

AUTOR: DOMENICO CARMINO LANDI
ORIENTADOR: PROF. ALUISIO O. MARCONDES FILHO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. ALUISIO O MARCONDES FILHO pela dedicação e orientação prestadas.

ÍNDICE

1- Introdução	1
2- Carga Térmica	3
3- Definição do Sistema de Condicionamento de Ar	20
4- Estudo Psicrométrico de verão	22
5- Condicionadores de Ar (escolha)	25
6- Torre de Resfriamento (escolha)	27
7- Tubulação de água para os Condensadores (Perdas de Carga)	29
8- Bomba de água de Condensação	33
9- Bocas de Insuflamento e Retorno (Seleção)	34
10- Dutos de Ar (Projeto)	38
11- Dutos de Ar (Perdas de carga)	47
Apêndice Tabelas e Gráficos	
Bibliografia	
Desenhos	

AR CONDICIONADO

1- INTRODUÇÃO

Condicionamento de ar é o processo pelo qual são contro lados simultaneamente ou não, a temperatura, umidade, movimen tação e pureza do ar, em recinto fechado.

A função primordial do condicionamento de ar é manter - nos recintos condicionados, condições necessárias ao conforto humano ou a um processo ou produto industrial.

O cálculo da "Carga Térmica" etapa importantíssima para o bom desempenho da instalação é feito em duas etapas:

- Carga térmica de aquecimento (inverno)
- Carga térmica de resfriamento (verão)

O sistema de ar condicionado é composto das seguintes partes:

- 1- Unidade de Compressão- cuja função é aspirar o gás - refrigerante do evaporador e comprimi-lo para o condensador.
- 2- Condensador- dispositivo responsável pela transfe - rência de calor do refrigerante para a água ou ar.
- 3- Torre de Resfriamento- responsável pela transferên - cia de calor da água do condensador para o ar (para o caso de condensador a água).
- 4- Evaporador- dispositivo análogo ao condensador porém de função inversa: muda o refrigerante do estado líquido ao , gasoso retirando calor do ambiente condicionado diretamente, ou indiretamente através de um circuito de água gelada.
- 5- Válvula de Expansão- elemento de diâmetro diminuto ao qual o líquido refrigerante é encaminhado após passar pelo con - densador, indo em direção ao evaporador.
- 6- Ventiladores- responsáveis pela movimentação de ar - que passa pelas serpentinas de resfriamento e vai em direção - ao recinto condicionado.
- 7- Filtros de ar- que mantêm condições de higiene no re - cinto, bem como mantêm limpos serpentinas, grelhas, ventilado - res e paredes.
- 8- Sistema de Aquecimento- geralmente utilizado no inver - no, utilizando-se de elementos de aquecimento resistências elé - tricas, aquecimento por intermediário de vapor de água e circui - tos de água quente.
- 9- Controles- constituem parte essencial numa instalação de ar condicionado.

10- Grades Defletoras- serve para imprimir ao ar a direção desejada impedindo que o ar assim insulflado seja imediatamente aspirado.

11- Dutos de Ar- têm como finalidade levar o ar condicionado ao recinto a ser condicionado. Suas âres transversais dependem da velocidade do ar.

2- CARGA TÉRMICA

Carga Térmica é a quantidade de calor que deve ser introduzida (aquecimento), ou retirada (refrigeração) do recinto a ser condicionado.

As parcelas que compõem a carga térmica, classificam-se, quanto a precedência, em:

- a- externas
- b- internas

São parcelas externas:

- 1- Insolação de calor (irradiação solar) através de superfícies transparentes, semi-opacas e opacas atingidas pelo sol.
- 2- Transmissão de calor através de superfícies transparentes, semi-opacas e opacas constituindo divisórias entre o ambiente condicionado e o exterior, ou entre ele e outros ambientes internos não condicionados, ou ainda condicionados a temperaturas diferentes.
- 3- A parcela de ar exterior de infiltração, ou necessário à ventilação.

São parcelas internas:

- 1- Pessoas existentes no recinto.
- 2- Luzes acesas no recinto.
- 3- Motores, máquinas e equipamentos que desenvolvem calor dentro do recinto.

Sob o ponto de vista de alteração da temperatura ou mudança de fase, as parcelas que compõem a Carga Térmica dividem-se em:

- a- parcela de calor sensível- variação de temperatura.
- b- parcela de calor latente- mudança de fase.

Constituem parcelas de calor sensível:

- 1- As parcelas de Insolação (irradiação solar).
- 2- As parcelas de Transmissão de Calor.
- 3- Luzes, máquinas, motores e equipamentos
- 4- Parte do calor portado por pessoas.
- 5- Parte do calor portado pelo ar exterior.

Constituem parcelas de calor latente:

- 1- Parte do calor portado por pessoas
- 2- Parte do calor portado pelo ar exterior.

Para o cálculo da Carga Térmica, as informações necessárias são as seguintes:

- 1- Localização
- 2- Natureza do recinto: utilização
- 3- Desenhos ou plantas que forneçam as seguintes indicações:

- Orientação
 - Área das paredes
 - Áreas das janelas
 - Áreas dos pisos e tetos.
 - Localização de paredes, pisos, portas e janelas.
 - Localização do ambiente a condicionar em relação ao edifício.
- 4- Natureza dos constituintes das paredes, tetos e pisos
 - 5- Temperatura dos ambientes internos adjacentes.
 - 6- Número de pessoas em cada recinto.
 - 7- Carga de Iluminação e demais aparelhos.
 - 8- Outras fontes possíveis de calor.

O cálculo da Carga Térmica, é sistematizado e facilitado através de folhas de cálculo, como será mostrado a seguir.

Essa folha é de uso geral sendo uma para inverno, e outra para verão.

- ELABORAÇÃO DAS FOLHAS DE CARGA TÉRMICA

Escolha das Condições de Projeto

- Condições externas- Segundo a PNB 10 da ABNT (Tabela 3 pag 2 do apêndice,) as condições externas de verão para São Paulo são:

TBS = 32°C (temperatura Bulbo seco)

TBU = 24°C (temperatura Bulbo úmido)

do diagrama psicrométrico para São Paulo pág do apêndice obtemos:

TO = 21°C (temperatura orvalho)

UA_E = 17,4g vapor/kg ar (Umidade ABS-Externa).

Condições de Conforto.

Da tabela 1 da PNB 10 pág 1 do apêndice tiramos as condições de conforto para verão:

TBS = 24°C

UR = 50°C (Umidade Relativa)

do diagrama psicrométrico para São Paulo pág do apêndice tiramos:

UA_i = 10,2g vapor/kg ar (Umidade ABS Interna).

PARCELAS PARA CARGA TÉRMICA

A carga térmica é calculada normalmente para o horário de pico, ou seja, horário em que o ganho de calor é máximo.

Para o nosso caso o horário de pico ocorre às 15:00 h do mês de fevereiro.

Os itens que contribuem para a carga térmica, bem como a maneira de calculá-los serão vistos a seguir.

a) Insolação através de vidros

Para o caso, a única face com vidros que sofrerá insolação será a face oeste.

O calor ganho por insolação é dado por:

$$Q = A \times G \times f \times f_a$$

onde: A = área do vidro (m^2)

G = ganho solar ($\frac{Kcal}{hm^2}$)

f = fator de sombreamento

f_a = armazenamento da estrutura

Da TAB 15 pág 1-39 da REF 1 ou pág.3 do apêndice tiramos para o mês de fevereiro 16:hs

$G = 447 Kcal/hm^2$ (face oeste)

f = fator de sombreamento

- devido ao caixilho de aço: multiplicar por 1,17.
- devido à altitude (± 800 m para São Paulo) adicionar 0,7% para cada 300m.
- devido ao ponto de orvalho ($21^\circ C$) adicionar 14% para cada $10^\circ C$ acima de $19,5^\circ C$.

Portanto a correção será:

$$f = 1,17 \times 1,019 \times (1 - 0,021) = 1,17$$

fator de armazenamento (f_a)

Da TAB 9 pág 1-26 da REF 1 ou pág 9 do apêndice tiramos o valor de (f_a) que é da ordem de 0,7

$$f_a = 0,7$$

b- Insolação e Transmissão através de Paredes

O calor transmitido pelas paredes é dado por:

$$Q = U.A. \Delta T_e$$

onde: U = coeficiente de transmissão de calor ($\frac{Kcal}{hm^2 C}$)

A = área da parede (m^2)

ΔT_e = Diferença de temperatura equivalente

As paredes externas são constituídas de 1 tijolo de 20cm com 1,2cm de reboco nas faces interna e externa.

O coeficiente de transmissão de calor será:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_e} + \frac{\sum \Delta x_i}{k_i} + \frac{1}{h_i}$$

h_e = coeficiente de película externo

h_i = coeficiente de película interno

Δx_i = espessura do elemento i

k_i = condutibilidade térmica do elemento i

$$\log \frac{1}{U} = \frac{1}{20} + \frac{2 \times 0,012}{0,62} + \frac{0,2}{0,62} + \frac{1}{7}$$

$$\frac{1}{U} = 0,554 \quad U = 1,81 \quad \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

para paredes externas

As paredes internas são constituídas de madeira de 3cm de espessura.

Portanto o coeficiente de transmissão será

$$\frac{1}{U} = \frac{2}{h_i} + \frac{\Delta x}{k}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{2}{7} + \frac{0,03}{1,4} = 0,307$$

$$U = 3,26 \quad \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

Da TAB 19 pág 1-56 da REF 1 ou pág 4 do apêndice tira - mos as diferenças de temperatura equivalente para as várias - faces no horário desejado 16:00hs.

$$\Delta T_e = 10^\circ\text{C} \text{ (face leste)}$$

$$\Delta T_e = 6,7^\circ\text{C} \text{ (face oeste)}$$

$$\Delta T_e = 5,5^\circ\text{C} \text{ (face norte)}$$

$$\Delta T_e = 1,1^\circ\text{C} \text{ (face sul)}$$

Da TAB 20 A pág 1-57 da REF 1 ou pag 5 do apêndice tiramos o fator de correção para as diferenças de temperatura equivalente.

Considerando 11°C de variação da temperatura exterior em 24 horas teremos:

$$f = 0 \text{ (não há o que corrigir).}$$

c- Insolação e Transmissão através do Telhado

O calor transmitido pelo telhado é dado por:

$$Q = U \times A_x \Delta T_e$$

A = área projetada (m^2)

U = coeficiente de transmissão $\frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^2^\circ\text{C}}$

ΔT_e = diferença de temperatura equivalente.

O coeficiente de transmissão será:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_e} + \frac{\sum \Delta x_i}{K_i} + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{C}$$

onde C é a condutância de ar $C \approx 5,5 \text{ Kcal/hm}^2^\circ\text{C}$

$$\text{logo } \frac{1}{U} = \frac{1}{20} + \frac{0,008}{0,5} + \frac{0,04}{0,63} + \frac{1}{7} + \frac{1}{5,5}$$

$$\frac{1}{U} = 0,430$$

$$U = 2,33 \frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^2^\circ\text{C}}$$

Da Tab 20 pág 1-57 da Ref 1 ou pág 5 do apêndice tira - mos a diferença de temperatura equivalente para o telhado.

$$\Delta T_e = 21,1^{\circ}\text{C}$$

Como no caso de transmissão pelas paredes não haverá, - aqui, correção para ΔT_e , pois o fator de correção é zero.

d- Transmissão pelo Vidro

A transmissão pelo vidro será calculada por:

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

onde: U = coeficiente de transmissão $\frac{\text{Kcal}}{\text{hm}^2^{\circ}\text{C}}$

A = área do vidro (m^2)

ΔT_e = diferença de temperatura

O coeficiente de transmissão para o vidro externo será:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_e} + \frac{\Delta x}{K} + \frac{1}{h_i}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{20} + \frac{0,005}{0,62} + \frac{1}{7}$$

$$U = 4,98 \text{ Kcal/hm}^2^{\circ}\text{C}.$$

O coeficiente de transmissão para o vidro interno será admitido igual ao externo.

Como não existe uma tabela de diferença de temperatura equivalente para o vidro, tomaremos tanto para vidro interno como externo a diferença de temperatura seca.

logo

$$\Delta T = TBS_E - TBS_I$$

$$\Delta T = 32 - 24$$

$$\Delta T = 8^{\circ}\text{C}$$

e- Transmissão pelo Piso

Também é dada por $Q = UA\Delta T$

Da Tab.30 pág 1-67 da Ref. 1 ou pág 6 do apêndice tiramos

$$U = 0,88 \text{ Kcal/hm}^2)^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = (TBS_E - TBS_I - 3) ^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 32 - 24 - 3 = 5^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 5^{\circ}\text{C}$$

f- Calor Liberado pelas Lâmpadas

A iluminação é constituída por lâmpadas fluorescentes.

Da Tab. 48 pág 1-95 Ref. 1 tiramos:

<u>Tipo</u>	<u>Calor Sensível</u>
fluorescente	potência útil (watts) x 1,25 x 0,86
incandescente	potência útil (watts) x 0,86

Portanto

$$Q = n^{\circ} \text{ lâmpadas} \times \frac{\text{watts}}{\text{lâmpada}} \times 1,25 \times 0,86$$

g- Calor Liberado por Pessoas

Da Tab.48 pág 1-94 Ref. 1 ou pág 7 do apêndice tiramos para a aplicação em questão:

$$\text{Calor Sensível} = N^{\circ} \text{ pessoas} \times 61$$

$$\text{Calor Latente} = N^{\circ} \text{ pessoas} \times 52$$

h- Calor Proveniente do ar exterior

A Tab. 5 do PNB 10 Pag. 2 do apêndice nos fornece que a renovação de ar, pra escritórios, é de $25\text{m}^3/\text{h}$ pessoa. Ou - $25 \times 1,06\text{kg}/\text{h}$ pessoa

O calor sensível é dado por:

$$Q_{\text{sens}} = N^{\circ} \text{ Pessoas} \times \text{Mar} \times \Delta T_S \times 0,30 \times 1,06$$

O calor latente é dado por

$$Q_{\text{lat}} = n^{\circ} \text{ pessoas} \times \text{Mar} \times \Delta U_A \times 0,72 \times 1,06$$

Onde: Mar = vazão de ar por hora e por pessoa

ΔT_S = diferença de temperatura seca (8°C)

ΔU_A = diferença de umidade absoluta

$$\Delta U_A = U_A - U_{A_I} = 17,4 - 10,2 = 7,2 \frac{\text{g vapor}}{\text{Kg ar-seco}}$$

Portanto:

$$Q_{\text{sens}} = N^{\circ} \text{ pessoas} \times 25 \times 8 \times 0,30$$

$$Q_{\text{lat}} = N^{\circ} \text{ pessoas} \times 25 \times 7,2 \times 0,72$$

i- Infiltrações

Neste caso não teremos infiltrações pelas portas, pois estas são internas. Ficamos portanto somente com as infiltrações através do método das frestas PNB-10 Tab 6A, pág 2 do - apêndice.

Consideraremos o comprimento das frestas igual ao comprimento das janelas.

Da tabela 6A tiramos a infiltração como sendo:

$3 \text{ m}^3/\text{h}$ por metro de fresta da janela

Como as janelas tem o mesmo comprimento, 6m a vazão de ar infiltrada dependerá apenas do número de janelas de cada ambiente.

Portanto $M_i = N^\circ \text{ janelas} \times 3 \times 6 \text{ (m}^3/\text{h)}$
 ou $\dot{M}_i = N^\circ \text{ janelas} \times 3 \times 6 \times 1,06 \text{ (kg/h)}$

$M_i = n^\circ \text{ de Janelas} \times 18 \text{ (Vazão de ar infiltrada)}$

O calor transmitido à sala pelo ar infiltrado será calculado como no caso do ar exterior para renovação. Portanto teremos duas parcelas, uma sensível outra latente.

$Q_{\text{sens}} = N^\circ \text{ janeals} \times 18 \times 8 \times 0,30 \times 1,06$

$Q_{\text{lat}} = N^\circ \text{ janelas} \times 18 \times 7,2 \times 0,72 \times 1,06$

Todos os itens até aqui calculados devem ser colocados ordenadamente em uma ficha de carga térmica, facilitando assim o cálculo.

A Cada ambiente correspondera uma ficha sendo que os itens nela contidos dependerão da posição do ambiente condicionado em relação ao edifício.

FICHA PARA CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA
 AMBIENTE CHEFIA DE USINAGEM

(Fevereiro 16:00h)

CALOR SENSÍVEL INTERNO

ELEMENTO	ÁREA (m ²)	GANHO SOLAR Kcal/hm ² ou Δ T (°C)	U (Kcal/hm ²) ou f(fator)	TOTAL
VIDRO INSOL. N S L O	9,0	447 x 0,7	1,17	3296
VIDRO TRANS. N S L O	9,6 9,0	8,0 8,0	4,98 4,98	382 359
PAREDES INSOL.E N S L O	25,6 16,0 13,6	5,5 6,7 10,0	1,81 3,26 1,81	255 349 246
TELHADO INSOL.E TRANS.				
PISO TRANS.	66,4	5,0	0,88	292
LUZES	$\frac{16}{n^{\circ}\text{Lamp}} \times \frac{40}{\text{watts/lamp}} \times 1,25 \times 0,86$			688
PESSOAS SENSIV.	$\frac{10}{n^{\circ}\text{pessoas}} \times 61$			610
INFILTR. SENSIV.	$\frac{1}{n^{\circ}\text{janelas}} \times 18 \times 8 \times 0,30 \times 1,06$			43
TOTAL DO CALOR SENSÍVEL INTERNO				6520

CALOR LATENTE INTERNO

PESSOAS LATENTE	$\frac{10}{n^{\circ}\text{pessoas}} \times 52$	520
INFILTR. LTENTE	$\frac{1}{n^{\circ}\text{janelas}} \times 18 \times 7,2 \times 0,72 \times 1,06$	93
TOTAL DO CALOR LATENTE INTERNO		613
AR EXTER. SENSIVEL	$\frac{10}{n^{\circ}\text{pessoas}} \times 25 \times 8 \times 0,3 \times 1,06$	600
AR EXTERNO LATENTE	$\frac{10}{n^{\circ}\text{pessoas}} \times 25 \times 7,2 \times 0,72 \times 1,06$	1296
TOTAL DA CARGA TÉRMICA		9029

MULTIPLICADOR "M" PARA ESTUDO PSICROMÉTRICO

$$M = \frac{Q_{LI} + Q_{SI}}{Q_{SI}} = \frac{613 + 6520}{6520} = 1,09$$

FICHA PARA CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA
 AMBIENTE ARQUIVO GERAL

(Fevereiro 16:00h)

CALOR SENSÍVEL INTERNO

ELEMENTO	ÁREA (m ²)	GANHO SOLAR (Kcal/hm ²) ou ΔT (°C)	U (Kcal/hm ²) ou f (fator)	TOTAL
VIDRO N INSOL. S L O	9,0	447 x 0,7	1,17	3296
VIDRO N TRANS. S L O	9,6 9,0	8,0 8,0	4,98 4,98	386 359
PAREDES N INSOL.e S TRANS. L O	16,0 13,6	6,7 10,0	3,26 1,81	349 246
TELHADO INS. TRANS.				
PISO TRANSM.	66,4	5,0	0,88	292
LUZES	$\frac{16}{n^\circ \text{Lamp}} \times \frac{40}{\text{watts/lamp}} \times 1,25 \times 0,86$			688
PESSOAS SENSIV.	$\frac{10}{n^\circ \text{Pessoas}} \times 61$			610
INFILTR. SENSIV.	$\frac{1}{n^\circ \text{janelas}} \times 18 \times 8 \times 0,30 \times 1,06$			43
TOTAL DO CALOR SENSÍVEL INTERNO				6269

CALOR LATENTE INTERNO

PESSOAS LATENTE	$\frac{10}{N^{\circ} \text{pessoas}} \times 52$	520
INFILT. LATENTE	$\frac{1}{n^{\circ} \text{janelas}} \times 18 \times 7,2 \times 0,72 \times 1,06$	93
TOTAL DO CALOR LATENTE INTERNO		613
AR EXTER. SENSIVEL	$\frac{10}{n^{\circ} \text{pessoas}} \times 25 \times 8 \times 0,3 \times 1,06$	600
AR EXTER. LATENTE	$\frac{10}{n^{\circ} \text{pessoas}} \times 25 \times 7,2 \times 0,72 \times 1,06$	1296
TOTAL DA CARGA TÉRMICA		877

MULTIPLICADOR "m" PARA ESTUDO PSICROMÉTRICO

$$m = \frac{Q_{LI} + Q_{SI}}{Q_{SI}} = \frac{613 + 6269}{6269} = 1,10$$

FICHA PARA CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA
 AMBIENTE PLANEJAMENTO USINAGEM

(Fevereiro 16:00h)

CALOR SENSÍVEL INTERNO

ELEMENTO	ÁREA (m ²)	GANHO SOLAR (Kcal/hm ²) ou ΔT (°C)	U (Kcal/hm ²) ou f (fator)	TOTAL
VIDRO N INSOL. S L O	27,0	447 x 0,7	1,17	9888
VIDRO N TRANSM. S L O	28,8 27,0	8,0 8,0	4,98 4,98	1147 1076
PARED. N INSOL. S L O	48,0 40,8	6,7 10,0	3,26 1,81	1048 738
TELHAD. INS+ TRANS.				
PISO TRANSM.	199,2	5,0	0,88	877
LUZES	$\frac{48}{n^{\circ} \text{lamp}} \quad \frac{40}{\text{watts/lamp}} = 1,25 \times 0,86$			2064
PESSOAS SENSIV.	$\frac{33}{n^{\circ} \text{pessoas}} \times 61$			2013
INFILTR. SENSIV.	$\frac{3}{n^{\circ} \text{janelas}} \times 18 \times 8 \times 0,3 \times 1,06$			130
TOTAL DO CALOR SENSÍVEL INTERNO				18981

CALOR LATENTE INTERNO

PESSOAS LATENTE	$\frac{33}{n^{\circ} \text{ pessoas}} \times 52$	1716
INFILTR. LATENTE	$\frac{3}{n^{\circ} \text{ janelas}} \times 18 \times 7,2 \times 0,72 \times 1,06$	280
	TOTAL DO CALOR LATENTE INTERNO	1996
AR EXTER SENSIVEL	$\frac{33}{n^{\circ} \text{ pessoas}} \times 25 \times 8 \times 0,3 \times 1,06$	1980
AR EXTER. LATENTE	$\frac{33}{n^{\circ} \text{ pessoas}} \times 25 \times 7,2 \times 0,72 \times 1,06$	4277
	TOTAL DA CARGA TÉRMICA	27234

MULTIPLICADOR "m" PARA ESTUDO PSICROMÉTRICO

$$m = \frac{QLI + QSI}{QSI} = \frac{1996 + 1891}{18981} = 1,11$$

FICHA PARA CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA
AMBIENTE PROCESSOS USINAGEM

(Fevereiro 16:00h)

CALOR SENSIVEL INTERNO				
ELEMENTO	ÁREA (m ²)	GANHO SOLAR (Kcal/hm ²) ou ΔT (°C)	U (Kcal/hm ² °C) ou f (fator)	TOTAL
VIDRO N INSOL. S L Ø	18,00	447x 0,7	1,17	6592
VIDRO N TRANS. S L O	19,2 18,0	8,0 8,0	4,98 4,98	764 717
PARED. N INSOL. S TRANS. L O	25,6 32,0 27,2	1,1 6,7 10,0	1,81 3,26 1,81	51 699 492
TELHA. INS.+ TRANS.				
PISO TRANS.	132,8	5,0	0,88	584
LUZES	$\frac{32}{n^{\circ}\text{lamp}} \times \frac{40}{\text{watts/lamp}} \times 1,25 \times 0,86$			1376
PESSOAS SENSIV.	$\frac{22}{n^{\circ}\text{pessoas}} \times 61$			1342
INFILT. SENSIV.	$\frac{2}{n^{\circ}\text{janelas}} \times 18 \times 8 \times 0,3 \times 1,06$			86
TOTAL DO CALOR SENSIVEL INTERNO				12703
CALOR LATENTE INTERNO				
PESSOAS LATENTE	$\frac{22}{n^{\circ}\text{pessoas}} \times 52$			1144
INFILTR. LATENTE	$\frac{2}{n^{\circ}\text{Janelas}} \times 18 \times 7,2 \times 0,72 \times 1,06$			190
TOTAL DO CALOR LATENTE INTERNO				1334
AR EXTERNO SENSIVEL	$\frac{22}{n^{\circ}\text{pessoas}} \times 25 \times 8 \times 0,3 \times 1,06$			1320
AR EXTERNO LATENTE	$\frac{22}{N^{\circ}\text{pessoas}} \times 25 \times 7,2 \times 0,72 \times 1,06$			2851
TOTAL DA CARGA TÉRMICA				18208

MULTIPLICADOR "m" para estudo Psicrométrico

$$m = \frac{Q_{LI} + Q_{SI}}{Q_{SI}} = \frac{1334 + 12703}{12703} = 1,11$$

FICHA PARA CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA
 AMBIENTE CHEFIA DE CALDERARIA

(Fevereiro 16:00h)

CALOR SENSIVEL INTERNO				
ELEMENTO	ÁREA (m ²)	GANHO SOLAR (Kcal/hm ²) ou ΔT (°C)	U (Kcal/hm ² °C) ou f (fator)	TOTAL
VIDRO N INSOL. S L O	9,0	447 x 0,7	1,17	3296
VIDRO N TRANS. S L O	9,6 9,0	8,0 8,0	4,98 4,98	382 359
PAREDES N INSOL. E S TRANS. L O	25,6 16,0 13,6	5,5 6,7 10,0	1,81 3,26 1,81	255 349 246
TELHADO INS+TRAS	66,4	21,1	2,33	3264
PISO TRANSM.				
LUZES	$\frac{16}{n^{\circ} \text{lamp.}} \times \frac{40}{\text{watts/lamp}} = 1,25 \times 0,86$			688
PESSOAS SENSIV	$\frac{10}{n^{\circ} \text{pessoas}} \times 61$			610
INFILTR. SENSIV.	$\frac{1}{n^{\circ} \text{janelas}} \times 18 \times 8 \times 0,30 \times 1,06$			43
TOTAL DO CALOR SENSIVEL INTERNO				9492
CALOR LATENTE INTERNO				
PESSOAS LATENTE	$\frac{10}{n^{\circ} \text{pessoas}} \times 52$			520
INFILTR. LATENTE	$\frac{1}{n^{\circ} \text{janelas}} \times 18 \times 7,2 \times 0,72 \times 1,06$			93
TOTAL DO CALOR LATENTE INTERNO				613
AR EXTER. SENSIVEL	$\frac{10}{n^{\circ} \text{pessoas}} \times 25 \times 8 \times 0,3 \times 1,06$			600
AR EXTER. LATENTE	$\frac{10}{n^{\circ} \text{pessoas}} \times 25 \times 7,2 \times 0,72 \times 1,06$			1296
TOTAL DA CARGA TÉRMICA				12001

MULTIPLICADOR "m" PARA ESTUDO PSICROMÉTRICO

$$m = \frac{QLI + QSI}{QSI} = \frac{613 + 9492}{9492} = 1,06$$

FICHA PARA CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA

AMBIENTE PLANEJAMENTO CALDERARIA

(Fevereiro 16:00h)

CALOR SENSÍVEL INTERNO

ELEMENTO	ÁREA (m ²)	GANHO SOLAR (Kcal/hm ²) ou ΔT (°C)	U (Kcal/hm ² °C) ou f (fator)	TOTAL
VIDRO INSOL. N S L O	27,0	447 x 0,7	1,17	9888
VIDRO TRANS. N S L O	28,8 27,0	8,0 8,0	4,98 4,98	1147 1076
PAREDES INSOL. E TRANSM. N S L O	48,0 40,8	6,7 10,0	3,26 1,81	1048 738
TELHADO INS+TRAS	199,2	21,1	2,33	9793
PISO TRANSM.				
LUZES	$\frac{48}{n^{\circ} \text{lamp}}$	$\frac{40}{\text{watts/lam}}$	x 1,25 x 0,86	2064
PESSOAS SENSIV.	$\frac{33}{n^{\circ} \text{pessoas}}$	x 61		2013
INFILTR. SENSIV.	$\frac{3}{n^{\circ} \text{janelas}}$	x 18 x 8 x 0,30 x 1,06		130
TOTAL DO CALOR SENSÍVEL INTERNO				27898

CALOR LATENTE INTERNO

PESSOAS LATENTE	$\frac{33}{n^{\circ} \text{ pessoas}} \times 52$	1716
INFILTR LATENTE	$\frac{3}{n^{\circ} \text{ janelas}} \times 18 \times 7,2 \times 0,72 \times 1,06$	280
TOTAL DO CALOR LATENTE INTERNO		1996
AR EXTERNO SENSIVEL	$\frac{33}{n^{\circ} \text{ pessoas}} \times 25 \times 8 \times 0,3 \times 1,06$	1980
AR EXTERNO LATENTE	$\frac{33}{N^{\circ} \text{ pessoas}} \times 25 \times 7,2 \times 0,72 \times 10,6$	4277
TOTAL DA CARGA TERMICA		36151

MULTIPLICADOR "m" PARA ESTUDO PSICROMÉTRICO

$$m = \frac{Q_{LI} + Q_{SI}}{Q_{SI}} = \frac{1996 + 27898}{27898} = 1,07$$

FICHA PARA CALCULO DE CARGA TERMICA
 AMBIENTE PROCESSOS DE CALDERARIA

(Fevereiro 16:00h)

CALOR SENSIVEL INTERNO				
ELEMENTO	ÁREA (_m ²)	GANHO SOLAR (Kcal/hm ²) ou ΔT (°C)	U (Kcal/hm ²) ou f (fator)	TOTAL
VIDRO INSOL. N S L O	27,0	447x0,7	1,17	9888
VIDRO TRANS. N S L O	28,8 27,0	8,0 8,0	4,98 4,98	1147 1076
PAREDES INSOL. E N S L O	25,6 48,0 40,8	1,1 6,7 10,0	1,81 3,26 1,81	51 1048 738
TELHADO INS+ TRANS.	199,2	21,1	2,33	9793
PISO TRANSM.				
LUZES	$\frac{48}{n^{\circ} \text{lamp}} \times \frac{40}{\text{watts/lamp}} \times 1,25 \times 0,86$			2064
PESSOAS SENSIV:	$\frac{33}{n^{\circ} \text{pessoas}} \times 61$			2013
INFILTR SENSIV.	$\frac{3}{n^{\circ} \text{janelas}} \times 18 \times 8 \times 0,30 \times 1,06$			130
TOTAL DO CALOR SENSIVEL INTERNO				27948
calor latente interno				
PESSOAS LATENTE	$\frac{33}{n^{\circ} \text{pessoas}} \times 52$			1716
INFILTR LATENTE	$\frac{3}{n^{\circ} \text{janelas}} \times 18 \times 7,2 \times 0,72 \times 1,06$			280
TOTAL DO CALOR LATENTE INTERNO				1996
AR EXT. SENSIVEL	$\frac{33}{n^{\circ} \text{pessoas}} \times 25 \times 8 \times 0,3 \times 1,06$			1980
AR EXTER. LATENTE	$\frac{33}{n^{\circ} \text{pessoas}} \times 25 \times 7,2 \times 0,72 \times 1,06$			4277
TOTAL DA CARGA TÉRMICA				36201

MULTIPLICADOR "m" PARA ESTUDO PSICROMÉTRICO

$$m = \frac{Q_{LI} + Q_{SI}}{Q_{SI}} = \frac{1996 + 27948}{27948} = 1,07$$

3- DEFINIÇÃO DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

A definição do sistema de condicionamento é feita de acordo com os valores das cargas térmicas.

Portanto convém aqui, fazer um resumo das cargas.

AMBIENTE (Pavimento)	CARGA TÉRMICA	MULTIPLICADOR
chefia usinagem(1)	9029 (3,0TR)	1,09
Arquivo Geral (1)	8778 (2,9TR)	1,10
Planejamento Usinagem(1)	27234 (0,1TR)	1,11
Processos Usinagem (1)	18208 (6,1TR)	1,11
Chefia Calderaria (2)	12001 (4,0TR)	1,06
Planejamento Calderaria (2)	36151 (12,1TR)	1,07
Processo Calderaria (2)	36201 (12,1TR)	1,07
Total	147602 Kcal=49TR	

Dividiremos os ambientes em zonas de condicionamento e usaremos sistema individual para atender cada zona. Neste caso os condicionadores serão dispostos na própria zona condicionada junto a uma parede externa ou então em um local isolado denominado "casa de máquinas" próximo ao ambiente a condicionar.

Quanto ao modo de utilização do agente frigorífico, utilizaremos um sistema de expansão direta(1). Self-Contained(2)

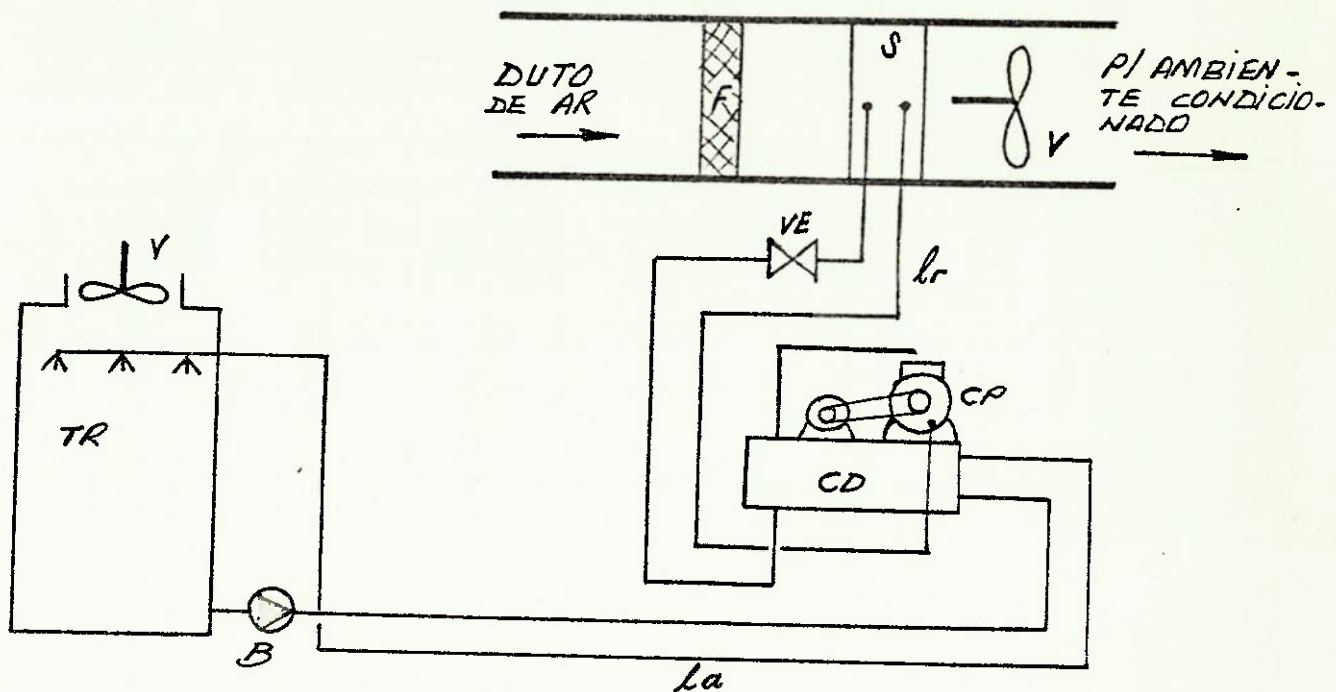
(1) Entende-se por sistema de expansão direta um sistema em que o agente frigorífico evapora-se dentro da serpentina resfriadora de ar.

(2) Self-Contained- Unidade que traz incorporada a si mesma todos os componentes exceto dutos de ar e tubulações de água.

As zonas de condicionamento serão divididos da seguinte forma:

- Zona 1- Arquivo Geral e Chefia Usinagem
- Zona 2- Planejamento de Usinagem
- Zona 3- Processos de Usinagem
- Zona 4- Chefia de Calderaria
- Zona 5- Planejamento Calderaria e Processos Calderaria.

Esquema do Sistema de Condicionamento de Ar.



TR = torre de resfriamento

B= bomba de água

la = linha de água

lr= linha de refrigerante

CD = Condensador

CP= Compressor

VE= Válvula de expansão

S = Serpentina de resfriamento ou evaporador

F = Filtro de ar

V = Ventilador

Sistema
Self-Contai
ned.

4- ESTUDO PSICROMÉTRICO DE VERÃO

Como já vimos no item anterior, o prédio foi dividido - em zonas de condicionamento. Portanto será feito um estudo - psicrométrico para cada zona.

Os diagramas psicrométricos referentes a cada zona podem ser vistos no apêndice.

Zona 1- Arquivo Geral + Chefia Usinagem

ME = $500 \text{ m}^3/\text{h}$ (ar para renovação)

M = 1,10

ts = 24°C (temperatura seca de sola)

qs = $6520 + 6269 = 12789 \text{ Kcal/h}$ (calor sensível interno)

tE = 32°C (temperatura seca exterior)

Do diagrama psicrométrico 1 pag 9 do apêndice tiramos a temperatura que o ar deve ser insuflado na sala "TI".

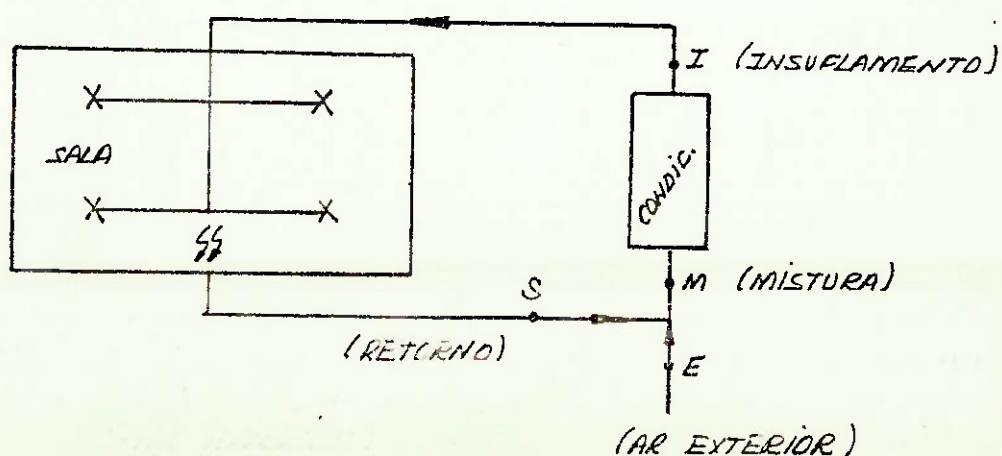
$$tI = 14,2^\circ\text{C}$$

A difusão, portanto, será $D = TS - TI = 24 - 14,2 = 9,8^\circ\text{C}$

A vazão de ar necessária será:

$$MI = \frac{qS}{0,24 \times D} = \frac{12789}{0,24 \times 9,8} = 5438 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Esta vazão corresponde à soma de duas vazões: a vazão de ar para renovação (ar exterior), mais a vazão de ar de retorno, como no esquema abaixo



Devemos agora calcular a vazão de ar de retorno.
Sabemos que:

$$MI = MM = MS + ME$$

$$ME = \frac{500 \text{ (m}^3\text{/h)}}{0,865 \text{ (m}^3\text{/kg)}} \quad ; E = 578 \text{ kg/h}$$

$$\text{Portanto } MS = 5438 - 578 \quad MS = 4860 \text{ kg/h}$$

Para cálculo da temperatura do ponto M, ponto de mistura do ar de retorno com o ar exterior, deveremos fazer um balanço térmico no volume de controle esquematizado anteriormente.

teremos

$$MM \times t_M = MS \times T_S + ME \times T_E$$

$$5438 \times T_M = 4860 \times 24 + 578 \times 32 \quad \underline{\underline{T_M = 24,9^\circ\text{C}}}$$

Zona nº 2 - Planejamento de Usinagem

$$ME = 825 \text{ m}^3\text{/h ou } 954 \text{ kg/h}$$

$$M = 1,11$$

$$T_S = 24^\circ\text{C}$$

$$Q_S = 18981 \text{ Kcal/h}$$

$$T_E = 32^\circ\text{C}$$

Analogamento do Diagrama psicrométrico 2 (pag 10 do apêndice)
psicrométrico 2 $T_I = 14,2^\circ\text{C}$.

$$D = 24 - 14,2 = 9,8^\circ\text{C}$$

$$MI = \frac{18981}{0,24 \times 9,8}$$

$$MI = 8070 \text{ kg/h}$$

$$MS = 8070 - 954 \quad MS = 7116 \text{ kg/h}$$

$$T_M = \frac{7116 \times 24 + 954 \times 32}{8070}$$

$$T_M = 24,9^\circ\text{C}$$

Zona Nº 3 - Processos de Usinagem

$$ME = 550 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 636 \text{ Kg/h}$$

$$M = 1,11$$

$$TS = 24^\circ\text{C}$$

$$QS = 12703 \text{ Kcal/h}$$

$$TE = 32^\circ\text{C}$$

Do diagrama 3 (pag 11 do apêndice) $TI = 14,2^\circ\text{C}$

$$D = 24 - 14,2 = 9,8^\circ\text{C}$$

$$MI = \frac{12703}{0,24 \times 9,8}$$

$$MI = 5400 \text{ Kg/h}$$

$$MS = 5400 - 636 \quad MS = 4764 \text{ Kg/h}$$

$$TM = \frac{4764 \times 24 + 636 \times 32}{5400}$$

$$TM = 24,9^\circ\text{C}$$

Zona nº 4- Chefia de Calderaria

$$ME = 250 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 289 \text{ kg/h}$$

$$M = 1,06$$

$$TS = 24^\circ\text{C}$$

$$QS = 9492 \text{ Kcal/h}$$

$$TE = 32^\circ\text{C}$$

Do diagrama nº 4 (pag. 12 do apêndice) $TI = 14,5^\circ\text{C}$

$$D = 24 - 14,5 = 9,5^\circ\text{C}$$

$$MI = \frac{9492}{0,24 \times 9,5}$$

$$MI = 4163 \text{ Kg/h}$$

$$MS = 4163 - 289 \quad MS = 3874 \text{ Kg/h}$$

$$TM = \frac{3874 \times 24 + 289 \times 32}{4163}$$

$$TM = 24,6^\circ\text{C}$$

Zona nº 5 Planejamento de Calderaria + Processos Calderaria

$$ME = 1650 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 1908 \text{ Kg/h}$$

$$M = 1,07$$

$$TS = 24^\circ\text{C}$$

$$QS = 55846 \text{ Kcal/h}$$

$$TE = 32^\circ\text{C}$$

Do diagrama 5 (pag 12 do apêndice)

$$D = 24 - 14,4 = 9,6^\circ\text{C}$$

$$MI = \frac{55846}{0,24 \times 9,6}$$

$$MI = 24240 \text{ Kg/h}$$

$$MS = 24240 - 1908 \quad MS = 22332 \text{ Kg/h}$$

$$TM = \frac{22332 \times 24 + 1908 \times 32}{24240}$$

$$TM = 24,6^\circ\text{C}$$

5- ESCOLHA DOS CONDICIONADORES DE AR

Serão utilizadas condicionadores compactos com condensadores resfriados à água da linha Coldex Trane.

Zona nº 1 (Chefia de Usinagem + Arquivo Geral)

Carga Térmica Total. 5,9 TR

Portanto será utilizada a máquina da COLDEX TRANE modelo 7,5- TVA- H (Condicionador nº 1).

Características principais do modelo 7,5 - TVA- H

Capacidade nominal 7,5 TR

Vazão de água no condensador- $6,7 \text{ m}^3/\text{h}$

Queda de pressão no condensador- 3,9 MCA

Dimensões externas- compxlargx alt- 1050x750x1850.

Zona nº 2 (Planejamento de Usinagem)

Carga Térmica Total- 9,1 TR

Será utilizada a máquina de COLDEX TRANE modelo 10-TVA-2H(condicionador nº 2)

Características principais do modelo 10-TVA-2H

Capacidade Nomina. - 10TR

Vazão de água no condensador- $8,2 \text{ m}^3/\text{h}$

Queda de pressão no condensador- 7,2 MCA

Dimensões externas- comp x larg x alt- 1500 x 700 x 1850

Zona nº 3 (Processos de Usinagem)

Carga Térmica Total = 6,1 TR

Será utilizada a máquina da COLDEX TRANE modelo 7,5- TVA-H(condicionador nº3).

Características principais do modelo 7,5 TVA-H

Capacidade Nominal - 7,5 TR

Vazão de água no condensador- $6,7 \text{ m}^3/\text{h}$

Queda de pressão no condensador- 3,9 MCA

Dimensões externas- comp.x.larg.x.alt.-1050 x 750 x 1850

Zona Nº 4 (Chefia de Calderaria)

Carga Térmica Total- 4 TR

Será utilizada a máquina da COLDEX TRANE modelo 5-TVA-H (condicionador nº 4)

Caract-risticas principais do modelo 5- TVA- H

Capacidade Nominal - 5 TR

Vazão de água no condensador- $4,5 \text{ m}^3/\text{h}$

Queda de pressão no condensador- 3,2 MCA

Dimensões externas- comp.x.larg.x.alt. 880 x 700 x 1650

Zona nº 5 (Planejamento de Calderaria + Processos de Calderaria)

Carga Térmica Total - 24,2 TR

Serão utilizadas 2 máquinas da COLDEX TRANE modelos 10-TVA - 2H e 15 TVA- 2H (uma de cada modelo) (Condicionadores nº 5 e nº 6)

Características do modelo 10-TVA- 2H (15-TVA-2H)

Capacidade Nominal - 10TR (1t TR)

Vazão de água no condensador 8,2 m³/h (12,3m³/h)

Queda de pressão no condensador- 7,2MCA (6,6 MCA)

Dimensões Externas- 1500x700x1850 (1800x750x2090)

Obs- Todos os condicionadores devem ficar com um espaço livre de no mínimo 500 mm do lado esquerdo a fim de facilitar manutenção e conexões das tubulações de água do condensador.

A disposição dos condicionadores pode ser vista no des. nº 2- Lay-out das casas de máquinas.

6- ESCOLHA DA TORRE DE RESFRIAMENTO

Para a escolha da torre de resfriamento, necessitamos dos parâmetros:

- Carga térmica total de todos os condicionadores.
- Temperatura de saída de água da torre.
- Temperatura da entrada de água na torre
- Temperatura de bulbo úmido do ar.

Somando as capacidades de todos os condicionadores obtemos a capacidade da torre de resfriamento.

Capacidade total da torre = 55 TR.

Para São Paulo temos os seguintes valores de temperatu
ras em (°F).

Temperatura de entrada de água na Torre	95°F
Temperatura de saída de água da Torre	85°F
Temperatura de bulbo umido do ar	78°F

Da pag 15 do apêndice selecionamos a torre de resfriamento
da ALPINA modelo "SG25 SILENCIOSO".

Capacidade Nominal 54,9 TR

Dimensões Principais- com.x.larg.x.atl- 1730 x 1730 x 2765

Diferença de Altura entre tubulação de entrada e saída- .

7- CÁLCULO DA PERDA DE CARGA NA TUBULAÇÃO DE ÁGUA DO CONDENSADOR

O dimensionamento da rede hidráulica segue a Tab.14 da PNB 10 pág 14 do apêndice.

O material da tubulação é aço galvanizado.

No caso de uma tubulação de resfriamento equipada com torre de resfriamento, o sistema é aberto, portanto foi empregada a 2ª coluna da tabela 14 da PNB 10.

Quanto o cálculo da perda de carga, teremos duas parcelas a considerar:

Perda de carga distribuída.

Perda de carga localizada

A perda de carga localizada é calculada pela fórmula bastante conhecida da hidráulica

$$h_f = \frac{KV^2}{2g}$$

onde:

h_f = é a perda localizada

V = é a velocidade (m/s)

K = coeficiente de singularidade (tabelado)

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$

A perda de carga distribuída será calculada pela fórmula de "Hazen- Williams".

$$h = \frac{Q^{1,85}}{(0,2785 \times C)^{1,85} \times D^{4,87}}$$

onde:

h = perda distribuída em (m) por metro tubo

$C = 125$ para aço galvanizado

D = diâmetro do tubo em (m)

Q = vazão em (m^3/s)

TABELA 1
PERDA DE CARGA DISTRIBUIDA PARA TUBULAÇÃO DE SAÍDA DA TORRES

TRECHO Nº	VAZÃO (m ³ /h)	COMPR (m)	ØTUBO (mm)	VELOC (m/s)	PERDA/M (m)	PERDA (m)
1	46,6	13	100	1,65	0,0335	0,4356
2	39,9	1	75	2,51	0,1021	0,1021
3	31,7	1	75	1,99	0,0667	0,0667
4	19,4	66	65	1,62	0,0540	3,5622
5	14,9	1	65	1,24	0,0331	0,0331
6	6,7	1	38	1,64	0,1031	0,1031
7	6,7	5	38	1,64	0,1031	0,5156
8	8,2	8	50	1,16	0,0394	0,3150
9	4,5	3,5	32	1,55	0,1140	0,3991
10	12,3	1,3	50	1,74	0,0834	0,1084
11	8,2	2,8	50	1,16	0,0394	0,1102
12	6,7	5,5	38	1,64	0,1031	0,5671
TOTAL						6,3183

PERDA DE CARGA DISTRIBUIDA TOTAL = 6,3183 m x 2 = 12,6m

Esta perda deve ser multiplicada por 2 pois temos a tubulação de retorno correndo paralelamente à de saída, portanto a perda distribuída total será : $h = 12,6$

TABELA 2- PERDA DE CARGA LOCALIZADA PARA TUBULAÇÕES DE SAÍDA
E .RETORNO DE ÁGUA:

SINGULARIDADE	QUANTIDADE	TRECHO nº	VELOCID (m/s)	K	PERDA (mCA)
valv.gaveta	2	1	1,65	0,20	0,0556
filtro Y	1	1	1,65	2,50	0,3473
valv.globo	1	1	1,65	10,00	1,3890
valv.retenção	1	1	1,65	2,50	0,3473
curva 90º	6	1	1,65	0,40	0,3334
Tê	2	1	1,65	1,80	0,5001
redução	2	2	2,51	0,15	0,0964
Tê	2	2	2,51	1,80	1,1572
redução	2	3	1,99	0,15	0,0606
Tê	2	3	1,99	1,80	0,7274
redução	2	4	1,62	0,15	0,0402
Tê	2	4	1,62	1,80	0,4820
Tê	2	5	1,24	1,80	0,2824
redução	2	6	1,64	0,15	0,0412
curva 90º	2	7	1,64	0,40	0,1098
redução	2	8	1,16	0,15	0,0206
curva 90º	2	8	1,16	0,40	0,0549
redução	2	9	1,55	0,15	0,0368
curva 90º	2	9	1,55	0,40	0,0981
redução	2	10	1,74	0,15	0,0463
curva 90º	2	10	1,74	0,40	0,1236
redução	2	11	1,16	0,15	0,0206
curva 90º	2	11	1,16	0,40	0,0549
redução	2	12	1,64	0,15	0,0412
curva 90º	2	12	1,64	0,40	0,1098
TOTAL				=	6,58m

TABELA 3 - PERDA CARGA LOCALIZADA PARA ACESSÓRIOS LIGADOS AOS CONDICIONADORES.

SINGULARIDADE	QUANTIDADE	TRECHO Nº	VELOCID (m/s)	K	PERDA (mCA)
Curva 90º	2	7	1,64	0,40	0,1098
valv.gaveta	2	7	1,64	0,20	0,0549
valv.globo	1	7	1,64	10,00	1,3722
dreno	1	7	1,64	0,20	0,0274
filtro Y	1	7	1,64	2,50	0,3431
curva 90º	2	8	1,16	0,40	0,0549
valv.gaveta	2	8	1,16	0,20	0,0275
valv.globo	1	8	1,16	10,00	0,6865
dreno	1	8	1,16	0,20	0,0137
filtro Y	1	8	1,16	2,50	0,1716
curva 90º	2	9	1,55	0,40	0,0981
valv.gaveta	2	9	1,55	0,20	0,0490
valv.globo	1	9	1,55	10,00	1,2258
dreno	1	9	1,55	0,20	0,0245
filtro Y	1	9	1,55	2,50	0,3064
curva 90º	2	10	1,74	0,40	0,1236
valv. gaveta	2	10	1,74	0,20	0,0618
valv.globo	1	10	1,74	10,00	1,5447
dreno	1	10	1,74	0,20	0,0309
filtro Y	1	10	1,74	2,50	0,3862
curva 90º	2	11	1,16	0,40	0,0549
valv.gaveta	2	11	1,16	0,20	0,0275
valv.globo	1	11	1,16	10,00	0,6865
dreno	1	11	1,16	0,20	0,0137
filtro Y	1	11	1,16	2,50	0,1716
curva 90º	2	12	1,64	0,40	0,1098
valv.gaveta	2	12	1,64	0,20	0,0549
valv.globo	1	12	1,64	10,00	1,3722
dreno	1	12	1,64	0,20	0,0274
filtro Y	1	12	1,64	2,50	0,3431
TOTAL					9,61m

O total da perda de carga de toda rede será a soma das tres tabelas

$$h_T = 12,60 + 6,58 + 9,61 \quad h_T = 28,79m$$

8- ESCOLHA DA BOMBA DE ÁGUA

Para escolha da bomba de água deveremos estar de posse de dois parâmetros:

- a vazão total
- a altura manométrica total

Vazão Total

Já determinada anteriormente e vale $46,6\text{m}^3/\text{h}$.

Altura Manométrica Total

É obtida através da soma das seguinte parcelas:

- Perda de carga da rede hidráulica
- Perda de carga em cada condensador
- Diferença de altura das tubulações de entrada e saída da bomba.

Perda de Carga na Rede:

Já calculada $h_T = 28,79\text{m}$

Perda de Carga nos Condensadores:

CONDICIONADOR	TIPO	PERDA (MCA)
Cond. 1	- 7,5- TVA - H	3,9
Cond. 2	-10 - TVA - 2H	7,2
Cond. 3	- 7,5-TVA- H	3,9
Cond. 4	- 5 - TVA - H	3,2
Cond. 5	-10 - TVA -2H	7,2
Cond. 6	-15 - TVA - 2H	6,6

Total da Perda nos Condensadores 32m

- Diferença de Altura das Tubulações da Torre

$$\Delta h = 2,053\text{M}$$

Portanto somando as 3 parcelas teremos:

$$H'_{\text{man}} = 28,79 + 32 + 2,053$$

$$H'_{man} = 62,843m$$

Convém adotar um fator de segurança de 15% para a altura manométrica. Portanto a altura manométrica da bomba será:

$$H_{man} = 62,843 \times 1,15 \quad H_{man} = 72m$$

Portanto os parâmetros para seleção da bomba são:

$$Q = 46,6m^3/h \text{ e } H_{man} = 72m$$

Escolheremos a bomba centrífuga da SULZER modelo AZ 65-400 STANDARD. A rotação será de 1750 RPM.

9- SELEÇÃO DAS BOCAS DE INSUFLAMENTO E RETORNO

Para seleção das bocas de insuflamento e retorno será usado o catálogo da TROX.

Zona nº 1 (Chefia usinagem + Arquivo Geral)

Bocas de Insuflamento

Tôtal de Bocas	8
Vazão total	5100 m ³ /h
Vazão por boca	637,5 m ³ /h

Alcance do jato de ar 2 m

Velocidade do jato à distancia de alcance- 0,3 m/s

Com esses dados selecionamos o difusor tipo DLQ tamanho 6 com restro AG6 acoplado.

Medida do lado = 394 mm (quadrada)

$$A \text{ velocidade efetiva média sera } V_{effm} = \frac{V(m^3/h) / \text{ boca}}{F_{effm} \times 3600}$$

$F_{effm} = 0,0728$ (tabelado logo

$V_{effm} = 2,4 \text{ m/s}$ e a perda de carga com o registro 50% aberto será:

$$\Delta P = 0,5 \text{ mmCA}$$

Bocas de Retorno

Total de Bocas	2
Vazão total	4.600 m ³ /h
Vazão por boca	2.300 m ³ /h
Alcance do jato	4 m

para uma velocidade do jato de 0,5m/s à distancia de alcance escolhemos o difusor DLQ tamanho 7.

Zona nº 2 (Planejamento de Usinagem)

Bocas de Insuflamento

Total de Bocas	12
Vazão ar total	8160 m ³ /h
Vazão ar por boca	680m ³ /h
Alcance jato ar	2m

Velocidade do jato à distancia de alcance - 0,3 m/s

Portanto escolheremos o difusor tipo DLQ tamanho 6 com registro AG 6 acoplado.

Medida do lado 394 mm

$$\Delta P = 0,5 \text{ mmCA (idem ao anterior)}$$

Bocas de Retorno

Total de Bocas	3
Vazão total	7335 m ³ /h
Vazão por boca	2445 m ³ /h
Alcance	4m

Para uma velocidade do jato de 0,5 m/s à distancia de alcance escolhemos o difusor DLQ tamanho, 7.

Zona 3 (Processos de Usinagem)

Bocas de Insuflamento

Total de Bocas 8
 Vazão Total 5100 m³/h
 Vazão por boca 637,5 m³/h
 alcance do jato de ar 2m
 Velocidade do jato à distância de alcance - 0,3m/s

Este caso é identico ao da Zona nº 1

Portanto escolhemos o difusor tipo DLQ tamanho 6 com registro AG 6 acoplado e a perda de carga é de 0,5 mmCA.

Bocas de Retorno

Total de bocas 2
 Vazão Total 4550
 Vazão por boca 2275
 Alcance do jato 4m

Caso identico ao da Zona 1

Portanto sera escolhido o difusor tipo DLQ tamanho 7

Zona nº 4 (Chefia de Calderaria)

Bocas de Insuflamento

Total de Bocas 4
 Vazão total 4080 m³/h
 Vazão por boca 1010 m³/h
 Alcance do jato 2m

Velocidade do jato à distancia de alcance - 0,5 m/s

Selecionamos portanto o difusor DLQ tamanho 7 com registro AG 7 acoplado.

Medida do lado 494mm

$$V_{effm} = \frac{1010}{0,1175 \times 3600} = 2,4 \text{ m/s}$$

portanto a perda de carga será de 0,5mmCA.

Boca de Retorno

Total de Bocas	1
Vazão total	3830 m ³ /h
Vazão por boca	3830 m ³ /h
Alcance	4m

Escolheremos portanto a boca DLQ tamanho 8 medida do lado 519mm

Zona nº 5 (Processo de Calderaira+ Planejamento de Calderiaria)

Bocas de Insuflamento

Total de Bocas	24
Vazão total	2040 m ³ /h
Vazão por boca	850 m ³ /h
Alcance do jato	2m

Velocidade do jato à distância de alcance - 0,4 m/s

Portanto escolhemos o difusor DLQ tamanho 7 com registro AG 7 acoplado.

$$F_{effm} = \frac{850}{0,1175 \times 3600} = 2 \text{ m/s}$$

portanto a perda de carga será: 0,3 mmCA

Bocas de Retorno

Total de bocas	6
Vazão total	18750 m ³ /h
Vazão por boca	3125 m ³ /h
Alcance	4 m

Portanto escolheremos o difusor tipo DLQ tamanho 8.

Obs: Todas as perdas de carga foram determinados com os registros 50% abertos.

10- DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTOS DE AR

A distribuição de ar será feita através de dutos de seção retangular.

A quantidade de ar requerida para cada zona já foi calculada anteriormente..

Da Tab.7 Pag. 2-43 da Ref. 1 ou pag 15 do apêndice tiramos as seguintes velocidades para o ar:

Dutos principais: 10 m/s para insuflamento
7,5 m/s para retorno

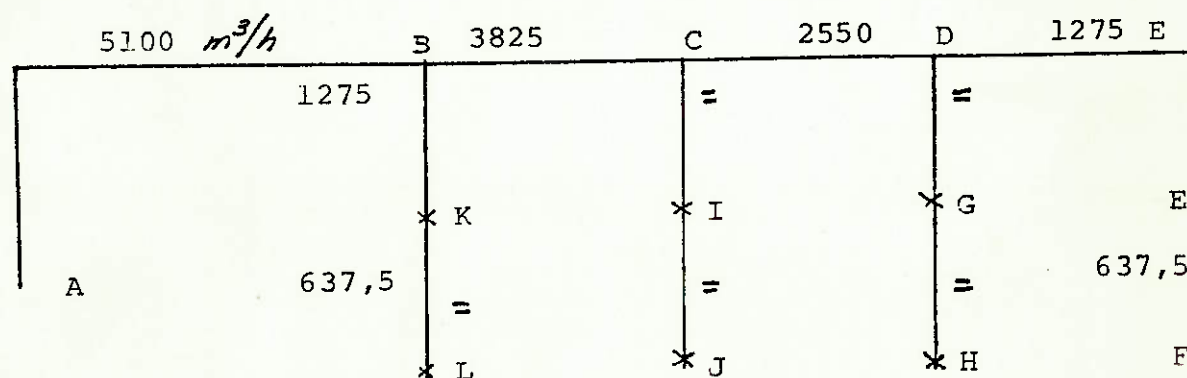
Dutos derivados: 8 m/s para insuflamento
6 m/s para retorno

Para o cálculo dos dutos de ar, será utilizado o processo de igual atrito, já que a rede de dutos não é muito complicada.

Dutos de insuflamento para zona nº 1 (chefia usinagem + Arquivo Geral)

Vazão de ar do condicionador = $5100 \text{ m}^3/\text{h}$

Esquema de Distribuição



A área da seção do conduto principal (AB) é dada por

$$S = \frac{\text{Vazão de Ar}}{\text{Veloc. do ar}}$$

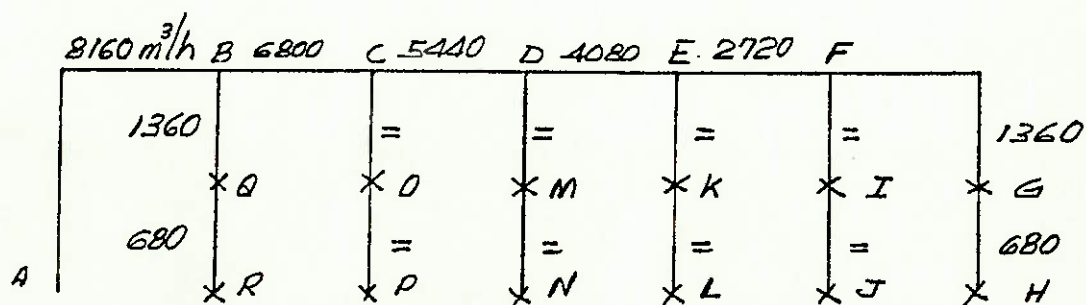
Portanto $S = \frac{5100}{3600 \times 10} = 0,142 \text{ m}^2$

Seção do Conduto	Vazão (m ³ /h)	% Vazão
AB	5100	100
BC	3825	75
CD	2550	50
BK=CI=DE = DG	1275	25
EF = GH 2 IJ = KL	637,5	12,5

Para determinar as dimensões dos dutos utilizamos as Tab. 13 e 16 pag 2-52 e 2.39 da Ref. 1 ou pag 16 e 17 do apêndice.

Seção do Conduto	% área	área (m ²)	Dimensões
AB	100	0,142	300x500
BC	80,5	0,114	300x400
CD	67	0,095	250x400
BK =CI=DE= DG	32,5	0,046	200x250
EF = GH = IJ = KL	19,5	0,028	150x250

Dutos de Insuflamento para zona nº 2 (Planejamento de Usinagem)
Vazão de ar do condicionador = 8160m³/h



Área da seção do conduto principal

$$S = \frac{8160}{10 \times 3600}$$

$$S = 0,227 \text{ m}^2$$

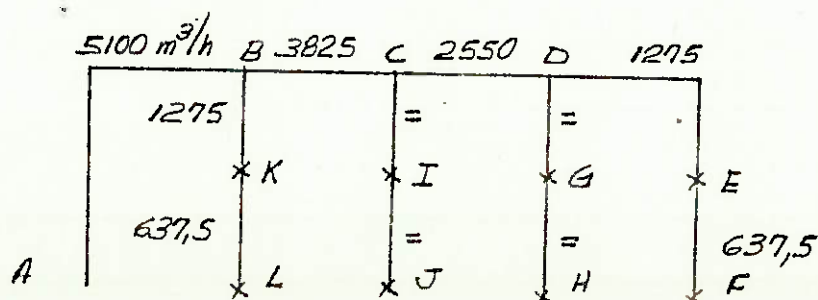
Seção do Conduto	Vazão (m ³ /h)	% Vazão
AB	8160	100
BC	6800	83
CD	5440	67
DE	4080	50
EF	2720	33
BQ=CO=FG=DM=EK=CI	1360	17
GH=IJ=KL=MN=OP=QR	680	8

Dimensões dos Dutos

Seção do Conduto	% área	Área (m ²)	Dimensões (mm)
AB	100	0,227	400 x 600
BC	87	0,197	450 x 500
CD	73,5	0,167	350 x 450
DE	58	0,132	350 x 400
EF	41	0,093	250 x 400
FG=FI=EK=DM=CO=BQ	24	0,054	200 x 300
GH=IJ=KL=MN=OP=QR	13	0,030	150 x 250

Dutos de insuflamento para zona nº 3 (Processos de Usinagem)

Vazão de ar condicionador 5100 m³/h



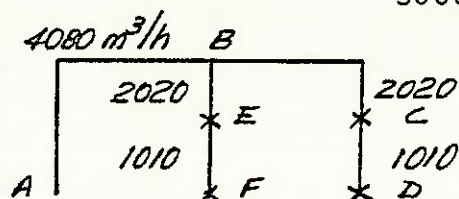
As dimensões dos condutos para a zona 3 são idênticas às da zona 1

Seção do Conduto	Dimensões (mm)
AB	300 x 500
BC	300 x 400
CD	250 x 400
BK=CI=DE =DG	200 x 250
EF =GH= IJ= KL	150 x 250

Dutos de insuflamento para zona nº 4 (Chefia de Calderaria)

Vazão de ar do condicionador $4080 \text{ m}^3/\text{h}$

Área da seção do conduto principal $S = \frac{4080}{3600 \times 10} = 0,113 \text{ m}^2$



Seção do conduto	Vazão (m^3/h)	% Vazão
AB	4080	100
BC = BE	2020	50
CD = EF	1010	25

Dimensões dos Dutos

Seção do Conduto	% área	área (m^2)	Dimensões (mm)
AB	100	0,113	300 x 400
BC = BE	58	0,066	200 x 350
CD = EF	32,5	0,037	150 x 250

Dutos de insuflamento para zona nº 5 (processos de Calderaria + Planejamento de Calderaria)

Vazão de ar dos condicionadores $8160 \text{ m}^3/\text{h}$ e mais $12240 \text{ m}^3/\text{h}$

portanto a vazão total será 20400 m³/h

B 18700 C 17000 D 15300 E 13600 F 11900 G 10200 H 8500 I 6800 J 5100 K 3400 L													
20400 m ³ /h	1700	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	1700	
	X 11	X 9	X 7	X 5	X 3	X 1	X X	X U	X S	X B	X O	X M	
	850	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	850	
A	X 12	X 10	X 8	X 6	X 4	X 2	X E	X V	X T	X R	X P	X N	

Área da Seção do Conduto principal

$$S = \frac{20400}{3600 \times 10} = 0,567 \text{ m}^2$$

Seção do Conduto	Vazão (m ³ /h)	% Vazão
AB	20400	100
BC	18700	92
CD	17000	83
DE	15300	75
EF	13600	67
FG	11900	58
GH	10200	50
HI	8500	42
IJ	6800	33
JK	5100	25
KL	3400	17
LM	1700	8
MN	850	4

Obs. Seções OP, KQ, JS, IV, HX, GI, F3, ES, D7, C9, B11, Iguais à seção LM

DIMENSÕES DOS CONDUTOS

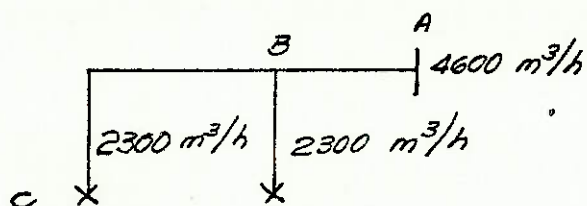
SEÇÃO DO CONDUTO	% área	área (m ²)	Dimensões (mm)
AB	100	0,567	600 x 1000
BC	94	0,533	600 x 950
CD	87	0,493	550 x 950
DE	80,5	0,456	550 x 900
EF	73,5	0,417	550 x 800
FG	65,5	0,371	550 x 700
GH	58	0,329	500 x 700
HI	50	0,284	500 x 600
IJ	41	0,232	400 x 600
JK	32,5	0,184	350 x 550
KL	24	0,136	350 x 400
LM	13	0,074	200 x 400
MN	7	0,040	150 x 300

Dutos de Retorno para zona nº1

Vazão de ar total 5100 m³/h

Vazão de ar exterior 500 m³/h

Portanto a vazão de ar de retorno será 4600 m³/h



A máxima velocidade de ar nos dutos principais de retorno é 7,5 m/s.

Portanto a área de duto principal será $S = \frac{4600}{7,5 \times 3600}$

$$S = 0,170 \text{ m}^2$$

Seção de Conduto	Vazão m ³ /h	% Vazão
AB	4600	100
BC = BD	2300	50

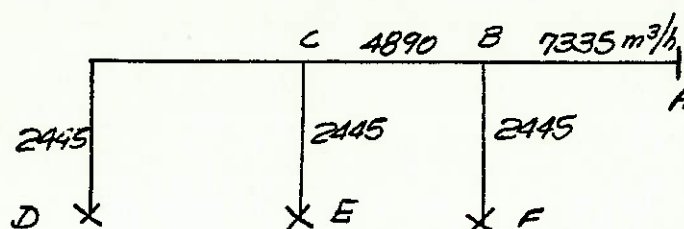
Seção do conduto	% área	área (m ²)	Dimensões (mm)
AB	100	0,170	400 x 450
BC = BD	67	0,114	300 x 400

Dutos de retorno para zona nº 2

Vazão de ar total 8160 m³/h

Vazão de ar exterior 825 m³/h

Portanto a vazão de ar de retorno será 7335 m³/h



$$\text{Área de duto principal } S = \frac{7335}{3600 \times 7,5} = 0,272 \text{ m}^2$$

Seção do Conduto	Vazão (m ³ /h)	% Vazão
AB	7335	1000
BC	4890	67
CD=CE= BF	2445	33

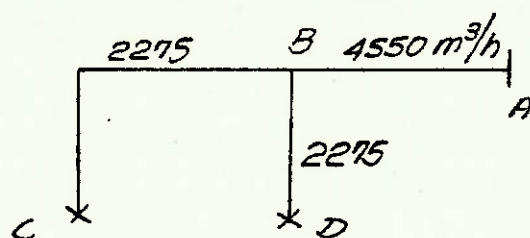
Seção do Conduto	% área	área (m ²)	Dimensões (mm)
AB	100	0,272	650 x 450
BC	73,5	0,200	450 x 450
CD=CE= BF	41	0,112	300 x 400

Dutos de Retorno para zona nº 3

Vazão de ar total 5100 m³/h

Vazão de ar exterior 550 m³/h

Portanto a vazão de ar de retorno será: $4550 \text{ m}^3/\text{h}$



Área de duto principal $S = \frac{4550}{3660 \times 7,5} = 0,169 \text{ m}^2$

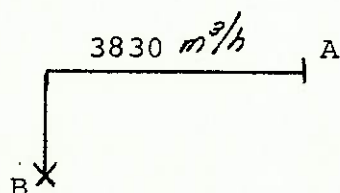
Seção do conduto	Vazão m^3/h	% Vazão
AB	4550	100
BC = BD	2275	50

Seção do Conduto	%Área	Área (m^2)	Dimensões (MM)
AB	100	0,169	350 x 500
BC=BD	67	0,113	300 x 400

Dutos de Retorno para Zona nº 4

Vazão de ar total $4080 \text{ m}^3/\text{h}$
 Vazão de ar exterior $250 \text{ m}^3/\text{h}$

Vazão de ar de retorno: $3830 \text{ m}^3/\text{h}$



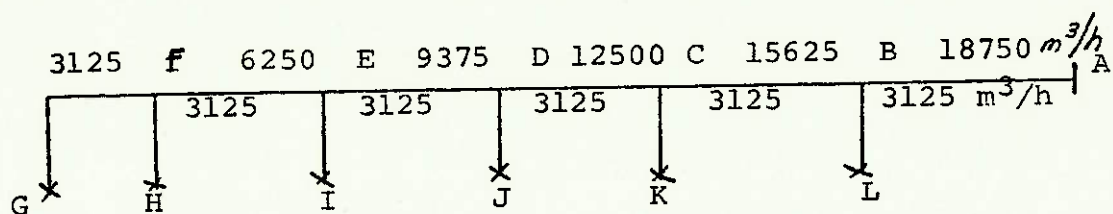
Área do conduto $S = \frac{3830}{3.600 \times 7,5} = 0,142 \text{ m}^2$

Seção do conduto	% área	área (m^2)	Dimensões (mm)
AB	100	0,142	300 x 500

Dutos de Retorno para Zona nº 5

Vazão de ar total 20400 m³/h
 Vazão do ar exterior 1650 m³/h

Portanto a vazão de ar de retorno será 18.750 m³/h



Área do conduto principal $S = \frac{18750}{3600 \times 7,5} = 0,694 \text{ m}^2$

Seção do Conduto	Vazão m ³ /h	% Vazão
AB	18750	100
BC	15625	83
CD	12500	67
DE	9375	50
EF	6250	33
FG= FH =EI =DJ =CK=BL	3125	17

Seção do Conduto	% Área	Área (m ²)	Dimensões (mm)
AB	100	0,694	600 x 1200
BC	87	0,604	600 x 1050
CD	73,5	0,510	550 x 1000
DE	67	0,465	550 x 900
EF	41	0,285	400 x 750
FG= FH =EI =DJ =CK=BL	24	0,167	350 x 500

11- ESTIMATIVA DE PERDA DE CARGA NOS CONDUTOS

Como já foi dito anteriormente, será utilizado o processo de igual perda de carga ao longo dos dutos para estimativa da perda de carga.

A distribuição dos dutos é apresentada em detalhes no Des. nº 4.

Perda de Carga Para Zona nº 1

Devemos calcular a perda de carga através do duto de maior - resistência, ou seja, desde o ventilador até a última boca de insuflamento.

Para facilitar o cálculo construímos a seguinte tabela:

Seção do Conduto	Elemento	Comprimento (m)	Comprimento Equivalente (m)
AB		8	
	curva		2,1
	curva		2,1
BC		4	
CD		4	
DE		5	
	curva		1,4
EF		4	
Total =		25	+ 5,6 = 30,6m

Obs: O comprimento equivalente das curvas é obtida da Tab.10 pag. 2-46 da Ref. 1 ou pag 19 do apêndice.

Para determinar o atrito ao longo do duto, por unidade de comprimento, utilizamos o diagrama 7 pag.2-43 da Ref. 1 ou pag 20 do apêndice.

Vazão total 5100 m³/h

Da tab. 6 pag 17 do apêndice tiramos o valor do diâmetro equivalente para as dimensões acima

Diâmetro equivalente = 427 mm

Com a vazão e com o diâmetro equivalente. tiramos o atrito do diagrama 7 em (mmCA/m).

$$f = 0,25 \text{ mmCA/m}$$

Portanto a perda por atrito será:

$$\Delta P = 0,25 \times 30,6 \quad \Delta P = 7,6 \text{ mmCA}$$

Devemos acrescentar a essa perda nas 2 bocas de insuflamento.

Do item 9 a perda por boca é 0,5mmCA.

Portanto a perda total será:

$$\Delta P = 7,6 + 2 \times 0,5 = 8,6$$

Tomando uma segurança de 10% ficamos com:

$$\Delta P = 9,5 \text{ mm CA}$$

A fim de garantir uma pressão positiva na sala, escolheremos o condicionador 7,5 TVA-H(já selecionado anteriormente) com ventilador de 15 mmCA de pressão estática externa. Para isso precisaremos de uma potência de acionamento de 1,03 HP e 870 RPM. (Vide catálogo Coldex Trane).

Perda de Carga para Zona nº 2

Seção do Conduto	Elemento	Comprimento (m)	Comprimento Equivalente (m)
AB	curva	27	2,8
BC		4	
CD		4	
DE		4	
EF		4	
FG	Curva	8	1,4
GH		4	
Total =		55	+ 4,2 = 59,2

$$\text{Vazão total} = 8160 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dimensões do duto principal 400 x 600

Da tab 6 diâmetro equivalente = 541mm

Do diagrama 7 $f = 0,17 \text{ mmCA/m}$

Do item 9 a perda por boca é 0,5 mmCA

Tomando 10% de segurança a perda total será:

$$\Delta P = 1,1(0,17 \times 59,2 + 2 \times 0,5)$$

$$\Delta P = 12 \text{ mmCA}$$

Portanto escolheremos o condicionador 10 TVA-2H(já selecionado) com ventilador de 15mmCA necessitando de 1,88 BHP de potência e 1130 RPM

Perda de Carga para Zona nº 3

É idêntica ao da Zona nº 1

Escolhido o Condicionador 7,5 TVA-H com ventilador de 15mmCA 1,03 BHP de potência e 870 RPM.

Perda de Carga para Zona nº 4

Seção do Conduto	Elemento	Comprimento (m)	Comprimento Equivalente (m)
AB	curva	8	2,1
BC		6	
CD	curva	4	1,4
Total		16	3,5 = 19,5m

Vazão total 4080 m³/h

Dimensões dos duto principal 300 x 400

Da tab 6 diâmetro . equivalente = 384 mm

Do diagrama 7 $f = 0,25 \text{ mmCA/m}$

Do item 9 a perda por boca é 0,5 mm/CA

Portanto a perda total será:

$$\Delta P = 1,1 (19,5 \times 0,25 + 2 \times 0,5)$$

$$\Delta P = 6,5 \text{ mmCA (já com 10\% de segurança)}$$

Condicionador 5 TVA-H com ventilador de 10 mmCA, 0,76 BHP de potência e 1060 RPM

Perda de Carga para Zona nº 5

Seção do Conduto	ELEMENTO	Comprimento (m)	Comprimento Equivalente (m)
AB		5	
	curva		4,2
	curva		4,2
BC		4	
CD		4	
DE		4	
EF		4	
PG		4	
GH		4	
HI		4	
IJ		4	
JK		4	
KL		4	
LM		6	
	curva		1,4
MH		4	
Total		55	+ 9,8 = 64,8

Vazão total = $20400 \text{ m}^3/\text{h}$

Dimensões do duto principal 1000 x 600

Da tab 6, diâmetro equivalente = 853

Do diagrama 7 $f = 0,15 \text{ mmCA}$

Do item 9 a perda de carga por boca é $0,3 \text{ mmCA}$

Portanto a perda de carga total será:

$$\Delta P = 1,1(64,8 \times 0,15 + 2 \times 0,3)$$

$$\Delta P = 11,4 \text{ mmCA}$$

Escolhidas os condicionadores 10 TVA-2H com ventilador de $10 \text{ mmCA}, 1,61 \text{ BHP}$ de potência e 1080RPM e 15 TVA-2H com ventilador de $5 \text{ mmCA}, 2,80 \text{ BHP}$ de potência e 805 RPM, somando os dois uma pressão estática externa de 15 mmCA .

A comissão de ar condicionado comercial e central da ABNT — Associação Brasileira de Normas Técnicas, terminou o trabalho de revisão da proposta de norma brasileira P-NB-10 de 1972, após mais de 2 anos de trabalho.

A comissão teve o sr. Hans Robert Bodanzky como presidente, e mudou o título inicial da proposta "Instalações de Condicionamento de Ar" para "Instalações Centrais de Ar Condicionado". O texto encontra-se em fase final de redação e será publicado oportunamente nesta revista. Desta edição, farão parte as 15 tabelas revisadas do P-NB-10, que representam a espinha dorsal desta norma.

O sr. Hans Robert Bodanzky, além de presidente da comissão, foi também representante da Abrava.

Tabelas revisadas P-NB-10

ABNT • São Paulo • 01/09/76

- 1) Condições internas recomendadas para o verão. Pág. 19.
- 2) Condições internas recomendadas para o inverno. Pág. 19.
- 3) Condições externas recomendadas para o verão. Pág. 23.
- 4) Condições externas recomendadas para o inverno. Pág. 20.
- 5) Ar externo para renovação. Pág. 20.
- 6) Infiltração de ar exterior. Pág. 20.
- 7) Valores recomendados para ocupação dos recintos. Pág. 21.
- 8) Valores recomendados de consumo de energia elétrica para iluminação. Pág. 21.
- 9) Calor liberado por fontes diversas. Pág. 21.
- 10) Cargas térmicas devidas às pessoas. Pág. 22.
- 11) Níveis de ruído máximo desejáveis. Pág. 23.
- 12) Velocidades recomendadas e máximas para dutos e equipamentos de sistemas de baixa pressão. Pág. 22.
- 13) Bitolas de chapas para a fabricação de dutos rígidos de sistemas de baixa pressão e baixa velocidade. Pág. 22.
- 14) Parâmetros máximos recomendados para seleção da tubulação de água para instalações de ar condicionado. Pág. 24.
- 15) Recomendações para aplicações de filtros de ar. Pág. 25.

Tabela 1

A.B.N.T. - São Paulo, 10/09/75

Condições internas recomendadas para verão

Finalidade	Local	Condições ^{nominais} constantes		Condições ^{máximas} econômicas	
		T.B.S.°C	U.R.%	T.B.S.°C	U.R.%
Conforto	Residências	23-25	40-60	24,5-25,5	(máx) 65
	Apartamentos				
Lojas de curto tempo de ocupação	Hoteis	24-26	40-60	25-27	(máx) 65
	Escritórios				
Ambientes com grandes cargas de calor latente e/ou sensível	Escolas	24-26	40-60	25-27	(máx) 65
	Bancos				
Locais de reuniões com movimento	Barbearias	24-26	40-65	25-27	(máx) 65
	Cabeleireiros				
Ambientes de Arte	Lojas	21-23*	40-50*	—	—
	Magazines				
Acesso	Supermercados	21-23*	50-55*	—	—
	Teatros				
	Auditórios	24-26	40-65	25-27	(máx) 65
	Templos				
	Cinemas	—	—	23-28	40-70
	Barres				
	Lanchonetes	—	—	—	—
	Restaurantes				
	Bibliotecas	—	—	—	—
	Estúdios TV				

* Condições constantes para o ano inteiro
 TBS = Temperatura de Bulbo Seco °C
 UR = Umidade relativa %
 Obs.: Velocidade máxima do ar na Zona de Ocupação ~~0,25~~ 0,25 m/s

Tabela 2

A.B.N.T. - São Paulo, 28/10/75

Condições internas recomendadas para o inverno

Temperatura Bulbo Seco °C	Umidade relativa %
18-22°C	De 35 a 65

Obs.: Velocidade máxima do ar na zona de ocupação ~~0,25~~ 0,25 m/s

Tabela 3 A.B.N.T. - São Paulo, 21/10/76

Condições externas recomendadas para verão

Cidades		Temperatura máxima °C	Temperatura para base de cálculo de instalações de conforto	
			Bulbo Seco	Bulbo Úmido
I - Região Norte				
Amapá	34.7	34	28.5	
Manaus	36.9	35	29.0	
Santarém	37.3	35	28.5	
Belém	34.9	33	27.0	
II - Região Nordeste				
São Luiz	33.9	33	28.0	
Parnaíba	35.2	34	28.0	
Terezina	40.3	38	28.0	
Fortaleza	32.4	32	25.0	
Natal	32.7	32	27.0	
Recife	32.6	32	25.0	
Petrolina	38.4	36	25.5	
Maceió	35.0	33	27.0	
Salvador	33.6	32	26.0	
III - Região Sudeste				
Vitória	36.1	33	28.0	
Belo Horizonte	35.5	32	24.0	
Uberlândia	37.6	33	23.5	
Rio	39.4	35	25.5	
IV - Região Centro-Oeste				
Brasília	34.8	32	23.5	
Goiânia	37.3	33	26.0	
Cuiabá	39.0	36	27.0	
Campo Grande	37.0	34	25.0	
Ponta Porã	35.8	32	26.0	
V - Região Sul				
São Paulo	34.9	31	24.0	
Santos	37.7	33	27.0	
Campinas	37.4	33	24.0	
Pirassununga	37.8	33	24.0	
Curitiba	33.3	30	23.5	
Londrina	34.0	31	23.5	
Foz do Iguaçu	38.0	34	27.0	
Florianópolis,				
Joinville e				
Blumenau	36.0	32	26.0	
Porto Alegre	39.0	34	26.0	
Santa Maria(RS)	40.0	35	25.5	
Rio Grande(RS)	—	30	24.5	
Pelotas (RS)	—	32	25.5	
Caxias do				
Sul (RS)	—	29	22.0	
Uruguaiana (RS)	—	34	25.5	

Fonte: Tabelas Climatológicas da Diretoria de Rotas Aéreas, do Ministério da Aeronáutica.

Tabela 4 A.B.N.T. - São Paulo, 28/10/76

Condições externas recomendadas para inverno

Cidades	Termômetro	
	Bulbo Seco °C	Umidade Relativa %
Rio de Janeiro	15	80
São Paulo	10	70
Curitiba	5	80
Florianópolis	10	80
Joinville, Blumenau	10	80
Belo Horizonte	15	80
Brasília	13	65
Porto Alegre	5	80
Caxias do Sul (RS)	0	90
Santa Maria (RS)	3	80
Uruguaiana (RS)	7	80
Rio Grande (RS)	7	90
Pelotas (RS)	5	80

Tabela 5 A.B.N.T. - São Paulo, 23/10/76

Ar exterior para renovação

Local	Req. m³/h pessoa		Número de fumantes
	preferível	mínima	
Apartamentos	35	17	alguns
Bancos	17	13	ocasional
Barbearias	25	17	considerável
Salões de beleza	17	13	ocasional
Bares	68	42	—
Cassinos-Grill-room	45	35	—
Escritórios	—	—	—
Públicos	25	17	alguns
Privados	42	25	nenhum
Privados	51	42	considerável
Estúdios	35	25	nenhum
Lojas	17	13	nenhum
Hospitais	—	—	nenhum
Salas de operação (H)	—	—	nenhum
Quartos particulares	51	42	nenhum
Enfermarias	34	17	nenhum
Salas de hotéis	51	42	grande
Residências	35	17	alguns
Restaurantes	25	20	considerável
Salas de diretores	85	50	muito grande
Teatros-Cinemas	—	—	—
Auditórios	13	8	nenhum
Teatros-Cinemas	—	—	—
Auditórios	25	17	alguns
Salas de aulas	50	40	nenhum
Salas de reuniões	85	50	muito grande
Aplicações gerais	—	—	—
Por pessoa	—	—	—
(não fumando)	13	8	—
Por pessoa (fumando)	68	42	—

(1) Vide anexo respectivo desta norma

Fonte: ASHRAE Handbook of Fundamentals — 1972

Tabela 6 A.B.N.T. - São Paulo

Infiltração de ar exterior

A) Pelas frestas		m³/h por metro de fresta
Tipo de abertura	Observação	
Janelas	—	—
- comum	—	3.0
- basculante	—	3.0
- guilhotina c/ caixilho de madeira	mal ajustada	6.5
	bem ajustada	2.0
- guilhotina c/ caixilho metálico	sem vedação	4.5
	com vedação	1.8
Portas	mal ajustada	13.0
	bem ajustada	6.5

B) Pelas portas

Local	m³/h por pessoa presente no recinto condicionado	
	Porta giratória (1.30m)	Porta de vaivem (0.90m)
Bancos	11	14
Barbearias	7	9
Drogarias e Farmácias	10	12
Escritórios de corretagem	9	9
Escritórios privados	—	4
Escritórios em geral	—	7
Lojas de cigarros	32	51
Lojas em geral	12	14
Quartos de hospitais	—	7
Restaurantes	3	4
Salas de chá ou café	7	9
Lanchonetes	—	—

continua na pág. seguinte

CAPÍTULO 4. GANANCIAS POR INSOLACIÓN DE LAS SUPERFICIES DE VIDRIO

1-39

TABLA 15. APORTACIONES SOLARES A TRAVÉS DE VIDRIO SENCILLO (Cont.)
kcal/h × (m² de abertura)

20°

20°

0° LATITUD NORTE		HORA SOLAR																0° LATITUD SUR	
Época	Orientación	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Orientación	Época			
21 Junio	N	76	111	90	65	51	46	40	46	51	67	90	111	75	S	22 Diciembre			
	NE	219	417	390	330	225	103	40	38	38	38	32	24	8	SE				
	E	219	421	434	387	260	111	38	38	38	38	32	24	8	E				
	SE	75	168	198	179	119	57	38	38	38	38	32	24	8	NE				
	S	8	24	32	38	38	38	38	38	38	38	32	24	8	N				
	SO	8	24	32	38	38	38	38	38	38	38	32	24	8	NO				
22 Julio y 21 Mayo	O	8	24	32	38	38	38	38	38	38	38	32	24	8	O	21 Enero y 21 Noviembre			
	NO	8	24	32	38	38	38	38	40	103	225	330	417	220	SO				
	Horizontal	30	162	328	477	585	629	678	629	585	477	328	162	30	Horizontal				
	N	54	75	62	46	40	36	38	38	38	40	146	62	75	54		S		
	NE	192	353	374	301	198	84	38	38	38	38	35	32	21	8		SE		
	E	203	421	442	393	268	124	38	38	38	38	35	32	21	8		E		
24 Agosto y 20 Abril	SE	54	187	230	214	154	78	38	38	38	38	35	32	21	8	NE	20 Febrero y 23 Octubre		
	S	8	21	32	35	38	38	38	38	38	35	32	21	8	N				
	SO	8	21	32	35	38	38	38	78	154	214	230	187	54	NO				
	O	8	21	32	35	38	38	38	124	258	393	442	401	220	O				
	NO	8	21	32	35	38	38	38	24	193	301	374	353	192	SO				
	Horizontal	8	149	320	474	585	650	680	650	585	474	320	149	8	Horizontal				
22 Septiembre y 22 Marzo	N	16	27	29	35	38	38	38	38	38	35	29	27	16	S	22 Marzo y 22 Septiembre			
	NE	122	301	320	241	135	49	35	38	38	35	29	19	5	SE				
	E	143	385	447	404	287	128	38	38	38	35	29	19	5	E				
	SE	78	241	306	292	265	149	54	38	38	35	29	19	5	NE				
	S	5	19	29	38	54	65	70	65	54	38	29	19	5	N				
	SO	5	19	29	38	54	65	70	65	54	38	29	19	5	NO				
23 Octubre y 20 Febrero	O	5	19	29	38	54	65	70	65	54	38	29	19	5	O	20 Abril y 24 Agosto			
	NO	5	19	29	38	54	65	70	65	54	38	29	19	5	SO				
	Horizontal	13	130	290	452	569	637	669	637	569	452	290	130	13	Horizontal				
	N	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0	S				
	NE	0	225	235	160	59	35	38	38	38	35	29	16	0	SE				
	E	0	352	442	404	282	122	38	38	38	35	29	16	0	E				
21 Noviembre y 21 Enero	SE	0	258	368	379	325	227	111	40	38	35	29	16	0	NE	21 Mayo y 23 Julio			
	S	0	21	59	103	141	170	176	172	141	103	59	21	0	N				
	SO	0	16	29	35	38	38	40	111	227	325	379	368	258	0		NO		
	O	0	16	29	35	38	38	38	122	282	404	442	368	258	0		O		
	NO	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0	SO				
	Horizontal	0	81	252	414	537	610	631	610	537	414	252	81	0	Horizontal				
22 Diciembre	N	0	10	24	32	35	38	38	38	38	35	32	24	10	0	S	21 Junio		
	NE	0	119	141	78	35	38	38	38	38	35	32	24	10	0	SE			
	E	0	245	396	322	271	122	38	38	38	35	32	24	10	0	E			
	SE	0	246	396	472	404	322	200	73	35	32	24	10	0	NE				
	S	0	57	135	246	252	267	221	227	252	226	135	57	0	N				
	SO	0	10	24	32	35	38	38	38	38	35	32	24	10	0	NO			
Correcciones	O	0	10	24	32	35	38	38	38	38	35	32	24	10	0	O	Latitud sur Dic. o enero + 7%		
	NO	0	10	24	32	35	38	38	38	38	35	32	24	10	0	SO			
	Horizontal	0	49	184	342	443	521	544	521	443	342	184	49	0	Horizontal				
	N	0	65	70	36	35	35	35	35	35	35	70	65	0	S				
	NE	0	192	347	344	246	126	30	35	35	35	29	21	8	SE				
	E	0	192	390	424	428	356	246	124	43	29	21	8	0	NE				
22 Diciembre	SE	0	75	137	271	313	322	322	322	322	322	322	322	322	0	N	21 Junio		
	S	0	8	21	32	35	38	38	38	38	38	38	38	38	0	NO			
	SO	0	8	21	32	35	38	38	38	38	38	38	38	38	0	O			
	O	0	8	21	32	35	38	38	38	38	38	38	38	38	0	SO			
	NO	0	8	21	32	35	38	38	38	38	38	38	38	38	0	O			
	Horizontal	0	10	130	290	452	569	637	669	637	569	452	290	130	10	Horizontal			
Correcciones		Mora hora de observación + 1.05 a 1.17		Defecto de hora 15.0 max.		Altitud + 0.7 % por 300 m		Punto de vista cuerpo a 19.5° C + 1.0 % por 10° C		Punto de vista cuerpo a 19.5° C + 1.0 % por 10° C		Latitud sur Dic. o enero + 7 %							

Valores subrayados: máximos mensuales

Valores en cuadrado: máximos anuales

Solución:

Diferencia entre las temperaturas interior y exterior = 10 °C.

Variación de la temperatura en 24 horas = 14 °C.

Corrección a la diferencia de temperatura equivalente = + 0,3 (tabla 20 A).

Diferencia de temperatura equivalente:

$$23,8^{\circ} + 0,3^{\circ} = 24,1^{\circ} \text{ °C.}$$

Latitud, 39° Norte

Temperatura exterior en verano, 35 °C
en invierno — 7 °C

Variación media de la temperatura exterior en 24 horas: 10 °C.

Determinar:

La diferencia equivalente de temperatura a las 12 horas en el mes de Noviembre.

Solución:

Aplicando la relación indicada anteriormente:

$$\Delta t_e = c + \Delta t_{e,12} + b \frac{R_e}{R_n} (\Delta t_{e,12} - \Delta t_{e,1})$$

Ejemplo 3. Meses y latitudes diferentes

Datos:

Pared de 30 cm de ladrillo ordinario, sin enfucir, orientada al Oeste.

TABLA 19. DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA (°C)

Muros soleados o en sombra*

Valedero para muros de color oscuro, 35 °C de temperatura exterior, 27 °C de temperatura interior, 11 °C de variación de la temperatura exterior en 24 h. mes de Julio y 40° de latitud Norte**

ORIENTACIÓN	PESO DEL MURO *** (kg m²)	HORA SOLAR																												
		MAÑANA												TARDE												MAÑANA				
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5					
NE	100	2,8	8,3	12,2	12,8	13,3	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1						
	300	-0,5	-1,1	-1,1	2,8	13,3	12,2	11,1	8,3	5,5	6,1	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0						
	500	2,2	1,7	2,2	2,2	2,2	5,5	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,3	2,8	2,8						
	700	2,8	2,8	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	5,5	7,8	8,9	7,8	6,7	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	3,9	3,9					
E	100	0,5	9,4	16,7	18,3	20,0	19,4	17,8	11,1	6,7	7,2	7,8	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-1,1	-1,7	-1,7						
	300	-0,5	-0,5	0	11,7	16,7	17,2	17,2	10,6	7,8	7,2	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7						
	500	2,8	2,8	3,3	4,4	7,8	11,1	13,3	13,9	13,3	11,1	10,0	8,9	7,8	7,8	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	3,9	3,3						
	700	6,1	5,5	5,5	5,0	4,4	5,0	5,5	8,3	10,0	10,6	10,0	9,4	8,9	7,8	6,7	7,2	7,8	7,8	7,8	7,2	7,2	6,7	6,7	6,7					
SE	100	5,5	3,3	7,2	10,6	14,4	15,0	15,6	14,4	13,3	10,6	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1					
	300	0,5	0,5	0	7,2	11,1	13,3	15,6	14,4	13,9	11,7	10,0	8,3	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7						
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	6,1	8,9	9,4	10,0	10,6	10,0	9,4	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	5,5	5,5	5,0	5,0	4,4	4,4						
	700	5,0	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	6,1	7,8	8,3	8,9	10,0	8,9	8,3	7,8	7,2	6,7	6,7	6,7	6,1	6,1	5,5	5,5	5,0					
S	100	-0,5	-1,1	-2,2	0,5	2,2	7,8	12,2	15,0	16,7	15,6	14,4	11,1	8,9	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	0						
	300	-0,5	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	3,9	6,7	11,1	13,3	13,9	14,4	12,8	11,1	8,3	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0						
	500	2,2	2,2	1,1	1,1	1,1	1,7	2,2	4,4	6,7	8,3	8,9	10,0	10,0	8,3	7,8	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	3,9	3,3	3,3						
	700	3,9	3,3	3,3	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	3,9	5,5	7,2	7,8	8,3	8,9	8,9	7,8	6,7	6,7	6,1	6,1	5,5	5,5	5,0					
SO	100	-1,1	-2,2	-2,2	-1,1	0	2,2	3,3	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	23,2	16,7	13,3	6,7	3,3	2,2	1,1	0,5	0,5	0	-0,5	-0,5					
	300	1,1	0,5	0	0	0	0,5	1,1	4,4	6,7	13,3	17,8	19,4	20,0	19,4	18,9	11,1	5,5	3,9	3,3	2,8	2,2	2,2	1,7						
	500	3,9	2,8	3,3	3,3	2,8	2,8	3,3	3,9	4,4	6,7	7,8	10,6	12,2	12,8	13,3	12,8	12,2	8,3	5,5	5,5	5,0	4,4	4,4						
	700	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	5,5	8,3	10,0	10,6	11,1	7,2	4,4	4,4	4,4	4,4						
O	100	-1,1	-1,7	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	7,8	11,1	17,8	22,2	25,0	26,7	18,9	12,2	7,8	4,4	2,8	1,1	0,5	0	0	-0,5	-0,5					
	300	1,1	0,5	0	0	0	1,1	2,2	3,9	5,5	10,6	14,4	18,9	22,2	22,8	20,0	15,6	8,9	5,5	3,3	2,8	2,2	1,7	1,7						
	500	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,5	6,7	9,4	11,1	13,9	15,6	15,0	14,4	10,6	7,8	6,7	6,1	5,5	5,0						
	700	6,7	6,1	5,5	5,0	4,4	4,4	4,4	5,0	5,5	5,5	5,5	6,1	6,7	7,8	8,9	11,7	12,2	12,8	12,2	11,1	10,0	8,9	8,3						
NO	100	-1,7	-2,2	-2,2	-1,1	0	1,7	3,3	5,5	6,7	10,6	13,3	18,3	22,2	20,6	18,9	10,0	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1					
	300	-1,1	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	0	1,1	3,3	4,4	5,5	6,7	11,7	16,7	17,2	17,8	11,7	6,7	4,4	3,3	2,2	1,7	0,5	0						
	500	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,8	3,3	5,0	6,7	9,4	11,1	11,7	12,2	7,8	4,4	3,9	3,9	3,9	3,3	3,3						
	700	4,4	3,9	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,9	4,4	5,0	5,5	7,8	10,0	10,6	11,1	8,9	7,2	6,1	5,5						
N (en la sombra)	100	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	0,5	2,2	4,4	5,5	6,7	7,8	7,2	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	0	-0,5	-0,5	-1,1	-1,1					
	300	-1,7	-1,7	-2,2	-1,7	-1,1	-0,5	0	1,7	3,3	4,4	5,5	6,1	6,7	6,7	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5						
	500	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	2,8	2,8	4,4	3,9	3,3	2,8	2,2	1,7	1,1	1,1	0,5						
	700	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1,1	1,7	2,2	2,8	3,3	3,9	4,4	3,9	3,3	2,2	1,7	1,1	1,1						
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5					
		MAÑANA												TARDE												MAÑANA				
		HORA SOLAR																												

Ecuación: Ganancias por transmisión a través de los muros (kcal/h) = Área (m²) × (Diferencia equivalente de temperatura) × (Coeficiente de transmisión global, tablas 21 a 25).

* Válido tanto si el muro tiene o no aislamiento.

** Para condiciones diferentes, aplicar las correcciones indicadas en el texto

*** El peso por m² de los tipos de construcción clásicos están indicados en las tablas 21 a 25.

Para pesos por m² inferiores a 100 kg/m², tomar los valores correspondientes a 100 kg/m².

CAPÍTULO 5. TRANSMISIÓN DE CALOR Y DE VAPOR DE AGUA EN EDIFICIOS

1-57

1.º Determinación de α :

Temperatura exterior en Noviembre, a las 15 horas.
 $35 - 8 = 27^\circ\text{C}$ (tabla 3).

Si queremos mantener 24°C en el interior, tendremos una diferencia de $27 - 24 = 3^\circ\text{C}$.

De donde $\alpha = -4,6^\circ\text{C}$ (tabla 20 A).

2.º Determinación de: Δt_{ext} y Δt_{int} :

Peso de la pared: 600 kg/m^2 (tabla 21).

$\Delta t_{\text{ext}} = 0$
 $\Delta t_{\text{int}} = 3,8$ } tabla 19

3.º Determinación de R_e y R_{int} :

$R_e = 214\text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h}$ } tabla 15
 $R_{\text{int}} = 444\text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h}$

De donde $\Delta t_e = -4,6 + 0 + 1 \times \frac{314}{444} (3,8 - 0)$.

$\Delta t_e = -4,6 + 2,7 = 2^\circ\text{C}$.



Correcciones que se deben aplicar a los valores de las tablas 19 y 20

Si las condiciones consideradas son distintas de las que han servido de base a la construcción de las ta-

TABLA 20. DIFERENCIA EQUIVALENTE DE TEMPERATURA ($^\circ\text{C}$)
 TECHO SOLEADO O EN SOMBRA*

Valedero para techos de color oscuro, 35°C de temperatura exterior, 27°C de temperatura interior, 11°C de variación de la temperatura exterior en 24 h., mes de Julio y 40° de latitud Norte**

CONDI- CIONES	PESO DEL TECHO *** (kg m²)	HORA SOLAR																												
		MAÑANA												TARDE												MAÑANA				
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5					
Soleado	50	-2,2	-3,3	-3,9	-2,8	-0,5	3,9	8,3	13,3	17,8	21,1	23,9	25,6	25,0	22,8	19,4	15,6	12,2	8,9	5,5	3,9	1,7	0,5	-0,5	-1,7					
	100	0	-0,5	-1,1	-0,5	1,1	5,0	8,9	12,8	16,7	20,0	22,8	23,9	22,2	19,4	16,7	13,9	11,1	8,3	6,7	4,4	3,3	2,2	1,1	0					
	200	2,2	1,7	1,1	1,7	3,3	5,5	8,9	12,8	15,6	18,3	21,1	22,2	22,8	21,7	19,4	17,8	15,6	13,3	11,1	9,4	7,2	6,1	5,0	3,3					
	300	5,0	4,4	3,3	3,9	4,4	6,1	8,9	12,2	15,0	17,2	19,4	21,1	21,7	21,1	20,0	18,9	17,2	15,6	13,9	12,2	10,0	8,9	7,2	6,1					
	400	7,2	6,7	6,1	6,1	6,7	7,2	8,9	12,2	14,8	15,6	17,8	19,4	20,6	20,6	19,4	18,9	18,9	17,8	16,7	15,0	12,8	11,1	10,0	7,8					
Cubierto de agua	100	-2,8	-1,1	0	1,1	2,2	3,5	8,9	12,2	15,1	17,2	19,4	20,6	19,4	17,8	16,7	15,6	14,4	13,3	12,2	11,1	10,0	8,9	7,2	6,1					
	200	-1,7	-1,1	-0,5	-0,5	0	2,8	5,5	7,2	8,3	8,3	8,9	8,3	8,3	7,8	6,7	5,5	3,9	2,8	1,7	0,5	-0,5	-1,1	-1,7	-1,7					
	300	-0,5	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	1,1	2,8	3,5	5,5	6,7	7,8	8,3	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	4,4	3,3	2,2	1,7	1,1	0,5	0					
Rociado	100	-2,2	-1,1	0	1,1	2,2	4,4	6,7	8,3	10,0	9,4	8,9	8,3	7,8	6,7	5,5	3,3	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1	-1,1	1,7	-1,7					
	200	-1,1	-1,1	-0,5	-0,5	0	1,1	2,8	5,0	7,2	7,8	7,8	7,8	7,8	7,2	6,7	5,0	3,9	2,8	1,7	0,5	0	0	-0,5	-0,5					
	300	-0,5	-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	0	1,1	2,8	4,4	5,5	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5					
(en la sombra)	100	-2,8	-2,8	-2,2	-1,1	0	1,1	3,3	5,0	6,7	7,2	7,8	7,2	6,7	5,5	4,4	2,8	1,1	0,5	0	-0,5	-1,7	-2,2	-2,8	-2,8					
	200	-2,8	-2,8	-2,2	-1,7	-1,1	0	1,1	2,8	4,4	5,5	6,7	7,2	6,7	6,1	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1	0	-0,5	-1,7	-2,2	-2,8					
	300	-1,7	-1,7	-1,1	-1,1	-1,1	-0,5	0	1,1	2,2	3,3	4,4	5,0	5,5	5,5	5,5	5,0	4,4	3,3	2,2	1,1	0,5	0	-0,5	-1,1					
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5					
		MAÑANA												TARDE												MAÑANA				
		HORA SOLAR																												

Ecuación: Ganancias por transmisión a través del techo (kcal h) = Área (m²) × (Diferencia equivalente de temperatura) × (Coeficiente de transmisión global, tablas 27 ó 28).

* Si las bóvedas o buhardas están ventiladas o si el techo está aislado, tomar el 75 % de los valores precedentes.
 Para techos inclinados, considerar la proyección horizontal de la superficie.

** Para condiciones diferentes, aplicar las condiciones indicadas en el texto.

*** Los pesos por m² de los tipos de construcción clásicos están indicados en las tablas 27 ó 28.

TABLA 20A. CORRECCIONES DE LAS DIFERENCIAS EQUIVALENTES DE TEMPERATURA ($^\circ\text{C}$)

Temperatura exterior a las 15 h. para el mes considerado menos temperatura interior	VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA EXTERIOR EN 24 h.																					
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
-16	-21,2	-21,7	-22,3	-22,8	-23,3	-23,8	-24,2	-24,7	-25,1	-25,6	-26,0	-26,5	-27,0	-27,4	-27,9	-28,3	-28,8	-29,3	-29,8	-30,3	-30,8	-31,3
-12	-17,2	-17,7	-18,3	-18,8	-19,3	-19,8	-20,2	-20,7	-21,1	-21,6	-22,0	-22,5	-23,0	-23,4	-23,9	-24,3	-24,8	-25,3	-25,8	-26,3	-26,8	-27,3
-8	-13,2	-13,7	-14,3	-14,8	-15,3	-15,8	-16,2	-16,7	-17,1	-17,6	-18,0	-18,5	-19,0	-19,4	-19,9	-20,3	-20,8	-21,3	-21,8	-22,3	-22,8	-23,3
-4	-9,2	-9,7	-10,3	-10,8	-11,3	-11,8	-12,2	-12,7	-13,1	-13,6	-14,0	-14,5	-15,0	-15,4	-15,9	-16,3	-16,8	-17,3	-17,8	-18,3	-18,8	-19,3
0	-5,2	-5,7	-6,3	-6,8	-7,3	-7,8	-8,2	-8,7	-9,1	-9,6	-10,0	-10,5	-11,0	-11,4	-11,9	-12,3	-12,8	-13,3	-13,8	-14,3	-14,8	-15,3
+2	-3,1	-3,6	-4,2	-4,7	-5,2	-5,6	-6,1	-6,6	-7,0	-7,5	-7,9	-8,4	-8,9	-9,3	-9,8	-10,2	-10,7	-11,2	-11,7	-12,2	-12,7	-13,2
+4	-1,1	-1,6	-2,2	-2,7	-3,2	-3,6	-4,1	-4,6	-5,0	-5,5	-5,9	-6,4	-6,9	-7,3	-7,8	-8,2	-8,7	-9,2	-9,7	-10,2	-10,7	-11,2
+6	0,9	0,3	0,3	0,8	1,3	1,7	2,2	2,7	3,1	3,6	4,0	4,5	5,0	5,4	5,9	6,3	6,8	7,3	7,8	8,2	8,7	9,2
+8	2,8	2,3	1,7	1,2	0,7	0,3	0,3	0,7	1,1	1,6	2,0	2,5	3,0	3,4	3,9	4,3	4,8	5,2	5,7	6,1	6,6	7,0
+10	4,7	4,2	3,6	3,1	2,6	2,2	1,7	1,2	0,8	0,3	0,3	0,7	1,1	1,6	2,0	2,5	2,9	3,4	3,8	4,3	4,7	5,2
+12	6,8	6,3	5,7	5,2	4,7	4,3	3,8	3,3	2,9	2,4	1,8	1,3	0,8	0,4	0,1	0,1	0,6	1,0	1,5	1,9	2,4	2,8
+14	8,9	8,3	7,7	7,2	6,7	6,3	5,8	5,3	4,9	4,4	3,8	3,3	2,8	2,4	1,9	1,3	0,8	0,4	0,1	0,1	0,6	1,0
+16	10,8	10,3	9,7	9,2	8,7	8,3	7,8	7,3	6,9	6,4	5,8	5,3	4,8	4,3	3,8	3,3	2,8	2,4	1,9	1,3	0,8	0,4
+18	12,8	12,3	11,7	11,2	10,7	10,3	9,8	9,3	8,9	8,4	7,8	7,3	6,8	6,3	5,8	5,3	4,8	4,3	3,8	3,3	2,8	2,4
+20	14,8	14,3	13,7	13,2	12,7	12,3	11,8	11,3	10,9	10,4	9,8	9,3	8,8	8,3	7,8	7,3	6,8	6,3	5,8	5,3	4,8	4,3
+22	16,9	16,4	15,8	15,3	14,8	14,4	13,9	13,4	13,0	12,5	11,9	11,4	10,9	10,5	10,0	9,4	8,9	8,4	7,9	7,3	6,8	6,3

CAPÍTULO 5. TRANSMISIÓN DE CALOR Y DE VAPOR DE AGUA EN EDIFICIOS

1-67

TABLA 30. COEFICIENTES DE TRANSMISIÓN GLOBAL K. — TECHO Y PAVIMENTO (Flujo descendente)

Aire quieto en cada cara — kcal·h·m⁻²·°CLos números entre paréntesis dan el peso en kg m². El peso total es igual a la suma de los pesos de los diversos componentes

condicionado		ESPESOR (cm) Y PESO (kg m ²)	CONSTRUCCION DEL TECHO											
Suelo			Sin forro				Suspendido o con forros							
Techo			Desnudo o enlucido de arena 12 mm	Enlucido ligero 12 mm	Losas acústicas perforadas		Enramado metálico enlucido		Yeso 10 mm o enramado madera enlucido		Panel aislante desnudo o con enlucido de arena 12 mm		Losas acústicas sobre forro o yeso 10 mm	
TURALEZA DEL SUELO	PAVIMENTO DE HORMIGÓN		(25)	(15)	Losas de 12 mm	Losas de 20 mm	Enlucido de arena 20 mm	Enlucido ligero 20 mm	Enlucido de arena 12 mm	Enlucido ligero 12 mm	Panel de 12 mm	Panel de 25 mm	Losas de 12 mm	Losas de 20 mm
Desnudo lindero 1 mm o baldosado	Enlucido de arena	5 (92)	2,34	2,10	1,51	1,27	1,56	1,42	1,46	1,37	1,12	0,83	1,12	0,98
		10 (190)	2,15	1,95	1,46	1,22	1,51	1,37	1,37	1,32	1,07	0,83	1,07	0,98
		15 (285)	2,00	1,81	1,37	1,17	1,42	1,32	1,32	1,27	1,02	0,78	1,07	0,93
		20 (385)	1,90	1,71	1,32	1,12	1,37	1,27	1,27	1,22	1,02	0,79	1,02	0,93
		25 (483)	1,76	1,66	1,27	1,07	1,32	1,22	1,17	1,12	0,98	0,73	0,98	0,88
Enlucido ligero (1300 kg m ²)		5 (73)	1,76	1,66	1,27	1,07	1,32	1,22	1,22	1,17	0,98	0,73	0,98	0,88
		10 (136)	1,42	1,27	1,02	0,93	1,07	1,02	1,02	0,98	0,83	0,68	0,83	0,78
		15 (200)	1,12	1,07	0,88	0,83	0,93	0,88	0,88	0,83	0,73	0,63	0,73	0,68
		20 (292)	1,07	0,98	0,83	0,78	0,93	0,88	0,88	0,83	0,73	0,63	0,68	0,63
		25 (488)	1,07	0,98	0,83	0,78	0,93	0,88	0,88	0,83	0,73	0,63	0,68	0,63
Parquet sobre superficie de cemento	Enlucido de arena	5 (92)	1,76	1,61	1,22	1,07	1,27	1,17	1,17	1,12	0,98	0,73	0,98	0,88
		10 (195)	1,61	1,51	1,17	1,02	1,22	1,12	1,12	1,07	0,93	0,73	0,93	0,83
		15 (292)	1,56	1,42	1,12	1,02	1,17	1,07	1,07	1,02	0,88	0,73	0,88	0,83
		20 (390)	1,46	1,37	1,12	0,98	1,12	1,07	1,07	1,02	0,88	0,68	0,88	0,83
		25 (488)	1,42	1,32	1,07	0,93	1,07	1,02	1,02	0,98	0,83	0,68	0,88	0,78
	Enlucido ligero (1300 kg m ²)	5 (73)	1,42	1,32	1,07	0,93	1,07	1,02	1,02	0,98	0,83	0,68	0,83	0,78
		10 (141)	1,12	1,07	0,93	0,83	0,93	0,88	0,88	0,83	0,73	0,63	0,73	0,68
		15 (205)	0,98	0,93	0,78	0,73	0,78	0,78	0,78	0,73	0,63	0,54	0,68	0,63
		20 (292)	0,93	0,88	0,78	0,73	0,83	0,78	0,78	0,73	0,63	0,54	0,68	0,63
		25 (488)	0,93	0,88	0,78	0,73	0,83	0,78	0,78	0,73	0,63	0,54	0,68	0,63
Baldosado lindero 1 mm sobre trapilla o 16 mm de vigas	Enlucido de arena	5 (92)	1,61	1,51	1,17	1,02	1,22	1,12	1,12	1,07	0,93	0,73	0,98	0,83
		10 (203)	1,56	1,42	1,12	1,02	1,17	1,07	1,07	1,02	0,88	0,73	0,93	0,83
		15 (302)	1,46	1,37	1,12	0,98	1,12	1,07	1,07	1,02	0,88	0,68	0,88	0,78
		20 (400)	1,42	1,32	1,07	0,93	1,07	1,02	1,02	0,98	0,83	0,68	0,88	0,78
		25 (498)	1,37	1,27	1,02	0,93	1,02	0,98	0,98	0,93	0,83	0,63	0,83	0,76
Enlucido ligero (1300 kg m ²)		5 (73)	1,37	1,27	1,02	0,93	1,02	0,98	0,98	0,93	0,73	0,63	0,83	0,73
		10 (157)	1,07	1,02	0,88	0,78	0,88	0,83	0,83	0,83	0,73	0,59	0,73	0,68
		15 (214)	0,93	0,88	0,78	0,68	0,78	0,73	0,73	0,73	0,63	0,54	0,68	0,63
		20 (302)	0,88	0,83	0,73	0,63	0,83	0,78	0,78	0,73	0,63	0,54	0,68	0,63
		25 (498)	0,88	0,83	0,73	0,63	0,83	0,78	0,78	0,73	0,63	0,54	0,68	0,63
Parquet sobre asfalto de bierla e vigas	Enlucido de arena	5 (92)	1,27	1,22	0,98	0,83	0,98	0,98	0,98	0,93	0,78	0,63	0,83	0,73
		10 (214)	1,22	1,17	0,98	0,88	0,98	0,93	0,93	0,88	0,78	0,63	0,78	0,73
		15 (312)	1,17	1,12	0,93	0,83	0,93	0,88	0,93	0,88	0,73	0,63	0,78	0,68
		20 (410)	1,12	1,07	0,93	0,83	0,93	0,88	0,88	0,83	0,73	0,59	0,73	0,68
		25 (507)	1,07	1,02	0,88	0,78	0,88	0,83	0,83	0,83	0,68	0,59	0,73	0,68
Enlucido ligero (1300 kg m ²)		5 (73)	1,07	1,02	0,88	0,78	0,88	0,83	0,83	0,83	0,68	0,59	0,73	0,68
		10 (161)	0,93	0,88	0,78	0,68	0,78	0,73	0,73	0,73	0,63	0,54	0,63	0,59
		15 (214)	0,88	0,78	0,68	0,63	0,78	0,73	0,73	0,73	0,63	0,54	0,63	0,59
		20 (302)	0,83	0,73	0,63	0,53	0,73	0,68	0,68	0,63	0,53	0,49	0,59	0,54
		25 (498)	0,83	0,73	0,63	0,53	0,73	0,68	0,68	0,63	0,53	0,49	0,59	0,54
Acondicionado			TECHADO MADERA											
Suelo			Sin forro				Suspendido o con forros							
Techo			Desnudo	Enlucido	Losas acústicas perforadas	Losas de 12 mm	Enramado metálico enlucido	Yeso 10 mm o enramado madera enlucido	Panel aislante desnudo o con enlucido de arena	Panel aislante desnudo o con enlucido de arena	Losas acústicas sobre forros o yeso 10 mm	Losas acústicas sobre forros o yeso 10 mm	Losas acústicas sobre forros o yeso 10 mm	Losas acústicas sobre forros o yeso 10 mm
PAVIMENTO DE HORMIGÓN			(25)	(15)	(5)	(5)	(35)	(15)	(25)	(10)	(10)	(20)	(5)	(5)
Desnudo lindero 1 mm o baldosado	Enlucido de arena	5 (92)	2,34	2,10	1,51	1,27	1,56	1,42	1,46	1,37	1,12	0,83	1,12	0,98
		10 (190)	2,15	1,95	1,46	1,22	1,51	1,37	1,37	1,32	1,07	0,83	1,07	0,98
		15 (285)	2,00	1,81	1,37	1,17	1,42	1,32	1,32	1,27	1,02	0,78	1,07	0,93
		20 (385)	1,90	1,71	1,32	1,12	1,37	1,27	1,27	1,22	1,02	0,79	1,02	0,93
		25 (483)	1,76	1,66	1,27	1,07	1,32	1,22	1,17	1,12	0,98	0,73	0,98	0,88
Enlucido ligero (1300 kg m ²)		5 (73)	1,76	1,66	1,27	1,07	1,32	1,22	1,22	1,17	0,98	0,73	0,98	0,88
		10 (136)	1,42	1,27	1,02	0,93	1,07	1,02	1,02	0,98	0,83	0,68	0,83	0,78
		15 (200)	1,12	1,07	0,88	0,83	0,93	0,88	0,88	0,83	0,73	0,63	0,73	0,68
		20 (292)	1,07	0,98	0,83	0,78	0,93	0,88	0,88	0,83	0,73	0,63	0,68	0,63
		25 (488)	1,07	0,98	0,83	0,78	0,93	0,88	0,88	0,83	0,73	0,63	0,68	0,63
Baldosado lindero 1 mm sobre trapilla o 16 mm de vigas	Enlucido de arena	5 (92)	1,61	1,51	1,17	1,02	1,22	1,12	1,12	1,07	0,93	0,73	0,98	0,83
		10 (203)	1,56	1,42	1,12	1,02	1,17	1,07	1,07	1,02	0,88	0,73	0,93	0,83
		15 (302)	1,46	1,37	1,12	0,98	1,12	1,07	1,07	1,02	0,88	0,68	0,88	0,78
		20 (400)	1,42	1,32	1,07	0,93	1,07	1,02	1,02	0,98	0,83	0,68	0,88	0,78
		25 (498)	1,37	1,27	1,02	0,93	1,02	0,98	0,98	0,93	0,83	0,63	0,83	0,76
Enlucido ligero (1300 kg m ²)		5 (73)	1,37	1,27	1,02	0,93	1,02	0,98	0,98	0,93	0,73	0,63	0,83	0,73
		10 (157)	1,07	1,02	0,88	0,78	0,88	0,83	0,83	0,83	0,73	0,59	0,73	0,68
		15 (214)	0,93	0,88	0,78	0,68	0,78	0,73	0,73	0,73	0,63	0,54	0,68	0,63
		20 (302)	0,88	0,83	0,73	0,63	0,83	0,78	0,78	0,73	0,63	0,54	0,68	0,63
		25 (498)	0,88	0,83	0,73	0,63	0,83	0,78	0,78	0,73	0,63	0,54	0,68	0,63
Parquet sobre asfalto de bierla e vigas	Enlucido de arena	5 (92)	1,27	1,22	0,98	0,83	0,98	0,98	0,98	0,93	0,78	0,63	0,83	0,73
		10 (214)	1,22	1,17	0,98	0,88	0,98	0,93	0,93	0,88	0,78	0,63	0,78	0,73
		15 (312)	1,17	1,12	0,93	0,83	0,93	0,88	0,93	0,88	0,73	0,63	0,78	0,68
		20 (410)	1,12	1,07	0,93	0,83	0,93	0,88	0,88	0,83	0,73	0,59	0,73	0,68
		25 (507)	1,07	1,02	0,88	0,78	0,88	0,83	0,83	0,83	0,68	0,59	0,73	0,68
Enlucido ligero (1300 kg m ²)		5 (73)	1,07	1,02	0,88	0,78	0,88	0,83	0,83	0,83	0,68	0,59	0,73	0,68
		10 (161)	0,93	0,88	0,78	0,68	0,78	0,73	0,73	0,73	0,63	0,54	0,63	0,59
		15 (214)	0,88	0,78	0,68	0,63	0,78	0,73	0,73	0,73	0,63	0,54	0,63	0,59
		20 (302)	0,83	0,73	0,63	0,53	0,73	0,68	0,68	0,63	0,53	0,49	0,59	0,54
		25 (498)	0,83	0,73	0,63	0,53	0,73	0,68	0,68	0,63	0,53	0,49	0,59	0,54

Acondicionado

Flujo descendente, total no acondicionado debajo:

Ganancia kcal/h = (Área, m²) × K × (Temperatura exterior - Temperatura interior - 3 °C).

Cocina encima:

Ganancia kcal/h = (Área, m²) × K × (Diferencia real de temperatura).Ganancia kcal/h = (Área, m²) × K × (Temperatura exterior - Temperatura interior - 2 a 15 °C).

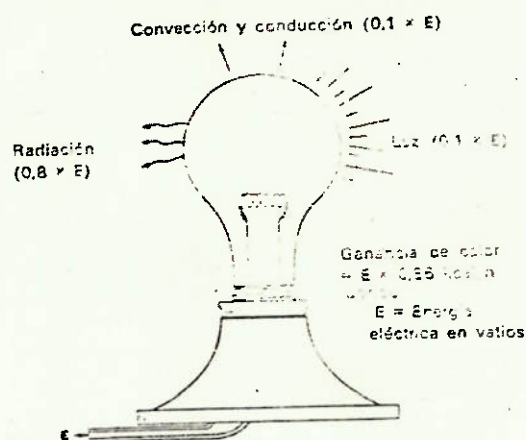


Fig. 30. Conversión de la energía eléctrica en calor y luz en las lámparas de incandescencia

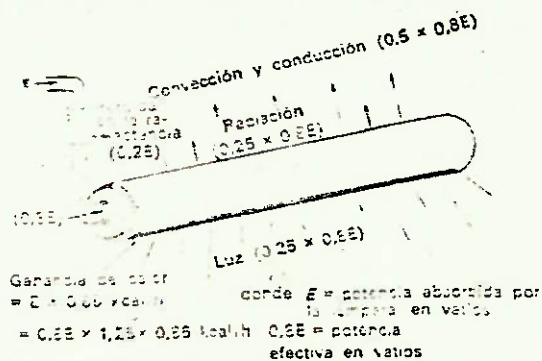


Fig. 31. Conversión de la energía eléctrica en calor y luz en las lámparas fluorescentes

Ganancias de calor latente:

$$(10 \times 233) + (20 \times 40) + (20 \times 68) = 4.490 \text{ kcal/h.}$$

tiene simultáneamente 10 jugadores, 20 espectadores sentados y 20 de pie).

Determinar:

Las ganancias de calor sensible y latente debidas a los ocupantes.

Solución:

Ganancias de calor sensible

$$(10 \times 132) + (20 \times 60) + (20 \times 71) = 3.940 \text{ kcal/h.}$$

ALUMBRADO

El alumbrado constituye una fuente de calor sensible. Este calor se emite por radiación, convección y conducción. Un porcentaje del calor emitido por radiación es absorbido por los materiales que rodean el local, pudiendo también

TABLA 48. GANANCIAS DEBIDAS A LOS OCUPANTES

GRADO DE ACTIVIDAD	TIPO DE APLICACIÓN	Metabolismo hombre adulto (kcal/h)	Metabolismo niño (kcal/h)	TEMPERATURA SECA DEL LOCAL (°C)									
				23		27		29		34		31	
				kcal/h		kcal/h		kcal/h		kcal/h		kcal/h	
				Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes
Sentados, en reposo	Teatro, escuela primaria	72	55	44	44	49	39	53	35	58	30	65	23
Sentados, trabajo muy ligero	Escuela secundaria	112	77	45	55	48	52	54	46	63	40	68	32
Empleado de oficina	Oficina, hotel, apartamento, escuela superior	125	113	45	68	50	63	54	59	61	52	71	42
De pie, marcha lenta	Almacenes, tienda	139	116	45	81	50	76	55	71	64	62	73	53
Sentado, de pie	Farmacia	139	116	45	81	50	76	55	71	64	62	73	53
De pie, marcha lenta	Banco	139	116	45	81	50	76	55	71	64	62	73	53
Sentado	Restaurante **	125	113	48	91	55	84	61	78	71	68	81	58
Trabajo ligero en el banco de taller	Fábrica, trabajo ligero	202	144	48	141	55	134	62	127	74	115	92	97
Bateo o danza	Sala de baile	202	144	55	159	62	152	69	145	82	132	111	119
Marcha, 5 km/h	Fábrica, trabajo bastante pesado	202	144	68	184	75	176	83	169	96	156	116	136
Trabajo pesado	Pista de bowling ***	275	199	117	252	117	248	122	243	132	233	132	213

* El «metabolismo medio» corresponde a un grupo compuesto de adultos y de niños de ambos sexos, en las proporciones normales. Estos valores se han obtenido a base de las hipótesis siguientes:

Metabolismo mujer adulta = Metabolismo hombre adulto $\times 0,85$
 Metabolismo niño = Metabolismo hombre adulto $\times 0,75$

** Estos valores comprenden una mejora de 13 kcal/h (50 % calor sensible y 50 % calor latente) por ocupante, para tener en cuenta el calor desprendido por los platos.

*** Bowling = Admitir una persona por pista jugando, y todas las otras sentadas (100 kcal/h) o de pie (139 kcal/h).

PRIMERA PARTE. ESTIMACIÓN DE LA CARGA TÉRMICA

TABLA 9. FACTORES DE ALMACENAMIENTO SOBRE CARGA TÉRMICA, APORTACIONES SOLARES A TRAVÉS DE VIDRIO.

Dispositivos con elementos de sombra interiores*
 Funcionamiento de 16 horas diarias. Temperatura interior constante**

ORIENTACIÓN (Latitud Norte)	PESO (***) (kg por m ² de superficie)	HORA SOLAR																				ORIENTACIÓN (Latitud Sur)
		MAÑANA										TARDE										
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21					
NE	750 y más	0,53	0,44	0,39	0,47	0,31	0,25	0,24	0,22	0,18	0,17	0,15	0,14	0,12	0,09	0,08	0,07	SE				
	500	0,53	0,45	0,41	0,50	0,32	0,27	0,22	0,21	0,17	0,16	0,15	0,13	0,11	0,08	0,07	0,06					
	150	0,56	0,47	0,43	0,52	0,34	0,29	0,24	0,23	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11	0,07	0,04	0,02					
E	750 y más	0,47	0,43	0,48	0,64	0,54	0,38	0,27	0,25	0,22	0,18	0,17	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08	E				
	500	0,46	0,43	0,49	0,67	0,56	0,39	0,27	0,24	0,22	0,18	0,16	0,14	0,12	0,09	0,08	0,07					
	150	0,47	0,41	0,48	0,79	0,64	0,42	0,25	0,19	0,16	0,14	0,11	0,09	0,07	0,04	0,02	0,02					
SE	750 y más	0,14	0,37	0,55	0,66	0,70	0,68	0,58	0,46	0,27	0,24	0,21	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	NE				
	500	0,11	0,35	0,53	0,65	0,72	0,69	0,61	0,47	0,29	0,24	0,21	0,18	0,15	0,12	0,10	0,09					
	150	0,12	0,31	0,57	0,75	0,84	0,81	0,69	0,50	0,30	0,20	0,17	0,13	0,09	0,05	0,04	0,03					
S	750 y más	0,19	0,18	0,24	0,48	0,50	0,58	0,73	0,74	0,64	0,59	0,42	0,24	0,22	0,19	0,17	0,15	N				
	500	0,16	0,14	0,21	0,46	0,59	0,69	0,76	0,70	0,55	0,59	0,45	0,26	0,22	0,18	0,16	0,13					
	150	0,12	0,23	0,44	0,64	0,77	0,86	0,88	0,82	0,56	0,50	0,24	0,16	0,11	0,08	0,05	0,04					
SO	750 y más	0,22	0,21	0,20	0,20	0,20	0,32	0,47	0,60	0,63	0,66	0,61	0,47	0,23	0,19	0,18	0,16	NO				
	500	0,20	0,19	0,18	0,17	0,18	0,31	0,46	0,60	0,66	0,70	0,64	0,50	0,26	0,20	0,17	0,15					
	150	0,08	0,09	0,09	0,09	0,10	0,24	0,47	0,67	0,81	0,86	0,79	0,60	0,26	0,17	0,12	0,08					
O	750 y más	0,23	0,23	0,21	0,21	0,20	0,19	0,18	0,25	0,35	0,52	0,63	0,65	0,55	0,22	0,19	0,17	O				
	500	0,22	0,21	0,19	0,19	0,17	0,16	0,15	0,23	0,36	0,54	0,66	0,68	0,60	0,25	0,20	0,17					
	150	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,19	0,42	0,65	0,81	0,85	0,74	0,30	0,19	0,13					
NO	750 y más	0,21	0,21	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,16	0,33	0,49	0,61	0,50	0,19	0,17	0,15	SO				
	500	0,19	0,19	0,18	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,16	0,34	0,52	0,65	0,53	0,18	0,15	0,12					
	150	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,17	0,39	0,63	0,80	0,79	0,28	0,18	0,12					
N y sombra	750 y más	0,23	0,58	0,75	0,79	0,80	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,89	0,39		0,33	0,31	S y sombra	
	500	0,25	0,46	0,73	0,78	0,82	0,82	0,83	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90	0,90	0,40		0,34	0,29		
	150	0,07	0,22	0,49	0,80	0,85	0,93	0,94	0,95	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,35		0,23	0,16		

Ecuación: Carga de refrigeración kcal/h = [Máxima aportación solar kcal/h.m² (Tabla 6)].

× [superficie acristalada, m²].

× [factor de sombra, factor de atmósfera, etc. (Cap. 4)].

× [factor de almacenamiento (Tabla 7 a la hora deseada)].

× [factor de aislamiento (Tabla 7 a la hora deseada)].

* Elemento de sombra interior es cualquier tipo de pantalla situada detrás de la superficie acristalada.

** Estos factores se aplican cuando se mantiene una TEMPERATURA CONSTANTE en el interior del edificio durante el periodo de funcionamiento del equipo. Cuando se permite una variación de temperatura, resulta un almacenamiento adicional durante periodos de máxima carga. Véase la Tabla 13 para los factores de almacenamiento aplicables.

*** Peso por metro cuadrado de piso.

Local con uno o más muros al exterior = $\frac{(\text{Peso de muros exteriores, kg}) + 1/2 (\text{Peso de tabiques, suelo y techo, kg})}{\text{superficie del suelo del local, m}^2}$

Local interior (sin muros exteriores) = $\frac{1/2 (\text{peso de tabiques, suelo y techo, kg})}{\text{superficie del suelo del local, m}^2}$

Local en sótano (piso sobre suelo) = $\frac{(\text{Peso del suelo, kg}) + (\text{Peso de muros exteriores, kg}) + 1/2 (\text{peso de tabiques y techo, kg})}{\text{superficie del suelo del local, m}^2}$

Edificio o zona entera = $\frac{\text{Peso de muros exteriores, tabiques, p.d.s., estructura y soportes, kg}}{\text{superficie de suelo con acondicionamiento de aire, m}^2}$

Si el suelo está recubierto de una alfombra. El peso del suelo debe multiplicarse por 0.50 a fin de compensar el efecto aislante de la alfombra.

Los pesos por m² de los tipos de construcción más usuales se encuentran en las Tablas 21 hasta 33.

PLATE 10

EXEMPLO DE USO DO MULTIPLICADOR m
CONHECENDO S (25°C E 50%), SABENDO QUE NO PROCESSO IS ,
 $m = \text{CALOR TOTAL/CALOR SENSÍVEL} = (h_3 - h_2)/0,24(t_3 - t_1) = 1,5$
E QUE $\phi = 90^\circ$, DETERMINAR Ta e Tf .
DESDE-SE Tf PASSANDO POR S E COM INCLINAÇÃO $m = 1,5$
TEM-SE $Tf - Tc = 110^\circ\text{C}$.

MULTIPLICADOR m
(CALOR TOTAL/CALOR SENSIVEL)

ESTUDO PSICROM.

18/20NA N° 1

$$m = 1.10$$

DIAGRAM 1

τ °C	ρ 1774.2	t °C	P Atm.	t °C	P Atm.	t °C	P Atm.
-20	150	4	0.275	21	0.275		
-19	156	5	0.285	20	0.285		
-18	161	6	0.295	19	0.295		
-17	166	7	0.305	18	0.305		
-16	171	8	0.315	17	0.315		
-15	176	9	0.325	16	0.325		
-14	181	10	0.335	15	0.335		
-13	186	11	0.345	14	0.345		
-12	191	12	0.355	13	0.355		
-11	196	13	0.365	12	0.365		
-10	201	14	0.375	11	0.375		
-9	206	15	0.385	10	0.385		
-8	211	16	0.395	9	0.395		
-7	216	17	0.405	8	0.405		
-6	221	18	0.415	7	0.415		
-5	226	19	0.425	6	0.425		
-4	231	20	0.435	5	0.435		
-3	236	21	0.445	4	0.445		
-2	241	22	0.455	3	0.455		
-1	246	23	0.465	2	0.465		
0	251	24	0.475	1	0.475		
1	256	25	0.485	0	0.485		
2	261	26	0.495				
3	266	27	0.505				

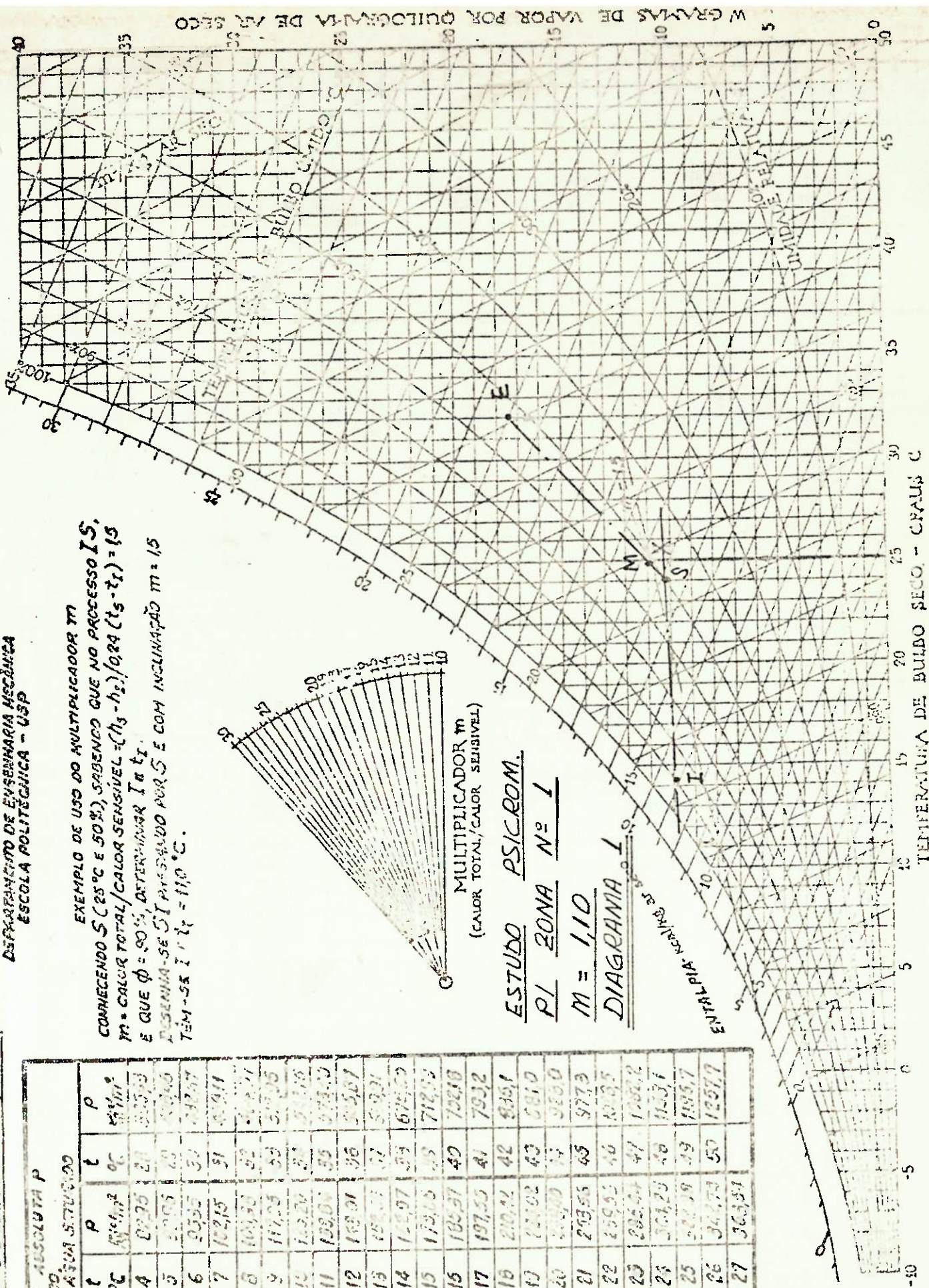
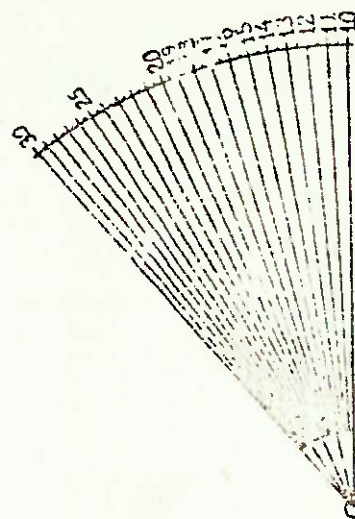
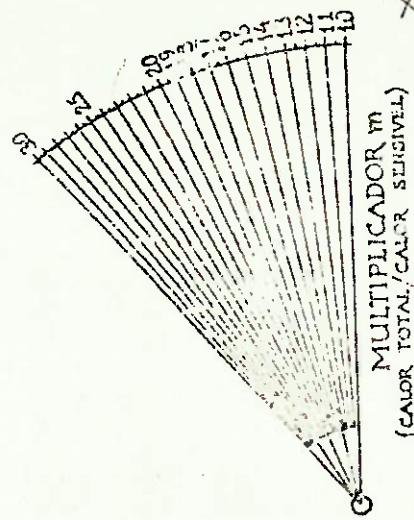


TABELA 1 - PROPRIEDADES DA ÁGUA SATURADA				
t, °C	p, kg/cm ²	t, °C	p, kg/cm ²	p, kg/cm ²
-20	0,005	4	0,005	0,005
-19	0,005	5	0,005	0,005
-18	0,005	6	0,005	0,005
-17	0,005	7	0,005	0,005
-16	0,005	8	0,005	0,005
-15	0,005	9	0,005	0,005
-14	0,005	10	0,005	0,005
-13	0,005	11	0,005	0,005
-12	0,005	12	0,005	0,005
-11	0,005	13	0,005	0,005
-10	0,005	14	0,005	0,005
-9	0,005	15	0,005	0,005
-8	0,005	16	0,005	0,005
-7	0,005	17	0,005	0,005
-6	0,005	18	0,005	0,005
-5	0,005	19	0,005	0,005
-4	0,005	20	0,005	0,005
-3	0,005	21	0,005	0,005
-2	0,005	22	0,005	0,005
-1	0,005	23	0,005	0,005
0	0,005	24	0,005	0,005
1	0,005	25	0,005	0,005
2	0,005	26	0,005	0,005
3	0,005	27	0,005	0,005

EXEMPLO DE USO DO MULTIPLICADOR M
CONHECENDO S (25°C e 50%), SABENDO QUE NO PROCESSO IS,
M = CALOR TOTAL/CALOR SENSÍVEL = $(h_g - h_f) / 0,24 (t_g - t_f) = 15$
E QUE $\phi = 80\%$, DETERMINAR I e t.
DESENHA-SE SI PASSANDO POR S E COM INCLINAÇÃO M = 15
TEM-SE I e t = 11,0 °C.



MULTIPLICADOR M
(CALOR TOTAL/CALOR SENSÍVEL)

ESTUDO PSICROM.
PI ZONA Nº 2

M = 1,11

DIAGRAMA 2

ENTALPIA kcal/kg S

ENTALPIA kcal/kg S

ENTALPIA kcal/kg S

ENTALPIA kcal/kg S

ENTALPIA kcal/kg S

ENTALPIA kcal/kg S

ENTALPIA kcal/kg S

ENTALPIA kcal/kg S

ENTALPIA kcal/kg S

ENTALPIA kcal/kg S

ENTALPIA kcal/kg S

ENTALPIA kcal/kg S

ENTALPIA kcal/kg S

ENTALPIA kcal/kg S

W GRAMAS DE VAPORE POR QUILOGRAMA DE AR SECO

UNIDADE DE FLECHA

UNIDADE DE FLECHA

UNIDADE DE FLECHA

UNIDADE DE FLECHA

UNIDADE DE FLECHA

UNIDADE DE FLECHA

UNIDADE DE FLECHA

UNIDADE DE FLECHA

UNIDADE DE FLECHA

UNIDADE DE FLECHA

TEMPERATURA DE BUBO SECO - GRAUS C

TEMPERATURA DE BUBO SECO - GRAUS C

TEMPERATURA DE BUBO SECO - GRAUS C

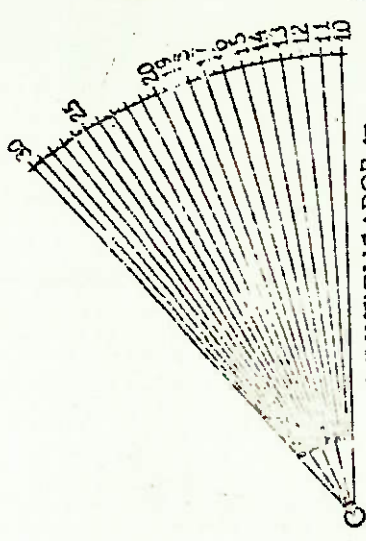
TEMPERATURA DE BUBO SECO - GRAUS C

TEMPERATURA DE BUBO SECO - GRAUS C

TEMPERATURA DE BUBO SECO - GRAUS C

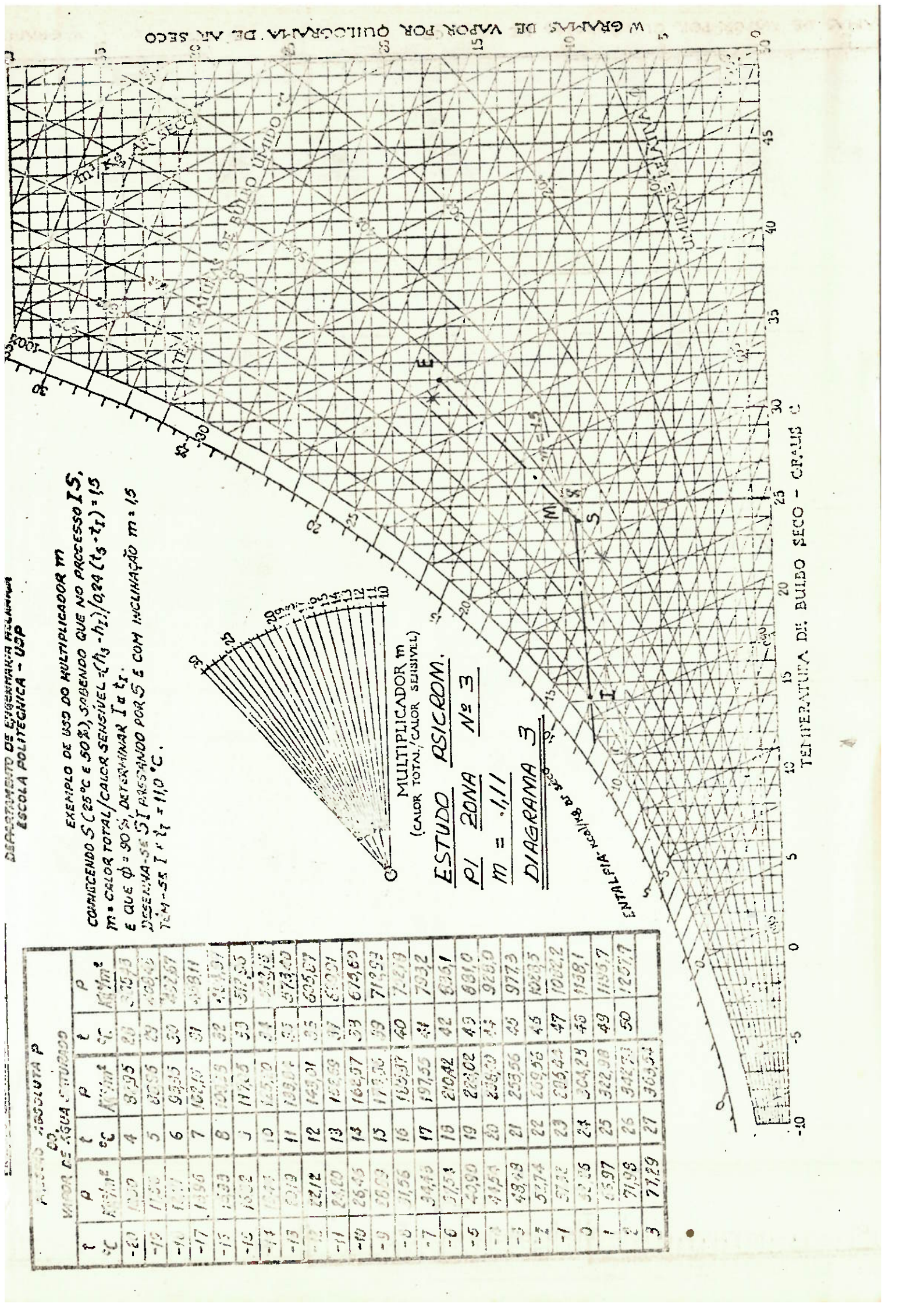
VALORES ABSOLUTOS				
t	P	t	P	P
°C	mmHg	°C	mmHg	mmHg
-20	1050	4	8195	8195
-19	1150	5	8086	8086
-18	1250	6	7975	7975
-17	1350	7	7862	7862
-16	1450	8	7748	7748
-15	1550	9	7632	7632
-14	1650	10	7515	7515
-13	1750	11	7396	7396
-12	1850	12	7275	7275
-11	1950	13	7152	7152
-10	2050	14	7027	7027
-9	2150	15	6900	6900
-8	2250	16	6771	6771
-7	2350	17	6640	6640
-6	2450	18	6507	6507
-5	2550	19	6372	6372
-4	2650	20	6235	6235
-3	2750	21	6096	6096
-2	2850	22	5955	5955
-1	2950	23	5812	5812
0	3050	24	5667	5667
1	3150	25	5520	5520
2	3250	26	5371	5371
3	3350	27	5220	5220

EXEMPLO DE USO DO MULTIPLICADOR m
 CORRIGENDO S (25°C E 50%), SABENDO QUE NO PROCESSO IS ,
 $m = \text{CALOR TOTAL} / \text{CALOR SENSÍVEL} = (h_3 - h_1) / 0,24 (t_3 - t_1) = 1,5$
 E QUE $\phi = 90\%$, DETERMINAR I A t_1 .
 DESENHA-SE SI PARTINDO POR S E COM INCLINAÇÃO $m = 1,5$
 TEM-SE I A $t_1 = 11,0^{\circ}\text{C}$.



MULTIPLICADOR m
 (CALOR TOTAL / CALOR SENSÍVEL)

ESTUDO PSICROM.
 PI 20NA Nº 3
 $m = 1,11$
 DIAGRAMA 3

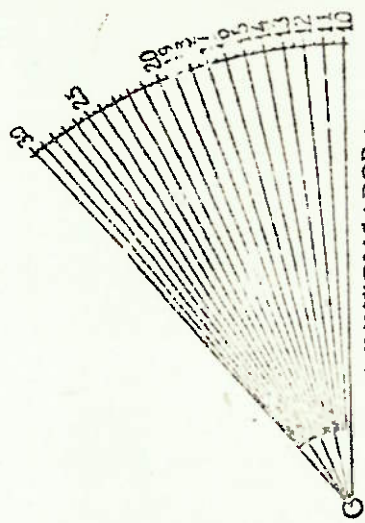


PROBLEMA ADICIONAL P

IMPACTO DE AQUELA SATURADO

t °C	P mmHg	t °C	P mmHg	t °C	P mmHg
-20	10,2	4	82,55	28	355,13
-19	11,3	5	82,95	29	409,45
-18	12,4	6	93,35	30	482,67
-17	13,6	7	102,15	31	559,11
-16	14,9	8	109,35	32	641,87
-15	16,2	9	116,05	33	731,55
-14	17,5	10	122,30	34	829,10
-13	18,9	11	128,04	35	934,50
-12	20,3	12	143,01	36	1048,87
-11	21,7	13	152,63	37	1172,93
-10	23,1	14	162,97	38	1307,80
-9	24,5	15	173,25	39	1453,53
-8	25,9	16	185,57	40	1610,10
-7	27,3	17	197,55	41	1778,2
-6	28,7	18	212,12	42	1958,1
-5	30,0	19	223,02	43	2150,0
-4	31,4	20	233,39	44	2354,0
-3	32,8	21	243,55	45	2570,5
-2	34,2	22	259,55	46	2800,2
-1	35,6	23	265,47	47	3043,1
0	37,0	24	271,29	48	3300,1
1	38,4	25	322,19	49	3571,7
2	39,8	26	348,72	50	3867,7
3	41,2	27	363,50		

EXEMPLO DE USO DO MULTIPLICADOR m
CONHECENDO S (25°C e 50%), SABENDO QUE NO PROCESSO IS ,
 $m = \text{CALOR TOTAL/CALOR SENSÍVEL} = (h_3 - h_2)/0,24(t_3 - t_2) = 1,5$
E QUE $\phi = 90^\circ$, DETERMINAR I e t_r .
DESIGNA-SE SI PARTINDO POR S E COM INCLINAÇÃO $m = 1,5$
TEM-SE I e $t_r = 11,0^\circ\text{C}$.



MULTIPLICADOR m
(CALOR TOTAL/CALOR SENSÍVEL)

ESTUDO PSICROM.

PI ZONA Nº 4

$m = 1,06$

DIAGRAMA 4

W GRAMAS DE VAPOR POR GRAMA DE AR SECO

TEMPERATURA DE BULBO SECO - GRAUS C

Tabela 13

A.B.N.T. - São Paulo, 22/10/73

Bitolas de chapas para a fabricação de dutos rígidos de sistemas de baixa pressão e baixa velocidade (pressão estática até 50 mm de coluna d'água e velocidade até 10 m/s)

Espessuras				Circular		Retangular
Alumínio		Aço galvanizado		Helicoidal mm	Calandrado com costura longitudinal mm	Lado maior mm
Bitola	mm	Bitola	mm			
24	0,64	26	0,50	 225	até 450	até 300
22	0,79	24	0,64	250 a 600	460 a 750	310 a 750
20	0,95	22	0,79	650 a 900	760 a 1.150	750 a 1.400
18	1,27	20	0,95	950 a 1.250	1.160 a 1.500	1.410 a 2.100
16	1,59	18	1,27	1.300 a 1.500	1.510 a 2.300	2.110 a 3.000

Observações:

- 1) Para detalhes de construção de dutos de baixa pressão recomenda-se consultar o ASHRAE Guide and DATA Book Equipment e ASHRAE Handbook of Fundamentals, últimas edições.
- 2) Para detalhes técnicos sobre dutos de média e alta pressão recomenda-se consultar o ASHRAE Guide Equipment, o ASHRAE Handbook of Fundamentals e os manuais da SMACNA (Sheet Metal and Air Conditioning Contractor Association, Inc.) (Washington, D.C. Box 3300).

Tabela 14

A.B.N.T. - São Paulo, 28/10/76

Parâmetros máximos recomendados para seleção da tubulação de água para instalações de ar condicionado

Diâmetro do tubo		Sistema fechado			Sistema Aberto		
Polegadas	mm	Vazão m³/h	Velocidade m/s	Perda (1) %	Vazão m³/h	Velocidade m/s	Perda (1) %
3/4"	19	1,5	1,2	10	1,0	0,8	10
1"	25	3	1,5	10	2,2	1,1	10
1 1/4"	32	6	1,7	10	4	1,2	10
1 1/2"	38	9	1,9	10	6	1,3	10
2"	50	17	2,2	10	12	1,6	10
2 1/2"	65	23	2,5	10	23	2,1	10
3"	75	43	2,8	10	36	2,1	10
4"	100	90	3,1	9	75	2,5	10
5"	125	143	3,1	7	106	2,9	10
6"	150	215	3,2	5,5	204	3,1	9

Observações:

(1) Perda em % do comprimento equivalente

— Para diâmetro acima de 150 mm a velocidade da água limita-se em 3,3 m/s.

— As vazões indicadas referem-se a tubos classe DIN 2440. Para tubos de parede mais espessa prevalecem os valores limites de velocidade da tabela.

TABLA 7. VELOCIDADES MAXIMAS RECOMENDADAS PARA SISTEMAS DE BAJA VELOCIDAD (m/s)

APLICACIÓN	FACTOR DE CONTROL DEL NIVEL DE RUIDO (conductos principales)	FACTOR DE CONTROL - ROZAMIENTO EN CONDUCTO			
		Conductos principales		Conductos derivados	
		Suministro	Retorno	Suministro	Retorno
Residencias	3	5	4	3	3
Apartamentos Dormitorios de hotel Dormitorios de hospital	5	7,5	6,5	6	6
Oficinas particulares Despachos de directores Bibliotecas	6	10	7,5	8	6
Salas de cine y teatro Auditorios	4	6,5	5,5	5	4
Oficinas públicas Restaurantes de primera categoría Comercios de primera categoría Bancos	7,5	10	7,5	8	6
Comercios de categoría media Cafeterías	9	10	7,5	8	6
Locales industriales	12,5	15	9	11	7,5

TABLA 8. PRESIONES DINAMICAS

PRESIÓN DINÁMICA (mm c. s.)	VELOCIDAD (m/s)	PRESIÓN DINÁMICA (mm c. s.)	VELOCIDAD (m/s)	PRESIÓN DINÁMICA (mm c. s.)	VELOCIDAD (m/s)	PRESIÓN DINÁMICA (mm c. s.)	VELOCIDAD (m/s)
0,25	2	8,75	11,83	17,25	18,60	28	21,18
0,50	2,82	9	12	17,50	16,73	29	21,54
0,75	3,46	9,25	12,16	17,75	16,85	30	21,90
1	4	9,50	12,32	18	16,97	31	22,27
1,25	4,47	9,75	12,49	18,25	17,08	32	22,62
1,50	4,89	10	12,64	18,50	17,20	33	22,97
1,75	5,29	10,25	12,80	18,75	17,32	34	23,32
2	5,65	10,50	12,96	19	17,43	35	23,66
2,25	6	10,75	13,11	19,25	17,55	36	24
2,50	6,32	11	13,26	19,50	17,66	37	24,33
2,75	6,63	11,25	13,41	19,75	17,77	38	24,65
3	6,92	11,50	13,56	20	17,88	39	24,98
3,25	7,21	11,75	13,71	20,25	18	40	25,29
3,50	7,48	12	13,85	20,50	18,11	41	25,61
3,75	7,74	12,25	14	20,75	18,22	42	25,92
4	8	12,50	14,14	21	18,33	43	26,22
4,25	8,24	12,75	14,28	21,25	18,43	44	26,53
4,50	8,48	13	14,42	21,50	18,54	45	26,83
4,75	8,71	13,25	14,56	21,75	18,65	46	27,12
5	8,94	13,50	14,69	22	18,76	47	27,42
5,25	9,16	13,75	14,83	22,25	18,86	48	27,71
5,50	9,38	14	14,96	22,50	18,97	49	28
5,75	9,59	14,25	15,09	22,75	19,07	50	28,28
6	9,79	14,50	15,23	23	19,18	51	28,56
6,25	10	14,75	15,36	23,25	19,28	52	28,84
6,50	10,19	15	15,49	23,50	19,39	53	29,12
6,75	10,39	15,25	15,62	23,75	19,49	54	29,39
7	10,58	15,50	15,74	24	19,59	55	29,66
7,25	10,77	15,75	15,87	24,25	19,69	56	29,93
7,50	10,95	16	16	24,50	19,79	57	30,19
7,75	11,13	16,25	16,12	24,75	19,89	58	30,46
8	11,31	16,50	16,24	25	20	59	30,72
8,25	11,48	16,75	16,37	26	20,39	60	30,98
8,50	11,66	17	16,49	27	20,78		

NOTAS: 1. Condiciones aire normal (760 mm Hg y 21° C).

2. Valores deducidos de la siguiente ecuación: $h_v = \left(\frac{V}{4}\right)^2$ donde: V = velocidad en m/s.
 h_v = diferencia de presión dinámica.

SISTEMAS DE CONDUCTOS DE BAJA VELOCIDAD

Método de reducción de velocidad

Consiste en seleccionar una velocidad de salida en la descarga del ventilador y establecer arbitrariamente una serie de reducciones a lo largo del conducto. La velocidad inicial no debe exceder de los valores indicados en la tabla 7. Los valores de diámetros de conducto circular equivalente se pueden encontrar en el gráfico 7 partiendo de la velocidad del aire y de su caudal. La tabla 6 se emplea para elegir las dimensiones del conducto rectangular, partiendo del conducto circular equivalente. La presión estática del ventilador se determina por cálculo, utilizando la mayor longitud del conducto, comprendidos todos los codos y acoplamientos. Las tablas 10 y 12 proporcionan las pérdidas en los codos y acoplamientos rectangulares. El conducto más largo no es necesariamente el que tiene mayor pérdida de carga, puesto que conductos más cortos pueden tener más codos, acoplamientos y restricciones.

Normalmente no se utiliza este método porque, para resolver el problema con una precisión razonable, se necesita mucha experiencia y conocer perfectamente el cálculo de conductos. Solamente debe usarse en sistemas muy elementales, y en esos casos deben instalarse compuertas divisoras para compensar el sistema.

Método de pérdida de carga constante

Este método se utiliza en los conductos de impulsión, retorno y extracción de aire, y consiste en calcular los conductos de forma que tengan la misma pérdida de carga por unidad de longitud, a lo largo de todo el sistema. Es mejor que el de reducción de velocidad porque en los trazados simétricos no requiere ulterior compensación. Si la instalación consta de tramos cortos y largos, el más corto exige mucho amortiguamiento. Un sistema de este tipo es difícil de equilibrar porque el método de pérdida de carga constante no tiene en cuenta el equilibrio de caídas de presión en las distintas ramas, ni está provisto de medios para igualar las caídas de presión o para la misma presión estática en cada boca terminal de impulsión.

El procedimiento más corriente consiste en elegir una velocidad inicial en el conducto principal próximo al ventilador. Esta velocidad se deduce de la tabla 7 en la que el factor restrictivo es el nivel de ruido. En este caso se utiliza el gráfico 7, partiendo de la velocidad y caudal del aire, para determinar la pérdida de carga por unidad de longitud. Esta debe mantenerse constante a lo largo del sistema, y el diámetro del conducto circular equivalente se deduce de dicha tabla.

Para abreviar los cálculos de la sección de los conductos se utiliza con frecuencia la tabla 13,

TABLA 13. PORCENTAJE DE ÁREA DE SECCIÓN RECTA EN RAMAS PARA CONSERVAR CONSTANTE EL ROZAMIENTO

% CAUDAL m³/h	% ÁREA CONDUCTO	% CAUDAL m³/h	% ÁREA CONDUCTO	% CAUDAL m³/h	% ÁREA CONDUCTO	% CAUDAL m³/h	% ÁREA CONDUCTO
1	2,0	26	33,5	51	59,0	76	81,0
2	3,5	27	34,5	52	60,0	77	82,0
3	5,5	28	35,5	53	61,0	78	83,0
4	7,0	29	36,5	54	62,0	79	84,0
5	9,0	30	37,5	55	63,0	80	84,5
6	10,5	31	39,0	56	64,0	81	85,5
7	11,5	32	40,0	57	65,0	82	86,0
8	13,0	33	41,0	58	65,5	83	87,0
9	14,5	34	42,0	59	66,5	84	87,5
10	16,5	35	43,0	60	67,5	85	88,5
11	17,5	36	44,0	61	68,0	86	89,5
12	18,5	37	45,0	62	69,0	87	90,0
13	19,5	38	46,0	63	70,0	88	90,5
14	20,5	39	47,0	64	71,0	89	91,5
15	21,5	40	48,0	65	71,5	90	92,0
16	23,0	41	49,0	66	72,5	91	93,0
17	24,0	42	50,0	67	73,5	92	94,0
18	25,0	43	51,0	68	74,5	93	94,5
19	26,0	44	52,0	69	75,5	94	95,0
20	27,0	45	53,0	70	76,5	95	96,0
21	28,0	46	54,0	71	77,0	96	96,5
22	29,5	47	55,0	72	78,0	97	97,5
23	30,5	48	56,0	73	79,0	98	98,0
24	31,5	49	57,0	74	80,0	99	99,0
25	32,5	50	58,0	75	80,5	100	100,0

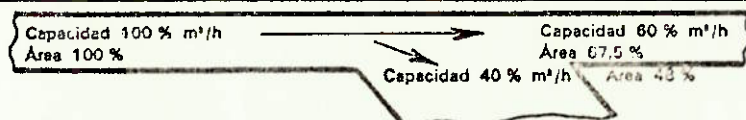


TABLA 6. DIMENSIONES DE CONDUCTOS ÁREA DE LA SECCIÓN, DIAMETRO EQUIVALENTE, Y TIPO DE CONDUCTO *

MEDIDAS DEL CONDUCTO (mm)	150		200		250		300		350		400		450		500		550	
	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)
250	0,038	213	0,048	249	0,06	287												
300	0,042	231	0,067	272	0,071	302	0,087	333										
350	0,048	249	0,067	292	0,084	328	0,103	351	0,119	389								
400	0,055	264	0,075	308	0,094	348	0,115	384	0,134	414	0,154	445						
450	0,061	280	0,084	328	0,108	368	0,129	407	0,151	439	0,173	470	0,198	501				
500	0,067	292	0,092	343	0,117	384	0,142	427	0,168	460	0,192	495	0,216	526	0,242	556		
550	0,072	305	0,10	358	0,128	404	0,156	447	0,184	485	0,21	518	0,238	551	0,264	582	0,292	612
600	0,078	315	0,107	371	0,139	422	0,169	465	0,198	503	0,229	541	0,257	574	0,288	607	0,318	638
650	0,082	326	0,116	384	0,149	435	0,182	483	0,214	524	0,246	561	0,278	597	0,31	630	0,341	664
700	0,088	335	0,123	396	0,158	450	0,193	498	0,229	541	0,265	592	0,301	620	0,333	655	0,368	689
750	0,093	346	0,13	409	0,168	465	0,205	514	0,244	559	0,283	602	0,32	640	0,36	677	0,392	711
800	0,099	356	0,137	419	0,179	478	0,218	529	0,26	576	0,301	620	0,341	661	0,381	698	0,418	734
850	0,105	366	0,146	432	0,188	490	0,23	544	0,274	592	0,318	637	0,36	678	0,404	719	0,443	756
900	0,109	374	0,153	442	0,198	504	0,242	556	0,288	607	0,338	656	0,378	695	0,424	736	0,467	775
950	0,113	381	0,16	452	0,208	516	0,255	572	0,303	622	0,352	671	0,398	714	0,448	757	0,494	798
1.000	0,118	389	0,167	463	0,216	526	0,267	585	0,318	637	0,368	686	0,418	732	0,469	775	0,517	816
1.050	0,123	396	0,172	470	0,225	536	0,278	595	0,33	650	0,384	701	0,438	747	0,492	793	0,54	834
1.100	0,128	404	0,18	480	0,233	546	0,288	607	0,343	662	0,401	716	0,453	762	0,513	810	0,563	852
1.150	0,132	412	0,186	488	0,242	556	0,298	618	0,355	678	0,416	729	0,472	777	0,534	825	0,586	869
1.200	0,137	419	0,193	498	0,25	567	0,31	630	0,373	691	0,43	742	0,491	793	0,553	841	0,611	897
1.250			0,198	506	0,26	577	0,32	641	0,384	701	0,443	757	0,51	808	0,573	856	0,633	903
1.300			0,205	514	0,27	587	0,33	651	0,398	714	0,463	770	0,53	824	0,594	871	0,656	915
1.350			0,212	521	0,276	595	0,343	664	0,41	724	0,478	782	0,548	836	0,614	896	0,679	935
1.400			0,218	531	0,286	605	0,354	674	0,422	734	0,492	793	0,563	849	0,636	902	0,702	951
1.450			0,225	536	0,296	615	0,365	684	0,434	744	0,507	806	0,58	862	0,654	915	0,724	965
1.500			0,237	544	0,303	622	0,378	694	0,448	756	0,523	819	0,602	876	0,673	927	0,747	983
1.600			0,244	559	0,32	640	0,392	709	0,472	778	0,548	841	0,636	902	0,714	956	0,79	1.008
1.700					0,336	656	0,415	729	0,497	798	0,58	862	0,665	923	0,762	981	0,831	1.034
1.800					0,355	674	0,438	746	0,527	820	0,61	885	0,697	946	0,796	1.004	0,876	1.063
1.900					0,38	696	0,454	762	0,543	834	0,632	900	0,735	971	0,824	1.029	0,923	1.088
2.000					0,384	701	0,478	782	0,57	854	0,67	925	0,768	991	0,853	1.052	0,961	1.113
2.100							0,502	800	0,594	876	0,698	946	0,792	1.008	0,9	1.075	0,998	1.133
2.200							0,517	813	0,615	887	0,73	966	0,827	1.030	0,934	1.095	1,035	1.152
2.300							0,535	828	0,64	905	0,753	982	0,868	1.055	0,962	1.113	1,081	1.177
2.400							0,546	839	0,66	920	0,778	996	0,898	1.070	0,999	1.130	1,118	1.200
2.500									0,685	937	0,787	1.020	0,907	1.077	1,045	1.155	1,138	1.210
2.600									0,704	951	0,824	1.030	0,94	1.105	1,072	1.172	1,202	1.240
2.700									0,731	966	0,852	1.045	0,952	1.119	1,11	1.194	1,238	1.261
2.800									0,75	981	0,88	1.063	1,005	1.135	1,138	1.205	1,275	1.278
2.900											0,908	1.078	1,040	1.158	1,165	1.222	1,32	1.303
3.000											0,925	1.090	1,065	1.168	1,21	1.248	1,33	1.308
3.100											0,94	1.105	1,1	1.185	1,238	1.250	1,387	1.331
3.200											0,953	1.120	1,12	1.197	1,277	1.279	1,432	1.353
3.300													1,158	1.216	1,302	1.292	1,46	1.368
3.400													1,185	1.231	1,334	1.310	1,498	1.380
3.500													1,22	1.241	1,352	1.321	1,525	1.397
3.600													1,23	1.252	1,397	1.344	1,551	1.414

* Los números de mayor tamaño que figuran en la tabla indican la clase de conducto.

TABLA 6. DIMENSIONES DE CONDUCTOS, AREA DE LA SECCION, DIAMETRO EQUIVALENTE Y TIPO DE CONDUCTO. * (Cont.)

MEDIDAS DEL CON- DUCTO (mm)	600		650		700		750		800		850		900		950		1.000	
	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)	Sec. (m²)	Diám. equiv. (mm)
250																		
300																		
350																		
400																		
450																		
500																		
550																		
600	0,346	666																
650	0,373	692	0,407	722														
700	0,401	716	0,437	749	0,472	777												
750	0,433	745	0,468	775	0,502	803	0,543	834										
800	0,457	765	0,497	798	0,536	829	0,576	859	0,618	889								
850	0,485	788	0,527	823	0,568	854	0,61	884	0,654	914	0,697	944						
900	0,517	813	0,549	838	0,603	875	0,646	909	0,692	940	0,736	971	0,783	1.002				
950	0,542	834	0,591	869	0,636	903	0,679	934	0,728	966	0,775	996	0,822	1.028	0,873	1.057		
1.000	0,569	853	0,622	893	0,668	925	0,714	955	0,767	992	0,816	1.020	0,864	1.052	0,914	1.083	0,972	1.114
1.050	0,597	874	0,65	914	0,702	948	0,752	981	0,803	1.015	0,853	1.044	0,907	1.078	0,963	1.108	1,018	1.139
1.100	0,624	894	0,679	934	0,733	969	0,786	1.004	0,840	1.038	0,89	1.068	0,952	1.103	1,0	1.133	1,054	1.165
1.150	0,652	914	0,706	951	0,764	990	0,818	1.025	0,877	1.057	0,934	1.093	0,99	1.127	1,045	1.159	1,1	1.190
1.200	0,675	930	0,736	971	0,794	1.009	0,858	1.046	0,915	1.082	0,972	1.116	1,027	1.148	1,092	1.180	1,148	1.215
1.250	0,702	949	0,764	990	0,823	1.028	0,89	1.068	0,953	1.105	1,008	1.139	1,072	1.171	1,128	1.204	1,2	1.240
1.300	0,728	966	0,792	1.006	0,856	1.046	0,924	1.089	0,99	1.126	1,054	1.161	1,118	1.198	1,175	1.226	1,248	1.263
1.350	0,755	984	0,818	1.025	0,89	1.066	0,963	1.108	1,018	1.143	1,092	1.181	1,165	1.219	1,22	1.248	1,295	1.286
1.400	0,779	999	0,848	1.042	0,92	1.084	0,99	1.126	1,055	1.163	1,128	1.201	1,2	1.241	1,268	1.272	1,34	1.309
1.450	0,798	1.011	0,877	1.059	0,952	1.102	1,018	1.143	1,092	1.184	1,165	1.223	1,238	1.260	1,312	1.236	1,388	1.331
1.500	0,822	1.027	0,902	1.074	0,97	1.118	1,055	1.165	1,128	1.202	1,2	1.242	1,275	1.280	1,35	1.318	1,436	1.355
1.600	0,872	1.057	0,952	1.105	1,035	1.154	1,118	1.199	1,192	1.239	1,275	1.280	1,358	1.321	1,432	1.356	1,525	1.399
1.700	0,923	1.088	1,008	1.135	1,091	1.185	1,183	1.229	1,267	1.275	1,35	1.316	1,441	1.359	1,525	1.396	1,516	1.438
1.800	0,961	1.115	1,083	1.165	1,147	1.215	1,248	1.262	1,331	1.308	1,423	1.351	1,515	1.395	1,608	1.435	1,692	1.475
1.900	0,998	1.141	1,108	1.194	1,21	1.245	1,302	1.292	1,396	1.340	1,498	1.389	1,599	1.430	1,692	1.470	1,785	1.511
2.000	1,063	1.168	1,165	1.219	1,267	1.272	1,359	1.321	1,46	1.368	1,572	1.418	1,673	1.462	1,775	1.505	1,875	1.599
2.100	1,108	1.192	1,22	1.248	1,312	1.299	1,423	1.350	1,525	1.397	1,636	1.448	1,748	1.496	1,858	1.542	1,96	1.584
2.200	1,165	1.217	1,266	1.272	1,368	1.325	1,488	1.380	1,598	1.429	1,71	1.478	1,821	1.528	1,932	1.575	2,042	1.618
2.300	1,192	1.237	1,312	1.299	1,433	1.355	1,543	1.405	1,665	1.457	1,775	1.507	1,895	1.557	2,015	1.604	2,128	1.650
2.400	1,228	1.258	1,368	1.325	1,469	1.371	1,59	1.428	1,72	1.486	1,821	1.530	1,95	1.580	2,095	1.639	2,22	1.682
2.500	1,285	1.285	1,388	1.344	1,545	1.402	1,655	1.455	1,775	1.508	1,905	1.562	1,998	1.600	2,165	1.664	2,293	1.715
2.600	1,35	1.315	1,46	1.368	1,58	1.422	1,72	1.485	1,84	1.538	1,95	1.592	2,095	1.639	2,228	1.690	2,365	1.740
2.700	1,368	1.325	1,498	1.388	1,627	1.443	1,775	1.508	1,895	1.559	2,035	1.612	2,17	1.669	2,293	1.715	2,45	1.770
2.800	1,396	1.348	1,552	1.410	1,692	1.473	1,82	1.528	1,95	1.582	2,08	1.632	2,265	1.702	2,375	1.745	2,505	1.790
2.900	1,46	1.370	1,6	1.432	1,747	1.495	1,878	1.552	2,035	1.615	2,17	1.670	2,295	1.715	2,425	1.762	2,605	1.825
3.000	1,497	1.387	1,645	1.451	1,793	1.515	1,932	1.575	2,095	1.639	2,235	1.695	2,41	1.768	2,515	1.794	2,683	1.855
3.100	1,635	1.402	1,7	1.475	1,93	1.632	1,995	1.600	2,145	1.660	2,33	1.729	2,45	1.775	2,605	1.825	2,735	1.891
3.200	1,68	1.425	1,733	1.492	1,978	1.552	2,08	1.629	2,19	1.678	2,37	1.744	2,525	1.800	2,655	1.848	2,79	1.934
3.300	1,608	1.436	1,785	1.512	1,922	1.570	2,09	1.635	2,205	1.703	2,43	1.765	2,61	1.830	2,765	1.880	2,855	1.948
3.400	1,655	1.455	1,822	1.528	1,978	1.593	2,125	1.650	2,32	1.723	2,485	1.785	2,65	1.845	2,82	1.900	3,015	1.964
3.500	1,71	1.478	1,877	1.550	2,03	1.627	2,23	1.689	2,395	1.752	2,545	1.805	2,715	1.868	2,915	1.932	3,095	1.999
3.600	1,738	1.490	1,903	1.562	2,095	1.638	2,29	1.715	2,43	1.765	2,61	1.829	2,765	1.885	2,955	1.948	3,14	2.010

* Los números de mayor tamaño que figuran en la tabla indican la clase de conducto.

TABLA 10. ROZAMIENTO EN LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONDUCTOS RECTANGULARES

ELEMENTO	CONDICIONES					RELACIÓN L/D **
Codo de radio de sección rectangular	W/D	R/D				
		0,5	0,75	1,00	1,25 *	1,50
		Relación L/D				
0,5	33	14	9	5	4	
1	45	18	11	7	4	
3	80	30	14	8	5	
6	125	40	18	12	7	
Codo de radio de sección rectangular con guías	Número de guías	R/D				
		0,50	0,75	1,00	1,50	
		Relación L/D				
1	18	10	8	7	7	
2	12	8	7	7	7	
3	10	7	7	6	6	
Codo de X°	Codo de radio con o sin guías					X/90 multiplicado por el valor correspondiente a codo análogo de 90°
Codo recto rectangular	Sin guías					60
	Guías de cambio de dirección de simple espesor					15
	Guías de cambio de dirección de doble espesor					10
Doble codo	S = 0					15
W/D = 1, R/D = 1,25 *	S = D					10
Doble codo	S = 0					20
W/D = 1, R/D = 1,25 *	S = D					22
Doble codo	S = 0					15
W/D = 1, R/D = 1,25 * para ambos	S = D					16
Doble codo	Dirección de la flecha					45
W/D = 2, R ₁ /D = 1,25 *, R ₂ /D = 1	Dirección inversa					40
Doble codo	Dirección de la flecha					17
W/D = 4, R/D = 1,25 * para ambos codos	Dirección inversa					18



Korrigenda

BIBLIOGRAFIA

Ref 1- Manual de Ar Condicionado- Carrier
Internacional Limited - Ed. Marcombo SA.

Ref 2- Condicionamento de Ar- Prof. Pedro Antonio de Menezes- ITA.

Ref 3- Ar Condicionado- Remi Benedito Silva-
Edição do Grêmio Politécnico

Ref 4- Manual de Hidráulica- José M. Azevedo Neto
Editora Edgard Blucher

Ref 5- PNB-10- Norma Técnica da ABNT

Catálogos- Coldex- Trane
Alpina
Sulzer
Trox