



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE MAR DE PLATA



FACULTAD DE INGENIERIA

# INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL

## **Autores del Proyecto:**

**Muñoz, Emiliano Manuel**  
Ing. Electromecánica  
Mat. 8109

**Schäffer, Augusto Pablo**  
Ing. Electromecánica  
Mat. 8981

## **Tutor del Proyecto:**

**Ing. Di Mauro, Rubén**

**Fecha: 25 de Octubre del 2005**

**Calificación:**



RINFI es desarrollado por la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE MAR DE PLATA



FACULTAD DE INGENIERIA

# INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL

## **Autores del Proyecto:**

**Muñoz, Emiliano Manuel**  
Ing. Electromecánica  
Mat. 8109

**Schäffer, Augusto Pablo**  
Ing. Electromecánica  
Mat. 8981

## **Tutor del Proyecto:**

**Ing. Di Mauro, Rubén**

**Fecha: 25 de Octubre del 2005**

**Calificación:**

## INDICE

Sección		Pág.
	<b>Capítulo 1: Introducción Teórica</b>	<b>6</b>
1.1	Definiciones.	6
1.2	Propiedades del aire. Psicometría.	10
1.3	Sensación de confort. Confort térmico.	13
1.3.1	Cargas externas.	21
1.3.2	Cargas internas.	25
1.4	Determinación del caudal de aire de circulación en el sistema de aire acondicionado.	25
	<b>Capítulo 2: Introducción</b>	<b>27</b>
2.1	Definición de aire acondicionado.	27
2.2	Descripción de los sistemas de refrigeración por compresión.	28
2.2.1	Ciclo frigorífico.	28
2.3	Consideraciones para la elección del sistema de refrigeración por compresión.	30
2.4	Bases para la elección del sistema de acondicionamiento.	31
2.4.1	Sistema de expansión directa.	31
2.4.2	Sistema de expansión indirecta.	31
2.5	Sistema de acondicionamiento adaptable a las necesidades del anteproyecto.	31
2.5.1	Sistema con distribución por conductos y condensación por agua.	31
2.5.2	Sistema de acondicionamiento por condensación de agua.	32
2.5.3	Sistema de Volumen de Refrigerante Variable (VRV).	33
2.6	Elección del sistema de acondicionamiento.	34
	<b>Capítulo 3: Procedimiento de cálculo de carga térmica verano-invierno</b>	<b>37</b>
3.1	Condiciones de diseño.	37
3.1.1	Condiciones exteriores de diseño.	37
3.1.2	Condiciones interiores de diseño.	37
3.1.3	Cantidad de gramos de agua.	37
3.2	Datos de los cerramientos.	38
3.3	Características constructivas de los departamentos.	43
3.4	Comprobación de los coeficientes de transmitancia térmica (K).	44
3.5	Transmisión en vidrios.	45
3.6	Radiación de vidrios.	46
3.7	Transmisión cerramientos.	50
3.8	Radiación cerramientos.	50
3.9	Ganancia por iluminación.	51
3.10	Ganancia por equipos.	52
3.11	Ganancia por personas.	53
3.12	Cargas totales del local.	54
3.13	Cálculo del caudal de aire.	54

**PROYECTO FINAL****INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL**

3.14	Caudal de aire exterior.	55
3.15	Ganancia de calor sensible por aire exterior en verano.	55
3.16	Ganancia de calor latente por aire exterior en verano.	55
3.17	Ganancia de calor sensible por aire exterior de invierno.	56
3.18	Carga total verano-invierno.	56
3.19	Calor Total	56
3.20	Ejemplos de cálculo	58
	<b>Capítulo 4: Selección de equipos</b>	<b>65</b>
4.1	Selección de equipos.	66
4.1.1	Factor de corrección por longitud de cañería.	70
4.1.2	Factor de corrección por temperatura exterior.	71
4.2	Selección de cañerías.	74
4.2.1	Cañería líquido.	74
4.2.2	Cañería succión.	75
4.3	Dimensionamiento del cableado.	79
	<b>Capítulo 5: Ciclo frigorífico</b>	<b>83</b>
5.1	Explicación del ciclo de refrigeración.	83
5.2	Explicación del ciclo de calefacción.	85
	<b>Capítulo 6: Variador de velocidad</b>	<b>86</b>
6.1	Control de motores de corriente alterna.	86
6.2	Variación de la velocidad sincrónica.	86
6.2.1	Rectificador controlado.	89
6.2.2	El inversor.	90
	<b>Capítulo 7: Funcionamiento del sistema</b>	<b>93</b>
7.1	Funcionamiento.	95
7.1.1	Encendido.	95
7.1.2	Apagado.	97
	<b>Capítulo 8: Ahorro de energía</b>	<b>99</b>
8.1	Consideraciones	99
8.2	Análisis económico	103
8.2.1	Análisis para el Primer Período.	103
8.2.2	Análisis para el Segundo Período.	103
8.2.3	Análisis para el Tercer Período.	103
8.3	Costos, comparación económica y tiempo de recuperación de la inversión.	105
	<b>Capítulo 9: Instalación</b>	<b>108</b>
9.1	Instalación de las Unidades Exteriores.	108
9.2	Instalación de las Unidades Interiores.	111
9.2.1	Para cassette de cuatro vías.	111
9.2.2	Conductos de aire.	112
9.3	Cañerías	114
9.3.1	Instalación de las cañerías	114

**PROYECTO FINAL****INSTALACION TERMOMECHANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL**

9.3.2	Aislamiento térmico	117
9.3.3	Ensayo de Estanqueidad	118
9.3.4	Purga de Aire	119
9.3.5	Carga de refrigerante	120
9.4	Cableado	122
9.4.1	Consideraciones generales	122
9.4.2	Cableado de Control.	123
9.5	Puesta en marcha.	124
9.6	Mantenimiento.	125
	<b>Capítulo 10: Expensas</b>	<b>126</b>
10.1	Recomendaciones para el cobro de expensas por departamentos.	126
	<b>Capítulo 11: Refrigerantes</b>	<b>130</b>
11.1	Refrigerantes.	130
11.1.1	Los refrigerantes y la seguridad.	130
11.1.2	La capa de ozono y la atmósfera.	131
11.1.3	Calentamiento global.	132
11.1.4	Efectos de los refrigerantes sobre la capa de ozono.	133
11.1.5	El protocolo de Montreal.	134
11.2	Comparación entre el R 22 y el R410A	135
11.3	Comparación de las propiedades termodinámicas	140
	Agradecimientos y Bibliografía	141

**APENDICES**

## Cálculos:

- Balance Térmico
- Expensas

## Accesorios:

- Compresores
- Presostatos, solenoides, termostatos y válvulas

Los elementos incluidos en este apéndice son a modo informativo, ya que son similares a los utilizados por el fabricante.

## Planos:

- Azotea
- Azotea equipos y cañerías
- Corte
- Corte.longitud
- Planta baja
- Planta baja equipos y cañerías
- Planta terraza
- Planta tipo
- Planta tipo equipos y cañerías
- Planta tipo longitud
- Sala de máquinas longitud
- Unificar
- Vista contrafrente
- Vista Frente

## PROYECTO FINAL

### *INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL*

---

<ul style="list-style-type: none"><li>• Vista Lateral</li></ul>
Selección: <ul style="list-style-type: none"><li>• Selección de cañerías</li><li>• Selección de equipos</li></ul>
Variadores de velocidad

# CAPITULO 1: INTRODUCCION TEORICA

## 1.1 Definiciones

El calor es una manifestación de la energía provocada por el movimiento molecular.

Al calentarse un cuerpo, aumenta la energía cinética de las moléculas, produciéndose choques más o menos violentos, según la cantidad de calor entregada.

El calor es susceptible de medir; lo que se efectúa teniendo en cuenta dos magnitudes fundamentales:

- ✓ Intensidad de Calor
- ✓ Cantidad de Calor

### Intensidad de Calor

Está relacionada con la velocidad del movimiento molecular estableciéndose para medirla una unidad práctica que da una idea del grado o *nivel* de calor que tiene un cuerpo determinado. Arbitrariamente se fijan parámetros comparativos que permiten determinar dicho nivel de calor, al que se denomina *temperatura*. Se dice que un cuerpo con gran velocidad molecular tiene más temperatura o más nivel de calor que otro.

---

### Cantidad de Calor

La cantidad de calor de un cuerpo representa la suma de las energías térmicas de todas las moléculas que lo componen.

Es decir, que mientras la intensidad de calor o temperatura indica el grado de movimiento molecular o el nivel de calor de un cuerpo, esta magnitud señala su contenido total de calor.

Se demuestra que la cantidad de calor de un cuerpo es función de la masa del cuerpo y de su temperatura, o lo que es lo mismo, del número de moléculas que lo componen y de su nivel de intensidad térmica o velocidad molecular. Para determinar la cantidad de calor se ha establecido un valor característico, que depende de las particularidades de cada cuerpo, que se denomina calor específico. Este se define como la cantidad de calor necesaria para elevar en 1° C la temperatura de la unidad de masa de una sustancia.

El calor específico, si bien depende de la temperatura en forma muy leve, puede suponerse constante para cada sustancia en particular, a los fines de su aplicación práctica.

Como unidad se utiliza el agua a presión atmosférica normal, considerándose una temperatura normal de 15° C que está dentro del entorno de las aplicaciones prácticas.

De esa manera, el calor específico igual a 1, sería la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 Kg. de agua en 1° C a presión atmosférica normal.

A esa cantidad de calor se la denomina (Kcal.) kilocaloría, y sería entonces la unidad de cantidad de calor. Por ello, la unidad de calor específico valdrá:

$$C_e = \frac{Kcal}{kg.^{\circ}C}$$

Los norteamericanos y los ingleses suelen utilizar la unidad BTU (British Thermal Unit). Se define como cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 libra de agua en 1° F.

$$1 \text{ Kcal.} \approx 4 \text{ BTU}$$

El Simela o Sistema Métrico Decimal Argentino, ha establecido como unidad de calor el Joule. La equivalencia es la siguiente:

$$1 \text{ Kcal.} \approx 4185.5 \text{ joule.}$$

### **Calor sensible y calor latente**

Cuando definimos la unidad de cantidad de calor, se había mencionado que el agregado de dicha energía provocaba un aumento de temperatura, a ese estado calórico cuya variación de nivel puede determinarse mediante un termómetro, que es sensible a ella, se denomina *calor sensible*.

Se representa por la fórmula:

$$Q = C_e \cdot m \cdot (t_1 - t_2)$$

Donde:

- Q: Cantidad de calor agregado o sustraído (Kcal.)
- m: Masa en (Kg.)
- (t<sub>1</sub>-t<sub>2</sub>): Diferencia de temperatura en (°C).

Sin embargo, sucede que cuando se está materializando un cambio de estado físico, se verifica que el agregado o sustracción de calor no origina variación de temperatura.

A ese calor que agregado a una sustancia no origina cambio de nivel térmico o de temperatura, se lo denomina *calor latente*, o sea, como su nombre lo indica, ese calor se encuentra "latente", y se consume en la acción de transformación física

La ecuación que lo representa vale:

$$Q = C_{lv} \cdot m$$

Donde:

- Q: Cantidad de calor latente agregado o sustraído de una sustancia (Kcal.)
- C<sub>lv</sub>: Calor latente de vaporización o fusión, según el cambio físico producido (Kcal./Kg.)
- m: Masa del cuerpo en (Kg.)

### **Transmisión de calor**

Todo cuerpo con una determinada cantidad de calor, tiene la propiedad de cederlo a otro cuerpo, siempre que éste se encuentre a menor temperatura.

Es decir, existe un flujo térmico que consiste en la cesión del calor de los puntos de mayor a los de menor temperatura. De esa manera, entonces, la energía térmica se

transfiere del nivel térmico o temperatura más alto al más bajo, hasta alcanzar un estado de equilibrio o igual temperatura.

### **Conducción**

La transmisión de calor por conducción es típica de los sólidos. Se origina por la agitación molecular provocada por el calor que se transmite progresivamente, sin modificar la distancia relativa de las moléculas.

La velocidad con que un material deja pasar el calor por conducción, depende de su conductividad que es una propiedad que tiene cada material. Hay materiales que conducen más que otros. Los metales son muchos más conductores del calor que, por ejemplo, los materiales para la construcción.

La conducción de calor se establece por un coeficiente  $\lambda$  de conductividad térmica, que es un valor determinado para cada elemento en particular.

### **Convección**

La forma de transmisión de calor por convección es propia de los fluidos, por ejemplo, el agua o el aire. Por efecto de la variación de su peso debido a un aumento o disminución de temperatura, se establece en ellos una circulación permanente y continua. Ese movimiento de fluido produce, entonces, la transferencia del calor por convección, que se orienta desde los puntos calientes o los fríos.

Se utiliza para su determinación un coeficiente  $\alpha$  que tiene en cuenta la convección y cierta radiación, denominándosele coeficiente de paso de calor o coeficiente de transmitancia superficial.

### **Radiación**

La forma de transmisión del calor por radiación se produce en el vacío, igual que la radiación de la luz en forma de ondas electromagnéticas.

De esa manera el proceso de transferencia de calor por radiación no está vinculado a soporte o vehículo material alguno, no pudiendo ser explicado como en los casos anteriores en términos de moléculas que chocan o se desplazan. Se define entonces la radiación térmica como la transmisión de calor de cuerpo a otro sin contacto directo, en forma de energía radiante.

Entonces un cuerpo caliente transforma una parte de su contenido de calor en energía de radiación sobre su superficie, la cual se emite en formas de ondas, que al ser absorbidas por otro cuerpo, se manifiesta en forma de calor. Se desprende de ello que para que la energía radiante pueda ser convertida en calor es necesario que sea absorbida por una sustancia.

Todos los cuerpos absorben y además emiten energía radiante, dependiendo de la temperatura a que se encuentren y de sus características físicas. El cuerpo negro es un cuerpo ideal que emite y absorbe el máximo de calor por radiación. Por ello cuando un cuerpo está constituido por superficies oscuras, emite o absorbe calor por radiación en gran proporción, ocurriendo todo lo contrario cuando se trata de cuerpos de superficies blancas o brillantes.

Los cuerpos calientes emiten mayor cantidad de calor que los fríos, habiendo un continuo intercambio de energía radiante entre las sustancias que se encuentran a distintas temperaturas.

**Coefficiente de transmitancia total “k”**

Para el análisis de la transferencia de calor de una pared o elemento de la construcción se utiliza un coeficiente de transferencia de calor total, que tiene en cuenta los fenómenos indicados precedentemente y permite simplificar los cálculos térmicos.

Se define al coeficiente K como coeficiente de transmitancia total como la cantidad de calor en Kcal., que se transmite totalmente en una hora a través de 1 m<sup>2</sup> de superficie, existiendo una diferencia de temperatura de 1 °C entre el ambiente interno y el externo. De esa manera la cantidad de calor que se transmitirá a través del muro valdrá:

$$Q = K \cdot A \cdot (t_1 - t_2)$$

Siendo:

- Q: Cantidad de calor que se transmite (Kcal./h)
- K: Coeficiente de transmitancia térmica (Kcal./h m<sup>2</sup> °C). Según tablas.
- A: Área en m<sup>2</sup>
- t1: Temperatura del aire de la cara más caliente (°C)
- t2: Ídem de la cara más fría (°C)

Evidentemente, el coeficiente de transmisión total K, tiene una importancia fundamental en esa ecuación, dado que cuanto más elevado, más es la transferencia de calor y viceversa.

Por lo tanto, si se quiere reducir la transmisión de calor es necesario reducir al mínimo dicho coeficiente.

Para determinar ese coeficiente K se aplica la fórmula que se indica seguidamente. Se observa que el coeficiente K depende, fundamentalmente, del coeficiente  $\lambda$  de conductividad térmica o transferencia por conducción. Por ello es necesario para reducir la transferencia emplear materiales de bajo coeficiente de conductividad  $\lambda$ .

Los coeficientes K para las construcciones normales están tabulados por la Norma IRAM 11.601, por lo que no es necesario su cálculo. Para muros especiales o de características particulares, pueden calcularse a partir de la siguiente fórmula teniendo en cuenta los coeficientes respectivos, también establecidos por la mencionada Norma.

Determinación del coeficiente de transmitancia total K

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{\alpha_e} \quad \left( \frac{m^2 \cdot h^\circ C}{Kcal} \right)$$

Se denomina resistencia total  $R_t$  a la inversa de K o sea:

$$R_t = \frac{1}{K}$$

A su vez, la inversa de  $\alpha$ , se denominan resistencias superficiales.

$$R_{si} = \frac{1}{\alpha_i}$$
$$R_{se} = \frac{1}{\alpha_e}$$

Siendo entonces:

- $\lambda$ : Coeficiente de conductibilidad térmica (Kcal./mh°C). De tabla Norma IRAM 11.601 para cada material.
- $\alpha_i$ : Coeficiente superficial interior (Kcal./m<sup>2</sup>h°C).
- $\alpha_e$ : Coeficiente superficial exterior (Kcal./m<sup>2</sup>h°C).
- K: Coeficiente de transmitancia térmica total (Kcal./m<sup>2</sup>h°C).
- $R_t$ : Resistencia a la transmitancia térmica total (m<sup>2</sup>h°C/Kcal.).
- $R_{si}$ : Resistencia superficial interior (m<sup>2</sup>h°C/Kcal.), Norma IRAM 11.601.
- $R_{se}$ : Resistencia superficial exterior (m<sup>2</sup>h°C/Kcal.), Norma IRAM 11.601.
- e: Espesor de los materiales en metros.

De esa manera, la ecuación será:

$$R_t = \frac{1}{K} = R_{si} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \dots + R_{ca} + R_{se}$$

Donde  $R_{ca}$  es la resistencia que opone al pasaje de calor en caso de cámaras de aire, según tabla de Norma IRAM 11.601.

## **1.2 Propiedades del aire. Psicometría**

El aire atmosférico es una mezcla de aire seco y vapor de agua.

### **Composición del aire**

El aire seco es una mezcla de gases constituida fundamentalmente por nitrógeno y oxígeno. El nitrógeno es un gas inerte que no se altera químicamente, mientras que el oxígeno en cambio, reacciona en los distintos procesos de combustión.

La composición del aire seco en porcentaje de peso es la siguiente: *nitrógeno 77%* y *oxígeno 22%* aproximadamente. El uno por ciento restante lo componen pequeñas cantidades de otros gases como el *anhídrido carbónico* en cantidades variables, que es producto de los procesos de combustión, fermentación y otras transformaciones naturales. Existen además gases inertes como el *argón*, *neón*, etc. Y elementos extraños en suspensión que contaminan el aire, como polvos, humos, bacterias, gases nocivos, etc.

La cantidad de vapor de agua en el aire es extremadamente variable y es lo que construye la *humedad atmosférica*, que tiene gran importancia para el bienestar humano y para el desarrollo de gran número de procesos industriales.

### **Contenido de humedad en el aire**

El aire contiene siempre cierta cantidad de humedad; cuando contiene el máximo posible de ella se dice que está *saturado*. Esa cantidad máxima de humedad que puede contener en el estado de saturación depende fundamentalmente de la temperatura. En caso de altas temperaturas, se necesita mucha humedad para saturar el aire e inversamente, en caso de bajas temperaturas.

Así, por ejemplo, a 0 °C se necesitan aproximadamente 3.78 gr. de vapor de agua por cada kilogramo de aire seco para saturarlo, mientras que a 20 °C se necesitan 14.8 gr./Kg., y a 40 °C, 48,5 gr./Kg.

Si se expresa la humedad en la unidad mencionada precedentemente, la misma se denomina *humedad específica*.

Entonces la *humedad específica* es el peso del vapor de agua en gramos por Kg. de aire seco.

Sin embargo, suele expresarse la humedad en términos de *humedad relativa*. Esta expresa el grado de saturación del aire a cualquier temperatura, expresándose en porcentaje.

Así, el aire saturado o el contenido máximo de humedad, tendría una humedad relativa del 100 %, mientras que el aire perfectamente seco, o sea, sin contenido de vapor de agua, tendría un porcentaje del 0 %. De tal manera, si un aire atmosférico tiene a la temperatura de 20 °C, por ejemplo, 7,4 g/Kg., la humedad relativa sería del 50 %, dado que tendría la mitad de lo que contendría si estuviese saturado, o sea, 14,8 g/Kg.

Se puede expresar matemáticamente de la siguiente manera:

$$H_R = \frac{h_e}{h_{es}} = \frac{7.4}{14.8} = 0.5 \quad \text{o sea, 50\%}$$

Donde.

- HR: humedad relativa (%).
- he: Humedad específica a una temperatura t °C (g/Kg.).
- h<sub>es</sub>: humedad específica de saturación a t °C (g/Kg.).

### **Calor total del aire. Entalpía (H<sub>t</sub>)**

El contenido de calor de una mezcla de aire seco y vapor de agua, o aire atmosférico, comprende calor sensible y calor latente.

El calor sensible se pone de manifiesto en la temperatura de bulbo seco del aire, o sea, está incluido fundamentalmente en el aire seco, mientras que el calor latente se encuentra contenido en el vapor de agua de la mezcla.

Al contenido total de calor de la mezcla de vapor y aire se la denomina *entalpía*, es por lo tanto, la suma del calor sensible del aire, más el calor latente del agua evaporada, como fórmula simplificada.

El ábaco que contiene todos los elementos indicados precedentemente se denomina *ábaco psicrométrico*, figura 1.2.1 y en él se representan todos los parámetros físicos de una mezcla de aire húmedo. O sea, se determinan: T<sub>BS</sub>, T<sub>BH</sub>, h<sub>e</sub>, H<sub>R</sub>, H<sub>t</sub>.

Además se indican los valores de volumen específico mediante curvas trazadas en virtud de los datos de peso específico para los distintos estados de la mezcla de aire

húmedo. El volumen específico es la inversa del peso específico y se mide en m<sup>3</sup>/Kg. (metros cúbicos de aire por kilogramo de aire).

El ábaco psicrométrico, entonces, es un gráfico que relaciona temperatura, humedad, calor total y otras propiedades del aire húmedo. Con él y con la sola determinación de dos de los parámetros cualesquiera de una masa de aire, se pueden precisar todas sus propiedades físicas.

En efecto, se pueden resumir todos estos parámetros:

- *Temperatura de bulbo seco* (TBS) es la temperatura a que se encuentra la mezcla de aire, medida en un termómetro común. Se lee sobre el eje de las abscisas en °C.
- *Temperatura de bulbo húmedo* (TBH) o temperatura a la cual se produce la vaporización del vapor de agua en el aire, es la temperatura leída en un termómetro, cuyo bulbo está recubierto con un liencillo empapado en agua y que se revolea en el aire.
- Se representan por rectas que nacen en la línea de saturación (allí TBS=TBH) y caen hacia abajo y hacia la derecha en °C.
- *Temperatura de punto de rocío* (PR) es la temperatura del aire en condición de saturación o la temperatura a que hay que enfriar el aire para que comience la condensación del vapor del agua contenido. Estas temperaturas se leen sobre la curva de saturación, prolongando la horizontal hacia la izquierda (en °C).
- *Humedad específica* (he) es el contenido real de vapor de agua en el aire. Se da en gramos de vapor de agua por gr. de aire seco. Se lee sobre el eje de las abscisas.
- *Humedad relativa* ( HR ) Si se considera una presión y temperatura determinadas, la humedad relativa representa el porcentaje de saturación en peso que tiene esa mezcla de aire. Puede también expresarse como la relación porcentual entre la humedad específica y la humedad específica de saturación del aire, a una misma temperatura. Son líneas que comienzan abajo a la izquierda y se curvan hacia arriba a la derecha. Se expresan en %.
- *Volumen específico* (Ve) es la inversa del peso específico. Se originan en el eje de TBS y tienen una ligera inclinación hacia la izquierda. Están dadas en m<sup>3</sup>/Kg.
- *Entalpía o calor total* (Ht) es un valor que indica el contenido de calor de la mezcla de aire y vapor de agua. Se indica en una escala especial arriba de la línea de saturación. Se mide en Kcal./Kg. de aire seco, y se lee prolongando las líneas de bulbo húmedo.

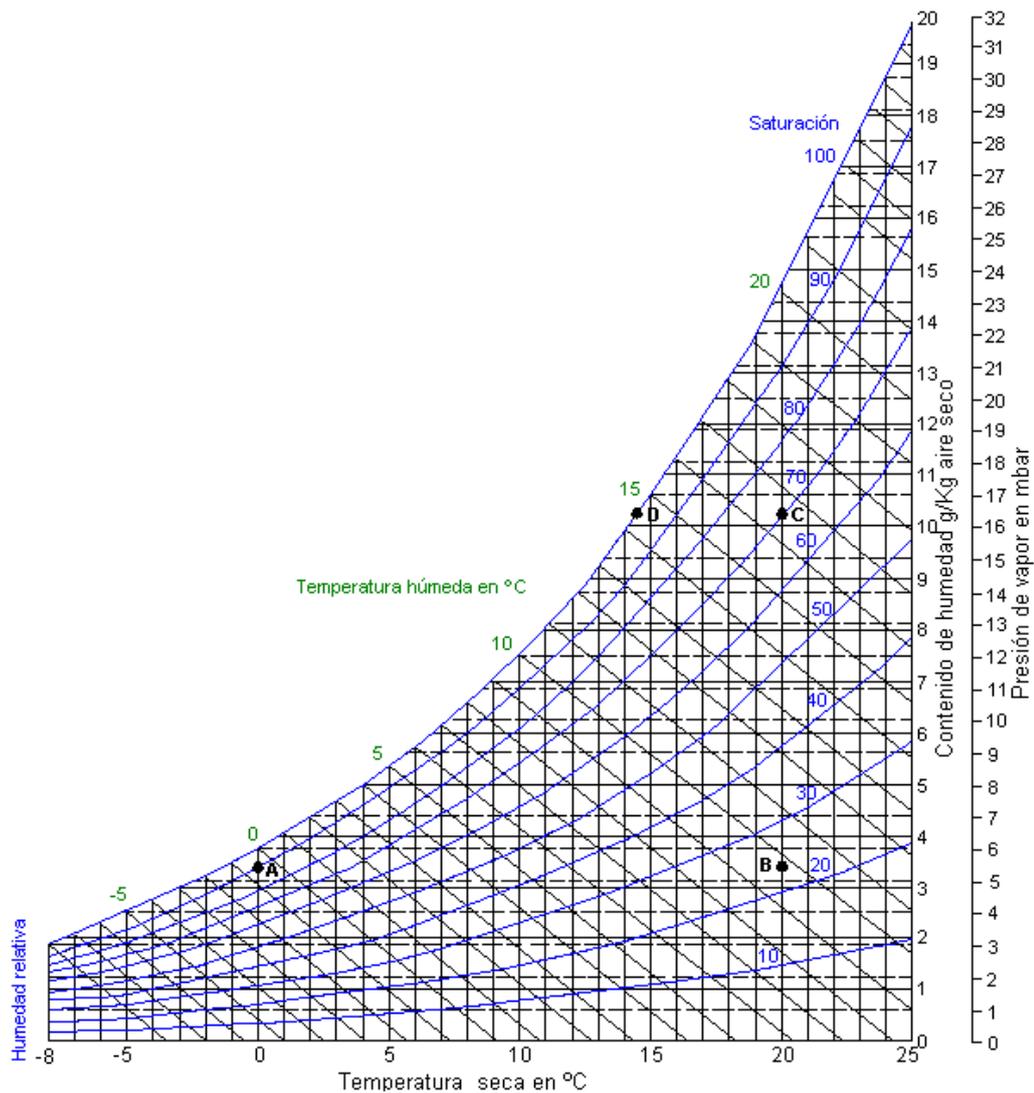


Figura 1.2.1

### 1.3 Sensación de confort – Confort térmico

#### Bases fisiológicas del acondicionamiento de aire

La palabra confort proviene del idioma inglés, pero su origen es latino: *con-fortaire*, significa dar fuerza, alentar. Podemos decir que dicha palabra señala el bienestar físico del ser humano.

Habrà un confort total cuando se den ciertas condiciones en los factores luminosos, térmicos, acústicos, etc., que caracterizan el ambiente, sean ellos de origen natural o artificial.

De todos estos factores se efectuarà un análisis del confort térmico exclusivamente, como lograrlo mediante la utilización de quipos de aire acondicionado y calefacción.

Para iniciar el estudio es necesario comprender cómo funciona el organismo humano como máquina térmica, es decir, cómo intercambia energía con el ambiente.

### **Calor cedido por el cuerpo humano**

El cuerpo humano tiende por si mismo a mantener en su interior una temperatura de alrededor de 37 °C, mientras disipa continuamente el calor desarrollado en los procesos químicos, consecuencia de la asimilación de los alimentos, bebidas, etc., y el oxígeno del aire.

Para conseguirlo, el cuerpo humano se sirve de un mecanismo de autorregulación sensitivo y extremadamente complicado, combinando varios métodos físicos y químicos, como son la variación de la cantidad de exudación producida por el organismo. Si bien esta variación compensa las variaciones de temperatura y características atmosféricas, ello se hace a expensas de la comodidad o bienestar térmico mencionado precedentemente.

Por ello, las instalaciones de climatización artificial de aire acondicionado o calefacción deben proporcionar las condiciones óptimas de bienestar para que el mecanismo de regulación de la temperatura del cuerpo humano funcione con el mínimo esfuerzo.

### **Metabolismo**

Uno de los procesos biológicos fundamentales del cuerpo humano es el denominado *metabolismo*, mediante el cual los alimentos compuestos principalmente de carbono e hidrógeno se combinan con el oxígeno absorbido por los pulmones, para producir calor y energía destinados a la realización de los trabajos internos y extremos del cuerpo humano.

Cuando el cuerpo se halla en reposo, la velocidad con que se desarrolla el metabolismo es mínima, pero cuando se efectúa un trabajo externo, aumenta notablemente.

Cuando el metabolismo es mínimo, el cuerpo humano emite aproximadamente 100 Kcal./h, pudiendo llegar cuando es máximo hasta de 400 Kcal./h.

Durante el invierno, el calor y el vapor de agua proveniente de las personas que ocupan el local, obligan, en ciertos casos, a disminuir la cantidad de calor aportado al local artificialmente, no así durante el verano que constituye uno de los factores importantes en el diseño de las instalaciones de aire acondicionado.

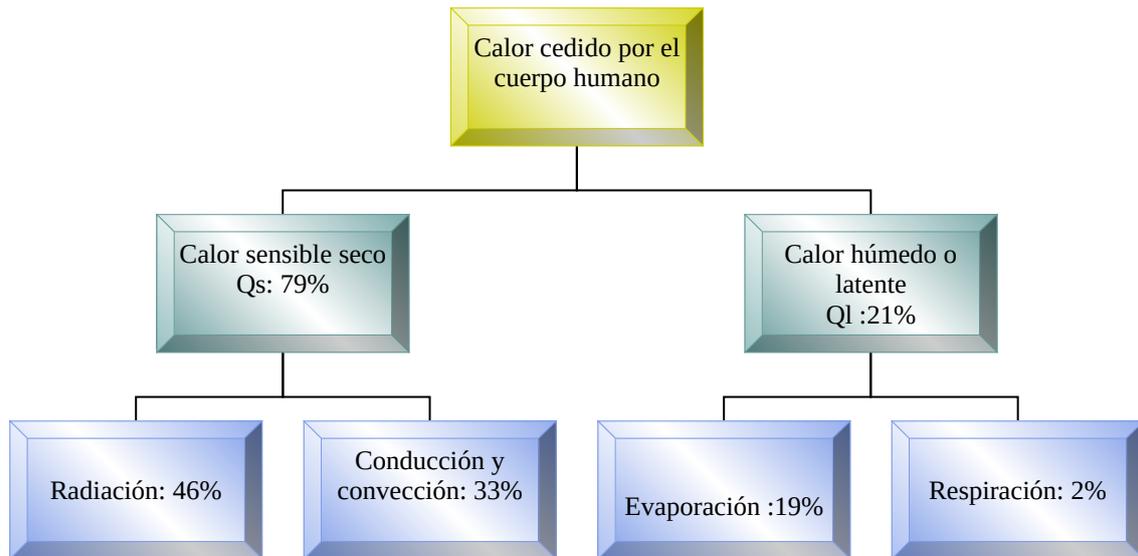
La suma de las partes de calor transmitida por radiación, conducción y convección se denomina *calor sensible del cuerpo*.

La suma de las diferentes cantidades transmitidas por evaporación y respiración se denomina *calor latente o húmedo del cuerpo humano*.

Todos estos componentes de calor se hallan regulados de modo que su suma permanece constante, dentro de un campo de variación de factores ambientales bastante amplios.

Por ejemplo, si la temperatura del aire ambiente baja, el calor cedido por convección, radiación y conducción aumenta, disminuyendo el calor cedido por evaporación.

Para personas en reposo y para temperaturas del aire del local de 20 °C puede considerarse:



La suma de  $Q_s$  y  $Q_l$  establece la magnitud de cesión de calor del cuerpo humano. Esta cantidad de calor total depende de varios factores:

1. Tipo de ocupación.
2. Valor de la temperatura ambiente.
3. Velocidad del aire.
4. Edad y sexo.

### **Condiciones atmosféricas que afectan el confort**

Los factores determinantes de las sensaciones humanas de calor o frío en el interior de un local son esencialmente las siguientes:

- Temperatura del aire.
- Temperatura media de las superficies que rodean el local.
- Humedad relativa
- Velocidad del aire en la zona de permanencia.

Estos factores que influyen en el bienestar térmico pueden denominarse componentes del clima de un local, definiéndose de esa manera el *clima*, como las variaciones de las características atmosféricas que afectan en forma de sensación térmica los sentidos de las personas. Para la sensación de confort térmico no hay valores absolutos, ya que con las mismas condiciones de clima de un local varía la sensación para cada individuo en particular.

O sea, existen factores independientes del clima del local, como ser el ritmo de trabajo, el grado de fatiga, edad, sexo, vestimenta, estado de salud, etc. Influyen, además, las diversas costumbres, tipo de alimentación, modos de vivir de las distintas regiones, etc. Se analizarán en forma individual los cuatro parámetros indicados precedentemente:

### **Temperatura del aire**

La temperatura del aire en la zona de permanencia de las personas constituye un punto de partida relativamente bueno para juzgar el clima de un local.

Los márgenes de temperatura dentro de los cuales las personas se sienten confortablemente, dependen de la época del año, ya sea invierno o verano. Ello se debe a que el metabolismo del cuerpo humano se adapta a las condiciones climáticas externas.

Así, en general, puede considerarse en forma práctica los siguientes valores:

- ✓ Invierno (ropaje normal) 18 a 22 °C
- ✓ Verano (ropas livianas) 23 a 27 °C

Estos valores pueden considerarse para personas en actividades sedentarias o moderadas, variándose según el grado de actividad.

### **Temperatura de las superficies del local**

El cuerpo humano cuya temperatura es de aproximadamente 37 °C elimina el calor por radiación de acuerdo a lo mencionado anteriormente, cediendo calor a las superficies del entorno del local, cuya temperatura es menor o recibiendo de las superficies más calientes.

Para asegurar el confort, el calor que cede el cuerpo por radiación debe mantenerse dentro de ciertos límites, según la temperatura del aire del local.

Es decir, que las temperaturas de superficies del local deben fijarse de modo de no impedir la necesaria eliminación biológica del calor humano, ni se produzca una aceleración dado que ello puede ser origen de escalofríos

En general, se debe lograr un equilibrio entre dichas temperaturas superficiales y la temperatura del aire del local.

### **Humedad relativa**

Dijimos que una forma de eliminación del calor del cuerpo humano se efectúa por evaporación a través de la piel. Como dicha evaporación se favorece con una humedad relativa baja y se retarda si es alta, el porcentaje de humedad relativa juega un papel importante en las condiciones de confort del local. Pueden establecerse como límites de dicha humedad relativa entre 30 y 70 %, considerándose como valor óptimo en verano como en el invierno un 50 %.

En efecto, si la humedad relativa disminuye un 30 %, se provoca resecaamiento de las mucosas respiratorias, y si se supera el 70 %, por el contrario, se produce sensación de pesadez, dificultándose la función respiratoria pulmonar, afectando, además, al propio local en cuanto a pinturas y muebles.

### **Movimiento del aire**

El movimiento del aire sobre el cuerpo humano incrementa la disipación de calor y humedad de la transpiración. Un movimiento de aire alto aumenta excesivamente esa disipación, dando en verano una sensación de frescura, tal caso de la utilización de los ventiladores de aire portátiles, cuando la temperatura del local es elevada.

Sin embargo, si la temperatura de local es más baja, dicha velocidad es molesta, provocando problemas e inconvenientes a las personas.

En general suele considerarse en la zona de permanencia de las personas cierta velocidad, pequeña, de alrededor de 5 a 8 m/min., pudiéndose admitir en verano hasta 12 m/min.

Cabe consignar que siempre es deseable una leve brisa dado que el aire estanco es sumamente desagradable, originando en las personas sensación de encierro.

Otro de los factores importantes que influyen en el grado de confort es una adecuada ventilación del local para mantener cierto tenor de pureza del aire, evitando olores y su viciamiento.

La composición química y física del aire comprende un determinado número de elementos que entran en juego para lograr esa pureza.

La disminución de la proporción de oxígeno, así como el aumento del anhídrido carbónico son causas importantes de viciamiento.

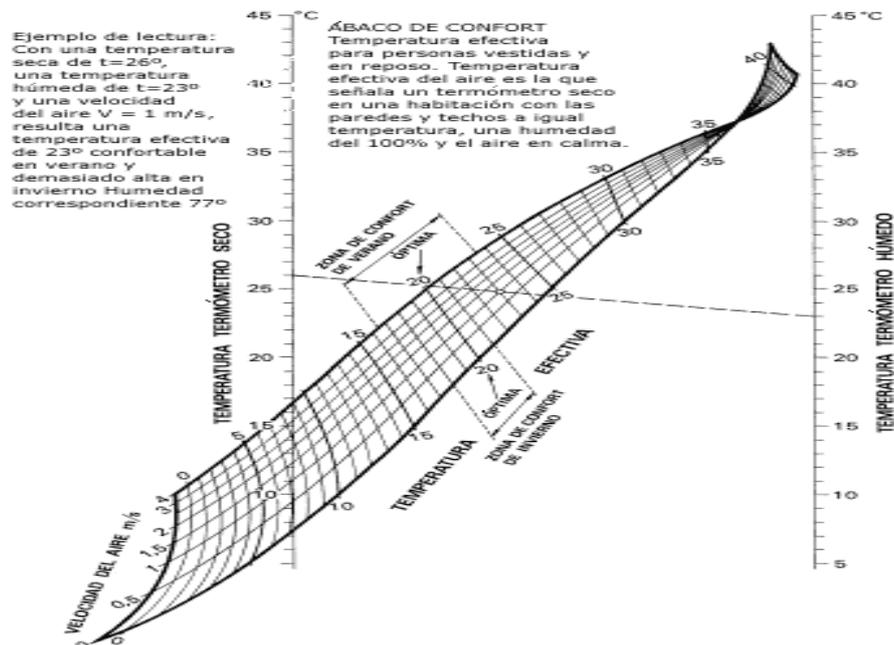
La eliminación de las partículas sólidas en suspensión o polvo es otro de los factores determinantes, no solo para el bienestar, sino para la salud de las personas, así como la suciedad de los equipos de aire acondicionado o los locales.

Por último, deben mencionarse los humos o productos de combustión que necesariamente deben eliminarse al exterior, evitando que contaminen el aire ambiental.

**Diagrama de confort y temperaturas efectivas**

Para establecer una relación entre las distintas condiciones psicométricas y el grado de confort o bienestar humano, la ASHVE ( Sociedad Americana de Calefacción y Ventilación ), con la colaboración de varias entidades oficiales y universitarias de los Estados Unidos, efectuó en el curso de varios años miles de experiencias sobre las reacciones de distintas personas sometidas a diferentes condiciones de temperatura, humedad y movimiento de aire (ver figura 1.3.1.)

Los resultados estadísticos de estas investigaciones se han sintetizado en un diagrama llamado de *confort y temperaturas efectivas*.



**Figura 1.3.1**

El diagrama de confort indica, conociendo la  $T_{BS}$  y  $T_{BH}$  de un ambiente determinado, el porcentaje de humedad relativa, la temperatura efectiva y que porcentaje de personas se siente confortable, ya sea invierno o verano.

Concepto de temperatura efectiva: el conjunto de las líneas de temperaturas efectivas ( $t_e$ ), representa una escala empírica establecida por la ASHVE para condiciones de igual reacción humana, bajo distintas condiciones de humedad y suaves movimientos de aire. Se puede definir entonces la temperatura efectiva como un índice compuesto que expresa en un solo valor los tres factores de temperatura, humedad y leve movimiento de aire que produce igual sensación térmica.

Es decir que cada  $t_e$  establece una serie de condiciones.

**Limitaciones de ábaco de confort**

Aunque el ábaco de confort es muy útil para la resolución de los problemas de diseño, se lo debe utilizar con sumo cuidado.

Las hipótesis con que ha sido construido son las siguientes:

- a) Los individuos vestidos normalmente para vida interior.
- b) Los individuos ocupados en actividades poco ligeras: lecturas, trabajos de oficina, paseos ocasionales por la habitación.
- c) Movimiento del aire pequeño hasta 8 m/min. Si las velocidades en la zona de permanencia aumenta mucho, el ábaco no tiene aplicación, produciéndose una disminución apreciable en la temperatura efectiva.
- d) No se tiene en cuenta los efectos de radiación que a menudo son muy significativos, por efecto de una pared fría en invierno o caliente en verano. El ábaco tiene validez para temperaturas de superficies similares prácticamente a las del aire ambiente.
- e) Los valores del ábaco se refieren a períodos de permanencia prolongados dentro la habitación; cuando la permanencia es breve el factor decisivo puede ser no provocar bruscos descensos de temperaturas que pueden afectar al individuo.

**Estudio de las Cargas de acondicionamiento**

Se entiende como carga de acondicionamiento la cantidad de calor que hay que extraer en verano o incorporar en invierno para producir y mantener en el espacio acondicionado ciertas temperaturas y humedad prefijadas, cuyo cálculo determinará las características y dimensiones de la instalación.

Las cargas de acondicionamiento pueden clasificarse en dos partes fundamentales:

- ✓ Carga de refrigeración de verano.
- ✓ Carga de calefacción en invierno

El análisis de la carga de calefacción es más sencillo que el que corresponde al de verano, efectuándose el estudio por separado al tratar los sistemas de calefacción.

### **Carga de refrigeración de verano**

#### Unidades.

Las unidades que se utilizan en la práctica en refrigeración son las siguientes:

- Frigoría/hora: es la unidad equivalente a Kcal./hora, pero de sentido opuesto. En la práctica, para realizar los cálculos de las cargas de refrigeración en verano se analiza la cantidad de calor que el espacio por acondicionar gana o recibe en Kcal./hora. A estos cálculos por ello se llama de ganancia de calor.
- Una vez determinada la ganancia de calor en Kcal./hora se especifica entonces el equipo acondicionador en Frigorías/hora, por supuesto con el mismo valor absoluto.
- Tonelada de refrigeración: la unidad corriente para medir la capacidad frigorífica de un equipo de aire acondicionado de cierta envergadura es la tonelada de refrigeración.
- Se define la tonelada de refrigeración como:

$$\mathbf{1 \text{ tonelada de refrigeración} = 3.000 \text{ frigorías/hora}}$$

### **Clasificación de las cargas de acondicionamiento**

Las cargas de acondicionamiento de verano pueden clasificarse de la siguiente manera:

#### *POR LA FUENTE*

1. Externas

Cuando las ganancias de calor provienen del exterior, por ejemplo:

- Transmisión de calor: a través de los parámetros y techos, debido a la diferencia de temperatura entre el aire exterior y el interior
- Efecto solar: sobre ventanas con ganancia instantánea de calor en el local, y la acción retardada de pasaje de calor solar sobre muros y techos.

2. Internas

Cuando las ganancias de calor provienen de interior del local.

- Personas: disipan calor sensible y latente.
- Iluminación: las fuentes de iluminación generan calor.
- Otras fuentes: aparatos eléctricos, motores, etc.

3. Ventilación

- Ganancia de calor sensible y latente proveniente del aire exterior que debe ser compensado con el equipo de aire acondicionado. No representa una carga para el local propiamente dicho, salvo casos especiales.

**POR LA FORMA**

1. **Calor sensible:** es el que al penetrar en el espacio acondicionado produce en él un aumento de temperatura. Todas las fuentes indicadas precedentemente aportan calor sensible en el local.
2. **Calor latente:** es el que se aporta en forma de vapor de agua, no produciendo aumento de temperatura del local.  
Las personas aportan calor latente al espacio por efecto de la transpiración y la respiración.  
Todo elemento en el interior del local que aporte humedad o vapor de agua origina una fuente de calor latente que hay que considerar en los cálculos.  
El aire exterior también aporta calor latente en forma de vapor de agua, debido a que en general es más húmedo que el interior. Sin embargo, esta fuente la extrae el equipo directamente, no siendo una carga específica para el local.

**Variabilidad de las cargas de aire acondicionado**

El criterio para seleccionar el tamaño o capacidad de la instalación consiste en estimar las cargas de acondicionamiento en la condición crítica de diseño.

Las cargas de refrigeración varían mucho durante el día y dependen fundamentalmente de las condiciones exteriores, por lo que un cálculo, efectuado correctamente, requiere estimar las ganancias de calor a distintas horas, con el objeto de determinar sus variaciones, y en qué momento se produce esa condición más desfavorable.

Sin embargo, la carga máxima de refrigeración necesaria para el edificio generalmente no se produce en el momento que recibe más calor, sino un cierto tiempo después.

En efecto, en general la masa del edificio, por su propia inercia, permite almacenar durante el lapso de algunas horas el calor exterior, amortiguando de esa manera las condiciones exteriores más críticas.

El calor se transmite a través de muros, techos, etc., requiere cierto tiempo en propagarse al interior del edificio, lo que debe tenerse en cuenta en los cálculos

Esta inercia en los edificios se denomina *efecto volante* o *efecto de almacenamiento*.

En algunos casos particulares suele aprovecharse este efecto, para diseñar un equipo más económico, menor que la carga máxima, pero que trabajará la mayor parte del día, lo que permite un subenfriamiento del edificio cuando las condiciones de cargas exteriores no son rigurosas, contrarrestando así los picos máximos que se producen.

**Condiciones exteriores del cálculo**

Las condiciones exteriores por adoptar en el cálculo, no deben coincidir con las máximas registradas en la localidad, puesto que ellas, temperatura de bulbo seco, humedad relativa, se presentan pocos días en la estación y son de corta duración por lo que no se justifica su adopción como base para determinar la capacidad de la instalación.

El criterio general es promediar las condiciones exteriores que ocurren en un gran número de años y excluir los valores extremos.

Para *Mar del Plata*, generalmente se fija como condiciones exteriores de cálculo de verano:

**33.2 °C y 73 H<sub>R</sub>**

En invierno se considera que la condición de cálculo para la ciudad de *Mar del Plata* más aceptable es:

**-0.2 °C y 84 H<sub>R</sub>**

Los datos climáticos de la ciudad de Mar del Plata se consideran en el sector del Aeropuerto local. Datos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional dependiente de la Fuerza Aérea Argentina.

### **Variación diaria de temperatura**

En invierno puede considerarse que la temperatura exterior de proyecto se mantiene *constante durante todo el día*, sin errores apreciables.

En verano, en cambio, las variaciones de temperatura diaria son más pronunciadas. En efecto se producen entre las 15 y 16 horas según la latitud, pero en horas de la noche ellas son menores.

### **Ventilación**

En un ambiente cerrado, el aire sufre ciertos cambios físicos y químicos producidos por los ocupantes: se reduce el contenido de oxígeno mientras que aumenta el de anhídrido carbónico, debido a los procesos respiratorios, transpiración, etc.

En general, la temperatura se eleva por procesos metabólicos y la humedad se incrementa por el vapor de agua entregado por la piel y respiración.

Por lo expuesto, es necesario en toda la instalación de climatización aportarle cierta cantidad de aire exterior que, evidentemente dependerá del número de personas que están en el ambiente y del tipo de ocupación y trabajo que allí realizan.

## **1.3.1 Carga externas**

### **1. Transmisión de calor**

La cantidad de calor que atraviesa los distintos elementos del contorno de un local, está dado por la ecuación fundamental de transmisión de calor, es decir:

$$Q = K \cdot A \cdot (t_e - t_i)$$

Donde:

- Q: cantidad de calor que gana el elemento considerado en verano ( Kcal./h )
- A: área transversal del elemento ( m<sup>2</sup> )
- K: coeficiente de transmitancia total ( Kcal./h m<sup>2</sup> °C )
- t<sub>e</sub>: temperatura del aire exterior ( °C )
- t<sub>i</sub>: temperatura del aire interior ( °C )

En el caso del análisis de la transmisión de calor para verano el problema es más complejo que en invierno, porque deben tenerse en cuenta estos dos factores:

- 1) En verano la *variación diaria de temperatura* es mucho más pronunciada que en invierno. En invierno, generalmente, la condición de diseño exterior más desfavorable se considera constante durante todas las horas del día.
- 2) En invierno se desprecia la *radiación solar*, puesto que representa un beneficio en la instalación, mientras que en verano es necesario tenerla en cuenta, ya que su influencia en los cálculos es muy importante.

### Radiación solar

El efecto de la radiación solar, según sus características físicas, puede ejercer acciones muy diversas sobre los cuerpos en los que incide según su longitud de onda.

Así se puede mencionar:

- 1) Rayos químicamente activos ( longitud de onda menor que  $0.4 \mu$  )
- 2) Rayos visibles o luminosos (longitud de onda ente  $0.4$  y  $0.75 \mu$  )
- 3) Rayos infrarrojos ( longitud de onda mayores de  $0.75 \mu$  )

Solo los rayos de la zona 2 son perceptibles y corresponden a la parte visible del espectro solar. Los rayos invisibles de la zona 1 y 3 se denominan ultravioletas o infrarrojos, respectivamente.

La energía de todos los rayos puede convertirse en calor. En el límite de la atmósfera, la intensidad de radiación sobre una superficie perpendicular a la dirección de los rayos (superficie normal) es en promedio de  $1.353 \text{ KW/m}^2$ , valor que se denomina *constante solar*.

No obstante, al atravesar la atmósfera esa radiación se va debilitando debido a dos causas:

- a) Las moléculas gaseosas y partículas de polvo reflejan en los rayos, dispersándolos en todas direcciones ( reflexión difusa )
- b) El vapor de agua y anhídrido carbónico del aire *absorben* los rayos de una determinada longitud de onda.

Otro factor que interviene es la distancia que deben recorrer los rayos a través de la atmósfera.

El camino es más largo cuanto más bajo está el Sol, y, por ello, la intensidad de radiación sobre la superficie terrestre varía constantemente con la altura del Sol en el curso del día como del año, así como en la latitud del lugar.

Existen tablas prácticas que dan los distintos valores de  $I$  (intensidad solar) para diversas latitudes, variables con la hora del día y posición de las superficies en  $\text{Kcal./h. m}^2$

Por lo tanto, como consecuencia de la radiación difusa, de la absorción de rayos y de la distancia, una superficie normal cerca del suelo sólo recibe una parte de la radiación solar eficaz en el límite de la atmósfera.

## 1. Flujo de calor a través de paredes y techos

### a) Paredes y techos exteriores

El cálculo teórico exacto de la cantidad de calor transmitido en estos casos es sumamente complicado. Los factores principales que intervienen son los siguientes:

- Tipo y espesor de los distintos elementos.
- Orientación y latitud del lugar.
- Día y hora en que se produce.
- Color y característica de la superficie expuesta.
- Variación diaria de la temperatura exterior del aire.
- Velocidad del aire exterior.
- Ubicación de edificios próximos en cuanto al reflejo y sombras que proyectan.
- *Coficiente de retardo*, se produce debido a que las ganancias de calor solar son variables y la inercia térmica de la masa del elemento hace que acumule calor, el cual es difundido al ambiente con cierto desfase y que hace incluso penetrar calor solar al ambiente, aunque ya la radiación solar haya cesado.

La dificultad de obtener todos los datos necesarios y suficientemente exactos para la ejecución de cálculos, entorpece la solución puramente matemática del problema que, por otra parte, llevaría a ecuaciones sumamente complicadas para la aplicación práctica. Para obviar estos inconvenientes se ha efectuado cuidadosos y completos experimentos prácticos en laboratorios de investigación, mediante los cuales se han confeccionado tablas y establecido coeficientes que, con suficiente aproximación, permiten realizar rápidamente los cálculos.

Para ello se utiliza la *diferencia de temperatura equivalente* en la cual se tiene en cuenta todos los factores que influyen en la entrada de calor por las paredes y techos, como ser la curva diaria de variación de temperatura exterior, la intensidad de radiación variable con la latitud, orientación y la hora del día, así como el *retraso* del pasaje de calor.

De esa manera, se simplifica notablemente el cálculo, aplicándose entonces la misma forma de ecuación fundamental de la transmisión, o sea:

$$Q_t = K \cdot A \cdot (\Delta t)$$

Entonces, los elementos son los mismos, pero en este caso  $\Delta t$  representa la *diferencia equivalente de temperatura*.

### b) Paredes y techos interiores

En este caso se puede aplicar la fórmula de la transmisión, por lo que entonces debe considerarse el salto térmico entre la temperatura del aire a ambos lados del elemento considerado.

Para los cálculos prácticos puede suponerse que un local no acondicionado se encuentra a una temperatura de alrededor de 3 a 5 °C *menos que la del aire exterior*.

## **2. Flujo de calor a través de vidrios**

En este caso no existe ningún retardo o inercia térmica como en el caso anterior. Entonces es necesario analizar en forma independiente la cantidad de calor que penetra por transmisión y por radiación solar.

Así puede establecerse:

$$Q_T = Q_t + Q_s$$

Donde:

- $Q_T$ : cantidad de calor total que pasa ( Kcal./h ).
- $Q_t$ : Cantidad de calor por transmisión ( Kcal./h ).
- $Q_s$ : Cantidad de calor por radiación solar ( Kcal./h ).

### **a) Cantidad de calor por transmisión**

Este valor se obtiene por medio de la fórmula de transmisión de calor.

$$Q_q = K \cdot A \cdot (t_e - t_i)$$

Debe recordarse que en este caso  $t_e$  es la temperatura del aire exterior, que es variable según la hora considerada del día.

### **b) Cantidad de calor por radiación solar**

En este caso, sólo una pequeña parte del calor de radiación solar es absorbido por el cristal transparente, por lo que puede suponerse que prácticamente toda la cantidad de calor por radiación atraviesa el vidrio.

Estos rayos solares penetran instantáneamente, pudiéndose aplicar la siguiente ecuación:

$$Q_s = A \cdot I \cdot c$$

Donde

- $Q_s$ : cantidad de calor por radiación solar ( Kcal./h )
- $A$ : área expuesta al sol ( m<sup>2</sup> )
- $I$ : intensidad de radiación solar ( Kcal./h.m<sup>2</sup> )
- $c$ : coeficiente de corrección, teniendo en cuenta la protección que tiene la ventana.

Debe efectuarse la aclaración de que el vidrio tiene la propiedad de transmitir las radiaciones de una fuente de alta temperatura (por ej.: el SOL) y de absorber casi completamente las radiaciones de las fuentes de baja temperatura, tal como la de los muebles o los ocupantes del edificio.

El vidrio, entonces, funciona como trampa de calor, dado que la radiación solar de pequeña longitud de onda y alta frecuencia pasa a su través, mientras que la radiación de gran longitud de onda y baja frecuencia como las emitidas en el interior de un edificio no pasan al exterior.

Desde el punto de vista de las cargas de aire acondicionado esto es desfavorable en verano, pero muy conveniente en invierno.

Si una ventana tiene un toldo, una cortina, o está completamente a la sombra de otros edificios o árboles, la cantidad de calor que entra en el local se reduce considerablemente.

Las cortinas o las persianas americanas interiores retardan el efecto de la radiación solar, pero no son tan efectivas como los toldos o las persianas exteriores.

### **1.3.2 Cargas internas**

#### **1) Carga debida a los ocupantes**

La cantidad de calor cedido por una persona depende de su tamaño y del grado de actividad muscular, además de otros factores.

El cuerpo humano produce calor que es disipado al aire que lo rodea como calor sensible y calor latente.

La disipación de calor de una persona media de 70 Kg. Y 1.75m. de altura puede estimarse, para una temperatura del aire de 25 °C, según lo establece el cuadro adjunto.

Grado de actividad	Kilocalorías / hora	
	Sensible	Latente
Sentado en reposo	55	35
Sentado y trabajo muy liviano	55	45
Trabajo de oficina con cierta actividad	55	60
Trabajo liviano	60	80
Trabajo pesado	80	160
Trabajo muy pesado	120	260

Es evidente que aumentando el grado de actividad aumenta fundamentalmente la cantidad de calor latente disipado, debido a la evaporación del cuerpo humano.

#### **2) Disipación por artefactos eléctricos**

El calor proveniente de las lámparas y motores eléctricos es totalmente sensible, salvo casos excepcionales como secadores de ropa, máquinas de café, etc., que producen a su vez calor latente.

### **1.4 Determinación del caudal de aire de circulación en el sistema de aire acondicionado**

El caudal de aire de circulación en el sistema de aire acondicionado es un valor muy importante, dado que basándose en él se calcula los conductos rejas y demás elementos de la instalación. Se determina mediante la siguiente fórmula práctica:

$$C = \frac{Q_{sl}}{17 \cdot (t_a - t_l)} \quad (\text{m}^3 / \text{min.})$$

Donde:

- C: caudal de aire en circulación (m<sup>3</sup> /min.)
- Q<sub>si</sub>: total de calor sensible en el interior del local, o sea, suma de las ganancias sensibles externas por transmisión y las internas por personas, artefactos, etc., en Kcal./h.
- 17: valor constante para los casos más comunes. Se tiene en cuenta el peso y calor específico del aire y un factor de cambio de unidades.

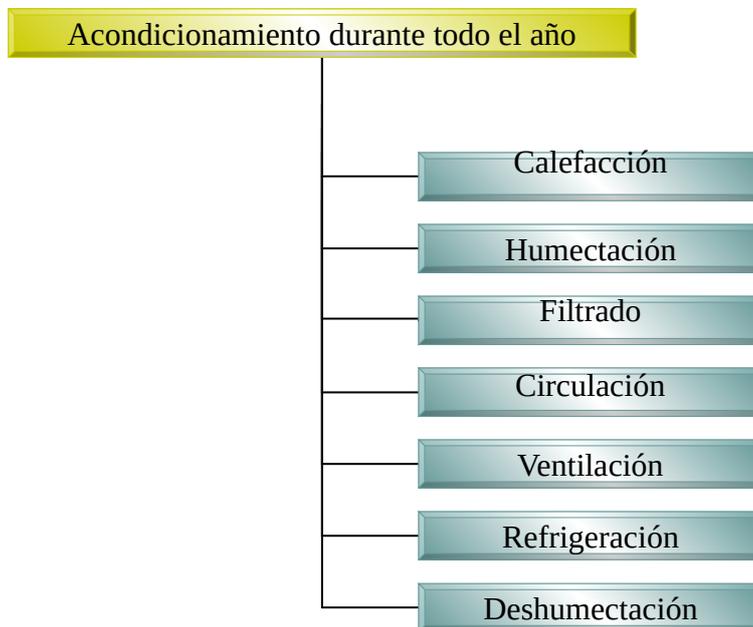
## CAPITULO 2: INTRODUCCION

### 2.1 Definición de Aire acondicionado

El Instituto Argentino de Electricidad Aplicada define el aire acondicionado de la siguiente manera:

“Resultado de la combinación en grado adecuado, bajo control automático y si ruidos molestos de las funciones que se especifican seguidamente: Para proporcionar en verano, invierno o durante todo el año, la atmósfera interior más saludable, y confortable para la vida de la personas y el mejoramiento de los distintos procesos industriales.”

Estas funciones son las siguientes:



Las funciones utilizadas para invierno son: calefacción, humectación, filtrado, circulación y ventilación.

Las funciones utilizadas para verano son: filtrado, circulación, ventilación, refrigeración y deshumectación.

Debe agregarse a esa definición que dichas funciones deben lograrse con el *máximo aprovechamiento de la energía*.

En invierno, si se calienta el aire sin agregarle humedad, la humedad relativa disminuye, provocando el resecaimiento de las mucosas respiratorias con las consiguientes molestias fisiológicas.

En verano sucede lo contrario, si no se procede a sacar humedad al aire, el porcentaje de humedad relativa aumenta en forma considerable, provocando sensación de molestia y pesadez.

Las funciones comunes serían el filtrado, la ventilación y la circulación.

El *filtrado* consiste en tratar el aire mediante filtros adecuados a fin de quitarles el polvo, impurezas y partículas en suspensión. El grado de filtrado necesario dependerá del tipo de instalación de acondicionamiento por efectuar.

La *ventilación* es una función muy importante. Como resultado del proceso respiratorio, se consume oxígeno y se exhala anhídrido carbónico, por lo que debe suministrarse siempre aire nuevo a las habitaciones para evitar que se produzcan viciamiento y se acumulen olores.

La *circulación* se refiere a que es necesario un cierto movimiento de aire con el fin de evitar su estancamiento. Siempre es necesario un leve movimiento del aire en la zona de permanencia, sin que se produzcan corrientes enérgicas que son perjudiciales.

## 2.2 Descripción de los sistemas de refrigeración por compresión.

### 2.2.1 Ciclo frigorífico

Los componentes del sistema son:

- ✓ El compresor
- ✓ El condensador
- ✓ El dispositivo de control de flujo o expansión.
- ✓ El evaporador.

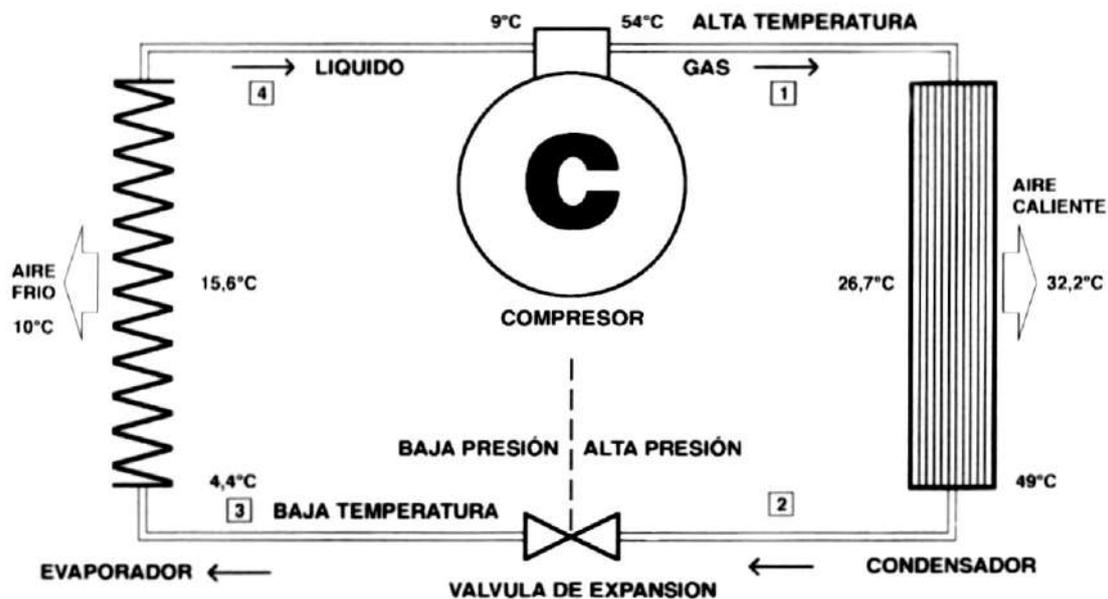


Fig. 2.2.1

El ciclo completo de refrigeración tiene otros componentes adicionales, como por ejemplo válvulas, controles y cañerías.

En la figura 2.2.1 se muestra el ciclo de refrigeración por compresión con los componentes básicos y donde, intervienen dos fenómenos:

1. Al *evaporarse* un refrigerante líquido absorbe calor, fenómeno que hace bajar la temperatura del agua o del aire.

2. Al *condensarse* el vapor refrigerante cede calor, que eleva la temperatura del agua o del aire.

El ciclo de refrigeración en sus varias etapas se puede observar de dos formas:

1. Los cambios de presión de refrigerante.
2. Los cambios de temperatura del refrigerante.

Se indican en la figura 2.2.1, las temperaturas típicas para el acondicionamiento de aire. El fluido refrigerante circula a través de la tubería en un ciclo cerrado, en la dirección indicada.

Hay cuatro cambios de estado de refrigerante que se efectúan a través de los siguientes pasos:

### **PASO 1-2**

El gas sobrecalentado entra en el compresor a través de la válvula de aspiración.

El refrigerante comprimido sale del compresor en estado gaseoso con alta temperatura y presión (1).

La válvula de salida impide que vuelva a entrar en el compresor el gas comprimido.

Para cambiar al estado líquido, se le debe eliminar calor, esto se logra en un intercambiador de calor que se llama condensador.

El refrigerante fluye a través de la cañería al condensador, el medio condensador (aire o agua) absorbe calor, y el refrigerante se condensa y pasa a la forma líquida (2).

### **PASO 2-3**

En el punto (2), el refrigerante se encuentra en estado líquido a una presión y temperatura relativamente alta.

Pasa a (3) a través de una restricción, que se llama dispositivo o válvula de expansión.

Acciona como regulador de los límites de alta y baja en que actúa el evaporador. El refrigerante pierde presión al pasar por la expansión. La presión en (3) es tan baja, que hierve y se evapora, pasando al estado gaseoso.

Para evaporarse debe ganar calor que toma de la parte de refrigerante que no se evaporó, y así se enfría la mezcla, produciendo la baja temperatura en (3).

### **PASO 3-4**

El refrigerante pasa a través de un intercambiador de calor llamado evaporador.

Circula por la serpentina en contacto con el aire a enfriar, que está a una temperatura mayor que el refrigerante, y por lo tanto se transfiere calor desde el mismo produciéndose el efecto de enfriamiento deseado.

Para cuando sale del evaporador (4) está vaporizado por completo.

Cuando el fluido a refrigerar es el aire, el contenido de agua que pierde es recolectado sobre la superficie fría del evaporador y drenado a un desagüe, deshumidificando el aire del ambiente.

### **PASO 4-1**

Al salir del evaporador, el refrigerante es un gas a baja temperatura y baja presión.

Para poder volver a usarlo y tener la continuidad del ciclo, se debe aumentar la presión del refrigerante en estado gaseoso, que es la función del compresor reiniciándose el ciclo.

**2.2 Consideraciones para la elección del sistema de acondicionamiento**

El sistema debe integrarse dentro del edificio al cual sirve y satisfacer a la carga instantánea máxima, siendo capaz también de trabajar en condiciones de carga parcial. El dictamen general debe considerar:

 Carga térmica	➤ Espacio (local) o edificio	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Objeto</li> <li>▪ Situación</li> <li>▪ Orientación y formas</li> </ul>
	➤ Concurrencia de las condiciones externas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Temperatura</li> <li>▪ Humedad</li> <li>▪ Viento</li> <li>▪ Exposición al sol</li> <li>▪ Sombras</li> </ul>
	➤ Diversidad de la carga interna	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ocupantes</li> <li>▪ Iluminación</li> <li>▪ Otras fuentes de calor</li> </ul>
 Espacio e integración estética	➤ Aspectos físicos del espacio o edificio a que ha de adaptarse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Equipo</li> <li>▪ Sistema</li> <li>▪ Funcionamiento equilibrado con carga parcial</li> </ul>
	➤ Expectativas del cliente en cuanto al ambiente deseado.	
 Respuesta al funcionamiento y necesidades de la instalación		
 Capacidad financiera del inversor, y objeto de la inversión.		

**Integración**

Cada espacio (local) o edificio presenta un problema particular que hay que resolver. No existe una solución universal en la selección de un sistema, incluso después de haberse definido, evaluado sus circunstancias físicas y establecidas sus necesidades en cuanto a calefacción y refrigeración

Se debe estudiar la estructura, su conducta en cuanto a su capacidad térmica y la respuesta que, de acuerdo con ella, va a tener el sistema.

Comprender la interacción entre el edificio o espacio acondicionado y las cargas térmicas internas y externas, así como la compensación de estas cargas a través del sistema.

Se debe llegar a la conclusión de que el equipo, los elementos de control y el edificio forman un conjunto indivisible cuya acción debe coordinarse para conseguir el éxito de la instalación.

## 2.4 Bases para la elección del sistema de acondicionamiento

Por la forma en que se agrupan los componentes del *ciclo de refrigeración*, tomamos el *compresor*, el *condensador* y el *evaporador*, considerando sus distintas formas de agruparse para componer el sistema a partir de dos grandes grupos:

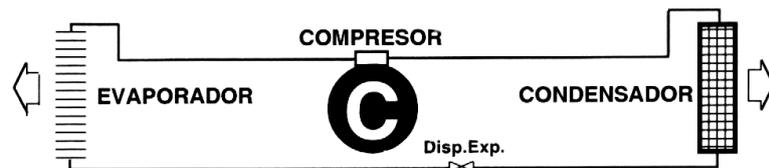
- ✓ Expansión directa.
- ✓ Expansión indirecta.

### 2.4.1 Sistemas por expansión directa

Se llama de expansión directa al sistema en el cual la expansión del refrigerante se realiza directamente sobre el aire del recinto, acondicionándolo. El proceso se realiza con un solo circuito de fluidos.

#### EXPANSION DIRECTA

El refrigerante enfría el aire del ambiente

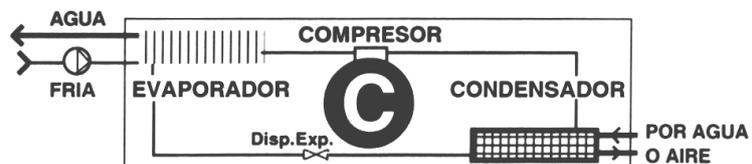


### 2.4.2 Sistemas por expansión indirecta

Están incluidos en este grupo los sistemas que en sus diagramas de flujos conforman dos circuitos. Uno el realizado dentro de la planta central, para el tratamiento del fluido refrigerante o calefactor. El segundo es el que se traza desde la planta central con agua fría o caliente a las unidades terminales ubicadas en los recintos a acondicionar.

#### EXPANSION INDIRECTA

El refrigerante enfría agua que se envía a equipos terminales



## 2.5 Sistemas de acondicionamiento adaptables a las necesidades del anteproyecto.

### 2.5.1 Sistema con distribución por conductos y condensación por agua.

Los sistemas centrales, poseen la distribución desde el equipo autocontenido a los distintos locales.

Estos equipos son aptos para ser colocados en el interior, donde la condensación se produce a través de una torre de enfriamiento ubicada en el exterior.

**El sistema funciona de la siguiente manera:**

En el ciclo de refrigeración, el compresor envía el gas a alta temperatura y presión al condensador. En el condensador se le baja la temperatura al gas transformándolo en líquido por el intercambio de calor con agua fría. En el intercambiador, el agua absorbe el calor llegando a elevar su aproximadamente a unos 15°C en relación a la temperatura de bulbo húmedo exterior.

La torre de enfriamiento se ocupa de bajar la temperatura del agua, para que esta sea nuevamente utilizada como medio refrigerante del condensador.

Luego de ser transformado el gas en líquido en el condensador, el refrigerante pierde presión al pasar por la válvula de expansión. Esta presión es tan baja que el refrigerante hierve y se evapora pasando al estado gaseoso (a muy baja temperatura).

El refrigerante circula por el evaporador donde enfría el aire que pasa a través del mismo. El aire frío es transportado por medio de conductos hacia los ambientes deseados.

Un sistema moderno llamado VAV (volumen de aire variable), consiste en colocar persianas en posiciones estratégicas dentro de los conductos de alimentación comandadas eléctricamente por medio de la señal de un termostato ambiente que regula la apertura de las mismas en función al requerimiento del o los locales a acondicionar.

**2.5.2 Sistema de acondicionamiento por condensación de agua**

**Sistema Mixto**

En los sistemas mixtos la producción del agua caliente o fría se realiza en una sala de máquinas para ser impulsado mediante bombas a los equipos terminales donde el fluido transfiere su carga térmica al aire que es inyectado al local acondicionado.

La producción de agua fría se realiza en una unidad de enfriamiento completo armada por el fabricante, que lleva el nombre de máquina enfriadora de líquidos. Estas unidades armadas y probadas en fábrica entregan agua enfriada a una temperatura aproximada de 7 °C.

Luego una bomba impulsa el agua fría de un circuito que tiene válvulas de corte, válvulas de control y pasa por el serpentín de enfriamiento del equipo acondicionar de aire. El calor que absorbe el serpentín de enfriamiento calienta el agua aproximadamente 5°C a plena carga, con una temperatura del agua fría de retorno de 12 °C. Los condensadores de estas máquinas son enfriados por agua realizando el intercambio en una torre de enfriamiento, colocada en la azotea.

La producción de agua caliente se realiza mediante una caldera utilizando las mismas cañerías y bombas del sistema de frío.

Este sistema permite equipos terminales individuales, para cada local o equipos zonales que mediante conductos pueden abastecer zonas diferenciadas. El sistema mixto de unidades ventilador-serpentina, permite reemplazar las grandes secciones de conductos de aire del sistema central por las pequeñas dimensiones de las cañerías de agua. Estos sistemas son aplicables en los edificios de muchas habitaciones, como Hoteles, oficinas y consultorios.

Los sistemas mixtos permiten una mejor respuesta térmica a las necesidades del local, y también, la zonificación más adecuada, actuando con termostatos de ambiente o sistemas programados.

### **Equipos individuales ventilador – serpentina (Fan-Coil)**

Son la respuesta más adecuada para un edificio de pequeños ambientes y flexibilidad de uso. El agua tratada en la sala de máquinas, pasa a través de la serpentina de un equipo terminal, y transfiere su calor o frío al aire del local.

El equipo de encendido manual permite actuar sobre el ventilador de impulsión del aire generalmente de tres velocidades. La temperatura de la habitación se controla por medio de una válvula de agua situada en la entrada de la serpentina.

Colocados bajo ventanas, su tiro de aire vertical ataca como barrera térmica la principal fuente de pérdidas y ganancias de calor.

La unidad esta formada por una sección ventiladora y una serpentina con aletas por donde pasa el agua tratada. El ventilador produce la circulación del aire del local para que en contacto con el serpentín, el agua toma el calor (o frío) del local. Es adecuado colocar bombas recirculadoras para favorecer el circuito además de los controles y reguladores imprescindibles para un correcto funcionamiento.

Este sistema de acondicionamiento es fácil y simple de instalar, esta cualidad en gran medida la poca o nula utilización de conductos. Dentro de las ventajas que este sistema ofrece, podemos mencionar la regulación automática o manual, independiente en cada artefacto. En instalaciones de cierta envergadura puede regularse el caudal de agua tratada y de retorno mediante válvula de tres vías o termostáticas de dos.

Sin embargo, estas unidades presentan las siguientes desventajas, el mantenimiento deberá ser constante y puede ser oneroso debido a la gran cantidad de ventiladores, serpentines, filtro, que posee el sistema. El sistema debe disponer de una conexión al sistema de desagüe cloacal, para la eliminación del agua de condensación, producida en el pasaje del aire por la serpentina evaporadora en el ciclo de verano.

### **2.5.3 Sistema de Volumen de Refrigerante Variable (VRV)**

Es un sistema por expansión directa, que cuenta con una unidad exterior, varias unidades interiores, y entre ambas un controlador que cumplen las necesidades de las unidades interiores que se encuentran en cada local.

Posee una flexibilidad en la capacidad de las unidades interiores, con la ventaja de que la unidad exterior suministrará la capacidad requerida por cada unidad interior, permitiendo así el acondicionamiento individual de los locales.

Este sistema funciona y se instala básicamente de la misma manera que un sistema de acondicionamiento tradicional. La distribución de la cañería de refrigerante se realiza mediante derivadores con forma de “Y” o “colectores de cuatro u ocho salidas”.

A diferencia de los sistemas tradicionales, la unidad exterior posee compresores de alto rendimiento y control de la capacidad por variación de la velocidad del mismo (por variación de frecuencia).

Hay diferentes tipos de unidades interiores (cassette de una, dos o cuatro vías, de pared, de piso y por conductos de diferentes capacidades) que se adaptan a las necesidades de cada proyecto.

Poseen múltiples combinaciones de control, estos pueden ser individuales, grupales o un control centralizado.

Este sistema posee grandes ventajas para mencionar:

- Instalación más compacta, con una extensión de cañería de hasta 175 metros, con una gran flexibilidad de aplicación.
- Unidades exteriores de pequeñas dimensiones para cargas frigoríficas equivalentes.
- Ahorro de energía.
- Posibilidad de conectar hasta 48 unidades interiores por cada unidad exterior.

## **2.6 Elección del sistema de acondicionamiento**

De los sistemas de acondicionamiento mencionados anteriormente, el sistema que mejor se adapta en cuanto a la estructura del proyecto, facilidad de montaje e instalación, unidades interiores adaptables a cada ambiente, sistema de control inteligente e innovación tecnológica tanto en el control de las unidades, como en la utilización de refrigerante ecológico (R410A).

Este sistema es el llamado *S-MMS (Super Modular Multi System)* y es un sistema del tipo *VRV (Volumen de Refrigerante Variable)*.

Este sistema ofrece una serie de ventajas respecto a otros sistemas alternativos, como por ejemplo:

- ✓ El dimensionamiento de la instalación se realiza teniendo en cuenta las condiciones específicas de cada caso a acondicionar. Este sistema se adapta perfectamente a la demanda térmica del edificio.
- ✓ Estos sistemas incorporan compresores de tipo Scroll de altas prestaciones que permiten una mejor regulación y una modulación entre el 10% y el 100% de la capacidad frigorífica de la unidad exterior.
- ✓ El sistema de transmisión de caudales de refrigerantes, las cañerías de instalación pueden tener una extensión o longitud total de hasta 300 metros lineales y una longitud máxima de 150 metros lineales (175 metros de longitud equivalente) entre la unidad exterior y la unidad interior más lejana.
- ✓ Utiliza refrigerante ecológico R410A.
- ✓ Elasticidad máxima a la hora de escoger las unidades interiores en función a las necesidades (cassette de una, dos o cuatro vías, de pared, de piso y por conductos de diferentes capacidades).
- ✓ El sistema de control de las unidades interiores se puede realizar mediante controles remotos de cada una de las unidades interiores (estos pueden ser alámbricos o inalámbricos), o mediante una estación centralizada que le permite controlar todas las unidades de los sistemas, tanto en temperatura como velocidad del aire y periodo de funcionamiento. Así mismo, existe también la posibilidad de chequear cada una de las unidades interiores para la información de los técnicos en refrigeración a la hora de una reparación. Por último el ahorro energético es superior a cualquier otro sistema de acondicionamiento, por su flexibilidad (con la posibilidad de trabajar en frío ó calor).

- ✓ Las instalaciones de caudal variable de refrigerante prácticamente no sufren deterioro con el paso del tiempo, es por ello que el mantenimiento es mínimo y se limita en todos los casos a comprobaciones preventivas sobre el desgaste de piezas y limpieza de filtros. (Recordar que los sistemas convencionales como

plantas enfriadoras precisarán un mantenimiento debido a los deterioros sufridos por la corrosión y los sedimentos del agua que afectan fundamentalmente a los grupos de bombeo y a las válvulas).

En estos sistemas, la calefacción se brinda a través del *Ciclo Bomba de Calor*.

A continuación se detallan los beneficios de la utilización de un sistema con bomba de calor y el funcionamiento de la misma.

En los sistemas convencionales de aire acondicionado, el efecto frigorífico es llevado a cabo por equipos que extraen calor del ambiente y lo disipan al exterior mediante ciclos de compresión mecánica que requieren una cierta cantidad de energía, en la mayoría de los casos eléctrica.

El calor necesario para cubrir la demanda de calefacción se produce generalmente en equipos y dispositivos complementarios convencionales que utilizan la combustión de gas o combustibles líquidos y en algunas aplicaciones particulares electricidad (resistencias eléctricas).

En el ciclo bomba de calor el efecto calorífico se produce por la inversión de las funciones de los dispositivos de transferencia de calor de los equipos de compresión mecánica con extracción de calor del exterior para disiparlo en el ambiente mediante el aporte de una cantidad de energía. Es un ciclo inverso al de refrigeración mecánica.

A diferencia de los equipos convencionales no emplea combustión y es mucho más eficiente que la opción de resistencias eléctricas con un consumo energético que es de aproximadamente la cuarta parte del de éstas.

Innumerables razones justifican su desarrollo e implementación. Algunas académicas, otras prácticas y las no menos importantes, económicas, explican la tendencia creciente en su evolución y penetración de mercado según lo indican los índices de referencia relacionados con las potencias pequeñas y medianas.

- ✓ Calidad Ambiental: No hay emisión de productos de combustión a la atmósfera reduciendo el contenido de gases CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> que se vinculan con el efecto invernadero.
- ✓ Mejor Confort: Los niveles térmicos que intervienen en calefacción por bomba de calor son compatibles con los parámetros de confort evitándose sobrecalentamientos excesivos.
- ✓ Menor Inversión Inicial: En diseños todo-eléctrico no se requieren chimeneas, equipos de combustión, equipos y dispositivos complementarios de alimentación y almacenamiento de combustible, ventilación exterior del alojamiento del equipo.
- ✓ Economía Operativa: Las tarifas vigentes de electricidad y gas natural, la eficiencia de los equipos bomba de calor que ofrecen los fabricantes a la fecha, y

el comportamiento particular de la carga térmica justifican, desde el punto de vista económico, la bomba de calor en acondicionamiento de aire en aplicaciones comerciales y residenciales.

- ✓ Menor Costo de Mantenimiento: No existen equipos auxiliares, quemadores, sistemas de encendido ni intercambiadores complementarios con requerimiento

de mantenimiento preventivo o correctivo adicional al equipo de compresión, éste realiza las dos funciones frío-calor con el único agregado de una válvula inversora.

## CAPITULO 3 PROCEDIMIENTO DE CALCULO DE LA CARGA TERMICA VERANO-INVIERNO

### 3.1 Condiciones de diseño

#### 3.1.1 Condiciones exteriores de diseño

A partir de conocer la ubicación del edificio a acondicionar en la ciudad de Mar del Plata, podremos conocer las condiciones de diseño exteriores del edificio de verano e invierno.

**Tabla 3.1.1**

ESTACION	LAT	LONG.	TBS VERANO [°C]					Gr. De agua/Kg. aire seco				TBS INVIERNO	
			Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	HR	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Temp. Dis. Mínima	HR %
Mar del Plata Aero	38,0	59,4	28,9	32,2	33,2	31,8	73,0	18,3	22,2	23,6	21,7	-0,2	84,0

La Tabla 3.1.1 indica los datos climáticos de la ciudad de Mar del Plata en el sector del Aeropuerto local de verano e invierno para los días 21 de cada mes a las 14hs. Datos obtenidos del Servicio Meteorológico Nacional dependiente de la Fuerza Aérea Argentina.

Seleccionamos las condiciones de diseño o fijamos las que consideremos adecuadas, así obtenemos la temperatura y contenido de agua para las condiciones de diseño.

#### 3.1.2 Condiciones interiores de diseño

Las condiciones interiores de diseño elegidas son las siguientes:

CONDICIONES DE DISEÑO		Verano				Invierno	
Localidad	Mar del Plata	Temp. BS Máx.	H.R. %	Cantidad de agua gr/Kg	Temp. B.S. Min. ° C		
Día / Mes	21 de Enero	Exterior 33,2	73	Exterior 23,6	Exterior -0,2		
Destino		Interior 24	50	Interior 9,3	Interior 20		
Hora de cálculo	14	Δ Temp. 9,2		Δ Ca 14,3	Δ Temp. 20,2		

Las condiciones interiores de diseño fueron elegidas en base al ábaco de confort que se detallo en la introducción teórica del trabajo. Estas condiciones son elegidas en función a los siguientes parámetros:

- Individuos vestidos normalmente para vida interior.
- Los individuos ocupados solo para actividades ligeras (lectura, trabajos de oficina, paseos ocasionales por la habitación etc.)
- Movimientos de aire pequeños.

#### 3.1.3 Cantidad de gramos de agua

De la Tabla 3.1.3, obtenemos la cantidad de gramos de agua contenida en un Kg. de aire seco, para las condiciones de diseño.

**Tabla 3.1.3**

Temperatura °C	Humedad relativa						
	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
18	3,8	5,0	6,3	7,8	9,0	10,2	11,7
19	4,0	5,4	6,8	8,3	9,5	10,9	12,4
20	4,3	5,8	7,3	8,8	10,1	11,6	13,2
21	4,6	6,2	7,8	9,4	10,8	12,4	14,1
22	4,9	6,6	8,3	10,0	11,5	13,2	15,0
23	5,2	7,0	8,8	10,6	12,3	14,0	15,9
24	5,5	7,4	9,3	11,2	13,1	14,9	16,9
25	5,8	7,9	9,8	11,9	13,9	15,9	17,9
26	6,2	8,4	10,4	12,6	14,8	19,9	19,1

Tabla 3.1. Extraída del Manual y Catálogo de Aire Acondicionado, Arq. Jorge Serrano 1º Edición

El valor marcado en rojo es el valor adoptado en función a las condiciones de diseño.

### **3.2 Datos de los cerramientos**

De los planos de construcción se extraen todos los datos de los ambientes a acondicionar, superficies, vanos, aberturas, entorno, orientación, condición de los cerramientos: exterior, interior a locales sin acondicionar, y a tierra.

De los planos de detalles: las carpinterías, espesores, y constitución de las paredes, pisos y techos, aislaciones, protecciones, etc.; los factores de ocupación, horarios de usos y todo elemento, que permita conocer las dimensiones, condiciones y calidades de los elementos constructivos.

Con la Tabla 3.2.2 obtiene la transmitancia térmica (K) de los cerramientos.

**Tabla 3.2.1. Coeficientes de conductibilidad Térmica ( $\lambda$ )**

Material	Densidad aparente kg/m <sup>3</sup>	Conduct. térmica (λ) W/m °C
<b>ROCAS Y SUELOS NATURALES</b>		
Rocas y terrenos	1200	0,31
- Toba (Purmicita)	1400	0,38
- Caliza porosa	1700	0,93
- Caliza compacta	2000	1,16
- Piedra pómez	600	0,19 a 0,31
	800	0,27 a 0,41
	1000	0,35 a 0,46
	1400	0,58 a 0,66
- Mármol	2500 a 2800	2,1 a 3,5
- Onix		2,7
- Granito en placas o bloques	2600 a 2900	2,9 a 4,1
- Cuarzita	2800	6,0
- Basalto	2800 a 3000	1,3 a 3,7
- Arcilla	1200	0,37
- Suelo natural (1) (dependiendo de la composición del grado de compactación y de la humedad)	1600 a 1900	0,28 a 2,8
<b>MATERIALES PARA RELLENO DE SUELOS DESECADOS AL AIRE, EN FORJADOS, ETC.</b>		
seca	1500	0,30
humedad 2%	1500	0,58
humedad 10%		0,93
del río humedad 20%		1,33
saturada		1,88
- Arena		0,31
humedad 10%		1,24
de mar humedad 20%		1,75
saturada		2,44
- Arenisca	2200	1,40
	2400	2,10
- Escorias porosas	800	0,24
	1000	0,29
	1200	0,33
	1400	0,41
- Grava	1500 a 1800	0,93
<b>MORTEROS, HORMIGONES Y YESO</b>		
Revestimientos continuos		
- Morteros de revoques y juntas (exterior)	1800 a 2000	1,16
- Morteros de revoques y juntas (interior)	1900	0,93
humedad 0%	1900	0,89
- Mortero de 1 : 3 humedad 6%	2000	1,13
cemento y humedad 10%	2100	1,30
arena 1 : 4 humedad 0%	1950	0,92
humedad 5%	2000	1,10
- Mortero con perlita humedad 12%	600	0,19
- Mortero de yeso y arena	1500	0,65
- Mortero de cal y yeso	1400	0,70
- Enlucido de yeso	800	0,40
	1000	0,49
	1200	0,64
Hormigones normales y livianos		
- Hormigón normal con agregados pétreo	1800	0,97
	1900	1,09
	2000	1,16
	2200	1,40
	2400	1,63
	2500	1,74

Material	Densidad aparente kg/ m <sup>3</sup>	Conduct. térmica W/ m °C
- Hormigón de ladrillo triturado o de cascote	1600	0,76
	1800	0,93
- Hormigón pesado con escoria de alto horno	2200 a 2400	1,40
- Hormigón de arcilla expandida	700	0,22
	800	0,29
	900	0,35
	1000	0,42
	1400	0,57
	1600	0,89
- Hormigón con vermiculita	500	0,14
	600	0,16
- Hormigón celular con escoria de alto horno	600	0,16
	800	0,22
	1000	0,30
	1200	0,40
	1400	0,50
- Hormigón con cáscara de arroz y canto rodado	1100	0,37
	1300	0,45
	1600	0,63
	2000	1,09
- Hormigón con poliestireno expandido	300	0,09
	500	0,15
	1000	0,26
	1300	0,35
- Hormigón con fibras celulósicas	300	0,09
	400	0,14
- Hormigón con fibras de vidrio (resist. a los álcalis)	2100	1,11
- Hormigón refractario	900	0,18
- Hormigón con carbón	600	0,13
- Hormigón con viruta de madera	400	0,14
	500	0,16
Paneles o placas		
- de yeso	600	0,31
	800	0,37
	1000	0,44
	1200	0,51
- de fibrocemento	600	0,15
	700	0,26
	800	0,30
	1200	0,39
	1300	0,45
	1400	0,51
	1500	0,58
	1700	0,70
	1800	0,87
	1800 a 2200	0,95
<b>LADRILLOS Y BLOQUES</b>		
- Ladrillos cerámicos macizos (comunes)	1600	0,81
	1800	0,91
	2000	1,10
- Bloques de suelo cemento macizos	1500	0,32
- Ladrillos y bloques cerámicos huecos	8 x 18 x 25	863
	12 x 18 x 33	800
	15 x 18 x 33	707
	18 x 18 x 33	694
	12 x 19 x 33	867
	18 x 19 x 33	778
- Bloques de hormigón	10 x 19 x 39	2223
	20 x 20 x 40	1900
- Bloques de concreto celular (CCA)	e= 0,075	500
	e= 0,100	500
	e= 0,150	500
	e= 0,200	500

Tabla 3.2.2. Coeficientes de cerramientos verticales usuales. Coeficiente de Resistencia Térmica (R), Transmitancia Térmica (K) e Inercia Térmica (I.T.)

1) PAREDES EXTERIORES	esp. cm	R m <sup>2</sup> °C/ W	K W/ m <sup>2</sup> °C	P/Sup. Kg/ m <sup>2</sup>	I.T. h
1.1.1) Ladrillo común a la vista (12) + rev. int. (Mcy + Ey)	14,0	0,33	3,06	235,00	Sin
1.1.2) Ladrillo común a la vista (12) + ladr. Panderete + rev. int. (Mcy + Ey)	19,0	0,38	2,62	325,00	2 • 4
1.1.3) Ladrillo común a la vista (25) + rev. int. (Mcy + Ey)	27,0	0,47	2,13	469,00	4 • 6
1.1.4) Ladrillo común a la vista (12) + ladr. común (25) + rev. int. (Mcy + Ey)	39,0	0,60	1,66	685,00	8 <
1.2.1) Ladrillo común (12) + rev. ext. e int. (Mcy + Ey)	17,0	0,36	2,79	289,00	2 • 4
1.2.2) Ladr. común (12) + ladr. Pand. (5) + rev. ext. e int. (Mcy + Mcyy + Ey)	22,0	0,41	2,42	379,00	2 • 4
1.2.3) Ladr. común (26) + rev. ext. e int. (Mcy + Mcyy + Ey)	31,0	0,51	1,95	541,00	4 • 6
1.3.1) Ladr. común a la vista (12) + C.A. + Ladr. Panderete (5) + rev. int. (Mcy + Ey)	20,0	0,57	1,76	325,00	2 • 4
1.3.2) Ladr. común a la vista (12) + C.A. + ladr. común (12) + rev. int. (Mcy + Ey)	27,0	0,64	1,55	451,00	6 • 8
1.3.3) Ladr. común a la vista (12) + ladr. Hueco (8) + rev. int. (Mcy + Ey)	22,0	0,56	1,80	304,04	2 • 4
1.3.4) Ladr. común a la vista (12) + ladr. Hueco (12) + rev. int. (Mcy + Ey)	26,0	0,69	1,45	331,00	4 • 6
1.3.5) Ladr. común a la vista (12) + ladr. Hueco (15) + rev. int. (Mcy + Ey)	29,0	0,72	1,39	341,05	6 • 8
1.3.6) Ladr. común a la vista (12) + C.A. + ladr. Hueco (8) + rev. int. (Mcy + Ey)	23,0	0,74	1,35	304,04	4 • 6
1.3.7) Ladr. común a la vista (12) + C.A. + ladr. Hueco (12) + rev. int. (Mcy + Ey)	27,0	0,88	1,14	331,00	6 • 8
1.3.8) Ladr. común a la vista (12) + C.A. + ladr. Hueco (15) + rev. int. (Mcy + Ey)	30,0	0,91	1,10	341,05	8 <
1.4.1) Ladr. común (12) + C.A. + ladr. Hueco (8) + rev. ext. e int. (Mcy + Mcyy + Ey)	24,0	0,76	1,32	318,04	4 • 6
1.4.2) Ladr. común (12) + C.A. + ladr. Hueco (12) + rev. ext. e int. (Mcy + Mcyy + Ey)	28,0	0,89	1,12	345,00	8 <
1.5.1) Ladrillo Hueco (8) + rev. ext. e int. (Mcy + Mcyy + Ey)	13,0	0,46	2,20	142,04	Sin
1.5.2) Ladrillo Hueco (12) + rev. ext. e int. (Mcy + Mcyy + Ey)	17,0	0,59	1,70	169,00	2 • 4
1.5.3) Ladrillo Hueco (15) + rev. ext. e int. (Mcy + Mcyy + Ey)	20,0	0,62	1,61	179,05	2 • 4
1.5.4) Ladrillo Hueco (18) + rev. ext. e int. (Mcy + Mcyy + Ey)	23,0	0,64	1,57	197,92	2 • 4
1.5.5) Ladrillo Hueco (8) + C.A. + ladr. Hueco (8) + rev. ext. e int. (Mcy + Mcyy + Ey)	22,0	0,87	1,15	211,08	4 • 6
1.6.1) Ladr. Hueco Portante (12) + rev. ext. e int. (Mcy + Mcyy + Ey)	17,0	0,66	1,53	177,04	2 • 4
1.6.2) Ladr. Hueco Portante (18) + rev. ext. e int. (Mcy + Mcyy + Ey)	23,0	0,69	1,45	213,04	2 • 4
1.6.3) Ladr. Hue. Port. (12) + C.A. + ladr. Hue. Port. (12) + rev. ext. e int. (Mcy + Mcyy + Ey)	30,0	1,27	0,79	281,08	8 <
1.7.1) Bloque de hormigón (10) + rev. ext. e int. (Mcy + Mcyy + Ey)	15,0	0,40	2,53	295,30	2 • 4
1.7.2) Bloque de hormigón (20) + rev. ext. e int. (Mcy + Mcyy + Ey)	25,0	0,43	2,35	453,00	2 • 4
1.8.1) H° Liv. arcilla (4) + Polies. (3) + H° vermiculita (4) + rev. ext. e int. (Tipo PRENOVA)	15,0	1,46	0,69	124,05	6 • 8
1.8.2) H° Liv. arcilla 6 + Polies. (3) + H° vermiculita (4) + rev. ext. e int. (Tipo PRENOVA)	17,0	1,50	0,67	144,05	8 <
1.8.3) H° Liv. arcilla 9 + Polies. (3) + H° vermiculita (4) + rev. ext. e int. (Tipo PRENOVA)	20,0	1,57	0,64	174,05	8 <
1.9.1) Hormigón armado (8) + rev. int. (Para Submuración)	10,0	0,22	4,62	200,00	Sin
1.9.2) Hormigón armado (10) + rev. int. (Para Submuración)	12,0	0,23	4,28	240,00	Sin
1.9.3) Hormigón armado (12) + rev. int. (Para Submuración)	14,0	0,25	3,98	280,00	Sin
1.9.4) Hormigón armado (10) + ladr. común (12) + Rev. int. (Para Submuración)	25,0	0,38	2,63	470,00	2 • 4
1.9.5) Hormigón armado (10) + ladr. común (25) + Rev. int. (Para Submuración)	39,0	0,53	1,87	722,00	6 • 8
1.9.6) Hormigón armado (10) + ladr. hueco (15) + Rev. int. (Para Submuración)	28,0	0,64	1,56	360,05	4 • 6
<b>2) PAREDES INTERIORES</b>					
2.1.1) Bloque de yeso liviano (Tipo Aldrillo) (8) + rev. int. (Ey)	9,0	0,46	2,19	80,20	Sin
2.1.2) Bloque de yeso liviano (Tipo Aldrillo) (10) + rev. int. (Ey)	11,0	0,50	1,99	99,00	Sin
2.2.1) Ladrillo Hueco (8) + 2 rev. int.	11,0	0,41	2,45	107,04	Sin
2.2.2) Ladrillo Hueco (12) + 2 rev. int.	15,0	0,56	1,78	141,56	Sin
2.3.1) Panel de yeso (Tipo DURLOK)	9,0	1,01	0,99	25,00	Sin
2.4.1) Mampara de vidrio (1), con estructura metálica	1,0	0,54	1,84	24,00	Sin
2.5.1) Mampara de policarbonato (0,4) con estructura metálica	0,4	0,52	1,94	0,80	Sin
2.5.2) Mampara de policarbonato (0,6) con estructura metálica	0,6	0,54	1,86	1,30	Sin
2.5.3) Mampara de policarbonato (0,8) con estructura metálica	0,8	0,55	1,81	1,60	Sin
2.5.4) Mampara de policarbonato (1) con estructura metálica	1,0	0,59	1,69	1,80	Sin
2.5.5) Mampara de policarbonato (1,6) con estructura metálica	1,6	0,70	1,44	2,80	Sin

**Referencias:**

- ( ): Espesor en cm
- Mcy:** Mortero de cemento y arena
- Mcy:** Mortero de cal y yeso
- Ey:** Enlucido de yeso
- C.A.:** Cámara de aire

Tabla 3.2.2. Continuación, coeficientes de cerramientos horizontales usuales.

1) TECHOS		esp. cm	R m <sup>2</sup> ·C/ W	K W/ m <sup>2</sup> ·C	P/Sup. Kg/ m <sup>2</sup>	I.T. h
1.1.1)	H°A° c/ agr. petr. (8) + contr. casc. (10) + mort. asie. (5) + bald. cerám. + Ey	25,0	0,47	2,11	476,00	2•4
1.1.2)	H°A° c/ agr. petr. (10) + contr. casc. (10) + mort. asie. (5) + bald. cerám. + Ey	27,0	0,49	2,06	524,00	4•6
1.1.3)	H°A° c/ agr. petr. (12) + contr. casc. (10) + mort. asie. (5) + bald. cerám. + Ey	29,0	0,50	2,01	572,00	6•8
1.1.4)	H°A° c/ agr. petr. (8) + contr. casc. (15) + mort. asie. (5) + bald. cerám. + Ey	30,0	0,54	1,85	556,00	4•6
1.1.5)	H°A° c/ agr. petr. (10) + contr. casc. (15) + mort. asie. (5) + bald. cerám. + Ey	32,0	0,55	1,81	604,00	6•8
1.1.6)	H°A° c/ agr. petr. (12) + contr. casc. (15) + mort. asie. (5) + bald. cerám. + Ey	34,0	0,57	1,77	652,00	6•8
1.1.7)	H°A° c/ agr. petr. (8) + contr. casc. (10) + mort. asie. (5) + membr. asfáltica + Ey	26,0	0,55	1,82	487,00	4•6
1.1.8)	H°A° c/ agr. petr. (10) + contr. casc. (10) + mort. asie. (5) + membr. asfáltica + Ey	28,0	0,56	1,78	535,00	4•6
1.1.9)	H°A° c/ agr. petr. (12) + contr. casc. (10) + mort. asie. (5) + membr. asfáltica + Ey	30,0	0,57	1,75	583,00	6•8
1.1.10)	H°A° c/ agr. petr. (8) + contr. casc. (15) + mort. asie. (5) + membr. asfáltica + Ey	31,0	0,61	1,63	567,00	6•8
1.1.11)	H°A° c/ agr. petr. (10) + contr. casc. (15) + mort. asie. (5) + membr. asfáltica + Ey	33,0	0,63	1,60	615,00	6•8
1.1.12)	H°A° c/ agr. petr. (12) + contr. casc. (15) + mort. asie. (5) + membr. asfáltica + Ey	35,0	0,64	1,57	663,00	6•8
1.2.1)	H°A° c/ agr. petr. (8) + contr. liv. arcilla (10) + mort. asie. (5) + bald. cerám. + Ey	25,0	0,58	1,72	416,00	4•6
1.2.2)	H°A° c/ agr. petr. (10) + contr. liv. arcilla (10) + mort. asie. (5) + bald. cerám. + Ey	27,0	0,59	1,69	464,00	6•8
1.2.3)	H°A° c/ agr. petr. (12) + contr. liv. arcilla (10) + mort. asie. (5) + bald. cerám. + Ey	29,0	0,61	1,65	512,00	6•8
1.2.4)	H°A° c/ agr. petr. (8) + contr. liv. arcilla (15) + mort. asie. (5) + bald. cerám. + Ey	30,0	0,70	1,43	466,00	6•8
1.2.5)	H°A° c/ agr. petr. (10) + contr. liv. arcilla (15) + mort. asie. (5) + bald. cerám. + Ey	32,0	0,71	1,40	514,00	8 <
1.2.6)	H°A° c/ agr. petr. (12) + contr. liv. arcilla (15) + mort. asie. (5) + bald. cerám. + Ey	34,0	0,72	1,38	562,00	8 <
1.2.7)	H°A° c/ agr. petr. (8) + contr. liv. arcilla (10) + mort. asie. (5) + membr. asfáltica + Ey	26,0	0,66	1,53	427,00	4•6
1.2.8)	H°A° c/ agr. petr. (10) + contr. liv. arcilla (10) + mort. asie. (5) + membr. asfáltica + Ey	28,0	0,67	1,50	475,00	6•8
1.2.9)	H°A° c/ agr. petr. (12) + contr. liv. arcilla (10) + mort. asie. (5) + membr. asfáltica + Ey	30,0	0,68	1,47	523,00	8 <
1.2.10)	H°A° c/ agr. petr. (8) + contr. liv. arcilla (15) + mort. asie. (5) + membr. asfáltica + Ey	31,0	0,77	1,29	477,00	8 <
1.2.11)	H°A° c/ agr. petr. (10) + contr. liv. arcilla (15) + mort. asie. (5) + membr. asfáltica + Ey	33,0	0,79	1,27	525,00	8 <
1.2.12)	H°A° c/ agr. petr. (12) + contr. liv. arcilla (15) + mort. asie. (5) + membr. asfáltica + Ey	35,0	0,80	1,25	573,00	8 <
1.3.1)	H°A° c/ agr. petr. (10) + contr. casc. (10) + mort. asie. (5) + membr. asfál. + Aislac. (2,5) + Ey	30,0	1,28	0,78	535,50	8 <
1.3.2)	H°A° c/ agr. petr. (10) + contr. casc. (10) + mort. asie. (5) + membr. asfál. + Aislac. (5) + Ey	33,0	1,99	0,50	536,00	8 <
1.3.3)	H°A° c/ agr. petr. (12) + contr. casc. (10) + mort. asie. (5) + membr. asfál. + Aislac. (2,5) + Ey	32,0	1,29	0,78	583,50	8 <
1.3.4)	H°A° c/ agr. petr. (12) + contr. casc. (10) + mort. asie. (5) + membr. asfál. + Aislac. (5) + Ey	35,0	2,00	0,50	584,00	8 <
1.4.1)	Losa Bloq. cerám. y vigueta (12) + contr. casc. (10) + mort. asie. + membr. Asfál. + Ey	30,0	0,56	1,78	496,00	4•6
1.4.2)	Losa Bloq. cerám. y vigueta (12) + contr. casc. (15) + mort. asie. + membr. Asfál. + Ey	35,0	0,63	1,59	576,00	6•8
1.4.3)	Losa Bloq. cerám. y vigueta (16) + contr. casc. (10) + mort. asie. + membr. Asfál. + Ey	34,0	0,84	1,20	560,00	8 <
1.4.4)	Losa Bloq. cerám. y vigueta (16) + contr. casc. (15) + mort. asie. + membr. Asfál. + Ey	39,0	0,90	1,11	640,00	8 <
1.4.5)	Losa Bloq. cerám. y vigueta (20) + contr. casc. (10) + mort. asie. + membr. Asfál. + Ey	38,0	0,86	1,16	624,00	8 <
1.4.6)	Losa Bloq. cerám. y vigueta (20) + contr. casc. (15) + mort. asie. + membr. Asfál. + Ey	43,0	0,93	1,08	704,00	8 <
1.4.7)	Losa Bloq. cerám. y vigueta (25) + contr. casc. (10) + mort. asie. + membr. Asfál. + Ey	43,0	0,87	1,15	704,00	8 <
1.4.8)	Losa Bloq. cerám. y vigueta (25) + contr. casc. (15) + mort. asie. + membr. Asfál. + Ey	48,0	0,94	1,07	784,00	8 <
1.5.1)	Tejas curvas + aisl. polies. (2,5) + entabl. de mad.	6,0	1,07	0,93	50,00	Sin
1.5.2)	Tejas curvas + aisl. polies. (2,5) + entabl. de mad. + Cielor. susp. + C.A.	9,0	1,42	0,71	65,00	2•4
1.5.3)	Tejas curvas + H°A° (10) + aisl. polies. (2,5) + Cielor. susp. + C.A.	17,0	1,23	0,81	295,50	8 <
1.6.1)	Teja plana + aisl. polies. (2,5) + entabl. de mad. + Cielor. susp. + C.A.	9,0	1,41	0,71	65,00	2•4
1.7.1)	Chapa met. cinc (0,1) + aisl. polies. (2,5) + entabl. de mad.	5,0	1,04	0,96	15,00	Sin
1.7.2)	Chapa met. cinc (0,1) + aisl. polies. (2,5) + entabl. de mad. + Cielor. susp. + C.A.	7,0	1,54	0,65	33,60	2•4
1.8.1)	Chapa met. cinc (0,1) + aisl. ISOLANT (1) + entabl. de mad.	3,0	0,62	1,62	18,40	Sin
1.8.2)	Chapa met. cinc (0,1) + aisl. ISOLANT (1) + entabl. de mad. + cielor. susp. + C.A.	6,0	0,83	1,20	33,40	Sin
1.9.1)	Chapa fibrocemento (1,5) + aisl. polies. (2,5) + entabl. de mad.	6,0	1,08	0,92	28,00	Sin
1.9.2)	Chapa fibrocemento (1,5) + aisl. polies. (2,5) + entabl. de mad. + cielor. susp. + C.A.	8,0	1,29	0,78	37,00	Sin
1.9.3)	Chapa fibrocemento (0,8) + aisl. ISOLANT (0,5) + entabl. de mad.	3,0	0,49	2,03	19,25	Sin
1.9.4)	Chapa fibrocemento (1) + aisl. ISOLANT (0,5) + entabl. de mad.	3,0	0,50	2,01	21,70	Sin
1.9.5)	Chapa fibrocemento (1,2) + aisl. ISOLANT (0,5) + entabl. de mad.	4,0	0,50	1,99	24,10	Sin
1.9.6)	Chapa fibrocemento (1) + aisl. ISOLANT (0,5) + entabl. de mad. + cielor. susp. + C.A.	6,0	0,80	1,26	38,55	Sin
1.9.7)	Chapa fibrocemento (1) + aisl. ISOLANT (1) + entabl. de mad. + cielor. susp. + C.A.	6,0	0,94	1,07	38,70	Sin
1.9.8)	Chapa fibrocemento (1) + aisl. ISOLANT (1,5) + entabl. de mad. + cielor. susp. + C.A.	7,0	1,08	0,92	39,00	Sin
1.9.9)	Chapa fibrocemento (1) + aisl. ISOLANT (2) + entabl. de mad. + cielor. susp. + C.A.	7,0	1,23	0,82	39,20	Sin
1.10.1)	Chapa policarbonato (0,2) + aisl. polies. (2,5) + entabl. de mad.	5,0	1,05	0,95	12,30	Sin
1.10.2)	Chapa policarbonato (0,2) + aisl. polies. (2,5) + entabl. de mad. + cielor. susp. + C.A.	7,0	1,27	0,79	27,30	Sin
1.11.1)	Canalón fibrocemento (0,3) + aisl. polies. (2,5) + entabl. de mad.	5,0	1,05	0,95	14,20	Sin
1.11.2)	Canalón fibrocemento (0,3) + aisl. polies. (2,5) + entabl. de mad. + cielor. susp. + C.A.	7,0	1,27	0,79	29,20	Sin
1.12.1)	Cubierta de policarbonato (0,4) con estructura metálica	0,4	0,47	2,14	0,80	Sin
1.12.2)	Cubierta de policarbonato (0,6) con estructura metálica	0,6	0,49	2,05	1,30	Sin
1.12.3)	Cubierta de policarbonato (0,8) con estructura metálica	0,8	0,50	1,98	1,60	Sin
1.12.4)	Cubierta de policarbonato (1) con estructura metálica	1,0	0,54	1,84	1,80	Sin
1.12.5)	Cubierta de policarbonato (1,6) con estructura metálica	1,2	0,65	1,55	2,80	Sin

Referencias:

- ( ): Espesor en cm
- Ey: Enlucido de yeso
- C.A.: Cámara de aire

Tabla 3.2.2. Continuación, coeficientes de cerramientos horizontales usuales.

2) ENTREPISOS					
	esp. cm	R m <sup>2</sup> °C/ W	K W/ m <sup>2</sup> °C	P/ Sup. Kg/ m <sup>2</sup>	I.T. h
2.1.1) H° A° (8) + contrapiso (5) + mort. de asiento (3) + bald. cerám.	18,0	0,73	1,38	326,00	6 • 8
2.1.2) H° A° (8) + contrapiso (5) + mort. de asiento (3) + piso de mad.	19,0	0,78	1,29	319,00	6 • 8
2.1.3) H° A° (10) + contrapiso (5) + mort. de asiento (3) + bald. cerám.	20,0	0,76	1,32	366,00	6 • 8
2.1.4) H° A° (10) + contrapiso (5) + mort. de asiento (3) + piso de mad.	21,0	0,79	1,26	359,00	6 • 8
2.1.5) H° A° (12) + contrapiso (8) + mort. de asiento (3) + bald. cerám.	25,0	0,80	1,25	454,00	8 <
2.1.6) H° A° (12) + contrapiso (8) + mort. de asiento (3) + piso de mad.	26,0	0,85	1,18	447,00	8 <
2.1.7) H° A° (10) + contrapiso liv. arcilla (5) + mort. asiento (3) + bald. cerám. + Ey	20,0	0,58	1,72	376,00	4 • 6
2.1.8) H° A° (10) + contrapiso liv. arcilla (5) + mort. asiento (3) + piso de mad. + Ey	21,0	0,63	1,58	369,00	4 • 6
2.2.1) Losa Bloq. cerám. y vig. (12) + contr.casc. (5) + mort. asiento (3) + bald. cerám. + Ey	22,0	0,51	1,98	356,00	4 • 6
2.2.2) Losa Bloq. cerám. y vig. (12) + contr.casc. (5) + mort. asiento (3) + piso de mad. + Ey	23,0	0,56	1,80	349,00	4 • 6
2.3.1) Estruct. metálica + entab. Pino (2,5) + alfombra (1) + cielor. susp. (1)	5,0	0,60	1,66	28,50	Sin
3) PISOS S/TIERRA					
3.1.1) H° A° c/ agregados pétreos (10) + mort. de asiento (5) + baldosa cerámica	16,0	0,31	3,22	316,00	Sin
3.1.2) H° A° c/ agregados pétreos (10) + mort. de asiento (5) + piso de madera	17,0	0,36	2,77	309,00	2 • 4
3.1.3) H° A° c/ agregados pétreos (15) + mort. de asiento (5) + baldosa cerámica	21,0	0,35	2,83	416,00	2 • 4
3.1.4) H° A° c/ agregados pétreos (15) + mort. de asiento (5) + piso de madera	22,0	0,40	2,48	409,00	2 • 4
3.1.5) H° A° c/ agr. petr. (10) + contr. liv. arcilla (10) + mort. de asiento (3) + baldosa cerámica	24,0	0,51	1,96	416,00	4 • 6
3.1.6) H° A° c/ agr. petr. (10) + contr. liv. arcilla (10) + mort. de asiento (3) + piso de madera	25,0	0,56	1,78	409,00	4 • 6
3.1.7) H° A° c/ agr. petr.(10)+aisl.pol.(2,5)+contr.casc.(7,5)+mort.de asie.(3)+bald. cer.	24,0	1,09	0,92	436,88	8 <
3.1.8) H° A° c/ agr. petr.(10)+aisl.pol.(2,5)+contr.casc.(7,5)+mort.de asie.(3)+piso de mad.	25,0	1,13	0,88	429,88	8 <
3.1.9) H° A° c/ agr. petr.(10)+aisl.pol.(5)+contr.casc.(7,5)+ mort. de asiento (3) + bald. cerá.	27,0	1,70	0,56	437,75	8 <
3.1.10) H° A° c/ agr. petr.(10)+ aisl. pol.(5)+contr.casc.(7,5)+mort.de asie.(3)+piso de mad.	27,0	1,85	0,54	430,75	8 <
3.2.1) Contrapiso de cascote s/ tierra (10) + mort. de asiento (5) + baldosa cerámica	16,0	0,33	3,01	296,00	Sin
3.2.2) Contrapiso de cascote s/ tierra (10) + mort. de asiento (5) + piso de madera	17,0	0,38	2,62	289,00	2 • 4
3.2.3) Contrapiso de cascote s/ tierra (15) + mort. de asiento (5) + baldosa cerámica	21,0	0,39	2,59	386,00	2 • 4
3.2.4) Contrapiso de cascote s/ tierra (15) + mort. de asiento (5) + piso de madera	22,0	0,44	2,20	379,00	2 • 4
3.3.1) Contrapiso liv. de arcilla exp. (10) + mort. de asiento (5) + baldosa cerámica	16,0	0,46	2,16	216,00	2 • 4
3.3.2) Contrapiso liv. de arcilla exp. (10) + mort. de asiento (5) + piso de madera	17,0	0,51	1,95	209,00	2 • 4
3.3.3) Contrapiso liv. de arcilla exp. (15) + mort. de asiento (5) + baldosa cerámica	21,0	0,58	1,72	266,00	2 • 4
3.3.4) Contrapiso liv. de arcilla exp. (15) + mort. de asiento (5) + piso de madera	22,0	0,63	1,58	259,00	2 • 4

**Referencias:**

- ( ): Espesor en cm
- Ey: Enlucido de yeso
- C.A.: Cámara de aire

### 3.3 Características constructivas de los departamentos

- Cerramiento vertical exterior:
  - Ladrillos Hueco Portante 12x19x33 + Cámara de aire + Ladrillo Hueco Portante 12x19x33 + Revestimiento Interior (Mortero de cal y yeso) y Revestimiento Exterior (Mortero de cal y arena).  
**Espesor:** 30 cm.- **K:** 0.79 W/m<sup>2</sup> °C.- **Pesárea:** 271.08 Kg./m<sup>2</sup>.-**Inercia Térmica:** 8 ó más Hs.
- Cerramientos verticales interiores:
  - Ladrillo Hueco 8x18x25 + 2 Revestimientos Interiores (Mortero de cal y yeso + Enlucido de yeso).  
**Espesor:** 10 cm.- **K:** 2.45 W/m<sup>2</sup> °C.- **Pesárea:** 107.04 Kg./m<sup>2</sup> .-**Inercia Térmica:** sin I. T.
  - Ladrillo Hueco 12x19x33 + 2 Revestimientos Interiores (Mortero de cal y yeso + Enlucido de yeso).  
**Espesor:** 18 cm.- **K:** 1.78 W/m<sup>2</sup> °C.- **Pesárea:** 141.56 Kg./m<sup>2</sup>.-**Inercia Térmica:** sin I. T.

- Cerramientos horizontales (pisos – entrepisos – techo):
  - Hormigón Armado + Contrapiso + Mortero de Asiento + Baldosa Cerámica + Enlucido de Yeso.  
**Espesor:** 28 cm.- **K:** 1.18 W/m<sup>2</sup> °C.- **Pesárea:** 447.00 Kg./m<sup>2</sup>.-**Inercia Térmica:** 8 ó más Hs.
- Ventanas exteriores:
  - Vidrios de Bronce incoloros con doble con cámara de aire.  
**Espesor:** 0.6 cm. (cada uno).- **K:** 1.40 W/m<sup>2</sup> °C.- **Pesárea:** sin pesárea.-**Inercia Térmica:** sin I. T.

### 3.4 Comprobación de los coeficientes de transmitancia térmica (K)

#### Ejemplo N° 1

Justificación de la utilización de los coeficientes de transmitancia térmica K [W/m<sup>2</sup> °C] de la pared exterior de 30 cm.

Valores tabulados en la **NORMA IRAM 11.601**, para resistencias superficiales o peliculares interiores, exteriores y para coeficientes de conductividad térmica.

La pared de 30 cm. Posee los siguientes materiales con su respectivo espesor, conductividad térmica y resistencia térmica.

Paredes exteriores: Ladrillos Hueco Port. + C.A. + Ladrillo Hueco Port. + Rev. Int. (Mcy) y Rev. ext. (Mcy)

Material	Espesor [m]	Conductividad térmica [W/m °C]	Resistencias [m <sup>2</sup> °C/W]
Enlucido de yeso. Ey	0,01	0,4	-
Revestimiento interior: Mortero de cal y yeso. Mccy	0,01	0,7	-
Ladrillo hueco portante de 12x19x33	0,12	0,28	-
Revestimiento exterior: Mortero de cemento y arena 1:4 humedad 0 %. Mcca	0,02	0,92	-
Resistencia superficial o pelicular interior	-	-	0,13
Resistencia superficial o pelicular exterior	-	-	0,04
Resistencia de la cámara de aire	-	-	0,16

$$R_T = \frac{1}{K_T}$$

$$R_T = R_{SI} + 2 \cdot \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{e_4}{\lambda_4} R_{CA} + R_{SE}$$

$$R_T \cong 1.25 \frac{m^2 \cdot C}{W} \quad \therefore \quad K_T \cong 0.8 \frac{W}{m^2 \cdot C}$$

Teniendo en cuenta que le valor obtenido de las tablas para esta pared es de 0.79 [W/m<sup>2</sup> °C] y el calculado en función a los coeficientes tabulados por la **NORMA IRAM 11.601** es de 0.801174 [W/m<sup>2</sup> °C]; verificamos que los valores utilizados son correctos.

#### Ejemplo N° 2

Justificación de la utilización de los coeficientes de transmitancia térmica K [W/m<sup>2</sup> °C] del piso, entrepisos y techo de 28 cm.

El piso, entrepiso y techo de 28 cm. Posee los siguientes materiales con su respectivo espesor, conductividad térmica y resistencia térmica.

Piso, Entrepisos y Techo: Entrepiso y piso: H. A. + Contrapiso + Mortero de Asiento + Baldosa Cerámica + Ey.

Material	Espesor [m]	Conductividad térmica [W/m °C]	Resistencias [m <sup>2</sup> °C/W]
Hormigón Armado	0,12	0,97	-
Contrapiso	0,08	0,89	-
Mortero de cemento y arena 1:4 humedad 12% Mcya	0,03	0,19	-
Baldosa cerámica	0,02	0,7	-
Enlucido de yeso. Ey	0,03	0,4	-
Resistencia superficial o pelicular interior	-	-	0,17
Resistencia superficial o pelicular exterior	-	-	0,04

$$R_T = \frac{1}{K_T}$$

$$R_T = R_{si} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{e_4}{\lambda_4} + R_{se}$$

$$R_T \cong 0.84 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \quad \therefore K_T \cong 1.19 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Teniendo en cuenta que el valor obtenido de las tablas para esta pared es de 1.18 [W/m<sup>2</sup> °C] y el calculado en función a los coeficientes tabulados por la **NORMA IRAM 11.601** es de 1,186296 [W/m<sup>2</sup> °C]; verificamos que los valores utilizados son correctos.

### 3.5 Transmisión en vidrios

Con la superficie de las ventanas, la transmitancia térmica (K) de la Tabla 3.5.1, y la diferencia de temperatura de (Δt °C) de invierno, o de verano (con variación horaria), procedemos a calcular la transmisión.

$$Q_{iv} = Sup. \times K \times FS \times \Delta t \text{ } ^\circ C$$

Donde:

- Q<sub>iv</sub>: Ganancia de calor en (Watt)
- Sup.: Superficie (m<sup>2</sup>)
- K: Transmitancia térmica (W/m<sup>2</sup>°C)
- FS : Factor S de Tabla 3.5.2
- Δt °C : Diferencia de temperatura ( °C)

**Tabla 3.5.1. Vidrios. Coeficientes de Transmisión (K)**

TIPO	Espesor mm	K Corregido
Bronce	6,0	3,53
Rayado	5,0	4,80
Vidrio común	3,0	5,00
Vidrio común	4,0	4,87
Vidrio común	5,0	4,80
Vidrio común	6,0	4,67
Vidrio común	8,0	4,37
Vidrio común	10,0	4,25
Vidrio Gris	6,0	3,25
Vidrio opaco - Martelé	4,0	4,87
<b>VIDRIO DOBLE CON CAMARA DE AIRE</b>		
Bronce + Incoloro	6,0	1,40
Bronce + Vidrio Espejado baja emisión	6,0	0,66
Incoloro	6,0	1,96
Gris + Incoloro	6,0	1,26
Gris + Vidrio Espejado baja emisión	6,0	0,58
<b>VIDRIO REFLECTIVO</b>		
Azurlite	6,0	2,72
Solarcool Bronce reflexión exterior	6,0	2,83
Solarcool Bronce reflexión interior	6,0	3,31
Solarcool Gris reflexión exterior	6,0	2,61
Solarcool Gris reflexión interior	6,0	3,14
<b>SEGURIDAD LAMINADO</b>		
Incoloro 3+3	6,0	4,86

Tabla 3.5.2. Factor S. Transmisión en base a la I.T. y la hora de cálculo

HORA	INERCIA TERMICA				
	Sin IT	2 hs - 4 hs	4 hs - 6 hs	6 hs - 8 hs	8 hs o más
10	0,935	0,855	0,674	0,597	0,609
11	0,963	0,900	0,779	0,611	0,600
12	0,985	0,935	0,855	0,674	0,597
13	0,995	0,963	0,900	0,779	0,611
14	1,000	0,985	0,935	0,855	0,674
15	0,992	0,995	0,963	0,900	0,779
16	0,966	1,000	0,985	0,935	0,855
17	0,923	0,992	0,995	0,963	0,900
18	0,862	0,966	1,000	0,985	0,935
19	0,782	0,923	0,992	0,995	0,963
20	0,729	0,862	0,966	1,000	0,985

### 3.6. Radiación de vidrios

De la Tabla 3.6.1 obtenemos el Factor de protección solar que determina el K de radiación.

Tabla 3.6.1. Factor de protección solar

Exterior	Color claro	Color oscuro
Cortina de enrollar madera	0.25	0.30
Cortina de enrollar plástica	0.30	0.35
Cortina metálica	0.30	0.40
Parasol fijo – Todo metálico – Ventana en sombra	0.20	0.25
Postigón de madera ó metálico	0.30	0.35
<b>Interior</b>		
<b>Cortina de tela liviana</b>	<b>0.70</b>	0.75

## PROYECTO FINAL

### *INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL*

---

Cortina de tela pesada	0.60	0.70
Tela Vinílica	0.65	0.75
Veneciana o americana	0.50	0.70

En el caso de ventanas, las consideramos sin I.T. (Inercia Térmica), con su orientación, obtenemos el **Coef. S** de Tabla 3.6.2.

**Tabla 3.6.2. Coeficiente S, según I.T. y orientación de paredes y techo.**

**Tabla 3.6.2. Continuación, coeficiente S, según I.T. y orientación de paredes y techo.**

La carga por radiación solar (solo para verano) la tenemos en la Tabla 3.6.3. para los meses de cálculo, latitudes, orientación y variación horaria.

$$Q_{rv} = \text{Sup.} \times \text{Krad} \times \text{Coef S} \times \text{Rad. Solar}$$

Donde:

- $Q_{rv}$  : Ganancia por radiación (Watt)
- Sup.: Superficie (m<sup>2</sup>)
- Krad. : ( K x Prot. Solar ) (W/m<sup>2</sup>°C)
- Coef. S: Valor correctivo de la Radiación y la I.T.
- Rad. Solar : Radiación Solar (Watt)

Tabla 3.6.3. Radiación Solar – 21 de Enero

Se indican en negrilla los valores máximos en Watt/ m<sup>2</sup>

LATITUD 10° SUR																	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
S	3	11	34	205	<b>229</b>	226	221	218	217	218	221	226	<b>229</b>	205	34	11	3
SE	11	33	105	683	<b>759</b>	692	546	350	174	122	108	91	68	41	4	1	0
E	11	34	108	730	<b>818</b>	733	545	285	127	117	107	91	68	41	4	1	0
NE	5	14	45	330	<b>380</b>	329	220	131	123	117	107	91	68	41	4	1	0
N	0	1	4	41	68	91	108	119	123	119	108	91	68	41	4	1	0
NO	0	1	4	41	68	91	107	117	123	131	220	329	<b>380</b>	330	45	14	5
O	0	1	4	41	68	91	107	117	127	285	545	733	<b>818</b>	730	108	34	11
SO	0	1	4	41	68	91	108	122	174	350	546	692	<b>759</b>	683	105	33	11
HOR.	20	60	193	418	630	815	944	1032	<b>1049</b>	1032	944	815	630	418	193	60	20

LATITUD 15° SUR																	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
S	7	23	72	190	<b>186</b>	170	159	154	153	154	159	170	186	<b>190</b>	72	23	7
SE	23	72	229	692	<b>733</b>	646	482	282	140	122	108	92	71	45	9	3	1
E	25	75	240	758	<b>827</b>	737	547	286	128	119	108	92	71	45	9	3	1
NE	10	32	101	360	<b>421</b>	384	278	159	126	119	108	92	71	45	9	3	1
N	1	3	9	45	71	94	112	122	<b>126</b>	122	112	94	71	45	9	3	1
NO	1	3	9	45	71	92	108	119	126	159	278	384	<b>421</b>	360	101	32	10
O	1	3	9	45	71	92	108	119	128	286	547	737	<b>827</b>	758	240	75	25
SO	1	3	9	45	71	92	108	122	140	282	482	646	<b>733</b>	692	229	72	23
HOR.	20	61	195	422	636	823	953	1042	<b>1059</b>	1042	953	823	636	422	195	61	20

LATITUD 20° SUR																	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
S	11	32	103	170	<b>148</b>	127	121	126	128	126	121	127	148	<b>170</b>	103	32	11
SE	35	106	338	695	<b>705</b>	597	415	219	128	122	109	93	73	47	14	4	1
E	37	112	357	782	<b>834</b>	741	548	286	128	119	109	93	73	47	14	4	1
NE	16	48	154	393	<b>465</b>	441	343	208	128	121	109	93	73	47	14	4	1
N	1	4	14	47	75	97	114	124	<b>128</b>	124	114	97	75	47	14	4	1
NO	1	4	14	47	73	93	109	121	128	208	343	441	<b>465</b>	393	154	48	16
O	1	4	14	47	73	93	109	119	128	286	548	741	<b>834</b>	782	357	112	37
SO	1	4	14	47	73	93	109	122	128	219	415	597	<b>705</b>	695	338	106	35
HOR.	20	61	196	423	639	826	957	1046	<b>1063</b>	1046	957	826	639	423	196	61	20

LATITUD 25° SUR																	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
S	13	39	124	<b>150</b>	116	103	114	123	126	123	114	103	116	<b>150</b>	124	39	13
SE	43	131	420	<b>691</b>	675	546	351	170	126	118	109	94	75	50	19	6	2
E	46	140	447	799	<b>840</b>	713	548	286	128	118	109	94	75	50	19	6	2
NE	20	62	198	424	<b>506</b>	496	410	265	140	122	109	94	75	50	19	6	2
N	2	6	19	50	77	99	119	143	<b>153</b>	143	119	99	77	50	19	6	2
NO	2	6	19	50	75	94	109	122	140	265	410	496	<b>506</b>	424	198	62	20
O	2	6	19	50	75	94	109	118	128	286	548	713	<b>840</b>	799	447	140	46
SO	2	6	19	50	75	94	109	118	126	170	351	546	<b>675</b>	691	420	131	43
HOR.	20	61	195	422	636	823	953	1042	<b>1059</b>	1042	953	823	636	422	195	61	20

LATITUD 30° SUR																	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
S	16	45	<b>138</b>	129	92	98	112	119	123	119	112	98	92	129	<b>138</b>	45	16
SE	55	157	485	<b>683</b>	641	492	285	137	123	118	108	95	75	52	22	7	2
E	59	168	521	815	<b>845</b>	742	548	285	127	118	108	95	75	52	22	7	2
NE	27	77	238	454	548	<b>551</b>	475	332	175	122	108	95	75	52	22	7	2
N	2	7	22	52	80	105	153	200	<b>217</b>	200	153	105	80	52	22	7	2
NO	2	7	22	52	75	95	108	122	175	332	475	<b>551</b>	548	454	238	77	27
O	2	7	22	52	75	95	108	118	127	285	548	742	<b>845</b>	815	521	168	59
SO	2	7	22	52	75	95	108	118	123	137	285	492	641	<b>683</b>	485	157	55
HOR.	22	63	195	419	631	815	944	1032	<b>1049</b>	1032	944	815	631	419	195	63	22

LATITUD 35° SUR																	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
S	17	47	<b>146</b>	108	81	97	108	116	118	116	108	97	81	108	<b>146</b>	47	17
SE	62	173	534	<b>673</b>	605	436	228	122	121	116	107	95	76	54	26	8	3
E	67	190	584	828	<b>846</b>	741	544	283	123	116	107	95	76	54	26	8	3
NE	32	89	274	486	588	<b>604</b>	539	401	223	122	107	95	76	54	26	8	3
N	3	8	26	56	80	131	214	279	<b>305</b>	279	214	131	80	56	26	8	3
NO	3	8	26	54	76	95	107	122	223	401	539	<b>604</b>	588	486	274	89	32
O	3	8	26	54	76	95	107	116	123	283	544	741	<b>846</b>	828	584	190	67
SO	3	8	26	54	76	95	107	116	121	122	228	436	605	<b>673</b>	534	173	62
HOR.	22	62	191	411	620	801	927	1014	<b>1030</b>	1014	927	801	620	411	191	62	22

LATITUD 40° SUR																	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
S	25	75	<b>190</b>	120	82	95	105	113	116	113	105	95	82	120	<b>190</b>	75	25
SE	55	169	624	<b>676</b>	585	405	202	117	116	113	105	93	77	57	35	6	2
E	51	157	664	<b>822</b>	819	711	521	269	120	113	105	93	77	57	35	6	2
NE	14	44	296	473	569	<b>589</b>	534	408	235	119	107	93	77	57	35	6	2
N	2	6	35	58	82	135	228	301	<b>327</b>	301	228	135	82	58	35	6	2
NO	2	6	35	57	77	93	107	119	235	408	534	<b>589</b>	569	473	296	44	14
O	2	6	35	57	77	93	105	113	120	269	521	711	<b>819</b>	822	664	157	51
SO	2	6	35	57	77	93	105	113	116	117	202	405	585	<b>676</b>	624	169	55
HOR.	19	58	184	398	601	777	900	984	<b>1000</b>	984	900	777	601	398	184	58	19

LATITUD 45° SUR																	
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
S	21	64	<b>146</b>	76	81	94	106	113	116	113	106	94	81	76	<b>146</b>	64	21
SE	53	161	617	<b>659</b>	542	334	142	117	116	113	106	94	77	58	35	5	2
E	51	156	695	<b>872</b>	759	555	285	122	113	1							

### 3.7 Transmisión cerramientos

Con la superficie de los cerramientos, la transmitancia térmica (K) y la diferencia de temperatura ( $\Delta t$  °C) de invierno, o verano (con variación horaria), procedemos a calcular la ganancia de calor por transmisión de las paredes, techos y pisos.

$$Q_{tc} = Sup. \times K \times FS \times \Delta t \text{ } ^\circ C$$

Donde:

- 
- $Q_{tc}$  : Ganancia de calor (Watt)
- Sup.: Superficie (m<sup>2</sup>)
- K: Transmitancia térmica (W/m<sup>2</sup>°C)
- FS: Factor S de TABLA 3.8.11.
- $\Delta t$  °C: Diferencia de temperatura (°C)

### 3.8 Radiación cerramientos

De la siguiente Tabla 3.8 obtenemos el coeficiente de absorción por color del cerramiento que determina el **K de radiación**.

Tabla 3.8. Coeficiente de absorción de calor.

PAREDES - Materiales	Color Claro	Color Mediano	Color Oscuro
Hormigón a la vista	-	0.70	0.80
<b>Hormigón con agregado y cemento blanco</b>	<b>0.50</b>	-	-
Revoque de cemento gris	0.50	-	-
Ladrillo común	-	0.70	0.80
Ladrillos negros oscuros	-	0.75	0.85
Ladrillos rojos	-	0.50	0.60
Revoque a la cal	0.40	0.50	-
PAREDES – Pinturas	Color Claro	Color Mediano	Color Oscuro
Amarillos	0.35	0.50	0.70
Anaranjados	0.40	0.60	0.75
Azul	0.40	0.75	0.90
Castaño	0.45	0.75	0.95
<b>Castaño claro (beige)</b>	<b>0.30</b>	0.55	0.90
Gris	0.45	0.65	0.75
Negro	-	-	0.98
Rojo	0.65	0.80	0.90
Rosa	0.45	0.55	0.70
Verde	0.40	0.70	0.85

TECHOS - Materiales	Color Claro	Color Mediano	Color Oscuro
Aluminio anodinado natural	-	0.45	-
<b>Baldosas rojas</b>	0.40	<b>0.50</b>	-
Chapa galvanizada	-	0.50	-
Fibrocemento	-	0.60	-
Techado asfáltico negro	-	-	0.85
TECHOS - Materiales	Color Claro	Color Mediano	Color Oscuro
Techado asfáltico negro con terminación. de aluminio	-	0.45	-
Tejas	-	0.50	-

Se utilizó para las paredes un coeficiente de absorción de 0.30 y 0.5; y para el piso, entepiso y techo un coeficiente de absorción de 0.50, como se indica en rojo en las tablas de arriba.

En el cálculo del balance térmico, solamente se tuvo en cuenta este coeficiente para el cálculo de la radiación de algunos ambientes (los que se encuentran expuestos al exterior) del 9º piso y en el techo de la terraza, para el salón de usos múltiples. En el resto de los pisos no se considera debido a que no están expuestos a la radiación solar.

Con el valor de K y la **pesárea (Kg./m<sup>2</sup>)** de los cerramientos se determina la I.T. (Inercia Térmica) en la Tabla 3.2.2. y con la orientación del cerramiento de la Tabla 3.6.2., obtenemos el valor del **Coef. S**.

La carga por radiación solar (solo para verano) la tenemos en la Tabla 3.6.3. para los meses de cálculo, latitudes, orientación y variación horaria.

En función a todos los factores mencionados en el párrafo anterior se procede al cálculo de la ganancia de calor por radiación en los cerramientos de la siguiente manera:

$$Q_{rc} = Sup. \times K_{rad} \times Coef. S \times Rad. Solar$$

Donde:

- $Q_{rc}$  : Ganancia de calor (Watt)
- Sup.: Superficie (m<sup>2</sup>)
- $K_{ad}$  : ( K x Prot. Solar ) (W/m<sup>2</sup>°C)
- Coef. S : Valor correctivo de la Radiación y la I.T.
- Rad. Solar :
- Radiación Solar (Watt)

### 3.9 Ganancia por iluminación

Conociendo la Potencia de Iluminación (W/m<sup>2</sup>) a suministrar o estimándose según el destino y la luminaria, obtenemos el nivel de iluminación mínimo recomendado según la **NORMA IRAM**.

Destino	Actividad	Nivel de iluminación Lux	Fluorescente W/m <sup>2</sup>	Incandescente W/m <sup>2</sup>	Dicroica W/m <sup>2</sup>
Vivienda	Mínima	200	8	20	30
Vivienda	Mediana	250	10	25	38
Vivienda	Máxima	300	12	30	45

En base al tipo de luminaria a utilizar conocemos el coeficiente térmico de la luminaria:

Tipo de luminaria	Coeficiente Térmico
Lámpara fluorescente	1.25
Lámpara incandescente	1.00
Lámpara incandescente halógena (dicroica)	1.25

Dadas las condiciones de diseño, los ambientes de cada departamento serán iluminados de la siguiente forma:

Ambiente	Luminaria	Coeficiente Térmico	Potencia de Iluminación [W/m <sup>2</sup> ]
Cocina comedor Diario	Incandescente	1	20
Dormitorio 1	Incandescente	1	20
Dormitorio 2	Incandescente	1	20
Dormitorio en Suite	Incandescente	1	20
Escritorio	Incandescente	1	30
Estar Intimo	Incandescente	1	20
Living Comedor	Incandescente	1	25

Por lo tanto la carga por iluminación se calcula de la siguiente manera:

$$Q_i = Sup. \times P_i \times Coef. Térmico$$

Donde:

- $Q_i$ : Ganancia por iluminación (Watt)
- Sup.: Superficie (m<sup>2</sup>)
- $P_i$ : Potencia de iluminación por superficie (W/m<sup>2</sup>)
- C. Térmico: Valor correctivo según la luminaria

### **3.10 Ganancia por equipos**

Se consideró para las condiciones de diseño, que los ambientes de cada departamento poseerán los siguientes equipos eléctricos en los ambientes de cada departamento.

Ambiente	Equipos	Calor Sensible [W]	Calor Latente [W]	Calor Total [W]
<b>Cocina comedor Diario</b>	Heladera con Freezer Cafetera Tostador	1390	260	1650
<b>Dormitorio 1</b>	Televisor	300	-	300
<b>Dormitorio 2</b>	Televisor	300	-	300
<b>Dormitorio en Suite</b>	Televisor	300	-	300
<b>Escritorio</b>	CPU Impresora Monitor	845	-	845
<b>Estar Intimo</b>	Televisor Equipo de Audio	450	-	450
<b>Living Comedor</b>	Televisor Equipo de Audio	450	-	450

Por lo tanto, la ganancia de calor sensible y latente generada por los equipos eléctricos se calcula como se muestra a continuación:

Calor Sensible

$$Q.s.eq = n^{\circ} cant. \times Q.s.$$

Donde:

- Q.s. eq : Ganancia de calor sensible (Watt)
- n° cant.: Cantidad de unidades (n°)
- Q.s.: Calor sensible de la unidad (Watt)

Calor Latente

$$Q.l.eq = n^{\circ} cant. \times Q.l.$$

Donde:

- Q.l. eq : Ganancia de calor latente (Watt)
- n° cant.: Cantidad de unidades (n°)
- Q.l.: Calor latente de la unidad (Watt)

**3.11 Ganancia por personas**

Con el número de ocupantes, o su estimado, calculamos los aportes de calor sensible y calor latente, en función a los valores de la siguiente tabla:

Destino	Actividad	Q <sub>t</sub> (metabólico)	Q <sub>s</sub> (calor sensible)	Q <sub>l</sub> (calor latente)
Vivienda	Mínima	100	60	40
Vivienda	Mediana	120	65	55
Vivienda	Máxima	150	75	70

## PROYECTO FINAL

### INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL

Para el cálculo de las ganancias de calor por personas, se consideró que en el escritorio hay una persona, en todas las habitaciones hay dos personas, en la cocina comedor diario y en el estar íntimo hay cuatro persona y en el living comedor seis personas. Con estas consideraciones se calcula las ganancias de calor sensible y de calor latente de la siguiente manera:

#### Calor Sensible

$$Q.s. pers. = n^{\circ} pers. \times Q.s.$$

Donde:

- Q.s.pers. : Ganancia de calor sensible (Watt)
- n° pers.: Cantidad de personas en el ambiente (n°)
- Q.s.: Calor sensible (Watt)

#### Calor Latente

$$Q.l. pers. = n^{\circ} pers. \times Q.l.$$

Donde:

- Q.l. pers. : Ganancia de calor latente (Watt)
- n° cant.: Cantidad de personas en el ambiente (n°)
- Q.l.: Calor latente (Watt)

### **3.12 Cargas totales del local**

Se procede a calcular la sumatoria de las **ganancias de verano y pérdidas de invierno**:

**Verano:**

$$Q_t local = Q.s.t. ambiente + Q.l.t ambiente$$

Donde:

- Q<sub>t</sub> ambiente: Ganancia de calor del ambiente (Watt)
- Q<sub>s.t.</sub> ambiente: Calor sensible total del ambiente (Watt)  
 $Q.s.trans + Q.s.rad + Q_i + Q.s.eq + Q.s.pers.$
- Q<sub>l.t.</sub> ambiente: Calor latente total del ambiente (Watt)  
 $Q.l.eq + Q.l.pers.$

### **3.13 Cálculo del caudal de aire**

El caudal de aire se calcula de la siguiente manera:

$$C.Aire = \frac{Q_s}{C_e \times P_e \times 60 \times (T_a - T_s)}$$

Donde:

- Ce: Calor específico del aire
- Pe: Peso específico del aire
- 60: Conversión hora-minuto
- DA: Temp. de bulbo seco (°C) interior de diseño
- Ts: Temp. De bulbo seco (°C) a la salida del equipo. Se obtiene del diagrama psicométrico.

### **3.14 Caudal de aire exterior**

Balance de verano: El **C.A.E.** (Caudal de Aire Exterior) es el porcentaje de aire exterior del equipo a acondicionar. En nuestro caso consideramos el porcentaje de aire exterior igual al 15 %. Por lo tanto, el Caudal de Aire Exterior se calcula de la siguiente manera:

$$C.A.E. = \% ae \times C.Aire$$

Donde:

- C.A.E: Caudal de Aire Exterior (m<sup>3</sup>/min.)
- % ae: Porcentaje de aire exterior (%)
- C. Aire: Caudal de aire (m<sup>3</sup>/min)

### **3.15 Ganancia de calor sensible por aire exterior en verano**

La ganancia de calor sensible por aire exterior en verano se calcula de la siguiente forma:

$$Q.s._{AE} = C.A.E. \times 20.1 \times \Delta t \text{ } ^\circ C$$

Donde:

- Q.s.AE: Calor sensible por aire exterior (Watt)
- C.A.E: Caudal de aire exterior (m<sup>3</sup>/min)
- 20.1: Factor constante (W min/m<sup>3</sup> °C) igual al producto entre el Calor Específico del aire, el Peso Específico del aire y un factor de conversión de horas a minutos (60).
- Δt °C: Diferencia de temperatura de verano (°C)

### **3.16 Ganancia de calor latente por aire exterior en verano**

La ganancia de calor sensible por aire exterior en verano se calcula de la siguiente forma:

$$Q.l._{AE} = C.A.E. \times 49.1 \times \Delta t \text{ } ^\circ C$$

Donde:

- Q.l.AE: Calor latente por aire exterior (Watt)
- C.A.E.: Caudal de aire exterior (m<sup>3</sup>/min)
- 49.1: Factor constante (W min Kg./m<sup>3</sup> gr) igual al producto entre el peso específico del aire, el calor latente de vaporización del aire y un factor de conversión para el pasaje de horas a minutos (60).
- Δt °C: Diferencia de temperatura de verano (°C)

### **3.17 Ganancia de calor sensible por aire exterior de invierno**

La ganancia de calor sensible por aire exterior de invierno se calcula de la siguiente forma:

$$Q.s._{AE} = C.A.E. \times 20.1 \times \Delta t \text{ } ^\circ C$$

Donde:

Q.s.<sub>AE</sub>: Calor sensible por aire exterior (Watt)

C.A.E: Caudal de aire exterior (m<sup>3</sup>/min)

20.1: Favor constante (W min/m<sup>3</sup>°C)

Δt °C: Diferencia de temperatura de verano (°C)

### **3.18 Carga total verano-invierno**

La ganancia total de verano se calcula como:

$$Q_{t\text{VERANO}} = Q_{t\text{ambiente}} + Q.s._{AE} + Q.l._{AE}$$

La pérdida total de invierno se calcula como:

$$Q_{t\text{INVIERNO}} = Q_{t\text{ambiente}} + Q.s._{AE}$$

### **3.19 Calor Total**

Los puntos 3.1 al 3.18, indican los pasos que se deben seguir para la realización del Balance Térmico, el cual indicará la cantidad de calor que debe ser quitado en verano o cedido en el invierno a cada ambiente del edificio a fin de poder obtener las condiciones de diseños deseadas.

La Tabla 3.19.1 y 3.19.2 indica el calor necesario para invierno y verano para la Torre N° 1 y la Torre N° 2, la Tabla 3.19.3 indica el calor necesario para invierno y verano para la terraza, hall de acceso y SUM; y la Tabla 3.19.4 el calor total de cada Torre y el Calor Total de la instalación.

**Tabla 3.19.1**

Torre	Piso	Ambiente	Calor Q en [W] Verano	Calor Q en [W] invierno
1	1	Cocina comedor diario	5316,17	1724,00
1	1	Dormitorio 1	2405,40	1016,30
1	1	Dormitorio 2	2416,91	1068,50
1	1	Dormitorio en Suite	2606,00	1349,26
1	1	Escritorio	3961,31	1711,34
1	1	Estar íntimo	3654,12	1765,11
1	1	Living Comedor	7143,53	4581,60
1	del 2ª al 8ª	Cocina comedor diario	5041,56	1724,00
1	del 2ª al 8ª	Dormitorio 1	2405,40	1016,30
1	del 2ª al 8ª	Dormitorio 2	2416,91	1068,50
1	del 2ª al 8ª	Dormitorio en Suite	2606,00	1349,26
1	del 2ª al 8ª	Escritorio	3961,31	1711,34
1	del 2ª al 8ª	Estar íntimo	3464,60	1765,11
1	del 2ª al 8ª	Living Comedor	7143,53	4581,60
1	9	Cocina comedor diario	5314,13	1724,00
1	9	Dormitorio 1	2650,15	1145,10
1	9	Dormitorio 2	2661,66	1290,72
1	9	Dormitorio en Suite	2611,89	1349,26
1	9	Escritorio	3961,31	1709,63
1	9	Estar íntimo	4240,74	1933,56
1	9	Living Comedor	8580,76	5114,83
<b>Q TOTAL TORRE Nº 1</b>			<b>246799,22</b>	<b>119995,92</b>

Tabla 3.19.2

Torre	Piso	Ambiente	Calor Q en [W] Verano	Calor Q en [W] invierno
2	1	Cocina comedor diario	4810,58	901,35
2	1	Dormitorio 1	2724,31	1163,35
2	1	Dormitorio 2	2537,65	1305,65
2	1	Dormitorio en Suite	2750,23	1027,85
2	1	Escritorio	3621,09	1509,80
2	1	Estar íntimo	3857,48	1765,11
2	1	Living Comedor	7143,53	4581,60
2	del 2ª al 8ª	Cocina comedor diario	4508,82	916,83
2	del 2ª al 8ª	Dormitorio 1	2463,92	1492,00
2	del 2ª al 8ª	Dormitorio 2	2446,18	1414,20
2	del 2ª al 8ª	Dormitorio en Suite	2489,84	1467,91
2	del 2ª al 8ª	Escritorio	3804,87	1939,35
2	del 2ª al 8ª	Estar íntimo	3857,48	1957,87
2	del 2ª al 8ª	Living Comedor	7143,53	4770,32
2	9	Cocina comedor diario	4508,82	1141,83
2	9	Dormitorio 1	2961,12	1655,68
2	9	Dormitorio 2	2892,61	1417,26
2	9	Dormitorio en Suite	2750,23	1467,91
2	9	Escritorio	3804,87	1939,35
2	9	Estar íntimo	4051,27	2048,13
2	9	Living Comedor	8066,30	5341,64
<b>Q TOTAL TORRE Nº 2</b>			<b>243482,57</b>	<b>41224,98</b>

Tabla 3.19.3

Piso	Ambiente	Calor Q en [W] Verano	Calor Q en [W] invierno
PB	Hall de acceso	14227,36	3979,51
PB	Salón de usos múltiples	10861,27	4526,56
Terraza	Salón	16248,25	12802,64
<b>Q TOTAL ESPACIOS COMPARTIDOS POR LAS TORRES</b>		<b>41336,87</b>	<b>21308,71</b>

Tabla 3.19.4

CALOR DE LA TORRE O ESPACIO COMUN	VERANO	INVIERNO
Q DE LA TORRE 1	246799,22	119995,92
Q DE LA TORRE 2	243482,57	41224,98
Q ESPACIOS COMPARTIDOS POR LAS TORRES	41336,87	21308,71
<b>QT del Edificio en KW</b>	<b>531,62</b>	<b>182,53</b>

### 3.20 Ejemplos de cálculo

A continuación se detallan dos ejemplos de cálculo para dos ambientes diferentes de una misma Torre, en los cuales se puede preciar los diferentes pasos de cálculo que se realizaron y las consideraciones realizadas.

#### Ejemplo N° 1

Cálculos del Balance Térmico para el Living Comedor de la Torre N° 2, considerando el departamento del 9° piso. La elección de este ejemplo se basa en que ese ambiente es el de mayor superficie, encontrándose en el mismo una gran superficie vidriada, todos los espesores de paredes utilizados en la construcción del edificio, la mayor cantidad de paredes orientadas en los diferentes puntos cardinales y la mayor cantidad de personas reunidas en un solo ambiente; a su vez éste departamento posee la mayor cantidad de cerramientos en contacto con el exterior.

Condiciones de diseño para verano e invierno.

#### BALANCE TERMICO

CONDICIONES DE DISEÑO		Verano				Invierno	
Localidad	Mar del Plata	Temp. BS Máx.	H.R. %	Cantidad de agua gr/Kg	Temp. B.S. Mín. ° C		
Día / Mes	21 de Enero	Exterior	33,2	84	Exterior	23,6	Exterior -0,2
Destino		Interior	24	50	Interior	9,3	Interior 20
Hora de cálculo	14	Δ Temp.	9,2		Δ Ca	14,3	Δ Temp. 20,2

DATOS DEL LOCAL:

NIVEL:

EQUIPO

SUPERFICIE: 59,27 + 0,00 = 59,27 m<sup>2</sup>

VOLUMEN: 59,27 \* 2,70 = 160,03 m<sup>3</sup>

Cálculo de la superficie real de los cerramientos

# PROYECTO FINAL

## INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL

### Cerramientos verticales y horizontales

Elemento	Exterior a tierra o interior	Orientación	Dimensión		Sup. de descuento m <sup>2</sup>	Superf. Real m <sup>2</sup>
			a-b-d-e m	h m		
Ventana 1	Ext	SO	2,2	1,8	0,00	3,96
Ventana 2	Ext	SO	2,45	2,7	0,00	6,62
Ventana 3	Ext	E	7,45	2,7	0,00	20,12
Ventana 4	Ext	NE	0,7	2,7	0,00	1,89
Ventana 5	Ext	NE	2,2	1,8	0,00	3,96
Pared 1	Ext.	SO	4,64	2,70	3,96	8,57
Pared 2	Ext.	SE	1,45	2,70	0,00	3,92
Pared 3	Ext.	SE	2,35	2,70	0,00	6,35
Pared 4	Ext.	NE	4,64	2,70	3,96	8,57
Pared 5	Ext.	NO	1,05	2,70	0,00	2,84
Pared 6	Int.	NO	9,56	2,70	13,50	12,30
Pared 7	Ext.	NO	0,76	2,70	0,000	2,05
Entrepiso y piso	Int.	Hor.				59,27
Techo	Int.	Hor.				59,27

Coeficientes de transmisión y radiación en vidrios, cerramientos verticales y cerramientos horizontales.

### Paredes, entrepiso y techo. Transmisión

Elemento	Orientación	K W/m <sup>2</sup> °C	Pesárea Kg/m <sup>2</sup>	Inercia térmica I.T.	Δ Temperatura		
					Verano		Invierno
					Factor S	° C	° C
Ventana 1	SO	1,4	sin	sin	1	9,20	20,20
Ventana 2	SO	1,4	sin	sin	1	9,20	20,20
Ventana 3	E	1,4	sin	sin	1	9,20	20,20
Ventana 4	NE	1,4	sin	sin	1	9,20	20,20
Ventana 5	NE	1,4	sin	sin	1	9,20	20,20
Pared 1	SO	0,79	281,08	8 o +	0,674	9,20	20,20
Pared 2	SE	0,79	281,08	8 o +	0,674	9,20	20,20
Pared 3	SE	0,79	281,08	8 o +	0,674	9,20	20,20
Pared 4	NE	0,79	281,08	8 o +	0,674	9,20	20,20
Pared 5	NO	0,79	281,08	8 o +	0,674	9,20	20,20
Pared 6	NO	0,79	281,08	sin	0,674	4,00	4,00
Pared 7	NO	0,79	281,08	8 o +	0,674	9,20	20,20
Entrepiso y piso	Hor.	1,18	447,00	8 o +	0,67	4,60	10,10
Techo	Hor.	1,18	447,00	8 o +	0,67	9,20	20,20

### Paredes, entrepiso y techo. Radiación

Elemento	Orientación	K radiación			Coeficiente S	Radiación
		K W/m <sup>2</sup> °C	rotección solar	Coeficiente absorción		solar W
Ventana 1	SO	0,98	0,7		0,058	202,00
Ventana 2	SO	0,98	0,7		0,058	202,00
Ventana 3	E	0,98	0,7		0,127	105,00
Ventana 4	NE	0,98	0,7		0,112	107,00
Ventana 5	NE	0,98	0,7		0,112	107,00
Pared 1	SO	0,24		0,3	0,017	202,00
Pared 2	SE	0,24		0,3	0,086	105,00
Pared 3	SE	0,24		0,3	0,086	105,00
Pared 4	NE	0,24		0,3	0,113	107,00
Pared 5	NO	0,24		0,3	0,013	534,00
Pared 6	NO	0,24		0,3	0,013	0,00
Pared 7	NO	0,24		0,3	0,013	534,00
Entrepiso y piso	Hor.	0,59		0,50	0,01	0,00
Techo	Hor.	0,59		0,50	0,01	900,00

**PROYECTO FINAL**

**INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL**

Cálculo de la ganancia de calor sensible por transmisión en verano y en invierno.

Elemento	Orientación	Q de transmisión		Q de radiación
		Q sensible de verano	Q sensible de invierno	Q sensible de verano
Ventana 1	SO	51,00	111,99	45,47
Ventana 2	SO	85,20	187,07	75,95
Ventana 3	E	259,08	568,85	262,87
Ventana 4	NE	24,34	53,45	22,20
Ventana 5	NE	51,00	111,99	46,51
Pared 1	SO	41,97	92,15	6,97
Pared 2	SE	19,18	42,11	8,38
Pared 3	SE	31,08	68,24	13,58
Pared 4	NE	41,97	92,15	24,55
Pared 5	NO	13,89	30,49	4,66
Pared 6	NO	26,19	26,19	0,00
Pared 7	NO	10,05	22,07	3,38
Entrepiso y piso	Hor.	216,84	476,10	0,00
Techo	Hor.	433,68	952,20	314,72
		<b>1305,48</b>	<b>2835,07</b>	<b>829,24</b>

Cálculo de las ganancias de calor sensible y latente para otras cargas.

**Otras cargas**

Iluminación	Sup. m <sup>2</sup>	Ilumin. W/m <sup>2</sup>	Coef. Térm.	QT W
	59,27	25,00	1,00	<b>1481,75</b>

Equios	Cant. Unidades	QI W	QS W	QT W
Equipo de Audio	1,00	0,00	150,00	150,00
Televisor	1,00	0,00	300,00	300,00
				<b>450,00</b>

Personas	Cant. Personas	QI W	QS W	QT W
	6,00	330,00	390,00	<b>720</b>

Calor total de verano, como suma de los calores latentes y sensibles.

**QI TOTAL ver = 330,0 W**

**Qs TOTAL ver = 4.456,5 W**

**Q TOTAL ver = 4.786,5 W**

# PROYECTO FINAL

## INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL

Cálculo del caudal de aire y cantidad de aire exterior.

C. Aire =

C.A.E. =

% Aire exterior =

Zd =

Zh =

nº renov.=

C.A. =

Cálculo del calor sensible total de invierno.

Qs TOTAL inv =

Qe =

Ganancias totales de calor para verano e invierno.

<b>Verano</b>	<i>Cantidad de calor por unidad de volumen</i>
<b>QTver = 8066,3 W</b>	<b>50,41 W/m³</b>
<b>Invierno</b>	<i>Cantidad de calor por unidad de volumen</i>
<b>QTinv = 5341,64 W</b>	<b>33,38 W/m³</b>

### Ejemplo N° 2

Por último se detalla el cálculo del Balance Térmico para el Estar Intimo de la Torre N° 2, considerando nuevamente el departamento del 9º piso. La elección de este ejemplo se basa en que este ambiente en la desfavorabilidad que tiene este ambiente debido a su gran superficie vidriada, su orientación y el no poseer una pared que lo separe de los pasillos del departamento.

Condiciones de diseño para verano e invierno.

### BALANCE TERMICO

CONDICIONES DE DISEÑO		Verano			Invierno		
Localidad	Mar del Plata	Temp. BS Máx.	H.R. %	Cantidad de agua gr/Kg	Temp. B.S. Min. ° C		
Día / Mes	21 de Enero	Exterior	33,2	84	Exterior	23,6	Exterior -0,2
Destino		Interior	24	50	Interior	9,3	Interior 20
Hora de cálculo	14	Δ Temp.	9,2		Δ Ca	14,3	Δ Temp. 20,2

SUPERFICIE:  +  =

VOLUMEN:  \*  =

# PROYECTO FINAL

## INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL

### Cálculo de la superficie real de los cerramientos

#### Cerramientos verticales y horizontales

Elemento	Exterior a tierra o interior	Orientación	Dimensión		Supef. de descuento m <sup>2</sup>	Superf. Real m <sup>2</sup>
			a-b-d-e m	h m		
Ventana 1	Ext.	NE	1,71	2,70	0,00	4,62
Ventana 2	Ext.	NO	4,38	2,70	0,00	11,83
Ventana 3	Ext.	SO	1,71	2,70	0,00	4,62
Pared 1	Int.	SOS	2,74	2,70	0,00	7,40
Pared 2	Int.	NE	2,74	2,70	0,00	7,40
Entrepiso y piso	Int.	Hor.				20,56
Techo	Int.	Hor.				20,56

### Coeficientes de transmisión y radiación en vidrios, cerramientos verticales y cerramientos horizontales.

#### Paredes, entrepiso y techo. Transmisión

Elemento	Orientación	K W/m <sup>2</sup> °C	Pesárea Kg/m <sup>2</sup>	Inercia térmica I.T.	Δ Temperatura		
					Verano		Invierno
					Factor S	° C	° C
Ventana 1	NE	1,40	sin	sin	1,00	9,20	20,20
Ventana 2	NO	1,40	sin	sin	1,00	9,20	20,20
Ventana 3	SO	1,40	sin	sin	1,00	9,20	20,20
Pared 1	SO	2,45	107,04	sin	1,00	4,00	4,00
Pared 2	NE	2,45	107,04	sin	1,00	4,00	4,00
Entrepiso y piso	Hor.	1,18	447,00	8 o +	0,67	4,60	4,60
Techo	Hor.	1,18	447,00	8 o +	0,67	9,20	20,20

#### Paredes, entrepiso y techo. Radiación

Elemento	Orientación	K radiación			Coeficiente S	Radiación
		K W/m <sup>2</sup> °C	Protección solar	Coeficiente absorción		solar W
Ventana 1	NE	0,98	0,7		0,11	107,00
Ventana 2	NO	0,98	0,7		0,07	534,00
Ventana 3	SO	0,98	0,7		0,06	202,00
Pared 1	SO	0,74		0,3	0,02	0,00
Pared 2	NE	0,74		0,3	0,11	0,00
Entrepiso y piso	Hor.	0,59		0,50	0,01	0,00
Techo	Hor.	0,59		0,50	0,01	900,00

### Cálculo de la ganancia de calor sensible por transmisión en verano y en invierno.

Elemento	Orientación	Q de transmisión		Q de radiación
		Q sensible de verano	Q sensible de invierno	Q sensible de verano
Ventana 1	NE	59,47	130,57	54,22
Ventana 2	NO	152,32	334,44	420,84
Ventana 3	SO	59,47	130,57	53,01
Pared 1	SO	72,50	72,50	0,00
Pared 2	NE	72,50	72,50	0,00
Entrepiso y piso	Hor.	75,22	75,22	0,00
Techo	Hor.	150,44	330,31	109,17
		<b>641,91</b>	<b>1146,10</b>	<b>637,25</b>

## PROYECTO FINAL

### INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL

Cálculo de las ganancias de calor sensible y latente para otras cargas.

#### Otras cargas

Iluminación	Sup. m <sup>2</sup>	Ilumin. W/m <sup>2</sup>	Coef. Térm.	QT W
	20,56	20,00	1,00	411,20

Equios	Cant. Unidades	QI W	QS W	QT W
Equipo de Audio	1,00	0,00	150,00	150,00
Televisor	1,00	0,00	300,00	300,00
				450,00

Personas	Cant. Personas	QI W	QS W	QT W
	2,00	110,00	130,00	240

Calor total de verano, como suma de los calores latentes y sensibles.

QI TOTAL ver = 110,0 W

Qs TOTAL ver = 2.270,4 W

Q TOTAL ver = 2.380,4 W

Cálculo del caudal de aire y cantidad de aire exterior.

C. Aire = 0,61 m<sup>3</sup>/min

C.A.E. = 0,09 m<sup>3</sup>/min

% Aire exterior = 15

Zd = 0,15

Zh = 0,05

nº renov. = 2

C.A. = 2,00 m<sup>3</sup>/h

Cálculo del calor sensible total de invierno.

Qs TOTAL inv = 1375,32 W

Qe = 672,81 W

## PROYECTO FINAL

### INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL

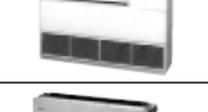
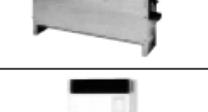
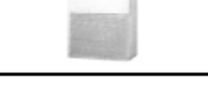
---

Ganancias totales de calor para verano e invierno.

<b>Verano</b>	<i>Cantidad de calor por unidad de volumen</i>
<b><math>QT_{ver} = 4051,27 \text{ W}</math></b>	<b><math>72,98 \text{ W/m}^3</math></b>
<b>Invierno</b>	<i>Cantidad de calor por unidad de volumen</i>
<b><math>QT_{inv} = 2048,13 \text{ W}</math></b>	<b><math>36,90 \text{ W/m}^3</math></b>

## CAPITULO 4: SELECCIÓN DE EQUIPOS

Una vez finalizado el balance térmico, procedimos a seleccionar las unidades interiores. Para realizar esta selección se tuvo en cuenta la ubicación de las unidades en cada ambiente como así también cual unidad provee un mayor confort, para ello se utilizó la siguiente tabla de selección:

Type	Appearance	Model name	Capacity rank	Capacity code	Cooling capacity (kW)	Heating capacity (kW)		
4-way Air Discharge Cassette Type		MMU-AP0091H	009 type	1	2.8	3.2		
		MMU-AP0121H	012 type	1.25	3.6	4.0		
		MMU-AP0151H	015 type	1.7	4.5	5.0		
		MMU-AP0181H	018 type	2	5.6	6.3		
		MMU-AP0241H	024 type	2.5	7.1	8.0		
		MMU-AP0271H	027 type	3	8.0	9.0		
		MMU-AP0301H	030 type	3.2	9.0	10.0		
		MMU-AP0361H	036 type	4	11.2	12.5		
		MMU-AP0481H	048 type	5	14.0	16.0		
2-way Air Discharge Cassette Type		MMU-AP0071WH	007 type	0.8	2.2	2.5		
		MMU-AP0091WH	009 type	1	2.8	3.2		
		MMU-AP0121WH	012 type	1.25	3.6	4.0		
		MMU-AP0151WH	015 type	1.7	4.5	5.0		
		MMU-AP0181WH	018 type	2	5.6	6.3		
		MMU-AP0241WH	024 type	2.5	7.1	8.0		
		MMU-AP0271WH	027 type	3	8.0	9.0		
		MMU-AP0301WH	030 type	3.2	9.0	10.0		
		MMU-AP0481WH(*)	048 type	5	14.0	16.0		
1-way Air Discharge Cassette Type		MMU-AP0071YH	007 type	0.8	2.2	2.5		
		MMU-AP0091YH	009 type	1	2.8	3.2		
		MMU-AP0121YH	012 type	1.25	3.6	4.0		
		MMU-AP0151YH	015 type	1.7	4.5	5.0		
		MMU-AP0181SH	018 type	2	5.6	6.3		
Concealed Duct Standard Type		MMU-AP0241SH	024 type	2.5	7.1	8.0		
		MMD-AP0071BH	007 type	0.8	2.2	2.5		
		MMD-AP0091BH	009 type	1	2.8	3.2		
		MMD-AP0121BH	012 type	1.25	3.6	4.0		
		MMD-AP0151BH	015 type	1.7	4.5	5.0		
		MMD-AP0181BH	018 type	2	5.6	6.3		
		MMD-AP0241BH	024 type	2.5	7.1	8.0		
		MMD-AP0271BH	027 type	3	8.0	9.0		
		MMD-AP0301BH	030 type	3.2	9.0	10.0		
		MMD-AP0361BH	036 type	4	11.2	12.5		
		MMD-AP0481BH	048 type	5	14.0	16.0		
		MMD-AP0561BH	056 type	6	16.0	18.0		
		Concealed Duct High Static Pressure Type		MMD-AP0181H	018 type	2	5.6	6.3
				MMD-AP0241H	024 type	2.5	7.1	8.0
MMD-AP0271H	027 type			3	8.0	9.0		
MMD-AP0361H	036 type			4	11.2	12.5		
MMD-AP0481H	048 type			5	14.0	16.0		
MMD-AP0721H	072 type			8	22.4	25.0		
MMD-AP0961H	096 type			10	28.0	31.5		
Under Ceiling Type				MMC-AP0151H	015 type	1.7	4.5	5.0
		MMC-AP0181H	018 type	2	5.6	6.3		
		MMC-AP0241H	024 type	2.5	7.1	8.0		
		MMC-AP0271H	027 type	3	8.0	9.0		
		MMC-AP0361H	036 type	4	11.2	12.5		
		MMC-AP0481H	048 type	5	14.0	16.0		
High Wall Type		MMK-AP0071H	007 type	0.8	2.2	2.5		
		MMK-AP0091H	009 type	1	2.8	3.2		
		MMK-AP0121H	012 type	1.25	3.6	4.0		
		MMK-AP0151H	015 type	1.7	4.5	5.0		
		MMK-AP0181H	018 type	2	5.6	6.3		
Floor Standing Cabinet Type		MMK-AP0241H	024 type	2.5	7.1	8.0		
		MML-AP0071H	007 type	0.8	2.2	2.5		
		MML-AP0091H	009 type	1	2.8	3.2		
		MML-AP0121H	012 type	1.25	3.6	4.0		
		MML-AP0151H	015 type	1.7	4.5	5.0		
Floor Standing Concealed Type		MML-AP0181H	018 type	2	5.6	6.3		
		MML-AP0241H	024 type	2.5	7.1	8.0		
		MML-AP0071BH	007 type	0.8	2.2	2.5		
		MML-AP0091BH	009 type	1	2.8	3.2		
		MML-AP0121BH	012 type	1.25	3.6	4.0		
Floor Standing Type		MML-AP0151BH	015 type	1.7	4.5	5.0		
		MML-AP0181BH	018 type	2	5.6	6.3		
		MML-AP0241H	024 type	2.5	7.1	8.0		
		MMF-AP0151H	015 type	1.7	4.5	5.0		
		MMF-AP0181H	018 type	2	5.6	6.3		
		MMF-AP0241H	024 type	2.5	7.1	8.0		
Floor Standing Type		MMF-AP0271H	027 type	3	8.0	9.0		
		MMF-AP0361H	036 type	4	11.2	12.5		
		MMF-AP0481H	048 type	5	14.0	16.0		
		MMF-AP0561H	056 type	6	16.0	18.0		

### 4.1 Selección de equipos

De la tabla anterior se seleccionaron para el Living Comedor y para la Cocina Comedor Diario equipos de cuatro vías. Para las habitaciones se utilizaron unidades para conexión de conductos y para el Escritorio y el Estar Intimo se seleccionaron equipos de pared.

La capacidad de potencia de cada unidad seleccionada debió ser mayor que la capacidad obtenida por medio del balance térmico, debido a que las capacidades de las unidades deben ser afectadas por factores de corrección.

Luego de ser seleccionadas las unidades interiores se confecciona la siguiente tabla:

Carga de Aire Acondicionado			Selección				
PISO	Habitacion	Carga en [KW] del ambiente	Unidad Interior				
			Modelo	Cant.	Cód. de cap.	Cap. [KW]	Cap.Total [KW]
1°	CCD 21	4466,52	MMU-AP0181WH	1	2	5,6	5,6
	D 1 21	2554,98	MMD-AP0121BH	1	1,25	3,6	3,6
	D 2 21	2583,95	MMD-AP0121BH	1	1,25	3,6	3,6
	D en S 21	4105,32	MMD-AP0151BH	1	1,7	4,5	4,5
	E 21	3567,01	MMK-AP0151H	1	1,7	4,5	4,5
	EI 21	3815,25	MMK-AP0151H	1	1,7	4,5	4,5
	LC 21	7066,01	MMU-AP0151H	2	1,7	4,5	9
2°	CCD 22	4154,26	MMU-AP0181WH	1	2	5,6	5,6
	D 1 22	2554,98	MMD-AP0121BH	1	1,25	3,6	3,6
	D 2 22	2583,95	MMD-AP0121BH	1	1,25	3,6	3,6
	D en S 22	4105,32	MMD-AP0151BH	1	1,7	4,5	4,5
	E 22	3567,01	MMK-AP0151H	1	1,7	4,5	4,5
	EI 22	3815,25	MMK-AP0151H	1	1,7	4,5	4,5
	LC 22	7066,01	MMU-AP0151H	2	1,7	4,5	9
3°	CCD 23	4154,26	MMU-AP0181WH	1	2	5,6	5,6
	D 1 23	2554,98	MMD-AP0121BH	1	1,25	3,6	3,6
	D 2 23	2583,95	MMD-AP0121BH	1	1,25	3,6	3,6
	D en S 23	4105,32	MMD-AP0151BH	1	1,7	4,5	4,5
	E 23	3567,01	MMK-AP0151H	1	1,7	4,5	4,5
	EI 23	3815,25	MMK-AP0151H	1	1,7	4,5	4,5
	LC 23	7066,01	MMU-AP0151H	2	1,7	4,5	9
Suma de capacidades =							<b>105,9</b>
Suma de códigos de capacidad =							<b>39</b>
Cantidad de unidades =							<b>24</b>

Esta es una de las tablas que se utilizó para realizar la selección de los equipos de los ambientes correspondientes a los departamentos del 1°, 2° y 3° piso de la Torre N° 2 donde se muestra las pérdida de calor total de cada ambiente, el modelo de equipo seleccionado, el código de capacidad (esta es una codificación del fabricante que se utiliza para la selección de cañerías, el valor del código si bien es distinto a la capacidad real en KW guarda una relación con la capacidad) y la potencia de cada unidad.

Antes de continuar con la selección de las unidades, se tuvo que realizar diferentes tablas en las cuales se detallan las longitudes de todos los caños de refrigerante que se utilizarán en cada conjunto de las unidades exteriores.

A continuación se muestran las tablas con las longitudes de todos los tramos de cañerías que hay en la instalación.

**PROYECTO FINAL**

**INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL**

Longitudes de las cañerías de los departamentos de la TORRE N° 1		Longitudes de las cañerías de los departamentos de la TORRE N° 2	
Tramo de cañería	Longitud de la cañería [m]	Tramo de cañería	Longitud de la cañería [m]
L1_1	1,59	L2_1	1,85
L1_2	2,33	L2_2	2,32
L1_3	0,78	L2_3	0,78
L1_4	10,85	L2_4	10,62
L1_5	5,27	L2_5	5,73
L1_6	2,08	L2_6	2,08
L1_7	3,66	L2_7	3,66
L1_8	4,32	L2_8	4,33
L1_9	1,62	L2_9	1,55
L1_10	3,70	L2_10	3,70
L1_11	4,40	L2_11	4,72
<b>TL_1</b>	<b>40,60</b>	<b>TL_2</b>	<b>41,34</b>

Ver referencias en plano: Planta Tipo Longitud. Dwg

Altura de las cañerías desde el techo de la terraza hasta el techo de la planta baja	
Tramo de cañería	Longitud de la cañería [m]
L_t t a: Long.del techo de la terraza al techo de la azotea	1,60
L_t a_9p: Long.del techo de la azotea al techo del 9°	3,28
L_9p_8p: Long.del techo del 9° al techo del 8°	2,98
L_8p_7p: Long.del techo del 8° al techo del 7°	2,98
L_7p_6p: Long.del techo del 7° al techo del 6°	2,98
L_6p_5p: Long.del techo del 6° al techo del 5°	2,98
L_5p_4p: Long.del techo del 5° al techo del 4°	2,98
L_4p_3p: Long.del techo del 4° al techo del 3°	2,98
L_3p_2p: Long.del techo del 3° al techo del 2°	2,98
L_2p_1p: Long.del techo del 2° al techo del 1°	2,98
L_1p_PB: Long.del techo del 1° al techo del PB	2,98
<b>TL_altura</b>	<b>31,70</b>

Ver referencias en plano: Corte Longitud. Dwg

Longitud de la cañería de la PB de la TORRE N° 1	
Tramo de cañería	Long. de cañería [m]
L1_PB1	1,36
L1_PB2	4,10
<b>TL_1</b>	<b>9,56</b>

Ver referencias en plano: Planta Baja Longitud. Dwg

Longitud del Salón de la Terraza de la TORRE N° 1		Longitud del Salón de la Terraza de la TORRE N° 2	
Tramo de cañería	Long. de cañería [m]	Tramo de cañería	Long. de cañería [m]
L1_st1	1,35	L2_st1	1,35
L1_st2	5,51	L2_st2	1,59
<b>TL_1</b>	<b>6,86</b>	<b>TL_2</b>	<b>2,94</b>

Ver referencias en plano: Planta Terraza Longitud. Dwg

Longitud de las línea de los ramales principales de los conjuntos	
Ramal	Longitud [m]
Línea entre el techo de la terraza y el 7º Piso	10,84
Línea entre el techo de la terraza y el 4º Piso	19,78
Línea ente el techo de la terraza y la PB	31,70

Ver referencias en plano: Planta de Corte Longitud. Dwg

Longitud de las cañerías de conexión entre las unidades exteriores y los ramales principales			
TORRE N° 1		TORRE N°2	
Línea N° 1 (desde la Terraza, hasta el 7º Piso)		Línea N° 1 (desde la Terraza, hasta el 7º Piso)	
Cañería	Longitud	Cañería	Longitud
L11_az1	4,11	L21_az1	2,07
L11_az2	1,05	L21_az2	1,05
L11_az3	1,05	L21_az3	1,05
L11_az4	1,05	L21_az4	1,05
L11_eq1	0,5	L21_eq1	0,50
L11_eq2	0,5	L21_eq2	0,50
L11_eq3	0,5	L21_eq3	0,50
L11_eq4	0,5	L21_eq4	0,50
<b>TL11</b>	<b>9,26</b>	<b>TI21</b>	<b>7,22</b>
Línea N° 2 (desde el 6º Piso, hasta el 4º Piso)		Línea N° 2 (desde el 6º Piso, hasta el 4º Piso)	
Cañería	Longitud	Cañería	Longitud
L12_az1	8,31	L22_az1	6,4
L12_az2	1,05	L22_az2	1,05
L12_az3	1,05	L22_az3	1,05
L12_az4	1,05	L22_az4	1,05
L12_az5	1,05	-	-
L12_eq1	0,50	L22_eq1	0,5
L12_eq2	0,50	L22_eq2	0,5
L12_eq3	0,50	L22_eq3	0,5
L12_eq4	0,50	L22_eq4	0,5
<b>TL12</b>	<b>14,51</b>	<b>TI22</b>	<b>11,55</b>
Línea N° 3 (desde el 3º Piso, hasta la PB)		Línea N° 3 (desde el 3º Piso, hasta la PB)	
Cañería	Longitud	Cañería	Longitud
L13_az1	8,88	L23_az1	7,90
L13_az2	1,05	L23_az2	1,05
L13_az3	1,05	L23_az3	1,05
L13_az4	1,05	L23_az4	1,05
L13_az5	1,05	L23_az5	1,05
L13_eq1	0,50	L23_eq1	0,50
L13_eq2	0,50	L23_eq2	0,50
L13_eq3	0,50	L23_eq3	0,50
L13_eq4	0,50	L23_eq4	0,50
L13_eq5	0,50	L23_eq5	0,50
<b>TL13</b>	<b>15,58</b>	<b>TI23</b>	<b>14,10</b>

Ver referencias en plano: Sala de máquinas última - Longitud. Dwg

Con las distancias medidas de los caños de refrigerante para cada conjunto de refrigeración, se contrastaron estos con los valores máximos admisibles fijados por el fabricante. Los valores máximos fijados por el fabricante se muestran en la Tabla 4.1.1:

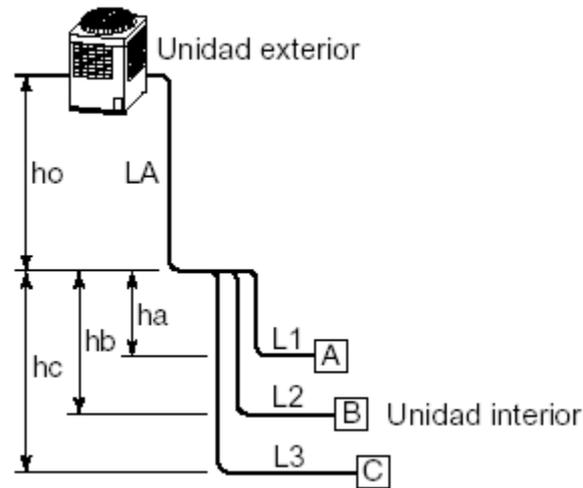


Figura 4.1.1

Tabla 4.1.1

Longitud de las cañerías	Longitud total de caños (caños de líquido, longitud real)	300	$LA+LB+La+Lb+Lc+Ld+L1+L2+L3+L4+L5+L6+L7+a+b+c+d+e+f+g+h+i+j$	
	Máxima longitud ente la primer unidad exterior y la unidad interior más alejada	Longitud real	150	$LA+LB+Ld+L1+L3+L4+L5+L6+J$
		Longitud equivalente	175	
	Longitud equivalente entre el primer derivador del caño principal y la unidad interior más alejada	65	$L3+L4+L5+L6+j$	
	Longitud equivalente entre unidades exteriores	25	$LA+LB+Ld$	
	Longitud del caño principal	85	$L1$	
	Máxima longitud de las unidades exteriores	10	$Ld$	
Máxima longitud de cañerías de las unidades interiores, desde los derivadores hasta los equipos	30	$a,b,c,d,e,f,g,h,i,j$		
Diferencia de altura	Máxima diferencia de altura entre unidades interiores y exteriores	50	$h_0+(h_a,h_b,h_c)$	
	Máxima diferencia de altura entre unidades interiores	30	$h_c-h_a$	

En la Tabla 4.1.2 se muestra se muestra la comparación de los valores fijados por el fabricante en función a los valores medidos para cada conjunto en los planos de instalación.

Tabla 4.1.2

Longitudes máximas de la cañería	Recomendación máxima [m] <=	Longitud de la instalación N° 1. De la terraza al 7° Piso	Longitud de la instalación N° 2. Del 6° Piso al 4° Piso	Longitud de la instalación N° 3. Del 3° Piso a la PB
		Torre N° 1	Torre N° 1	Torre N° 1
Longitud total	300	148,76	156,09	174,54
Longitud más lejana	150	45,16	59,35	71,84
Longitud del derivador de la línea principal a el último dpto	65	37,40	32,52	32,52
Longitud entre unidades exteriores	25	3,65	3,65	4,70
Longitud del caño principal	85	6,16	23,18	36,69
Máxima longitud de caños de las unidades exteriores	10	3,05	3,05	3,55
Máxima longitud de cañerías de las unidades interiores	30	10,32	3,66	3,66
Máxima diferencia de altura entre las unidades exteriores y las unidades interiores	50	10,84	19,78	31,74
Máxima diferencia de altura entre unidades interiores	30	9,24	8,94	8,94

Longitudes máximas de la cañería	Recomendación máxima [m] <=	Longitud de la instalación N° 1. De la terraza al 7° Piso	Longitud de la instalación N° 2. Del 6° Piso al 4° Piso	Longitud de la instalación N° 3. Del 3° Piso a la PB
		Torre N° 2	Torre N° 2	Torre N° 2
Longitud total	300	145,02	155,37	171,18
Longitud más lejana	150	43,60	56,87	71,34
Longitud del derivador de la línea principal a el último dpto	65	37,88	33,00	33,00
Longitud entre unidades exteriores	25	3,65	3,65	4,70
Longitud del caño principal	85	4,12	21,27	31,71
Máxima longitud de caños de las unidades exteriores	10	3,05	3,05	3,55
Máxima longitud de cañerías de las unidades interiores	30	3,66	3,66	3,66
Máxima diferencia de altura entre las unidades exteriores y las unidades interiores	50	10,84	19,78	31,7
Máxima diferencia de altura entre unidades interiores	30	9,24	8,94	8,94

La Tabla 4.1.2, se utilizará más adelante para la selección de los diámetros de las cañerías de refrigerante.

Para conocer el rendimiento de las unidades interiores, se debe obtener el factor de corrección por longitud de cañería y el factor de corrección por temperatura. Estos factores de corrección multiplican al valor de la capacidad de potencia de cada unidad interior obteniéndose así la capacidad máxima de rendimiento.

#### 4.1.1 Factor de corrección por longitud de cañería.

Para obtener este factor, se debe ingresar al gráfico con la máxima longitud total equivalente de cañería 71.84 m; y con la máxima diferencia de alturas de 31.71 m como se muestra en la figura 4.1.1.

El valor obtenido de la intersección de estos dos valores nos indica el factor de corrección por longitud de cañería, el cual puede coincidir con alguna de las rectas interiores del gráfico u obtenerse por la iteración de los valores.

En nuestro caso coincide con la recta de 86 %.

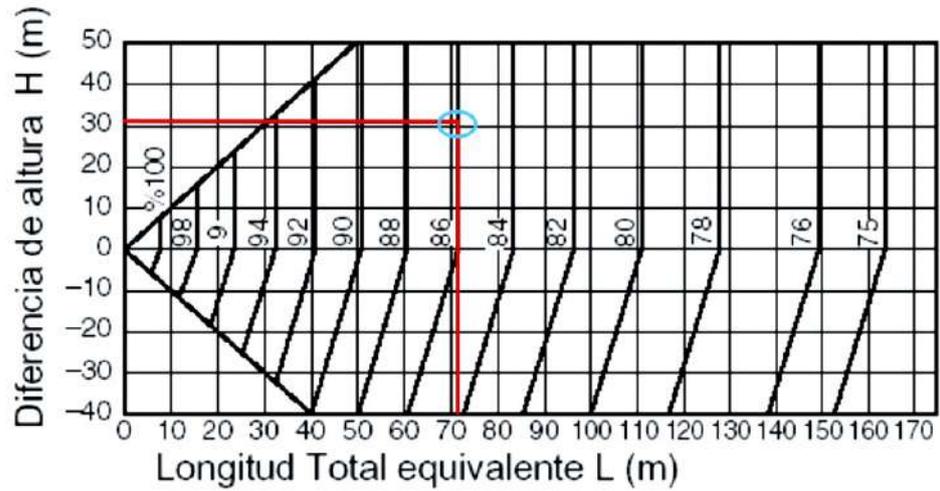


Figura 4.1.2.

El valor obtenido para el factor de corrección por longitud de cañería es 0.86

**4.1.2 Factor de corrección por temperatura exterior.**

Para obtener el factor de corrección por temperatura exterior, se debe realizar el siguiente procedimiento. Se ingresa al gráfico con el valor de la temperatura máxima exterior de diseño (33.2 °C) hasta interceptar la curva de color negro. Luego moviéndonos en forma horizontal hacia la izquierda obtenemos el valor del factor de corrección por temperatura exterior.

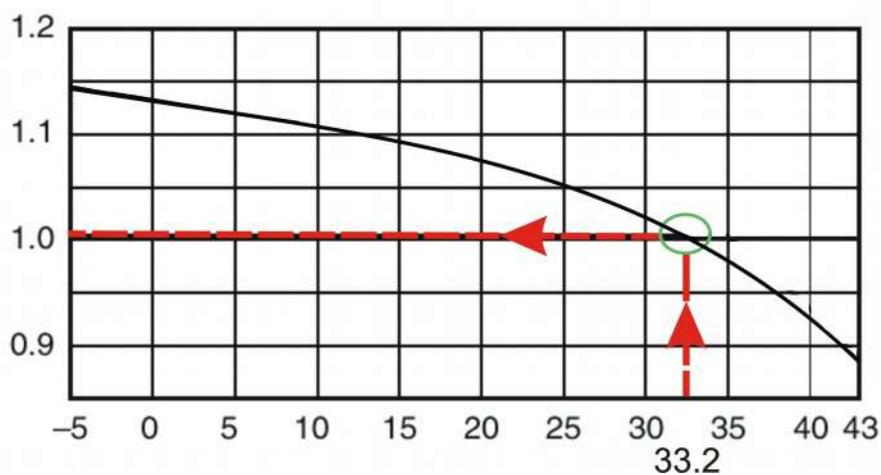


Figura 4.1.3.

El valor obtenido para el factor de corrección por temperatura exterior es 1

## PROYECTO FINAL

### INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL

El coeficiente total de corrección se obtiene por la multiplicación de los coeficientes de longitud de cañería y temperatura exterior.

Una vez obtenido el coeficiente total de corrección, se multiplica por la capacidad de cada unidad interior, obteniéndose así, la capacidad real del equipo en [KW].

A continuación se muestra la Tabla 4.1.3 donde se puede observar el procedimiento realizado para la obtención de la capacidad real de cada unidad interior.

**Tabla 4.1.3**

Carga de Aire Acondicionado			Selección					Máx. long. Equiv. [m]	Máx. dif.de altura [m]	Coef. de corrección Total	Cap. real del equipo [KW]
PISO	Habitacion	Carga en [KW] del ambiente	Unidad Interior								
			Modelo	Cant.	Cód. de cap.	Cap. [KW]	Cap.Total [KW]				
1º	CCD 21	4466,52	MMU-AP0181WH	1	2	5,6	5,6	71,34	31,7	0,86	4,816
	D 1 21	2554,98	MMD-AP0121BH	1	1,25	3,6	3,6				3,096
	D 2 21	2583,95	MMD-AP0121BH	1	1,25	3,6	3,6				3,096
	D en S 21	4105,32	MMD-AP0151BH	1	1,7	4,5	4,5				3,87
	E 21	3567,01	MMK-AP0151H	1	1,7	4,5	4,5				3,87
	Ei 21	3815,25	MMK-AP0151H	1	1,7	4,5	4,5				3,87
	LC 21	7066,01	MMU-AP0151H	2	1,7	4,5	9				7,74
	CCD 22	4154,26	MMU-AP0181WH	1	2	5,6	5,6				4,816
2º	D 1 22	2554,98	MMD-AP0121BH	1	1,25	3,6	3,6	3,096			
	D 2 22	2583,95	MMD-AP0121BH	1	1,25	3,6	3,6	3,096			
	D en S 22	4105,32	MMD-AP0151BH	1	1,7	4,5	4,5	3,87			
	E 22	3567,01	MMK-AP0151H	1	1,7	4,5	4,5	3,87			
	Ei 22	3815,25	MMK-AP0151H	1	1,7	4,5	4,5	3,87			
	LC 22	7066,01	MMU-AP0151H	2	1,7	4,5	9	7,74			
	CCD 23	4154,26	MMU-AP0181WH	1	2	5,6	5,6	4,816			
	3º	D 1 23	2554,98	MMD-AP0121BH	1	1,25	3,6	3,6	3,096		
D 2 23		2583,95	MMD-AP0121BH	1	1,25	3,6	3,6	3,096			
D en S 23		4105,32	MMD-AP0151BH	1	1,7	4,5	4,5	3,87			
E 23		3567,01	MMK-AP0151H	1	1,7	4,5	4,5	3,87			
Ei 23		3815,25	MMK-AP0151H	1	1,7	4,5	4,5	3,87			
LC 23		7066,01	MMU-AP0151H	2	1,7	4,5	9	7,74			

Suma de capacidades = **105,9**

Suma de códigos de capacidad = **39**

Cantidad de unidades = **24**

El valor obtenido de la capacidad real del equipo debe ser mayor o igual que el valor calculado para cada ambiente por medio del Balance Térmico. Si el valor real es menor que el valor de cálculo, debe volverse atrás y seleccionar una unidad interior de mayor capacidad, de manera tal que al afectarla por el coeficiente de corrección total, el valor resultante sea mayor que el de cálculo.

Si todas las unidades interiores han sido bien seleccionadas, el siguiente paso consiste en seleccionar el conjunto de unidades exteriores.

En la siguiente Tabla 4.1.4 se muestran todas las combinaciones existentes de Unidades Exteriores con sus correspondientes capacidades máximas de frío y calor, la cantidad de Unidades Exteriores que componen el conjunto y la máxima cantidad de unidades interiores que acepta el sistema.

Tabla 4.1.4

Corresponding HP	5 HP	6 HP	8 HP	10 HP	12 HP	14 HP	16 HP	18 HP	20 HP
Combined Model	MMY- MAP0501HT8	MAP0601HT8	MAP0801HT8	MAP1001HT8	MAP1201HT8	AP1401HT8	AP1601HT8	AP1801HT8	AP2001HT8
	MMY- MAP0501HT7	MAP0601HT7	MAP0801HT7	MAP1001HT7	MAP1201HT7	AP1401HT7	AP1601HT7	AP1801HT7	AP2001HT7
	MMY- MAP0501T8	MAP0601T8	MAP0801T8	MAP1001T8	MAP1201T8	AP1401T8	AP1601T8	AP1801T8	AP2001T8
Cooling capacity (kW)	14.0	16.0	22.4	28.0	33.5	38.4	45.0	50.4	56.0
Heating capacity (kW)	16.0	18.0	25.0	31.5	37.5	43.0	50.0	56.5	63.0
Combined outdoor units	5 HP	6 HP	8 HP	10 HP	12 HP	8 HP	8 HP	8 HP	10 HP
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
No. of connectable indoor units	8	10	13	16	20	23	27	30	33

Corresponding HP	22 HP	24 HP	24 HP	26 HP	28 HP	30 HP	32 HP	32 HP	34 HP
Combined Model	MMY- AP2211HT8	AP2401HT8	AP2411HT8	AP2601HT8	AP2801HT8	AP3001HT8	AP3201HT8	AP3211HT8	AP3401HT8
	MMY- AP2211HT7	AP2401HT7	AP2411HT7	AP2601HT7	AP2801HT7	AP3001HT7	AP3201HT7	AP3211HT7	AP3401HT7
	MMY- AP2211T8	AP2401T8	AP2411T8	AP2601T8	AP2801T8	AP3001T8	AP3201T8	AP3211T8	AP3401T8
Cooling capacity (kW)	61.5	68.0	68.0	73.0	78.5	84.0	90.0	90.0	95.0
Heating capacity (kW)	69.0	76.5	76.5	81.5	88.0	95.0	100.0	100.0	106.0
Combined outdoor units	12 HP	8 HP	12 HP	10 HP	10 HP	10 HP	8 HP	12 HP	10 HP
	10 HP	8 HP	12 HP	8 HP	10 HP	10 HP	8 HP	10 HP	8 HP
	—	8 HP	—	8 HP	8 HP	10 HP	8 HP	10 HP	8 HP
No. of connectable indoor units	37	40	40	43	47	48	48	48	48

Corresponding HP	36 HP	36 HP	36 HP	40 HP	42 HP	44 HP	46 HP	48 HP
Combined Model	MMY- AP3601HT8	AP3611HT8	AP3601HT8	AP4001HT8	AP4201HT8	AP4401HT8	AP4601HT8	AP4801HT8
	MMY- AP3601HT7	AP3611HT7	AP3601HT7	AP4001HT7	AP4201HT7	AP4401HT7	AP4601HT7	AP4801HT7
	MMY- AP3601T8	AP3611T8	AP3601T8	AP4001T8	AP4201T8	AP4401T8	AP4601T8	AP4801T8
Cooling capacity (kW)	101.0	101.0	106.5	112.0	118.0	123.5	130.0	135.0
Heating capacity (kW)	113.0	113.0	119.5	126.5	132.0	138.0	145.0	150.0
Combined outdoor units	10 HP	12 HP	10 HP	10 HP	12 HP	12 HP	12 HP	12 HP
	10 HP	12 HP	10 HP	10 HP	10 HP	12 HP	12 HP	12 HP
	8 HP	12 HP	10 HP	10 HP	10 HP	10 HP	12 HP	12 HP
No. of connectable indoor units	48	48	48	48	48	48	48	48

Para la selección de la unidad exterior se debe tener en cuenta la suma de las capacidades de las unidades interiores, como así también, la cantidad total de unidades interiores.

En la Tabla 4.1.5 se muestra al final de la misma la suma de capacidades (122.1 [KW]) y la cantidad de unidades ( 24 ).

En la siguiente tabla se muestra la unidad exterior seleccionada y las capacidades de frío y calor de la misma.

Tabla 4.1.5

PISO	Habitacion	Carga en [KW] del ambiente	Selección				Máx. long. Equiv. [m]	Máx. dif. de altura [m]	Coef. de corrección Total	Cap. real del equipo [KW]	Selección		
			Unidad Interior								Unidad Exterior		
			Modelo	Cant.	Cód. de cap.	Cap. [KW]					Cap.Total [KW]	Mod.	Cap. de Frio[KW]
1°	CCD 21	4466,52	MMU-AP0181WH	1	2	5,6	5,6	71,34	31,7	0,86	MMY - AP3601HT8	106,5	119,5
	D 1 21	2554,98	MMD-AP0121BH	1	1,25	3,6	3,6						
	D 2 21	2583,95	MMD-AP0121BH	1	1,25	3,6	3,6						
	D en S 21	4105,32	MMD-AP0151BH	1	1,7	4,5	4,5						
	E 21	3567,01	MMK-AP0151H	1	1,7	4,5	4,5						
	Ei 21	3815,25	MMK-AP0151H	1	1,7	4,5	4,5						
	LC 21	7066,01	MMU-AP0151H	2	1,7	4,5	9						
2°	CCD 22	4154,26	MMU-AP0181WH	1	2	5,6	5,6						
	D 1 22	2554,98	MMD-AP0121BH	1	1,25	3,6	3,6						
	D 2 22	2583,95	MMD-AP0121BH	1	1,25	3,6	3,6						
	D en S 22	4105,32	MMD-AP0151BH	1	1,7	4,5	4,5						
	E 22	3567,01	MMK-AP0151H	1	1,7	4,5	4,5						
	Ei 22	3815,25	MMK-AP0151H	1	1,7	4,5	4,5						
	LC 22	7066,01	MMU-AP0151H	2	1,7	4,5	9						
3°	CCD 23	4154,26	MMU-AP0181WH	1	2	5,6	5,6						
	D 1 23	2554,98	MMD-AP0121BH	1	1,25	3,6	3,6						
	D 2 23	2583,95	MMD-AP0121BH	1	1,25	3,6	3,6						
	D en S 23	4105,32	MMD-AP0151BH	1	1,7	4,5	4,5						
	E 23	3567,01	MMK-AP0151H	1	1,7	4,5	4,5						
	Ei 23	3815,25	MMK-AP0151H	1	1,7	4,5	4,5						
	LC 23	7066,01	MMU-AP0151H	2	1,7	4,5	9						
Suma de capacidades =							105,9						
Suma de códigos de capacidad =							39						
Cantidad de unidades =							24						

## **4.2 Selección de cañerías.**

El primer paso es planear la estrategia de distribución de las cañerías, esta puede ser mediante los derivadores en forma de “Y”, distribuirla mediante “refnet’s” (colectores) de 4 u 8 salidas ó la combinación de ambos.

En nuestro diseño adoptamos la distribución mediante derivadotes en forma de “Y” por la disposición de los departamentos y la ubicación de la montante para la bajada de los ramales principales.

Esto se puede observar en el plano de diseño de cañerías (ver Apéndice: Planos. Plano Planta Tipo Longitud) Se realizará un cálculo de la pérdida de carga correspondiente a la cañería de succión y líquido que va desde el conjunto de Unidades Exteriores más lejano hasta el tercer piso. Se eligió este tramo debido a que es el de mayor longitud.

La pérdida de carga se calcula en función a dos gráficos.

El primer gráfico, es el que nos indica en primera instancia en función a la capacidad frigorífica del conjunto el diámetro de la cañería de líquido y de succión, ya que la descarga esta incluida en la unidad exterior y no hay que dimensionarla. Para ello ingresamos verticalmente hasta cortar la curva de líquido o succión (a 0 °C, que es la temperatura de evaporación), según el caso, y luego moviéndonos en forma paralela al eje de abscisas cortamos al eje de ordenadas y obtenemos el diámetro de cañería. El diámetro de la cañería, es preliminar ya que la gráfica está realizada para una longitud equivalente de 30 metros.

Con el valor obtenido, debemos utilizar el segundo gráfico que nos permite ajustar el diámetro obtenido en el primer gráfico en función a la longitud equivalente total de la instalación. En esta gráfica ingresaremos con el valor de la longitud equivalente total en forma vertical hasta cortar la curva. En el punto de intersección nos debemos mover ahora en forma horizontal hasta el eje de las ordenadas y allí obtendremos el valor del coeficiente de corrección.

Por último multiplicamos el diámetro preliminar por el factor de corrección y así obtenemos el diámetro de cañería necesario. A partir de éste valor nos fijamos cual es el diámetro comercial de cañería más cercano y lo adoptamos. Si el valor es muy cercano a un diámetro comercial inferior no superior al 20% se adopta este valor.

A continuación se presenta el ejemplo indicado anteriormente.

### **4.2.1 Cañería líquido**

Longitud de cañería, desde la salida del conjunto hasta el derivador en forma de “Y” que se encuentra en el techo del tercer piso es de:

$$L = 28.66 \text{ m.}$$

Para seleccionar la longitud equivalente utilizamos previamente el grafico y nos fijamos a que valor se aproximaba en función a la capacidad frigorífica y observamos que en primera instancia para el caso de la cañería de líquido el diámetro comercial más cercano era el de 7/8”. En este tramo hay tres curvas a 90° (codo de radio largo) cuya longitud equivalente corresponde a multiplicar la longitud equivalente de cada codo (1.6 m) por la cantidad de codos.

$$leq. = 4.8 \text{ m.}$$

## PROYECTO FINAL

### INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL

La longitud total equivalente es la suma de las longitudes anteriores.

$$Leq = L + leq = 33.46 \text{ m.}$$

#### 4.2.2 Cañería succión

Longitud de cañería, desde la salida del conjunto hasta el derivador en forma de “Y” que se encuentra en el techo del tercer piso es de:

$$L = 28.66 \text{ m.}$$

Para seleccionar la longitud equivalente utilizamos previamente el grafico y nos fijamos a que valor se aproximaba en función a la capacidad frigorífica y observamos que en primera instancia para el caso de la cañería de líquido el diámetro comercial más cercano era el de 1 5/8". En este tramo hay tres curvas a 90° (codo de radio largo) cuya longitud equivalente corresponde a multiplicar la longitud equivalente de cada codo (0.8 m) por la cantidad de codos.

$$leq. = 2.4 \text{ m.}$$

La longitud total equivalente es la suma de las longitudes anteriores.

$$Leq = L + leq = 31.06 \text{ m.}$$

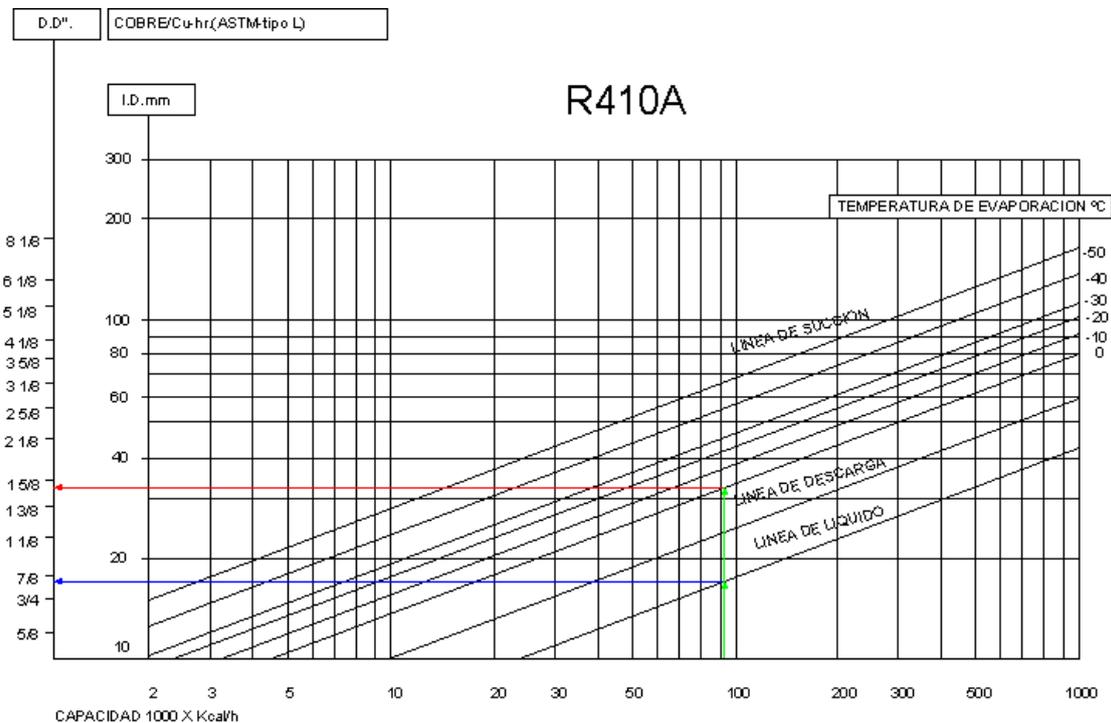
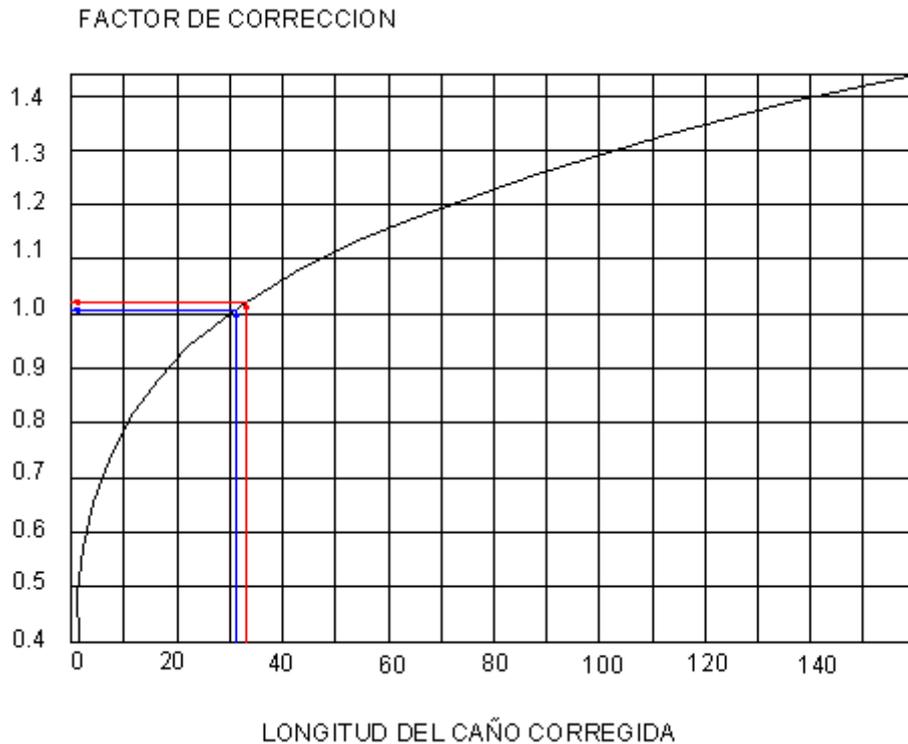


Figura 4.2.1



**Figura 4.2.2**

El factor de corrección para la línea de líquido (recta roja) **es de ~1.03**  
 El factor de corrección para la línea de succión (recta azul) **es de ~1.01**

Como los factores de corrección son prácticamente 1 adoptaremos los valores obtenidos en la figura 4.2.1.

Por lo tanto los diámetros obtenidos para este tramo son:

**Línea de líquido Ø 7/8 “**

**Línea de succión Ø 1 5/8 “**

Al consultar el manual de instalación, el fabricante recomienda la instalación de los tramos principales con cañerías de líquido y de succión del mismo tamaño que el que hemos obtenido teniendo en cuenta la pérdida de carga, por lo cual ha quedado demostrado que los datos indicados por el fabricante ya tienen considerado la pérdida de carga de la instalación.

Esto se aclara en la figura 4.1.2 que considera la pérdida de carga del sistema.

Por lo tanto, a partir de ahora se dimensionará la cañería con los datos indicados por el fabricante en función a las capacidades aguas abajo.

Para dimensionar las cañerías, se siguieron las especificaciones del fabricante. Esto se muestra en el siguiente ejemplo donde se seleccionó las cañerías correspondientes al conjunto de la Torre N° 1, para los Pisos 3°, 2°, 1° y PB

1. Cañería de gas y líquido de la Unidad Exterior:

En función a la capacidad frigorífica de la Unidad Exterior, se seleccionan las siguientes dimensiones para las cañerías de gas y de líquido.

**Diametro de cañerías de las unidades exteriores**

Modelo	Línea de Gas	Línea de Líquido
Inverter 10 HP MAP1001H8	∅ 22,2 7/8"	∅ 12,7 1/2
Inverter 10 HP MAP1001H8	∅ 22,2 7/8"	∅ 12,7 1/2
Inverter 10 HP MAP1001H8	∅ 22,2 7/8"	∅ 12,7 1/2
Inverter 10 HP MAP1001H8	∅ 22,2 7/8"	∅ 12,7 1/2

2. Cañería de interconexión entre Unidades Exteriores.

En función a la capacidad de las Unidades Exteriores aguas arriba de la unidad más alejada del ramal principal, se seleccionaron las siguientes dimensiones para las cañerías de gas, líquido y compensación:

**Cañería de conexión entre unidades exteriores**

Código de capacidad total de las unidades interiores	Línea de Gas	Línea de Líquido	Cañería de compensación
Primer tramo (20)	∅ 28,6 1' 1/8	∅ 15,9 5/8'	∅ 9,5 3/8'
Segundo tramo (30)	∅ 34,9 1' 3/8	∅ 19,1 3/4'	

3. Ramal principal.

Tomando la capacidad frigorífica total de la instalación, se dimensionaron los diámetros de las cañerías de gas y líquido principales:

**Diámetro de la cañería principal**

Suma de los códigos de cap. total de las unidades exteriores	Línea de Gas	Línea de Líquido
Capacidad total (40)	∅ 41,3 1' 5/8	∅ 22,2 7/8'

4. Cañería entre derivadores en "Y".

A partir de los puntos donde se colocarán los derivadores en forma de "Y", se dimensionara la cañería en función a la capacidad frigorífica a alimentar aguas abajo de esos puntos de derivación. Las cañerías seleccionadas son las siguientes:

**Diámetro de cañería entre ramales**

Código de capacidad total de las unidades interiores	Línea de Gas	Línea de Líquido
Entre el 3º y 2º ( 28,3 )	ø 34,9 1' 3/8	ø 19,1 3/4'
Entre el 2º y 1º (15,75 )	ø 28,6 1' 1/8	ø 15,9 5/8'
A partir de aca es lo mismo para cada departamento		
Tramo A ( 13 )	ø 28,6 1' 1/8	ø 15,9 5/8'
Tramo B ( 8,8 )	ø 22,2 7/8'	ø 12,7 1/2'
Tramo C ( 7,1 )	ø 22,2 7/8'	ø 12,7 1/2'
Tramo D ( 5,4 )	ø 15,9 5/8'	ø 9,5 3/8'
Tramo E ( 3,4 )	ø 15,9 5/8'	ø 9,5 3/8'
Tramo F ( 4,2 )	ø 15,9 5/8'	ø 9,5 3/8'
Tramo G ( 2,95 )	ø 15,9 5/8'	ø 9,5 3/8'

5. Cañería de alimentación a cada unidad interior.

Con la capacidad frigorífica de cada evaporador, se selecciona el diámetro de la cañería. En la siguiente tabla se observan los diámetros para las distintas unidades interiores que se utilizan en todo el conjunto.

**Cañería de las unidades interiores**

Rango de capacidad	Línea de Gas	Línea de Líquido
Para los equipos entre 2,2 y 3,6 KW	ø 9,5 3/8'	ø 6.4 1/4'
Para los equipos entre 4,5 y 5,6 KW	ø 12,7 1/2'	ø 6.4 1/4'
Para los equipos entre 7,1 y 16 KW	ø 15,9 5/8'	ø 9,5 3/8'

6. Dimensión del derivador “Y”, de la “T” de interconexión entre unidades exteriores y la interconexión del ramal principal con las unidades exteriores.

Para dimensionar los derivadores en forma de “Y”, se debe tener en cuenta en los puntos de derivación, las capacidades frigoríficas aguas arriba de éste punto. En el caso de los conectores en “T”, lo único que se debe tener en cuenta en la instalación, son los diámetros de las cañerías de interconexión, ya que hay un único modelo de conector al cual se le agregan reducciones que interconectar las cañerías de las Unidades Exteriores.

**Selección de los derivadores en Y y conectores en T**

	Capacidad de la unidad interior	MODELO
Conector Y	Para la primera conexión ( 40 )	RBM-BY303E
	Entre el 3º y 2º ( 28,3 )	RBM-BY303E
	Entre el 2º y 1º (15,75 )	RBM-BY203E
	Para conexión del tramo A-BF ( 13 )	RBM-BY103E
	Para conexión del tramo B-C1 ( 8,8 )	RBM-BY103E
	Para conexión del tramo C-D2 ( 7,1 )	RBM-BY103E
	Para conexión del tramo D-E3 ( 5,4 )	RBM-BY53E
	Para conexión del tramo E-45 ( 3,4 )	RBM-BY53E
	Para conexión del tramo F-G6 ( 4,2 )	RBM-BY53E
	Para conexión del tramo G-78 ( 2,95 )	RBM-BY53E
Conector T	Interconexión entre unidades exteriores y unidad exterior principal con el ramal principal	RBM-BT13E

**4.3 Dimensionamiento del cableado.**

Luego de terminado el dimensionamiento de cañería, el siguiente paso es el dimensionamiento del cableado, tanto el de alimentación de energía eléctrica, como así también, la interconexión (cableado de control) de las unidades interiores y exteriores correspondientes a cada conjunto.

Para dimensionar el cableado de alimentación de las unidades exteriores, se confeccionó una tabla donde se detallan las características eléctricas de cada tipo de unidad. Además se confeccionaron tablas donde se muestran las cuatro unidades exteriores funcionando en conjunto.

A continuación se muestran las características eléctricas de las unidades individuales de 8 y 10 HP.

**MAP – 0801HT8**

Características eléctricas de la unidad exterior MAP 0801HT8	Frio	Capacidad de frio KW	22,4
		Fuente de energía	3 Fase 400 V (380-415V) 50 Hz
		Corriente de funcionamiento	8,62 A
		Consumo de energía	5,67 KW
		Factor de potencia	0,95
		Corriente de arranque	43,1 A
	Calor	Capacidad de calor KW	25
		Fuente de energía	3 Fase 400 V (380-415V) 50 Hz
		Corriente de funcionamiento	8,93 A
		Consumo de energía	5,88 KW
		Factor de potencia	0,95
		Corriente de arranque	44,65 A

**MAP – 1001HT8**

Características eléctricas de la unidad exterior MAP 1001HT8	Frio	Capacidad de frio KW	28
		Fuente de energía	3 Fase 400 V (380-415V) 50 Hz
		Corriente de funcionamiento	11,55 A
		Consumo de energía	7,68 KW
		Factor de potencia	0,96
	Calor	Capacidad de calor KW	31,5
		Fuente de energía	3 Fase 400 V (380-415V) 50 Hz
		Corriente de funcionamiento	11,98 A
		Consumo de energía	7,97 KW
		Factor de potencia	0,96
		Corriente de arranque	59,9 A

Se indica ahora la combinación realizada entre las unidades individuales de 8 y 10 HP, para formar así, los conjuntos de 38 HP (formada por tres unidades de 10 HP y una de 8 HP) y 40 HP (formada por cuatro unidades de 10 HP)

**MMY – AP 3801HT8**

Características eléctricas de la unidad exterior MMY AP3801HT8	Frio	Capacidad de frio KW	106,5
		Fuente de energía	3 Fase 400 V (380-415V) 50 Hz
		Corriente de funcionamiento	45,65 A
		Consumo de energía	30,36 KW
		Factor de potencia	0,96
	Calor	Capacidad de calor KW	119,5
		Fuente de energía	3 Fase 400 V (380-415V) 50 Hz
		Corriente de funcionamiento	46,36 A
		Consumo de energía	30,83 KW
		Factor de potencia	0,96

**MMY – AP 4001HT8**

Características eléctricas de la unidad exterior MMY AP4001HT8	Frio	Capacidad de frio KW	112
		Fuente de energía	3 Fase 400 V (380-415V) 50 Hz
		Corriente de funcionamiento	48,63 A
		Consumo de energía	32,34KW
		Factor de potencia	0,96
	Calor	Capacidad de calor KW	126,5
		Fuente de energía	3 Fase 400 V (380-415V) 50 Hz
		Corriente de funcionamiento	49,69 A
		Consumo de energía	33,05 KW
		Factor de potencia	0,96

Dadas las características eléctricas de las unidades exteriores, el fabricante recomienda que el suministro de energía sea de tres fases de 400V (380 – 415 V) 50 Hz. más conexión individual por máquina a tierra. La conexión de energía a cada máquina debe realizarse en forma individual y con la siguiente sección de cable.

Modelo MMY-P4001HT8	Tamaño del cable	Fusible
4 Unidades Inverter de 10 HP c/u	5,5 mm <sup>2</sup>	30 A

Modelo MMY-P3801HT8	Tamaño del cable	Fusible
3 Unidades Inverter de 10 HP c/u	5,5 mm <sup>2</sup>	30 A
1 Unidades Inverter de 8 HP	5,5 mm <sup>2</sup>	30 A

Si bien el fabricante recomienda el uso de fusibles para la protección de la máquina, se conectarán llaves de protección termomagnética de 30 amperes.

Para el caso de las unidades interiores se confeccionaron las siguientes tablas con las unidades interiores utilizadas en la instalación.

**MMU – AP0181H Cassette de cuatro vías**

Características eléctricas de la unidad interior <b>MMU-AP0181H</b>	Capacidad Frío/Calor KW	5,6/6,3
	Fuente de energía	1 Fase 230 V (220-240V) 50 Hz
	Corriente de funcionamiento	0,21 A
	Consumo de energía	0,026 KW
	Corriente de arranque	0,36 A

**MMD – AP0121BH equipo apto para conductos**

Características eléctricas de la unidad interior <b>MMD-AP0121BH</b>	Capacidad Frío/Calor KW	3,6/4,0
	Fuente de energía	1 Fase 230 V (220-240V) 50 Hz
	Corriente de funcionamiento	0,34 A
	Consumo de energía	0,039 KW
	Corriente de arranque	0,59 A

**MMD – AP0121BH equipo apto para conductos**

Características eléctricas de la unidad interior <b>MMD-AP0151BH</b>	Capacidad Frío/Calor KW	4,5/5,0
	Fuente de energía	1 Fase 230 V (220-240V) 50 Hz
	Corriente de funcionamiento	0,34 A
	Consumo de energía	0,039 KW
	Corriente de arranque	0,59 A

**MMK – AP0151H equipo de pared**

Características eléctricas de la unidad interior <b>MMK-AP0151H</b>	Capacidad Frío/Calor KW	4,5/5,0
	Fuente de energía	1 Fase 230 V (220-240V) 50 Hz
	Corriente de funcionamiento	0,32 A
	Consumo de energía	0,037 KW
	Corriente de arranque	0,42 A

**MMU – AP0181H Cassette de cuatro vías**

Características eléctricas de la unidad interior <b>MMU-AP0151H</b>	Capacidad Frío/Calor KW	4,5/5,0
	Fuente de energía	1 Fase 230 V (220-240V) 50 Hz
	Corriente de funcionamiento	0,38 A
	Consumo de energía	0,076 KW
	Factor de potencia	0,9
	Corriente de arranque	0,59 A

Dadas las características eléctricas de las unidades interiores, el fabricante recomienda que el suministro de energía se realice en forma conjunta por cada departamento, ya que para que el sistema funcione deben estar siempre todas las unidades interiores energizadas simultáneamente, porque si alguna de las unidades interiores no lo estuviera, el sistema de control emitirá una señal de error que bloqueará el funcionamiento de todo el conjunto, debido a que el sistema estará incompleto.

El cable del suministro de energía de cada unidad interior debe ser de una sección de 2 mm<sup>2</sup> pudiendo o no utilizar neutro en común, todas las unidades deberán tener conexión a tierra en forma individual. En nuestro caso adoptamos un neutro individual para cada departamento, lo cual nos provee una mejor aislación entre los equipos. Al igual que en las unidades exteriores el fabricante recomienda colocar un fusible para su protección, pero del mismo modo que para las unidades exteriores utilizaremos una llave de protección termomagnética de 15 amperes por cada departamento.

## PROYECTO FINAL

### INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL

Modelo	Tamaño del cable	Fusible
Todos los modelos de unidades interiores	2 mm <sup>2</sup>	15 A

En la Tabla 4.3.1 se muestran las características técnicas de los cables que se utilizan para la interconexión de las unidades exteriores entre sí, entre la unidad exterior de

mando y la unidad interior más cercana a la misma, y entre las unidades interiores (estas deben estar interconectadas entre sí en forma de serie).

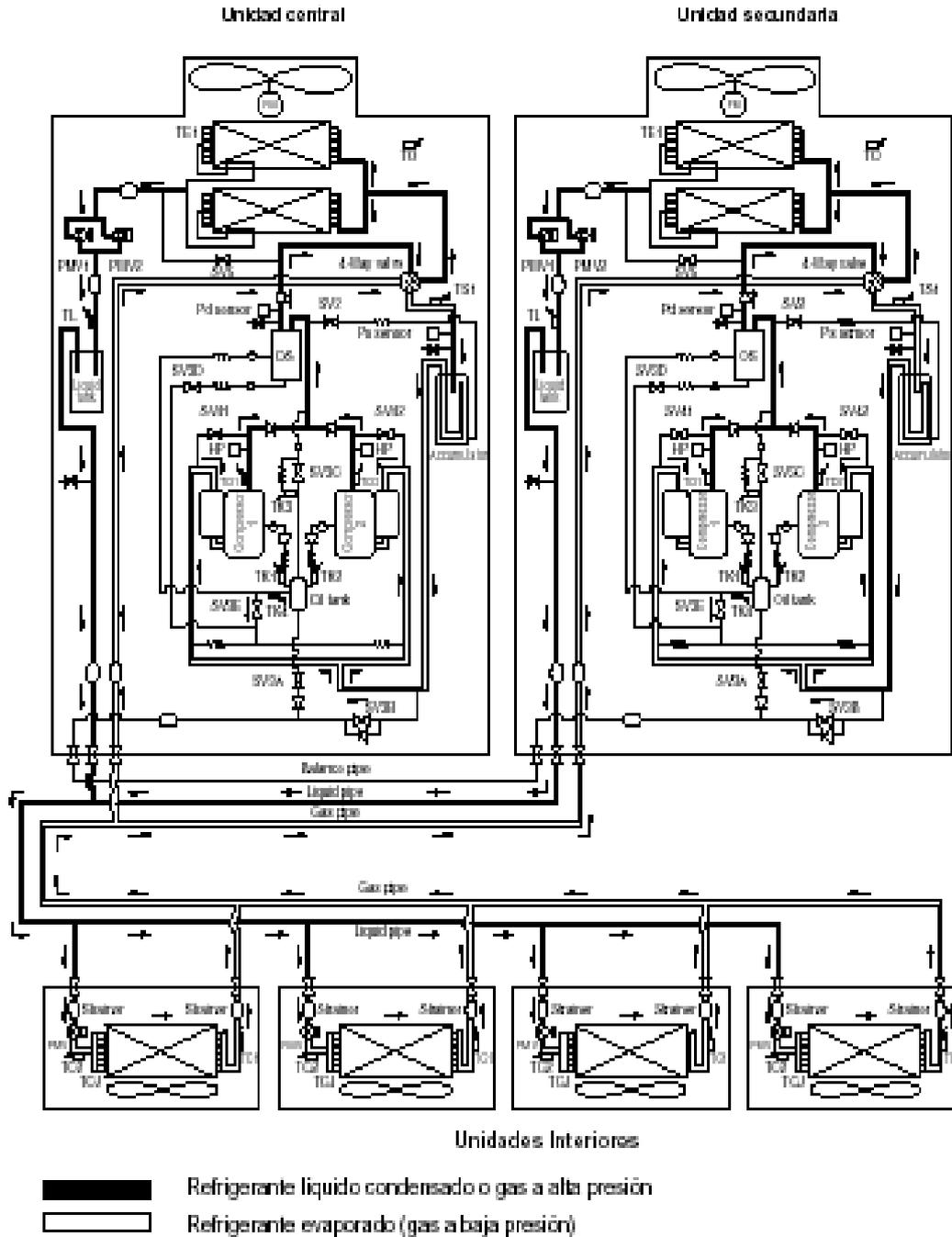
Al igual que en el cableado de alimentación eléctrica, el cableado de control debe poseer conexión a tierra y la misma se realizará en los puntos de interconexión entre unidades exteriores, entre la unidad exterior de mando y la unidad interior más cercana a la misma, y entre las unidades interiores

**Tabla 4.3.1**

Nombre	Cantidad	Tamaño	Especificación
Cable de cruce (entre las unidades interiores y exteriores, y entre las unidades exteriores)	2 almas	1,25 mm <sup>2</sup>	Cable blindado no polar
Cable de transmisión del mando central	2 almas	1,25 mm <sup>2</sup>	

## **CAPITULO 5: CICLO FRIGORIFICO**

### **5.1 Explicación del ciclo de refrigeración**



Comenzamos partiendo con el refrigerante en el compresor. Una vez comprimido, éste sale del compresor pasando por sensores de temperatura de descarga (sensores que se utilizan para proteger al compresor de las altas temperaturas), luego pasa a través de los presostatos de alta presión (quienes protegen al compresor de las altas presiones que se pueden producir debido a una ineficiencia del condensador), sigue por las válvulas de seguridad (que no permiten el retroceso del refrigerante en estado gaseoso) y llega hasta el separador de aceite. Una vez salido del separador de aceite, el refrigerante se dirige hacia la válvula de 4 vías, luego pasa por los condensadores donde se le baja la temperatura por medio de un motor ventilador convirtiendo el gas en líquido a alta presión. Una vez salido del condensador pasa por un filtro hasta llegar a un tanque receptor de líquido (el cual acumula el líquido que ha sido condensado). Luego, al salir

del tanque recibidor pasa a través de las válvulas de servicio (utilizadas para realizar todo tipo de maniobras que requiera el sistema, por ejemplo, toma de datos de presión, ensayo de vacío, carga de refrigerante, etc.) y se dirige hacia los evaporadores.

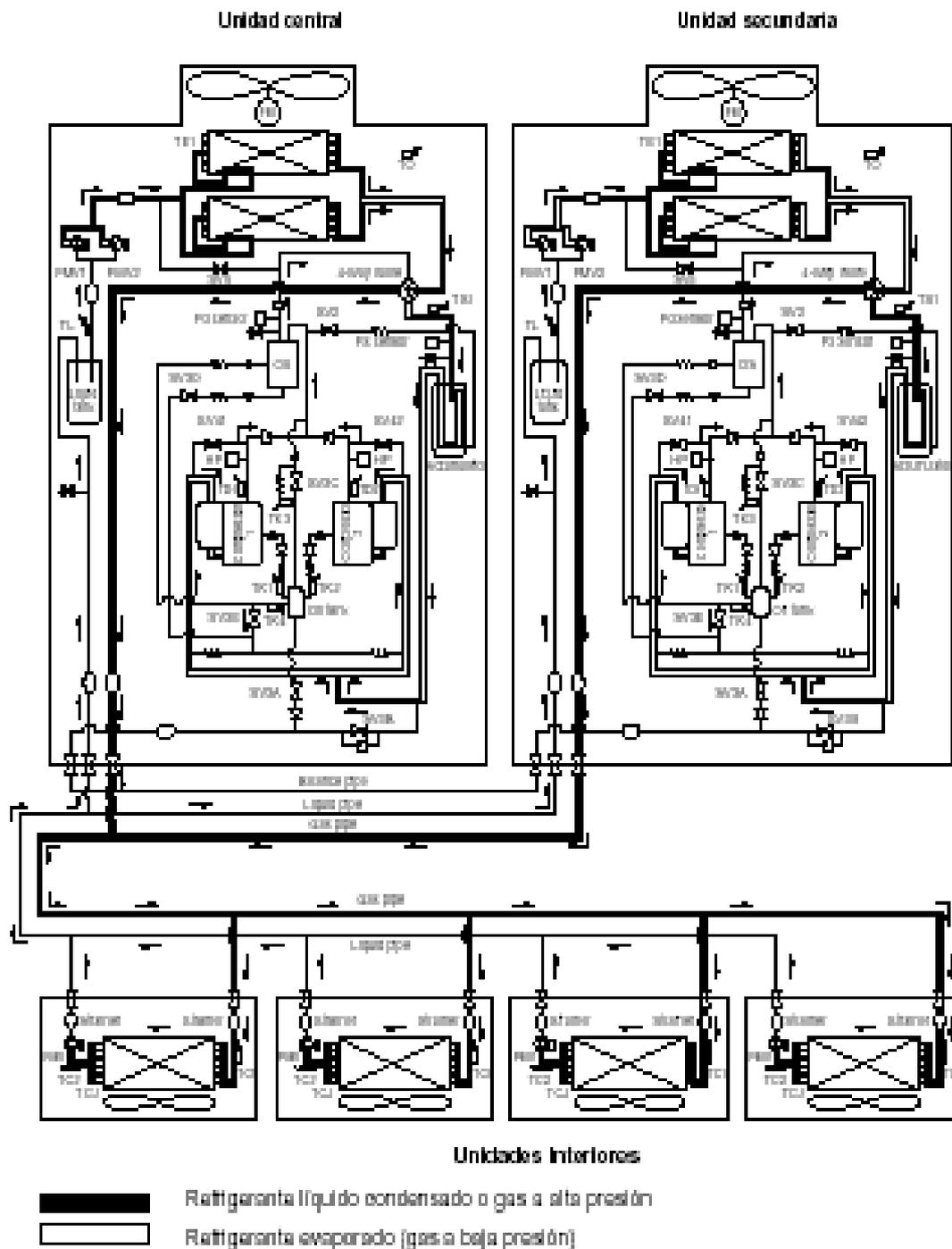
En los evaporadores el líquido pasa a través de la válvula motorizada que regula el ingreso de refrigerante en estado líquido cuando la unidad esta encendida. Cuando la unidad se apaga está válvula se cierra impidiendo el paso del refrigerante. De allí se dirige hacia la válvula de expansión electrónica de 120 posiciones que se ocupa de transformar el refrigerante en estado líquido a alta presión en refrigerante gaseosos a

baja presión. La válvula se regulará en función a la presión con que llega el líquido al evaporador o también por medio de los sensores de temperatura que se encuentran en la cañería del intercambiador de calor del evaporador sensando la temperatura a la cual el líquido es evaporado. En el intercambiador de calor del evaporador el calor es extraído a través de un ventilador (aire frío) convirtiendo todo el refrigerante en gas. A partir de la salida del gas del intercambiador de calor, comienza el camino de regreso hacia la unidad condensadora. En la unidad condensadora pasa por la válvula de cuatro vías y se dirige hacia el tanque acumulador de líquido (la función de este tanque es la de detener el camino de las partículas de refrigerante que no se ha transformado en gas, evitando así que ingresen al compresor), previo paso por un presostato de baja presión que se ocupa de enviar los datos de presión de gas a la unidad de control central la cual en función a estos parámetros se ocupará de comandar el funcionamiento del sistema (variadores de velocidad y encendido y apagado de los compresores).

Además el sistema tiene un sofisticado control para el aceite ya que es el elemento vital del funcionamiento de los compresores. El sistema posee un tanque acumulador de aceite el cual es alimentado a través del aceite acumulado en el tanque separador de aceite. El aceite es transportado por la cañería a través de la diferencia de presión que hay entre el tanque separador de aceite y el tanque acumulador de aceite. El tanque acumulador de aceite es el que se encarga de enviar aceite de manera directa a los compresores. A su vez el conjunto de Unidades Exteriores, posee un sofisticado sistema el cual mantiene un balance de aceite entre todas las unidades, enviando aceite junto con el gas si otra unidad lo requiriera. El mismo ingresa a la unidad a través de la cañería de succión, previo a la entrada del gas al compresor. De esta manera se asegura que el sistema siempre se encuentre lo suficientemente lubricado independientemente del funcionamiento de cada unidad.

Por último el sistema posee diferentes filtros destinados a la deshumidificación del refrigerante y la detención de partículas que pudieran encontrarse en la cañería y que causaran posibles daños a los compresores.

## **5.2 Explicación del ciclo de calefacción**



En calefacción el sistema actúa de la misma manera que para frío, pero en la válvula de cuatro vías cambia el recorrido enviando el líquido a alta presión y temperatura hacia los evaporadores. Al salir de los evaporadores el refrigerante en estado líquido se dirige hacia unas válvulas motoras de expansión que se encuentran en el condensador antes de ingresar en el intercambiador de calor, convirtiendo el líquido en gas. de allí el gas se dirige hacia el acumulador y luego retorna a los compresores.

## CAPITULO 6: VARIADOR DE VELOCIDAD

### 6.1 Control de motores de corriente alterna

Tradicionalmente, la mayor parte de los problemas de regulación de velocidad de máquinas eléctricas han sido resueltos mediante el motor de CC. que posee excelentes cualidades para ello. Sin embargo, comparado con el motor de CA., presenta las desventajas de mayor tamaño, precio y la complicación constructiva de colector, que a veces plantea serios problemas de explotación y de mantenimiento. Es por esto, que desde el comienzo de la utilización de los motores eléctricos se haya intentado emplear el motor de CA. más robusto y simple, especialmente el de jaula de ardilla, para efectuar regulación de velocidad.

Hasta la aparición del tiristor y del transistor de potencia en el campo de la electrónica, el intento no había tenido más que un éxito precario, consiguiéndose la regulación de motores de inducción de rotor bobinado y anillos colectores mediante el control de la tensión de entrada del estator por reactancias saturables o autotransformador variable, así como mediante el control de la corriente rotórica por inserción de resistencias en grandes potencias por el sistema Scherbius. Los motores de inducción con rotor bobinado y anillos rozantes no son tan simples y baratos como los de jaula de ardilla, pero evidentemente el colector de anillos rozantes no presenta la complicación del colector de delgas de un motor de continua.

Con la aparición del tiristor y el transistor de potencia se han mejorado en rendimiento y tamaño los equipos que funcionan con los procedimientos citados, y se ha posibilitado la regulación de cualquier motor de CA. Mediante la alimentación con frecuencia y tensión variable. Este método abre enormemente las posibilidades de regulación de velocidad de los motores de CA. Confiriéndole un control de velocidad y de par que no desmerece en cualidades del conseguido con los motores de CC.

Por otra parte, el control mediante frecuencia y tensión variable aplicada a motores síncronos ha resuelto de manera simple el problema de la actuación de una cadena de motores con elevada precisión.

Existen dos formas básicas para variar la velocidad de giro del motor:

- Variando el deslizamiento:
  - a. Control por variación de la tensión estatórica.
  - b. Control por variación de la corriente rotórica.
- Variando la velocidad sincrónica:
  - a. Control por variación de la frecuencia

### 6.2 Variación de la velocidad sincrónica

Es el método de regulación más completo para motores de corriente alterna, tanto sincrónicos como asincrónicos.

Hoy en día, en casi todas las aplicaciones sobre regulación de velocidad se emplea éste método. Los sistemas por variación del deslizamiento se encuentran en instalaciones antiguas o especiales.

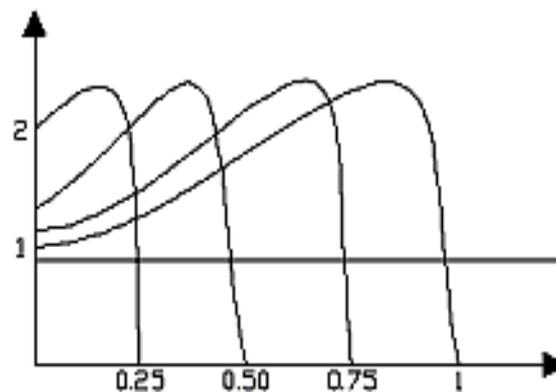
El procedimiento permite la regulación de velocidad con muy buen rendimiento en una gama completa de velocidad que abarca desde valores superiores a la nominal del motor hasta velocidad nula e incluso velocidad invertida (en nuestro caso no se realizará regulación en velocidad invertida, ya que los compresores Scroll tienen un único sentido de giro). Todo ello manteniendo un par disponible elevado.

Además de estas ventajas, el hecho de poder emplear el sencillo motor de jaula de ardilla en muchas aplicaciones, añade características de robustez, compacidad y buena respuesta dinámica debido al reducido momento de inercia del rotor.

Hasta hace algunos años, el mayor inconveniente para aplicar esta técnica era la dificultad de generar tensión alterna de frecuencia variable conseguida entonces con un motor de corriente continua controlado en velocidad y un generador trifásico acoplado a su eje. Esta solución no es, evidentemente, económica en general y solamente se ha empleado en aquellos restringidos casos en que estaba vedado el uso de motores de CC. La aparición de los semiconductores de potencia trastocó la situación, haciendo posible la generación de frecuencia variable con coste y tamaño del equipo muy interesantes.

La generación estática ha resuelto de golpe algunos problemas inherentes a los grupos generadores rotativos tales como la variación transitoria de la frecuencia con escalones de la carga. En los convertidores estáticos la frecuencia de salida está fijada exclusivamente por el oscilador del circuito de mando, sin que sea afectada lo más mínimo por la mayor o menor potencia demandada en la salida.

La figura muestra la modificación obtenida en la curva de par alimentando el motor a frecuencias menores que la nominal y manteniendo la relación tensión/frecuencia constante. Puesto que el flujo depende de esta relación, se mantiene un **flujo aproximadamente constante** en toda la gama de operación y **el par mantiene la misma ley de variación con la velocidad** que la que se ha descrito para frecuencia nominal.



Control de velocidad mediante variación de la frecuencia manteniendo constante la relación tensión/frecuencia en el estator

Como:

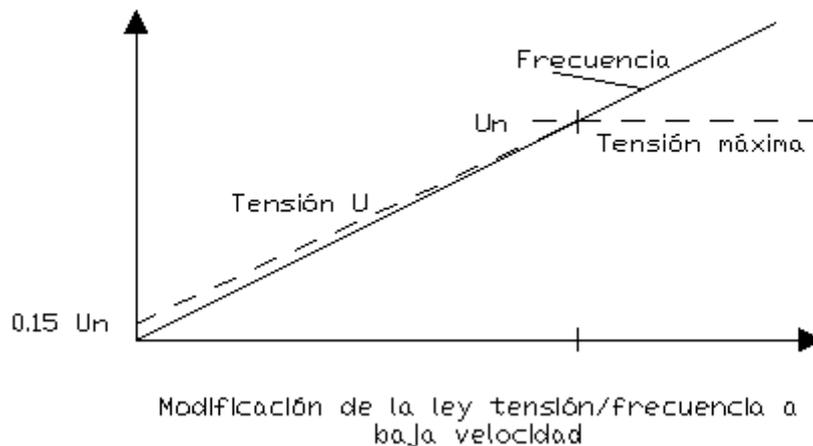
$$T_{m\acute{a}x.} = \frac{3 \cdot p}{2 \cdot (2 \cdot \pi)^2} \cdot \frac{U^2}{f_1^2 \cdot (L_1 + L_2)}$$

Donde:

- $T_{\text{máx}}$ : Par o cupla máxima
- $p$ : Paso
- $U$ : Tensión
- $f_1$ : Frecuencia
- $L$ : Inductancia (rotórica y estatórica)

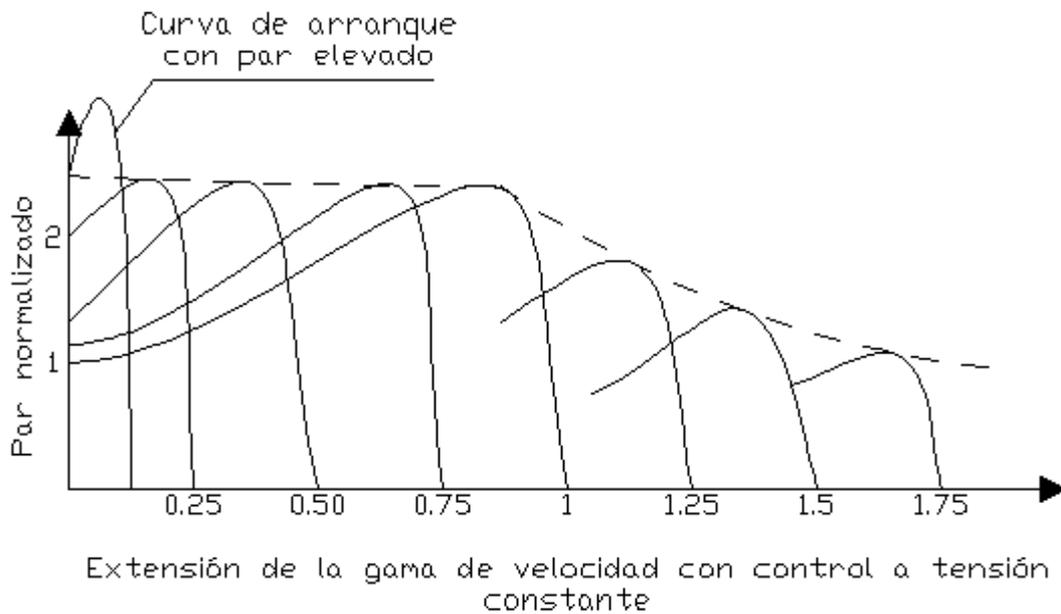
Al ser la relación **tensión/frecuencia** constante se garantiza que el máximo de la cupla también se mantenga constante.

Con frecuencia existe un apreciable empobrecimiento del par. Para compensar este efecto suele darse una tensión de alimentación de un 15% e la nominal para frecuencia nula y desde ese valor se aumenta linealmente hasta la tensión nominal hasta la frecuencia nominal.



Hay que considerar con esta táctica de mantener la relación tensión/frecuencia constante el motor esta siempre en condición de **dar todo su par**. Por otra parte, como el arranque se realiza con frecuencia reducida, el deslizamiento también lo es y se obtiene un arranque con intensidad y par del orden de los nominales. Además puede conseguirse elevar el par de arranque muy por encima del nominal haciendo trabajar al motor transitoriamente con un flujo superior al normal y eligiendo adecuadamente la frecuencia de arranque.

Se puede elevar la velocidad del motor por encima de la nominal sin más que aumentar la frecuencia de alimentación. Para mantener la relación tensión/frecuencia constante en esta gama de velocidad también sería necesario aumentar la tensión del convertidor estático proporcionalmente a la frecuencia, pero existe un límite impuesto por la característica de tensión de los semiconductores, de tal forma que es habitual hacer coincidir la tensión para frecuencia nominal y mantener dicha tensión máxima para frecuencias superiores. El aumento progresivo de la frecuencia hace disminuir la relación tensión/frecuencia, con el consiguiente debilitamiento del par, como se ve en la figura. Sin embargo, la potencia que puede suministrar el motor no disminuye, en primera aproximación, porque es igual al producto de  $T \times \Omega$ .



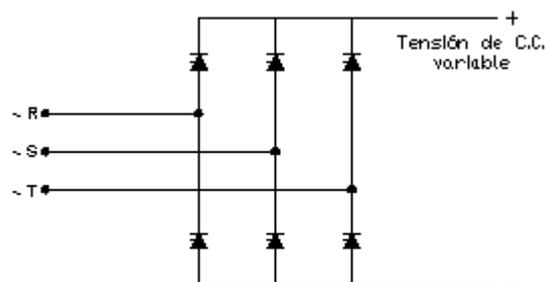
El control de tensión para obtener una relación tensión/frecuencia constante con el objeto de obtener una cupla de salida constante se puede lograr mediante un Rectificador controlado y un Inversor.

### 6.2.1 Rectificador controlado

*El rectificador controlado*, convierte la tensión trifásica fija de la red eléctrica en una tensión de corriente CC. que puede ser modificada retardando el momento en que el tiristor pasa a conducir.

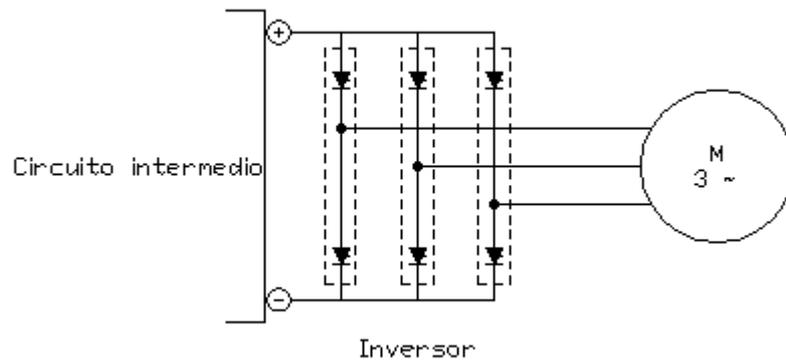
El método se llama puente rectificador con control de fase, produce grandes perturbaciones y pérdidas en la red eléctrica, en razón de la elevada corriente reactiva, en particular cuando la tensión de corriente continua precedente del rectificador es pequeña.

Los tiristores se bloquean por si mismos cuando la corriente que los circulan se anula.

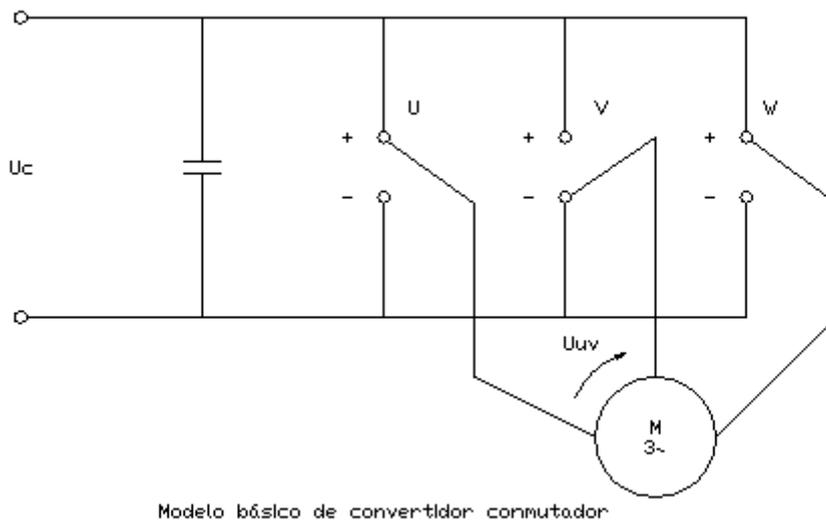


6.2.2 El inversor

*El inversor*, consta aquí de tres pares de tiristores. En cada momento, un tiristor de cada par es conductor y de esta manera los terminales del motor se conectan alternativamente con polaridad (+) y con polaridad (-) del circuito intermedio, a una frecuencia determinada por el número de veces por segundo en que se energizan los tiristores.



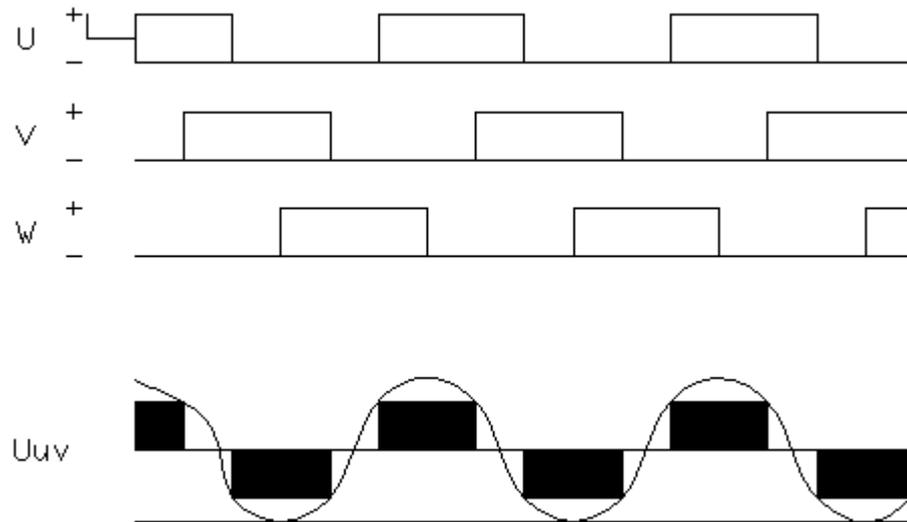
Un esquema del principio que permite mostrar como lograr una CA trifásica partiendo de una CC. se muestra en la figura:



En él se introduce el principio de conmutación donde cada interruptor o llave U,V,W; podrá estar en una de dos posibles posiciones (arriba o abajo).

La forma de onda más simple se logra manteniendo cada llave en la posición (+) por un tiempo igual a medio período de la frecuencia deseada y luego conmutándola a (-) por el

resto del período y además guardando un sincronismo entre la operación de cada llave de manera que el tiempo que separe los eventos entre llaves sea equivalentes a  $120^\circ$  ( $1/3$  del período) y  $240^\circ$  ( $2/3$  del período) respectivamente. De esta manera se generarán tres ondas como las indicadas en la figura.



Tensiones de fase U, V, W y entre fase U-V cuando el número de pulsos por semiciclo es uno

Una forma de onda como la indicada dista mucho de una sinusoidal pero (despreciando mayores pérdidas por contenido armónico) es apta para hacer funcionar un motor de inducción si la frecuencia de alimentación es cercana o superior a la nominal.

El principio presentado puede ser mejorado, si pretendemos reducir el contenido armónico de las formas de onda, haciendo que cada llave realice varias conmutaciones por cada semiciclo siguiendo una determinada ley de conmutación. La figura ilustra las formas de ondas cuando esa ley es sinusoidal. Un análisis del contenido armónico de estas ondas indica que, bajo ciertas circunstancias, se produce una fuerte eliminación de armónicos de bajo orden y esto da como resultado que estas formas de ondas, cuando se las usa para alimentar un motor, produzcan una marcha suave sin saltos ni vibraciones.

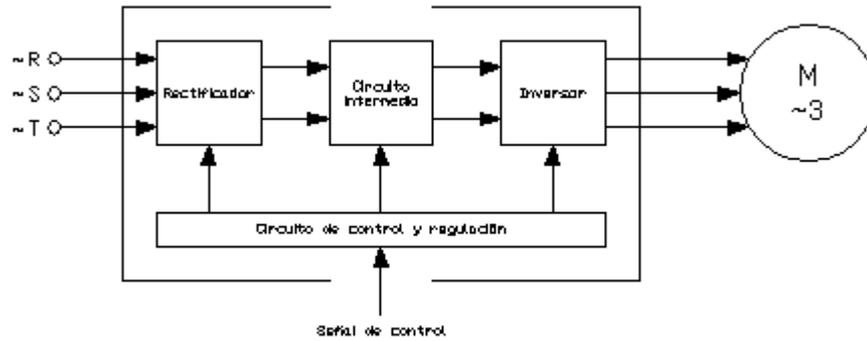
Actualmente, es posible realizar transistores para corriente y tensiones suficientemente elevadas para que puedan sustituir a los tiristores del inversor. La ventaja de los transistores consiste en que se activan y se desactivan en forma más fácil, controlada y rápida que los tiristores. Por lo tanto son más eficaces, aunque desde luego, requieren un control más preciso de la base.

Todos los convertidores usan el mismo principio básico, la red de suministro eléctrico está conectada con un rectificador que transforma la CA. en CC., la cual sin embargo, no es completamente lineal. Por lo tanto, se filtra esta corriente en un circuito intermedio antes de transformarla, en el inversor, en una nueva CA. a frecuencia variable.

## PROYECTO FINAL

### INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL

El circuito de control y regulación controla los demás componentes de tal manera que la relación tensión/frecuencia de salida estén adaptadas las unas a las otras.



Principio básico del convertidor de frecuencia.

La constitución de los cuatro circuitos principales (rectificador, circuito intermedio, inversor, circuito de control y regulación) depende mucho del convertidor de frecuencia.

## CAPITULO 7: FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

En este capítulo nos ocuparemos de describir el modo en que debe ser programado el comando central de funcionamiento del conjunto de Unidades Exteriores.

El punto fundamental en el cual nos basamos para diseñar la arquitectura de programación del comando central de funcionamiento fue el ahorro de energía. Para ello se realizó un análisis del consumo eléctrico de las Unidades Exteriores considerando el consumo de los compresores más el ventilador utilizado para extraer calor en la serpentina del condensador.

Para realizar este análisis consideramos las siguientes combinaciones entre los compresores y la cantidad de unidades exteriores utilizables en nuestro sistema, las combinaciones son las siguientes:

- Una Unidad Exterior con un solo compresor trabajando desde el 30 al 100 %.
- Una Unidad Exterior con dos compresores trabajando desde el 30 al 100 %.
- Dos Unidades Exteriores con tres compresores trabajando desde el 30 al 100 %.
- Dos Unidades Exteriores con cuatro compresores trabajando desde el 30 al 100 %.
- Tres Unidades Exteriores con cinco compresores trabajando desde el 30 al 100 %.
- Tres Unidades Exteriores con seis compresores trabajando desde el 30 al 100 %.
- Cuatro Unidades Exteriores con siete compresores trabajando desde el 30 al 100 %.
- Cuatro Unidades Exteriores con ocho compresores trabajando desde el 30 al 100 %.

A continuación se muestran las tablas de consumo eléctrico en modo frío/calor, en función al porcentaje utilización. Cabe destacar que cada Unidad Exterior (compuesta por dos compresores) posee un solo ventilador, el cual trabaja si hay en funcionamiento uno o dos compresores.

Tabla 7.1.1

		FRIO							
		10 HP		20 HP		30 HP		40 HP	
% DE CAPACIDAD	1 compresor	2 compresores	3 compresores	4 compresores	5 compresores	6 compresores	7 compresores	8 compresores	
30	0,73	1,45	2,18	3,09	3,82	4,64	5,37	6,19	
40	0,86	1,71	2,57	3,61	4,47	5,42	6,28	7,22	
50	1,06	2,11	3,17	4,42	5,48	6,64	7,70	8,85	
60	1,34	2,67	4,01	5,53	6,87	8,30	9,64	11,06	
70	1,69	3,37	5,06	6,93	8,62	10,40	12,09	13,87	
80	2,11	4,22	6,33	8,63	10,74	12,95	15,06	17,26	
90	2,61	5,21	7,82	10,62	13,23	15,94	18,55	21,25	
100	3,18	6,36	9,54	13,38	16,56	20,08	23,26	26,77	

Tabla 7.1.2

CALOR								
% DE CAPACIDAD	10 HP		20 HP		30 HP		40 HP	
	1 compresor	2 compresores	3 compresores	4 compresores	5 compresores	6 compresores	7 compresores	8 compresores
30	0,85	1,69	2,54	3,60	4,45	5,40	6,25	7,20
40	1,08	2,15	3,23	4,51	5,59	6,77	7,85	9,03
50	1,38	2,75	4,13	5,72	7,10	8,58	9,96	11,44
60	1,75	3,5	5,25	7,22	8,97	10,83	12,58	14,44
70	2,20	4,4	6,60	9,01	11,21	13,52	15,72	18,02
80	2,72	5,44	8,16	11,10	13,82	16,65	19,37	22,20
90	3,32	6,63	9,95	13,48	16,80	20,22	23,54	26,96
100	3,99	7,97	11,96	16,46	20,45	24,82	28,81	33,05

Con estas tablas se confeccionó el siguiente gráfico, considerando solamente el funcionamiento en modo de frío ya que en modo calor se obtendrían las mismas curvas con un consumo mayor.

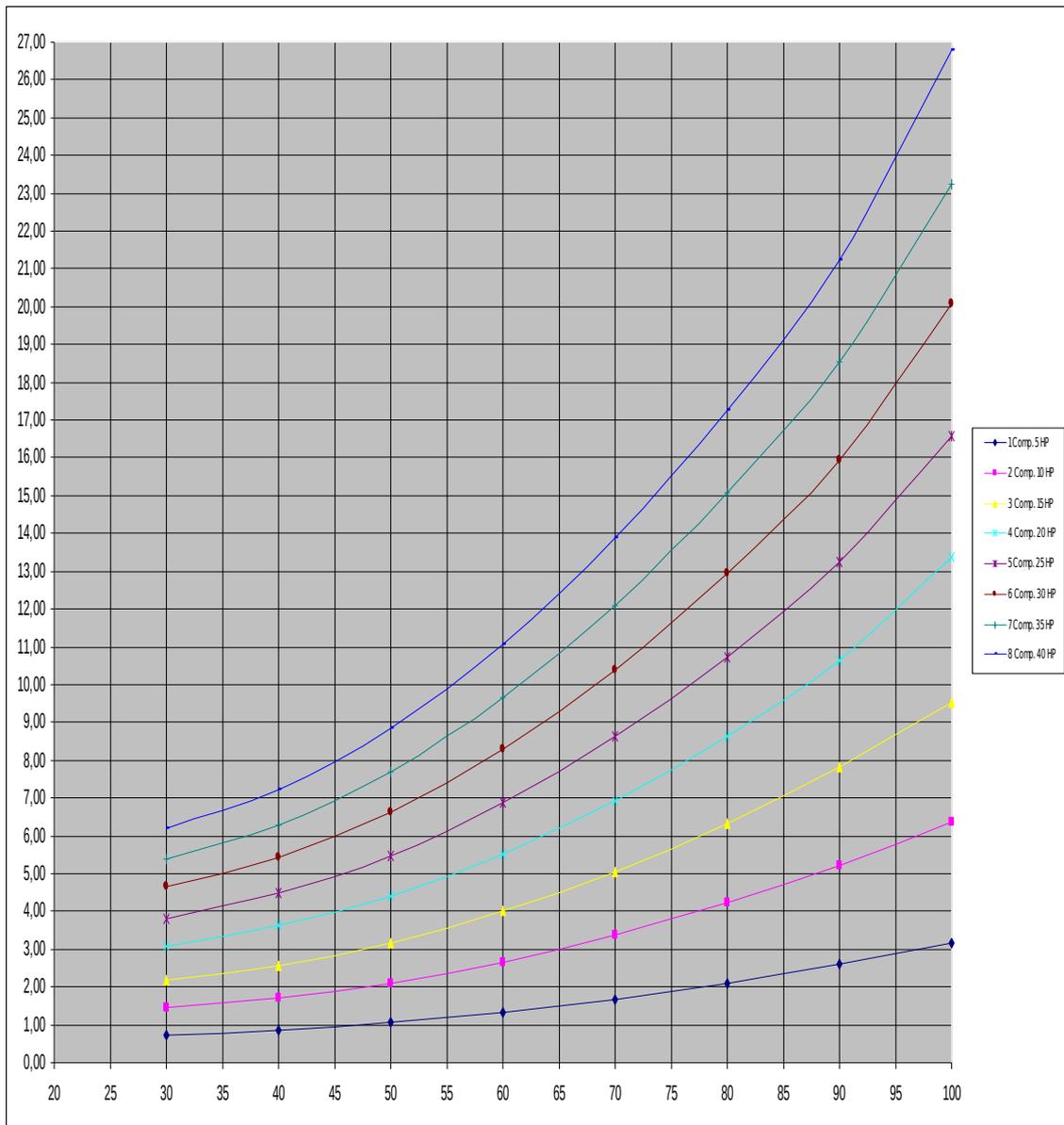


Figura 7.1.1

En la figura 7.1.1 se observa la pequeña variación entre la utilización de 5 y 6 compresores, como así también en la utilización de 7 u 8 compresores. De esta manera para el análisis del control central de funcionamiento se descartaron las curvas las curvas de 5 y 7 compresores.

## 7.1 Funcionamiento

Para el análisis del funcionamiento del sistema se consideran las curvas a partir de un 30% debido a que el ventilador de la Unidad Exterior consume aproximadamente 0.6 KW de modo que si se realiza el análisis para un 20% el valor obtenido sería muy próximo a 0.6 KW. Además la Unidad Interior más pequeña corresponde a un 27% de la capacidad de un compresor de 5 HP, por lo tanto, el análisis se realiza a partir del 30%.

**7.1.1 Encendido**

Para programar la forma de encendido de los distintos compresores, nos basamos en los consumos eléctricos y en la capacidad frigorífica de entrega.

En el gráfico se puede observar que el consumo eléctrico en varios puntos es el mismo para 1, 2, 3, 4, 6 u 8 compresores; pero la capacidad frigorífica de entrega no es la misma. Por lo tanto, para la programación del encendido tuvimos que tener en cuenta los puntos en los cuales dos curvas consecutivas tienen la misma capacidad frigorífica.

A partir de allí, se buscaron los puntos en los cuales en las diferentes curvas poseen la misma capacidad frigorífica. Con los puntos ubicados, se analizó en cual de ellos se obtiene un menor consumo de energía. Estos puntos de igual capacidad frigorífica nos indican cual es el punto a partir del cual se pasa de una curva a la otra, siendo respectivamente, uno, el punto de máxima capacidad que se utilizará en una curva y el otro, el punto de mínima capacidad a partir del cual se comenzará a trabajar en la otra curva.

Teniendo en cuenta todas estas consideraciones se elaboró el siguiente gráfico en el cual se muestra el progreso de encendido tanto de los compresores como de los conjuntos desde un 30% (que corresponde al 3.75% de la capacidad total del conjunto) de un solo compresor hasta el 100% de la capacidad frigorífica. Este análisis fue realizado para el conjunto de 40 HP, pero se aplica al resto de los conjuntos de 38 HP (constituido por tres Unidades Exteriores de 10 HP y una de 8HP) con la salvedad de que la Unidad Exterior de 8 HP se ubica siempre en la última posición. De modo que el encendido de los distintos conjuntos de Unidades Exteriores que poseen la misma capacidad frigorífica se puede realizar de manera aleatoria.

En el gráfico a continuación se muestra la secuencia de encendido, teniendo en cuenta que en ningún momento se apaga una Unidad Interior. Si ocurre esto y el porcentaje de potencia frigorífica quitado hace que se detenga un compresor el control central modificará la secuencia de encendido en función a la lógica con la que fue programado.

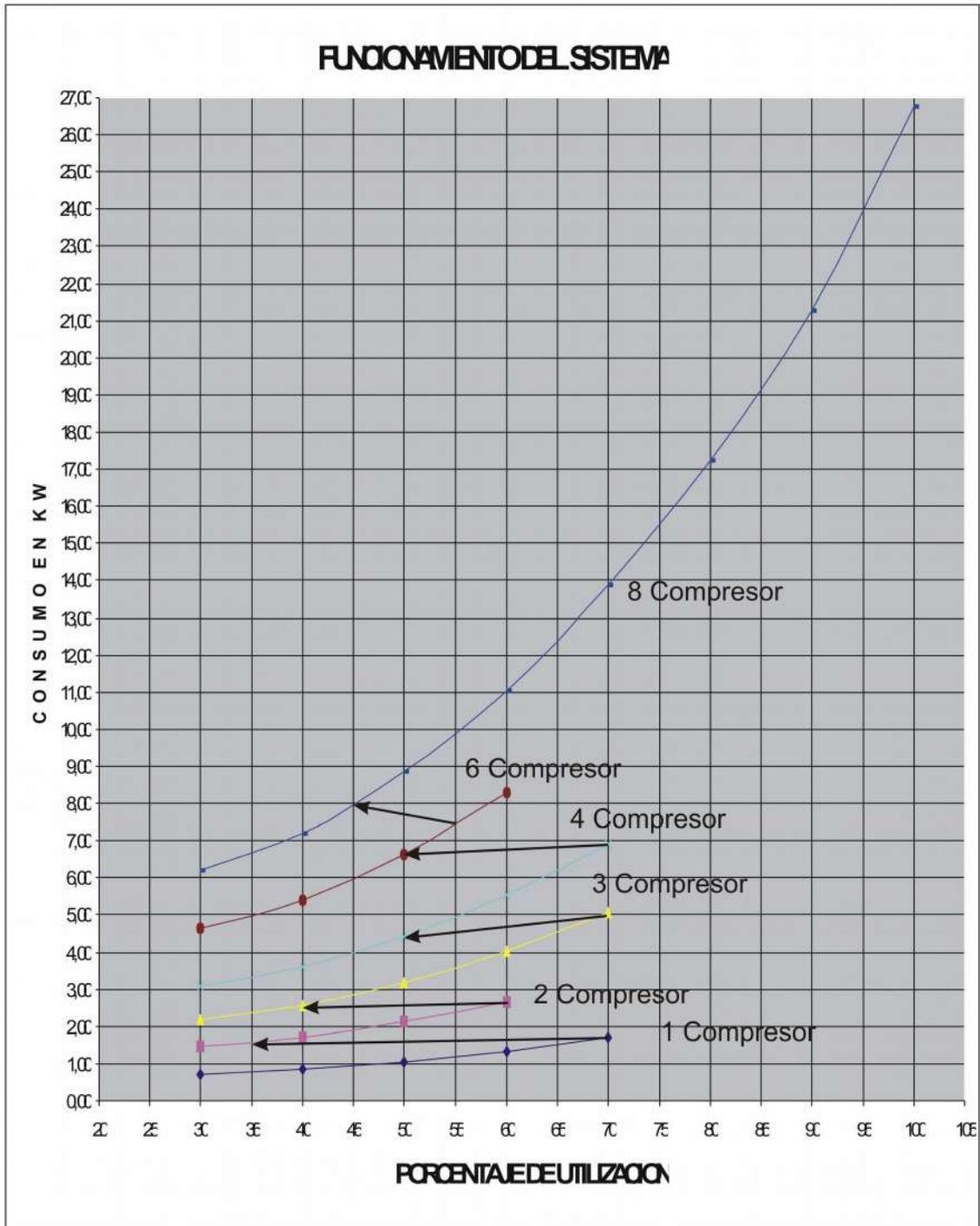


Figura 7.1.2

En la figura 7.1.2 se observan los puntos a partir de los cuales superados estos puntos se procede a conectar la siguiente máquina o compresor individual.

De la figura 7.1.2 se observa que el modo de encendido se realiza de la siguiente manera:

- Se comienza encendiendo un solo compresor desde el 30% hasta el 70% de su capacidad, lo que equivale a 9.8 KW de la capacidad frigorífica.
- Superados los 9.8 KW de la capacidad frigorífica, se encenderán dos compresores que trabajarán desde el 35% hasta el 60% de su capacidad, lo que equivale a 16.8 KW de la capacidad frigorífica.
- Superando este valor de la capacidad se encienden tres compresores que trabajarán desde el 40% hasta el 70% de su capacidad, lo que equivale a 29.4 KW de la capacidad frigorífica.
- Superados los 29.4 KW se encienden cuatro compresores que trabajarán desde el 50% hasta el 70% de su capacidad, lo que equivale a 39.2 KW de la capacidad frigorífica.
- Para que se enciendan seis compresores se deben superar los 39.2 KW, y los seis compresores trabajarán desde el 50% hasta el 60% de su capacidad los que equivale a 50.4 KW de capacidad frigorífica.
- Por último superados los 50.4 KW de capacidad frigorífica se encenderán los ocho compresores a partir de un 45 % y funcionaran regulando la capacidad frigorífica hasta el 100% de la misma que equivalen a 112 KW.

### 7.1.2 **Apagado**

Para realizar el apagado de las máquinas se realiza la siguiente secuencia:

- Se hace disminuir a los 8 compresores hasta menos del 45%, allí comenzarán a funcionar 6 compresores al 60%.
- Cuando los 6 compresores llegan a menos del 50% entrarán en funcionamiento 4 compresores al 70%.
- Cuando los 4 compresores se encuentran trabajando en un porcentaje menor al 50% pasaran a trabajar 3 compresores al 70%.
- Cuando los 3 compresores trabajan por debajo del 40% trabajaran 2 compresores al 60% y cuando éstos estén por debajo del 35% de su capacidad trabajara un solo compresor.

Cabe aclarar que para evitar el encendido y apagado intermitente de los compresores o de una Unidad Exterior, el control central deberá bloquear la unidad apagada durante un período de 5 minutos. Si en ese período se requiriera capacidad frigorífica, las máquinas en funcionamiento deberán absorber ese incremento.

Si el incremento supera el 100% de capacidad de las máquinas en funcionamiento, automáticamente se desbloquearán las máquinas y el sistema se deberá acomodar a la capacidad requerida.

El porcentaje de funcionamiento de los compresores en función a la capacidad frigorífica requerida por la instalación, se comandará mediante un variador de velocidad por cada compresor. A su vez la variación de éstos se debe a la información entregada por los presostatos de baja presión (que estarán ubicados en las distintas líneas de succión) al comando central.

En caso de la rotura de uno de los compresores el comando central, deberá sacar de funcionamiento la Unidad Exterior completa. El sistema seguirá funcionando con un rendimiento menor en el caso de requerirse una capacidad frigorífica mayor que la que podrá entregar debido a la falta de una Unidad Exterior. En este caso la curva de 6 compresores en vez de variar del 50 al 60% lo hará del 50 al 100% para el encendido, y

en la secuencia de apagado el sistema es la misma pero obviando la secuencia de los ocho compresores.

El sistema no podrá funcionar por más de dos días con una Unidad Exterior fuera de funcionamiento, ya que el comando central deberá detener al conjunto.

Si por algún motivo dos o más Unidades Exteriores se dañan y deben ser sacadas de servicio automáticamente el control central detendrá a todo el conjunto.

## CAPITULO 8: AHORRO DE ENERGÍA

### 8.1 Consideraciones

En esta sección se va a realizar una comparación del sistema S-MMS contra una máquina de iguales características técnicas pero que poseen compresores de tipo Fijo de 10 HP cada uno, los cuales pueden entregar 25%, 50%, 75% y 100% del total de la capacidad frigorífica de la instalación. Esto se puede realizar tomando datos mediante presostatos en la línea de succión, los que serán utilizados por un PLC para comandar el encendido de cada uno de los cuatro compresores en función al requerimiento de carga de la instalación.

En primera instancia se comparará el ahorro que generará una máquina de tipo Inverter de 10 HP trabajando en forma parcializada respecto a una máquina de iguales características que posee un compresor de tipo Fijo.

La máquina Fija siempre trabajará utilizando sus 10 HP de potencia más allá del requerimiento frigorífico de la instalación.

La máquina Inverter trabaja regulando su potencia de 10 HP en función al requerimiento de la instalación. Esto significa que cuando se enciende una unidad interior, esta genera una diferencia de presión en la succión debido a la apertura de la válvula de expansión. La unidad exterior tomará la lectura de la presión de succión a través de un presostato de baja, la misma será utilizada como información en un PLC de control que regulará la velocidad del compresor a través de un variador de velocidad que trabaja por variación de frecuencia, hasta obtener una presión constante que hará que el compresor trabaje a una velocidad fija en función al requerimiento de carga.

En el siguiente gráfico se muestra la variación del consumo energético de la unidad exterior, en función al porcentaje de utilización de la instalación. Los datos muestran que la regulación va desde un 30 % hasta el 100 % de la capacidad frigorífica.

En las figuras 8.1.1 y 8.1.2 se muestran las variaciones de los consumos de energía en función a la variación del porcentaje de la capacidad de la instalación.

Se considera para frío que la temperatura exterior (TE) de bulbo húmedo es de 30 °C y las condiciones de temperatura interior (TI) son de 27 °C de bulbo húmedo y 19 °C de bulbo seco y cuando el sistema trabaja en calor la temperatura exterior (TE) de bulbo húmedo es de 7 °C y las condiciones de temperatura interior (TI) son de 20 °C de bulbo húmedo.

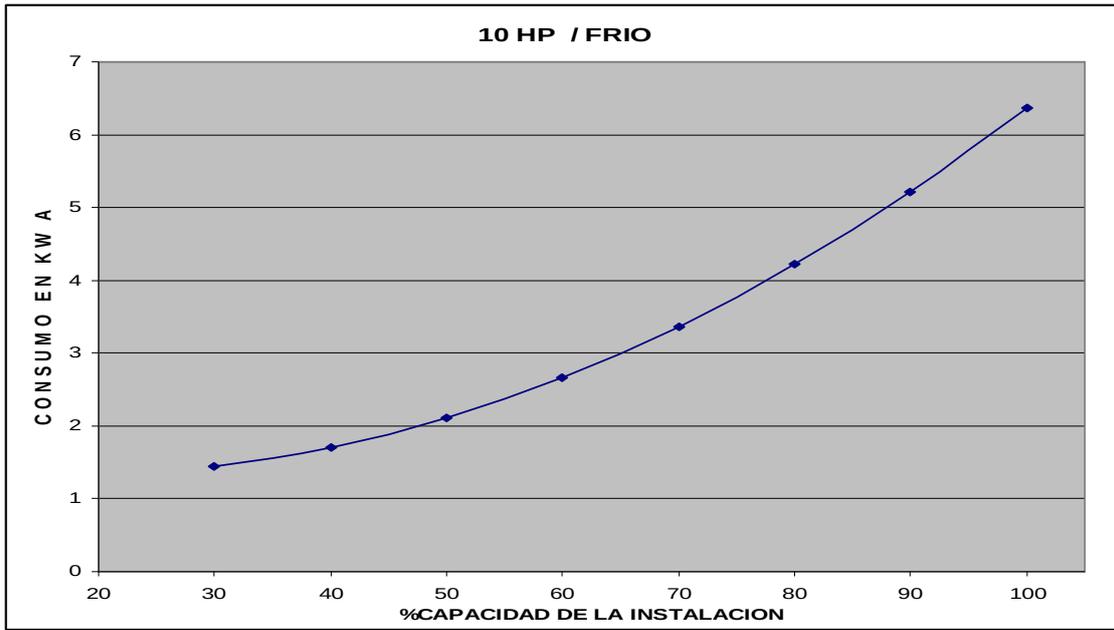


Figura 8.1.1

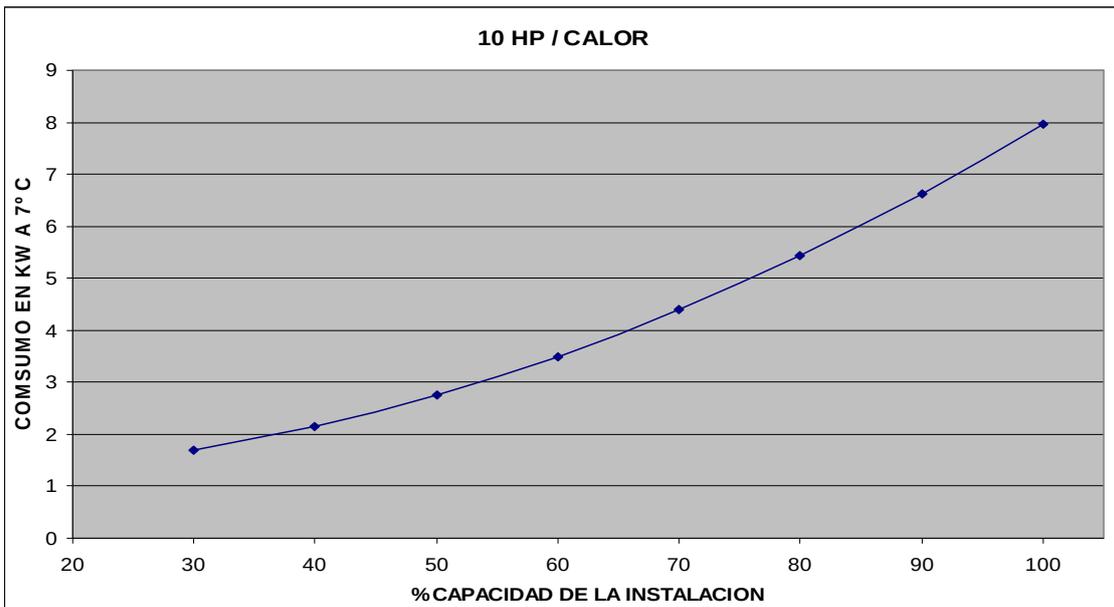


Figura 8.1.2

En las siguientes tablas se muestra la comparación energética de una máquina Inverter de 10 HP contra una máquina que posee un compresor de tipo Fijo que entrega la misma capacidad frigorífica. En esta tabla se considero la cantidad de Kcal./h necesarias para obtener la temperatura deseada con la máquina Fija entregando su 100%. Esto implica que el tiempo de utilización de la máquina Fija respecto a la Inverter será menor.

## PROYECTO FINAL

### INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL

Los valores obtenidos en la Tabla 8.1.1 y 8.1.2 muestran el consumo en KW/h de la Unidad Fija respecto al consumo de la Unidad Inverter, teniendo en cuenta que la Unidad Fija consume 6.36 KW/h. si trabajará durante este período de tiempo, pero como en realidad esta Unidad trabajará durante un período menor, el consumo es el mostrado en las Tablas 8.1.1 y 8.1.2.

Tabla 8.1.1

10 HP / FRIO	Unidad		Porcentaje de ahorro en KW
	Inverter	Fija	
% DE CAPACIDAD A 30° C TE	CONSUMO EN KW	CONSUMO EN KW	
30	1,45	1,91	24,00
40	1,71	2,54	32,78
50	2,11	3,18	33,65
60	2,67	3,82	30,03
70	3,37	4,45	24,30
80	4,22	5,09	17,06
90	5,21	5,72	8,98
100	6,36	6,36	0,00

Tabla 8.1.2

10 HP / CALOR	Unidad		Porcentaje de ahorro en KW
	Inverter	Fija	
% DE CAPACIDAD A 7° C TE	CONSUMO EN KW	CONSUMO EN KW	
30	1,69	2,39	29,32
40	2,15	3,19	32,56
50	2,75	3,99	30,99
60	3,5	4,78	26,81
70	4,4	5,58	21,13
80	5,44	6,38	14,68
90	6,63	7,17	7,57
100	7,97	7,97	0,00

Se debe tener en cuenta, que los valores considerados de consumo para la Unidad Fija corresponden a un período de utilización de una hora de funcionamiento sin tener en cuenta la cantidad de veces que la misma se enciende y se apaga, lo cual produciría un aumento en el consumo de la Unidad Fija respecto a los valores indicados en las Tablas. Ahora se realizará una comparación de una de las Unidades Exteriores de 40 HP que posee nuestro sistema, contra otra unidad de 40 HP con los cuatro compresores de tipo Fijo, pero teniendo en cuenta que si el requerimiento de la instalación se encuentra entre el 30% y el 50% esta capacidad será entregada por dos compresores trabajando al 100% de su capacidad (equivalentes a 20 HP), si ahora el requerimiento se encuentra entre el 50 % y el 75% se compara con tres compresores trabajando al 100% de su capacidad (equivalentes a 30 HP) y entre el 75% y el 100% por cuatro compresores trabajando al 100% de su capacidad (equivalentes a 40 HP).

Para obtener los valores de la siguientes Tablas, realizamos el mismo análisis que para la unidad que entrega 10 HP.

La comparación que se muestra en las Tablas 8.1.3 y 8.1.4 se realizó tanto para frío como para calor.

**Tabla 8.1.3**

Tabla de ahorro de energía / FRIO				
Porcentaje de funcionamiento	Consumo de la unidad de 40 HP de tipo SMMS	Consumo parcial de las unidades fijas de 20,30 y 40 HP	Tipo de máquina fija	PORCENTAJE DE AHORRO
30	6,19	8,03	20 HP	22,89
40	7,22	10,70		32,55
50	8,85	13,38		33,86
60	11,06	16,06	30HP	31,15
70	13,87	20,08		30,93
80	17,26	21,42	40HP	19,41
90	21,25	24,09		11,80

**Tabla 8.1.4**

Tabla de ahorro de energía / CALOR				
Porcentaje de funcionamiento	Consumo de la unidad de 40 HP de tipo SMMS	Consumo parcial de las unidades fijas de 20,30 y 40 HP	Tipo de máquina fija	PORCENTAJE DE AHORRO
30	7,20	9,88	20 HP	27,10
40	9,03	13,17		31,42
50	11,44	16,46		30,50
60	14,44	19,86	30HP	27,28
70	18,02	24,82		27,40
80	22,20	26,44	40HP	16,04
90	26,96	29,75		9,36

Por último se realiza una comparación económica entre los dos sistemas.

En base al cuadro tarifario utilizado por la empresa de energía eléctrica EDEA con fecha Enero 2005 el complejo de departamentos se encuentra encuadrado en la categoría T3-GRANDES DEMANDAS, ya que el consumo del complejo es mayor a 50 KW y menor a 300 KW.

Dentro de esta categoría el cargo de energía se encuentra dividido en tres franjas horarias:

- Pico, de 18 hs. a 23 hs. Con un costo de \$ 0.072 KWH
- Valle, de 23 hs. A 5 hs. Con un costo de \$ 0.062 KWH
- Resto, de 5 hs. A 18 hs. Con un costo de \$ 0.065 KWH

Para realizar la comparación económica entre los dos sistemas, se estimaron promedios de utilización de la capacidad frigorífica de frío y calor para tres períodos del año:

- *Primer período*, para aire acondicionado en los meses de Diciembre, Enero, Febrero y Marzo.
- *Segundo período*, para calefacción en los meses de Junio, Julio, Agosto, Septiembre y Octubre.
- *Tercer período*, para calefacción en los meses de Abril, Mayo y Noviembre.

Para realizar el análisis económico consideramos promedios de utilización del sistema para las tres franjas horarias de tarifación. Se consideraron estos promedios debido a

que los equipos poseen termostatos ambientes y los mismos funcionarían de manera independiente manteniendo una temperatura fija seleccionada por el propietario.

## **8.2 Análisis económico**

### **8.2.1 Análisis para el Primer Período.**

Se debe tener en cuenta que en el período de verano en el horario *pico* si bien la temperatura desciende, la mampostería exterior cederá al ambiente el calor absorbido durante el día (inercia térmica) lo que genera un gran uso de aire acondicionado en este horario.

En la segunda franja horaria (*valle*) consideramos que, como en nuestra ciudad desciende mucho la temperatura la mayoría de los propietarios no utilizarían el aire acondicionado.

En la tercer franja horaria (*resto*) consideramos que en la mayoría de los departamentos trataran de mantener una temperatura de aproximadamente 24 °C, lo que generaría una utilización de los equipos en un promedio aproximado del 50%.

### **8.2.2 Análisis para el Segundo Período.**

Para el análisis del horario *pico* consideramos al igual que en el verano, que en los departamentos se tratará de mantener la temperatura ambiente a una temperatura mayor a la del resto del día ya que como desciende abruptamente la temperatura en este período será contrarestanda con una mayor utilización del sistema.

En la segunda franja horaria (*valle*) se considera a utilización del sistema en un 20% debido a que los equipos que pueden estar funcionando son los de los dormitorios, pero en función a las costumbres de la población, hay muchas personas que prefieren apagar los equipos durante el horario de descanso debido a que los mismo generan una sequedad en las mucosas.

Por último en la tercera franja horaria (*resto*) no habrá una gran utilización del sistema debido a que en los departamentos no se encuentran la mayoría de los habitantes, las actividades no son tan sedentarias como en la noche lo que genera un menor uso de la calefacción.

### **8.2.3 Análisis para el Tercer Período.**

En este período, se realizan las mismas consideraciones que en el período anterior, pero teniendo en cuenta que en el promedio de las temperaturas diarias, las mismas serán mayores a las del invierno.

Para este análisis se consideraron los siguientes porcentajes de utilización. En base a estos porcentajes realizamos el cálculo económico aproximado en los tres períodos y en las tres franjas horarias.

Las Tablas 8.2.1 y 8.2.2 que se detallan a continuación indican el porcentaje de utilización del sistema, el consumo total diario en KWH en función a la cantidad de horas que componen las distintas franjas horarias, el consumo del período considerado y los costos correspondientes a esos consumos considerando los impuestos.

**Tabla 8.2.1**

CONSUMO DIARIO Y ANUAL INCLUIDOS LOS IMPUESTOS, DE LA UNIDAD S-MMS (INVERTER)

Primer período 121 días / Aire acondicionado						
Franja Horaria	Porcentaje de utilización	Consumo total diario en KWH del sistema S-MMS	Consumo total del período en KWH del sistema S-MMS	Costo \$/KWH	Costo diario \$	Costo período \$
Pico	70	69,35	8391,35	0,072	6,34	767,31
Valle	20	25,32	3063,72	0,065	2,09	252,91
Resto	50	115,05	13921,05	0,062	9,06	1096,14

Segundo período 153 días / Calefacción						
Franja Horaria	Porcentaje de utilización	Consumo total diario en KWH del sistema S-MMS	Consumo total del período en KWH del sistema S-MMS	Costo \$/KWH	Costo diario \$	Costo período \$
Pico	70	90,10	13785,30	0,072	8,24	1260,53
Valle	20	32,64	4993,92	0,065	2,69	412,25
Resto	50	187,72	28721,16	0,062	14,78	2261,50

Tercer período 91 días / Calefacción						
Franja Horaria	Porcentaje de utilización	Consumo total diario en KWH del sistema S-MMS	Consumo total del período en KWH del sistema S-MMS	Costo \$/KWH	Costo diario \$	Costo período \$
Pico	50	57,20	5205,20	0,072	5,23	475,96
Valle	15	16,02	1457,82	0,065	1,32	120,34
Resto	40	117,39	10682,49	0,062	9,24	841,14

**Tabla 8.2.2**

CONSUMO DIARIO Y ANUAL INCLUIDOS LOS IMPUESTOS, DE LA UNIDAD FIJA

Primer período 121 días / Aire acondicionado					
Franja Horaria	Consumo total diario en KWH con compresores fijos	Consumo total del período en KWH con compresores fijos	Costo \$/KWH	Costo diario \$	Costo período \$
Pico	100,4	12148,4	0,072	9,18	1110,85
Valle	38,16	4617,36	0,065	3,15	381,16
Resto	173,94	21046,74	0,062	13,70	1657,22

Segundo período 153 días / Calefacción					
Franja Horaria	Consumo total diario en KWH con compresores fijos	Consumo total del período en KWH con compresores fijos	Costo \$/KWH	Costo diario \$	Costo período \$
Pico	124,1	18987,30	0,072	11,35	1736,20
Valle	38,28	5856,84	0,065	3,32	507,95
Resto	322,66	49366,98	0,062	26,69	4083,85

Tercer período 91 días / Calefacción					
Franja Horaria	Consumo total diario en KWH con compresores fijos	Consumo total del período en KWH con compresores fijos	Costo \$/KWH	Costo diario \$	Costo período \$
Pico	82,3	7489,30	0,072	7,53	684,82
Valle	22,92	2085,72	0,065	1,89	172,18
Resto	171,21	15580,11	0,062	13,48	1226,78

Por último, en la tabla 8.2.3 se muestra la comparación entre los dos sistemas con los gastos anuales de cada sistema, la diferencia de gastos en las distintas franjas horarias, el promedio de ahorro en estas franjas y el porcentaje total anual de ahorro entre los dos sistemas. Este promedio se calculo con el método de los promedios ponderados, debido a la diferencia de días que hay entre los períodos.

**Tabla 8.2.3**

COMPARACION ECONOMICA DE LOS SISTEMAS INVERTED Y FIJO					
Franja Horaria	S-MMS	FIJO	Diferencia en \$	Diferencia porcentual por franja	Diferencia porcentual Total
	Costo anual en \$	Costo anual en \$			
Pico	2503,8	3531,87	1028,07	29,11	30,48
Valle	785,5	1061,29	275,79	25,99	
Resto	4198,78	6967,85	2769,07	39,74	
<b>Totales de consumo en \$ anuales sin cargos fijos</b>	<b>7488,08</b>	<b>11561,01</b>	<b>4072,93</b>		

## PROYECTO FINAL

### INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL

Del análisis anterior podemos concluir que el ahorro equivalente en pesos por cada uno de los conjuntos de manera anual es de \$ 4072.93, lo que equivale a un ahorro de energía del sistema S-MMS respecto del sistema de compresores Fijo del 30.48 %.

Cabe aclarar que este resultado obtenido se basa en las consideraciones suministradas por profesionales e integrantes del gremio de la refrigeración.

Se debe tener en cuenta que la Diferencia Promedio Total variará en función a los porcentajes de utilización del sistema, la cantidad de departamentos habitados, la cantidad de integrantes por departamentos, las edades de los integrantes, etc.

### 8.3 Costos, comparación económica y tiempo de recuperación de la inversión.

En primera instancia se analizará los costos del sistema S-MMS con cada uno de sus componentes de manera individual. Ellos incluyen:

- ✓ Unidades Exteriores
- ✓ Unidades Interiores
- ✓ Derivadores en forma de “Y” y de “T”
- ✓ Unidades de control remoto
- ✓ Refrigerante adicional
- ✓ Cañerías de Cobre
- ✓ Aislaciones térmicas

Modelo Unidad Exterior	Cantidad	Costo en U\$S	Total en \$
MMY-AP4001HT8	1	20485,40	59612,51
MMY-AP3801HT8	5	99340,00	289079,40
			<b>348691,91</b>

Modelo Unidad Interior	Cantidad	Costo en U\$S	Total en \$
MMU-AP0181H	18	17327,70	50423,61
MMU-AP0151WH	36	34304,40	99825,80
MMD-AP0121BH	36	37112,40	107997,08
MMD-AP0151BH	18	19375,20	56381,83
MMK-AP0151H	35	29074,50	84606,80
MMK-AP0181H	1	835,25	2430,58
MMD-AP0301BH	1	1232,40	3586,28
			<b>405251,98</b>

Derivadores	Cantidad de refnet's	Costo en \$	Costo Total en \$
RBM-BY53E (Y)	72	159,43	11478,96
RBM-BY103E (Y)	54	199,29	10761,66
RBM-BY203E (Y)	1	225,86	225,86
RBM-BY303E (Y)	12	245,28	2943,36
RBM-BT1E (T)	18	210,52	3789,36
			<b>29199,20</b>

Controles remotos Modelos	Cantidad	Costo de los controles en \$	Costo Total en \$
TCB-AX21E	54	310,19	16750,26
			<b>16750,26</b>

## PROYECTO FINAL

### INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL

Refrigerante adicional	Cantidad de garrafas	Costo de la garrafa en \$	Costo Total en \$
R410A	7	586,45	4105,15
			<b>4105,15</b>

Diametro de Cañería	Cantidad de Metros	Kg. de caño por metro de tira	Cantidad de Kg.	Costo en \$ por Kg.	Total en \$
1 5/8"	110	1,15	126,50	19,36	2449,04
1 3/8"	20	0,98	19,50	20,15	392,93
1 1/8"	50	0,78	38,80	20,42	792,30
7/8"	365	0,59	214,26	20,60	4413,65
3/4"	15	0,51	7,68	20,70	158,98
5/8"	320	0,42	133,76	20,70	2768,83
1/2"	485	0,33	160,54	20,78	3335,92
3/8"	450	0,19	86,85	21,79	1892,46
1/4"	395	0,12	48,19	22,21	1070,30
					<b>17274,40</b>

Diámetro de la aislación	Cantidad de tiras	Costo en \$ por tira de 2 m.	Total en \$
1 5/8"	55	3,21	176,82
1 3/8"	10	2,56	25,58
1 1/8"	25	2,17	54,31
7/8"	180	2,01	361,09
3/4"	7	1,91	13,37
5/8"	160	1,80	288,73
1/2"	243	1,56	378,91
3/8"	225	1,45	327,19
1/4"	198	1,40	277,52
			<b>1903,50</b>

Estos son todos los costos individuales de los componentes de la instalación. Cabe aclarar que los costos del cableado de alimentación y de control no se tienen en cuenta ya que en las diversas empresas que nos han asesorado, nos informaron que en las instalaciones de esta envergadura la parte eléctrica la realiza la empresa destinada a la instalación eléctrica del edificio.

En algunos casos la empresa destinada a la instalación termomecánica lo que único que puede proveer es el cableado de control.

Se tomo como valor de cambio para el Dólar un total de \$2.92 por Dólar estadounidense.

A continuación se presentan los valores finales de instalación comparando el sistema S-MMS vs. un sistema de las mismas características con compresores fijos (Sistema Tradicional) y vs. un Sistema Todo Agua.

El valor final para el sistema S-MMS contempla una estimación del costo de mano de obra y beneficio de la empresa.

El costo considerado para la instalación del Sistema Todo Agua, se obtuvo en función al costo estimado en el mercado de aproximadamente U\$S 1800.00 por tonelada de refrigeración (recordando que sistema posee aproximadamente 192 Tr.)

Para el Sistema Tradicional se estimo el costo en función al valor de Unidades Exteriores de la misma capacidad que las del sistema S-MMS y los demás componentes se consideraron iguales.

## PROYECTO FINAL

### INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL

Costo Total incluido mano de obra y beneficio de empresa	1048548,80
Sistema tradicional	851589,98
Sistema todo agua	1009122,49

Con estas estimaciones de costos, podemos obtener las diferencias aproximadas de los demás sistemas respecto al S-MMS. Estas diferencias son las siguientes:

S-MMS vs. Sistema tradicional	196958,82
S-MMS vs. Sistema todo agua	39426,31

Con estos datos podemos calcular la cantidad de años necesarios para amortizar la diferencia de precios entre los diferentes sistemas considerando el valor obtenido para el ahorro de energía por cada conjunto de Unidades Exteriores.

La comparación económica con el Sistema Todo Agua no ha podido ser realizada, ya que para obtener los valores deberíamos haber tomado los consumos de las máquinas enfriadoras de líquido durante un cierto tiempo de funcionamiento, en función a la cantidad de unidades encendidas. No obstante si tenemos en cuenta que el fabricante del sistema S-MMS asegura que los equipos ahorraran respecto a cualquier otro sistema un mínimo de un 15 % de energía, entonces consideramos este porcentaje para calcular el tiempo a partir del cual se recuperara la diferencia invertida en el sistema S-MMS para comenzar a generar un ahorro monetario. Por último el ahorro de dinero anual será de \$ 8611.29

Tiempo necesario para amortizar la diferencia de inversión entre el sistema S-MMS y el Sistema Tradicional	8,06	años
Tiempo necesario para amortizar la diferencia de inversión entre el sistema S-MMS y el Sistema Todo Agua	4,58	años

En estos períodos se amortizará la diferencia en las inversiones, una vez superados estos períodos se comenzará a obtener una diferencia monetaria la cual podrá ser utilizada para posibles reemplazos de unidades a futuro o los distintos mantenimientos del sistema sin que estos generen gastos extras entre los propietarios.

Además una de las ventajas que posee el sistema S-MMS con respecto a los otros sistemas, es que tiene un muy bajo costo de mantenimiento preventivo mientras que el Sistema Todo Agua, pasado un determinado período de tiempo puede generar problemas en el sistema debido a la cantidad de sales que posee el agua en nuestra ciudad generando corrosión en el sistema.

La comparación económica con el Sistema Todo Agua no ha podido ser realizada, ya que para obtener los valores deberíamos haber tomado los consumos de las máquinas enfriadoras de líquido durante un cierto tiempo de funcionamiento, en función a la cantidad de unidades encendidas. No obstante si tenemos en cuenta que el fabricante del sistema S-MMS asegura que los equipos ahorraran respecto a cualquier otro sistema un mínimo de un 15 % de energía, entonces consideramos este porcentaje para realizar el tiempo a partir del cual se recuperara la diferencia invertida en el sistema S-MMS para comenzar a generar un ahorro monetario. Por último el ahorro de dinero anual será de \$ 8264.53

## CAPITULO 9: INSTALACIÓN

### 9.1 Instalación de las Unidades Exteriores

Una vez recibidas las unidades exteriores, desempacar el producto con cuidado, y comprobar si esta dañada o le falta algo. Si llega a ocurrir algo de esto, por favor, reportar cualquier daño inmediatamente.

Para el transporte de las unidades exteriores estas deben ser transportadas de manera que siempre permanezcan de manera vertical.

Las unidades poseen dispositivos para ser transportados mediante elevadores de horquilla o carretilla de mano, como se muestra en la figura 9.1.1.

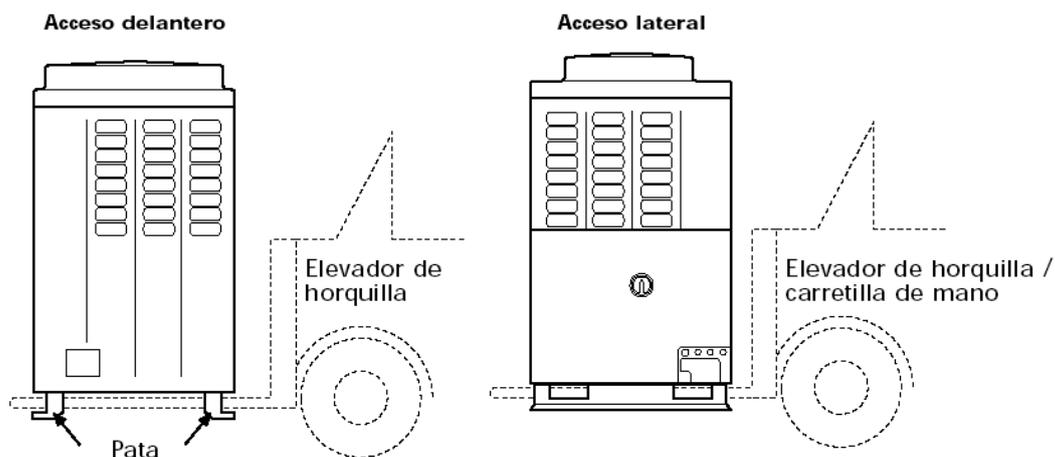


Figura 9.1.1

A su vez en la figura 9.1.2 se muestra la manera en que deben ser colocadas las lingas para transportar las unidades mediante grúas. Se debe tener cuidado en los puntos donde el contacto de las unidades con las lingas pudieran arañar o deformar la misma.

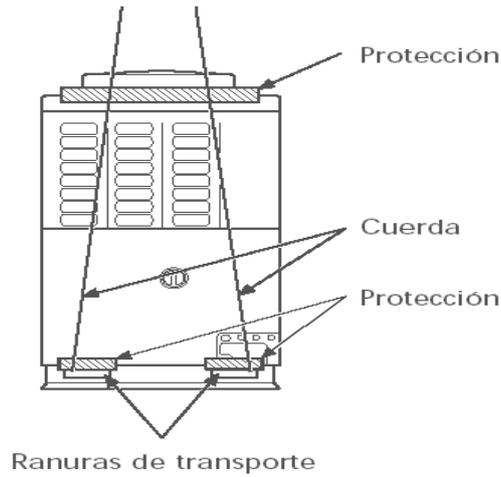


Figura 9.1.2

Las dimensiones para las cuatro unidades exteriores colocadas se ven en la figura 9.1.3.

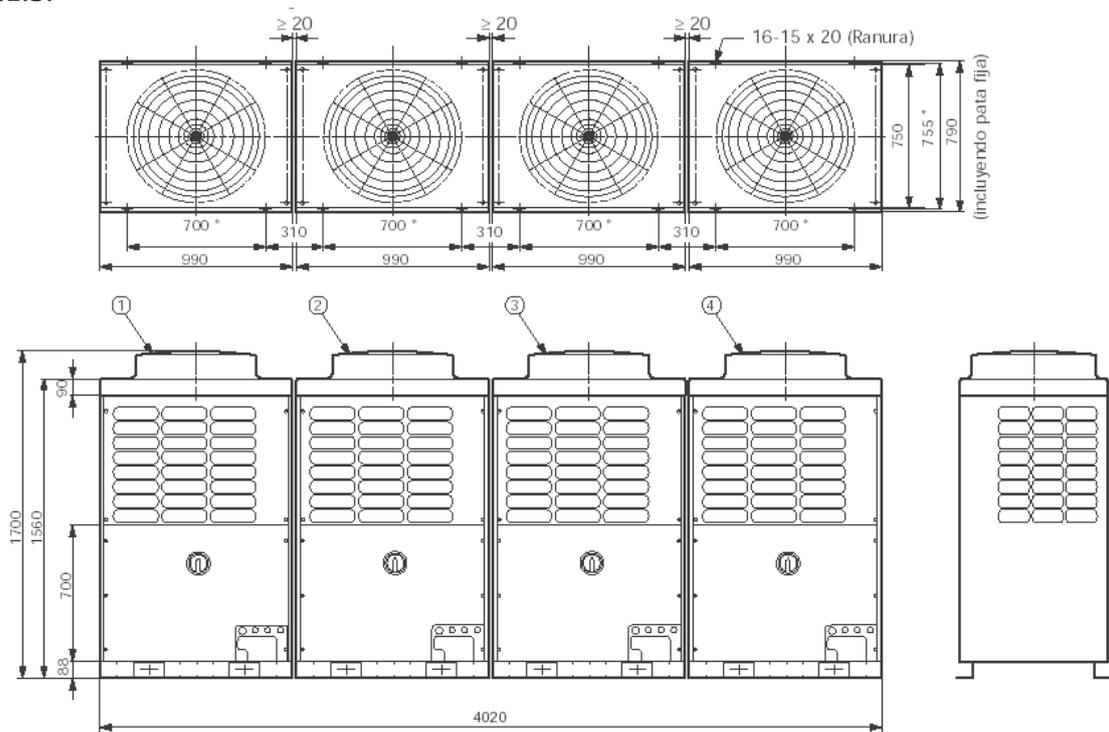


Figura 9.1.3

Hay que tener en cuenta que del lado posterior se debe dejar un espacio entre las unidades y la mampostería como mínimo de 300 mm., del lado delantero un mínimo de 500 mm. y sobre los lados laterales un mínimo de 10 mm.

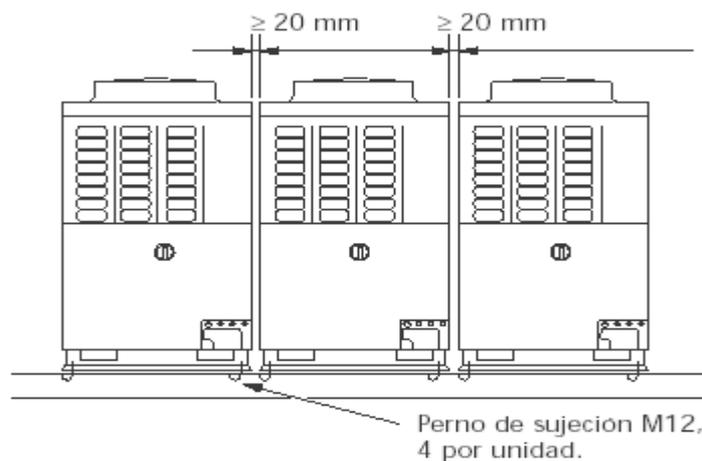
Si la instalación es de líneas paralelas, además de las consideraciones realizadas anteriormente, se debe dejar como mínimo las siguientes distancias entre diferentes líneas:

## PROYECTO FINAL

### INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL

- Si se enfrentan los lados delanteros, la distancia mínima debe ser mayor a 1000 mm.
- Si se enfrentan los lados posteriores, la distancia mínima debe ser mayor a 600 mm.
- Si se enfrentan los lados posteriores y delanteros, la distancia mínima debe ser mayor a 600 mm.

Una vez colocadas las máquinas en su sitio, se debe verificar que estas se encuentren entre si a intervalos de separación 20 mm. como mínimo. Para sujetarlas se deben utilizar tornillos de sujeción M12 (4 por unidad). Figura 9.1.4



**Figura 9.1.4**

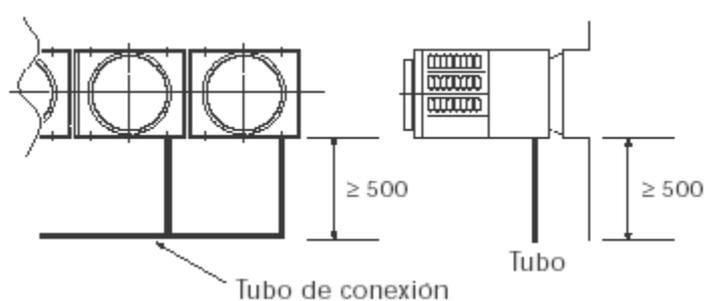
Es adecuado colocar un perno de fijación con una altura mínima de 20 mm. de altura. Figura 9.1.5.



**Figura 9.1.5.**

El fabricante recomienda que para la instalación de estas unidades se deben construir bases de hormigón de aproximadamente 500 mm. de altura. Figura 9.1.6.

Otra de las recomendaciones del fabricante es que la cañería se canaliza desde la



parte delantera de la unidad, la cañería de conexión debe estar a una distancia mínima de 500 mm.

**Figura 9.1.6.**

Estas son las recomendaciones que indica el fabricante para la instalación de las unidades exteriores.

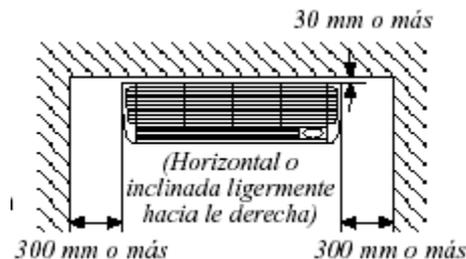
Una vez ubicadas las unidades exteriores en el sitio designado para su funcionamiento, se procede a colocar las unidades interiores en sus sitios designados.

## **9.2 Instalación de las Unidades Interiores**

Una vez recibidas las unidades interiores, desempacar el producto con cuidado, y comprobar si esta dañada o le falta algo. Si llega a ocurrir algo de esto, por favor, reportar cualquier daño inmediatamente.

Para las unidades de pared, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones previas a realizar las perforaciones para la sujeción de la plantilla. Figura 9.2.1.

Condición *fundamental* de montaje para las unidades interiores de pared.



**Figura 9.2.1.**

Se presenta la plantilla en el lugar de montaje, se coloca un nivel en la parte superior de la misma y se verifica que la plantilla se encuentre de manera horizontal o ligeramente inclinada hacia la derecha (imperceptible a simple vista) para asegurar un buen drenaje. A continuación se marcan los puntos de sujeción y se procede a retirar la plantilla.

Se realizan las perforaciones del diámetro correspondiente al tarugo que se utilizará, el cual se encuentra junto con los tornillos de fijación en la caja de la unidad. Una vez colocados los tarugos y sujeta la plantilla por medio de los tornillos de fijación y se monta la unidad interior.

Para las unidades de techo, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones.

### **9.2.1 Para cassette de cuatro vías**

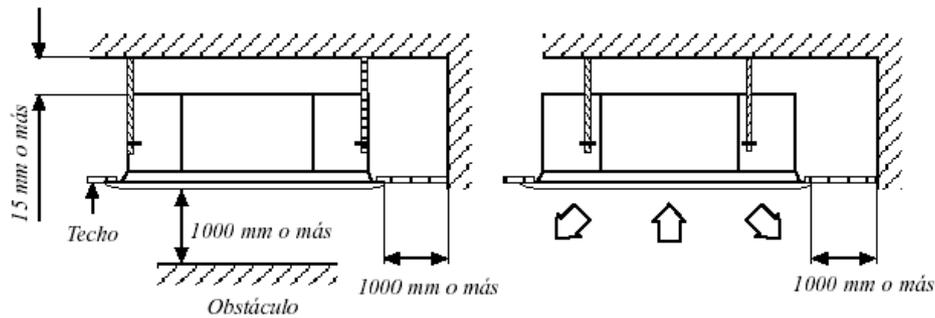


Figura 9.2.1.1

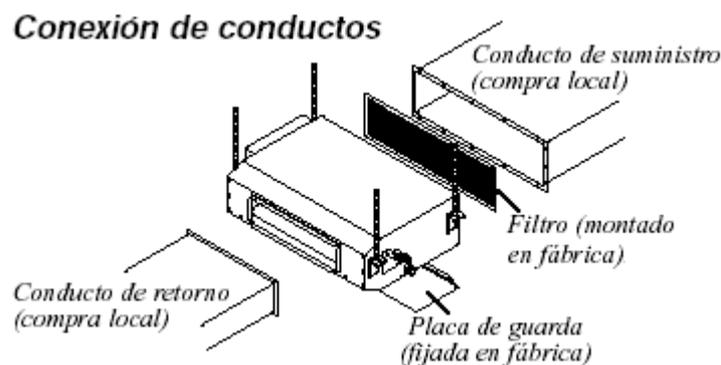


Figura 9.2.1.2

Para el montaje de estas unidades se debe colocar en el techo una broca de diámetro mínimo de 5/16" y para su sujeción a las orejas de suspensión, se debe utilizar una varilla roscada de iguales dimensiones con tuerca y arandela. figura 9.2.1.1 y 9.2.1.2.

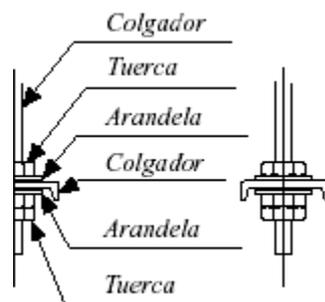


Figura 9.2.1.3.

Como se observa, la unidad para la conexión de conductos, figura 9.2.1.3 no posee restricciones de distancias respecto al montaje sobre el techo ya que el retorno de aire se produce a través de un conducto. Se debe tener en cuenta para el montaje de estas unidades la colocación de una puerta de acceso para acceder

a la unidad cuando se realice el mantenimiento o deba efectuarse alguna reparación.

Las unidades cassette y de conductos poseen una bomba de pequeñas dimensiones para la expulsión del agua de drenaje. Debido a esto es que no se realizan consideraciones respecto a la posición de montaje.

### **9.2.2 Conductos de aire**

Para la alimentación de los baños y vestidores los conductos que se colocarán van a ser de chapa galvanizada N° 24 revestidos con aislación de lana de vidrio o una aislación similar.

Los conductos de las habitaciones principales se harán de la siguiente manera:

- Dormitorio:
  - o en Suite: La salida de alimentación del equipo es de 60 cm. de ancho por 20 cm. de alto. Para poder alimentar el baño, la habitación y el vestidor se colocará a la salida del equipo una pieza en forma de “Y” llamada *pantalón* o *bifurcación* la cual en función a los tamaños de las salidas se entregarán los caudales de aire necesarios para alimentar el baño, la habitación y el vestidor. Para el baño el conducto va a ser de 15 x 20 y el otro conducto (habitación y vestidor) de 45 x 20. El baño utilizará para la inyección del aire un difusor tipo RITRAC “doble deflexión” con palanca exterior de Aluminio Anodizado de Ø20 cm. La ventaja de este tipo de rejillas es que cuando se utiliza el aire acondicionado el propietario puede cerrarla. Para la habitación y el vestidor se colocarán difusores RITRAC Tipo S1 con maniobra (para regular el caudal) de Aluminio Anodizado de Ø38 cm. El conducto de retorno será 60 x 20 y poseerá una rejilla RITRAC para retorno de 65 x 20.
  - o 1 y 2: La salida de alimentación del equipo es de 45 cm. de ancho por 20 cm. de alto. Para poder alimentar el baño y la habitación se colocará a la salida del equipo una pieza en forma de “Y” llamada *pantalón* o *bifurcación* la cual en función a los tamaños de las salidas se entregarán los caudales de aire necesarios para alimentar el baño y la habitación. Para el baño el conducto va a ser de 15 x 20 y el otro conducto (habitación) de 30 x 20. El baño utilizará para la inyección del aire una rejilla tipo RITRAC “doble deflexión” con palanca exterior de Aluminio Anodizado de 15 x 20. La ventaja de este tipo de rejillas es que cuando se utiliza el aire acondicionado el propietario puede cerrarla. Para la habitación y el vestidor se colocarán difusores RITRAC Tipo S1 con maniobra (para regular el caudal) de Aluminio Anodizado de Ø38 cm. El conducto de retorno será 45 x 20 y poseerá una rejilla RITRAC para retorno de 45 x 20.

- SUM:
  - o La salida de alimentación del equipo es de 60 cm. de ancho por 20 cm. de alto. Para poder alimentar el SUM se colocará a la salida del equipo una pieza en forma de “Y” llamada *pantalón* o *bifurcación* la cual en función a los tamaños de las salidas se entregarán los caudales de aire necesarios para alimentar el baño y la habitación.  
El conducto que alimentará el SUM, poseerá tres tramos con difusores, del siguiente tamaño:
    - 1º tramo será de 45 x 20
    - 2º tramo será de 25 x 20
    - 3º tramo será de 15 x 20

Para la inyección del aire se colocarán difusores de Ø38 cm., Ø25 cm. y Ø20 cm. RITRAC Tipo S1 con maniobra de Aluminio Anodizado pintados del mismo color que el techo. El conducto de retorno será 90 x 20 y poseerá una reja RITRAC para retorno de 90 x 25.

En el Apéndice Plano se ve el detalle en los planos:

- PLANTA TIPO equipos y cañerías
- PLANTA BAJA equipos y cañerías

### 9.3 Cañerías

#### 9.3.1 Instalación de las cañerías

Luego de ser recibida la cañería que será utilizada, como primer medida debe ser limpiada (únicamente las que vienen en tiras de 5 metros), figura 9.3.1.1, con agentes que no dejen en el interior de las mismas suciedad, humedad ni rastros del limpiador.

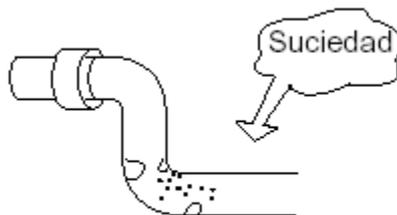
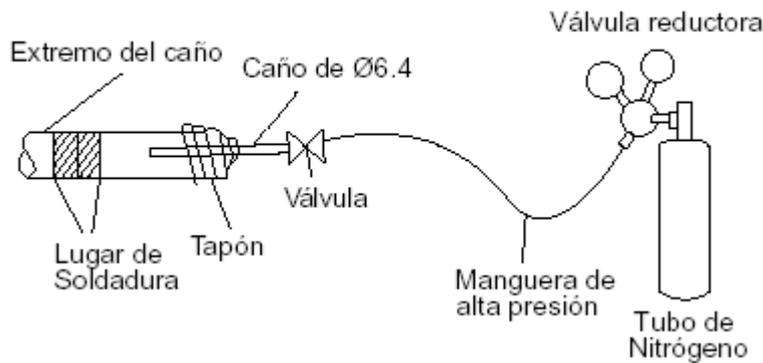


Figura 9.3.1.1

Luego de realizada la limpieza, la cañería debe ser sellada en los extremos para evitar que se vuelva a contaminar.

Para realizar la instalación, se debe ir soldando la cañería de cobre con soldadora autógena (como material de relleno se utilizan varilla de Plata, para soldadura en cobre). Figura 9.3.1.2.

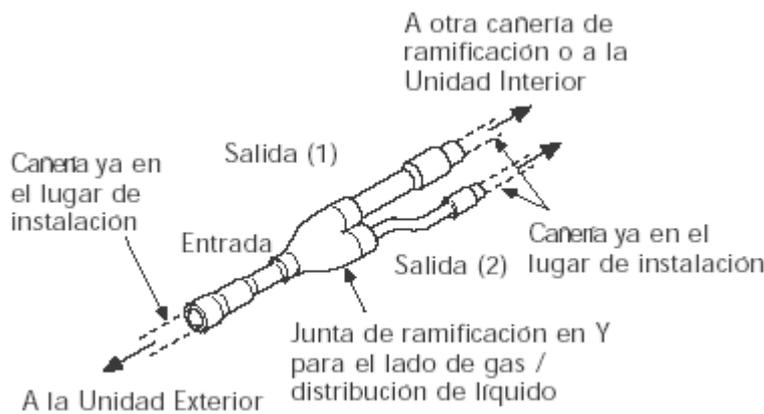
Para evitar que se forme una capa de óxido en la parte interior de la cañería, se le inyecta Nitrógeno durante la soldadura como indica la figura.



**Figura 9.3.1.2**

Si la cañería es aérea se deben colocar soportes de suspensión cada 4 metros de longitud aproximadamente, de esta manera se evita la flexión excesiva de la cañería.

En la figura 9.3.1.3 se muestra en detalle como es un conector en forma de “Y”



**Figura 9.3.1.3**

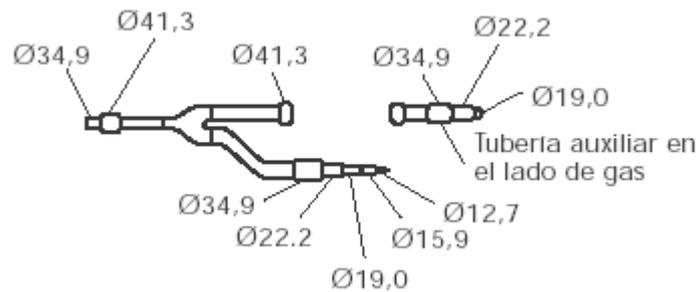
Cuando el diámetro de la cañería seleccionado difiera del diámetro de la cañería de la junta de la derivación “Y”, se debe cortar el centro de la sección de conexión con un cortador de caños adecuado, tal como se indica en la figura 9.3.1.4.



**Figura 9.3.1.4.**

Utilice la cañería auxilia para ajustar el diámetro de la cañería de la junta del derivador en “Y” del lado de gas o de líquido. Se debe cortar la cañería

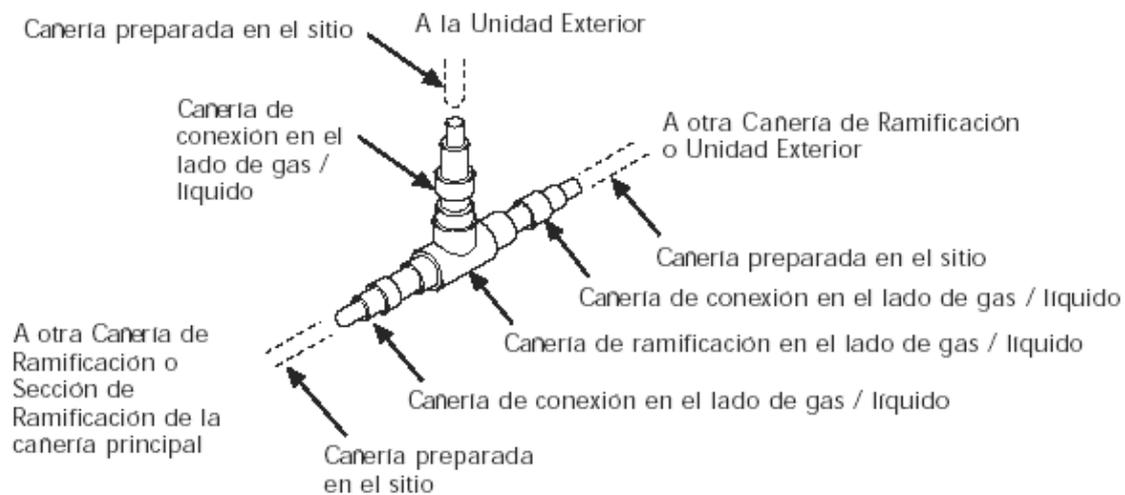
ramificada y la cañería auxiliar al tamaño especificado y luego realice la cobresoldadura. Figura 9.3.1.5.



**Figura 9.3.1.5**

Para la interconexión de las unidades exteriores se debe utilizar juntas de ramificación en forma de “T “.Figura 9.3.1.6.

Utilice las cañerías de conexión incluidas para los lados de gas/líquido de manera que sean del diámetro adecuado, como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 9.3.1.6**

Si el diámetro de la cañería seleccionada preparada en el sitio es distinta al diámetro de la cañería de ramificación, corte en el centro de la sección de conexión de igual modo que se especificó para los derivadores en forma de “Y”. Figura 9.3.1.7. Hay que guardar las mismas precauciones para la conexión de la cañería de compensación de aceite.

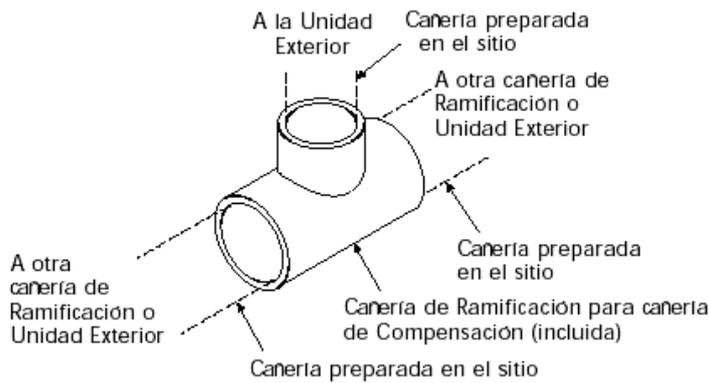


Figura 9.3.1.7

Asegúrese que la interconexión entre unidades exteriores por medio de derivadores en forma de “T” se realice de la siguiente manera. Figura 9.3.1.8

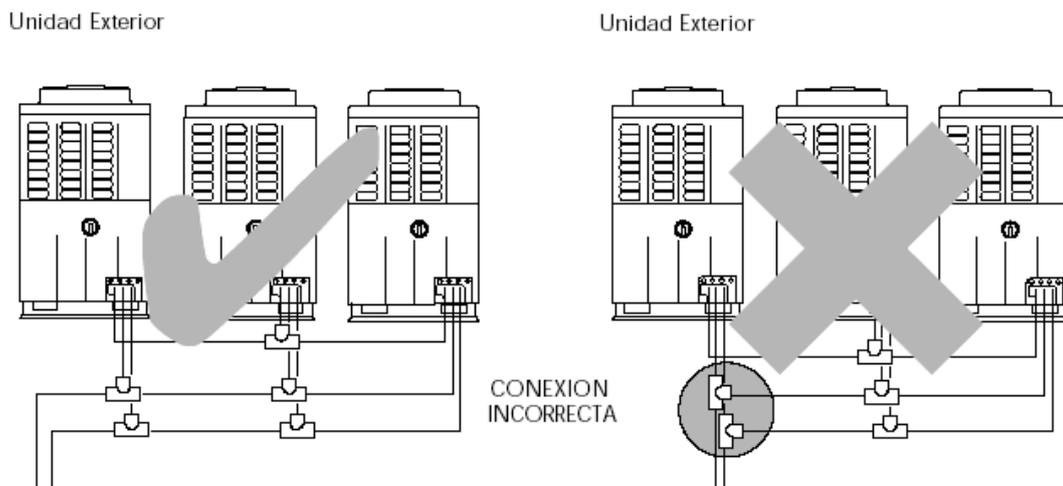


Figura 9.3.1.8

### 9.3.2 Aislamiento térmico

Aísle el lado de líquido, el lado de gas y la cañería de compensación por separado. Utilice un aislante con una resistencia a la temperatura de 120 °C o superior para las cañerías, con un espesor de 10 mm o superior. Figura 9.3.2.1. Una vez finalizado el aislamiento térmico, selle con cinta las juntas de las tiras del aislante y luego realice un encintado en todo el derivador para evitar la condensación en las juntas. La Figura 9.3.2.2 muestra la aislación y encintado de un derivado de tipo “Y”.

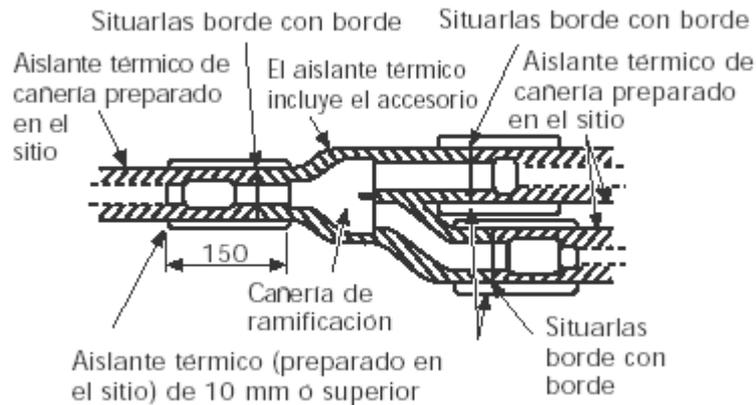


Figura 9.3.2.1



Figura 9.3.2.2

### 9.3.3 Ensayo de Estanqueidad

Una vez finalizada la interconexión de toda la cañería se procede a realizar un ensayo de estanqueidad.

Para ello se conecta un tubo de Nitrógeno, tal como se indica en la figura 9.3.3.1 y aplique presión.

- Asegúrese de realizar el ensayo desde los puertos de servicios de las válvulas con empaque en el lado tanto de gas como del de compensación.
- Asegúrese de realizar el ensayo de estanqueidad en los puertos de servicio de los lados de líquido, gas y compensación de la unidad exterior principal.
- Mantenga todas las válvulas de los lados de gas, líquido y compensación totalmente cerradas. El Nitrógeno puede introducirse en el ciclo de la unidad exterior. Por consiguiente, vuelva a apretar la válvula antes de aplicar la presión (para todas las válvulas en los lados de gas, líquido y compensación).
- Para cada cañería aplique presión gradualmente en los lados de gas, líquido y compensación.

Para realizar este ensayo, *no utilice nunca* oxígeno ni gases inflamables nocivos.

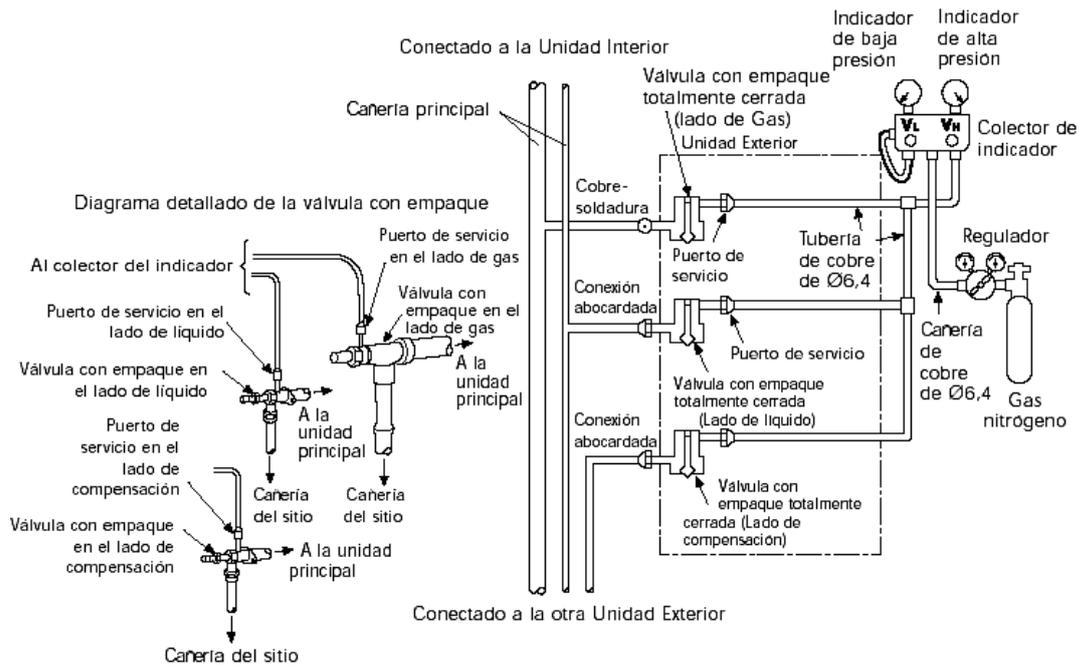


Figura 9.3.31

Una vez inyectado el Nitrógeno a una presión aproximada de 1.72 Mpa (250 Psi), deje pasar un tiempo mínimo de 3 h. Este tiempo dependerá del tamaño de la cañería, porque si el poro es muy pequeño se necesita un cierto tiempo para que el manómetro acuse una modificación en la presión.

Si no se ha producido una reducción en la presión, es aceptable.

Si se ha producido una reducción de presión, compruebe si hay fugas.

Si ha cambiado la temperatura ambiente en las 24 h. siguientes al momento que se aplicó la presión, la presión puede cambiar aproximadamente 0.01 Mpa por °C, por lo tanto, corrija el cambio de presión.

Si se detecta una caída en la presión, localice la fuga mediante el oído, el tacto, utilizando agentes de espuma, etc. y vuelva a cobresoldar o a apretar.

Luego de detectar y corregir la fuga, repita el procedimiento para el ensayo de estanqueidad.

### 9.3.4 Purga de Aire

Utilizando una bomba de vacío, realice una purga de aire. No utilice nunca gas refrigerante.

- Una vez realizado el ensayo de estanqueidad, descargue el gas nitrógeno.
- Coloque un conector de indicador al puerto al puerto de servicio del lado de líquido, del lado de gas y del lado de compensación, y conecte una bomba de vacío tal como muestra la figura.
- Asegúrese de realizar el vacío en las cañerías de líquido, gas y compensación.

La figura 9.3.4.1 muestra como debe ser realizada la purga.

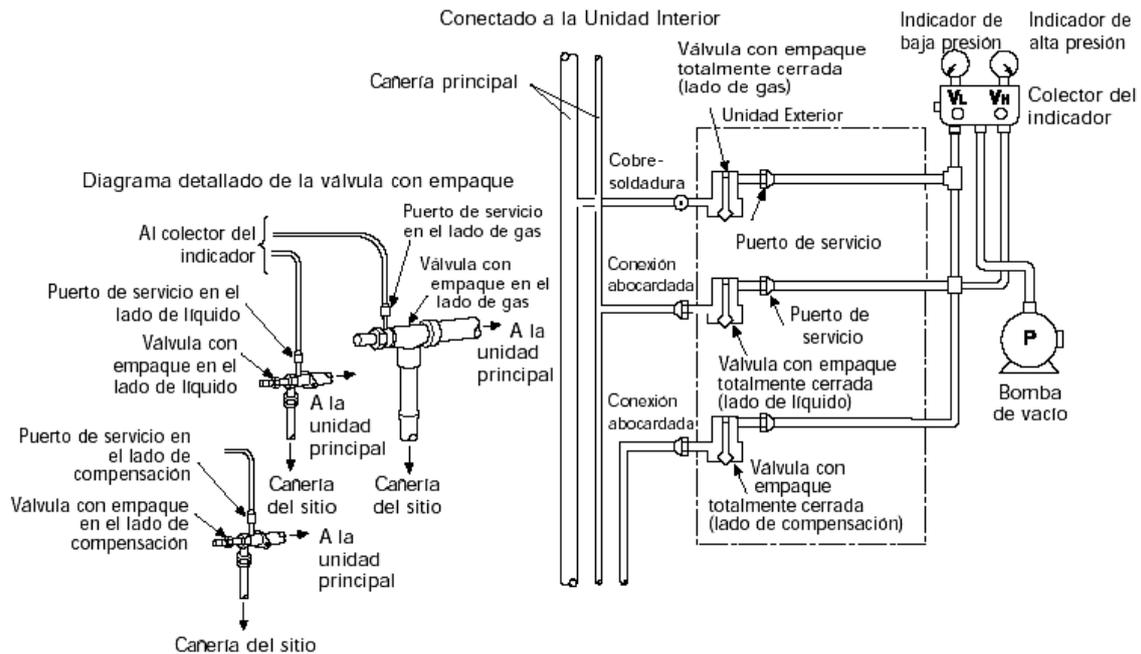


Figura 9.3.4.1

- Utilice una bomba de vacío con un alto grado de arrastre de vacío (-755 mmHg o menos) y gran desplazamiento (40 l/min. o más).
- Realice el vaciado durante dos o tres horas, aunque el tiempo depende de la longitud de la cañería. Compruebe que todas las válvulas con empaque de los lados de líquido, gas y compensación estén totalmente cerradas.
- Si el vacío no llega a -755 mmHg o menos incluso después de vaciar durante dos horas o más, continúe durante otra hora. Si todavía no llega después de tres horas compruebe si hay fugas.
- Cuando el vacío llegue a -755 mmHg o menos después de dos horas o más, cierre totalmente las válvulas VL y VH del colector indicador, pare la bomba de vacío, déjela una hora y compruebe si ha cambiado el vacío. Si ha cambiado puede que haya fuga, en cuyo caso tendrá que realizar una comprobación completa de las cañerías.
- Una vez finalizado el procedimiento indicado, sustituya una bomba de vacío por una garrafa de gas refrigerante y añada el refrigerante.

### 9.3.5 Carga de refrigerante

- Con la válvula de la unidad exterior cerrada, cargue el refrigerante desde el puerto de servicio en el lado del líquido.
- Si la cantidad especificada de refrigerante no se puede cargar, abra totalmente las válvulas de la unidad exterior de los lados de líquido, gas y compensación y realice la operación de refrigeración con la válvula en el lado de gas ligeramente cerrada.
- Si hay escasez de refrigerante debido a fugas, recupere el refrigerante del sistema y vuelva a cargarlo con refrigerante nuevo, hasta llegar a la cantidad total de refrigerante.

## PROYECTO FINAL

### INSTALACION TERMOMECHANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL

La cantidad de refrigerante que se incluye de fábrica no incluye el refrigerante necesario para las cañerías, por lo que hay que calcular esta cantidad, y añadirla. De fábrica las unidades incluyen 12.5 Kg. de refrigerante.

El cálculo de la cantidad de refrigerante a añadir para las cañerías es la siguiente:

*Cantidad de refrigerante adicional a añadir en el sitio de instalación =*  
*[Longitud real de la cañería de líquido x Cantidad de refrigerante adicional a añadir por cada metro de tubería de líquido (Tabla 9.3.5.1)] + Factor de compensación (Tabla 9.3.5.2)*

**Tabla 9.3.5.1**

Diámetro del caño del lado de líquido	Φ1/4" (6,4)	Φ3/8" (9,54)	Φ1/2" (12,7)	Φ5/8" (15,9)	Φ3/4" (19)	Φ7/8" (22,2)
Cantidad adicional de refrigerante por metro	0,025 Kg.	0,055 Kg.	0,105 Kg.	0,160 Kg.	0,250 Kg.	0,350 Kg.

**Tabla 9.3.5.2**

Combinación de HP	Combinación de unidades exteriores				Factor de compensación por sistema de HP (Kg.)
	10	10	10	8	
38	10	10	10	8	-6
40	10	10	10	10	-5

La cantidad adicional de refrigerante que hay que agregar al sistema es la siguiente:

#### **TORRE N° 1 - Conjunto del 3° a la PB**

Diámetro de cañería	Cantidad de metros	Cantidad adicional de refrigerante por metro	Cantidad total de refrigerante por cañerías
7/8"	29	0,350	10,15
3/4"	4	0,250	1,00
5/8"	7	0,160	1,12
1/2"	72	0,105	7,56
3/8"	42	0,055	2,31
1/4"	60	0,025	1,50
Total de la carga adicional			23,64
Compensación			5,00
<b>CANTIDAD ADICIONAL TOTAL DE REFRIGERANTE</b>			<b>18,64</b>

#### **TORRE N° 1 - Conjunto del 6° al 4°**

Diámetro de cañería	Cantidad de metros	Cantidad adicional de refrigerante por metro	Cantidad total de refrigerante por cañerías
7/8"	16	0,350	5,60
3/4"	4	0,250	1,00
5/8"	7	0,160	1,12
1/2"	72	0,105	7,56
3/8"	42	0,055	2,31
1/4"	60	0,025	1,50
Total de la carga adicional			19,09
Compensación			6,00
<b>CANTIDAD ADICIONAL TOTAL DE REFRIGERANTE</b>			<b>13,09</b>

**TORRE N° 1 - Conjunto del 9° al 7°**

Diámetro de cañería	Cantidad de metros	Cantidad adicional de refrigerante por metro	Cantidad total de refrigerante por cañerías
7/8"	10	0,350	3,50
3/4"	4	0,250	1,00
5/8"	7	0,160	1,12
1/2"	72	0,105	7,56
3/8"	42	0,055	2,31
1/4"	60	0,025	1,50
Total de la carga adicional			16,99
Compensación			6,00
<b>CANTIDAD ADICIONAL TOTAL DE REFRIGERANTE</b>			<b>10,99</b>

**TORRE N° 2 - Conjunto del 3° al 1°**

Diámetro de cañería	Cantidad de metros	Cantidad adicional de refrigerante por metro	Cantidad total de refrigerante por cañerías
7/8"	29	0,350	10,15
3/4"	4	0,250	1,00
5/8"	7	0,160	1,12
1/2"	67	0,105	7,04
3/8"	42	0,055	2,31
1/4"	60	0,025	1,50
Total de la carga adicional			23,12
Compensación			6,00
<b>CANTIDAD ADICIONAL TOTAL DE REFRIGERANTE</b>			<b>17,12</b>

**TORRE N° 2 - Conjunto del 6° al 4°**

Diámetro de cañería	Cantidad de metros	Cantidad adicional de refrigerante por metro	Cantidad total de refrigerante por cañerías
7/8"	16	0,350	5,60
3/4"	4	0,250	1,00
5/8"	7	0,160	1,12
1/2"	72	0,105	7,56
3/8"	42	0,055	2,31
1/4"	60	0,025	1,50
Total de la carga adicional			19,09
Compensación			6,00
<b>CANTIDAD ADICIONAL TOTAL DE REFRIGERANTE</b>			<b>13,09</b>

**TORRE N° 2 - Conjunto del 9° al 7°**

Diámetro de cañería	Cantidad de metros	Cantidad adicional de refrigerante por metro	Cantidad total de refrigerante por cañerías
7/8"	10	0,350	3,50
3/4"	4	0,250	1,00
5/8"	7	0,160	1,12
1/2"	72	0,105	7,56
3/8"	42	0,055	2,31
1/4"	60	0,025	1,50
Total de la carga adicional			16,99
Compensación			6,00
<b>CANTIDAD ADICIONAL TOTAL DE REFRIGERANTE</b>			<b>10,99</b>

	CANTIDAD TOTAL ADICIONAL DE REFRIGERANTE EN Kg.
TORRE N°1	42,72
TORRE N°2	41,195
<b>Total</b>	<b>83,915</b>

## 9.4 Cableado

### 9.4.1 Consideraciones generales

- Las cañerías de refrigeración y su cableado de control correspondiente se deben encaminar próximos entre si.
- Con el fin de prevenir interferencias, se recomienda utilizar cables blindados de doble par no polares, en los cables de control conectados a las unidades interiores, unidades exteriores y entre ellas.
- La alimentación de cada unidad exterior debe contar con su circuito derivado dedicado, y cada unidad exterior debe su poseer un interruptor termomagnético y conexión a Tierra.
- Las unidades exteriores y las unidades interiores deben tener su fuente de alimentación por separado.

Visión del conjunto del sistema cableado. Figura 9.4.1.1.

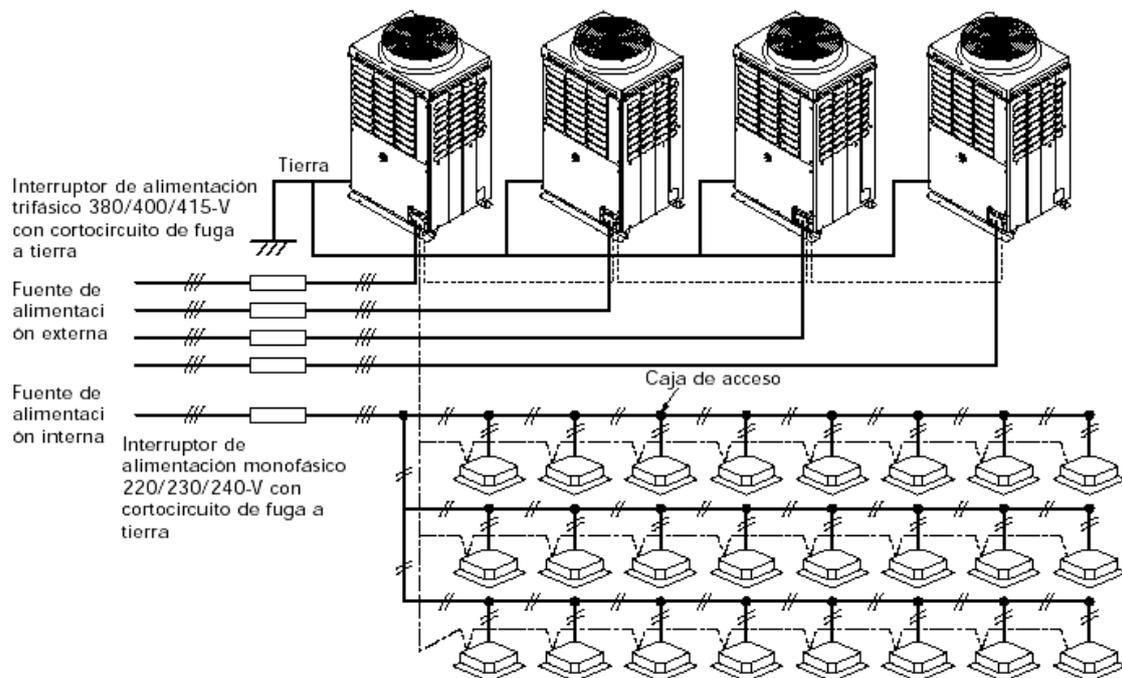


Figura 9.4.1.1

9.4.2 Cableado de Control.

El cable utilizado para realizar la instalación de control es del tipo no polar, por lo cual no se realiza ninguna consideración particular en cuanto a la conexión de los cables. La figura 9.4.2.1, muestra los bornes de conexión de del cableado de control entre las unidades interiores y la unidad exterior de comando. A su vez se muestra en el grafico las borneras de conexión para los controles remotos alámbricos.

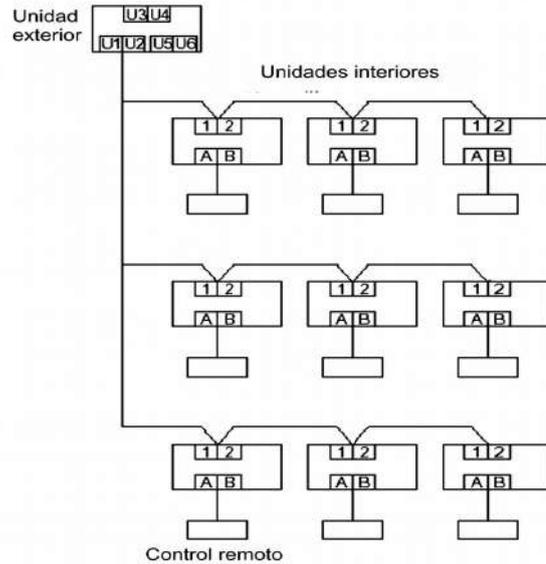


Figura 9.4.2.1

La conexión entre las unidades interiores debe realizarse en forma de guirnalda como se detalla en la siguiente figura 9.4.2.2.

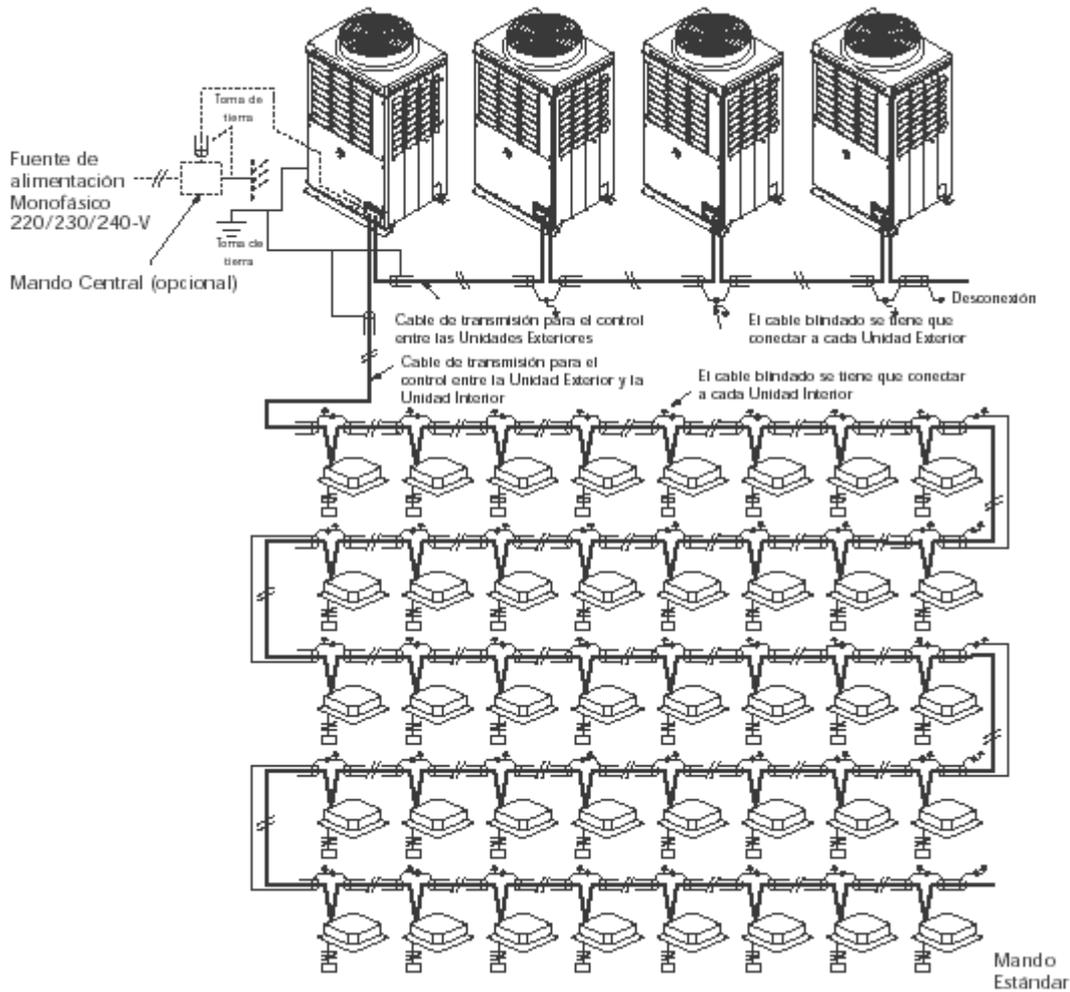


Figura 9.4.2.2

- Las líneas de cruce y las líneas desde el mando central utilizan cables de doble par no polares. Con el fin de prevenir interferencias, se debe utilizar cables blindados de doble par. Conectar los extremos de los cables blindados y aislar el extremo final. Utilizar dos tomas de tierra: una en el mando central y otra para las unidades exteriores.
- Se debe asegurar de dividir los cables blindados de masa del mando central y cruce en líneas separadas (no cruzadas a la mitad).

### 9.5 Puesta en marcha

Luego de realizar satisfactoriamente el ensayo de estanqueidad y el llenado de la cañería, se procede a poner en marcha el sistema. Para ello se siguen los siguientes pasos:

1. Se energizan todas las unidades interiores.
2. Si las unidades interiores son comandadas por medio de un control remoto grupal, el cual es alámbrico, se deben direccionar las unidades a comandar. Si

las unidades interiores poseen controles remotos individuales (como es el caso de éste trabajo), no hace falta redireccionarlas.

3. Se energizan las unidades exteriores, de esta manera el mando de control electrónico, procesa la información enviada por las unidades interiores.  
Hay que tener mucho cuidado en éste proceso ya que si una unidad interior no está energizada, el mando central no procesa la información de la misma, no considerándola activa dentro del sistema. Cuando esta se energice, la unidad exterior se detendrá y emitirá un mensaje de error debido a que aparecerá una unidad más dentro del sistema. Por lo tanto habrá que resetear el sistema electrónico y repetir los pasos 1 y 2.
4. Se debe controlar que los ventiladores de las unidades interiores funcionen de manera correcta (que hagan fluir aire y que no generen un ruido excesivo).
5. A continuación se deben colocar todas las unidades interiores en modo de prueba por medio de los controles remotos. Este procedimiento durará aproximadamente unos 30 minutos, en los cuales se deben chequear el consumo eléctrico, las presiones de trabajo y la descarga de aire del condensador de las unidades exteriores.
6. Una vez finalizado el modo de operación en prueba, se apagan las unidades interiores, se las cambia a modo de funcionamiento normal mediante el control remoto y a partir de este momento se pueden utilizar el sistema de manera normal.
7. Si el sistema es frío-calor se puede realizar la prueba en la función frío o calor. Si la prueba fue efectuada en el modo frío, el fabricante informa que no es necesario realizarlo en el modo calor, pero, para una mayor seguridad el instalador puede realizar la prueba en los dos modos.

## **9.6 Mantenimiento**

El mantenimiento general de este tipo de equipos es mínimo.

Las tareas que se deben realizar son las siguientes:

- *Mensualmente*, se debe realizar una limpieza de filtros de las unidades interiores. Estos filtros se limpian con agua y detergente (doméstico) quitando la suciedad del mismo. Esta tarea puede ser realizada por el propietario o por un técnico encargado del mantenimiento.
- *Anualmente*, se debe realizar una limpieza general de la unidad exterior. Esta comprende un lavado con agua a presión de la serpentina del condensador (con el cuidado de no dañar las aletas por exceso de presión) y la limpieza general de la carcasa.

El técnico encargado del mantenimiento, debe controlar el estado general de la instalación y si encuentra alguna anomalía informar de la misma para la posterior reparación o reposición del elemento dañado.

Si se llegara a producir alguna falla en el sistema el mando central dará aviso de la misma a través de un código de fallas. La decodificación del código se encuentra en el manual del instalador. De esta manera el técnico sabrá cual es la falla y con que materiales deberá contar para la reparación.

## **CAPITULO 10: EXPENSAS**

**10.1 Recomendaciones para el cobro de expensas por departamentos.**

Para el cobro del consumo de energía eléctrica por el acondicionamiento de aire de cada departamento, se utiliza un sistema de medidores, los cuales miden el consumo de energía de los ventiladores de todas las unidades interiores correspondientes a cada departamento. A su vez los consumos correspondientes de las unidades exteriores, contarán con otro medidor de energía eléctrica.

La recomendación para la toma de estado de los medidores es la siguiente:

Cada vez que se realiza la toma de estado de los medidores correspondientes a la empresa proveedora de la energía eléctrica, el encargado del edificio o en su defecto el ayudante del encargado ya sea de la Torre N° 1 o la Torre N° 2 tendrá que tomar en forma simultanea o inmediata que se retire el empleado de la empresa proveedora de energía, los estados de los medidores correspondientes a los consumos de energía eléctrica de cada departamento, del SUM y de todos los conjuntos correspondientes a las unidades exteriores., en una planilla de toma de estado de medidores. La misma puede ser de la siguiente forma:

<b>TORRE N° 2</b>							
Fecha: __/__/__						<b>Toma de estado N°</b>	
Responsable: _____						_____	
Unidades interiores							
Circuito N° 1						Observaciones	
Piso	Estado del medidor						
1° Piso							
2° Piso							
3° Piso							
Unidad Exterior N° 1							
Circuito N° 2						Observaciones	
Piso	Estado del medidor						
4° Piso							
5° Piso							
6° Piso							
Unidad Exterior N° 2							
Circuito N° 3						Observaciones	
Piso	Estado del medidor						
7° Piso							
8° Piso							
9° Piso							
Unidad Exterior N° 3							
<b>TORRE N° 1</b>							
Fecha: __/__/__						<b>Toma de estado N°</b>	



## PROYECTO FINAL

### INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL


- Las planillas son individuales por Torre y la misma posee en las columnas dispuestas para la toma de estado del medidor, casilleros en los cuales se debe escribir el número correspondiente al estado del mismo. Se debe rellenar con un número por casillero y se escribirá de derecha a izquierda
- Una vez entregadas las planillas de toma de estado de los medidores a la Administración de las Torres, éstas serán utilizadas para realizar el cálculo del monto que debe ser cobrado a cada propietario de los departamentos en las expensas en función al uso que le han dado al sistema de acondicionamiento de aire.
- Para la discriminación del monto a abonar por cada propietario, se elaboró una planilla de cálculo, en la cual se obtienen los montos de cada departamento de la siguiente manera:
  - El primer paso es ingresar en la planilla el monto total de la factura. Luego de la misma factura, se deberá ingresar la cantidad de KW consumidos en ese período y de esta manera se obtiene el costo del KW que será cobrado a cada propietario.
  - Se suman todas las lecturas de cada circuito sin incluir el consumo de la Unidad Exterior. Por ejemplo, si tomamos las lecturas del circuito N° 1 de la Torre N° 1, realizaríamos la suma de las lecturas del SUM, 1° Piso, 2° Piso y 3° Piso.
  - Luego, realizamos el cociente del entre cada piso y la suma total realizada anteriormente, obteniendo el porcentaje de consumo de cada piso en relación al circuito considerado.
  - Una vez realizada la ponderación porcentual de cada piso, calculamos de la lectura del medidor de la Unidad Exterior a cuanto equivale el porcentaje calculado de cada piso. Con este valor sabremos a cuanto equivale del consumo de la unidad exterior el consumo de cada departamento.
  - A estos consumos individuales (porcentaje de la lectura del medidor de la Unidad Exterior) los multiplicaremos por el coeficiente correspondiente para calcular el equivalente en KW y le sumaremos el cociente del consumo en KW del SUM y 18 (correspondiente a la división del consumo del SUM por los 18 departamentos de las dos Torres).
  - Este valor será el de que deberá ser cobrado en las expensas a cada departamento.
- Por último el personal administrativo que se ocupe de realizar este procedimiento, deberá utilizar una planilla por bimestre de cálculo de consumos eléctricos, debiendo colocar en la misma, la lectura del período anterior y la lectura actual de los medidores.

A continuación se muestra a modo de ejemplo una planilla de las utilizadas para el cálculo del monto de las expensas debidas a la utilización del sistema de refrigeración y/o calefacción.

# PROYECTO FINAL

## INSTALACION TERMOMECANICA DE EDIFICIO HABITACIONAL

Ingrese el monto Total de la factura	1000
--------------------------------------	------

Ingrese el Total de KW consumidos	1220
-----------------------------------	------

Costo unitario del KW	0,819672131
-----------------------	-------------

TORRE N°1	Lectura actual	Lectura anterior	Consumo	Porcentaje	Consumo por depto	KWH consumidos	Precio del KWH	Importe a pagar en la expensas	Total de expensas
Consumo total de las Unidades Exteiores Equip. 1	500,00		500,00	100,00	500,00				
Consumo de la PB	60,00		60,00	50,00	250,00	305,00	0,82	250,00	
Consumo del Dpto N° 1	30,00		30,00	25,00	125,00	152,50	0,82	125,00	138,89
Consumo del Dpto N° 2	10,00		10,00	8,33	41,67	50,83	0,82	41,67	55,56
Consumo del Dpto N° 3	20,00		20,00	16,67	83,33	101,67	0,82	83,33	97,22
Consumo total de las Unidades Exteiores Equip. 2	100,00		100,00	100,00	100,00				
Consumo del Dpto N° 4	15,00		15,00	37,50	37,50	45,75	0,82	37,50	51,39
Consumo del Dpto N° 5	20,00		20,00	50,00	50,00	61,00	0,82	50,00	63,89
Consumo del Dpto N° 6	5,00		5,00	12,50	12,50	15,25	0,82	12,50	26,39
Consumo total de las Unidades Exteiores Equip. 3	220,00		220,00	100,00	220,00				
Consumo del Dpto N° 7	10,00		10,00	33,33	73,33	89,47	0,82	73,33	87,22
Consumo del Dpto N° 8	10,00		10,00	33,33	73,33	89,47	0,82	73,33	87,22
Consumo del Dpto N° 9	10,00		10,00	33,33	73,33	89,47	0,82	73,33	87,22

TORRE N°2	Lectura actual	Lectura anterior	Consumo	Porcentaje	Consumo por depto	KWH consumidos	Precio del KWH	Importe a pagar en la expensas	Total de expensas
Consumo total de las Unidades Exteiores Equip. 1	200,00		200,00	100,00	200,00				
Consumo del Dpto N° 1	3,00		3,00	21,43	42,86	52,29	0,82	42,86	56,75
Consumo del Dpto N° 2	5,00		5,00	35,71	71,43	87,14	0,82	71,43	85,32
Consumo del Dpto N° 3	6,00		6,00	42,86	85,71	104,57	0,82	85,71	99,60
Consumo total de las Unidades Exteiores Equip. 2	120,00		120,00	100,00	120,00				
Consumo del Dpto N° 4	20,00		20,00	36,36	43,64	53,24	0,82	43,64	57,53
Consumo del Dpto N° 5	30,00		30,00	54,55	65,45	79,85	0,82	65,45	79,34
Consumo del Dpto N° 6	5,00		5,00	9,09	10,91	13,31	0,82	10,91	24,80
Consumo total de las Unidades Exteiores Equip. 3	80,00		80,00	100,00	80,00				
Consumo del Dpto N° 7	15,00		15,00	23,08	18,46	22,52	0,82	18,46	32,35
Consumo del Dpto N° 8	20,00		20,00	30,77	24,62	30,03	0,82	24,62	38,50
Consumo del Dpto N° 9	30,00		30,00	46,15	36,92	45,05	0,82	36,92	50,81

## CAPITULO 11: REFRIGERANTES

### 11.1 Refrigerantes

Las características de los refrigerantes son importantes en lo que respecta al proyecto del sistema, aplicación y funcionamiento.

Son características importantes de los refrigerantes las siguientes:

- Inflamabilidad y toxicidad en lo que concierne a la seguridad de uso de un refrigerante. Los refrigerantes que son de uso masivo pertenecen a los menos peligrosos en cuanto a la inflamabilidad y explosibilidad. Los elementos Cloro y Flúor dentro de la formula de los refrigerantes hacen disminuir los grados de peligrosidad y toxicidad, respectivamente.
- La miscibilidad de un refrigerante con el aceite del compresor favorece el retorno del aceite desde el evaporador hasta el cárter del compresor en aplicaciones de máquinas alternativas. Las unidades centrífugas tienen circuitos separados de aceite y refrigerante.
- La potencia frigorífica teórica de la mayoría de los refrigerantes en los niveles de temperatura del acondicionamiento del aire es aproximadamente la misma.
- La velocidad de fuga de un gas refrigerante aumenta de modo directamente proporcional a la presión e inversamente proporcional al peso molecular. El peso molecular está relacionado directamente con el volumen específico del vapor; cuanto mayor es el peso molecular, mayor es el volumen específico.
- La detección de las fugas de refrigerante debe ser sencilla y eficaz por razones de mantenimiento coste y seguridad. El uso o una llama o antorcha de haluro hace posible detectar y localizar minúsculas fugas de refrigerantes halogenados.

En el caso del R410A se utiliza un detector de fugas especial para este tipo de gas refrigerante.

- La densidad del vapor afecta a la capacidad del compresor y al dimensionamiento de las cañerías.

Una alta densidad de vapor acompañada de un calor latente de vaporización relativamente elevado es conveniente en un refrigerante.

Un caudal reducido hace posible la adopción de un equipo compacto y un diámetro de cañerías menor.

Un equipo de refrigeración provisto de un compresor de pistón requiere un refrigerante cuya densidad de vapor sea relativamente alta para obtener el funcionamiento óptimo.

### **11.1.1 Los refrigerantes y la seguridad**

Uno de los factores de importancia en el desarrollo de la industria de la refrigeración es la disponibilidad de refrigerantes “seguro”.

Se entiende por “seguros”, que el refrigerante no sea tóxico, ni corrosivo, ni inflamable y mucho menos explosivo, teniendo estas características como “estables”.

El mercado provee estos refrigerantes, con características de rendimientos adecuados y accesibles.

Alrededor de 1970, los científicos en distintos Congresos, expusieron que la capa de ozono de la atmósfera superior de la Tierra, estaba disminuyendo sensiblemente en general y en particular creando en zonas agujeros, que afectaban nuestra protección contra los rayos ultravioleta del Sol.

En 1974, se descubrió que ciertos refrigerantes que contenían Cloro, al ser liberados a la atmósfera, resultaban ser un factor de la destrucción de la capa de ozono.

En 1987 un grupo internacional de científicos y de funcionarios gubernamentales, representando a las principales naciones industriales, se reunieron en Montreal e iniciaron controles mundiales sobre la producción y uso de los CFC, incluyendo refrigerantes de usos común como el R12 y el R22.

El protocolo de Montreal fijo pautas para eliminar los refrigerantes contaminantes con una programación paulatina de la producción de CFC, con término de producción y prohibición de uso al año 2000.

Se estableció un programa de transición para permitir el cambio a hidroclorofluorocarbonos (HCFC-22), con ciertas limitaciones, y a hidrofluorocarbonos (HFC).

### **11.1.2 La capa de ozono y la atmósfera**

Desde el punto de vista humano, la atmósfera es importante porque es donde se crea el clima. Las condiciones atmosféricas son muy complejas, pero uno de hechos mas impresionantes es la variación en la temperatura a distintas altitudes.

Después de caer a  $-55^{\circ}\text{C}$  a los 26 Km., se eleva hasta los  $-5^{\circ}\text{C}$ , justo por debajo de los 50 Km. A los 80 Km. cae a  $-90^{\circ}\text{C}$  y a los 120 Km., esta en cero y es más caliente arriba.

La inversión de temperatura esta probablemente asociada con la capa de ozono.

El ozono ( $\text{O}_3$ ), es la molécula de tres oxígenos, se encuentra en el aire cerca de la Tierra (ozono atmosférico) y también en los confines extremos de nuestra atmósfera de 15 Km. a 50 Km. por encima de la Tierra (ozono estratosférico).

La expansión de 35 Km. de la capa de ozono es debida a la ausencia de atmósfera, si esa misma capa de ozono estuviera a nivel de la Tierra, sometida a la presión atmosférica, toda la capa de ozono tendría un espesor de 3 milímetros.

El ozono atmosférico es dañino cuando se respira. Se trata de un subproducto de los rayos ultravioleta del Sol y la contaminación del aire. Sin embargo, el ozono estratosférico es una capa que tiene la propiedad benéfica de protegernos de los rayos ultravioletas, absorbiendo y disipándolos antes de que lleguen al nivel de la Tierra.

Se ha pensado que el incremento resultante en radiación ultravioleta que llegue a la Tierra podría causar pérdida de cosechas, desordenes oculares y epidérmicos, daños a la vida marina, daños a bosques y un incremento en el nivel de ozono atmosférico. También nos protege del posible recalentamiento de nuestra atmósfera, sabiendo que un aumento de un grado, causaría el derretimiento de grandes masas de hielos polares, con la consecuencia del agrandamiento de grandes superficies de tierra al nivel del mar.

Se mantiene una abundancia de ozono debido a un delicado equilibrio entre producción, desplazamiento y eliminación. El ozono es producido por la luz solar en los trópicos y desplazado a las regiones polares. Entre ambas se reduce una cierta cantidad en los torbellinos de circulación atmosférica que ocurren en invierno y en primavera.

También de mucha importancia, es la eliminación química del ozono debida a ciclos catalizados por el cloro, que ocurre en las regiones polares, también durante el invierno y la primavera. Desde fines de los años 80 los científicos estudian el comportamiento químico de estas nubes, donde se ha revelado que las reacciones químicas en la

superficie de las partículas de las nubes cambian el cloro de estado inactivo a activo, con lo que se cataliza la eliminación del ozono.

Con esta acción catalítica de las nubes la formación de concentraciones crecientes de monóxido de cloro, aumenta considerablemente y persiste una o dos semanas activando el cloro en perjuicio del ozono.

La acción se inicia con la temporada de bajas temperaturas, conforme la atmósfera se enfría lo suficiente para que se formen los PSC. Continúa, procesando la mayor parte del aire del vortex y eliminando el ozono. Al llegar la temporada de calentamiento del aire en el vortex hace que los PSC desaparezcan.

En el Polo Ártico, no se ha formado el agujero de ozono, pues el calentamiento del aire ocurre antes que llegue suficiente luz solar para la eliminación catalítica del ozono.

Los estudios y datos reunidos en otras regiones de la Tierra son motivo de controversia en función de la complejidad de los eventos atmosféricos a lo largo del tiempo.

Los estudios actuales indican que la reducción del ozono está recurriendo con vaivenes, y no necesariamente está confinada a las regiones polares del globo.

Los compuestos del cloro, como los CFC utilizados como refrigerantes, en la atmósfera son muy estables, siendo disgregados por la luz ultravioleta en fragmentos moleculares que destruyen al ozono.

De cualquier manera los refrigerantes son parcialmente culpables ( se estima un 20%), puesto que el uso de los mismos se realiza en circuitos cerrados y herméticos, que solo se liberan a la atmósfera, a través de pérdidas o descargas accidentales.

Además la pérdida del ozono estratosférico ha sido vinculada con el calentamiento global.

### **11.1.3 Calentamiento global**

La ineficiencia en la combustión de hidrocarburos, produce cantidades muy altas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

El aumento constante de la utilización de esta energía proveniente de los hidrocarburos (petróleo y sus derivados), centrales termoeléctricas, centrales térmicas para edificios y el uso en procesos industriales, sumando al de los combustibles para el transporte vehicular que aumentan día a día, el contenido de dióxido de carbono de nuestra atmósfera.

Otros hacen notar que el incremento en la concentración de cloro medida en la atmósfera a lo largo de los últimos 29 años coincide con la elevación en la concentración de flúor que tiene fuentes naturales distintas al cloro, pero que es utilizado en los mismos refrigerantes que contienen cloro.

Estos mismos científicos también hacen notar que el incremento en las concentraciones de cloro corresponden al uso creciente de refrigerantes que se sospechan son la causa.

El dióxido de carbono pertenece al grupo de gases que provocan el efecto invernadero, con el siguiente efecto:

- Los gases permiten que pase la radiación solar a través de la atmósfera de la tierra, pero restringen la cantidad de energía que escapa, en otras longitudes de ondas (calóricas)
- Si bien este efecto permite mantener la habitabilidad en un rango compatible de temperaturas, la proliferación de estos gases de invernadero podrían provocar un excesivo calentamiento global.
  
- Este calentamiento derretiría las masas de hielo polar, provocando un aumento del nivel de los mares, con la consecuente disminución de tierras habitables y otros desastres ecológicos.

El problema de la degradación de la capa de ozono tiene menos consenso mundial, en relación con las causas y el impacto del calentamiento.

#### **11.1.4 Efectos de los refrigerantes sobre la capa de ozono**

No todos los refrigerantes son igualmente dañinos a la capa de ozono atmosférico. Se pueden agrupar los distintos refrigerantes según los tipos de átomos que se encuentran en sus moléculas.

Los refrigerantes CFC contienen átomos de Cloro, Flúor y Carbono. Este tipo de refrigerantes son los que más dañan la capa de ozono. Hacen que las moléculas de ozono se disgreguen y se vuelvan a formar como moléculas de oxígeno.

Los refrigerantes HCFC contienen Hidrógeno, Cloro, Flúor y Carbono. Aunque estos refrigerantes también atacan la capa de ozono, su efecto es aproximadamente la mitad de dañino que una cantidad igual de refrigerante del tipo CFC.

Los refrigerantes HFC (sus moléculas contienen Hidrógeno, Flúor y Carbono) dado que no contienen Cloro, no contribuyen a la reducción del ozono, han sido inventados recientemente como una alternativa a largo plazo para sustituir a los refrigerantes CFC y HCFC.

Los refrigerantes CFC son el R-11, el R-12 y el R-502. el R-22 es un HCFC.

Estos cuatro refrigerantes fueron, con mucho, los más utilizados en el campo del aire acondicionado y la refrigeración hasta que se les atribuyó la reducción del ozono.

Hoy día, todos ellos están siendo discontinuados.

Tanto el dióxido de carbono como los refrigerantes CFC, han sido identificados como los gases del invernadero. La eliminación de los CFC tiene el propósito de reducir tanto



<b>Otros Refrigerantes</b>			
Agua	H <sub>2</sub> O	0.0	0.0
Amoníaco	NH <sub>3</sub>	0.0	0.0
<b>Productos de la combustión</b>			
Bióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	0.0	1.0

### 11.1.5 El protocolo de Montreal

Los organismos internacionales a través del protocolo de **Montreal**, desde Septiembre de 1987 y su implementación en 1989, determinaron una reducción voluntaria y una eliminación gradual de muchas sustancias destructoras del ozono, incluyendo los refrigerantes clorofluorocarbonados CFC (R-11, R-12, R-502) y HCFC.

Este acuerdo reducía la producción de los refrigerantes CFC a cero antes del 1 de enero de 1996, sin embargo, los equipos instalados harán que estos refrigerantes sigan disponibles durante un futuro predecible.

La eliminación de los refrigerantes HCFC bajo el protocolo de Montreal es mucho más lento, la producción de HCFC se ha programado para que esté virtualmente eliminada después del 2020, aunque todavía se discute la fecha exacta.

Este cambio se está realizando, pero a la fecha en Europa, AFEC de España, conjuntamente con otras asociaciones: la francesa Uniclíma y la italiana Anima, han conseguido con intervención ante los Ministerios de Industria y Medio Ambiente.

La Unión Europea, modificará el nuevo reglamento que afectaba muy seriamente a los fabricantes de equipos de climatización principalmente enfriadoras y acondicionadores de aire.

La última prórroga preveía la prohibición de puesta en el mercado de enfriadores y acondicionadores de aire, con potencia hasta 150 KW, utilizando refrigerantes R-22, después del 31 de diciembre del 2000.

Esta propuesta obligaba a la mayoría de los fabricantes europeos a cambiar su gama de fabricación en un período inferior a dos años. La intervención de estas asociaciones ha conseguido una enmienda transaccional, consistente en retrasar la prohibición para máquinas de potencia inferior a 100 KW al 1 de enero de 2003.

### 11.2 Comparación entre el R 22 y el R410A

#### R22

#### R410 A

<b>IDENTIFICACION DE RIESGOS</b>	
<i>Inhalación</i>	
La inhalación de altas concentraciones de vapor es nocivo y puede llegar a causar irregularidades cardiacas, inconsciencia e incluso muerte. El vapor del Freon 22	La inhalación de altas concentraciones de vapor es nocivo y puede causar irregularidades cardiacas, inconsciencia o incluso la muerte.

<p>reduce la disponibilidad de oxígeno para respirar ya que es más pesado que el aire. El contacto con el líquido puede producir congelación instantánea.</p>	<p>Otros efectos son: sofocación, el vapor del R410A reduce la disponibilidad de oxígeno para respirar ya que es más pesado que el aire. El contacto con el líquido produce congelamiento instantáneo. Los productos de su descomposición son peligrosos</p>
<p><b>Efectos en la salud humana</b></p>	
<p>La exposición prolongada a este producto puede ocasionar la deshidratación o reseca de la piel. El contacto del líquido con los ojos puede incluir la irritación de los mismos con molestias, lagrimeo o el nublamiento de la visión. La sobre exposición vía inhalación puede ocasionar una depresión temporal del sistema nervioso con efectos similares a los ocasionados por la anestesia; mareo, dolor de cabeza, confusión, falta de coordinación y pérdida del conocimiento. También puede alterar temporalmente la actividad eléctrica del corazón, acompañado de pulso irregular, palpitaciones o circulación inadecuada. Fatalidad puede resultar de la sobre exposición excesiva. Los individuos que padezcan de disturbios del sistema nervioso central preexistentes o del sistema cardiovascular pueden tener un aumento en la susceptibilidad a la toxicidad originada por el exceso de vapores.</p>	<p>Los efectos de una sobre exposición por inhalación puede incluir malestares o específicos tales como nauseas, dolor de cabeza o debilidad; depresión temporal del sistema nervioso con efectos anestésicos tal como vértigos, dolor de cabeza, confusión y falta de coordinación, así como la pérdida de conciencia. La exposición crónica posiblemente altere la actividad eléctrica cardiaca con pulso irregular, palpitaciones o una inadecuada circulación. El contacto con piel y ojos con el líquido puede causar quemaduras por frío. Los individuos que padezcan de disturbios del sistema nervioso central preexistentes, de los pulmones, riñones o del sistema cardiovascular pueden tener un aumento en la susceptibilidad a la toxicidad originada por el exceso de vapores.</p>
<p><b>Información cancerígena</b></p>	
<p>Ninguno de los componentes presentes en este material en concentraciones iguales o mayores a 0.1% son mencionados por la IARC, la NPT, la OSHA o la ACGIH como elementos cancerígenos.</p>	<p>Ninguno de los componentes presentes en este material en concentraciones iguales o mayores a 0.1% son mencionados por la IARC, la NPT, la OSHA o la ACGIH como elementos cancerígenos.</p>
<p><b>MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS</b></p>	
<p><b>Inhalación</b></p>	
<p>Si las altas concentraciones son inhaladas, inmediatamente mueva a la persona a un área donde halla aire fresco y manténgala tranquila. En caso de que no esté respirando, dar respiración artificial</p>	
<p><b>Contacto con la piel</b></p>	
<p>En caso de contacto, lave el área afectada con abundante agua por un periodo de 15 minutos.</p>	<p>En caso de contacto, lave el área afectada con abundante agua tibia por un periodo de 15 minutos. Trate el congelamiento calentando lentamente la zona afectada y llame a un medico. Lávese la ropa</p>

	contaminada antes de volverse a usar.
<b><i>Contacto con los ojos</i></b>	
En este caso, inmediatamente, lave los ojos con abundante agua, por lo menos durante 15 minutos. Llame a un médico.	En este caso, inmediatamente, lave los ojos con abundante agua, por lo menos durante 15 minutos. Llame a un médico
<b><i>Ingestión</i></b>	
La ingestión no es considerada una forma potencial de exposición de este producto.	
<b>MEDIDAS PARA EL COMBATE DE INCENDIO</b>	
<b><i>Propiedades de Flamabilidad</i></b> Punto de flamabilidad: No se quema Autodescomposición: 632°C (1170°F) Otros materiales en combustión pueden ocasionar que el Freon 22 se quemé despacio. El clorodifluorometano no es combustible a Temp. Ambiente y a presión atmosférica. Sin embargo, en experimentos el clorodifluorometano ha demostrado que se puede quemar sin ser mezclado con aire en concentraciones de 65% en volumen a presiones tan bajas como 60 Psi y a temperatura ambiente. Datos experimentales han sido reportados en los que se muestra que el Freon 22 puede ser combustible en presencia de ciertas concentraciones de cloro	<b><i>Propiedades de flamabilidad</i></b> Punto de flamabilidad: No se quema Limites de flama en el área, % por Volumen LEL: No aplicable UEL: No aplicable Autoignición: No determinado
<b><i>Riesgos de fuego y explosión</i></b>	
Los cilindros pueden llegar a sufrir rupturas bajo condiciones de incendio. Es posible que ocurra una descomposición del producto.	Los contenedores cilíndricos de este producto pueden llegar a sufrir rupturas bajo un incendio. Es posible que ocurra una descomposición del producto estando en las condiciones antes mencionadas.
<b><i>Medios de extinción</i></b>	
Tan apropiados como sean los combustibles presentes en el área. El sofocamiento de otros materiales que se encuentren el llamas en el área es suficiente para detener la quema de este producto.	Tan apropiados como sean los combustibles presentes en el área.
<b><i>Instrucciones para combatir el fuego</i></b>	
Usar rocío o niebla de agua para enfriar los recipientes. Aparato de respiración autónoma (SCBA) es requerido en caso de que los cilindros sufran rupturas y los contenidos sean dejados en libertad bajo condiciones de incendio	Enfrié los tanques con rocío de agua. Equipo de respiración autónoma (SCBA) es requerido en caso de que los recipientes sufran rupturas y los contenidos sean dejados en libertad bajo condiciones de diseño. Mantenga el personal lejos. Trate de combatir el origen del fuego, si es posible y sin riesgo.
<b><i>Combustión potencial</i></b>	

	<p>El R410A no es flamable a temperaturas hasta 100°C (212°F) y a presión atmosférica. Sin embargo la mezcla del R410A con altas concentraciones de aire a presiones elevadas puede resultar combustible a temperatura ambiente. A medida que la temperatura de la mezcla se incrementa menores presiones (pero todavía mayores a la presión atmosférica) pueden crear el mismo efecto. Por lo tanto el R 410 A no debe ser mezclado con aire para realizar pruebas de fuga. En general este producto no se debe usar o estar presente con concentraciones altas a presiones superiores a la atmosférica</p>
<b>MEDIDAS EN CASO DE FUGAS ACCIDENTALES</b>	
<b><i>Fugas</i></b>	
<p>Ventile el área, especialmente los lugares bajos donde los vapores pasados pueden llegar a acumularse. Remueva las flamas abiertas. Usar aparato de respiración autónoma (SCBA) en caso de que ocurra una fuga o un derrame mayor.</p>	<p>Ventile el área, especialmente los lugares bajos donde los vapores pesados pueden llegar a acumularse. Remueva las flamas abiertas. Use un equipo de respiración autónoma (SCBA) en caso de que ocurra una fuga o derramamiento grande.</p>
<b>MANEJO Y ALMACENAMIENTO</b>	
<b><i>Manejo (personal)</i></b>	
<p>Usarse con suficiente ventilación para mantener la exposición por parte de los empleados por debajo de los límites recomendados. El Freon 22 no debe ser mezclado con aire para realizar pruebas de detención de fugas. En general, no debe estar presente o ser usado donde se encuentren altas concentraciones de aire a presiones por arriba de la presión atmosférica. El contacto con el cloro u otros fuertes agentes oxidantes también debe ser evitado.</p>	<p>Evítese el respirar los vapores así como el contacto del líquido con los ojos y piel. Usar con suficiente ventilación para mantener la exposición por parte de los empleados por debajo de los límites recomendados. Lave la ropa contaminada antes de volverse a usar.</p>
<b><i>Almacenamiento</i></b>	
<p>Los contenedores deben permanecer en lugares frescos, limpios y secos. No se calienten los cilindros por arriba de los 52°C (125°F)</p>	<p>Mantener lejos de calor, chispas y flamas. No se calienten los cilindros por arriba de los 52°C (125°F).</p>
<b>CONTROL POR EXPOSICION / PROTECCION PERSONAL</b>	
<b><i>Controles de ingeniería</i></b>	
<p>Ventilación normal para procedimientos estándar es generalmente adecuada. Escape local debe ser usado cuando grandes cantidades son liberadas. Ventilación mecánica debe ser usada en lugares confinados o de poca altura.</p>	<p>Evítese el respirar los vapores. Evitar el contacto con los ojos y la piel. Usar suficiente ventilación para mantener a los empleados por debajo de los límites recomendados de exposición. Debe de ser usado escape local cuando grandes</p>

	cantidades son liberadas. Debe ser usada ventilación mecánica en lugares confinados o de poca altura.
<b>Equipo de protección personal</b>	
Guantes impermeables y goggles apropiados para el manejo de sustancias químicas deben ser usados cuando se maneje líquido. Bajo condiciones normales de manufactura, ninguna protección respiratoria es requerida para el manejo de este producto.	Guantes forrados de butilo deben ser usados para evitar exposición prolongada o repetida, cuando se maneje líquido. Goggles o lentes de seguridad con protección lateral deben ser usados si existe la posibilidad de contacto entre el líquido y los ojos. Así mismo camisa con manga larga debe ser usada en caso de posibilidad de contacto con el líquido. Un equipo de respiración autónoma (SCBA) es requerido si una cantidad de producto se libera
<b>Lineamientos de exposición</b>	
Limites de exposición aplicables  Freon 22 clorodifluorometano (HCFC-22) PEL (OSHA) : Ninguno establecido TVL (ACGIH) :100 PPM, 3540 mg/m <sup>3</sup> , 8 hrs. TWA AEL (DuPont) : Ninguno establecido	Limites de exposición PentlaFLUOROMETANO (HFC-125) PEL (OSHA) : Ninguno establecido TVL (ACGIH) : Ninguno establecido AEL (DuPont) : 1000 ppm, 8&2 hrs. TWA WEEL (AIHA) : 1000 pm, 4900 mg/m <sup>3</sup> 8hr. TWA  DIFLUOROMETANO (HFC-32) AEL (DuPont) : 1000 ppm,8&12 hrs.TWA WEEL(AIHA) : 1000 ppm, 8 hrs.TWA
<b>ETABILIDAD Y REACTIVIDAD</b>	
<b>Estabilidad química</b>	
El material es estable. No obstante, evítese flamas abiertas y altas temperaturas.	El material es químicamente estable bajo condiciones normales de almacenamiento y manejo. No obstante, evítese flamas abiertas y altas temperaturas superiores a los 800 °F
<b>Incompatibilidad con otros materiales</b>	
Incompatible con metales o alcalinotérreos – Al, Zn, Be, etc. Pulverizados	Evite el contacto con los otros metales y los alcalinotérreos – Al, Zn Be, y fuertes oxidantes que puedan reaccionar o acelerar la descomposición del material.
<b>Descomposición</b>	
Los productos resultados de la descomposición del Freón 22 son peligrosos. Este puede ser descompuesto por altas temperaturas (flamas abiertas, superficies metálicas incandescentes, etc.) dando lugar a la formación de ácido clorhídrico y posiblemente hálidos carbonílicos.	La descomposición térmica del lugar a la formación e ácido fluorhídrico, y posiblemente hálidos carbónicos. El contacto con estos debe ser evitado.
<b>Polimerización</b>	

La polimerización no ocurrirá	
<b>INFORMACION TOXICOLOGICA</b>	
<p>Datos en animales: Inhalación 4-horas LC50: &gt;220.000ppm en ratas Este compuesto es irritante a la piel y moderadamente irritante a los ojos, pero, en animales, no es un agente sensibilizador de la piel. Los efectos de exposiciones únicas a altas concentraciones incluyen, depresión del sistema nervioso central, anestesia, respiración agitada, congestión de los pulmones, cambios microscópicos en el hígado y sensibilización cardiaca. Ningún efecto toxico u observación histopatológica anormal fue vista en ratas expuestas repetidamente a concentraciones que variaron de las 10000 ppm a 50000ppm. Exposiciones prolongadas a concentraciones de vapores de 50000ppm produjeron un aumento de peso en los órganos internos y un decremento en aumento de peso en los sujetos analizados. A pesar de esto no se incremento la mortalidad ni se registraron efectos hematológicos adversos. En estudios de inhalación crónica el FREON 22, en concentraciones de 50000 ppm, produjo un pequeño, pero estadísticamente significativo, aumento en la incidencia de tumores relacionados con las glándulas salivarias en ratas macho, pero no así en ratas hembras o en ratones machos o hembras. En los mismos estudios no se registro una incidencia alta de tumores en cualquiera de las dos especies a concentraciones de 10000 ppm o de 1000ppm. La administración a largo plazo en aceite de maíz no produjo efectos en el peso corporal ni en la mortalidad. El FREON 22 fue un agente mutagénico en algunos segmentos de bacteria en los cultivos de células, pero no en cultivos de células mamalias o en los animales en si. No causo daños heredables en mamíferos.</p>	<p>Datos en animales: HFC – 125 Inhalación 4-horas LC50: &gt;709.000ppm en ratas En exposiciones únicas por inhalación causaron un decremento en la actividad, produjo respiración forzada y perdida de peso. Sensibilización cardiaca en perros expuestos a concentraciones de 10-30% en el aire, al aplicarse epinefrina, vía intravenosa, no se presento sensibilización cardiaca al tenerse una concentración del producto del 7.5%. HFC – 32 Inhalación 4-horas ALC: &gt;520.000ppm en ratas Los efectos a exposiciones únicas incluyen letargo y perdida temporal de movilidad en los miembros traseros. La movilidad de estos miembros fue recobrada en menos de una hora después de la exposición. Sensibilización cardiaca ocurrió en 1 de cada 12 perros expuestos a concentraciones de 250.000 ppm. No existen experimentos en animales que puedan definir riesgos cancerigenos, embrióticos o reproductivos. Pruebas realizadas en cultivos bacteriológicos no, mostraron efectos mutagénicos.</p>
<b>INFORMACION TOXICOLOGICA</b>	
<p>Información Ecotoxicologica Toxicidad acuática R22</p>	<p>Información Ecotoxicologica Toxicidad acuática</p>

48 horas EC50 – Daphnia magna: 433 mg/L	CLORODIFLUOROMETANO (HCFC-22) 48 horas EC50 – Daphnia magna: 433 mg/L
<b>CONSIDERACIONES PARA SU DISPOSICION</b>	
Reclámese por destilación o remuévase a una facilidad autorizada para su disposición final. El tratamiento, almacenamiento, transportación y disposición final de este producto debe de cumplir con las regulaciones Federales, Estatales y Locales aplicables.	Recicle o recupere si es posible. El tratamiento, almacenamiento, transportación y disposición final de este producto debe de cumplir con las regulaciones Federales, Estatales y Locales aplicables.

### 11.3 Comparación de las propiedades termodinámicas

	<b>R410A</b>	<b>R22</b>
<b>Composición</b>	<b>R32(50%)/R125(50%)</b>	<b>R22(100%)</b>
<b>Peso molecular</b>	<b>72.6</b>	<b>86.5</b>
<b>Punto de ebullición</b>	<b>-51.4 °C</b>	<b>-40.8 °C</b>
<b>Presión de vapor</b>	<b>1.56 MPa</b>	<b>0.94 MPa</b>
<b>Densidad del vapor saturado</b>	<b>64.0 Kg./m<sup>3</sup></b>	<b>44.4 Kg./m<sup>3</sup></b>
<b>Inflamabilidad</b>	<b>inflamable</b>	<b>Inflamable</b>
<b>Potencial de agotamiento del ozono</b>	<b>0</b>	<b>0.55</b>

El refrigerante R410A posee una densidad mayor, lo que produce una reducción en el tamaño de los compresores. A su vez las presiones de trabajo del sistema son de aproximadamente un 40% mayores a las del R22.

En los países desarrollados este es el refrigerante que se utiliza actualmente, ya que el costo se ha disminuido para que sea utilizado en las nuevas instalaciones y las transformaciones de R22 a R410A no tengan un costo elevado. En nuestro país el costo del refrigerante R410A es superior al doble del precio del R22.

## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a las siguientes personas que colaboraron en la realización de este trabajo:

- Ingeniero Rubén Di Mauro, quien fue nuestro Profesor Tutor
- Dpto. de Ingeniería Eléctrica de la UNMDP.
- Empresa Termoatlántica S.A.
- Toshiba Argentina.

## BIBLIOGRAFIA

- Manual de Aire Acondicionado y Calefacción  
Autor: Carrier  
Impreso por Carrier  
1º Edición 1974
  
  - Instalaciones de Aire Acondicionado y Calefacción  
Autor: Néstor Pedro Cuadri  
Editorial Alsina  
1º Edición 1986
  
  - Manual de cálculo de Aire Acondicionado y Calefacción  
Autor: Arq. Jorge Serrano  
Editorial Alsina  
1º Edición 1987
  
  - Manual de cálculo de Calefacción  
Autor: Arq. Jorge Serrano  
Editorial Alsina  
1º Edición 1997
  
  - Manual de cálculo de Aire Acondicionado.  
Autor: Arq. Jorge Serrano  
1º Edición 1997
  
  - Fundamentos de Mecánica de los Fluidos  
Autores:
    - Philip Gerhart
    - Richard Gross
    - John Hochstein
- Editorial Addison-Wesley Iberoamericana  
2º Edición 1995