

TP08

SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN Balance térmico de verano. Su optimización.

Autor: Dr. Ing. Arq. Jorge D. Czajkowski - Profesor Titular

1. INTRODUCCIÓN

El cálculo de la carga de verano e invierno de un acondicionamiento de aire de un local es un problema complejo por la diversidad de factores variables a tener en cuenta. Todo acondicionamiento de aire es un proceso a seguir para tratar ese aire a fin de conseguir un grado de confort en las personas que ocuparán el local acondicionado.

Esa sensación de confortabilidad varía, indudablemente, según las personas, su metabolismo, edad, sexo, estado físico, ropa que usan, actividad que desarrollan en el local. condiciones atmosféricas exteriores de la localidad, estación del año, características de edificación del local, etc.

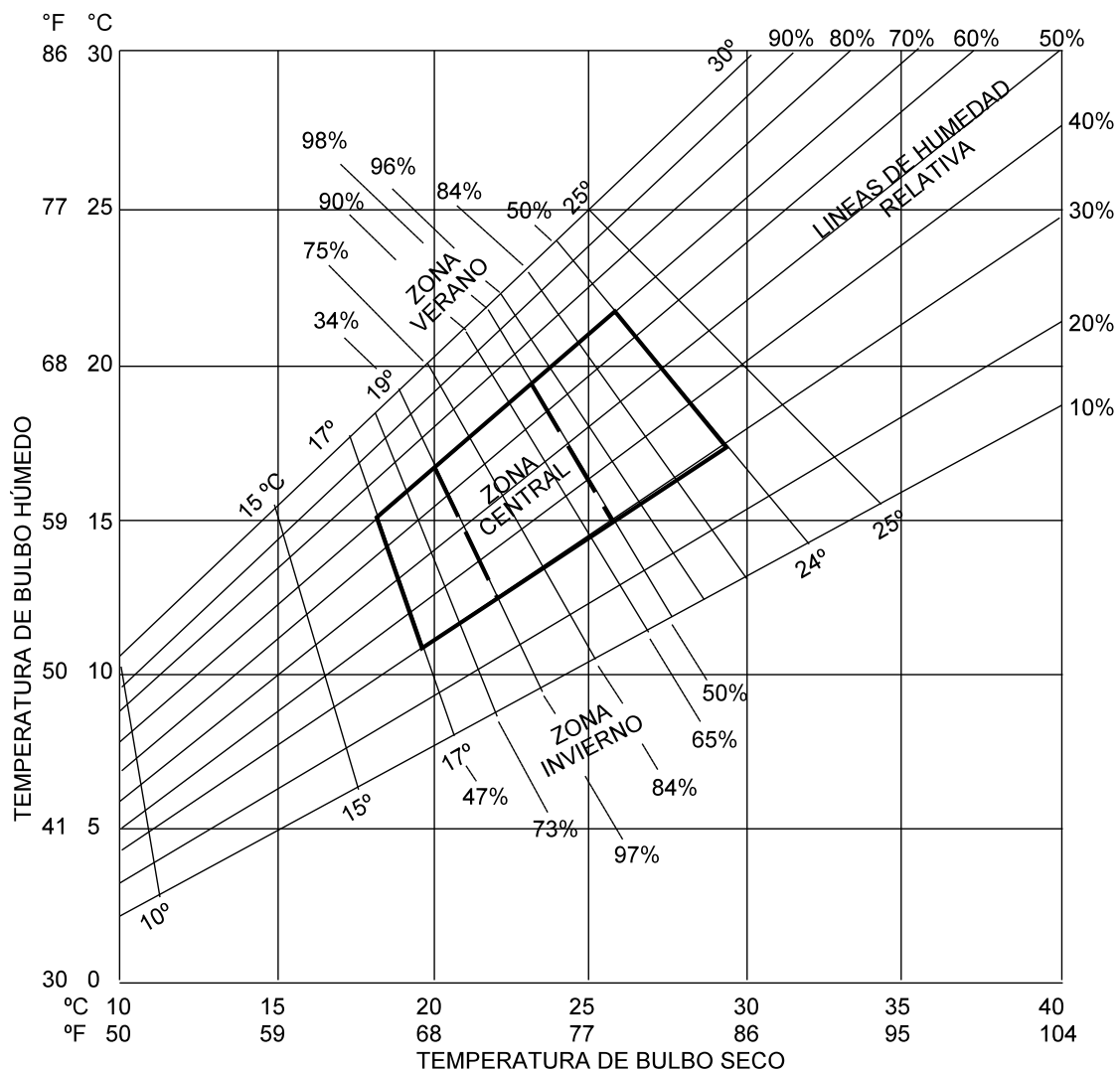


Figura 1: Diagrama de confort para Aire Acondicionado (Sheppard, J.)

La American Society of Heating and Air Conditioning Engineers, al principio de la década de los veinte, comenzó el estudio e investigación con millares de personas de distintas localidades de Estados Unidos, sobre la condición ideal de lo que es confortable, en un intento de relacionar estadísticamente los factores temperatura, humedad, movimiento y pureza del aire con los distintos grados de sensación de confortabilidad de esas personas, dando como resultado una zona dentro del diagrama psicrométrico, que John Sheppard define como ZONA DE CONFORT: Dentro de esta zona de confort, la mitad de los asistentes se encontraban confortables.

En la actualidad, este ábaco de confort sirve de guía al proyectista de aire acondicionado a la hora de fijar unas condiciones interiores en el local, puesto que la reacción de los seres humanos será diferente ante las mismas condiciones. Siendo difícil por parte del técnico encontrar ese punto agradable a todo el mundo, debiendo hallar la condición óptima para el local en cuestión.

El acondicionamiento lleva implícito el suministrar o extraer el calor del aire, por lo tanto, nos interesa conocer cómo se gana o pierde ese calor del local en estudio.

El calor que fluye del cuerpo de mayor al de menor temperatura se transmite en la naturaleza de las siguientes formas:

- CONDUCCIÓN
- CONVECCIÓN
- RADIACIÓN

Por lo tanto, deberemos efectuar aquellos cálculos para saber qué ganancias o pérdidas tenemos por estas transferencias de calor en el local. Hay un calor que es transmitido desde el exterior al interior del local, y otro producido dentro.

PROCEDENTE DEL EXTERIOR

1. Calor recibido a través de paredes, techos y suelos.
2. Calor recibido a través de ventanas.
3. Calor procedente del aire de ventilación o que se infiltra.

PRODUCIDO EN EL INTERIOR

- Las personas que lo ocupan.
- La iluminación.
- Aparatos eléctricos, de gas o vapor que puedan producir calor.
- Otros factores o elementos que puedan aportar calor: tuberías de agua caliente, etc.

Durante el período de verano el local en análisis recibe calor por diversas fuentes que el equipo de refrigeración deberá extraer a fin de reducir la temperatura interior y mantenerlo en confort higrotérmico. De esta forma y dado que el ambiente exterior está a mayor temperatura que los requerimientos de confort interior el flujo de calor que en invierno era de adentro hacia afuera ahora pasa a ser de afuera hacia adentro.

Así tendremos que por paredes, techos y vidriados el calor exterior aportará calor al interior elevando la temperatura. Además el sol aportará calor por radiación de forma directa en las superficies vidriadas y de forma indirecta en cerramientos opacos. También el aire exterior más caliente hará su aporte y que sumado al calor por ocupación nos dará la cantidad total de calor a extraer del local.

La parte de aportes debidos a ocupación puede no ser importante en caso de una vivienda y si en caso de un local bailable. Esto debido a que tendremos la suma del calor de cada persona variable con la actividad que realiza, más los aportes de calor del sistema de iluminación, más el calor aportado por aparatos de diverso tipo. En síntesis vemos que la situación de verano es de mayor complejidad que la situación de invierno.

Como vimos en *psicrometría* el calor debe computarse por la forma en que se manifiesta en *calor sensible* y *calor latente*. Siendo calor sensible el que al penetrar en el local genera un aumento en la temperatura del mismo y calor latente es el que aporta el vapor de agua de la mezcla de aire pero que no genera una elevación en la temperatura del local.

Así todas las fuentes mencionadas aportan calor sensible pero solo parte de ellas generan aporte de calor latente. Las fuentes de calor latente son las personas (respiración + transpiración), el aire exterior, vegetación, equipos para cocción o calentamiento de agua (cafeteras, calentadores, cocinas a gas, etc), otros.

Para conocer la carga térmica de verano utilizaremos un procedimiento que surgió de esta Cátedra en el año 2001 y presentado al IRAM se convirtió en Norma de Ahorro de Energía en Refrigeración de edificios. Así el país hoy dispone de las Normas IRAM 11659-1 y 11659-2.

2. CARGA TÉRMICA TOTAL DE VERANO Q_R : La ecuación general para obtener la carga térmica de verano es la siguiente:

$$Q_R = Q_c + Q_a + Q_s + Q_o \quad [1]$$

Donde:

- Q_R = Carga térmica total en W
- Q_c = Carga térmica por conducción a través de la envolvente en W
- Q_a = Carga térmica por ventilación aportado por el aire exterior en W
- Q_s = Carga térmica solar en W
- Q_o = Carga térmica por fuentes internas (personas + equipamiento + iluminación) en W

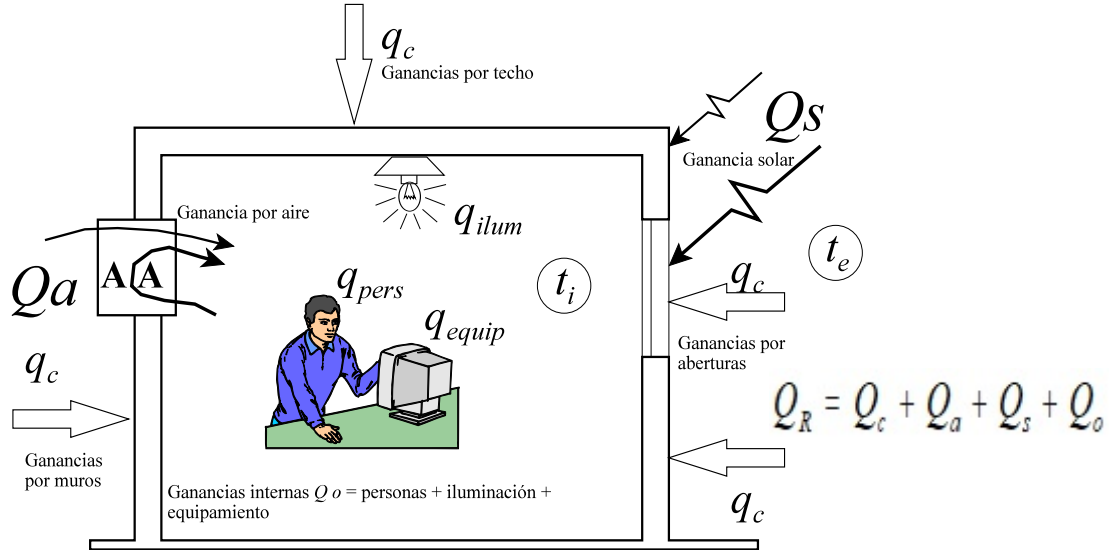


Figure 3: Aportes o ganancias de calor en un local en condición de verano.

2.1. Carga térmica por Conducción Q_c : tendremos que la ganancia de calor por conducción parcial q_c a través de la envolvente del local será:

$$q_c = K S (t_e - t_i) \quad [2]$$

Donde:

K = Transmitancia térmica del cerramiento (muro, techo, piso, ventana, etc) en (W/m².K).

Nota: para conocer valores de K en cerramientos puede consultarse el TP01 de Nivel 2 o en el TP04 de Nivel 1 encontrarán ejemplos y el procedimiento completo para calcular o mejorar el K de un cerramiento opaco cualquiera (según Normas IRAM 11601 y 11605).

S = Superficie del cerramiento en m²

t_e = Temperatura exterior de diseño en °C (Ver Tabla 11)

t_i = Temperatura interior en °C (Ver Tablas 3 y 4)

Tendremos así que la sumatoria de todas las pérdidas parciales q_c por conducción a través de la envolvente nos dará las pérdidas totales por conducción Q_c , según la siguiente ecuación:

$$Q_c = \sum q_c \quad [3]$$

2.2. Carga térmica por ventilación Q_a : En la determinación de la carga térmica por ventilación se supondrá al edificio cerrado herméticamente donde un porcentaje del aire interior será renovado por el equipo de refrigeración para mantener una aceptable calidad del aire interior. Este porcentaje será variable en función del tipo e intensidad de actividad que se realice en su interior. Esta hermeticidad redundará en una reducción de las infiltraciones y en el ahorro de energía. Debe preverse un sistema de ventilación natural en el período del día en que no se utilice el edificio para mejorar la calidad del aire interior ya que de lo contrario se genera una acumulación de contaminantes que es necesario evitar.

Esto implica que es necesario ventilar una parte o la totalidad del aire interior, así tendremos que introducir al ambiente interior una parte de aire nuevo que implica una masa de aire caliente y húmeda que el equipo de aire debe acondicionar. Este aire de renovación y recirculado contiene humos, partículas en suspensión y olores que deben ser eliminados para una adecuada calidad del aire interior.

Este aire introducido tiende a crear una sobre-presión interior en los locales que reduce el ingreso de aire exterior por infiltración por rendijas y paños móviles de puertas y ventanas. Así podríamos decir que cuando un local posee un sistema de aire acondicionado el aire fluye de adentro hacia afuera y el aire ingresado para ventilación es filtrado, deshumectado y enfriado hasta alcanzar el estándar requerido. Así la carga térmica por ventilación se calculará con la siguiente expresión:

$$Q_a = C_{AR} (0,25 \times \Delta t + 0,61 \times \Delta w)$$

donde:

Q_a : Carga térmica por ventilación, aportado por el aire exterior en W

C_{AR} : Cantidad de aire a renovar en m³/h

$$C_{AR} = N_{pers} \times C_{avp}$$

N_{pers} : cantidad de personas que ocupan la vivienda o edificio de viviendas (ver tabla 8)

C_{avp} : caudal de aire de ventilación por persona en m³/h.pers (ver tabla 10)

0,25: constante que resulta del cociente entre el calor específico del aire húmedo a 21°C y 50% HR y el volumen específico de la misma mezcla de aire; en W / m³ °C

$$0,25 = C_e \times v$$

C_e : calor específico del aire (21°C y 50%): 0,211 W/kg.°C

v : volumen específico del aire (21°C y 50%): 0,845 m³/kg

0,61: constante que resulta del cociente entre el valor medio de la cantidad de calor cedida por la condensación de un gramo de vapor de agua y el volumen específico de la misma mezcla de aire; en W / m³ g

$$0,61 = C_v \times v$$

C_v : calor cedido por condensación de 1 g vapor agua: 0,516 W/kg g

v : volumen específico del aire (21°C y 50%): 0,845 m³/kg

Δt : $t_e - t_i$

t_e : temperatura exterior diseño (°C) (Ver TDMX en tabla 11).

t_i : temperatura interior confort (°C) (Ver tabla 3 y 4).

Δw : $w_e - w_i$

w_e : humedad específica del aire exterior (g/kg)

w_i : humedad específica del aire interior (g/kg).

(Del diagrama psicrométrico para las mezclas de aire exterior e interior).

2.3. Carga térmica solar Q_s : Cuando existen superficies vidriadas en el local una parte de los aportes se deberá a la radiación del sol que al atravesar el cristal ingresa al local calentandolo. La radiación del sol varía con cada hora del día solar y también a lo largo de los meses del año. Algunos autores consideran que la totalidad de la radiación del sol atraviesa el vidrio y esto no es tan así. Los vidrios de nuestro país contienen impurezas de hierro que al verlo de lado muestra una tonalidad verdosa. Esto hace que aproximadamente solamente el 86% de la radiación lo atraviese y que llevado a un factor de transparencia es 0,86. Así el 14% de la radiación recibida o será absorbida por la masa del vidrio calentandolo o será reflejada. Para el factor de exposición solar F_{ES} se toma como referencia un vidrio común de 3 mm transparente como $F_{ES} = 1,00$ y el resto de los vidrios o protecciones resultarán con valores de F_{ES} menores.

La expresión general para el cálculo de la carga debida al sol es:

$$Q_s = S \times I_s \times F_{ES} \quad [7]$$

Donde:

Q_s = cantidad de calor por radiación solar (W).

S = superficie vidriada (m²).

I_s = Radiación solar a las 13 hs en (W/m²) (Ver Tabla 12).

F_{ES} = Factor de exposición solar del vidrio o la carpintería (Ver Tabla 5)

2.4. Carga térmica por fuentes internas Q_o : En verano el aporte interno no es despreciable y en el caso de una oficina puede llegar a representar el 35 % de la carga total, siendo la suma del calor total por personas, más el calor sensible de la iluminación artificial, más el calor sensible de los artefactos de oficina (computadoras, impresoras, fotocopiadoras, etc). En su cálculo usaremos la siguiente expresión:

$$Q_o = N_{pers} \times q_{Tpers} + C_{ilum} \times P_{ilum} + \sum C_{equip} \times P_{equip} \quad [8]$$

Donde:

Q_o : carga de calor interno por fuentes internas (W).

N_{pers} : cantidad de personas en el local (ver Tabla 8)

q_{Tpers} : disipación de calor por persona según actividad, sensible + latente (W/persona).

C_{ilum} : cantidad de artefactos de iluminación semejantes

P_{ilum} : potencia del artefacto de iluminación (W).

Nota: también puede considerarse la potencia en iluminación surgida de un cálculo lumínico o multiplicarse la superficie del local por un valor de las Tablas 6 y 7.

C_{equip} : cantidad de equipos o artefactos semejantes

P_{equip} : potencia del artefacto o equipo (de Tabla 9) (W).

Tabla 1: Disipación de calor en personas por tipo de actividad.

Grado de actividad	W	
	Sensible	Latente
Sentado en reposo	63,8	40,6
Sentado y trabajo muy liviano	63,8	52,2
Trabajo oficina con cierta actividad	63,8	69,6
Trabajo liviano	69,6	92,8
Trabajo pesado	92,8	185,6
Trabajo muy pesado	139,2	301,6

2.5. Otras cargas térmicas : Existen otros aportes internos debidos a los conductos de de inyección y retorno de aire acondicionado. Es usual que estos se establezcan como un valor estimado porcentual. La siguiente tabla muestra algunos valores usuales.

Tabla 2 : Ganancia de calor por conductos.

Ganancias de calor como % del calor sensible por conducción y aporte solar.	% calor sensible a agregar	
	Sin aislar	Aislado con 50 mm lana mineral
Tendidos largos de 30 a 100 m en áticos a 35°, que transportan de 18 a 180 m3/min a velocidades de 250 a 500 m/min.	10 - 15	4 - 5
IDEM anterior en ambientes hasta 55°C	25 - 30	7 - 10
IDEM para tendidos cortos de 15 a 30m.	5 - 10	2 - 4
IDEM tendidos cortos en ambientes hasta 55°C	10 - 25	3 - 7

Existe otra penalización a agregar debida a la calidad en la construcción de los conductos de distribución y retorno y que en general se establece en 5 a 10% de la suma de calor sensible debida a conducción y efecto solar.

3. DATOS DE PARTIDA

Al comenzar a calcular una instalación de aire acondicionado, es necesario acopiar previamente los siguientes datos, que ahorrarán visitas e inspecciones al local, antes de comenzar el cálculo:

1. Planos del local: planta, sección y fachadas.
2. Situación, latitud, altura, tipo de atmósfera (industrial, clara, etc.).
3. Tipo de instalación deseada.
4. Tipo de construcción, sección de paredes, suelos y techos.

5. Tipos y características de cerramientos: ventanas, puertas, claraboyas, etcétera.
6. Uso del local. Condiciones interiores: temperatura y humedad en invierno y verano.
7. Condiciones interiores de los locales contiguos.
8. Densidad de personas por metro cuadrado o número exacto.
9. Maquinaria y equipamiento instalado con sus horarios de funcionamiento.
10. Iluminación instalada y horario de funcionamiento.
11. Otros aparatos como estufas, hornos, etc., y sus características.
12. Fuentes de carga latentes como baños, duchas, depósitos y su temperatura.
13. Horario de funcionamiento del local.
14. Condiciones exteriores de base: temperatura y humedad en invierno y en verano.
15. Grado de tolerancia para la temperatura y humedad interiores.
16. Tipo de combustible deseado para la calefacción.
17. Medio disponible para refrigeración del condensador agua o aire.
18. Temperatura del agua disponible y caudal.
19. Características de la energía eléctrica, tensión.
20. Dimensiones y situación de la sala de máquinas.
21. Renovaciones de aire necesarias.
22. Otras observaciones: sombras de otros edificios, uso de persianas o parasoles, color de las cortinas, velocidad del aire en la localidad y dirección más frecuente, etc.

Con todos estos datos, el técnico procederá al cálculo de las aportaciones y pérdidas de calor a compensar.

CONDICIONES INTERIORES: Es otro de los datos de partida importantes a fijar en el cálculo de un acondicionamiento de aire. Este apartado viene totalmente influenciado por las características propias del local, dependiendo, como sabemos, de:

- A.. Los ocupantes del local.
 - A-1. Edad y sexo.
 - A-2. Número.
 - A-3. Ropa que utilizan normalmente.
 - A-4. Actividad que desarrollan.
 - A-5. Clima del lugar.
 - A-6. Tiempo de utilización del local.
- B. Estudio económico del confort a obtener.
 - B-1. Máximo confort.
 - B-2. Confort normal.
 - B-3. Mínimo confort.

En la Tabla 3 hemos resumido las temperaturas secas y las húmedas relativas interiores de algunos locales típicos para instalación del acondicionamiento. Para locales de ocupación temporal, añadir 1° ó 2° C a las temperaturas interiores. Asimismo, en la Tabla 4 vienen expresadas las temperaturas interiores de partida a fijar en un cálculo de calefacción en invierno.

Tabla 3: Valores de temperatura y humedad relativa para algunos locales típicos.

TIPO DE LOCAL	TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA (%)		
	Máximo confort	Normal	Mínima
Viviendas, locales	23°C; 50%	25°C; 50%	26° C; 55%
Oficinas y, despachos	23°C ; 50%	25°C; 50%	26° C; 55%
Bailes, salas de fiestas	23°C; 50%	21°C; 50%	25°C; 50%
Tiendas, bancos bares, previstos para estancias (de 15 a 40 minutos)	25°C; 50%	26°C; 40-50 %	27°C; 40-50 %
Cines y teatros	24°C; 50%	25°C; 50%	27°C; 55%
Restaurantes	24°C; 50 %	25°C; 50 %	26°C; 55%
Temperaturas interiores nocturnas	22°C; 50%	23°C; 50%	23,5°C; 50%

NOTA: No es aconsejable crear una diferencia de temperatura entre el exterior y el interior mayor de 10 a 12°C. Para 44°C de temperatura base exterior, podría llegarse a una temperatura interior mínima de 30°C: para temperaturas intermedias se puede seguir el siguiente cuadro:

Tabla 4: Valores de temperatura de confort interior recomendados en función de la temperatura exterior de diseño.

TEMPERATURA EXTERIOR	TEMPERATURA INTERIOR DE CONFORT		
	Lujo	Normal	Reducida
35 °C	24°C	25 °C	26°C
38 °C o Superior	26°C	27°C	29°C

Tabla 5: Factor de exposición solar de vidriados y sus protecciones F_{ES}.

TIPO DE VIDRIO	Espesor (mm)	Sin persiana o pantalla	PERSIANA VENECIANAS INTERIORES. Listones horizontales o verticales inclinados 45° o cortinas de tela			PERSIANA VENECIANAS EXTERIORES. Listones horizontales inclinados 45°		PERSIANA EXTERIOR. Listones inclinados 17° (horizontales)		CORTINA EXTERIOR DE TELA. Circulación de aire arriba y naturalmente	
		Fes	Color claro	Color medio	Color oscuro	Color claro	Exterior claro interior oscuro	Color medio	Color oscuro	Color claro	Color medio u oscuro
Incoloro	3	1	0,56	0,65	0,75	0,15	0,13	0,22	0,15	0,2	0,25
	4	0,98	0,55	0,64	0,74	0,15	0,13	0,22	0,15	0,20	0,25
	5	0,96	0,54	0,62	0,72	0,14	0,12	0,21	0,14	0,19	0,24
	6	0,95	0,53	0,62	0,71	0,14	0,12	0,21	0,14	0,19	0,24
Coloreado en su masa Gris	10	0,89	0,50	0,58	0,67	0,13	0,12	0,20	0,13	0,18	0,22
	3	0,85	0,48	0,55	0,64	0,13	0,11	0,19	0,13	0,17	0,21
Coloreado en su masa Bronce	6	0,73	0,41	0,47	0,55	0,11	0,09	0,16	0,11	0,15	0,18
	3	0,85	0,48	0,55	0,64	0,13	0,11	0,19	0,13	0,17	0,21
Coloreado en su masa Verde	6	0,73	0,41	0,48	0,55	0,11	0,10	0,16	0,11	0,15	0,18
	3	0,82	0,46	0,53	0,62	0,12	0,11	0,18	0,12	0,16	0,21
Coloreado en su masa Azul	6	0,68	0,38	0,44	0,51	0,10	0,09	0,15	0,10	0,14	0,17
	6	0,72	0,40	0,47	0,54	0,11	0,09	0,16	0,11	0,14	0,18
Reflectivo Incoloro	6	0,62	0,35	0,40	0,47	0,09	0,08	0,14	0,09	0,12	0,16
Reflectivo Gris	6	0,37	0,21	0,24	0,28	0,06	0,05	0,08	0,06	0,07	0,09
Reflectivo Bronce	6	0,43	0,24	0,28	0,32	0,06	0,06	0,09	0,06	0,09	0,11
Reflectivo Incoloro	6	0,64	0,36	0,42	0,48	0,10	0,08	0,14	0,10	0,13	0,16
Reflectivo Gris	6	0,43	0,24	0,28	0,32	0,06	0,06	0,09	0,06	0,09	0,11
Reflectivo Bronce	6	0,47	0,26	0,31	0,35	0,07	0,06	0,10	0,07	0,09	0,12
DVH (con cámara aire 12 mm)											
Incoloro ext;incoloro interior	3+12+3	0,88	0,49	0,57	0,66	0,13	0,11	0,19	0,13	0,18	0,22
Incoloro ext; incoloro interior	6+12+6	0,81	0,45	0,53	0,61	0,12	0,11	0,18	0,12	0,16	0,20
Incoloro ext; incoloro interior	3+12+3	0,69	0,39	0,45	0,52	0,10	0,09	0,15	0,10	0,14	0,17
Incoloro ext; incoloro interior	6+12+6	0,51	0,29	0,33	0,38	0,08	0,07	0,11	0,08	0,10	0,13
Color Gris ext; incoloro interior	3+12+3	0,72	0,40	0,47	0,54	0,11	0,09	0,16	0,11	0,14	0,18
Color Gris ext; incoloro interior	6+12+6	0,59	0,33	0,38	0,44	0,09	0,08	0,13	0,09	0,12	0,15
Color Bronce ext; incoloro interior	3+12+3	0,70	0,39	0,46	0,53	0,11	0,09	0,15	0,11	0,14	0,18
Color Bronce ext; incoloro interior	6+12+6	0,54	0,30	0,35	0,41	0,08	0,07	0,12	0,08	0,11	0,14
Color Verde ext; incoloro interior	3+12+3	0,70	0,39	0,46	0,53	0,11	0,09	0,15	0,11	0,14	0,18
Color Verde ext; incoloro interior	6+12+6	0,54	0,30	0,35	0,41	0,08	0,07	0,12	0,08	0,11	0,14
Color Azul ext; incoloro interior	6+12+6	0,58	0,32	0,38	0,44	0,09	0,08	0,13	0,09	0,12	0,15
Reflectivo Incoloro ext; incoloro int	6+12+6	0,54	0,30	0,35	0,41	0,08	0,07	0,12	0,08	0,11	0,14
Reflectivo Gris ext; incoloro int	6+12+6	0,35	0,20	0,23	0,26	0,05	0,05	0,08	0,05	0,07	0,09
Reflectivo Bronce ext; incoloro int	6+12+6	0,38	0,21	0,25	0,29	0,06	0,05	0,08	0,06	0,08	0,10
Reflectivo Blue-Green ext; incoloro int	6+12+6	0,36	0,20	0,23	0,27	0,05	0,05	0,08	0,05	0,07	0,09
Reflectivo Verde ext; incoloro int	6+12+6	0,28	0,16	0,18	0,21	0,04	0,04	0,06	0,04	0,06	0,07
Reflectivo Azul ext; incoloro int	6+12+6	0,30	0,17	0,20	0,23	0,05	0,04	0,07	0,05	0,06	0,08
Reflectivo Incoloro ext; incoloro int	6+12+6	0,55	0,31	0,36	0,41	0,08	0,07	0,12	0,08	0,11	0,14
Reflectivo Gris ext; incoloro int	6+12+6	0,38	0,21	0,25	0,29	0,06	0,05	0,08	0,06	0,08	0,10
Reflectivo Bronce ext; incoloro int	6+12+6	0,41	0,23	0,27	0,31	0,06	0,05	0,09	0,06	0,08	0,10
Reflectivo Blue-Green ext; incoloro int	6+12+6	0,39	0,22	0,25	0,29	0,06	0,05	0,09	0,06	0,08	0,10
Reflectivo Verde ext; incoloro int	6+12+6	0,31	0,17	0,20	0,23	0,05	0,04	0,07	0,05	0,06	0,08
Reflectivo Azul ext; incoloro int	6+12+6	0,30	0,17	0,20	0,23	0,05	0,04	0,07	0,05	0,06	0,08
DVH con Low-e (emisividad = 0,2 sobre cara 3)											
Incoloro ext;Low-e interior	3+12+3	0,81	0,45	0,53	0,61	0,12	0,11	0,18	0,12	0,16	0,20
Incoloro ext; Low-e interior	6+12+6	0,75	0,42	0,49	0,56	0,11	0,10	0,17	0,11	0,15	0,19
Color Gris exterior; Low-e interior	3+12+3	0,63	0,35	0,41	0,47	0,09	0,08	0,14	0,09	0,13	0,16
Color Gris exterior; Low-e interior	6+12+6	0,46	0,26	0,30	0,35	0,07	0,06	0,10	0,07	0,09	0,12
Color Bronce exterior; Low-e interior	3+12+3	0,66	0,37	0,43	0,50	0,10	0,09	0,15	0,10	0,13	0,17
Color Bronce exterior; Low-e interior	6+12+6	0,52	0,29	0,34	0,39	0,08	0,07	0,11	0,08	0,10	0,13
Color Verde exterior; Low-e interior	3+12+3	0,63	0,35	0,41	0,47	0,09	0,08	0,14	0,09	0,13	0,16
Color Verde exterior; Low-e interior	6+12+6	0,48	0,27	0,31	0,36	0,07	0,06	0,11	0,07	0,10	0,12
Reflectivo incoloro ext; Low-e interior	6+12+6	0,50	0,28	0,33	0,38	0,08	0,07	0,11	0,08	0,10	0,13
Reflectivo Gris exterior; Low-e interior	6+12+6	0,31	0,17	0,20	0,23	0,05	0,04	0,07	0,05	0,06	0,08
Reflectivo Bronce ext; Low-e interior	6+12+6	0,34	0,19	0,22	0,26	0,05	0,04	0,07	0,05	0,07	0,09
Reflectivo Verde ext; Low-e interior	6+12+6	0,23	0,13	0,15	0,17	0,03	0,03	0,05	0,03	0,05	0,06
Reflectivo incoloro ext; Low-e interior	6+12+6	0,51	0,29	0,33	0,38	0,08	0,07	0,11	0,08	0,10	0,13
Reflectivo Gris exterior; Low-e interior	6+12+6	0,32	0,18	0,21	0,24	0,05	0,04	0,07	0,05	0,06	0,08
Reflectivo Bronce ext; Low-e interior	6+12+6	0,36	0,20	0,23	0,27	0,05	0,05	0,08	0,05	0,07	0,09
Reflectivo Verde ext; Low-e interior	6+12+6	0,24	0,13	0,16	0,18	0,04	0,03	0,05	0,04	0,05	0,06

Tabla 6: Niveles de iluminación recomendados por IRAM según tipo de local y tipo de iluminación.

DESTINO	ACTIVIDAD	Nivel Iluminación Lux	Fluorescente W/ m ²	Incandescente W/ m ²	Dicroica W/ m ²
Vivienda	Mínima	200	8	20	30
	Mediana	250	10	25	38
	Máxima	300	12	30	45
Oficina	Mínima	300	12	30	45
	Mediana	400	16	40	60
	Máxima	500	20	50	75
Comercio	Mínima	300	12	30	45
	Mediana	400	16	40	60
	Máxima	500	20	50	75
Industria	Mínima	200	8	20	30
	Mediana	400	16	40	60
	Máxima	500	20	50	75
Otro destino	Mínima	200	8	20	30
	Mediana	300	12	30	45
	Máxima	400	16	40	60

Tabla 7: Coeficiente térmico para diferentes tipos de iluminación.

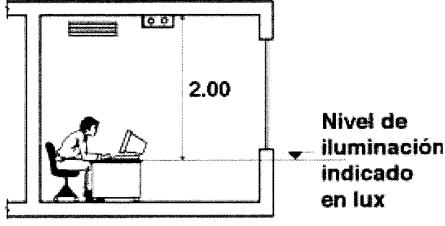
		Tipo de Luminaria	Coeficiente Térmico
		Lámpara fluorescente	125
		Lámpara incandescente	100
		Lámpara incandescente halógena (dicroicas)	125

Tabla 8: Valores orientativos para determinar la cantidad de personas en locales tipo.

Destino		m ² por persona
a	Sitios de asambleas, auditorios, salas de conciertos, salas de baile, pub.	1
b	Salas de conferencias, Aulas, Templos	2
c	Lugares de trabajo general. Locales comerciales, mercados, restaurantes	3
d	Oficinas privadas, consultorios, oficinas profesionales	4
e	Salones de billares, canchas de bolos, gimnasios, videojuegos	6
f	Edificios de oficinas, bancos, bibliotecas, clínicas, asilos, internados, casas de baño	8
g	Viviendas privadas y colectivas	12
h	Edificios industriales, el número de ocupantes será fijado por el Propietario, en su defecto será:	16

Tabla 9: Valores de calor sensible, latente y total, producidos por diversos artefactos.

EQUIPO	CALOR SENSIBLE Qs. (W)	CALOR LATENTE Qi (W)	CALOR TOTAL Qt. (W)
Aparatos Eléctricos			
Aspiradora	500	0	500
Cafetera	230	60	290
Computadora de escritorio o "desktop"	210-300	0	210-300
Computadora tipo "notebook"	200	0	200
Equipo de Audio	150	0	150
Fotocopiadora	500	0	500
Heladera común	310	0	310
Heladera c/Freezer	360	0	360
Impresora	450-1100	0	450-1100
Lavarropas	300	0	300

Monitor	45	0	45
Motores, por HP	645	0	645
Plancha	700	0	700
Proyector de diapositivas	500-1500	0	500-1500
Secador de pelo	675	115	790
Televisor	300	0	300
Tostadores	800	200	1000
Ventilador	50-150	0	50-150
Aparatos a Gas			
Horno (coc. gas nat.) (x m3/ h)	6977	3373	10350
Mechero Bunsen Grande	977	267	1244
Pequeño Mechero de Bunsen	280	70	350
Alimentos por persona	8	8	16
Cafetera de 11 Lts.	849	849	1698
Calentador de agua (2 Lts.)	116	29	145
Calienta platos	2687	1419	4106
Freidora	123	820	2053
Horno	1326	1326	2652
Parrilla	4216	1064	5280

Tabla 10: Cantidad de aire recomendado para ventilación de locales tipo según intensidad de actividad en verano e invierno.

DESTINO	ACTIVIDAD	Verano	Verano/ Invierno	Invierno - Renovaciones Horarias	
		m3/ min/pers.	Caudal de aire m3/h/persona	Mínima	Recomendada
Vivienda	Mín - Med - Máx	0,58 - 0,58 - 0,58	15	1,2	1,5
Oficina	Mín - Med - Máx	0,50 - 0,50 - 0,50	15	1,2	1,5
Comercio	Mín - Med - Máx	0,33 - 0,50 - 0,83	15 - 20 - 25	1,2 - 1,5 - 2,0	1,5 - 2,0 - 2,5
Industria	Mín - Med	0,33 - 0,50	15 - 20	1,2 - 1,5	1,5 - 1,2
Bares	Med - Máx	0,50 - 1,5	30 - 90	2	3
Sala operación	Mín	2	120	10	20
Cine, teatro	Mín	0,6	36	2,5	3,5

Tabla 11: Datos bioclimáticos para la ciudad de La Plata.

Localidad: La Plata Aeropuerto					Latitud: - 34,5°		Longitud: 57,56°		ASNM: 15 metros			
Mes	Kt	Rad	Tmed	HR	Tmáx	Tmín	TDmáx	HR dis	TDmín	GD18	V V	Tv
		MJ/m ²	°C	%	°C	°C	°C	%	°C		km/h	mb
ENE	0,56	23,9	21,9	71	27,4	16,4	35,5	37	11,9	0	13	19,3
FEB	0,54	20,7	21,8	74	27,6	17,5	33,1	---	13	0	12	19,4
MAR	0,53	17,2	19,9	77	25,6	15,8	31,1	---	11,3	0	12	17,9
ABR	0,53	12,8	16,5	80	22,2	12,4	27,7	---	7,9	45	11	15,5
MAY	0,5	9,5	13,4	83	18,6	9,7	24,1	---	5,2	143	11	13,3
JUN	0,47	7,6	10,3	86	15,1	6,9	20,6	---	2,4	231	12	11,3
JUL	0,46	8	9,8	86	14,8	6,8	20,3	44	2,3	254	12	11
AGO	0,49	10,9	10,7	81	16,1	7	21,6	---	2,5	226	12	10,9
SET	0,5	14,7	13,1	79	18,4	8,8	23,9	---	4,3	147	13	12
OCT	0,51	18,5	15,4	79	20,8	11,4	26,3	---	6,9	81	14	13,9
NOV	0,54	22,4	18,5	76	24	13,8	29,5	---	9,3	0	13	16,4
DIC	0,55	24	21,1	72	27	16,4	32,5	---	11,9	0	14	17,9
Anual	0,52	15,8	16,1	79	21,6	12	---	----	----	1127	12	14,9

Tabla 12: Datos de radiación solar total (directa+difusa+reflejada) para la ciudad de La Plata.

hora	Horizontal	Sur	SE	Este	NE	Norte	NO	Oeste	SE
6	141	146	370	407	289	51	51	51	51
7	300	151	382	453	367	109	109	109	109
8	449	163	376	472	420	170	163	163	163
9	577	210	353	462	444	259	210	210	210
10	675	245	313	423	438	327	245	245	245
11	736	268	268	360	402	370	268	268	268
12	757	275	275	275	338	384	338	275	275
13	736	268	268	268	268	370	402	360	268
14	675	245	245	245	245	327	438	423	313
15	577	210	210	210	210	259	444	462	353
16	449	163	163	163	163	170	420	472	376
17	300	151	109	109	109	109	367	453	382
18	141	146	51	51	51	51	289	407	370
Total diaria W/m ²	6523	2749	3519	4040	3825	2963	3825	4040	3519
idem MJ/m ² dia	23,48	9,9	12,67	14,54	13,77	10,67	13,77	14,54	12,67

3.1. INSTRUCCIONES A SEGUIR

- A. La estimación de la carga de refrigeración lograda con este procedimiento es apropiada para lograr condiciones de confort mediante acondicionadores de aire, siempre y cuando en el recinto acondicionado no se requieran condiciones especiales y particulares de temperatura y humedad.
- B. El cálculo realizado con este procedimiento se basa en considerar una temperatura exterior de diseño según normas y obtener la humedad relativa exterior de diseño mediante el diagrama psicrométrico. Se marca el punto correspondiente a la temperatura media del mes más cálido y la humedad relativa media. Luego se traza una línea a humedad absoluta constante. Sobre la línea se marca la temperatura máxima de diseño que se obtiene sumando 5,5°C a la temperatura máxima media. Puede obtenerse así la humedad relativa para este punto extremo de diseño que será bastante menor a la humedad relativa media.
- C. La numeración de los párrafos siguientes corresponde a la numeración de los apartados que figuran en las planillas de cálculo.
 - i) Multiplicar los metros cuadrados de superficie de ventanas, en cada una de las orientaciones, por el factor correspondiente. Como superficie de ventana se tomará la correspondiente al hueco de la pared donde esté instalada. Para ventanas no expuestas directamente al sol, bien por estar a la sombra, bien por estar protegidas por toldos o marquesinas exteriores, bien por tener toldos al exterior o visillos en el interior, úsese el factor "Toldos al exterior". En el factor "Cristal único", se incluyen todos los tipos de ventanas provistas de un solo vidrio, y en el de "Doble cristal", se incluyen aquellas que provistas de dos cristales dejan entre ambos una pequeña cámara de aire; también se incluyen en este tipo las formadas por losetas de vidrio. En la columna derecha del apartado 1 deberá ponerse solamente un número, y éste representará exclusivamente la orientación o fachada de mayor carga calorífica.
 - ii) Multiplicar los metros cuadrados de superficie de todas las ventanas de la habitación o recinto por el factor correspondiente.
 - iii) Multiplicar la longitud (metros lineales) de todas las paredes expuestas al exterior por el correspondiente factor. Las puertas deberán considerarse como si fueran parte de la pared. Las paredes cuya superficie esté orientada al norte se calcularán separadamente de las paredes orientadas a otras direcciones. Las paredes que estén permanentemente a la sombra por hallarse protegidas por otros edificios, se considerarán como paredes expuestas al norte. Los árboles y demás arbustos no se consideran como agentes productores de sombras permanentes. Si las paredes corresponden a locales acondicionados, no se considera este apartado. Una pared sin aislamiento, esté construida de albañilería o H^oA^o, de menos de 20 centímetros de espesor, se considera a los efectos de este impreso como "Construcción ligera". Una pared aislada de más de 20 centímetros de espesor, se considera como "Construcción pesada".
 - iv) Multiplicar la longitud total (metros lineales) de las paredes interiores que separan el recinto acondicionado del que queda sin acondicionar por el factor dado.
 - v) Multiplicar el total de metros cuadrados de techo por el factor dado para cada tipo de construcción (ligera o pesada, según se indica en 3a). Úsese una línea solamente. Si el piso o techo corresponden a locales acondicionados, no se considera este apartado.
 - vi) Multiplicar los metros cuadrados de suelo por el factor dado. Omitir este apartado si el suelo está directamente sobre terreno.
 - vii) Multiplicar el número de personas que normalmente van a ocupar el recinto acondicionado por el factor

dato. Como mínimo hay que considerar dos personas.

- viii) Determinar en vatios la potencia total absorbida por la iluminación y equipo eléctrico restante que haya en el recinto acondicionado. No debe tenerse en cuenta la potencia absorbida por el acondicionador que se va a instalar. Multiplicar el número total de vatios por el factor dado.
- ix) Multiplicar el ancho total (metros lineales) de puertas o arcos que, estando continuamente abiertos, comunican el recinto acondicionado con el que está sin acondicionar por el factor dado.

NOTA: Cuando el ancho total (metros lineales de puertas o arcos) es superior a 1,5 metros, la carga real de calor puede exceder del valor calculado. En este caso, ambos espacios comunicados por puertas ó arcos en cuestión deberán considerarse como un solo local, y habrá que calcular la capacidad de refrigeración necesaria teniendo en cuenta las nuevas dimensiones.

- x) Sumar los ocho apartados anteriores.
- xi) Multiplicar la CARGA BASE DE CALCULO obtenida en el apartado ix por el factor de corrección que corresponda, según se deduce del mapa. El resultado obtenido es el TOTAL DE LA CARGA DE REFRIGERACIÓN EN FRIGORÍAS/HORA.

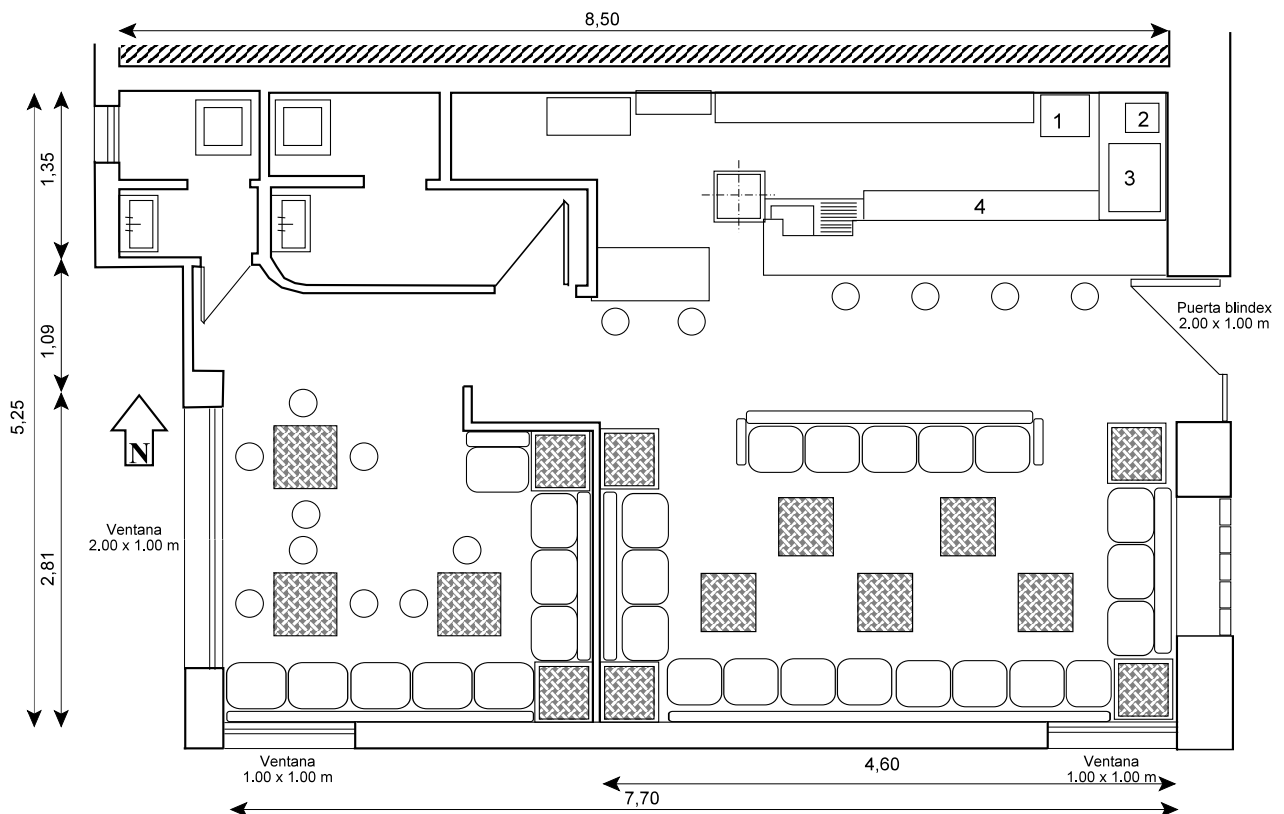
Para obtener los mejores resultados, debe seleccionarse el acondicionador o acondicionadores a instalar de forma que su potencia se aproxime lo más posible a la carga de refrigeración obtenida. En general, un acondicionador de potencia sensiblemente superior a la calculada trabajará intermitentemente; teniendo tiempos de parada bastante largos, dará un resultado mucho menos satisfactorio que una unidad (o varias) más pequeñas, de potencia igual a la calculada, pues ésta (o éstas) tendrá unos tiempos de parada más reducidos, logrando deshumidificar mejor el aire.

4. EJEMPLO 1:

Como ejemplo práctico de aplicación de esta última hoja de cálculo, vamos a realizar, paso a paso un caso concreto. Se trata de un bar donde se reúnen todas aquellas facetas más comunes en una instalación a calcular. Sus dimensiones se indican en la figura 4.

4.1. DATOS DE PARTIDA

Como ya indicábamos anteriormente nos es necesario conocer el mayor número de datos acerca del local. Sus características son:



Las paredes exteriores, de ladrillo de 20 cm. La altura del local de 3 m con cielorraso. Sobre el bar hay un ático por donde se piensa efectuar la distribución de conductos.

Está ventilado bajo techo plano aislado con pared de fibra de vidrio de 5 cm acoplado al cielo raso, siendo el techo del ático de yeso acústico con metal desplegado. La temperatura normal de este ático es de 52°C para las condiciones exteriores que señalaremos.

El suelo es de mosaicos sobre losa de hormigón sobre el terreno. Las dependencias contiguas las supondremos a 31,5°C, no considerándolos en el cálculo de cargas ya que no se quieren acondicionar. Hemos fijado las siguientes condiciones de humedad y temperatura:

En el interior	Temperatura seca	26,5 °C
	Temperatura húmeda	19 °C
	Humedad relativa	50 %
En el exterior	Temperatura seca	40 °C
	Temperatura húmeda	29 °C
	Humedad relativa	44 %

En la pared este hay una puerta de cristal de 5 mm de 2,5 x 1 m y un ventanal de ladrillo de vidrio de 1 x 2 m. La pared norte es contigua a un local sin climatizar. La pared sur tiene dos ventanas de cristal simple de 1 x 1 m. En la pared oeste hay una ventana de cristal de 2 x 1 m.

El número de ocupantes del local se estima que será en las horas punta de 50 personas, considerándose que la actividad a desarrollar por todas ellas es ligera. Esta hora punta será las 14 horas. La iluminación del local tiene un consumo total de 1.600 vatios. Tenemos un anafe de dos hornallas y una máquina de hacer café de un total de 600 vatios por unidad, un calentador de leche de 20 litros de capacidad y unos motores en las cámaras frigoríficas con un total de 1,5 Kw.

Es recomendado para un bar una aportación de aire exterior para ventilación de 30 m3/h por persona lo que representa un total de 1.500 metros cúbicos por hora de aire exterior.

4.2. Comenzamos el cálculo: Al final del mismo indicaremos de dónde se pueden obtener los valores. El equipo necesario para acondicionar el local será capaz de dar 25.000 frigorías por hora o bien dos o más unidades cuya suma de potencias sea la requerida.

Para calefacción el cálculo será idéntico. Es decir, buscar los coeficientes de transmisión, multiplicar por la superficie de paredes, suelos, ventanas, etc. y por la diferencia de temperaturas entre exterior e interior, considerando el mismo volumen de aire.

4.3. *COEFICIENTES EMPLEADOS*

- Coeficiente de transmisión (K): Vidrio simple= 5,8 W/m².K; Pared interior 10 cm ladrillo y placa de yeso: 2,35 W/m² .K; Pared de 20 cm de ladrillo revocado en ambas caras sin aislación= 2,3 W/m².K; Techo con 5 cm de aislación y cielorraso de yeso= 0,60 W/m².K
- Ocupantes en actividad ligera, sentados o quietos para temperaturas ambiente de 15 a 35°C: Calor sensible: 65 W. Calor latente: 46 W. Humedad producida: 71 g/h. Máquina de hacer café: Calor sensible: 261 W. Calor latente: 64 W. Motor de 1,5 Kw: 1,5 Kw x 998 W = 1497 W..
- Ganancias de calor por radiación solar para vidrios y ventanas: Hora solar: las 14 con latitud 35° Sur en orientación oeste 246 W/m².

NOTA: Para la determinación de los distintos coeficientes de transmisión y factores a tener en cuenta en el cálculo, consultar las Normas IRAM 11601, 11603, 11604 y 11605 o los trabajos prácticos de nivel 1 que contienen una síntesis de tablas y valores normalizados. En su defecto consultar la Norma IRAM 11659-1/2 sobre Ahorro de Energía en Refrigeración que se crea a partir de una propuesta elevada desde la cátedra.

USO DE LA PLANILLA DE CÁLCULO

CARACTERÍSTICAS DEL PUB					
Longitud	8,5	m	$\Delta W = (W_e - W_i)$	9,7	g /Kg
Ancho	5,25	m	Temperatura interior	26,5	°C
Altura	3	m	Humedad interior	50	%
Superficie	44,63	m ²	Temperatura Exterior	40	°C
Volumen	133	m ³	Humedad Interior	44	%
W interior	10,9	g /Kg	$\Delta t = (t_e - t_i)$	13,5	°C
W exterior	20,6	g /Kg			

i) Carga térmica por conducción a través de la envolvente Q_c					
Nº	Designación y material	área total m ²	K W/m ² .K	Δt °C	q_c W
1	Pared norte (interior ladrillo)	25,5	2,15	5	274
2	Pared sur: Ladrillo + yeso	23,1	2,3	13,5	717
3	Ventanas	2	5,6	13,5	151
4	Pared Este: Ladrillo + yeso	11,2	2,3	13,5	348
5	Ladrillo vidrio	2	2,5	13,5	67
6	Puerta	2,5	5,6	13,5	189
7	Pared oeste: Ladrillo + yeso	16	2,3	13,5	497
8	Ventanas	2	5,6	13,5	151
9	Techo (aislación + yeso suspendido)	45	0,6	25,5	688
10	Piso (losa sobre suelo natural)	--	--	--	---
Carga térmica por conducción a través de la envolvente Q_c (i)					2394

ii) Carga térmica solar Q_s					
<p>Paredes y techos son despreciados frente a otras cargas mayores como las superficies vidriadas cuando estas poseen aislamiento térmico liviano (lana de vidrio, poliestireno expandido o poliuretano expandido).</p> <p>I_s (W/m²) es la irradiación solar sobre el plano. Se consignan valores orientativos o puede usarse el programa Radiac2 (http://www.arquinstal.com.ar/bioclim/radiac2.exe) para calcularlo en cualquier latitud, orientación y pendiente. El programa puede descargarse o ejecutarse desde web. F_{ES} es el factor de exposición solar (Tabla 5)</p>					
Orientación	Plano vidriado	Sup. m ²	I_s (W/m ²)	F_{ES}	q_s (W)
Norte	-----	---	302	1	---
Oeste	vidrio simple	2	315	1	630
Sur	vidrio simple	2	44	1	88
Este	puerta blindex + bloques vidrio	4,5	44	1	198
Carga térmica solar Q_s (ii)					916
TOTAL CALOR SENSIBLE EXTERNO = (i + ii)					3310

iii) Carga térmica por fuentes internas Q_o	cantidad	Factor	q_o (W)
Ocupantes (cantidad)	50	65	3250
Iluminación (potencia en W)	1600 W	0	1600
Equip 1: motor	1,5 KW	996	1497

Equip 2: Calentador de leche 20 litros	1	850	850
Equip 3: Máquina café	1	261	261
Equip 4:	---	---	---
Equip 5:	---	---	---
Carga térmica por fuentes internas Q_o (iii)			7458
iv) Carga térmica por conductos = 4% del interior + exterior			431
CARGA TÉRMICA SENSIBLE INTERNA = iii + iv			7889
v) Carga térmica por ventilación sensible $Q_a = CAR \times 0,25 \times \Delta t$ Donde: CAR = Cantidad Aire Renovar = $= N_{pers} \times \text{caudal aire [m}^3/\text{h /pers]} = 50 \text{ pers} \times 30 \text{ m}^3/\text{h/pers} = 1500 \text{ m}^3/\text{h}$			
CSAext = <u>1500</u> m ³ /h x 0,25 x <u>13,5</u> °C =			5062
CARGA TOTAL DE CALOR SENSIBLE			W
Carga térmica sensible externa			3310
Carga térmica sensible interna			7889
Carga térmica sensible por ventilación			5062
TOTAL sensible (W)			16261

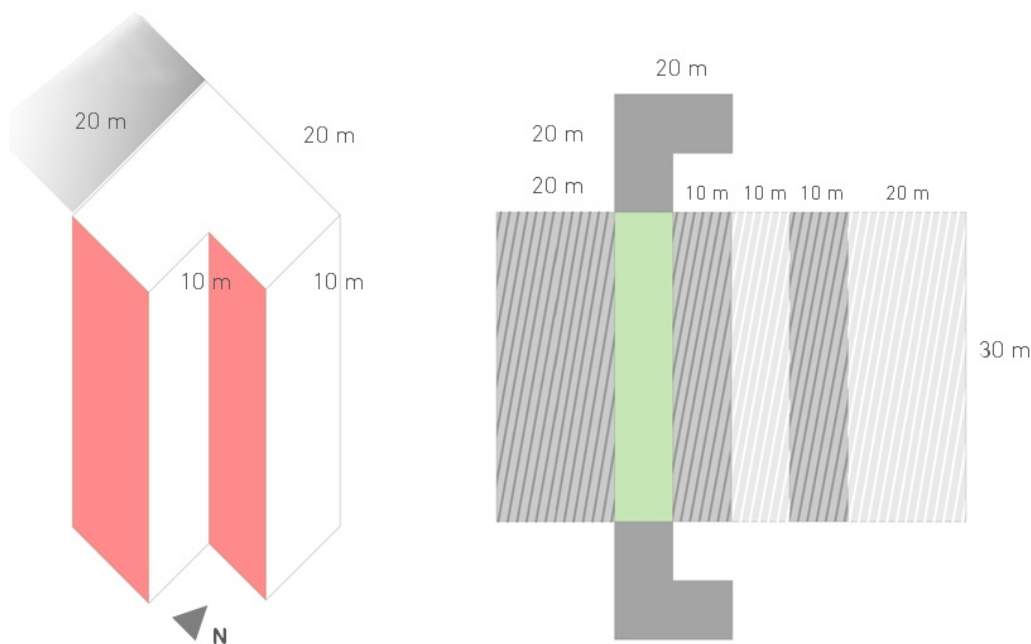
CARGA TÉRMICA POR CALOR LATENTE			
vi) Carga térmica por fuentes internas Q_o	Unidad	Coeficiente	W
Ocupantes (cantidad)	50	46	2300
Equip 1: Calentador de leche	1	580	580
Equip 2: Máquinas de café	1	64	64
Equip 3:			
Total Calor Latente interno:			2944
vii) Carga térmica por ventilación latente $Q_a = CAR \times 0,61 \times \Delta w$			W
CLAext = <u>1500</u> m ³ /h x 0,61 x <u>9,7</u> gr/Kg =			8875
CARGA TOTAL DE CALOR LATENTE = vi + vii			W
Carga térmica por fuentes internas			2944
Carga térmica por ventilación latente			8875
TOTAL latente (W)			11819

TOTAL CARGA DE REFRIGERACIÓN		
TOTAL SENSIBLE	16261	W
TOTAL LATENTE	11849	W
TOTAL	28080	W
TOTAL en Tn refrigeración = Total (W) / 3480	8,07	Tn

		%	Posibilidad de reducción carga térmica
Calor Sensible Externo	3310	11,8	SI (aislamiento térmico + sombreado)
Calor Sensible Interno	7889	28,1	SI (tipo iluminación + ventilación)
Calor Sensible del Aire exterior	5062	18	POCO
Calor latente interno	2944	10,5	POCO (Ventilación + sectorización)
Calor latente externo	8875	31,6	POCO (no fumar reduciendo ingreso aire limpio)
TOTAL	28080	100	

Con este cuadro síntesis puede revisarse el balance térmico para ver donde pueden aplicarse medidas de DAC tendentes a reducir las necesidades de refrigeración.

4.2. EJEMPLO 2: Caso edificio tipo torre



Características generales del edificio:

- ✓ El número de ocupantes de las viviendas se estima que será de 7 personas/piso, considerándose que la actividad a desarrollar por todas ellas es sedentaria.
- ✓ Esta hora punta será las 14 horas.
- ✓ La iluminación tiene un consumo total de 1200 W (8W/m²x300m²x0,5).
- ✓ Tenemos una cocina con horno de 6977W (cs) + 3373W (cl); 1 heladera 310W; 1 Frezeer 360W; 2 PC 600W; 2 notebook 400W; 1 equipo audio 150W; 1 lavarropas 300W; 1 TV LED 50" 300W.
- ✓ Es recomendado para una vivienda una aportación de aire exterior para ventilación de 15 m³/h por persona lo que representa un total de 1.050 metros cúbicos por hora de aire exterior.

Coefficientes empleados:

- ✓ Coeficiente de transmisión (K): DVH claro 3+12+3= 2,8 W/m².K; Pared interior 10 cm ladrillo y placa de yeso: 2,35 W/m² .K; Pared de 20 cm de ladrillo revocado con aislación= 0,5 W/m².K; Techo con 10 cm de aislación y cielorraso de yeso= 0,30 W/m².K ; piso 0,8 W/m².K
- ✓ Ocupantes en actividad sedentaria, sentados o quietos para temperaturas ambiente de 15 a 35°C: Calor sensible: 63,8 W. Calor latente: 40,6 W. Humedad producida: 71 g/h. Horno: Calor sensible: 6977 W. Calor latente: 3373W.
- ✓ Ganancias de calor por radiación solar para vidrios y ventanas: Hora solar: las 14 con latitud 35° Sur en orientación norte 327 W/m² y sur 245 W/m² .

USO DE LA PLANILLA DE CÁLCULO

CARACTERÍSTICAS					
Longitud	20	m	Temperatura interior	23	°C
Ancho	20	m	Humedad interior	50	%
Altura	30	m	Temperatura Exterior	35	°C
Superficie	300	m ²	Humedad Interior	40	%
Volumen	9000	m ³	Δt = (te - ti)	12	°C
W interior	8,78	g /Kg	H- Entalpía aire exterior	19,7	W/Kg
W exterior	14,2	g /Kg	H- Entalpía aire interior	12,5	W/Kg
ΔW= (We - Wi)	5,42	g /Kg			

i) Carga térmica por conducción a través de la envolvente Q_c

Nº	Designación y material	área total m ²	K W/m ² .K	t °C	q _c W
1	Vidriado Norte + Sur	1200	2,8	12	40320
2	Muro Este	600	0,5	12	3600
3	Muro Oeste	600	0,25	12	1800
4	Techo	300	0,3	12	1080
5	Piso	300	0,8	12	2880
Carga térmica por conducción a través de la envolvente Q_c (i)					49680

ii) Carga térmica solar Q_s

Paredes y techos son despreciados frente a otras cargas mayores como las superficies vidriadas cuando estas poseen aislamiento térmico liviano (lana de vidrio, poliestireno expandido o poliuretano expandido).

Is (W/m²) es la irradiación solar sobre el plano. Se consignan valores orientativos o puede usarse el programa Radiac2 (<http://www.arquinstal.com.ar/bioclim/radiac2.exe>) para calcularlo en cualquier latitud, orientación y pendiente. El programa puede descargarse o ejecutarse desde web. F_{ES} es el factor de exposición solar (Tabla 5)

Orientación	Plano vidriado	Sup. m ²	Is (W/m ²)	F _{ES}	q _s (W)
Norte	DVH claro 3 + 12 + 3	600	327	0,88	172656
Oeste					
Sur	DVH claro 3 + 12 + 3	600	245	0,88	129360
Este					
Carga térmica solar Q _s (ii)					302016
TOTAL CALOR SENSIBLE EXTERNO = (i + ii)					351696

iii) Carga térmica por fuentes internas Q_o

	cantidad	Factor	q _o (W)
Ocupantes (cantidad)	70	63,8	4466
Iluminación (potencia en W)	10		12000
Equip 1: Heladera + freezer	10	670	6700
Equip 2: PC + notebook	20	500	10000
Equip 3: Audio + TV LED 50"	10	450	4500
Equip 4: Lavarropas	10	300	3000
Equip 5: Horno	10	6977	69770
Carga térmica por fuentes internas Q _o (iii)			110466
iv) Carga térmica por conductos = 4% del interior + exterior			44186
CARGA TÉRMICA SENSIBLE INTERNA = iii + iv			154652

v) Carga térmica por ventilación sensible Q_a = CAR x 0,25 x t

Donde: CAR = Cantidad Aire Renovar =

$$= N_{pers} \times \text{caudal aire [m}^3/\text{h /pers]} = 70 \text{ pers} \times 15 \text{ m}^3/\text{h/pers} = 1050 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$CSAext = 1050 \text{ m}^3/\text{h} \times 0,25 \times 12 \text{ °C} = 3150$$

CARGA TOTAL DE CALOR SENSIBLE	W
Carga térmica sensible externa	351696
Carga térmica sensible interna	154652
Carga térmica sensible por ventilación	3150
TOTAL sensible (W)	509498

CARGA TÉRMICA POR CALOR LATENTE			
vi) Carga térmica por fuentes internas Q _o	Unidad	Coefficiente	W
Ocupantes (cantidad)	70	40,6	2842
Equip 1: Horno	10	33730	33730
Total Calor Latente interno			36572
vii) Carga térmica por ventilación latente Q _a = CAR x 0,61 x w			W
CLAext = 1050 m ³ /h x 0,61 x 5,42 gr/Kg =			3471
CARGA TOTAL DE CALOR LATENTE = vi + vii			W
Carga térmica por fuentes internas			36572
Carga térmica por ventilación latente			3471
TOTAL latente (W)			40043

TOTAL CARGA DE REFRIGERACIÓN		
TOTAL SENSIBLE	509498	W
TOTAL LATENTE	40043	W
TOTAL	549541	W
TOTAL en Tn refrigeración = Total (W) / 3480	158	Tn

		%
Calor Sensible Externo	351696	64
Calor Sensible Interno	154652	28
Calor Sensible del Aire exterior	3150	0,7
Calor latente interno	36572	6,6
Calor latente externo	3471	0,7
TOTAL	549541	100

SI (aislamiento térmico + sombreo)
 SI (tipo iluminación + ventilación)
 POCO
 POCO (Ventilación + sectorización)
 POCO (no fumar reduciendo ingreso aire limpio)

Con este cuadro síntesis puede revisarse el balance térmico para ver donde pueden aplicarse medidas de DAC tendentes a reducir las necesidades de refrigeración.

$GR = 549541 \text{ W} / 9000 \text{ m}^3$

$GR = 61,06 \text{ W/m}^3$

Volumen (m ³)	Temperatura (°C)										
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1000	17.17	18.10	19.02	19.96	20.89	21.84	22.79	23.75	24.71	25.69	26.67
1500	16.45	17.35	18.24	19.15	20.05	20.98	21.89	22.83	23.76	24.71	25.66
2000	16.09	16.98	17.85	18.75	19.64	20.54	21.45	22.37	23.29	24.22	25.15
2500	15.88	16.75	17.62	18.51	19.39	20.29	21.18	22.09	23.00	23.93	24.85
3000	15.74	16.60	17.46	18.34	19.22	20.11	21.00	21.91	22.81	23.73	24.65
3500	15.63	16.50	17.35	18.23	19.10	19.99	20.87	21.78	22.67	23.59	24.50
4000	15.56	16.42	17.27	18.14	19.01	19.90	20.78	21.68	22.57	23.49	24.39
4500	15.50	16.35	17.20	18.08	18.94	19.82	20.70	21.60	22.49	23.40	24.31
5000	15.45	16.30	17.15	18.02	18.88	19.77	20.64	21.54	22.43	23.34	24.24
5500	15.41	16.26	17.11	17.98	18.84	19.72	20.59	21.49	22.38	23.28	24.19
6000	15.38	16.23	17.07	17.94	18.80	19.68	20.55	21.45	22.33	23.24	24.14
6500	15.35	16.20	17.04	17.91	18.77	19.65	20.52	21.41	22.30	23.20	24.10
7000	15.32	16.17	17.02	17.88	18.74	19.62	20.49	21.38	22.27	23.17	24.07
7500	15.30	16.15	17.00	17.86	18.72	19.59	20.46	21.35	22.24	23.14	24.04
8000	15.29	16.13	16.98	17.84	18.70	19.57	20.44	21.33	22.21	23.12	24.01
8500	15.27	16.12	16.96	17.82	18.68	19.55	20.42	21.31	22.19	23.10	23.99
9000	15.26	16.10	16.95	17.81	18.66	19.54	20.40	21.29	22.17	23.08	23.97
9500	15.24	16.09	16.93	17.79	18.65	19.52	20.39	21.28	22.16	23.06	23.95
10000	15.23	16.08	16.92	17.78	18.63	19.51	20.37	21.26	22.14	23.04	23.94

$Gradm = 19,54 \text{ W/m}^3$

Verificación 11659-2 . Caso edificios de vivienda

$QR = 549541 \text{ W} : GR = 61,06 \text{ W/m}^3 > Gradm = 19,54 \text{ W/m}^3 \text{ ----> NO CUMPLE}$

Modifico vidriado agregando exterior gris coloreado en la masa de 6 mm, armando una doble fachada ventilada. $K = 1,54 \text{ W/m}^2\text{K}$ y $Fes = 0,314$. Obtengo un $G_{REF} = 37,46 \text{ W/m}^3 \text{ ----> NO CUMPLE}$

Solo queda mejorar la eficiencia energética del sistema de cocción eliminando la cocina y horno a gas y remplazándola por unos a inducción eléctricos. En este caso se logra cumplir con la Norma IRAM 11659-2

El LAYHS - Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable desarrolló en 2001 un modelo de ahorro de energía en refrigeración de edificios que permitieron la creación de las Normas IRAM 11659-1 y 11659-2. El último caso corresponde al caso viviendas y ya disponemos de valores admisibles para tres tipos: vivienda unifamiliar, viviendas agrupadas en bloque y viviendas agrupadas en torre. En la figura 3 se muestran los valores admisibles para tipología torre similar al caso que están analizando.

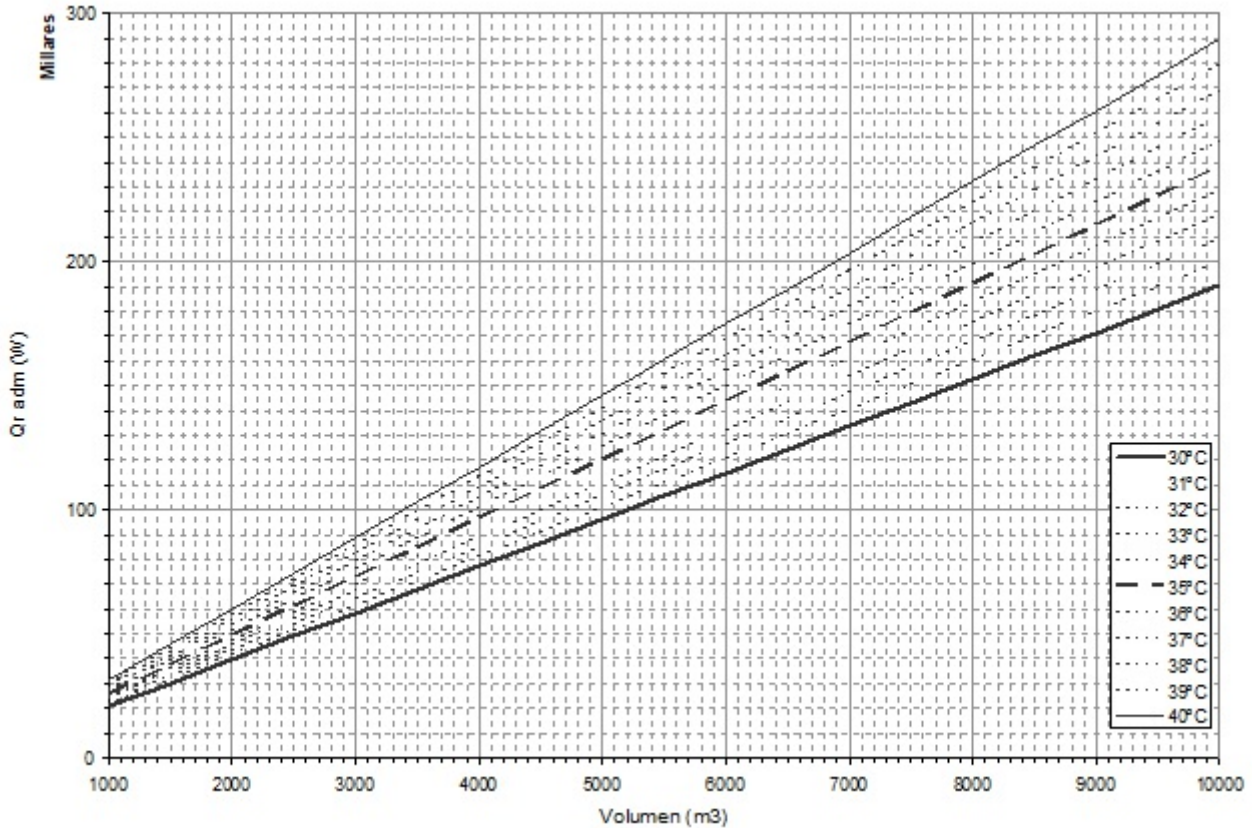


Figura 3: Curvas de $Q_{REF adm}$ para departamentos y edificios tipo torre.

En ANEXO C se muestran tablas de valores admisibles de carga térmica para edificios de viviendas tipo casa, bloque y torre.

5. Eficiencia energética en refrigeración de edificios aplicando IRAM 1900/17

Este apartado comprende el cálculo para la evaluación térmica y la determinación de la eficiencia energética en climatización mediante el método mensual cuasi estacionario que establece el requerimiento específico de energía primaria relacionado con la demanda de refrigeración, en condiciones óptimas de confort térmico en el transcurso de un año. Mientras un balance térmico de verano, como el visto, nos permite conocer la potencia del equipo de refrigeración en el día tipo más caluroso del año, el procedimiento de la IRAM 11900/17 nos permite conocer la energía que se consumiría en un año para mantener el edificio en termostato y confort higrotérmico.

5.1. Requerimiento específico de energía primaria para refrigeración y sus etapas de calculo.

El procedimiento para el cálculo del requerimiento específico de energía primaria para refrigeración consiste de las etapas siguientes:

- a) identificar los ambientes climatizados y no climatizados del edificio, con el fin de delimitar las distintas zonas térmicas y envolventes térmicas que lo caracterizan;
- b) definir el número de días de refrigeración durante los cuales se asume que los sistemas activos de climatización garantizan una temperatura de confort constante y uniforme en el interior de cada una de

- las zonas térmicas definidas en la vivienda o edificio. El número de días para cada mes de cada localidad está definido en la tabla xxx;
- calcular el requerimiento mensual de energía térmica (Q_{I}) y (Q_{V}) para cada mes correspondiente a los períodos de refrigeración respectivamente (según el ítem b) y para cada zona térmica (según ítem a). El cálculo debe repetirse de manera tal que incluya todos los meses y todas las zonas térmicas de la vivienda o edificio.
 - calcular la energía secundaria para cada período, refrigeración (ES_{V}), considerando el rendimiento de los sistemas activos de acondicionamiento térmico, para cada zona térmica (definida según el ítem a). El cálculo debe repetirse de manera tal que incluya todos los meses y todas las zonas térmicas de la vivienda o edificio;
 - calcular el requerimiento total de energía primaria para el periodo de refrigeración (EP_{V}), a partir de la referencia a energía primaria de cada valor de energía térmica mensual (Q_{V}) calculado c), y su posterior totalización para todos los meses y las zonas térmicas consideradas;
 - calcular el requerimiento específico total de energía primaria para refrigeración (EP_{V}), definido en e), mediante el cociente entre el requerimiento anual de energía primaria de refrigeración obtenido en e), y la superficie cubierta total de la vivienda o edificio;
 - calcular el requerimiento específico anual de energía primaria en climatización (EP_{C}), mediante la sumatoria del requerimiento específico total de energía primaria para refrigeración (EP_{V}), definido en f).

5.1.1 Requerimiento específico anual de energía primaria para climatización (EP_{C})

El requerimiento específico anual de energía primaria se calcula según la expresión siguiente:

$$EP_{C} = EP_{I} + EP_{V}$$

siendo:

- EP_{C} el requerimiento específico anual de energía primaria, en kilowatt hora por metro cuadrado año;
- EP_{I} el requerimiento específico anual de energía primaria para calefacción, en kilowatt hora por metro cuadrado año; (se explicó en el TP de Balance Térmico de Invierno)
- EP_{V} el requerimiento específico anual de energía primaria para refrigeración, en kilowatt hora por metro cuadrado año.

5.1.2 Requerimiento específico de energía primaria para refrigeración (EP_{V})

El requerimiento específico de energía primaria para refrigeración, se calcula con la fórmula siguiente:

$$E_{P,V} = \frac{E_{P;V}}{A_u}$$

Considerando:

$$E_{P;V} = \sum_{j=1}^M \left[\sum_{i=1}^N \frac{Q_{v;i;j}}{\eta_{r;i;j}} \cdot f_{p;i} \right]$$

$$Q_{V} = Q_{gr} - \eta_{disp} \cdot Q_{tr;rad;ve}$$

Siendo:

- $E_{P,V}$ el requerimiento de energía primaria anual para refrigeración, en kilowatt hora;
- A_u la superficie útil de la vivienda, en metros cuadrados.
- $Q_{j;i;V}$ el requerimiento mensual de energía térmica para refrigeración de la i-ésima zona térmica, correspondiente al j-ésimo mes, en kilowatt hora;
- $\eta_{j;i;r}$ el rendimiento medio ponderado de la instalación de refrigeración presente en la i-ésima zona térmica funcionando durante el j-ésimo mes; (según tabla 5.3);
- N el número total de zonas térmicas definidas de la vivienda;
- M el número de meses correspondientes al período de refrigeración;
- $f_{p;i}$ el factor de conversión de la energía neta que alimenta la instalación de refrigeración de la i-ésima zona térmica, en energía primaria; (según tabla 5.2)
- $Q_{ve;rad;tr}$ la energía térmica intercambiada por transmisión a través de la envolvente térmica, radiación a la bóveda celeste y ventilación durante el periodo de refrigeración, expresada en kilowatt hora;

Q_{gr} las ganancias internas durante el periodo de refrigeración, en kilowatt hora;
 η_{disp} el factor de utilización de las dispersiones térmicas; (calculado según A.1.5.1)

Tabla 5.2 - Factor de conversión de energía neta a energía primaria (f_p)

Factor de conversión (f_p)			
Gas distribuido por redes	Gas licuado de petróleo	Electricidad	Carbón de leña
1,25	1,10	3,30	1,60

5.1.3 Requerimiento total de energía secundaria para refrigeración (ES_v)

El requerimiento total de energía secundaria para refrigeración, se calcula con la fórmula siguiente:

$$E_{S;v} = \sum_{j=1}^M \left[\sum_{i=1}^n \frac{Q_{v;i;j}}{\eta_{r;i;j}} \right]$$

siendo:

ES_v el requerimiento total de energía secundaria para refrigeración, en kilowatt hora;
 η_r el rendimiento medio del equipamiento de refrigeración, adimensional. (Ver tabla 5.3)

Tabla 5.3 - Rendimiento medio del equipamiento de refrigeración (η_r)

Equipamiento de refrigeración	η_r / IEE
Aire acondicionado clase A tipo Split	3,20
Aire acondicionado clase B tipo Split	3,10
Aire acondicionado clase C tipo Split	2,90
Aire acondicionado clase D tipo Split	2,70
Aire acondicionado clase E tipo Split	2,50
Aire acondicionado clase F tipo Split	2,30
Aire acondicionado clase G tipo Split	2,20
Aire acondicionado clase A tipo compacto	3,00
Aire acondicionado clase B tipo compacto	2,90
Aire acondicionado clase C tipo compacto	2,70
Aire acondicionado clase D tipo compacto	2,50
Aire acondicionado clase E tipo compacto	2,30
Aire acondicionado clase F tipo compacto	2,10
Aire acondicionado clase G tipo compacto	2,00
NOTA. La información corresponde a la IRAM 62406.	

NOTA: Cabe destacar que, los valores descriptos en las tablas 2 y 3 respectivamente, surgen de considerar que los rendimientos del equipamiento de refrigeración son constantes durante todo el periodo de verano. Esta es una primera aproximación para realizar el cálculo, pero en caso de poseer datos detallados del equipamiento, en especial si se trata de equipamientos de gran escala, se recomienda afectar los rendimientos por un factor que considere las distintas temperaturas exteriores de cada mes.

5.1.4 Requerimiento total de energía útil para refrigeración (EU_v)

El requerimiento total de energía útil para refrigeración, se calcula con la fórmula siguiente:

siendo:

$$E_{U;v} = \sum_{j=1}^M \left[\sum_{i=1}^n \sum Q_{v;i;j} \right]$$

EU_v requerimiento total de energía útil para refrigeración, en kilowatt hora.

ANEXO A

A.1. Ganancias internas (Q_{gr})

Las ganancias internas se calculan con la fórmula siguiente:

$$Q_{gr} = Q_{int} + Q_{sol}$$

Considerando que:

$$Q_{int} = \frac{1}{1000} \cdot \phi_{int} \cdot T$$

$$Q_{sol} = \frac{1}{1000} \cdot \phi_{sol} \cdot T$$

siendo:

- Q_{gr} la ganancia interna, en kilowatt hora;
- Q_{int} la energía por aportes térmicos internos, en kilowatt hora;
- Q_{sol} la energía por aportes térmicos solares (pasivos), en kilowatt hora;
- φ_{sol} el flujo térmico medio de origen solar incidente sobre la envolvente de la zona térmica considerada, en watt;
- φ_{int} el flujo térmico total producido por todas las fuentes de calor presentes en la zona térmica considerada y en ambientes adyacentes no climatizados, en watt;
- T el intervalo de tiempo analizado, expresado en horas; (es decir, la cantidad de días del período de climatización correspondiente al mes considerado, multiplicado por 24 h).

NOTA: Los aportes térmicos internos, representan la ganancia de energía térmica generada por los artefactos electrónicos presentes en la vivienda, y el metabolismo de los ocupantes del mismo.

A.1.1 Flujo de energía térmica debido a aportes internos (Φ_{int})

El cálculo de los aportes internos de energía térmica, se realiza en base a valores preestablecidos, según la expresión

$$\Phi_{int} = \begin{cases} \left[5,2944 A_u - 0,01557 A_u^2 \right] \frac{A_{zona}}{A_u} & \text{si } A_u \leq 170 \text{ m}^2 \\ 450 \frac{A_{zona}}{A_u} & \text{si } A_u > 170 \text{ m}^2 \end{cases}$$

siendo:

- A_{zona} la superficie de la zona térmica considerada, en metros cuadrados;
- A_u la superficie útil del inmueble, en metros cuadrados

A.1.2 Flujo de energía térmica de origen solar (Φ_{sol})

El flujo de energía térmica de origen solar, se calcula según la fórmula siguiente:

$$\Phi_{sol} = \sum_{i=1}^N \Phi_{sol,i} + \sum_{j=1}^M \left[(1 - b_{tr,j}) \cdot \sum_{k=1}^L \Phi_{sol,k} \right]$$

$$\Phi_{sol} = A_{sol} \cdot I_{sol} \cdot F_s$$

siendo:

- $\Phi_{sol,i}$ el flujo térmico medio de origen solar incidente sobre el i-ésimo elemento de la envolvente térmica de la zona considerada, en watt;
- $\Phi_{sol,k}$ el flujo térmico medio de origen solar incidente sobre el k-ésimo elemento de la envolvente de un ambiente no climatizado adyacente a la zona térmica considerada, en watt;
- $b_{tr,j}$ el factor de corrección del intercambio térmico del j-ésimo elemento de la envolvente térmica de la zona considerada, que es adyacente a un ambiente no climatizado en cuya envolvente incide la radiación solar; según la tabla A.1
- N la cantidad total de elementos de la envolvente térmica en los que incide la radiación solar, adimensional;
- M la cantidad total de elementos de la envolvente térmica adyacentes a un ambiente no climatizado, en cuya envolvente incide la radiación solar, adimensional;
- L la cantidad total de elementos de la envolvente de un ambiente no climatizado adyacente a la zona térmica considerada, en los que incide la radiación solar;
- Φ_{sol} el flujo térmico medio solar, en watt;
- A_{sol} el área de captación solar efectiva (área de incidencia de la radiación solar) del elemento de la envolvente térmica adyacente al exterior, con orientación y ángulo de inclinación respecto del plano horizontal definidos, en metros cuadrados;
- I_{sol} la irradiancia solar media mensual sobre la superficie, con orientación y ángulo de inclinación respecto del plano horizontal definidos, en watt por metros cuadrados; (según anexo C);
- F_s el factor de reducción del área de captación solar efectiva, debido a sombras generadas por elementos externos (ver anexo B).
- E_i área de captación solar efectiva de un elemento de la envolvente, se calcula según corresponda, tal como se detalla a continuación:

a) Si el elemento de la envolvente sobre el que incide la radiación solar es opaco, se debe calcular el área de captación solar efectiva según la fórmula siguiente:

$$A_{sol} = (\alpha_{sol} \cdot R_{se} \cdot K_e) \cdot A_c$$

siendo:

- A_{sol} el área de captación solar efectiva, en metros cuadrados;
- α_{sol} el coeficiente de absorción de la radiación solar de la superficie del elemento de la envolvente considerado, adimensional; (según tabla A.5)
- R_{se} la resistencia superficial externa, que representa la resistencia térmica de la capa superficial de aire adyacente a la superficie exterior del elemento considerado, en metros cuadrados kelvin por watt; (se adopta $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$)
- K_e la transmitancia térmica del elemento de la envolvente térmica considerado, en watt por metros cuadrados kelvin, (según IRAM 11601 o TP 2 Instalaciones 1);
- A_c el área opaca proyectada sobre el plano según el cual se adoptó la irradiancia solar media mensual, en metros cuadrados.

b) Si el elemento de la envolvente sobre el que incide la radiación solar es transparente (caso de cerramientos vidriados), se debe calcular el área de captación solar efectiva según la expresión que contempla tanto la superficie transparente como la superficie del marco correspondiente:

$$A_{sol} = \tau_v \cdot A_v \cdot F_{pr} \cdot (1 - F_{marco})$$

Considerando que:

$$F_{pr} = \frac{\tau_v \cdot (1 - f_{pr}) + \tau_p \cdot f_{pr}}{\tau_v}$$

siendo:

- F_{pr} el factor de reducción de los aportes solares debido a la utilización de protecciones móviles paralelas a la superficie transparente;
- f_{pr} la fracción de tiempo en la que se utilizan las protecciones móviles, adimensional;
- A_{sol} el área de la captación solar efectiva, en metros cuadrados;
- A_v el área total del cerramiento proyectada sobre el plano según el cual se adoptó la irradiancia solar media mensual, en metros cuadrados;
- τ_v el coeficiente de transmisión solar directa a través del elemento transparente; (según tabla A.6)
- τ_p el coeficiente de transmisión solar directa del cerramiento, es decir, del conjunto conformado por el elemento transparente y la protección correspondiente; este valor se obtiene multiplicando los coeficientes de transmisión de los componentes individuales;

F_{marco} el factor de marco, que representa la fracción opaca del área total del cerramiento; (dato proporcionado por el fabricante).

Tabla A.5 Coeficiente de absorción de la radiación solar para distintos tipos de superficie

Tipo de superficie	Coeficiente de absorción solar (α_{sol})
Ladrillo común	0,70
Ladrillos negros oscuros	0,80
Ladrillos rojos claros	0,55
Hormigón a la vista	0,70
Hormigón a la vista texturado	0,80
Hormigón con agregado y cemento blanco	0,50
Revoque	0,55
Revoque claro	0,40
Marfil blanco	0,45
Baldosas rojas	0,85
Fibrocemento	0,85
Aluminio anonizado (natural)	0,45
Aluminio envejecido	0,80
Chapa galvanizada	0,50
Pintura amarilla clara	0,30
Pintura amarilla oscuro	0,70
Pintura beige clara	0,35
Pintura beige oscura	0,90
Pintura roja clara	0,65
Pintura roja oscura	0,90
Pintura verde clara	0,40
Pintura verde oscura	0,85
Pintura azul clara	0,40
Pintura azul oscura	0,90
Pintura gris clara	0,45
Pintura gris oscura	0,75

NOTA. Datos obtenidos de la IRAM 11605.

Tabla A.6 - Coeficiente de transmisión de la radiación solar para distintas tipologías de vidrio

Tipo de vidrio	Coeficiente de transmisión de la radiación solar (τ_v)
Vidrio simple	0,85
Vidrio doble	0,75
Vidrio doble bajo emisivo	0,67
Vidrio triple	0,70
Vidrio triple bajo emisivo	0,50
Ventana doble	0,75

NOTA. Datos obtenidos de la ISO 13790.

c) Factor de reducción por sombras (F_s)

El factor de reducción por sombras, se aplica para contemplar la reducción del área de captación solar efectiva de la superficie de la envolvente, debido a la presencia de obstáculos externos que se interponen a la radiación directa del sol, como ser obstáculos en el horizonte, aleros, u obstáculos laterales. Este valor se calcula según la fórmula siguiente:

$$F_s = f'_{\text{hor}} \cdot f_{\text{alero}} \cdot f_{\text{izq}} \cdot f_{\text{der}}$$

siendo:

- F_s el factor de reducción por sombras, adimensional;
- f'_{hor} el factor de reducción por sombras debido a obstáculos en el horizonte corregido, calculado según A.33, adimensional;
- f_{alero} el factor de reducción por sombras debido a la existencia de aleros u obstáculos horizontales superiores, en las inmediaciones del elemento considerado, calculado según anexo B;

- f_{izq} el factor de reducción por sombras debido a la existencia de obstáculos laterales situados a la izquierda (mirando desde el elemento de la envolvente, hacia el sol), calculado según anexo B;
- f_{der} el factor de reducción por sombras debido a la existencia de obstáculos laterales situados a la derecha (mirando desde el elemento de la envolvente, hacia el sol), calculado según anexo B.

En el caso de no existir alguno de estos obstáculos, se debe adoptar el factor correspondiente igual a 1.

ANEXO B: Datos climáticos de diseño de verano de Argentina

Tabla B.1: Datos bioclimáticos verano de algunas localidades de Argentina

ESTACIÓN	Prov	-LAT °	-LONG °	ASNM m	RegBio	TMAX °C	TMED °C	TMIN °C	TDMX °C	HR %	VV km/h	PRE mm	GDe18 °C	GDe20 °C
AEROPARQUE	BAC	34,57	58,42	6	IIIB	27.00	23.33	19.60	34.40	69.3	16.7	451.5	751	
PERGAMINO	BAP	33.93	60.55	65	IIIA	28.70	22.31	15.90	37.70	70.7	10.2	465.9	1026	
BAHIA BLANCA	BAP	38,73	62,18	83	IVC	29.20	22.00	14.80	39.00	58.2	24.4	271.9	886	
CORONEL SUAREZ	BAP	37,50	61,95	234	IVC	27.00	19.73	12.40	35.50	67.9	15.0	378.6	732	
PEHUAJO	BAP	35.87	61.90	87	IIIA	28.10	21.51	14.90	36.50	72.2	11.9	472.5	959	
EZEIZA	BAP	34,82	58,53	20	IIIB	28.50	22.42	16.40	36.90	69.8	13.7	422.4	893	
JUNIN	BAP	34,55	60,95	81	IIIA	28.40	21.93	15.40	41.30	71.8	11.5	482.3	973	
LA PLATA AERO	BAP	34,97	57,90	23	IIIB	27.40	21.89	16.40	35.50	76.2	15.1	446.2	762	
BENITO JUAREZ	BAP	37,53	59,57	233	IVC	26.80	20.06	12.60	35.60	72.9	13.3	360.0	732	
MAR DEL PLATA AERO	BAP	37,93	57,58	24	IVD	25.20	19.43	13.60	35.60	76.3	16.6	372.9	494	
PIGUE	BAP	37,60	62,38	304	IIIA	27.10	20.17	13.00	36.00	64.0	9.6	373.5	670	
TANDIL	BAP	37,23	59,25	175	IVC	26.40	19.48	12.60	34.90	71.2	14.8	377.0	620	
LAPRIDA	BAP	37.57	60.77	212	IV	28.30	20.17	12.40	36.70	66.9	12.1	391.6	747	
CATAMARCA	CA	28,45	65,77	531	IIA	33.10	26.78	20.50	41.10	58.3	22.6	276.1	1754	
CORDOBA AERO	CD	31,32	64,22	474	IIIA	28.30	22.35	16.50	36.60	71.3	11.5	541.7	1206	
CORRIENTES AERO	CR	27,45	58,77	62	IB	31.90	26.11	20.40	39.40	73.3	12.2	656.6	1814	
RESISTENCIA	CHC	27,45	59,05	52	IB	32.10	26.10	20.10	39.80	73.3	9.3	641.2	1727	
COMODORO RIVADAVIA	CHB	45,78	67,50	61	V	24.50	18.45	12.40	34.90	41.6	24.5	56.5	445	
ESQUEL	CHB	42,90	71,37	785	VI	20.70	13.89	7.10	31.10	50.7	25.0	85.8	104	
PARANA AERO	ER	31,78	60,48	62	IIB	29.60	23.86	18.20	37.00	69.2	11.4	529.4	1160	
FORMOSA	FM	26,20	58,23	60	IB	32.80	27.13	21.50	40.00	72.9	13.0	596.4	1888	
HUMAHUACA	JJ	23,20	65,37	2980	IVA	23.6	15.1	8.3	29.1	62.0	8.0	40.0	828	
JUJUY	JJ	24,18	65,30	1303	IIIB	29.10	23.40	17.70	37.10	75.9	7.8	570.8	1176	
LA QUIACA	JJ	22,10	65,60	3459	V	20.20	13.55	6.90	26.30	62.9	8.9	291.2	270	
SANTA ROSA	LP	36,57	64,27	189	IIIA	29.40	22.21	15.00	38.80	61.6	12.5	380.0	1078	
LA RIOJA	LR	29,38	66,82	430	IA	33.30	26.74	20.00	42.40	62.7	7.1	299.7	1962	
CRISTO REDENTOR	MZ	32,83	70,08	3832	VI	9.8	3.8	-0.5	16.0	57.0	23.1	--	0	
MENDOZA AERO	MZ	32,83	68,78	704	IVA	30.70	24.06	17.30	39.00	52.9	9.2	145.2	1259	
POSADAS	MS	27,37	55,97	133	IB	32.20	26.57	20.90	38.60	69.8	11.3	644.6	1722	
NEUQUEN	NQ	38,95	68,13	270	IVB	29.90	21.95	13.90	38.50	42.5	12.6	60.1	987	
BARILOCHE	RN	41,15	71,17	836	VI	21.40	13.70	5.90	32.00	56.7	24.1	92.5	127	
SALTA	ST	24,85	65,48	1226	IIIA	26.70	21.26	15.80	34.20	79.1	7.1	601.4	1135	
SAN JUAN AERO	SJ	31,57	68,42	598	IIIA	33.10	25.56	18.00	41.40	46.7	14.6	60.2	1592	
SAN LUIS	SL	33,27	66,35	713	IIIA	29.70	23.23	16.70	37.60	56.4	16.2	434.9	1207	
RIO GALLEGOS	SC	51,62	69,28	17	VI	18.90	12.81	6.70	28.80	55.9	28.6	109.2	23	
ROSARIO	SF	32,92	60,78	27	IIIB	29.30	23.27	17.20	37.30	71.5	12.9	486.2	1106	
SANTIAGO DEL ESTERO	SE	27,77	64,30	199	IA	32.60	26.13	19.60	41.90	68.2	9.0	436.3	1892	
TUCUMAN AERO	TC	26,83	65,20	420	IIB	29.30	24.47	19.30	38.80	75.7	9.8	735.5	1501	
BASE ESPERANZA	TF	63,40	56,98	8	VI	3.24	0.12	-2.67	12.20	79.7	23.7	201.4	0	
USHUAIA	TF	54,80	68,32	14	VI	13.5	9.32	5.0	23.40	79.5	15.8	143.0	0	

Fuente: Norma IRAM 11603.

ANEXO C: Valores admisibles de Q_{REF} para edificios tipo Casa, Bloque y Torre

Tabla C.1: Valores de Q_{REFadm} (tipo casa), en watt

Volumen (m ³)	Temperatura (°C)										
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
30	1152	1228	1304	1380	1455	1531	1606	1681	1755	1830	1904
50	1551	1654	1756	1859	1960	2063	2164	2266	2367	2469	2570
100	2276	2424	2570	2717	2862	3008	3153	3299	3443	3588	3731
150	2886	3071	3254	3438	3620	3803	3985	4167	4348	4529	4709
200	3436	3654	3871	4088	4303	4520	4734	4950	5164	5379	5591
250	3948	4197	4444	4693	4939	5187	5432	5679	5923	6169	6412
300	4433	4712	4988	5266	5541	5818	6093	6369	6642	6918	7191
350	4897	5204	5508	5814	6117	6423	6725	7030	7331	7635	7936
400	5345	5679	6010	6343	6673	7006	7335	7667	7996	8327	8655
450	5780	6140	6497	6856	7212	7572	7927	8286	8641	8999	9353
500	6203	6589	6971	7356	7738	8123	8504	8889	9269	9653	10034
550	6618	7028	7435	7845	8251	8662	9068	9478	9884	10293	10699
600	7023	7459	7889	8324	8755	9190	9620	10055	10486	10921	11351
650	7422	7881	8336	8795	9249	9708	10163	10622	11077	11537	11992
700	7814	8297	8775	9257	9735	10219	10697	11180	11659	12143	12622
750	8201	8707	9207	9714	10215	10721	11223	11730	12233	12740	13243
800	8583	9111	9634	10163	10687	11217	11742	12273	12798	13330	13856
850	8959	9510	10056	10608	11154	11707	12255	12809	13357	13912	14462
900	9332	9905	10473	11047	11616	12192	12762	13339	13910	14488	15060
950	9700	10296	10885	11482	12073	12671	13263	13863	14457	15058	15653
1000	10065	10682	11293	11912	12525	13145	13760	14382	14998	15622	16240

Tabla C.2: Valores de Q_{REFadm} (tipo bloque), en watt

Volumen (m ³)	Temperatura (°C)										
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1000	19543	20429	21308	22207	23098	24008	24911	25834	26749	27684	28611
1500	27071	28255	29430	30635	31832	33060	34278	35528	36769	38040	39302
2000	34294	35756	37208	38703	40188	41714	43231	44790	46340	47931	49512
2500	41314	43043	44761	46533	48294	50109	51913	53770	55617	57518	59408
3000	48191	50178	52153	54194	56223	58318	60401	62550	64687	66889	69080
3500	54958	57198	59424	61728	64019	66388	68744	71177	73598	76097	78582
4000	61640	64126	66598	69160	71708	74346	76970	79684	82385	85175	87951
4500	68251	70980	73694	76510	79311	82214	85103	88093	91069	94147	97210
5000	74803	77771	80723	83790	86841	90006	93156	96420	99668	103031	106378
5500	81305	84509	87697	91011	94309	97733	101141	104676	108194	111838	115467
6000	87763	91201	94622	98181	101723	105404	109068	112871	116657	120581	124488
6500	94183	97852	101504	105306	109091	113026	116944	121013	125064	129266	133450
7000	100569	104468	108348	112391	116416	120604	124774	129107	133422	137900	142359
7500	106925	111051	115158	119441	123704	128143	132564	137159	141736	146488	151221
8000	113254	117606	121938	126458	130959	135647	140316	145173	150010	155035	160041
8500	119557	124134	128690	133447	138183	143119	148036	153152	158249	163545	168822
9000	125838	130638	135417	140408	145379	150562	155725	161100	166454	172021	177568
9500	132098	137120	142120	147346	152549	157978	163386	169019	174630	180466	186281
10000	138339	143582	148802	154260	159696	165370	171021	176910	182778	188882	194965

Tabla C.3: Valores de Q_{REFadm} (tipo bloque), en watt

Volumen (m ³)	Temperatura (°C)										
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1000	17174	18099	19017	19956	20888	21841	22787	23753	24712	25692	26665
1500	24682	26026	27361	28725	30080	31465	32840	34245	35641	37067	38483
2000	32190	33953	35704	37494	39272	41089	42894	44738	46570	48441	50301
2500	39698	41880	44047	46263	48463	50713	52947	55231	57499	59816	62118
3000	47206	49807	52390	55032	57655	60337	63001	65724	68428	71191	73936
3500	54714	57735	60733	63801	66846	69961	73054	76216	79357	82566	85753
4000	62222	65662	69076	72569	76038	79585	83108	86709	90285	93941	97571
4500	69730	73589	77419	81338	85230	89209	93161	97202	101214	105316	109389
5000	77239	81516	85762	90107	94421	98833	103215	107694	112143	116690	121206
5500	84747	89443	94106	98876	103613	108458	113268	118187	123072	128065	133024
6000	92255	97370	102449	107645	112804	118082	123322	128680	134001	139404	144842
6500	99763	105298	110792	116414	121996	127706	133375	139173	144930	150815	156659
7000	107271	113225	119135	125183	131187	137330	143429	149665	155859	162190	168477
7500	114779	121152	127478	133952	140379	146954	153482	160158	166787	173564	180295
8000	122287	129079	135821	142721	149571	156578	163536	170651	177716	184939	192112
8500	129795	137006	144164	151490	158762	166202	173589	181144	188645	196314	203930
9000	137303	144933	152507	160259	167954	175826	183643	191636	199574	207689	215748
9500	144811	152661	160850	169027	177145	185450	193696	202129	210503	219064	227565
10000	152320	160788	169194	177796	186337	195074	203750	212622	221432	230438	239383

ANEXO D: Datos de radiación solar por zonas bioambientales

Tabla D.1: Valores típicos del índice de claridad atmosférica (Kt) y de radiación solar sobre un plano horizontal para algunas localidades

Zona bioambiental	Localidad	Latitud (grados negativo)	Índice de claridad atmosférica Kt*	Plano horizontal [MJ/m ²]
Ia	Santiago del Estero	27,45	0,51	21,6
Ia	Roque S. Peña	27,00	0,53	22,4
Ia	La Rioja	29,00	0,53	22,5
Ib	Posadas	27,40	0,52	22,0
Ib	Corrientes	27,00	0,57	24,1
Ila	Catamarca	28,45	0,56	23,8
Ilb	Paraná	31,78	0,56	23,9
Ilb	Tucumán	26,83	0,44	18,6
Ilb	Monte Caseros	30,00	0,57	24,3
IIla	Salta	24,85	0,48	20,2
IIla	Córdoba	31,00	0,53	22,6
IIla	San Luis	33,27	0,59	25,2
IIlb	La Plata	34,97	0,56	23,9
IIlb	Aeroparque	34,90	0,5	21,4
IVa	Mendoza	32,83	0,57	24,3
IVb	Malargüe	35,50	0,59	25,2
IVb	Neuquén	38,95	0,59	25,2
IVc	Bahía Blanca	38,73	0,59	25,2
IVc	Necochea	38,00	0,51	21,8
IVc	Viedma	40,00	0,60	25,6
IVd	Mar del Plata	37,93	0,56	24,0

* NOTA: Estos valores medios, corresponden a un día típico de enero.

Tabla D.2: Datos de radiación solar total (directa+difusa+reflejada) para la zona bioambiental "Ia"

Hora	Horizontal	Sur	Sureste	Este	Noreste	Norte	Noroeste	Oeste	Suroeste
6	121	138	293	306	168	49	49	49	49
7	275	170	329	360	247	113	113	112	113
8	419	201	349	393	308	171	171	171	171
9	542	227	354	403	347	222	222	222	222
10	637	261	342	389	361	275	261	261	261
11	697	285	314	351	350	311	285	285	285
12	717	293	293	293	314	323	314	293	293
13	697	285	285	285	285	311	350	351	314
14	637	261	261	261	261	275	361	389	342
15	542	227	222	222	222	222	347	403	354
16	419	201	171	171	171	171	308	393	349
17	275	170	113	112	113	113	247	360	329
18	121	138	49	49	49	49	168	306	293
Radiación total diaria (W/m ²)	6095	2941	3468	3695	3229	2603	3229	3695	3468
Radiación total diaria (MJ/m ² d)	21,94	10,59	12,49	13,3	11,63	9,37	11,63	13,3	12,49

Tabla D.3: Datos de radiación solar total (directa+difusa+reflejada) para la zona bioambiental "Ib"

Hora	Horizontal	Sur	Sureste	Este	Noreste	Norte	Noroeste	Oeste	Suroeste
6	135	175	399	417	219	48	48	48	48
7	307	192	420	466	312	109	109	109	109
8	468	208	422	486	362	166	166	166	166
9	606	222	405	476	394	215	215	215	215
10	712	252	369	437	397	272	252	252	252
11	779	276	317	371	369	312	276	276	276
12	801	284	284	284	314	326	314	284	284
13	779	276	276	276	276	312	369	371	317
14	712	252	252	252	252	272	397	437	369
15	606	222	215	215	215	215	394	476	405
16	468	208	166	166	166	166	362	486	422
17	307	192	109	109	109	109	312	466	420
18	135	175	48	48	48	48	219	417	399
Radiación total diaria (W/m²)	6811	3056	3816	4143	3469	2566	3469	4143	3816
Radiación total diaria (MJ/m²d)	24,52	11	13,74	14,91	12,49	9,24	12,49	14,91	13,74

Tabla D.4: Datos de radiación solar total (directa+difusa+reflejada) para la zona bioambiental "IIa"

Hora	Horizontal	Sur	Sureste	Este	Noreste	Norte	Noroeste	Oeste	Suroeste
6	135	175	399	417	219	48	48	48	48
7	307	192	420	466	312	109	109	109	109
8	468	208	422	486	362	166	166	166	166
9	606	222	405	476	394	215	215	215	215
10	712	252	369	437	397	272	252	252	252
11	779	276	317	371	369	312	276	276	276
12	801	284	284	284	314	326	314	284	284
13	779	276	276	276	276	312	369	371	317
14	712	252	252	252	252	272	397	437	369
15	606	222	215	215	215	215	394	476	405
16	468	208	166	166	166	166	362	486	422
17	307	192	109	109	109	109	312	466	420
18	135	175	48	48	48	48	219	417	399
Radiación total diaria (W/m²)	6811	3056	3816	4143	3469	2566	3469	4143	3816
Radiación total diaria (MJ/m²d)	24,52	11	13,74	14,91	12,49	9,24	12,49	14,91	13,74

Tabla D.5: Datos de radiación solar total (directa+difusa+reflejada) para la zona bioambiental "IIb"

Hora	Horizontal	Sur	Sureste	Este	Noreste	Norte	Noroeste	Oeste	Suroeste
6	113	126	260	271	151	49	49	49	49
7	263	164	300	327	228	112	112	112	112
8	401	199	327	364	289	172	172	172	172
9	521	229	338	380	330	223	223	223	223
10	612	262	334	373	347	272	262	262	262
11	670	287	313	344	341	306	287	287	287
12	690	295	295	295	311	318	311	295	295
13	670	287	287	287	287	306	341	344	313
14	612	262	262	262	262	272	347	373	334
15	521	229	223	223	223	223	330	380	338
16	401	199	172	172	172	172	289	364	327
17	263	164	112	112	112	112	228	327	300
18	113	126	49	49	49	49	151	271	260
Radiación total diaria (W/m²)	5846	2897	3353	3543	3130	2582	3130	3543	3353
Radiación total diaria (MJ/m²d)	21,05	10,43	12,07	12,76	11,27	9,29	11,27	12,76	12,07

Tabla D.6: Datos de radiación solar total (directa+difusa+reflejada) para la zona bioambiental "IIIa"

Hora	Horizontal	Sur	Sureste	Este	Noreste	Norte	Noroeste	Oeste	Suroeste
6	166	189	441	467	252	56	56	56	56
7	334	187	446	509	340	112	112	112	112
8	491	186	431	521	402	165	165	165	165
9	626	210	397	501	434	236	210	210	210
10	729	245	346	450	434	306	245	245	245
11	794	266	282	373	401	351	266	266	266
12	816	274	274	274	339	366	339	274	274
13	794	266	266	266	266	351	401	373	282
14	729	245	245	245	245	306	434	450	346
15	626	210	210	210	210	236	434	501	397
16	491	186	165	165	165	165	402	521	431
17	334	187	112	112	112	112	340	509	446
18	166	189	56	56	56	56	252	467	441
Radiación total diaria (W/m²)	7119	2981	3835	4315	3722	2822	3722	4315	3835
Radiación total diaria (MJ/m²d)	25,63	10,73	13,81	15,54	13,4	10,16	13,4	15,54	13,81

Tabla D.7: Datos de radiación solar total (directa+difusa+reflejada) para la zona bioambiental "IIIb"

Hora	Horizontal	Sur	Sureste	Este	Noreste	Norte	Noroeste	Oeste	Suroeste
6	141	146	370	407	289	51	51	51	51
7	300	151	382	453	367	109	109	109	109
8	449	163	376	472	420	170	163	163	163
9	577	210	353	462	444	259	210	210	210
10	675	245	313	423	438	327	245	245	245
11	736	268	268	360	402	370	268	268	268
12	757	275	275	275	338	384	338	275	275
13	736	268	268	268	268	370	402	360	268
14	675	245	245	245	245	327	438	423	313
15	577	210	210	210	210	259	444	462	353
16	449	163	163	163	163	170	420	472	376
17	300	151	109	109	109	109	367	453	382
18	141	146	51	51	51	51	289	407	370
Radiación total diaria (W/m²)	6523	2749	3519	4040	3825	2963	3825	4040	3519
Radiación total diaria (MJ/m²d)	23,48	9,9	12,67	14,54	13,77	10,67	13,77	14,54	12,67

Tabla D.8: Datos de radiación solar total (directa+difusa+reflejada) para la zona bioambiental "IVa"

Hora	Horizontal	Sur	Sureste	Este	Noreste	Norte	Noroeste	Oeste	Suroeste
6	158	177	403	425	232	56	56	56	56
7	322	183	415	471	317	114	114	114	114
8	474	189	409	488	379	168	168	168	168
9	605	214	384	475	413	235	214	214	214
10	705	250	343	434	417	302	250	250	250
11	768	272	288	368	391	344	272	272	272
12	790	280	280	280	336	359	336	280	280
13	768	272	272	272	272	344	391	368	288
14	705	250	250	250	250	302	417	434	343
15	605	214	214	214	214	235	413	475	384
16	474	189	168	168	168	168	379	488	409
17	322	183	114	114	114	114	317	471	415
18	158	177	56	56	56	56	232	425	403
Radiación total diaria (W/m²)	6875	2974	3742	4165	3620	2801	3620	4165	3742
Radiación total diaria (MJ/m²d)	24,75	10,7	13,47	14,99	13,03	10,08	13,03	14,99	13,47

Tabla D.9: Datos de radiación solar total (directa+difusa+reflejada) para la zona bioambiental "Ivb, Ivc y Ivd"

Hora	Horizontal	Sur	Sureste	Este	Noreste	Norte	Noroeste	Oeste	Suroeste
5	33	202	427	408	157	11	11	11	11
6	190	188	442	475	266	64	64	64	64
7	347	174	438	513	356	116	116	116	116
8	492	165	414	521	420	170	165	165	165
9	618	207	372	498	454	265	207	207	207
10	714	240	315	445	455	339	240	240	240
11	774	260	260	366	423	385	273	260	260
12	795	267	267	267	361	400	361	267	267
13	774	260	260	260	273	385	423	366	260
14	714	240	240	240	240	339	455	445	315
15	618	207	207	207	207	265	454	498	372
16	492	165	165	165	165	170	420	521	414
17	347	174	116	116	116	116	356	513	438
18	190	188	64	64	64	64	266	475	442
19	33	202	11	11	11	11	157	408	427
Radiación total diaria (W/m²)	7131	2993	3842	4419	3922	3106	3922	4419	3842
Radiación total diaria (MJ/m²d)	25,67	10,77	13,83	15,91	14,12	11,18	14,12	15,91	13,83

PLANILLA DE CÁLCULO

CARACTERÍSTICAS DEL PISO					
Longitud		m	Temperatura interior		°C
Ancho		m	Humedad interior		%
Altura		m	Temperatura Exterior		°C
Superficie		m ²	Humedad Interior		%
Volumen		m ³	$\Delta t (t_e - t_i)$		°C
W interior		g /Kg			
W exterior		g /Kg			
$\Delta w (w_e - w_i)$		g /Kg			

i) Carga térmica por conducción a través de la envolvente Q_c					
Nº	Designación y material	área total m ²	K W/m ² .K	Δt °C	q_c W
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
Carga térmica por conducción a través de la envolvente Q_c (i)					

ii) Carga térmica solar Q_s					
<p>Paredes y techos son despreciados frente a otras cargas mayores como las superficies vidriadas cuando estas poseen aislamiento térmico liviano (lana de vidrio, poliestireno expandido o poliuretano expandido).</p> <p>I_s (W/m²) es la irradiación solar sobre el plano. Se consignan valores orientativos o puede usarse el programa Radiac2 (http://www.arquinstal.com.ar/bioclim/radiac2.exe) para calcularlo en cualquier latitud, orientación y pendiente. El programa puede descargarse o ejecutarse desde web. F_{ES} es el factor de exposición solar (Tabla 5)</p>					
Orientación	Plano vidriado	Sup. m ²	Is (W/m ²)	F _{ES}	q _s (W)
Carga térmica solar Q_s (ii)					
TOTAL CALOR SENSIBLE EXTERNO = (i + ii)					

iii) Carga térmica por fuentes internas Q_o	cantidad	Factor	q_o (W)
Ocupantes (cantidad)			
Iluminación (potencia en W)			
Equip 1:			
Equip 2:			
Equip 3:			
Equip 4:			
Equip 5:			
Carga térmica por fuentes internas Q_o (iii)			
iv) Carga térmica por conductos = 4% del interior + exterior			
CARGA TÉRMICA SENSIBLE INTERNA = iii + iv			
v) Carga térmica por ventilación sensible $Q_a = CAR \times 0,25 \times \Delta t$ Donde: CAR = Cantidad Aire Renovar = $= N_{pers} \times \text{caudal aire [m}^3/\text{h /pers]} = __ __ \text{ pers} \times __ \text{ m}^3/\text{h/pers} = __ __ \text{ m}^3/\text{h}$			
CSAext = $__ __ \text{ m}^3/\text{h} \times 0,25 \times __ __ \text{ }^\circ\text{C} =$			
CARGA TOTAL DE CALOR SENSIBLE			W
Carga térmica sensible externa			
Carga térmica sensible interna			
Carga térmica sensible por ventilación			
TOTAL sensible (W)			

CARGA TÉRMICA POR CALOR LATENTE			
vi) Carga térmica por fuentes internas Q_o	Unidad	Coeficiente	W
Ocupantes (cantidad)			
Equip 1:			
Equip 2:			
Equip 3:			
Total Calor Latente interno			
vii) Carga térmica por ventilación latente $Q_a = CAR \times 0,61 \times \Delta w$			W
CLAext = $__ __ \text{ m}^3/\text{h} \times 0,61 \times __ __ \text{ gr/Kg} =$			
CARGA TOTAL DE CALOR LATENTE = vi + vii			W
Carga térmica por fuentes internas			
Carga térmica por ventilación latente			
TOTAL latente (W)			

TOTAL CARGA TÉRMICA DE REFRIGERACIÓN		
TOTAL SENSIBLE		W
TOTAL LATENTE		W
	TOTAL	W
TOTAL en Tn refrigeración = Total (W) / 3480		Tn

CUADRO DE COMPARACIÓN

PISO		%	Posibilidad de reducción carga térmica
Calor Sensible Externo			
Calor Sensible Interno			
Calor Sensible del Aire exterior			
Calor latente interno			
Calor latente externo			
TOTAL		100	

Siguiendo el esquema del presente trabajo práctico calcular la carga térmica de verano para una unidad edilicia asignada por el docente.

En el caso de viviendas verificar el cumplimiento de la Norma IRAM 11659-2 con las figuras y tablas del ANEXO C.

Utilizar la planilla de cálculo adjunta y las copias que necesite para su edificio.