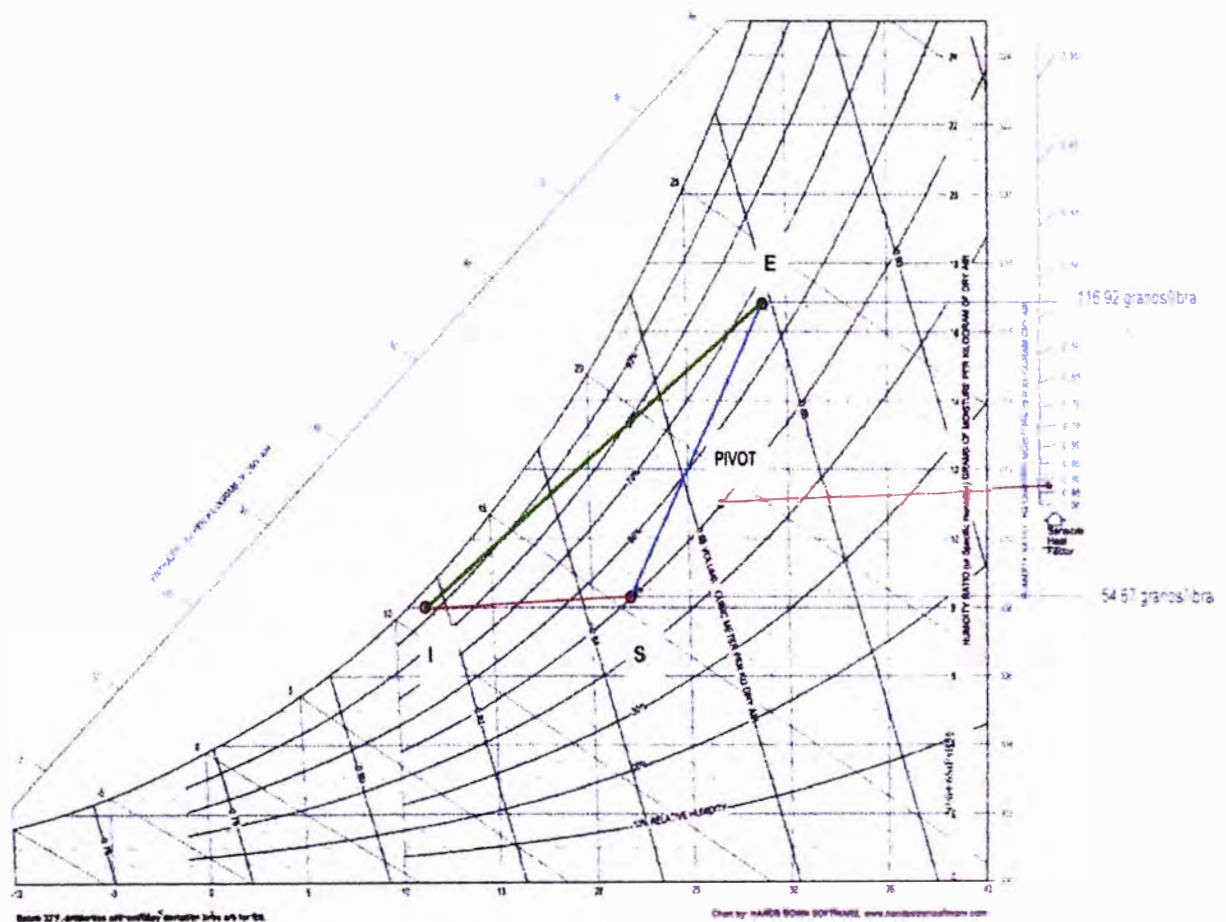


Figura 4.2. Carta psicométrica del proceso

Una vez determinado el calor latente neto se obtiene el calor total del Quirófano 1 que viene a ser la suma del calor sensible neto y el calor latente neto.

$$Q_T = Q_{se\ neto} + Q_{la\ neto} \quad (4.10)$$

Calor_{Total} (Q_t) = 715,434 Btu/h + 245,000 Btu/h = 960,434 Btu/h (281.40 kW)
 estos valores se muestran en la hoja dado por el software CHVAC en el anexo D.

De esta misma manera se calcula las cargas térmicas sensibles, latentes y totales así como el caudal de aire a ser insuflado para los diferentes ambientes de los hemiciclos en el anexo A y el resumen de estos resultados se encuentra en el anexo D. (Diferentes salas o hemiciclos)

4.2.2 Cálculo de la caída de presión en ductos

El correcto dimensionamiento de una red de conductos de aire acondicionado es fundamental para que una instalación de climatización funcione adecuadamente, ya que si se realiza una acertada evaluación de la carga térmica, elegimos apropiadamente el sistema de climatización y los equipos adecuados, pero realizamos un incorrecto reparto del aire que compensa las cargas de cada ambiente, no habremos conseguido el confort de las personas que allí se encuentren y por lo tanto la instalación de climatización no habrá conseguido el fin buscado.

Para la práctica del dimensionamiento del ducto de Aire acondicionado existen los siguientes métodos de cálculos:

1. Método de las de las velocidades recomendadas
2. Método de la pérdida de carga constante en toda la instalación
3. Método de igual pérdida de carga en cada rama
4. Método de recuperación de la presión estática

En nuestro caso particular vamos a emplear el método de las velocidades recomendadas y que pasamos a describir a continuación:

ANEXO D

AMBIENTE	CALOR SENSIBLE (Btu/h)	CALOR LATENTE (Btu/h)	CALOR TOTAL (Btu/h)	CAUDAL (CFM)
Camara de Diputados	715435	245000	960435	27759
Camara de Senadores	577825	122500	700325	28751

Tramos	Tuberías agua helada(1)	tuberías retorno (1)	Camara	Descripcion
L1	1.22	0.68	Diputados	Tubería schedule 40 Diámetro 2"
L1	2.18	1.36	Diputados	Tubería schedule 40 Diámetro 2"
L1	2.58	2.63	Diputados	Tubería schedule 40 Diámetro 2"
L1	2.72	3.72	Diputados	Tubería schedule 40 Diámetro 2"
L2	3.75	2.75	Diputados	Tubería schedule 40 Diámetro 3"
L2	4.17	5.67	Diputados	Tubería schedule 40 Diámetro 3"
L3	7.61	5.65	Diputados	Tubería schedule 40 Diámetro 3"
L3	1.39	2.81	Diputados	Tubería schedule 40 Diámetro 3"
L4	5.73	5.79	Diputados	Tubería schedule 40 Diámetro 4"
L5	2.87	1.65	Diputados	Tubería schedule 40 Diámetro 4"
L5	6.05	6.2	Diputados	Tubería schedule 40 Diámetro 4"
L5	6.28	6.35	Diputados	Tubería schedule 40 Diámetro 4"
L5	0.89	2.03	Diputados	Tubería schedule 40 Diámetro 4"
L6	1.65	0.82	Diputados	Tubería schedule 40 Diámetro 5"
L6	3.17	2.39	Diputados	Tubería schedule 40 Diámetro 5"
L6	17.78	19.25	Diputados	Tubería schedule 40 Diámetro 5"
L6	5.29	5.4	Diputados	Tubería schedule 40 Diámetro 5"
L7	1.04	0.38	Diputados	Tubería schedule 40 Diámetro 2"
L1	0.9	1.54	Senadores	Tubería schedule 40 Diámetro 1 1/2"
L1	0.3	1.45	Senadores	Tubería schedule 40 Diámetro 1 1/2"
L1	1.88	2.85	Senadores	Tubería schedule 40 Diámetro 1 1/2"
L2	2.5	1.73	Senadores	Tubería schedule 40 Diámetro 3"
L2	0.66	2.8	Senadores	Tubería schedule 40 Diámetro 3"
L3	6.31	6.08	Senadores	Tubería schedule 40 Diámetro 3"
L4	7.31	7.17	Senadores	Tubería schedule 40 Diámetro 4"
L5	2.13	1.71	Senadores	Tubería schedule 40 Diámetro 4"
L5	2.15	2.05	Senadores	Tubería schedule 40 Diámetro 4"
L5	7.75	7.49	Senadores	Tubería schedule 40 Diámetro 4"
L5	29.82	31.34	Senadores	Tubería schedule 40 Diámetro 4"
L5	3.73	4.27	Senadores	Tubería schedule 40 Diámetro 4"

Descripcion	Diputados		Senadores		Total Suma de Tuberías agua helada (Metros)	Total Suma de tuberías retorno (Metros)
	Suma de Tuberías agua helada (Metros)	Suma de tuberías retorno (Metros)	Suma de Tuberías agua helada (Metros)	Suma de tuberías retorno (Metros)		
Tubería schedule 40 Diámetro 3"	16.92	16.88	9.47	10.61	26.39	27.49
Tubería schedule 40 Diámetro 4"	21.82	22.02	52.89	54.03	74.71	76.05
Tubería schedule 40 Diámetro 5"	27.89	27.86			27.89	27.86
Tubería schedule 40 Diámetro 2"	9.74	8.77			9.74	8.77
Tubería schedule 40 Diámetro 1 1/2"			3.08	5.84	3.08	5.84
Union con codos de 90°	9	9	7	7	16	16
Union en T	5	5	4	4	9	9
Union con codos de 45°	2	2			2	2
Total general	92.37	91.53	76.44	81.48	168.81	173.01

4.2.3 Diseño de tuberías de agua helada

El diseño de tuberías de agua helada se realiza con la consideración de que la velocidad máxima del fluido no exceda los 5.5 pies por segundo (1.68 metros/segundo).

De las tablas se obtiene el siguiente cuadro resumen de los caudales máximo admisibles para cada diámetro de tubería.

Tabla 4.13 Diámetros de tuberías de agua helada [2]

DIAMETRO TUBERIA (in)	DIAMETRO TUBERIA (mm)	CAUDAL MAXIMO (GPM)	CAUDAL (L/s)
3/8	10	3	0.019
1/2	15	5	0.032
3/4	20	9	0.057
1	25	14	0.088
1 ¼	40	24	0.151
1 ½	32	34	0.215
2	50	55	0.347
3	80	120	0.757
4	100	200	1.262
5	125	340	2.145
6	150	480	3.028
8	200	850	5.363

Con estos datos, las tablas de caída de presión de Schedule 40 Steel pipe a 60 °F en el tramo con más caída de presión que incluye a las manejadoras, al final del recorrido se calcula la caída de presión total para la selección de la bomba del proyecto del sistema de agua helada lo que se detalla a continuación:

Tabla 4.13 Pérdidas de carga en sistema de tuberías de agua helada

DESCRIPCION	Leq (PIES)	Q (GPM)	DP/L (ft/100 pies)	DP (pies C.A)	CANT.	DP Total (pies C.A)
Tubería schedule 40 Diámetro 1 1/2"	8.92	28	1.196	0.0984	6	147.46
Tubería schedule 40 Diámetro 2"	53.88	36	3.562	0.1289	10	2500.25
Tubería schedule 40 Diámetro 3"	150.76	72	1.854	0.1687	14	25636.68
Tubería schedule 40 Diámetro 4"	55.75	144	1.483	0.0764	22	13493.46
Tubería schedule 40 Diámetro 5"	18.51	180	2.63	1.0893	8	29034.64
Codos diámetro 1 1/2"	5.2	3.8	1.196	0.0622	2	2.46
Codos diámetro 5"	9.1	180	2.63	2.3933	7	27441.58
Tee diámetro 2"	4.7	36	3.562	0.1674	1	28.32
Tee diámetro 3"	14	72	1.854	0.2596	2	523.35
Tee diámetro 3"	7	104.4	2.649	0.1854	1	135.49
Tee diámetro 4"	9	144	1.483	0.1335	1	173.02
Tee diámetro 5"	36	180	2.63	0.9468	3	18405.79
Válvula de compuerta 1 1/2"	1	28	1.196	0.012	1	0.34
Válvula de compuerta 4"	4.5	144	1.483	0.0667	1	43.22
Strainer 4"	40	144	1.483	0.5932	1	3416.83
Válvula de compuerta 5"	12	180	2.63	0.3156	2	1363.39
CAIDA DE PRESION EN RED DE TUBERIAS Y ACCESORIOS X 2						122346.28
Caída de presión en la Válvula de 2 vías	CV = 10	3.8		20.3		28.32
Caída de presión en el Chiller				20		58.3
						122432.90

4.2.4 Selección del Enfriador de agua (Chiller)

Para seleccionar el enfriador de agua (*Chiller*) habrá que tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Calor sensible
- Calor latente
- Calor total
- Caudal de agua
- Temperatura de entrada del agua
- Temperatura de salida del agua
- Temperatura de entrada del aire al evaporador

h) Características eléctricas

El programa CHVAC permite evaluar el máximo simultáneo del calor sensible, calor latente y calor total de los Hemiciclos. La temperatura de entrada y salida del agua en el enfriador (*chiller*) son datos que usualmente brindan los fabricantes y se diseña en base a las temperaturas estandarizadas que ellos manejan. La temperatura de entrada de aire al evaporador es la temperatura exterior en la época de verano, ya que esta es la estación crítica. Las características eléctricas con las cuales se seleccionará el enfriador de agua (Chiller) dependen en gran medida de las especificaciones brindadas por el especialista de esta rama ya que es esta persona la encargada de diseñar el sistema eléctrico de todo el edificio. Finalmente el caudal de agua a utilizar se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$Q = C \times \rho \times C_e \times \Delta T \quad (2.12)$$

Dónde:

Calor total: $Q = 1,660,760 \text{ Btu/h}$ (486.74 kW)

Caudal de agua: C

Densidad: $\rho = 62.265 \text{ lb/ pie}^3$ (997.38 kg/m³)

Calor específico: $C_e = 1 \text{ Btu/ lb } ^\circ\text{F}$ (4.184 kJ / (kg °C))

Diferencia de temperatura de agua en el Chiller: $\Delta T = 13.4 \text{ } ^\circ\text{F}$

Escribimos de otra manera la ecuación donde despejamos el caudal y obtenemos:

$$C = \frac{Q}{\rho \times C_e \times \Delta T} \quad (2.14)$$

$$C = \frac{1.660.760}{62.265 \times 1 \times 10} = 2667 \frac{\text{pie}^3}{\text{h}} = 332.45 \text{GPM} \quad (2.15)$$

Entonces se tienen los siguientes parámetros de selección:

- a) Calor Sensible: 1,239,996 BTU/h
- b) Calor Latente: 367 500 BTU/h
- c) Capacidad Total: 1,607,496 BTU/h 134 TON
- d) Caudal: 240 GPM
- e) Temperatura de entrada de agua: 52°F (dato proporcionado por YORK⁷)
- f) Temperatura de salida de agua: 42°F (dato proporcionado por YORK)
- g) Temperatura de entrada de aire al evaporador: 85°F (29°C)
- h) Características Eléctricas: 380 V- trifásico

Con estos datos se puede seleccionar dos enfriadores de agua (*chiller*) apropiados para nuestra aplicación.

Tabla 4.14 Enfriadores de agua (Chiller) tipo SCROLL

CAN T	FLUIDO ENFRIADOR DE REFRIGERANT E	CAPA CIDAD (³ TON)	CAUDA L (GPM)	P.P. A FT H O ₂	CONDICIONES DE AIRE		CARACTERÍSTICA SELÉCTRICAS
					ENT RAD A (°F)	SALID A (°F)	
01	AIRE	80	240	20	52	42	380V-3Ø-60Hz- 115kW
01	AIRE	80	240	20	52	42	380V-3Ø-60Hz- 115kW
Eficiencia del compresor al 100% de carga							0.98 kW/Ton

Este tipo de sistema controla la carga térmica dentro de los Hemiciclos de manera continua, es decir al poder variar el flujo de refrigerante y agua se puede controlar para cada punto de la demanda de enfriamiento el caudal de agua de la bomba, esto permite un control más preciso por parte del enfriador de agua (Chiller). El único inconveniente que presenta es que el Chiller debe trabajar con un mínimo de caudal de agua.

4.2.5 Selección de Bombas

La selección de una bomba se realiza en base a dos parámetros:

- Caudal
- Caída de presión a vencer

Para nuestro caso el máximo caudal de agua que deberá bombearse desde el enfriador de agua (Chiller) hasta las unidades manejadoras de aire de los hemiciclos de diputados y senadores.

- Primaria 190 GPM
- Secundaria 380 GPM

Por otro lado se tendrá que calcular la caída de presión.

a) Selección de bombas para enfriador de agua (chiller) tipo SCROLL

El enfriador de agua (*chiller*) tipo scroll posee en su interior variadores de frecuencia que regulan el caudal de refrigerante a comprimir es por ello que se podría seleccionar una sola bomba de caudal variable y con esta recircular el agua desde el enfriador de agua (*chiller*) hasta las unidades manejadoras.

La bomba tiene que vencer la caída de presión a lo largo del tramo que presenta mayor caída de presión que para nuestro caso es el tramo que recorre desde las bombas de Impulsión hasta el serpentín ventilador de la UMA más la caída de presión entre la bomba y el enfriador (*chiller*). Es decir la caída de presión de la bomba será igual a la suma de las caídas de presión de todos los accesorios considerados en la tabla 4.13.

Entonces para seleccionar esta bomba se tiene los siguientes parámetros:

- Caída de presión total = 100 pies H₂O (298608 Pascal)
- Caudal = 380 GPM

Tabla 4.15 Capacidades de electrobombas

EQUIPO	CANTIDAD	CAUDAL (GPM)	ALTURA TOTAL* (Pies de agua)	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS
EBP - 1	01	240	30	5HP-380V-3Ø-60Hz
EBP - 2	01	240	30	5HP-380V-3Ø-60Hz
EBP - 3	01	240	30	5HP-380V-3Ø-60Hz
EBS - 1	01	380	80	15HP-380V-3Ø- 60Hz
EBS - 2	01	380	80	15HP-380V-3Ø- 60Hz

b) Selección de las Unidades Manejadoras de Aire

Para seleccionar las unidades manejadoras de aire (UMA) hay que tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Calor sensible
- Calor latente
- Calor total
- Caudal de aire insuflado
- Potencia del motor del ventilador
- Características eléctricas

Como ya se mencionó en el punto 4.2.1 el programa CHVAC permite evaluar el máximo calor sensible, calor latente y flujo de aire insuflado por

cada equipo.

Cabe mencionar que el calor sensible que se muestran en las tabla del planos AA-05 es el calor neto que debe evacuar el equipo de aire acondicionado ya que por lo general en las tablas de selección de los proveedores se puede apreciar que el calor sensible no está afectado por el calor sensible que emana el motor del ventilador; es decir por ejemplo si necesitamos para la sala 1, ambiente analizado en el punto 4.2.1, y de la ecuación 4.5 un calor sensible neto de 22 953 Btu/h y el equipo de un proveedor brinda un calor sensible de 30 000 Btu/h, este calor sensible habrá que restarle el calor generado por el motor ventilador del equipo que puede ser de 2 HP, entonces el calor sensible que brinda realmente este será:

$$\text{Calor sensible real del equipo} = 30000 \text{ Btu/h} - 5088 \text{ Btu/h (2 hp)} = 24912 \text{ Btu/h}$$

Por lo tanto este equipo si cumpliría con los requerimientos del ambiente.

Manejadoras en sala	GPM
Diputados	36.00
Senadores	28.80

4.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS

4.3.1 Unidad Enfriadora de aire (air handler –agua helada)

Estas unidades serán del tipo "DRAW THROU" horizontales, compuestas de secciones modulares.

a) Gabinete

Todas las secciones modulares que comprenden el gabinete integral de la unidad se construirán con planchas de fierro galvanizado pesado (heavy gage), en forma de paneles removibles para permitir reparaciones y mantenimiento de las piezas componentes. Todos los paneles removibles contarán con empaquetadura para asegurar su hermeticidad; las secciones modulares estarán adecuadamente reforzadas por medio de estructuras metálicas, conformadas por angulares o canales de fierro galvanizado, que garanticen la solidez y rigidez de la unidad.

Las secciones modulares que encierran el serpentín y el ventilador se forrarán en la totalidad de la superficie interior con un material adecuado para aislamiento térmico, consistente en planchas de 1" de espesor, como mínimo de lana de vidrio de densidad equivalente a 1.5 lb/pie³ (103.4 mbar) que llevará además una capa de material adecuado (Neoprene o similar) en su superficie exterior para evitar que el aislamiento se erosione con el paso del aire.

El aislamiento se adherirá a la superficie interior del gabinete por medio de un pegamento especial a prueba de agua, adecuado y de garantía. Toda la estructura de refuerzo y planchas que conforman las diferentes secciones modulares del gabinete y sus accesorios componentes, con excepción del serpentín, necesariamente se protegerán contra la corrosión por medio de limpieza química, fosfatado y pintura al horno de todas las piezas metálicas, terminándose con un tratamiento adecuado que permita la instalación de las unidades en ambientes exteriores, sin sufrir las inclemencias del clima húmedo.

El gabinete contará con bandeja de drenaje, que obligatoriamente debe cubrir toda el área de apoyo del serpentín de enfriamiento, para recepcionar el agua de condensación. Estará aislado con material térmico que sea además resistente a la corrosión (Elastómero) y tendrá conexiones roscadas a ambos lados de la bandeja.

b) Ventiladores

Cada unidad estará equipada con ventiladores centrífugos silenciosos de doble ancho y doble entrada, con hojas inclinadas hacia delante (FORWARD CURVED BLADES), balanceados estática y dinámicamente como un solo conjunto con sus ejes. Los ejes serán de acero e irán apoyados en chumaceras, que estarán montados rígidamente en la estructura metálica de la sección modular correspondiente al gabinete.

Los rotores del ventilador serán unidos a sus ejes por medio de chavetas especiales.

Después del ensamblaje de los ventiladores en el gabinete, la unidad completa deberá necesariamente pasar una prueba anti vibratoria final, balanceando la unidad como un todo estática y dinámicamente. Los ventiladores serán accionados por medio de motores eléctricos a través de fajas y poleas de paso variable seleccionadas con un factor de seguridad de 1.4 sobre el caballaje al freno (brake HP) del motor. La unidad contará con una base metálica galvanizada con tensor de fajas para el montaje del motor eléctrico y además contará con guarda fajas galvanizadas.

La velocidad del aire no será mayor de 700 pies por minuto (213.5

metros/minuto), a través del serpentín de enfriamiento de aire; es decir la "Face Velocity".

El contratista tendrá la opción de proponer booster para vencer la caída de presión de los filtros en todos los equipos que los requieran.

c) Serpentín de enfriamiento

Cada unidad contará con serpentines de refrigeración y deshumidificación del aire que tendrán como medio de refrigeración el agua helada la temperatura indicada en los cuadros, producida en la planta central de enfriamiento de agua.

Estará construido de tubos de cobre alternados (staggered) con aletas corrugadas de aluminio, unidas a los tubos por expansión mecánica solamente.

Los serpentines contarán con marca (casing) de fierro galvanizado y cabezales de acero o material no ferroso.

Estarán diseñados para una presión máxima de trabajo de 250-300 PSIG (17.2 – 20.7 bar) bajo agua.

Todos los serpentines contarán con las previsiones necesarias que permitan su drenaje total, y que sus circuitos sean no atorables. Contarán además obligatoriamente con purgadores de aire automáticos.

Los serpentines se ensamblarán en la sección modular correspondiente a la unidad, por medio de unos carriles adecuados que cubran toda la longitud del serpentín y que soporten y aseguren firmemente el serpentín a la unidad lo más herméticamente posible.

Esta sección será preparada especialmente para la condición de 100 % de aire fresco exterior para los equipos que lo requieran y que están especificados en los planos.

d) Filtros de aire

Cada unidad contará con una sección modular en donde se instalarán los filtros de aire que constarán de un prefiltro Standard de malla de aluminio de 2" de espesor y cuatro capas de ¼".

Esta sección contará con puerta de acceso adecuada para permitir el cambio y mantenimiento de los filtros.

4.3.2 Unidad enfriadora de aire (Manejadoras – agua helada)

Las unidades serán de este tipo:

MANEJADORAS DE AIRE CON AGUA HELADA

	CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO		VENTILADOR			SERPENTIN DE ENFRIAMIENTO- AGUA HELADA							CAPACIDAD NOMINAL TON	
						CONDICIONES DEL AIRE				CONDICIONES DEL AGUA				CARACTERISTICAS ELECTRICAS
	TOTAL BTU/H	SENSIBLE BTU/H	CAUDAL CFM	T.A.E CFM	PPA pLg. C.A	ENTRADA		SALIDA		CUDAL GPM	TEMPERATURA °f			
						FBS	FBS	FBS	FBS		ENTRADA	SALIDA		
1	100,550	60,574	3,000	260	2.20	77.00	64.00	53.00	52.00	24.10	44	54	380-3F-60HZ-3HP	10

Estructura básica

Comprende el chasis de plancha de fierro galvanizado, donde se encuentra alojado el serpentín de enfriamiento, la bandeja de drenaje debidamente aislada, caja plenum, los motores y ventiladores.

a) Ventiladores

Contará con ventiladores centrífugos silenciosos de doble ancho y doble entrada, con hojas inclinadas hacia delante (FORWARD CURVED BLADES), fabricados con plancha galvanizada, accionados por motor eléctrico directamente acoplados a los ejes de los ventiladores.

Los motores deben contar con protección integral térmica contra sobrecargas. Todos los motores contarán con tres velocidades (baja, media y alta). El contratista tendrá la opción de proponer booster para vencer la caída de presión de los filtros en todos los equipos que los requieran.

b) Serpentin de enfriamiento

Cada unidad contará con serpentines de refrigeración y deshumidificación del aire que tendrán como medio de refrigeración agua helada a la temperatura indicada en el cuadro producido en la planta central de enfriamiento de agua.

Estará construido de tubos de cobre alternados (staggered) con aletas corrugadas de aluminio, unidas a los tubos por expansión mecánica solamente.

Todos los serpentines contarán con las provisiones necesarias que permitan su drenaje total y que sus circuitos sean no alterables.

c) Caja plenum

Será construida de plancha galvanizada de un espesor mínimo de 0.6 mm, interiormente se aislara con planchas de duct liner de 1" de espesor y densidad 3 lb/pies³, adherida a la plancha con pegamento (terokal) fijadores

metálicos de clavo galvanizado, con una separación de acuerdo a las normas de SMACNA. Incluirá filtros de malla de aluminio de 1/4"

d) Características eléctricas

380V – TRIFÁSICO – 60HZ.

f) Sección de condensación

Contará básicamente de lo siguiente:

- Compresor recíprocante del tipo hermético o compresor scroll para refrigerante ecológico R410A.
- Serpentin condensador de tubos de cobre sin costuras y aletas de aluminio mecánicamente aseguradas.
- Ventilador axial de bajo nivel de sonido.
- El compresor estará anclado a la estructura del equipo con sus respectivos amortiguadores.
- El compresor deberá incluir: Calentador de cárter y protección de sobrecarga en las bobinas del motor.
- Válvulas de servicio.

g) Tablero de control y protección

Deberá incluir como mínimo:

- Contactor para el compresor.
- Terminales para la conexión de la alimentación eléctrica.
- Bornera de conexión a tierra.
- Retardador de arranque para el compresor.
- Transformador 380V/24V.

- Protector de bajo voltaje, alto voltaje
- Solo los equipos trifásicos llevarán protector por pérdida de fase o inversión de fase.

h) Gabinete

Todas las secciones modulares que componen el gabinete de la unidad se construirán con planchas de fierro galvanizado en forma de paneles removibles para permitir reparaciones y mantenimiento.

Las secciones modulares estarán adecuadamente reforzadas por ángulos o canales de fierro galvanizado.

Todas las planchas y perfiles que conforman las diferentes secciones Modulares del gabinete y sus accesorios a excepción del serpentín, necesariamente se protegerán contra la corrosión por medio de limpieza química, fosfatado y pintura al horno de todas las piezas metálicas.

i) Características eléctricas

De acuerdo a indicación en planos.

4.3.3 Unidad evaporadora

a) Sección evaporación

Contará básicamente de lo siguiente:

- Ventilador centrífugo silencioso de doble o simple entrada con hojas inclinadas hacia adelante, balanceado estáticamente y dinámicamente.
- Motor eléctrico de varias velocidades, cuyo eje ira unido directamente al ventilador por medio de un prisionero.

- Serpentín de refrigeración y des humidificación de tubos de cobre sin costura y aletas de aluminio mecánicamente aseguradas.
- Válvula de expansión termostática o tubo capilar.
- Borneras de conexión y capacitor de arranque para el motor.

b) Gabinete

Construidos en planchas de fierro galvanizado en forma de paneles removibles para permitir reparaciones y mantenimiento, éstos se encontrarán adecuadamente reforzados por estructuras de fierro galvanizado.

Toda la unidad se forrara interiormente con planchas de lana de vidrio de 1" de espesor como mínimo, la lana será de una densidad equivalente a $1.5\text{lb}/\text{pie}^3$, que llevara además una capa de material adecuado (Neoprene o similar) en su superficie exterior, la lana de vidrio se adherirá al gabinete por medio de un pegamento especial a prueba de agua.

Este gabinete contará con una bandeja de drenaje que cubrirá toda el área de apoyo del serpentín de refrigeración, para recepcionar el agua del condensado.

Todas las planchas y perfiles que conforman las diferentes secciones modulares del gabinete y sus accesorios a excepción del serpentín, necesariamente se protegerán contra la corrosión por medio de limpieza química, fosfatado y pintura al horno de todas las piezas metálicas.

Incluirá filtros de malla de aluminio, de dos capas de $\frac{1}{4}$ " de espesor.

Características eléctricas

380V - 60 HZ – TRIFÁSICO

4.3.4 Unidad enfriadora de agua compacta (Chiller)

Esta unidad constará de una sola envoltura en donde estarán incluidos los compresores, evaporador, condensador y ventiladores del condensador.

Todas las secciones modulares que componen el gabinete integral de la unidad se construirán con plancha de fierro galvanizado pesado (heavy gauge), en forma de paneles removibles para permitir reparaciones y mantenimiento; las secciones modulares estarán adecuadamente reforzadas por medio de estructuras metálicas, conformada por angulares o canales de fierro galvanizado, que garanticen la solidez y rigidez de la unidad.

Toda la estructura de refuerzo y planchas que conforman las diferentes secciones modulares del gabinete y sus accesorios componentes se protegerán contra la corrosión por medio de limpieza química, fosfatado y pintura al horno de todas las piezas metálicas.

a) Compresores

Será de tipo scroll hermético de accionamiento directo por motor a 3600 RPM, cada compresor contará con control de capacidad por medio de una Slide Value. Contará con lubricación de aceite forzado, con sus respectivos filtros, recipiente de aceite, punto de suministro de aceite y calentador para el aceite.

Estará provisto de sensores de sobrecarga y con relay de protección de sobre carga en cada devanado de motor y en cada una de las tres fases respectivamente.

Los compresores estarán montadas sobre amortiguadores de vibración con una eficiencia de aislamiento mínimas de 95%.

b) Evaporador

El evaporador será del tipo carcasa tubos.

El casco será fabricado con planchas de acero al carbón; los tubos serán de cobre sin costura directamente expandidos en los cabezales, deberán tener unos elementos internos para aumentar la superficie de intercambio y generar turbulencia con lo que se consigue aumentar la transferencia de calor.

El evaporador será necesariamente construido de acuerdo al código de la ASME y estará aislado por lo menos $\frac{3}{4}$ " de espesor de cloruro de polivinil expandido o similar.

El evaporador estará diseñado para una presión de trabajo de 225 lb/pulg² (15.5 bar) en el lado del refrigerante y de 200 lb/pulg² (13.8 bar) en el circuito de agua.

c) Condensador

El serpentín del condensador estará conformado por tubos de cobres sin costura y aletas de aluminio mecánicamente unidos.

Los ventiladores serán del tipo helicoidal de descargas verticales y silenciosas, balanceados estática y dinámicamente; poseerán rodamientos de lubricación permanente, acoplados directamente a su motor eléctrico el cual poseerá protección térmica por sobrecalentamiento de las bobinas del motor.

d) Componentes del circuito de refrigeración

El equipo deberá contener como mínimo por cada circuito:

- Amortiguador de ruido en la línea de gas caliente.
- Una válvula Shut Off en la línea de líquido.
- Válvula de servicio en la descarga y succión del compresor.
- Filtro secador del tipo con elemento (cores) reemplazables.
- Indicador líquido y humedad.
- Válvula de expansión electrónica.
- Válvula solenoide en la línea de líquido.

e) Tablero de protección y control

Deberá incluir como mínimo:

- Microprocesador.
- Borneras de protección para fuerza y control.
- Interruptor de control ON/OFF.
- Control de capacidad basado en la temperatura de salida del agua fría.

- Protección por pérdida de la carga de gas refrigerante.
- Protección por bajo flujo de agua.
- Protección por baja temperatura de agua.
- Presostato de alta y baja presión regulable.
- Protección contra falta de voltaje y fases.
- Protección por baja presión de aceite.
- Arrancador magnético tipo PART-WINDING para los compresores (ventiladores).
- Transformador para los controles.
- Relé térmico para los motores.
- Retardadores de arranque para los compresores.

f) Refrigerante

Ecológico R 410a

g) Eficiencia

La eficiencia mínima deberá ser de $EER = 10 \text{ BTU/WATT} - H$

h) Características eléctricas

380V – 60HZ – 3 FASES.

i) Número de circuitos de refrigeración independientes

El número de circuitos (compresores) = 2

j) Capacidad

La capacidad de cada unidad es de 80 toneladas de refrigeración.

4.3.5 Unidades electrobombas

Las electrobombas serán del tipo centrífugo para trabajar a una velocidad de

Válvula multipropósito

Válvula para medición del caudal de agua, será del tipo para instalación vertical, el cuerpo construido de fierro fundido, la glándula construida de bronce, vástago de acero inoxidable.

Difusor de succión

El cuerpo construido de fierro fundido, con conexiones para brida, llevara tapa embridada para limpieza.

Tanque de expansión

Será de forma cilíndrica, construida de plancha galvanizada de acuerdo a las normas ASME, para trabajar hasta una presión de 150 psig (10.3 bar).

Juntas flexibles

Serán con bridas de acero y el elemento flexible de NYLON TIRE CORD FABRIC REINFORCEMENT WITH NEOPRENE COVER AND LINER.

1750RPM, de caja partida, eje horizontal de impelente rotativo, impulsadas por motor eléctrico siendo un conjunto de volumen variable (secundaria) y

otro de volumen constante (Primaria). Y con las siguientes características adicionales:

- El líquido a bombear será agua helada.
- La caja de la bomba será de fierro fundido.
- El impulsor será de bronce del tipo que no se sobrecargan, debidamente balanceados.
- Bomba y motor estarán montados sobre una base metálica común.
- El impulsor estará unido al motor, por una junta flexible especialmente diseñado para esta aplicación, evitando vibraciones y asegurando un perfecto alineamiento.
- Sello mecánico construido con elementos de acero y caras de cerámica y carbono.
- El accionamiento de las bombas será por medio de motor eléctrico trifásico para 60HZ
- La bomba se conectará a las tuberías por medio de unión flexible.

4.3.6.1 Accesorios para electrobombas

4.3.6.2 Tablero de bombas secundarias frecuencia variable

Será una unidad para el control de 3 bombas que trabajarán alternadamente, si una falla se emitirá la señal de alarma respectiva y trabajarán dos unidades. El tablero de control contará con las siguientes características:

- El equipo trabajará a 380V. - 60 Ciclos - 3 fases.
- Incluirá los tres variadores de frecuencia los mismos que regularán la velocidad de las bombas si la presión de la red varía.
- El equipo mediante un controlador trabajará en sincronización los chillers y podrá detener las bombas si el caudal del sistema es menos del 8%.
- El equipo mínimo que incluyen en los variadores son:
 - Protección por sobre corriente y corto circuito.
 - Protección por alto voltaje.
 - Arranque gradual.
 - Display indicador de frecuencia, corriente, tensión etc.
 - Control por la presión del sistema, programable.
 - Opción de control manual.
 - Teclado para control manual.
 - Tecla de parada de emergencia.
 - Puerto de comunicación con protocolo universal para transmisión de señales al Sistema de Administración y Monitoreo -AYM.
 - Bornes para los cables de energía, debidamente protegidos.

4.3.7.6 Termostato

a) Termostato de ambiente (modulante de punto flotante)

Será del tipo para instalar en la pared, operará la válvula de 2 vías del tipo modulante de punto flotante, incluirá un display digital que indicará la temperatura.

a) Termostato solo frio

Será para instalar en la pared del ambiente acondicionado

El elemento sensor será un o más bulbos de mercurio de acuerdo al número de circuitos de refrigeración del sistema.

Controlará el funcionamiento del compresor. El rango aproximado será de 50°F a 90°F (10°C a 32°C).

Contendrá en la parte exterior: Termómetro, elemento de control del ventilador (ON-OFF-Automático), elemento de control del sistema (OFF-COOL).

Será para trabajar con una tensión de 24 voltios.

4.3.7.7 Humidistato de ambiente

Será del tipo electrónico para no permitir su regulación desde el exterior, rango de 20% a 90%.

4.3.7.8 Resistencia de calefacción

a) Chasis

De fierro galvanizado pesado (heavy gage), en forma de panel removible para permitir reparaciones y mantenimiento, la unidad contara con empaquetaduras para asegurar su hermeticidad y estará prevista de un gabinete exterior de fácil acceso a los contactores, terminales y componentes del sistema de protección.

b). Intercambiador de calor

Será una resistencia eléctrica de la potencia indicada en la tabla, esta resistencia de baja temperatura será diseñada para una temperatura de filamento de 400°C, fabricada en microte 80/20 será instalada en el chasis suspendida en soportes cerámicos y con terminales resistentes a la corrosión.

4.3.7.9 Sistema de protección y control

El sistema constara de un sensor de flujo (flow switch) que cortara el suministro eléctrico a la resistencia cuando no haya flujo de aire en el ducto de suministro un termostato de sobre temperatura, de temperatura máxima 50°C al final de la escala la que se controlara en el gabinete exterior, uno o más contactores según el número de etapas requerido y un relay de sobre corriente graduable en los valores necesarios, se deberá prever un comando externo de control.

Sistema de ductos

Ductos metálicos

Se fabricarán e instalarán de conformidad a los tamaños y recorridos mostrados en los planos.

Para la fabricación de los ductos se empleará planchas de fierro galvanizado de la mejor calidad tipo ZINC-GRIP o similar.

Para la fabricación se seguirán las normas de la ASHRAE y los detalles adjuntos.

Para la ejecución de los ductos se observarán las siguientes instrucciones:

- Para ductos hasta 12" en el lado mayor se utilizará plancha de 1/54" de espesor, unidos por correderas de 1" a máximo 2.40m. entre ellas.
- Para ductos entre 13" hasta 30" en el lado mayor se utilizará plancha de 1/40" de espesor, unidos con correderas de 1" a máximo 2.40 m. Entre ellas.
- Para ductos entre 31" hasta 45" en el lado mayor se utilizará plancha de 1/27" de espesor, unidos por correderas de 1" a máximo 2.40 m. Entre ellas.
- Para ductos entre 46" hasta 54" en el lado mayor se utilizará plancha de 1/20" de espesor, unidos por correderas de 1½" a máximo 1.20 m. Entre ellas.
- Para ductos entre 54" hasta 84" en el lado mayor se utilizará plancha de 1/20" de espesor, unidos por correderas de 1½" a máximo 1.20 m. Entre

ellas, con refuerzos de ángulos de 1"x1/8" entre correderas.

- Los ductos se sujetarán del techo o paredes con soportes de ángulo de 1.1/2"x1/8" y varillas redondas de fierro liso de 3/8" de diámetro con sus terminales roscados para recibir tuerca y contratuerca de amarre.
- Los soportes se fijarán a techos o paredes por medio de tacos de expansión de 3/8", la distancia entre soportes no será mayor de 2 m. Todos los soportes serán galvanizados en caliente.
- La unión entre ducto y equipo será con juntas flexibles de Neoprene de 25 cm de largo.
- Cuando los ductos atraviesen las juntas de dilatación del edificio se colocarán juntas flexibles de Neoprene de 25 cm de largo.
- Todas las juntas entre los ductos se sellarán con Duct Sealers igual o similar al tipo HPS, de la marca Duro Dyne.

a) Dámper

Los dámpers serán de plancha galvanizada de 1mm de iguales características que los ductos a un eje de varilla de fierro galvanizado de 3/8" por medio de soldadura.

Poseerá un indicador de posición de platina de fierro negro de 3/4"x1/8" soldada al eje de una base también construida de platina de fierro, incorporara rodajes o cojinete correctamente lubricados para el giro del eje.

Se incluirán sistemas para el ajuste del dámper para su posición fija mediante tuerca en mariposa y sellos o empaquetaduras para evitar fugas.

El acabado de las partes de fierro expuestas serán con dos manos de pintura: anticorrosivo y dos manos de acabado.

Los dámper se ubicaran en los ductos en cada ramal para balancear el sistema, así mismo se ubicaran en los ductos para el ingreso de aire fresco a cada manejadora de aire y de agua helada.

b) Aislamiento para ductos (lan)

Todos los ductos de aire acondicionado se aislarán con colchoneta de lana de vidrio de 1.5" de espesor, de una densidad de 1.0 PCF.

Exteriormente llevará una lámina de foil de aluminio que le da un acabado uniforme y resistente, constituyendo una barrera de vapor, la cual ira adherida a la lana de vidrio con un pegamento apropiado.

Forma de ensamble:

- La colchoneta con foil de aluminio debe colocarse ajustada alrededor del ducto por medio de zuncho plástico, con los bordes bien unidos entre sí y sujetos aplicando pegamento al traslape sobresaliente de la barrera de vapor.
- Las colchonetas con foil colocadas alrededor del ducto deben instalarse traslapando 10cm. el foil de aluminio; deben seguir el sentido longitudinal del ducto.
- Asegurar los traslapes con grampas y sellarlos con foil de refuerzo de un ancho de 3" y pegamento.
- Cualquier daño o perforación debe parcharse con el mismo material de foil de aluminio y pegamento.

c) Rejillas

Las rejillas de retorno serán de aluminio anodizado pintado en esmalte, con doble juego de barras direccionales. Con empaquetadura de jebe.

Las muestras de las rejillas serán aprobadas por el Supervisor.

d) Rejillas de extracción

Las rejillas de extracción serán de aluminio anodizado pintado en esmalte, con doble juego de barras direccionales. Con empaquetadura de jebe.

Las muestras de las rejillas serán aprobadas por el Supervisor.

e) Rejillas de suministro

Serán fabricadas totalmente de aluminio extruido, y pintados de color blanco (a menos que se requiera otro color).

Todas las rejillas de suministro llevarán un DAMPER de hojas opuestas, fabricado con plancha galvanizada 1/54" para difusores hasta 18" y plancha galvanizada de 1/40" para difusores mayores a 18".

f) Rejilla externa

Las rejillas externas serán de aluminio anodizado pintado en esmalte, con doble juego de barras direccionales. Con empaquetadura de jebe.

Las muestras de las rejillas serán aprobadas por el Supervisor.

g) Difusores

Los difusores de techo serán fabricados de aluminio anodizado pintado en esmalte, modelo aerodinámico, serán cuadrados o rectangulares con

empaquetadura de jebe y guidores de flujo.

Todos los difusores llevarán un DAMPER de hojas opuestas, fabricado con plancha galvanizada 1/54" para difusores hasta 18" y plancha galvanizada de 1/40" para difusores mayores a 18".

h) Filtros de aire

Pre filtros

Se instalarán pre-filtros de aire de malla de aluminio tipo lavable en el retorno de los acondicionadores con el objeto de evitar el ingreso de polvo ambiental a los serpentines evaporadores.

Cada pre-filtro tendrá la forma de un panel modular, con marco metálico de 1" de espesor y se colocará en rieles para fácil deslizamiento.

Los pre-filtros se dimensionarán para una velocidad máxima en la cara frontal de 500 pies/minuto (152.5 m/min).

Filtros de baja eficiencia: 30-35%

Estos filtros tendrán una eficiencia de 30-35% mínima según NBS: Test Dust Retained by filter, serán seleccionados a una velocidad máxima de 500 FPM (152.5 m/min) de aire pasando por el filtro, deberán producir una caída de presión inicial de 0.2" c.a. y de presión final de 0.6" c.a.

Filtros tipo bolsa de mediana eficiencia: 80-85%

Estos filtros tendrán una eficiencia de 80-85% mínima según NBS: Test Dust Retained by filter, serán seleccionados a una velocidad máxima de 500 FPM

(152.5 m/min) de aire pasando por el filtro, deberán producir una caída de presión máxima inicial de 0.45" c.a. y de presión final de 1.0" c.a.

4.3.6 Sistema de agua helada

4.3.9.1 Tuberías para agua helada

Generalidades

Deberá suministrarse e instalarse toda la tubería indicada en los planos y detallada en las presentes especificaciones.

Toda la tubería y conexiones deberán instalarse a una distancia de por lo menos 4" de otras obras, incluyendo el aislamiento.

La tubería deberá instalarse en forma tal que asegure la circulación del fluido sin restricciones, eliminando las bolsas de aire y permitiendo el drenaje independiente de los diversos circuitos en sus puntos más bajos.

Deberán de proveerse de válvulas (ventanas automáticas) de purga de aire en los puntos más altos y válvulas para el drenaje en los puntos más bajos.

La tubería deberá instalarse de manera que permita su libre expansión ó contracción sin causar daños a otras obras o a los equipos a que esté conectado, los recorridos horizontales de la tubería de agua deberá tener una ligera inclinación ascendente, realizable por medio del uso de reducciones excéntricas localizados en las uniones donde la tubería cambie de diámetro.

En el caso de las tuberías de drenaje éstas deberán tener una pendiente descendiente en la dirección del flujo no menor del 2%, todas las tuberías

contenidas en el interior de las salas de máquinas o a la vista se pintaran exteriormente con pintura de color diferente para identificar los siguientes usos.

Suministro de agua helada = Azul oscuro.

Retorno de agua helada = Rojo claro.

Materiales de las tuberías y accesorios

Todas las tuberías serán de acero negro y estarán de acuerdo con la normas de "AMERICAN STANDARD FOR WROUGHT IRON AND WROUGHT STEEL PIPE" para cédula 40.

Las tuberías serán sin costura de acero negro al carbón, de 150psig ASTM A – 53 grados B

Características de las conexiones

Las conexiones de $\varnothing 2\frac{1}{2}$ " y mayores serán de acero al carbono ASTM A 234 grado A Ó B según ASA B 16.9 del tipo para soldar a Top.

Las conexiones de $\varnothing 2$ " y menores serán de acero al carbono según ASTM A grado B según ASA B 16.11 con extremos roscados para 2000 lb.

Mangas

En los casos donde la tubería atravesase obras de concreto, paredes de mampostería o placas de concreto etc., deberán embutirse en mangas de acero galvanizado de un calibre no menor de Ga 22.

Las mangas tendrán un diámetro suficientemente amplio para que permita que la tubería, aislada o sin aislamiento, pueda penetrar sin dificultad. Las

mangas deberán extenderse para que sus extremos queden a ras con las caras de la obra que atraviese. Cuando las mangas atraviesen pisos, se extenderán hasta el nivel del piso acabado, las mangas que atraviesen las paredes exteriores, pisos, salas de máquina, salas de ventiladores, y plenums de aire, se instalaran en forma adecuada para impedir filtraciones.

Uniones

Se instalaran uniones o bridas en aquellos equipos como serpentines bombas, tanques, etc. Cuando se encuentre una válvula instalada anexa a un equipo, se deberán localizar la unión entre la válvula y el equipo. Las uniones deberán quedar accesibles y no ocultas por la construcción las uniones instaladas en tuberías de acero, o hierro forjado ASTM. Los Grados II serían 200 lbs. Con extremos de tipo Enchufe para soldar.

Las bridas serán de clase ASA 150 psig., de acero forjado ASTM 181, Grados I, con cuello para soldar y junta en la cara de contacto. El Standard dimensional será ASA 16.5.

En aquellos sitios donde sea necesario emplear otro tipo de brida por razones de espacio, podrá usar (slip – on) de la clase ASA 150 lb , acero forjado ASTM A 181, Grados I, con junta en la cara de contacto. El Standard dimensional será ASA B 16.5.

Soldadura y roscado

Las roscas para las tuberías deberán ser conforme a las especificaciones, por "AMERICAN STANDARD TAPER THREADS" se colocaran cinta teflón únicamente a la rosca macho. No se aceptaran cementos especiales para enroscar. Las roscas machos deberán estar cortadas en una longitud tal que

sobre tres hileras de roscas después de hecha la conexión. Deberán limarse los extremos de las roscas y limpiarse adecuadamente antes de su conexión.

La soldadura se hará de acuerdo con las siguientes normas:

Las tuberías de acero al carbono serán por el método de Arco Eléctrico Metálico Protegido o por oxiacetileno, de acuerdo con los Standard de la "AMERICAN WELDING SOCIETY". Los filetes de las soldaduras podrán ser cóncavos o convexos rajadura o hueco en la superficie de cualquier cordón de soldadura, deberán ser cincelados o esmerilados de tal forma que muestre una superficie apropiada, donde se pueda obtener una fusión completa con el siguiente cordón de soldadura.

Empaquetaduras

Las empaquetaduras serán de material grafitado por ambos lados, de 1/16" de espesor. En bridas de caras con reborde se usaran empaquetaduras del tipo anillo plano. En bridas de cara plana se emplearan empaquetaduras completas.

Pernos

Las bridas serán unidad con pernos y tuercas de acero ASTM A 307 Grado B.

El Standard dimensional para los pernos serán ASA – B18 2.1 serie cabeza regular cuadrada.

El Standard dimensional para las tuercas será ASA – B18 2.2, serie pesada hexagonal semi – acabada.

Válvulas

Aquellas válvulas para tubería hasta de \varnothing 2" en adelante serán de cuerpo de bronce, para conexión de rosca. Las válvulas para tubería de 2½" de diámetro o mayor, serán de cuerpo de hierro, para conexión en brida. Las llaves (válvulas) de paso serán de cuerpo de acero y tuerca. Las llaves (válvulas) de \varnothing 2" o menor y tendrán conexión de rosca, las llaves de \varnothing 2½" o más, tendrán conexiones de brida. Las válvulas serán para 150lb.

Pruebas

Cuando el sistema de tubería este completamente terminado, antes de ser puesto definitivamente en servicio, deberán llenarse completamente de agua y mantenerse sin fugas como resultado de una prueba hidrostática a una presión no menor de 1.5 veces a la presión normal de diseño del sistema, el cual será mantenido durante el tiempo de prueba, que será de 24 horas de duración mínima. Cualquier fuga o defecto que presente la tubería en cualquier parte de su trayectoria, deberá ser reparada adecuadamente, previa aprobación del Ingeniero Superior, volviéndose a probar nuevamente todo el sistema.

4.3.7 Tuberías y accesorios de refrigeración

a) Materiales

- Tuberías de Refrigeración: Deben cumplir los requerimientos de la norma ASTM B280-80; no deben usarse líneas refrigerantes precargadas.
- Accesorios: De cobre forjado.
- Trampas en la línea de succión: Serán con codos de 90°.

- Material de conexión: Para soldadura de plata SIL-FOS o EASY-FLOW; para soldadura de estaño 95/5 o STS-BRIGHT.
- Flujo: HANDY & HARMON.

b) Accesorios

- Válvula de expansión para distribuidores del tipo de presión, externamente equilibrados con diafragma de acero inoxidable y el mismo refrigerante del sistema en los elementos termostáticos. Dimensionar la válvula de acuerdo con la capacidad plena del serpentín servido.
- Filtro secador. En las líneas de 3/4"Ø y mayores, el filtro secador será del tipo de núcleo reemplazable con caja no ferrosa y válvula tipo Scharader. En las líneas menores de 3/4"Ø, el filtro secador será del tipo sellado con accesorios de cobre para soldar o rosca. La dimensión del filtro será de acuerdo a la capacidad del equipo. El filtro secador se instalará entre dos válvulas manuales tipo bola.
- Indicador visual. Será una combinación de indicador de líquido y humedad, con casquete de protección. El indicador de vidrio visual será del tamaño de la línea.
- Válvula manual de interrupción de refrigerante. Será del tipo bola, diseñadas para servicio de refrigeración y del tamaño de la línea, la válvula tendrá sello de casquete. Se instalarán las válvulas de servicio en cada línea de succión y descarga del compresor y en otro lugar según indicación del proyectista. Si las válvulas de servicio vienen como parte integral de la unidad de condensación no son necesarias válvulas adicionales.

c) *Ejecución*

- Las tuberías de refrigeración deberán ser instaladas por contratistas de refrigeración calificados.
- Las líneas de succión deben instalarse con pendiente hacia el compresor de 1 pulgada por pie; colocar trampas en las elevaciones de las líneas de succión en posición contra el flujo.
- Las conexiones del sistema de refrigeración deberán ser del tipo cobre a cobre limpiadas y soldadas.
- Circular nitrógeno seco a través de los tubos a soldar para eliminar la formación de óxido de cobre durante la operación de soldar.
- Luego de terminar la instalación de las tuberías de refrigeración y los equipos se ejecutará lo siguiente:

Presurizará el sistema con nitrógeno a 300 PSI (20.7 bar) para detectar los puntos de fuga.

Hacer un vacío al sistema con bomba de vacío hasta 200 microms, usando un vacuometro calibrado en microms durante 24 horas; no usar el compresor de enfriamiento para evacuar el sistema ni para operar mientras el sistema esté en alto vacío.

Romper el vacío con freón a usar.

Conducir las pruebas a la temperatura ambiente máxima.

No poner en marcha el sistema hasta que las pruebas anteriores hayan sido hechas y el sistema arrancado tal como se especifica.

Antes de las pruebas cargar completamente el sistema con refrigerante.

4.3.8 Aislamiento de las tuberías

Toda la tubería de succión de gas, desde el evaporador al compresor, se aislará con mangueras aislantes espumado flexible similares a la marca ARMAFLEX, con espesores de acuerdo a la siguiente indicación:

- Para tuberías hasta 1"Ø, espesor de 1/2".
- Para tuberías de 1 1/4"Ø hasta 2"Ø, espesor de 3/4".
- Para tuberías de 2 1/8"Ø a más, espesor de 1".

a) Ejecución

La instalación del aislamiento se hará de acuerdo a las siguientes indicaciones:

- El aislamiento se ajustará a la tubería y se colocará de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
- Alternar las uniones en el aislamiento por capas.
- Deslizar el aislamiento sobre la tubería antes de ensamblar las secciones y accesorios de la tubería manteniendo el corte del aislamiento al mínimo.
- Sellar las uniones en el aislamiento con sellador de uniones igual al ARMAFLEX 520 o similar.
- Colocar una camiseta de plancha galvanizada de 0.9mm. de espesor por 15cm. de largo alrededor del aislamiento en cada soporte.
- El aislamiento expuesto en el exterior del edificio tendrá las costuras de la junta en la parte inferior de la tubería y llevarán dos capas de acabado adhesivo.
- Aislar los accesorios con aislamiento en plancha.

- En las instalaciones al exterior, el aislamiento se pintará inmediatamente y antes de los siete primeros días de haberse instalado con un esmalte tipo ARMAFINISH o similar.

4.3.9 Instalación eléctrica

En los planos de instalaciones eléctricas se indica el lugar donde se han dejado las provisiones eléctricas para los equipos de aire acondicionado. El contratista del aire acondicionado ejecutará totalmente la conexión eléctrica de los equipos desde dichas provisiones.

Se empleará tuberías CONDUIT galvanizada pesada americana y cajas CONDULET cuando la instalación sea a la vista, pudiendo ser tubería plástica pesada únicamente cuando la instalación sea empotrada.

Los alambres y cables serán de cobre con forro tipo THW.

Será parte de la instalación eléctrica la instalación de todo el sistema de control, los arrancadores magnéticos y las botoneras de arranque ubicadas en lugares accesibles.

Todos los equipos de aire acondicionado estarán conectados a tierra con su respectivo cable. Para la conexión eléctrica en general se seguirán las normas técnicas establecidas en el código nacional de electricidad.

4.3.10 Instalación de drenaje

Serán de PVC de la clase 10, normalizada, del tipo de empalmes a presión, para sellarse con pegamento PVC del mismo fabricante.

Los accesorios finales de cada salida serán de PVC roscado, del tipo pesado, con adaptadores unión rosca de PVC, Todas las uniones roscadas se sellarán con cinta de teflón.

4.3.11 Acondicionamiento, pruebas, balanceo y arranque del sistema

Las pruebas y ajustes de los equipos de Aire Acondicionado y ventilación serán supervisados personalmente por el Ingeniero responsable de las instalaciones; para las pruebas y regulaciones se ceñirá a las instrucciones de los fabricantes.

Una vez que el sistema de distribución de aire se encuentre en operación, deberá balancearse conforme a los volúmenes de aire que especifican los planos, utilizándose al efecto, instrumentos aprobados para la regulación de las velocidades en el interior de los conductos y en los elementos de salida.

Para la medición de la velocidad del aire en los conductos se emplearán tubos de Pitot.

Para la medición del aire en las salidas se emplearán anemómetros o velómetros. Una vez informado el propietario de que el sistema se encuentra balanceado, deberán verificarse en su presencia todas aquellas pruebas sobre las cuales él exija comprobación.

Si es necesario realizar ajustes adicionales para el control de temperatura, éstos se efectuarán de acuerdo a cada condición y de conformidad con el propietario.

Se regularán y calibrarán los controles automáticos. Se entrenará en la operación de los equipos a la persona designada por el propietario.

El sistema antes del arranque deberá contar con lo siguiente:

- Las instalaciones y equipos totalmente equipados.
- Los controles pre calibrado (configurados de fábrica).

Se procederá a:

- Unidades manejadoras de Chiller y bombas.
- Se probará el sentido de rotación de los motores de las UMA.
- Se verificará la limpieza del sistema.
- Se inyectará aire por medio de los ductos, previendo el cuidado o retiro de los filtros para que no se ensucien.
- Se balanceará preliminarmente el sistema de aire.
- Se verificará el porcentaje de fugas con el equipo que permita una precisión de $\pm 5\%$.
- Se verificarán tensiones de las fajas y evaluación en general del sistema de ventilación.
- Se limpiará integralmente en las instalaciones de aire acondicionado y en la obra comprometida.
- Lanzado el sistema de agua helada se procederá a regular los controles de agua.
- Se procederá a realizar el balance del sistema aire frío con un medidor de caudal digital de última tecnología.

- Se dejará en óptimo estado la operación del sistema.
- Se verificará la integridad del sistema de acuerdo a la especificación técnica y los manuales y lista de materiales proporcionados por la fábrica.
- Se llenará de agua la red.
- Se aplicará un líquido anti-incrustaciones de alta calidad de acuerdo a la especificación del fabricante para prolongar su reposición en 3 años por lo menos. Se hará funcionar el sistema de ablandamiento.

CAPÍTULO 5

SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS Y ACCESORIOS

5.1. SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES

Determinada la capacidad de los equipos con la carga térmica sensible y latente, las características del local como la ubicación el número de personas y luminarias, así como las condiciones interiores y exteriores del recinto del Congreso de la Republica, procedemos a la selección de los equipos principales y sus accesorios.

5.2. SELECCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

En la edificación multifuncional se podría utilizar sistemas de climatización todo aire, todo agua y todo refrigerante en sus diferentes variantes dentro de cada una de estas.

Dentro de los sistemas todo aire que podríamos utilizarse para climatizar la edificación multifuncional tenemos las siguientes variantes:

- Equipo tipo chiller - Manejadoras
- Equipo tipo paquete - Roof Top

En ambas opciones se utilizarán dispositivos o cajas VAV (Volumen de Aire Variable) que serán controlados por sensores de ambiente.

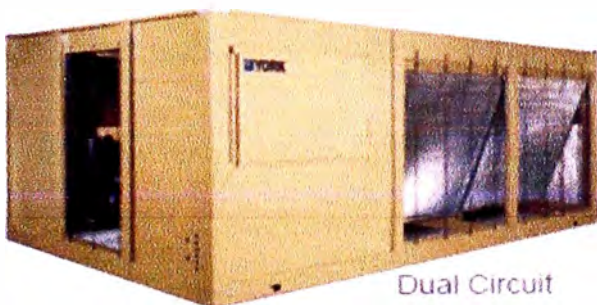


Figura 5 -1.- Split Ducto



Figura 5 - 2.- Roof Top

Igualmente dentro de los sistemas todo agua que podríamos utilizar tenemos el chiller enfriado por aire o agua (Outdoor Unit) con fan coils y manejadoras de dos tuberías (Indoor Unit). En el caso de elegir un chiller enfriado por agua se tendrá que utilizar una torre de enfriamiento.



Dual Circuit

Figura 5 - 3.- Chiller enfriado por Aire
Agua

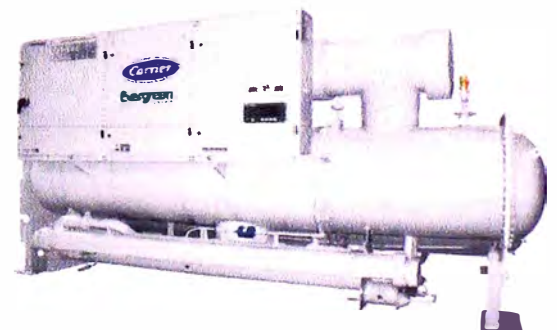


Figura 5 - 4.- Chiller enfriado por

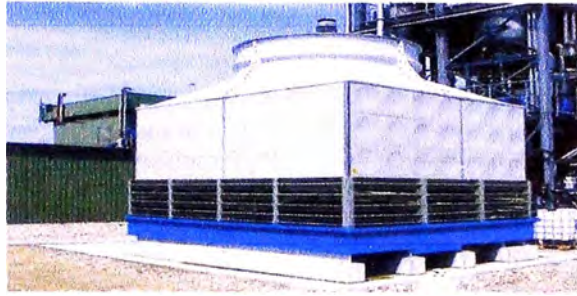


Figura 5- 5.- Torre de Enfriamiento

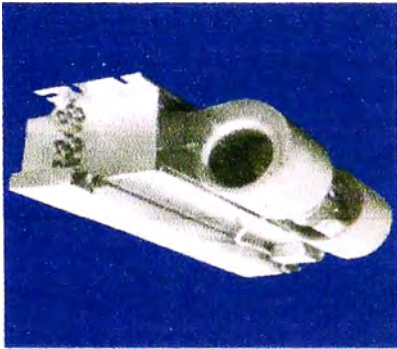


Figura 5- 6.- Fan Coil



Figura 5-7.- Manejadoras de Aire

Asimismo dentro de los sistemas de todo refrigerante que podríamos utilizar podemos encontrar las siguientes variantes:

- Equipo tipo partido unitario - Split pared, Split piso techo o Split Fancoil
- Equipo tipo partido múltiple (Multi Split) - Variable o Inverter
- Equipo tipo partido múltiple con **Volumen de Refrigerante Variable** (VRV o VRF)



Figura 5 -8.- Split Pared

Figura 5- 9.- Multi Split con distribuidor

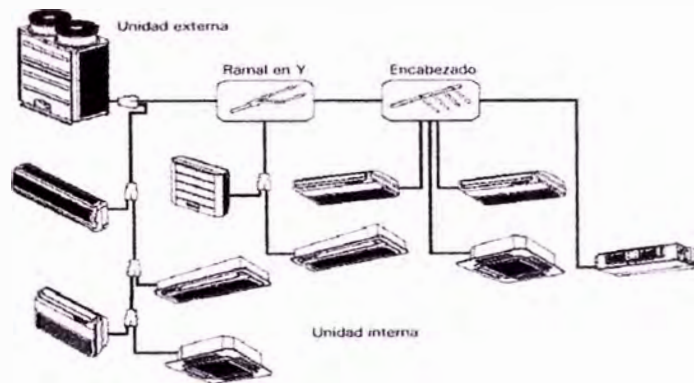


Figura 5 -10.- Multi Split con VRV

Las siguientes variantes de los sistemas de climatización todo aire, todo agua y todo refrigerante son descartadas por razones técnicas, y son:

- Las dos variantes mencionadas del sistema todo aire, *Equipo tipo partido - Split Ducto y Equipo tipo paquete - Roof Top*, se descartan debido a que recomendaciones de **defensa civil**, el peso del total de equipos no es adecuado o recomendado para la edificación actual, actualmente el costo de estos equipos es superior a los de enfriamiento por agua, además por ser un circuito generalmente cerrado, el agua se contamina menos y la reposición de esta, es menor, así como las pérdidas por **evaporación** disminuyen considerablemente.
- La variante mencionada del sistema todo agua, *chiller enfriado por agua*, se acepta por ser controlado de forma electrónica provee el agua a una temperatura deseada con más precisión y se nos es posible bajarla temperatura al agua en comparación con otros equipos, el costo de estos se ha reducido en la actualidad considerablemente, siendo una alternativa viable del mercado, por último la instalación de estos equipos nos reduce el **peso en un 50% menos**, con respecto a la actual y con esto cumplir las nuevas condiciones de Defensa Civil.
- La variante del sistema todo refrigerante, *equipos partidos unitarios*, se descarta debido a que tiene un gran impedimento que es la distancia máxima entre la unidad evaporadora y condensadora. Estos sistemas tienen dentro de su circuito de refrigeración gas refrigerante mezclado con aceite, el cual lubrica el motor del compresor, es por ello que si se disponen recorridos muy extensos, mayores a 50 metros, el compresor podría quedarse sin el aceite necesario para lubricar sus piezas y el sistema colapsaría. Es por ello que se tiene que tener mucho cuidado al

ubicar las unidades condensadoras y evaporadoras dentro de una edificación.

Otro impedimento es que el espacio asignado no es suficiente para la cantidad de equipos necesarios (uno por cada ambiente como mínimo) si se utiliza esta variante de sistema todo refrigerante.

- En la variante de sistema todo refrigerante, *Equipo tipo partido múltiple con Volumen de Refrigerante Variable*, se descarta debido a que se necesita un espacio aproximado de 64.54 m² como mínimo para todos los equipos a utilizarse, siendo el espacio asignado para estos 46.32 m² (8.50m x 5.45m). El área que necesitan estos equipos se calculó estimando que la edificación multifuncional necesitaría una capacidad de 80 Toneladas de Refrigeración (376.8 HP); y los que los equipos de este tipo de variante, para las condiciones eléctricas de Perú, son de capacidades máximas de 36 HP; cuyo espacio mínimo que necesita cada una de ellas es 3.60m x 1.63m como mínimo. En base a lo anterior, se utilizarían 11 equipos los cuales necesitan un espacio de 64.54 m² como mínimo.

Después de descartar algunas variantes solo nos quedamos con dos posibilidades, las cuales son:

- Chiller enfriado por aire.
- Equipo tipo partido múltiple (Multi Split).

Teniendo estas dos posibilidades, la selección del sistema de climatización para la edificación multifuncional estará basada en lo siguiente:

- Costo de Instalación
- Costo de Commissioning.
- Costo de Operación, especialmente a carga parcial.
- Costo de Mantenimiento.
- Tiempo de Servicio.
- Condiciones Ambientales (temperatura, humedad, nivel sonoro, limpieza y movimiento de aire).
- Integración, flexibilidad, eficiencia y fiabilidad.

Luego de analizar todos los conceptos señalados anteriormente, en base a información consultado a diversas empresas proyectistas, se puede comparar ambas opciones en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1.- Comparación de características de sistemas de climatización

	Chiller enfriado por Aire		Equipo Partido Múltiple	
Temperatura	Bueno	3	Regular	2
Humedad	Bueno	3	Regular	2
Renovación de Aire	Regular	2	Regular	2
Filtración	Regular	2	Regular	2
Nivel Sonoro	Bueno	3	Bueno	3
Integración	Excelente	4	Regular	2
Flexibilidad	Excelente	4	Bueno	3
Coste de Instalación	Regular	2	Bueno	3
Coste de Commissioning	Regular	2	Bueno	3
Coste de Mantenimiento	Excelente	4	Excelente	4
Costo de Operación	Bueno	3	Regular	2
Tiempo de Servicio	15 años aprox.	4	6 años aprox.	1
Eficiencia	Bueno	3	Regular	2
Fiabilidad	Excelente	4	Bueno	3
Total		43		34

Nota: Excelente:4 - Bueno:3 - Regular:2 - Malo:1

Además cabe mencionar que la capacidad total instalada en los sistemas de agua helada es menor a la de los sistemas de expansión directa ya que se trabaja con la máxima carga térmica simultánea.

Luego de señalar las bondades y debilidades de cada una de las variantes comparadas en la tabla anterior, se elige diseñar utilizando la variante del sistema todo agua, **chiller enfriado por aire**.

5.3. DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN ELEGIDO

La variante del sistema todo agua seleccionado, chiller enfriado por aire, necesita de los siguientes equipos básicamente:

- Chiller enfriado por aire
- Bombas
- Fan Coils o Manejadoras de Aire

En el evaporador del chiller se enfría el agua por intercambio de calor con el refrigerante, y este último elimina el calor ganado al ambiente por medio de ventiladores en el condensador. Luego el agua fría es llevada a los fan coils o **manejadoras de aire** por medio de un sistema de tuberías y bombas, en donde el agua fría entra en contacto con el aire del ambiente logrando que se enfríe. Luego el agua caliente, por decirlo de alguna manera, retorna al chiller y el ciclo se repite nuevamente.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS ECONÓMICO

En este capítulo se trata del presupuesto del proyecto de Chiller agua aire y sus componentes, en la tabla 6.1, se encuentra el metrado del proyecto.

Luego se integran los diversos costos que se presentan durante la compra y la puesta en servicio del sistema.

- Costo inicial
- Costo de instalación
- Costo de operación
- Costo promedio de mantenimiento preventivo y correctivo
- Costo administrativo de ingeniería.

6.1 COSTO INICIAL Y DE INSTALACIÓN

Se realizó una consulta de precios a empresas como SAEG Engineering Group y Grupo Kotec S.A., las cuales nos dieron ratios de costo inicial de un Chiller refrigerado por aire, accesorios y todos los materiales de construcción asciende a S/. 3,375 por TR, para 160 Ton es S/. 540,000

En este caso tenemos un costo inicial de S/. 814,906.32 y un ratio de S/. 5,093.16 N.S.

El costo de instalación fluctúa entre 20 y 30% del costo inicial, por lo que para la instalación genera un monto de S/. 162,981 N.S.

La tabla 6.1. Detalla el costo de los equipos, materiales e instalación, lo que genera un monto de S/. 814,906.32 y que excede en S/. 274,906.32 sobre el ratio de suministro, montaje e instalación por TR para Chiller. Es conveniente mencionar que en este ratio no se incluyen los costos de ingeniería

Tabla 6.1 Costo inicial y de instalación del proyecto utilizando Chiller refrigerado por aire

Nº	ITEM	UNID	METRADO	PRECIO	PRECIO
				UNITARIO	TOTAL
				(S/)	(S/)
1	UNIDADES DE AIRE ACONDICIONADO				495,651
1.1	Unidades enfriadoras de agua (Chiller) 80 Ton-240GPM	und	2	101,877.55	203,755.10
1.2	Unidades electrobombas 240 GPM; 5HP-380V-3O-60Hz	und	3	8,015.80	24,047.40
1.3	Unidades electrobombas 380 GPM; 15HP-380V-3O-60Hz	und	2	10,426.00	20,852.00
1.4	Unidades manejadoras de aire 2 HP-380V-3O-60Hz	und	6	17,935.40	107,612.40
1.5	Unidades manejadoras de aire 1.5 HP-380V-3O-60Hz	und	5	16,396.90	81,984.50
1.6	Termostato	und	25	2296	57,400.00
2	SISTEMA DE DUCTOS				35,514
3.1	Ductos	Kg	2.200	9.28	20,416.00
3.2	Rejilla de retorno (RR)	und	124	17.25	2,139.00
3.3	Rejilla de extracción (RE)	und	80	32.1	2,568.00
3.4	Rejilla de aire fresco (RAF)	und	80	22.15	1,772.00
3.5	Rejilla externa (REX)	und	45	52.15	2,346.75
3.6	Difusores (DIF)	und	52	120.62	6,272.24
3	SISTEMA DE AGUA HELADA				141,972.62
4.1	Tubería de acero cedula de 40: 5"	M	55.75	102.81	5,731.66
4.2	Tubería de acero cedula de 40: 4"	M	150.76	74.92	11,294.94
4.3	Tubería de acero cedula de 40: 3"	M	53.88	45.68	2,461.24
4.4	Tubería de acero cedula de 40: 2"	M	18.51	30.58	566.04
4.5	Tubería de acero cedula de 40: 1 1/2"	M	8.92	25.36	226.21
4.6	Codos, Tees, reducciones, ASTM A53 GRADO B	gbl	1	8,076.90	8,076.90
4.7	Aislamiento de lana de vidrio	M2	1,980	44.84	88,783.20
4.8	Aislamiento Elastómero para tuberías de agua helada espesor 1" (hasta Ø2-1/4")	m	27.43	52.77	1,447.48
4.9	Aislamiento Elastómero para tuberías de agua helada espesor 1- 1/2" (hasta Ø4")	m	204.64	75.18	15,384.84
5	Aislamiento Elastómero para tuberías de agua helada espesor 3" (hasta Ø6")	m	55.75	143.5	8,000.13
COSTO DIRECTO					814,906.32

6.2 COSTO DE OPERACIÓN

Para obtener los costos de operación se necesita conocer el tipo de suministro y el costo del kW-h para esta condición.

Tabla 6.2 Indicadores de eficiencia

EFICIENCIA CHILLER TIPO SCROLL	0.98 kW/ton
---------------------------------------	-------------

El costo de energía para la tarifa MT3 de acuerdo a OSINERGMIN es:

- Costo en hora punta: 0.1609 S./kW-h
- Costo fuera de hora punta: 0.1265 S/kW-h

Con los indicadores de eficiencia y el costo de energía se puede hallar el costo de hora por tonelada de refrigeración, tal como se indica en la tabla 6.3

Tabla 6.3 Costo horario de aire acondicionado por tonelada

CHILLER TIPO SCROLL	HORA PUNTA	FUERA DE HORA
	S/. 0.1577 / Ton	S/. 0.1240 / Ton

A continuación se indica las horas en las que el Chiller trabajará por cada día según la estación del año.

Tabla 6.4 Horas de funcionamiento por estación

ESTACIÓN	HORA PUNTA	FUERA DE HORA
Verano	1	0
Otoño	3	8
Invierno	3	11
primavera	3	8

Considerando que un mes tiene 30 días, obtenemos el costo anual de operación y se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 6.5 Costo anual de operación

TIPO DE CHILLER	COSTO ANUAL POR TONELADA (S/. /Ton)	CAPACIDAD (Ton)	COSTO ANUAL DE OPERACIÓN (S/.)
Scroll	443.25	160	70.920.00

6.3 COSTO DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento de los equipos que conforman parte del circuito de agua helada se debe considerar cada 3 meses, y para los inyectores y extractores se consideró cada 6 meses según recomendación de los fabricantes.

Lo que nos genera los siguientes costos de mantenimiento.

Tabla 6.6 Costos de mantenimiento anual

EQUIPOS	CANTIDAD	P.U (S/.)	Nº VECES AL AÑO	ENFRIADOR DE AGUA (CHILLER) TIPO TORNILLO (S/.)
UMAS	11	350.20	2	7,704.40
Chiller	2	2,160	1	4,320.00
Extractores	62	40	3	7,440.00
TOTAL(N.S)				19,464.40

6.4 COSTO TOTAL

El costo total se resume en la siguiente tabla

Tabla 6.7 Resumen de costos

COSTOS	ENFRIADOR DE AGUA (CHILLER)
Costo inicial (N.S.)	814,906.32
Costo de instalación (N.S.)	162,981.26
Costo de operación anual (N.S.)	70,920.00
Costo de mantenimiento (N.S.)	19,464.40
Total (N.S.)	1,068,271.98

Al final se agrega los costos administrativos y de ingeniería que de acuerdo a las empresas consultadas Johnson Controls y SAEG engineering group. Para proyectos de esta envergadura se considera el 2% de los costos directos (S/. 16,298.12) por lo que el costo total asciende a S/. 1,084,570.10

❖ **A continuación damos a conocer Sistemas de Aire Acondicionado de tipo ROOF TOP o de tipo Paquete, para 120000 Btu/hr. 240V/ Trifásico/ 60Hz.**

- Costo Actual del Sistema de Aire Acondicionado:

TIPO DE AIRE ACONDICIONADO	CANTIDAD	P. U.	TOTAL
ROOF TOP	11	S/. 14,560.00	S/. 160,160.00

COSTOS	SISTEMA AIRE ACONDICIONADO
Costo inicial (N.S.)	160,160.00
Costo de instalación (N.S.)	43,243.20
Costo de operación anual (N.S.)	121,480.00
Costo de mantenimiento (N.S.)	117,450.49
Total (N.S.)	442,333.69

- Todos estos parámetros han sido entregados por el Grupo Funcional de Ingeniería de Mantenimiento del Congreso de la República y con la ayuda de Entidades como: Edelnor y Sergesa; que nos han entregado el costo de Kw.-hr y el costo operacional anual y de Mantenimiento.

El estado de Flujo de Efectivo del proyecto, muestra las economías que generaría la inversión en el Equipo CHILLER, conformada por un ahorro en la inversión en el año inicial o año 0 y economías a lo largo de los diez años de operación del equipo nuevo.

G. Estado de Flujo de Efectivo del Proyecto											
Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aumento de inversión (-)	-774,484										
Aumento de Depreciación (-)		-77,448	-77,448	-77,448	-77,448	-77,448	-77,448	-77,448	-77,448	-77,448	-77,448
Ahorros en Costos (+)		148,046	148,046	148,046	148,046	148,046	148,046	148,046	148,046	148,046	148,046
(-) Utilidad antes de impuestos		70,598	70,598	70,598	70,598	70,598	70,598	70,598	70,598	70,598	70,598
Impuesto a la Renta (-30%)		-21,179	-21,179	-21,179	-21,179	-21,179	-21,179	-21,179	-21,179	-21,179	-21,179
(=) Unidad Neta		49,419	49,419	49,419	49,419	49,419	49,419	49,419	49,419	49,419	49,419
Aumento de Depreciación (+)		77,448	77,448	77,448	77,448	77,448	77,448	77,448	77,448	77,448	77,448
(=) Flujo de Efectivo Oper.		126,867	126,867	126,867	126,867	126,867	126,867	126,867	126,867	126,867	126,867
Flujo de Caja Terminal (+)											0
(=) Flujo neto efectivo	-774,484	126,867	126,867	126,867	126,867	126,867	126,867	126,867	126,867	126,867	126,867

El flujo de efectivo mostrado en el horizonte del proyecto igual a 10 años, se debe ser actualizado al año 0, para obtener el Valor Actual Neto del proyecto (VAN), para lo cual se considerará como Costo de Oportunidad de Capital (COK) el 10% anual que es un costo promedio de financiamiento del Estado, obteniéndose los siguientes resultados:

H. Calculo del Valor Actual Neto del Proyecto con el Equipo Nuevo : Aire acondicionado TIPO CHILLER												
Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
Flujo neto efectivo	-774,484	126,867	126,867	126,867	126,867	126,867	126,867	126,867	126,867	126,867	126,867	494,186
Factor Actualización	1.0000	1.0500	1.1025	1.1576	1.2155	1.2763	1.3401	1.4071	1.4775	1.5513	1.6289	
Valor Actual Neto	-774,484	120,826	115,072	109,595	104,374	99,402	94,670	90,162	85,866	81,781	77,885	205,149

POR LO TANTO:

Un proyecto es rentable cuando el VAN es considerablemente mayor que cero. Se observa que el valor actual del proyecto es un valor que supera los doscientos mil nuevos soles, por lo tanto podemos afirmar, que la compra del Equipo nuevo de aire acondicionado Tipo CHILLER es factible y rentable su instalación, toda vez que genera economías al compararse con el equipo Tipo Paquete y dará un mejor servicio de aire acondicionado al Congreso.

CONCLUSIONES

1. En el Análisis económico, haciendo una comparación entre un Sistema de Aire Acondicionado de tipo PAQUETE con un CHILLER, llegamos a la conclusión que un proyecto es rentable cuando el VAN es considerablemente mayor que cero. Se observa que el valor actual del proyecto es un valor que supera los dos cientos mil nuevos soles, por lo tanto podemos afirmar, que la compra del Equipo nuevo de aire acondicionado Tipo CHILLER es factible y rentable su instalación, toda vez que genera economías al compararse con el equipo Tipo Paquete.
2. El proyecto con aire acondicionado tipo CHILLER es conveniente por genera economías o ahorros en el costo operativo con respecto a la instalación del aire acondicionado tipo paquete; por lo tanto el proyecto además de dar un mejor servicio, es rentable desde el punto de vista financiero.
3. La ventaja principal del CHILLER es que por ser controlado de forma electrónica provee el agua a una temperatura deseada con más precisión y puede bajar más la temperatura al agua en comparación con otros equipos como Torres de Enfriamiento. Y por ser un circuito cerrado el agua se contamina menos y la reposición de esta es menor, es decir, no hay tanta pérdida por evaporación.
4. La instalación es relativamente reducida y el CHILLER generalmente tienen gran cantidad de sensores de precisión, temperatura, flujo, voltaje, corriente lo que lo hace muy útil en cuanto a la detección de problemas en sistema.

5. Con un solo CHILLER podremos abastecer a ambos Hemiciclos trabajando en paralelo y su disminución del peso será más del 50%.
6. Un buen análisis de los requerimientos de enfriamiento así como una correcta elección de los sistemas centrales de enfriamiento y superficies de transferencia de calor pueden arrojar resultados asombrosos en ahorro de Energía, simplicidad de operación, reducción de gastos innecesarios de mantenimiento, ahorro de refrigerantes, contratación de personal externo. Este ahorro cuantificado en miles de soles se verá reflejado a corto plazo una vez obtenido el CHILLER, el cual se pagará en esos años y luego se verá la ganancia del ahorro total.
7. El estudio físico del local, el número de personas y el cálculo de la carga térmica, son los principales pasos en el diseño del Sistema de Aire Acondicionado a seleccionar.
8. En este sistema de ductos preestablecidos se ha seleccionado adecuadamente la distribución y suministro de aire por cada manejadora de cada uno de los Hemiciclos, para controlar la temperatura, humedad y movimiento del aire de manera más práctica.

Las manejadoras entregarán cada una por ductos separados, diseñados y contruidos especialmente para entregar 15 T.R como máximo.
9. El refrigerante R410A ha sido ampliamente aceptado en el mercado global de aire acondicionado. Veamos porque:

El R410A ha venido demostrando ser la mejor solución como remplazo del R22 en equipamientos nuevos, a largo plazo, cuando coexisten el estado

líquido y vapor en el sistema, es despreciable y no genera variaciones significativas en su composición en caso de fugas.

Las características termodinámicas del R410A optimizan la relación entre el desempeño (capacidad, eficiencia) y el costo del sistema.

Si bien las presiones del R410A son 50% más altas que las del R22, las relaciones de compresión en las condiciones de operación para aire acondicionado son menores. Esto contribuye positivamente con la eficiencia isentrópica en el ciclo de compresión, especialmente para compresores Scroll, además de mejorar la confiabilidad del compresor, y reducir su nivel de ruido. En la *figura 7* vemos un resumen de las características del R410A en comparación con R22 y otras alternativas. Se destaca un coeficiente de transferencia 35% mayor, una caída de presión 28% menor y una relación entre la conductividad térmica y viscosidad 13% mayor que el R22. Todas estas características combinadas y bien aprovechadas permiten obtener potenciales ahorros en la reducción del número de circuitos del intercambiador, del diámetro de las tuberías y de la carga de gas.

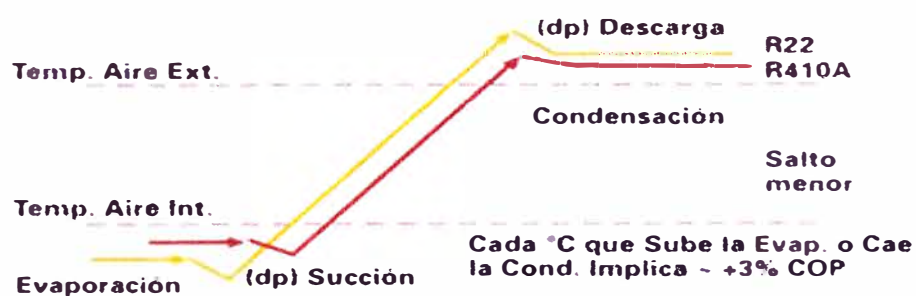
Figura 7. Comparación de Remplazos Vs. R22 Aire

Características	R-22	R-134a	R-407C	R-410A
Componentes	R22	R134a	R32/125/134a	R32/125
Deslizamiento	0F	0F	10F	0.2F
GWP	1700	1430	1774	1730
Presiones @ 130F	296	214 psig	328 psig	494 psig
	psig			
Desempeño del	100%	97-98%	95-100%	98-105%

Sistema				
Capacidad	100%	65%	98-105%	149-155%
Transferencia Térmica	X	Menor	Menor	Mayor
Diámetro de Tuberías	X	Mayor	Mismo	Menor
Rediseño	No	Significativo	Menor	Significativo

El aumento en la conductividad permite disminuir el DT en los intercambiadores. Esto explica ciertas ventajas de eficiencia energética del R410A en el ciclo práctico. Como se ve en la *figura 8*, es posible evaporar y condensar con diferenciales menores de temperatura, disminuyendo así el radio de compresión, lo cual permite aumentar en promedio hasta un 3% el COP práctico, por cada grado centígrado que aumenta la evaporación o se reduce la condensación.

Figura 8. ¿Qué Pasa en el Sistema?

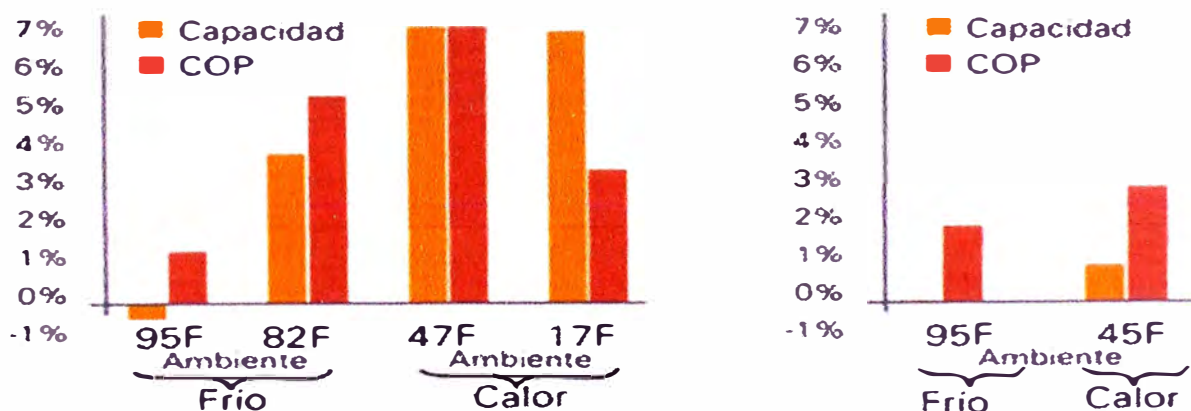


10. La *figura 9* muestra una comparación hecha entre sistemas de aire acondicionado de tipo Split. Se ve que el R410A presenta ventajas de

eficiencia a altas temperaturas ambiente operando en "frío" durante el verano, mientras que tanto la capacidad como la eficiencia son comparativamente ventajosas a temperaturas ambiente más bajas. Esto último es interesante, si tiene en cuenta que las temperaturas ambiente promedio a lo largo de la temporada suelen ser menores a las consideradas para la selección del equipamiento (punto de diseño). Esto hace que el desempeño estacional del equipamiento con R410A sea mejor. Un raciocinio similar es hecho gráficamente para los equipamientos operando en "calor" (bomba de calor). La capacidad crece exactamente cuando más se necesita, que es cuando las temperaturas ambiente son más bajas.

Figura 9. Comparación entre Sistemas R410A vs R22

3Tons Split c/Ductos	1 Tn Split s/Ductos
<ul style="list-style-type: none"> • Mejor Desempeño Estacional (Mayor Eficiencia a Bajas Temp. Amb.) • Mejor Desempeño en Bomba de Calor 	



11. Sus propiedades termodinámicas ofrecen unas eficiencias de energía superiores, experiencias en laboratorio realizadas por investigadores han mostrado que el R 410A puede alcanzar incrementos del coeficiente de eficiencia energética de hasta 7% por encima del R 22 en equipos de aire acondicionado y, debido a que transfiere óptimamente el calor mejor que el R22.

Una vez más vemos en la *figura 11* que el impacto directo (GWP) sobre el calentamiento global de los gases refrigerantes HFCs más populares son hasta 3300 veces mayores que los del CO₂.

¿Cómo reducir entonces el impacto directo en la industria de la refrigeración comercial, para sistemas en los supermercados, por ejemplo?

Reducir la carga de gas y eliminar fugas debe ser entonces la premisa principal. Esto significa reducir el tendido de líneas frigoríficas mediante la aplicación de sistemas distribuidos y de ciclo.

Además el ODP (Potencial de destrucción del ozono), del R410A es 0. El del R22 es 0,055.

Figura 11. Impacto Global Directo		
Refrigerante	Tipo	GWP
R-12	CFC	8500
R-502		5260
R-22	HCFC	1700
R-32	HFC	650
R-134a		1300

R-407C	1530
R-417A	1938
R-410A	1730
R-404A	3260
R-507	3300
Hidrocarburos "Naturales"	<20
Amoniaco	<1
CO₂	1

RECOMENDACIONES

- 1.** Antes de entrar a la realización del diseño de un sistema de aire acondicionado, se sugiere compartir la información necesaria entre el propietario, arquitectos, ingenieros y personas relacionadas en el proyecto, con el fin de prevenir datos erróneos e intervenciones al diseño arquitectónico del lugar.
- 2.** Para el cálculo de materiales especialmente con la lámina galvanizada, rollos de fibra de vidrio, ductos flexibles y rollos de cinta aluminio, estimar una cantidad mayor al calculado para evitar la elevación del costo al adquirir el material faltante durante el proceso de construcción e instalación.
- 3.** Para evitar una caída de presión alta y lograr una mayor eficiencia del sistema, es recomendado hacer una buena distribución de aire considerando distancias cortas y pocas conexiones.
- 4.** Colocar el equipo de aire acondicionado en un lugar adecuado del edificio para facilitar el mantenimiento.
- 5.** Evitar la instalación de ductería sobre equipos eléctricos o en lugares que puedan ser peligrosos para los operarios al efectuar los trabajos de mantenimiento.
- 6.** Recomendar al departamento técnico trabajar con equipo de seguridad industrial para evitar daños físicos.

7. Los fabricantes de equipos mecánicos como los CHILLERS siempre están modificando sus equipos a manera de hacerlos mas eficientes, los sistemas de control, como el control de capacidad, los dispositivos de medición de temperatura, presión, frecuencia y otros han cambiado y apuntan cada vez mas el uso de equipos electrónicos, por lo que es muy importante mantenerse actualizado en las tecnologías como los controladores lógicos programables.

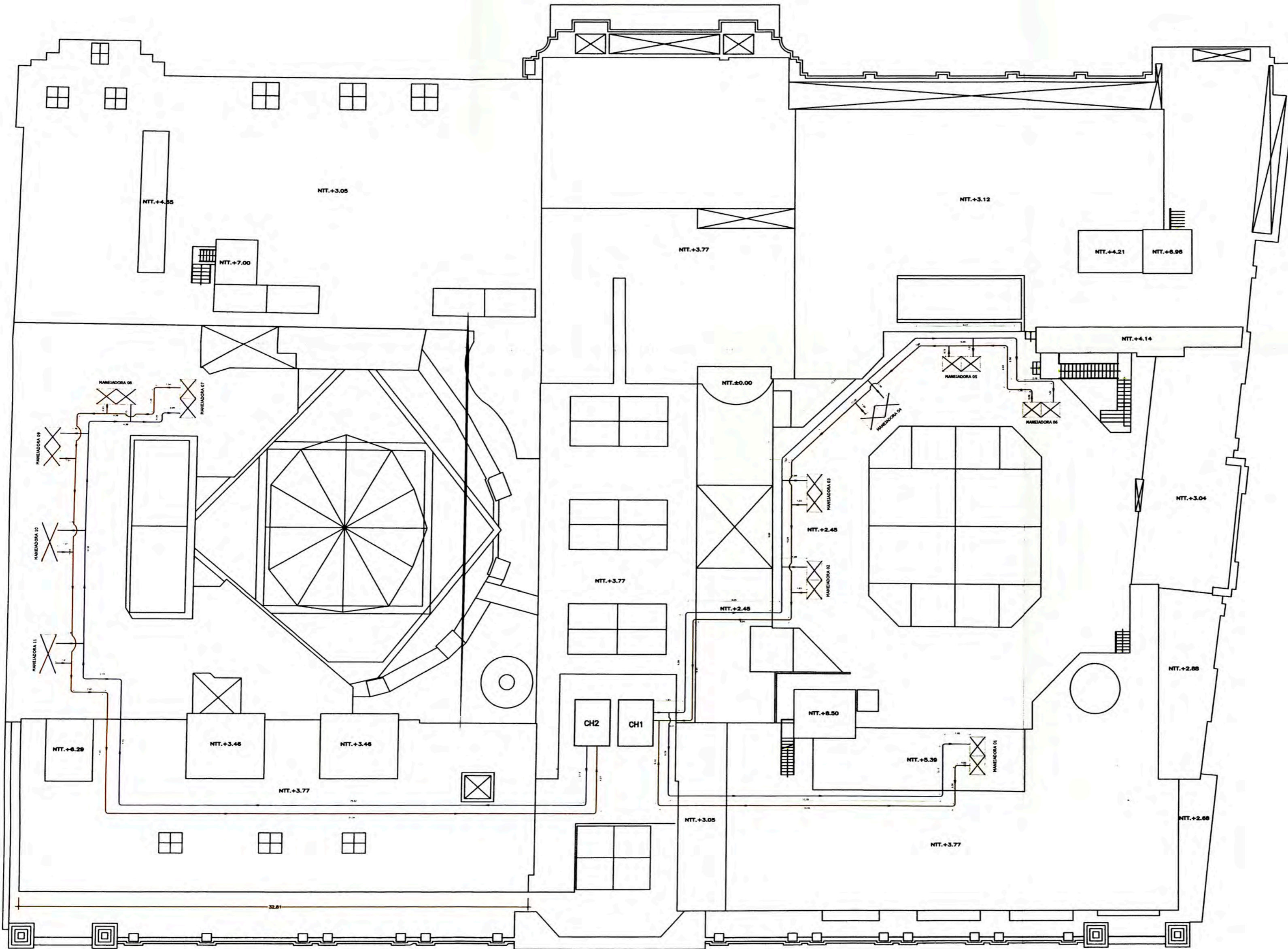
BIBLIOGRAFÍA

1. Aire Acondicionado. Ángel Luis Miranda. Ed. CEAC. Barcelona 2004.
2. Aire Acondicionado. Ángel Miranda Barreras. Ed. CEAC, S.A. Barcelona España 2004.
3. ASHRAE Handbook. Fundamentals. S.I. edition. Atlanta. 2001
<http://www.ashrae.org>.
4. ASHRAE HANDBOOK. Applications. Atlanta, GA: ASHRAE Inc.; 2007.
5. ASHRAE HANDBOOK; Fundamentals; Atlanta, GA: ASHRAE Inc.; 2005.
6. CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO. Mc Quiston –Parker - Spliter. Ed. Limusa Wiley. México 2008.
7. CARRIER AIR CONDITION COMPANY; Manual de Aire Acondicionado; Barcelona: Marcombo S.A.; 1986.
8. TERMODINÁMICA. Çengel Yunus A. y Boles Michael A. McGraw-Hill / Interamericana Editores, Cuarta edición; 2003.
9. FUNDAMENTOS DE AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACIÓN. Hernández Goribar. Ed. Limusa. México 2009.
10. FUNDAMENTOS DE VENTILACIÓN INDUSTRIAL. V.V. Baturin. Ed. Labor. Barcelona. España 1976.

11. JORGE GALLO NAVARRO. Sistema de Climatización: Elementos que mejoran su eficiencia y ahorran energía; Congreso Panamericano de Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Industrial y Ramas Afines; COPIMERA 2007.
12. JUAN C. ARMAS VALDÉS, MARGARITA LAPIDO RODRÍGUEZ, MARIO A. ÁLVAREZ GUERRA PLASENCIA Y SERGIO MONTELIER HERNÁNDEZ. Análisis comparativos de estrategias de operación en sistemas de climatización centralizados por agua helada; Centro de Estudios de Energía y Medioambiente (CEEMA), Cuba.
13. MANUAL DE AIRE ACONDICIONADO. Carrier. Ed. Marcombo S.A., 2009.
14. Portal Web de Johnson Controls. Catálogos de Productos. <http://www.johnsoncontrols.com/content/us/en.html>. [Consulta: Febrero 2012]
15. Portal Web del Organismo Supervisor de Inversión en Energía y Minas; Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad Lima
<<http://www2.osinerg.gob.pe/Tarifas/Electricidad/PliegosTarifariosUsuarioFinal.aspx?Id=150000>>. [Consulta: Marzo 2012]
16. Portal Web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú; Clima –Datos Históricos de Lima.
<http://www.senamhi.gob.pe/main_mapa.php?t=dHi>. Consulta: Febrero 2012.
17. PRINCIPIOS DE REFRIGERACIÓN. Roy Dossat. Ed. Cecsá. México 1968.

18. PRINCIPIOS Y SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN. Edward G. Pita. Ed. Limusa. New York < 1971.
19. REFRIGERACIÓN AUTOMÁTICA. Alarcón Creus. Ed. Marcombo. Barcelona 1972.
20. REFRIGERACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AIRE. W. F. Stoecker. Ed. Mc. Graw Hill . New York 1965.
21. ROY S. HUBBARD Y ARTURO IBARRA; Sistemas de Distribución de Agua Helada - Enfoque Variable Primary Flow; Charla Técnica del ASHRAE Capitulo "Ciudad de México"; Febrero 2009.
22. SMACNA; HVAC Duct Construction Standars; Tercera Edición; 2005.
23. SMACNA; HVAC Systems - Duct Design; Cuarta Edición; 2006.

APENDICE



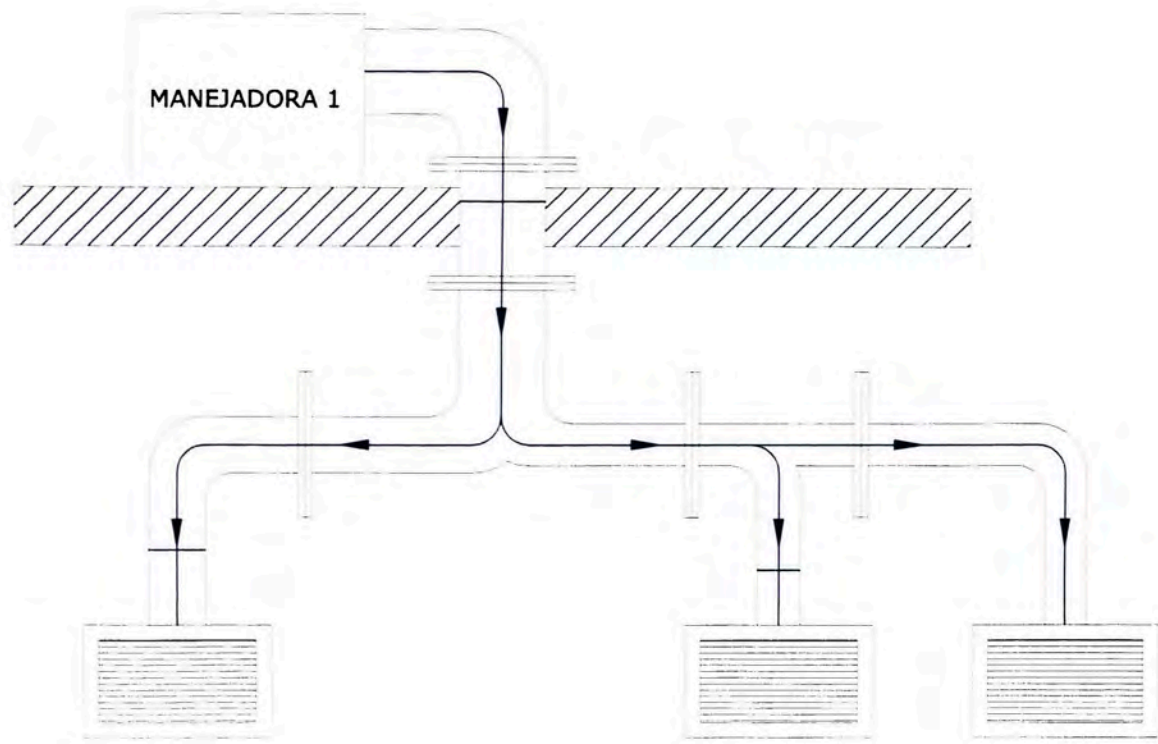
CONGRESO DE LA REPUBLICA



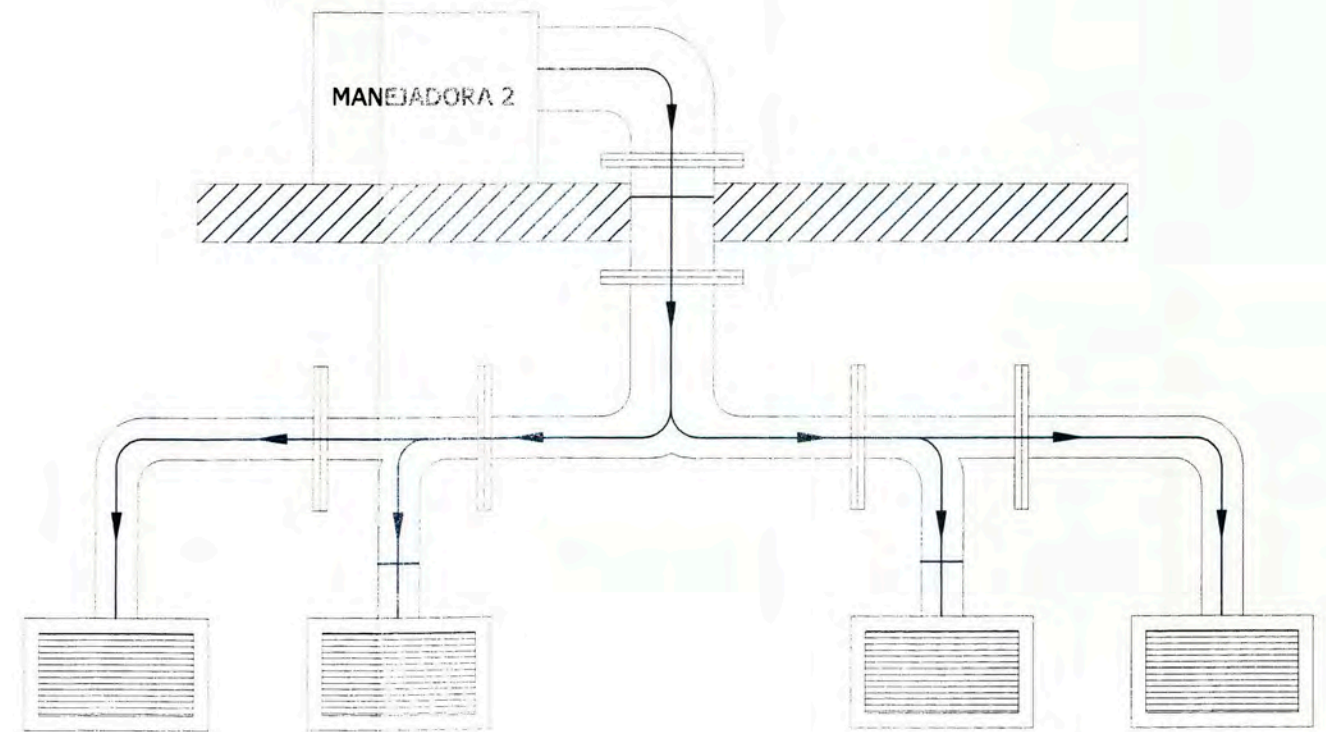
Elaborado por: LUIS HAYASHI BEJARANO		
Edificio: " PALACIO LEGISLATIVO "		
Proyecto: DISPOSICION DE EQUIPOS Y TUBERIAS		
Fecha: MAR'2013	Escala: 1:200	Plano: AZOTEA

Lamina:
L - 01

DETALLE A



DETALLE B



CONGRESO DE LA REPUBLICA			
Elaborado por:	LUIS HAYASHI BEJARANO	L - 02	
Edificio:	" PALACIO LEGISLATIVO "		
Proyecto:	DETALLE DE TUBERIAS		
Fecha:	MAR'2013		
Escala:	S/E	Plano:	DETALLES