

# EDUCACIÓN

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**VOLÚMEN 5**    **INSTALACIONES DE SERVICIO**  
**TOMO III**      **INSTALACIONES DE AIRE ACONDICIONADO**

---

**REVISIÓN 2022**

**NORMATIVIDAD E INVESTIGACIÓN**

**INIFED**  
INFRAESTRUCTURA  
EDUCATIVA  
EN LIQUIDACIÓN

**VOLUMEN 5. INSTALACIONES DE SERVICIO.  
TOMO III. INSTALACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO.**

**REVISIÓN 2022**

## ÍNDICE.

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | GENERALIDADES  | 5  |
| 2   | REFERENCIAS  | 5  |
| 3   | TEMPERATURAS EXTERIORES DE DISEÑO                            | 6  |
| 3.1 | TEMPERATURA DE CÁLCULO EXTERIOR, PARA REFRIGERACIÓN          | 6  |
| 3.2 | TEMPERATURAS DE CÁLCULO EXTERIOR, PARA CALEFACCIÓN           | 7  |
| 4   | HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR PARA VERANO                        | 10 |
| 5   | DIVISIÓN CLIMÁTICA DE LA REPÚBLICA MEXICANA                  | 10 |
| 6   | ACONDICIONAMIENTO DE ACUERDO A LA ZONA CLIMÁTICA             | 11 |
| 7   | SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE           | 13 |
| 8   | SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE                        | 13 |
| 9   | SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE QUE DEBEN EVITARSE.    | 13 |
| 10  | CAPACIDAD DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO <sup>12</sup> | 13 |
| 11  | TEMPERATURAS INTERIORES DE DISEÑO PARA VERANO                | 14 |
| 12  | TEMPERATURA DE DISEÑO INTERIOR PARA INVIERNO                 | 15 |
| 13  | HUMEDAD RELATIVA DE DISEÑO INTERIOR PARA VERANO              | 15 |
| 14  | HUMEDAD RELATIVA DE DISEÑO INTERIOR PARA INVIERNO            | 15 |
| 15  | VELOCIDAD DEL AIRE DENTRO DEL ESPACIO ACONDICIONADO          | 15 |
| 16  | VELOCIDAD RECOMENDADA DEL AIRE DENTRO DE LOS LOCALES         | 16 |
| 17  | NIVEL DE RUIDO PERMISIBLE                                    | 16 |
| 18  | NIVEL DE RUIDO EN NC   | 17 |
| 19  | PUREZA DEL AIRE  | 17 |
| 20  | FILTROS DE ALTA EFICIENCIA                                   | 17 |
| 21  | AIRE DE VENTILACIÓN  | 18 |
| 22  | CÁLCULO DE DUCTOS DE AIRE                                    | 18 |
| 23  | DISEÑO DE DUCTOS DE AIRE                                     | 21 |
| 24  | DUCTOS FLEXIBLES   | 22 |
| 25  | AISLAMIENTO TÉRMICO DE DUCTOS PARA AIRE ACONDICIONADO        | 22 |
| 26  | VENTILACIÓN MECÁNICA   | 22 |
| 27  | USO DE PRESIONES POSITIVAS O NEGATIVAS EN LOS LOCALES        | 23 |

|    |   |    |
|----|---|----|
| 28 | CAMPANAS DE EXTRACCIÓN  | 24 |
| 29 | CAMPANAS DE EXTRACCIÓN DE COCINAS   | 24 |
| 30 | DUCTOS DE EXTRACCIÓN DE COCINAS   | 24 |
| 31 | VELOCIDAD DEL AIRE EN LOS DUCTOS DE<br>EXTRACCIÓN DE COCINAS                                  | 25 |
| 32 | AIRE DE REPOSICIÓN EN COCINAS CONTIGUAS A COMEDORES   | 25 |
| 33 | ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO  | 26 |
| 34 | GANANCIA DE CALOR POR PERSONAS  | 26 |
| 35 | GANANCIA DE CALOR POR ILUMINACIÓN   | 26 |
| 36 | GANANCIA DE CALOR POR MOTORES   | 27 |
| 37 | GANANCIA DE CALOR POR EQUIPO ELÉCTRICO  | 28 |
| 38 | CÁLCULO DE TUBERÍAS DE AGUA   | 28 |
| 39 | MATERIAL DE LAS TUBERÍAS PARA AGUA  | 28 |
| 40 | AISLAMIENTO DE TUBERÍAS PARA AGUA   | 28 |
| 41 | MEMORIA DE CÁLCULO  | 29 |
| 42 | PRESENTACIÓN DE LOS PROYECTOS DE AIRE ACONDICIONADO,<br>VENTILACIÓN, EXTRACCIÓN Y AIRE LAVADO | 29 |
| 43 | SIMBOLOGÍA  | 30 |
| 44 | DETALLES DE INSTALACIÓN   | 33 |

## 1 GENERALIDADES

En este tomo se establecen criterios y referencia de normas que deberán cumplir los equipos de aire acondicionado que se diseñen para los espacios dedicadas a la educación y se precisan: la información básica requerida para un sistema de aire acondicionados; las recomendaciones sobre conceptos y consideraciones; requeridos en los espacios educativos que propicien un ambiente apropiado de temperatura para los usuarios de estos espacios arquitectónicos para los distintos niveles escolares.

## 2 REFERENCIAS

Las referencias que se hacen en el texto de las normas, corresponden a, capítulos, secciones, cláusulas, incisos y párrafos de las propias normas, con las adiciones y modificaciones que a las mismas se hagan y ponga en vigor el INIFED antes CAPFCE. y que podrá ser adecuada a cada condición climática de la zona u lugar específico.

En este tomo se hace referencia a las normas que a continuación se enuncian ya que no es limitativo los criterios aquí señalados, aunado a que actualmente existen Normas Mexicanas relacionadas a los sistemas de aire acondicionado y su eficiencia.

NORMA Oficial Mexicana NOM-012-ENER-2019, Eficiencia energética de unidades condensadoras y evaporadoras para refrigeración. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

NORMA Oficial Mexicana NOM-023-ENER-2018, Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido, descarga libre y sin conductos de aire. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

NORMA Oficial Mexicana NOM-026-ENER-2015, Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido (Inverter) con flujo de refrigerante variable, descarga libre y sin ductos de aire. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

Las referencias que se hacen en el texto de estas normas, corresponden a

volúmenes, tomos, secciones, cláusulas, Párrafos e incisos de las propias normas, con las adiciones y modificaciones que a las mismas se hagan y ponga en vigor por este organismo.

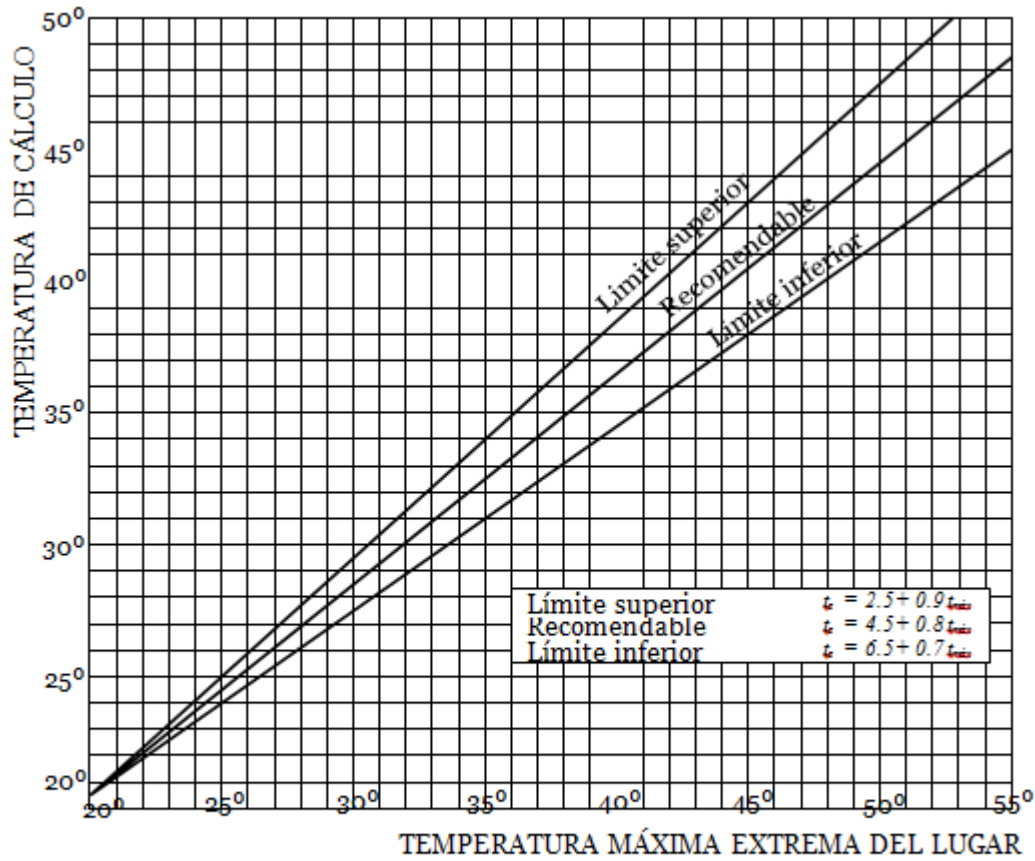
### 3. TEMPERATURAS EXTERIORES DE DISEÑO.

La temperatura de diseño exterior, para verano, es aquella que solo ha de ser superada el 1% de las horas de los 4 meses más calurosos del año. La temperatura de diseño exterior, para invierno, es aquella que solo ha de ser superada el 1% de las horas de los 4 meses más fríos del año. Las normales climatológicas para el cálculo de aire acondicionado en poblaciones de la República Mexicana, proporcionan las temperaturas de diseño exterior para las principales ciudades de la República Mexicana, ver Tabla 1.1.

#### 3.1. TEMPERATURA DE CÁLCULO EXTERIOR, PARA REFRIGERACIÓN.

La temperatura está en función de la Temperatura Máxima Extrema del Lugar. En caso de contar con la temperatura máxima extrema del lugar se puede determinar la temperatura de diseño exterior, para verano, mediante la Gráfica 2.1., o aplicando la ecuación.

$$t_c = 4.5 + 0.8 t_{m\acute{a}x.} \quad 2.1$$



*Gráfica 2.1 Temperaturas de cálculo exterior para refrigeración en función de la temperatura máxima extrema del lugar.*

| LUGAR DE LA REPÚBLICA        | UBICACIÓN GEOGRÁFICA |            |           | DATOS DE VERANO     |       |                                |                           |    | DATOS DE INVIERNO     |                                |                           |                       |
|------------------------------|----------------------|------------|-----------|---------------------|-------|--------------------------------|---------------------------|----|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|
|                              | Latitud N            | Longitud O | A.S.N.M m | Presión Barométrica |       | Temperatura Prom. Máx. Ext. °C | Temperatura de Cálculo °C |    | Grados día Anuales °C | Temperatura Prom. Mín. Ext. °C | Temperatura de Cálculo °C | Grados día Anuales °C |
|                              |                      |            |           | mb                  | mm Hg |                                | BS                        | BH |                       |                                |                           |                       |
| <b>AGUASCALIENTES</b>        |                      |            |           |                     |       |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Aguascalientes               | 21° 53'              | 102° 16'   | 1879      | 816                 | 612   | 36.8                           | 34                        | 19 | 248                   | -4.7                           | 0                         | 330                   |
| Rincón de Romos              | 22° 14'              | 102° 14'   | 1950      | 809                 | 608   | 37.8                           | 35                        | 19 | 266                   | -7.0                           | -2                        | 220                   |
| <b>BAJA CALIFORNIA NORTE</b> |                      |            |           |                     |       |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Ensenada                     | 31° 52'              | 118° 38'   | 13        | 1012                | 759   | 36.5                           | 34                        | 26 | 109                   | 1.1                            | 5                         | 492                   |
| Mexicali                     | 32° 29'              | 115° 30'   | 1         | 1013                | 760   | 47.8                           | 43                        | 28 | 1660                  | -3.7                           | 1                         | 372                   |
| Tijuana                      | 32° 29'              | 117° 02'   | 28        | 1010                | 758   | 38.2                           | 35                        | 26 | 754                   | -3.3                           | 2                         | 556                   |
| <b>BAJA CALIFORNIA SUR</b>   |                      |            |           |                     |       |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| La Paz                       | 24° 10'              | 110° 07'   | 18        | 1011                | 758   | 38.0                           | 36                        | 27 | 1827                  | 9.0                            | 13                        | 556                   |
| Mulegé                       | 26° 53'              | 112° 00'   | 33        | 1009                | 757   | 41.9                           | 38                        | 28 | ---                   | -5.0                           | 0                         | 630                   |
| Cabo San Lucas               | 22° 53'              | 109° 55'   | 25        | 1010                | 758   | 37                             | 35                        | 27 | 1740                  | 7.0                            | 11                        | 630                   |
| <b>CAMPECHE</b>              |                      |            |           |                     |       |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Campeche                     | 19° 51'              | 90° 32'    | 25        | 1010                | 758   | 38.9                           | 36                        | 26 | 2087                  | 12.7                           | 16                        | ---                   |
| Ciudad del Carmen            | 18° 36'              | 91° 49'    | 3         | 1013                | 760   | 41.0                           | 37                        | 26 | 2126                  | 10.8                           | 14                        | ---                   |
| Champotón                    | 19° 21'              | 90° 43'    | 2         | 1013                | 760   | 47.0                           | 42                        | 28 | 1589                  | 7.0                            | 11                        | ---                   |
| <b>COAHUILA</b>              |                      |            |           |                     |       |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Monclova                     | 26° 55'              | 101° 26'   | 586       | 948                 | 711   | 42.0                           | 38                        | 24 | 1169                  | -7.8                           | -3                        | 326                   |
| Nueva Rosita                 | 27° 55'              | 101° 17'   | 430       | 965                 | 724   | 45.0                           | 41                        | 25 | 1539                  | -8.5                           | -3                        | 481                   |
| Piedras Negras               | 28° 42'              | 100° 31'   | 220       | 988                 | 741   | 43.9                           | 40                        | 26 | 1547                  | -11.9                          | -6                        | 479                   |
| Saltillo                     | 25° 26'              | 101° 00'   | 1609      | 842                 | 632   | 38.0                           | 35                        | 22 | 208                   | -9.0                           | -4                        | 523                   |
| Torreón                      | 25° 32'              | 103° 27'   | 1013      | 907                 | 680   | 45.0                           | 40                        | 21 | 1217                  | -10.6                          | -5                        | 227                   |
| <b>COLIMA</b>                |                      |            |           |                     |       |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Colima                       | 19° 14'              | 103° 45'   | 494       | 958                 | 719   | 39.5                           | 36                        | 24 | 1683                  | 8.5                            | 12                        | ---                   |
| Manzanillo                   | 19° 04'              | 104° 20'   | 3         | 1013                | 760   | 38.6                           | 35                        | 27 | 2229                  | 12.1                           | 15                        | ---                   |
| <b>CHIAPAS</b>               |                      |            |           |                     |       |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Tapachula                    | 14° 54'              | 92° 16'    | 168       | 994                 | 746   | 37.4                           | 34                        | 25 | 2081                  | 12.8                           | 16                        | ---                   |
| <b>CHIHUAHUA</b>             |                      |            |           |                     |       |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Chihuahua                    | 28° 38'              | 106° 04'   | 1423      | 860                 | 645   | 38.5                           | 35                        | 23 | 651                   | -11.5                          | -6                        | 793                   |
| Ciudad Juárez                | 31° 44'              | 106° 29'   | 1137      | 889                 | 667   | 43                             | 39                        | 24 | 695                   | -10                            | -5                        | 1269                  |
| Ojinaga                      | 29° 34'              | 104° 25'   | 841       | 925                 | 694   | 50.0                           | 45                        | 24 | 883                   | -12.0                          | -6                        | 680                   |
| Hidalgo del Parral           | 26° 58'              | 103° 39'   | 1652      | 838                 | 628   | 42                             | 38                        | 21 | 490                   | -14.0                          | -8                        | ---                   |
| <b>DISTRITO FEDERAL</b>      |                      |            |           |                     |       |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Cd. México, Chapultepec      | 19° 25'              | 99° 10'    | 2240      | 780                 | 585   | 33.8                           | 30                        | 17 | 78                    | -4.8                           | 0                         | 847                   |
| Cd. México, Tacubaya         | 19° 24'              | 99° 12'    | 2309      | 776                 | 582   | 32.8                           | 30                        | 17 | 87                    | -6.5                           | -1                        | 860                   |
| <b>DURANGO</b>               |                      |            |           |                     |       |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Durango                      | 24° 01'              | 104° 40'   | 1898      | 814                 | 610   | 35.6                           | 33                        | 17 | 100                   | -5.0                           | 0                         | 550                   |
| Ciudad Lerdo                 | 25° 30'              | 103° 32'   | 1140      | 889                 | 667   | 39.0                           | 36                        | 21 | 1082                  | -4.2                           | 1                         | 227                   |
| Santiago Papasquiaro         | 25° 02'              | 105° 26'   | 1740      | 829                 | 622   | 42.0                           | 38                        | 21 | 425                   | -14.0                          | -8                        | 156                   |
| <b>GUANAJUATO</b>            |                      |            |           |                     |       |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Celaya                       | 20° 32'              | 100° 49'   | 1754      | 828                 | 610   | 41.5                           | 38                        | 20 | 657                   | -4.5                           | 0                         | 136                   |
| Guanajuato                   | 21° 01'              | 101° 15'   | 2037      | 801                 | 601   | 33.8                           | 32                        | 18 | 49                    | 0.1                            | 5                         | 245                   |
| León                         | 21° 07'              | 101° 41'   | 1809      | 822                 | 617   | 36.5                           | 34                        | 20 | 192                   | -2.5                           | 2                         | 176                   |
| Salvatierra                  | 20° 13'              | 100° 53'   | 1761      | 827                 | 620   | 38.0                           | 35                        | 19 | 367                   | -2.0                           | 3                         | 40                    |
| Irapuato                     | 20° 40'              | 101° 21'   | 1724      | 831                 | 626   | 38.2                           | 35                        | 19 | 573                   | -2.6                           | 2                         | ---                   |
| <b>GUERRERO</b>              |                      |            |           |                     |       |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Acapulco                     | 16° 50'              | 99° 56'    | 3         | 1013                | 760   | 35.8                           | 33                        | 27 | 2613                  | 15.8                           | 19                        | ---                   |
| Chilpancingo                 | 17° 33'              | 99° 30'    | 1250      | 878                 | 658   | 35.2                           | 33                        | 23 | 434                   | 5.0                            | 9                         | ---                   |
| Taxco                        | 18° 33'              | 99° 36'    | 1755      | 828                 | 621   | 36.5                           | 34                        | 20 | 518                   | 8.0                            | 12                        | ---                   |
| Ixtapa Zihuatanejo           | 17° 58'              | 101° 48'   | 38        | 1009                | 757   | 36.6                           | 34                        | 28 | 2168                  | 11.5                           | 14                        | ---                   |
| <b>HIDALGO</b>               |                      |            |           |                     |       |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Actopan                      | 20° 08'              | 98° 45'    | 2445      | 764                 | 573   | 31.4                           | 29                        | 18 | ---                   | -5.8                           | -1                        | 1007                  |
| Tulancingo                   | 20° 05'              | 98° 22'    | 2181      | 787                 | 590   | 34.7                           | 32                        | 19 | 12                    | -5.8                           | -1                        | 849                   |
| Pachuca                      | 20° 29'              | 98° 45'    | 2444      | 764                 | 574   | 31.5                           | 30                        | 18 | 149                   | -8.0                           | -1                        | ---                   |
| Ixmiquilpan                  | 20° 29'              | 99° 13'    | 1745      | 829                 | 622   | 41.0                           | 37                        | 19 | 57                    | -9.0                           | -7                        | ---                   |

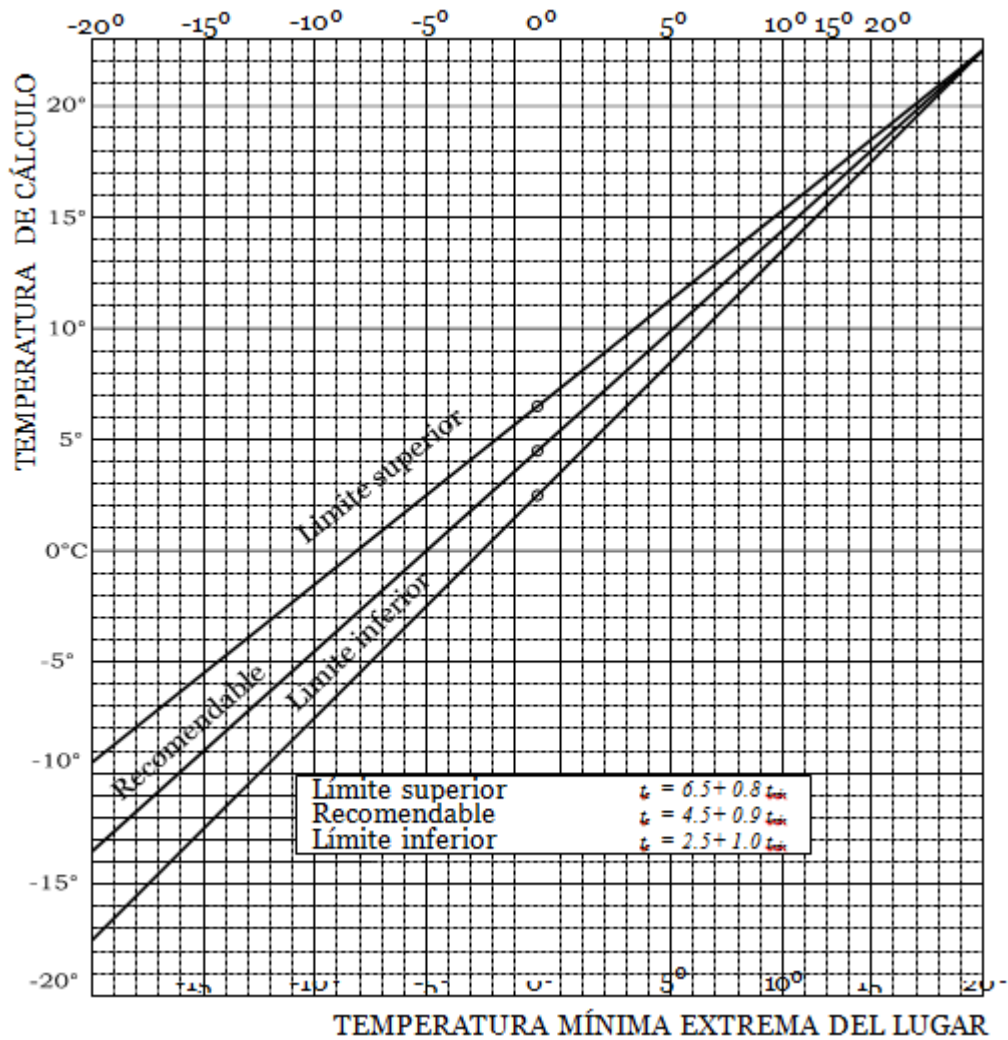
| LUGAR DE LA REPÚBLICA  | UBICACIÓN GEOGRÁFICA |            |           |                     |     | DATOS DE VERANO                |                           |    |                       | DATOS DE INVIERNO              |                           |                       |
|------------------------|----------------------|------------|-----------|---------------------|-----|--------------------------------|---------------------------|----|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|
|                        | Latitud N            | Longitud O | A.S.N.M m | Presión Barométrica |     | Temperatura Prom. Máx. Ext. °C | Temperatura de Cálculo °C |    | Grados día Anuales °C | Temperatura Prom. Mín. Ext. °C | Temperatura de Cálculo °C | Grados día Anuales °C |
|                        |                      |            |           | mm Hg               | mb  |                                | BS                        | BH |                       |                                |                           |                       |
| <b>JALISCO</b>         |                      |            |           |                     |     |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Guadalajara            | 20° 41'              | 103° 20'   | 1589      | 844                 | 633 | 36.0                           | 33                        | 20 | 204                   | -3.7                           | 1                         | 164                   |
| Lagos de Moreno        | 21° 22'              | 101° 56'   | 1680      | 816                 | 628 | 43.2                           | 39                        | 20 | 574                   | -3.2                           | 2                         | 162                   |
| Puerto Vallarta        | 20° 37'              | 105° 15'   | 2         | 1013                | 760 | 39.0                           | 36                        | 26 | 2090                  | 11.0                           | 14                        | ---                   |
| Ameca                  | 20° 34'              | 104° 04'   | 1235      | 879                 | 660 | 39.6                           | 36                        | 20 | 669                   | 1.0                            | 5                         | ---                   |
| <b>MÉXICO</b>          |                      |            |           |                     |     |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Texcoco                | 19° 31'              | 98° 52'    | 2216      | 784                 | 588 | 34.0                           | 32                        | 19 | 175                   | -6.0                           | -1                        | 500                   |
| Toluca                 | 19° 17'              | 99° 39'    | 2675      | 743                 | 557 | 26.8                           | 26                        | 17 | ---                   | -3.0                           | 2                         | 1570                  |
| Tenancingo             | 19° 02'              | 99° 33'    | 2080      | 797                 | 598 | 35.0                           | 33                        | 19 | 247                   | -5.0                           | -1                        | ---                   |
| <b>MICHOACÁN</b>       |                      |            |           |                     |     |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Apatzingán             | 19° 05'              | 102° 15'   | 682       | 937                 | 703 | 43.0                           | 39                        | 25 | 3013                  | 11.5                           | 15                        | 270                   |
| Morelia                | 19° 42'              | 101° 07'   | 1923      | 812                 | 609 | 31.3                           | 30                        | 19 | 165                   | 1.6                            | 6                         | 270                   |
| Zamora                 | 19° 59'              | 102° 18'   | 1633      | 840                 | 630 | 37.5                           | 35                        | 20 | 320                   | -2.0                           | 4                         | 25                    |
| Zacapu                 | 19° 45'              | 101° 45'   | 2000      | 840                 | 603 | 34.8                           | 32                        | 19 | 168                   | -6.0                           | -1                        | 675                   |
| La Piedad              | 20° 20'              | 102° 00'   | 1775      | 826                 | 619 | 37.0                           | 34                        | 20 | 706                   | -3.0                           | 2                         | 446                   |
| Uruapan                | 19° 25'              | 101° 58'   | 1611      | 842                 | 631 | 36.5                           | 34                        | 20 | 377                   | -5.0                           | 4                         | 219                   |
| <b>MORELOS</b>         |                      |            |           |                     |     |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Cuautla                | 18° 48'              | 98° 57'    | 1291      | 874                 | 655 | 47.4                           | 42                        | 22 | 825                   | 5.3                            | 9                         | ---                   |
| Cuernavaca             | 18° 55'              | 99° 14'    | 1538      | 849                 | 637 | 32.6                           | 31                        | 20 | 250                   | 6.9                            | 11                        | ---                   |
| Puente de Ixtla        | 18° 37'              | 99° 10'    | 1470      | 860                 | 645 | 42.0                           | 38                        | 28 | 656                   | 2.7                            | 7                         | ---                   |
| <b>NAYARIT</b>         |                      |            |           |                     |     |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| San Blas               | 21° 32'              | 105° 19'   | 7         | 1013                | 760 | 36.0                           | 33                        | 26 | 1462                  | 7.3                            | 11                        | ---                   |
| Tepic                  | 21° 31'              | 104° 53'   | 918       | 912                 | 684 | 38.9                           | 36                        | 26 | 600                   | 1.9                            | 6                         | ---                   |
| Acaponeta              | 22° 30'              | 105° 23'   | 25        | 1010                | 758 | 40.0                           | 37                        | 27 | 802                   | 7.1                            | 11                        | ---                   |
| <b>NUEVO LEÓN</b>      |                      |            |           |                     |     |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Montemorelos           | 25° 12'              | 99° 50'    | 432       | 965                 | 724 | 42.8                           | 39                        | 25 | 1856                  | 0.5                            | 5                         | 99                    |
| Monterrey              | 25° 40'              | 100° 18'   | 534       | 954                 | 715 | 41.5                           | 38                        | 26 | 1181                  | -5.4                           | 0                         | 173                   |
| Campazos               | 27° 02'              | 100° 31'   | 340       | 975                 | 731 | 41.5                           | 38                        | 25 | 1147                  | -10.5                          | -5                        | ---                   |
| <b>OAXACA</b>          |                      |            |           |                     |     |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Oaxaca                 | 17° 04'              | 96° 42'    | 1563      | 846                 | 635 | 38.0                           | 35                        | 22 | 290                   | 2.4                            | 7                         | ---                   |
| Salina Cruz            | 16° 12'              | 95° 12'    | 56        | 1007                | 755 | 36.8                           | 34                        | 26 | 2403                  | 16.0                           | 19                        | ---                   |
| Pochutla               | 15° 44'              | 96° 38'    | 1163      | 892                 | 669 | 40.0                           | 37                        | 27 | 455                   | -2.0                           | 3                         | ---                   |
| <b>PUEBLA</b>          |                      |            |           |                     |     |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Puebla                 | 19° 02'              | 98° 11'    | 2150      | 790                 | 593 | 30.8                           | 29                        | 17 | 144                   | -1.5                           | 3                         | 418                   |
| Tehuacán               | 18° 18'              | 97° 23'    | 1676      | 835                 | 627 | 37.0                           | 34                        | 20 | 196                   | -5.0                           | 0                         | 80                    |
| Teziutlán              | 19° 48'              | 97° 21'    | 1990      | 805                 | 604 | 39.0                           | 36                        | 22 | 238                   | -4.2                           | 1                         | ---                   |
| Huauchinango           | 20° 10'              | 98° 03'    | 1600      | 843                 | 632 | 40.5                           | 37                        | 21 | 68                    | -3.0                           | 2                         | ---                   |
| <b>QUERÉTARO</b>       |                      |            |           |                     |     |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Querétaro              | 20° 36'              | 100° 23'   | 1842      | 819                 | 614 | 36.2                           | 33                        | 21 | 159                   | -4.9                           | 0                         | 248                   |
| San Juan del Río       | 20° 23'              | 100° 00'   | 1800      | 826                 | 619 | 35.2                           | 32                        | 21 | 190                   | -4.9                           | 0                         | ---                   |
| <b>QUINTANA ROO</b>    |                      |            |           |                     |     |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Cozumel                | 20° 31'              | 86° 57'    | 3         | 1013                | 760 | 35.8                           | 33                        | 27 | 1969                  | 10.3                           | 14                        | ---                   |
| Chetumal               | 18° 30'              | 88° 20'    | 4         | 1013                | 760 | 38.1                           | 35                        | 27 | 2120                  | 9.5                            | 13                        | ---                   |
| Cancún                 | 19° 35'              | 88° 02'    | 3         | 1013                | 760 | 37                             | 33                        | 27 | 2010                  | 8.5                            | 12                        | ---                   |
| Playa del Carmen       | 19° 10'              | 88° 15'    | 3         | 1013                | 760 | 38                             | 34                        | 27 | 2050                  | 10                             | 14                        | ---                   |
| <b>SAN LUIS POTOSÍ</b> |                      |            |           |                     |     |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| San Luis Potosí        | 22° 09'              | 00° 58'    | 1877      | 816                 | 612 | 37.3                           | 34                        | 18 | 86                    | -2.7                           | 2                         | 345                   |
| Matehuala              | 23° 36'              | 100° 39'   | 1597      | 848                 | 632 | 39.8                           | 36                        | 22 | 104                   | -10.0                          | -5                        | 432                   |
| Río Verde              | 21° 56'              | 99° 59'    | 987       | 905                 | 679 | 41.4                           | 38                        | 21 | 47                    | -5.4                           | -1                        | 340                   |
| <b>SINALOA</b>         |                      |            |           |                     |     |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Culiacán               | 24° 48'              | 107° 24'   | 53        | 1007                | 755 | 40.9                           | 37                        | 27 | 1659                  | 3.1                            | 7                         | ---                   |
| Mazatlán               | 23° 11'              | 106° 25'   | 78        | 1004                | 753 | 33.4                           | 31                        | 26 | 1373                  | 11.2                           | 14                        | ---                   |
| Topolobampo            | 25° 36'              | 109° 03'   | 3         | 1013                | 760 | 41.1                           | 37                        | 27 | 1754                  | 8.0                            | 12                        | ---                   |
| El Fuerte              | 26° 25'              | 108° 38'   | 115       | 1000                | 750 | 47.3                           | 42                        | 28 | 1743                  | -4.5                           | 1                         | ---                   |
| Guamuchil              | 25° 27'              | 108° 05'   | 43        | 1008                | 756 | 43.0                           | 39                        | 27 | 1730                  | -3.0                           | 2                         | ---                   |
| San Blas               | 26° 06'              | 108° 46'   | 71        | 1006                | 754 | 45.0                           | 41                        | 29 | 1782                  | -4.0                           | 1                         | ---                   |

| LUGAR DE LA REPÚBLICA | UBICACIÓN GEOGRÁFICA |            |           | DATOS DE VERANO     |       |                                |                           |    | DATOS DE INVIERNO     |                                |                           |                       |
|-----------------------|----------------------|------------|-----------|---------------------|-------|--------------------------------|---------------------------|----|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|
|                       | Latitud N            | Longitud O | A.S.N.M m | Presión Barométrica |       | Temperatura Prom. Máx. Ext. °C | Temperatura de Cálculo °C |    | Grados día Anuales °C | Temperatura Prom. Mín. Ext. °C | Temperatura de Cálculo °C | Grados día Anuales °C |
|                       |                      |            |           | mb                  | mm Hg |                                | BS                        | BH |                       |                                |                           |                       |
| <b>SONORA</b>         |                      |            |           |                     |       |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Guaymas               | 27° 55'              | 110° 53'   | 4         | 1013                | 756   | 47                             | 42                        | 27 | 1809                  | 7.0                            | 11                        | ---                   |
| Hermosillo            | 29° 05'              | 110° 58'   | 211       | 989                 | 742   | 45.0                           | 41                        | 28 | 1875                  | 2.0                            | 8                         | 84                    |
| Nogales               | 30° 21'              | 110° 58'   | 1117      | 885                 | 664   | 41.0                           | 37                        | 26 | 655                   | -9.0                           | -4                        | 979                   |
| Ciudad Obregón        | 27° 29'              | 109° 55'   | 40        | 1009                | 757   | 48.0                           | 43                        | 28 | 2443                  | -1.1                           | 4                         | ---                   |
| Altar                 | 30° 44'              | 111° 46'   | 397       | 969                 | 726   | 47.0                           | 42                        | 28 | 2694                  | -10.0                          | -5                        | ---                   |
| Navojoa               | 27° 07'              | 109° 28'   | 38        | 1009                | 757   | 45.0                           | 41                        | 28 | 1869                  | -1.0                           | 4                         | ---                   |
| <b>TABASCO</b>        |                      |            |           |                     |       |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Villahermosa          | 17° 59'              | 92° 55'    | 10        | 1012                | 759   | 41.0                           | 37                        | 26 | 2206                  | 12.2                           | 15                        | ---                   |
| Álvaro Obregón        | 16° 32'              | 92° 09'    | 2         | 1013                | 760   | 44.5                           | 40                        | 27 | 2429                  | 8.9                            | 13                        | ---                   |
| Teapa                 | 17° 33'              | 92° 57'    | 60        | 1004                | 753   | 41.0                           | 35                        | 25 | 2262                  | 11.0                           | 14                        | ---                   |
| <b>TAMAULIPAS</b>     |                      |            |           |                     |       |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Matamoros             | 25° 32'              | 87° 20'    | 12        | 1012                | 759   | 39.3                           | 36                        | 26 | 1815                  | -4.7                           | 0                         | 47                    |
| Nuevo Laredo          | 27° 29'              | 99° 30'    | 140       | 967                 | 748   | 45.0                           | 41                        | 32 | 2042                  | -7.0                           | -2                        | 118                   |
| Tampico               | 22° 12'              | 97° 81'    | 18        | 1011                | 738   | 39.3                           | 36                        | 26 | 1635                  | -2.5                           | 2                         | ---                   |
| Ciudad Victoria       | 23° 44'              | 99° 08'    | 221       | 977                 | 733   | 41.7                           | 36                        | 26 | 1397                  | -2.3                           | 2                         | 87                    |
| Reynosa               | 26° 06'              | 98° 12'    | 25        | 1010                | 758   | 45.0                           | 41                        | 28 | 2123                  | -7.7                           | -3                        | ---                   |
| <b>TLAXCALA</b>       |                      |            |           |                     |       |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Tlaxcala              | 19° 32'              | 98° 15'    | 2252      | 781                 | 686   | 29.4                           | 28                        | 17 | 34                    | -1.4                           | 3                         | 512                   |
| <b>VERACRUZ</b>       |                      |            |           |                     |       |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Jalapa                | 19° 32'              | 96° 55'    | 1399      | 863                 | 647   | 34.6                           | 32                        | 21 | 245                   | 2.2                            | 6                         | 205                   |
| Poza Rica             | 20° 33'              | 97° 28'    | 150       | 995                 | 748   | 40.0                           | 37                        | 27 | 1052                  | 0.5                            | 5                         | ---                   |
| Veracruz              | 19° 12'              | 96° 08'    | 16        | 1011                | 758   | 35.6                           | 33                        | 27 | 1763                  | 9.6                            | 13                        | ---                   |
| Coatzacoalcos         | 18° 09'              | 94° 24'    | 14        | 1012                | 759   | 41.0                           | 37                        | 28 | 2180                  | 10.0                           | 13                        | ---                   |
| Tuxpan                | 20° 57'              | 97° 24'    | 15        | 1013                | 760   | 40.4                           | 37                        | 27 | 1672                  | 6.4                            | 10                        | ---                   |
| <b>YUCATÁN</b>        |                      |            |           |                     |       |                                |                           |    |                       |                                |                           |                       |
| Mérida                | 20° 58'              | 89° 38'    | 22        | 1011                | 758   | 41.0                           | 37                        | 27 | 2145                  | 11.6                           | 15                        | ---                   |
| Progreso              | 21° 17'              | 89° 40'    | 14        | 1012                | 759   | 38.8                           | 36                        | 27 | 1908                  | 13.0                           | 16                        | ---                   |
| Valladolid            | 20° 41'              | 88° 13'    | 22        | 1011                | 758   | 40.0                           | 37                        | 27 | 1796                  | 11.6                           | 15                        | ---                   |

### 3.2 TEMPERATURAS DE CÁLCULO EXTERIOR, PARA CALEFACCIÓN.

La temperatura está en función de la temperatura mínima extrema del Lugar. En caso de contar con la temperatura mínima extrema del lugar se puede determinar la temperatura de diseño exterior, para invierno, usando la Gráfica 3.1, o aplicando la ecuación:

$$t_c = 4.5 + 0.9 t_{min}. \quad 3.1$$



Gráfica 3.1 Temperaturas de cálculo exterior para calefacción en función de la temperatura mínima extrema del lugar.

#### 4. HUMEDAD RELATIVA EXTERIOR PARA VERANO.

La humedad relativa exterior, para cálculos de verano, debe ser la humedad relativa promedio mensual del mes más caluroso. Las normales climatológicas para el cálculo de aire acondicionado en poblaciones de la República Mexicana, proporcionan la humedad relativa de diseño exterior para las principales ciudades de la República Mexicana. Ver Tabla 1.1.

#### 5. DIVISIÓN CLIMÁTICA DE LA REPÚBLICA MEXICANA

Tomando en cuenta el sistema de clasificación climática de Koppen en el país se

registran, por su temperatura, los cálidos, templados y fríos, y por su grado de humedad, secos y húmedos. Combinando estas variantes se pueden considerar las siguientes condiciones climatológicas para las zonas geográficas del país. La mesa del norte como zona extremosa con clima cálido seco en verano y frío en invierno. La zona tropical con clima cálido húmedo en verano y temperatura media mayor de 18 °C en el mes más frío. La zona del altiplano contiene regiones con climas templados, cálido seco y frío. Ver figura 5.1

#### 6. ACONDICIONAMIENTO DE ACUERDO A LA ZONA CLIMÁTICA.

De acuerdo al clima imperante en cada una de las zonas de la República Mexicana, el acondicionamiento ambiental es necesario para confort humano solo en las zonas de los estados que cuentan con clima extremoso o tropical. Para inmuebles ubicados en la zona del altiplano se recomienda no instalar sistemas de aire acondicionado, a menos que se justifique el requerimiento, de acuerdo a condiciones especiales de uso del local; en el caso que el uso lo amerite, las circulaciones y vestíbulos no se deben acondicionar, solo los espacios de trabajo que lo requieran.



**Figura 5.1 División Climática de la República Mexicana.**

## 7. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.

El sistema de acondicionamiento ambiental utilizado en el inmueble debe seleccionarse tomando en cuenta la flexibilidad, facilidad de mantenimiento, confiabilidad, economía de operación y uso de refrigerantes amables con el medio ambiente. Para inmuebles ubicados en climas tropicales se deberá proveer acondicionamiento para verano. En lugares con clima extremo, aire acondicionado anual (verano invierno). Los inmuebles ubicados en el altiplano, en caso necesario, se deberán acondicionar con enfriamiento evaporativo y/o ventilación mecánica, preferentemente, y con aire acondicionado solo en los casos que se justifique.

## 8. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.

De acuerdo al medio refrigerante que se lleva al espacio acondicionado, los sistemas de aire acondicionado se clasifican en cuatro grupos: sistemas unitarios de expansión directa, sistemas todo aire, sistemas todo agua, sistemas agua-aire. Los tres últimos sistemas son conocidos como sistemas centrales si el equipo de refrigeración se encuentra centralizado en un área fuera del espacio acondicionado. Cada uno de estos sistemas puede estar compuesto por diversos equipos y accesorios como son manejadoras, condensadoras, generadoras de agua helada (chillers), bombas, compresores, ventiladores, equipos serpentín ventilador (fan & coil), termostatos, humidistatos, arrancadores, ductos, tuberías, rejillas, difusores, etc.

## 9. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE QUE DEBEN EVITARSE.

Entre los sistemas que por normatividad deben evitarse en espacios educativos son: sistemas de recalentamiento de aire, sistemas de doble ducto y sistemas multizona, por su exagerado consumo de energía eléctrica.

## 10. CAPACIDAD DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO.

La capacidad de los equipos de aire acondicionado se debe seleccionar en función a flexibilidad y facilidad de mantenimiento, ya que en la mayoría de los centros educativos el presupuesto para mantenimiento es muy reducido, por tal motivo se tiende a instalar equipos de pequeña capacidad, la cual varía de 1 a 5 TR. En caso que se instalen equipos centrales de mayor capacidad debe verificarse, con la

dirección del centro educativo, la disponibilidad de recursos para un mantenimiento adecuado y oportuno de acuerdo al tipo de sistema instalado.

### 11. TEMPERATURAS INTERIORES DE DISEÑO PARA VERANO.

Las temperaturas de diseño interior para verano se deben calcular en función al tiempo de permanencia y las temperaturas de diseño exterior. Se debe considerar una permanencia larga para lugares de trabajo y una permanencia media para circulaciones y vestíbulos. Las temperaturas de diseño interior, para verano, se determinan utilizando la gráfica 11.1, temperaturas interiores recomendables para verano en función de la temperatura de cálculo exterior, o aplicando las ecuaciones:

- a) Para permanencia larga,

$$t_i = 18 + 0.2 t_e \quad 11.1$$

dónde:

- $t_i$  Temperatura interior,  
 $t_e$  Temperatura exterior.

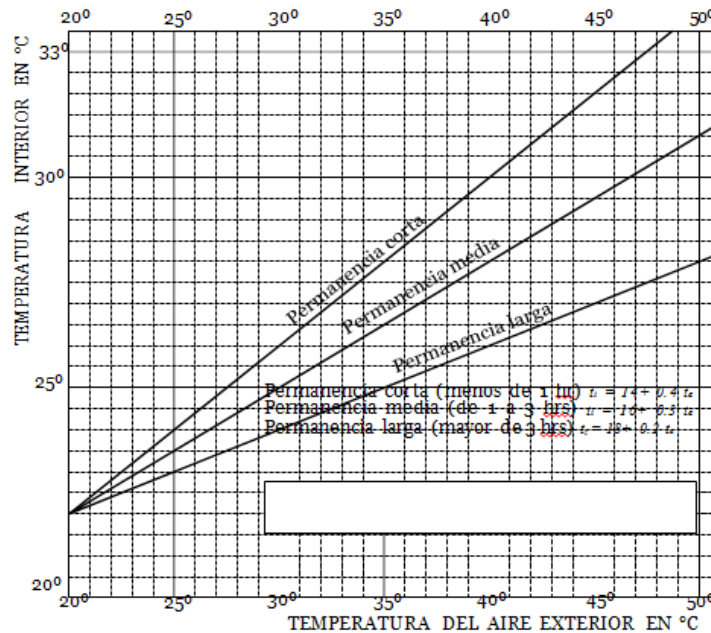
- b) Para permanencia media

$$t_i = 16 + 0.3 t_e \quad 11.2$$

dónde:

- $t_i$  Temperatura interior,  
 $t_e$  Temperatura exterior.

Las variaciones permitidas dentro del espacio serán de  $\pm 1.7 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $3 \text{ }^\circ\text{F}$ ).



Gráfica 11.1 Temperaturas interiores recomendables para verano en función de la temperatura de cálculo exterior.

12. TEMPERATURA DE DISEÑO INTERIOR PARA INVIERNO.

Para el invierno la temperatura de diseño interior variará entre 18 y 21 °C, según el clima imperante de la zona.

13. HUMEDAD RELATIVA DE DISEÑO INTERIOR PARA VERANO.

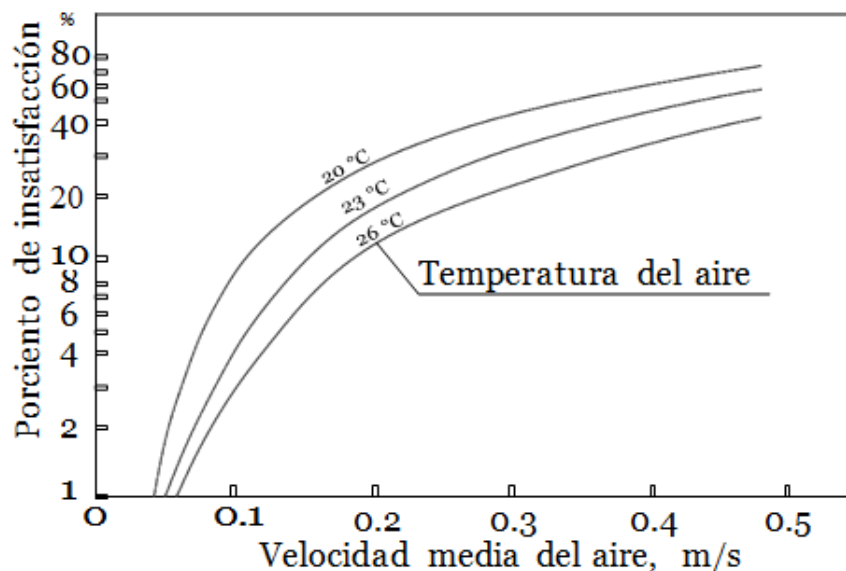
Para los cálculos de sistemas de aire acondicionado de verano se debe considerar una humedad relativa de 50% +/-10%.

14. HUMEDAD RELATIVA DE DISEÑO INTERIOR PARA INVIERNO.

Para los cálculos de sistemas de aire acondicionado de invierno se debe considerar una humedad relativa interior de 30% ±10%, verificando que no se forme condensado en las ventanas.

15. VELOCIDAD DEL AIRE DENTRO DEL ESPACIO ACONDICIONADO.

La velocidad del aire que crea insatisfacción depende del diferencial de temperatura, entre el aire y el cuerpo humano, y la actividad desarrollada dentro del local. Se recomienda una velocidad media de 0.25 m/seg (50 ppm) y como máximo una de 0.75 m/seg (150 ppm), de acuerdo al local de que se trate, medida a una altura de 1.80 m sobre el nivel de piso, ver Gráfica 15.1.



Gráfica 15.1 Velocidad media del aire en espacio acondicionado.

16. VELOCIDAD RECOMENDADA DEL AIRE DENTRO DE LOS LOCALES.

Cuando se instalen sistemas de aire acondicionado en los edificios se deben respetar las velocidades siguientes, de acuerdo al local a acondicionar, ver Tabla 16.1.

| Velocidad enm/s (ppm) | Reacción   | Aplicación recomendada  |
|-----------------------|--|---|
| 0-0.08 (0-16)         | Crea estancamiento del aire  | Ninguna   |
| 0.127 (25)            | Diseño ideal favorable   | Todas las aplicaciones  |
| 0.12-0.25 (25-50)     | Es el máximo tolerable para personas sentadas                                  | Todas las aplicaciones  |
| 0.33 (65)             | Papeles ligeros son movidos del escritorio                                     | Laboratorios, cafeterías, cocinas, restaurantes y zona de butacas en auditorios |
| 0.38 (75)             | Límite máximo para personas que se mueven lentamente                           | Laboratorios, cocinas, talleres, salones de baile y zona de gradas en gimnasios |
| 0.38-0.75 (75-150)    | Límite máximo para personas realizando trabajo pesado o gran actividad física. | Gimnasios, talleres y cuartos de máquinas                                       |

17 NIVEL DE RUIDO PERMISIBLE.

Se recomienda que dentro de un local el equipo de aire acondicionado no genere más ruido que el emitido dentro del mismo al realizar el trabajo normalmente, ver Tabla 17.1..

**Tabla 17.1 Potencias de las fuentes de sonido.**

| Fuente                           | Watts lineales | Decibeles |
|----------------------------------|----------------|-----------|
| Hablar en voz alta (gritar)      | 0.001          | 90        |
| Triturador de basura             | 0.0001         | 80        |
| Hablar en tono normal            | 0.00001        | 70        |
| Ventilador de equipo electrónico | 0.000001       | 60        |
| Difusor de aire                  | 0.0000001      | 50        |
| Reloj electrónico                | 0.00000001     | 40        |
| Hablar en voz baja               | 0.000000001    | 30        |

18. NIVEL DE RUIDO EN NC.

Los fabricantes de rejillas y difusores presentan en sus catálogos el nivel de ruido en NC, el cuál es un valor relativo que toma en cuenta el nivel de absorción de ruido del local, el número de salidas, la forma del cuarto, la altura del plafón, etc. Los valores NC máximos y recomendados se muestran en la Tabla 18.1.

19. PUREZA DEL AIRE.

Con el fin de mantener una adecuada calidad del aire dentro de los espacios acondicionados, se debe instalar un sistema de filtrado acorde a lo requerido por cada local. Para aulas y oficinas en general es suficiente instalar un sistema de filtros que proporcione una eficiencia del 80 a 90% por la prueba de arrestancia.

20. FILTROS DE ALTA EFICIENCIA.

En laboratorios y espacios que requieran una pureza de aire mayor, que puede ser de hasta 99.99%, se debe recabar la información necesaria que justifique el uso de filtros de alta y muy alta eficiencia (filtros HEPA). En estos casos se deben instalar bancos de filtrado, con filtros de menor a mayor eficiencia, que prolonguen la vida de los filtros de alta eficiencia.

**Tabla 18.1 Valores en NC recomendados y máximos para diferentes locales**

| Tipo de local                | Valores Recomendados | Valores Máximos |
|------------------------------|----------------------|-----------------|
| Salas de juntas              | 20                   | 30              |
| Salones de conferencias      | 25                   | 35              |
| Recepciones                  | 30                   | 45              |
| Oficinas abiertas            | 35                   | 45              |
| Estancias y pasillos         | 35                   | 50              |
| Auditorios y salas de música | 15                   | 25              |
| Teatros                      | 25                   | 30              |
| Salas de estar               | 35                   | 45              |
| Bibliotecas                  | 30                   | 40              |
| Salones de clase             | 30                   | 40              |
| Laboratorios                 | 35                   | 45              |
| Salones de juego             | 35                   | 50              |
| Cocinas                      | 40                   | 50              |
| Restaurantes                 | 35                   | 45              |
| Cafeterías                   | 40                   | 50              |
| Gimnasios                    | 30                   | 40              |
| Estacionamientos             | 40                   | 50              |
| Talleres                     | 40                   | 50              |

Tabla 22.1 Velocidades recomendadas y máximas en sistemas de aire acondicionado

| Tipo de local                | Valores Recomendados | Valores Máximos |
|------------------------------|----------------------|-----------------|
| Salas de juntas              | 20                   | 30              |
| Salones de conferencias      | 25                   | 35              |
| Recepciones                  | 30                   | 45              |
| Oficinas abiertas            | 35                   | 45              |
| Estancias y pasillos         | 35                   | 50              |
| Auditorios y salas de Música | 15                   | 25              |
| Teatros                      | 25                   | 30              |
| Salas de estar               | 35                   | 45              |
| Bibliotecas                  | 30                   | 40              |
| Salones de clase             | 30                   | 40              |
| Laboratorios                 | 35                   | 45              |
| Salones de juego             | 35                   | 50              |
| Cocinas                      | 40                   | 50              |
| Restaurantes                 | 35                   | 45              |
| Cafeterías                   | 40                   | 50              |
| Gimnasios                    | 30                   | 40              |
| Estacionamientos             | 40                   | 50              |
| Talleres                     | 40                   | 50              |

Si se utiliza el método de caída de presión constante, para el cálculo de ductos, se recomienda considerar una caída de presión de 8.50 mm/100 m (0.10 pulg/100 pies) para ductos de inyección y de 6.70 mm/100 m (0.80 pulg/100 pies) para ductos de retorno, ver Gráfica 22.1.

## 21. AIRE DE VENTILACIÓN.

El volumen de aire nuevo, de ventilación o exterior, se debe determinar en función al número de personas y al tipo de actividad que realizan en el local. Para ahorrar energía pueden reducirse los niveles de ventilación hasta un 33%, pero en ningún momento este valor deberá ser menor a 2.4 L/s (5 pcm) por persona, tomando en consideración que actualmente está prohibido fumar dentro de espacios públicos, ver Tabla 21.1.

## 22. CÁLCULO DE DUCTOS DE AIRE.

Al calcular ductos de aire se deben considerar preferentemente sistemas de baja velocidad, donde la velocidad máxima no sea mayor de 10 m/s (2000 ppm), y respetando las velocidades del aire recomendadas para cada uno de los

componentes del sistema, ver Tabla 22.1

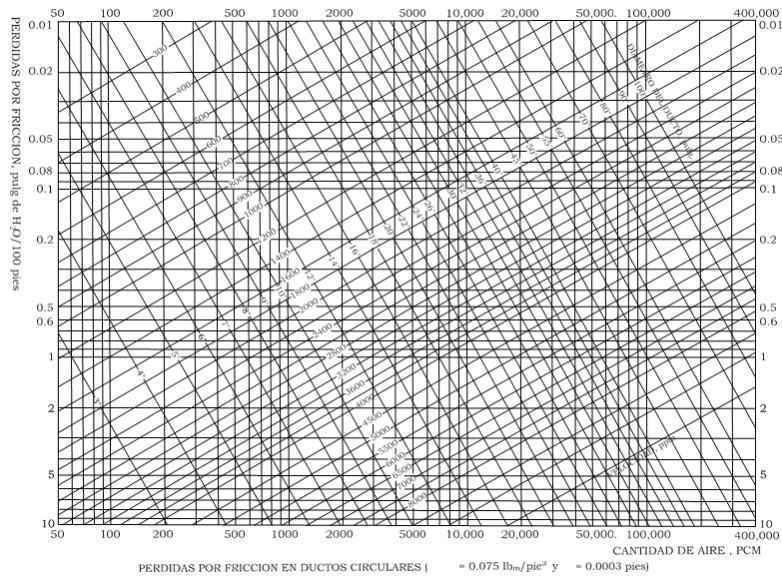
**Tabla 21.1 Aire exterior para ventilación\***

| Aplicación  | Ocupación máxima** estimada<br>P/1000 pies <sup>2</sup><br>ó 100 m <sup>2</sup> | Requerimientos de aire exterior |                     |                          |                    | Observaciones   |   |
|---|---|---------------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------|---|---|
|   |   | PCM/<br>P                       | L/s/ P              | PCM/<br>pie <sup>2</sup> | L/s/m <sup>2</sup> |   |   |
| <b>Educación</b>  |   |                                 |                     |                          |                    |   |   |
| Salones de clase  | 50  | 15                              | 8                   |                          |                    | Pueden requerirse sistemas especiales de control de contaminantes para algunos procesos o actividades incluyendo el manejo de animales de laboratorio.  |   |
| Laboratorios  | 30  | 20                              | 10                  |                          |                    |   |   |
| Bibliotecas<br>Corredores<br>Auditorios                               | 20<br>150   | 15<br>15                        | 8<br>8              | 0.10                     | 0.50               |   |   |
| <b>Oficinas</b>   |   |                                 |                     |                          |                    |   |   |
| Área de oficinas  | 7   | 20                              | 10                  |                          |                    |   | Algunos equipos de oficina pueden requerir extracción localizada.<br><br>Puede requerirse equipo suplementario de remoción de humo. |
| Área de recepción<br>Centros de comunicación y datos                  | 60<br>60  | 15<br>20                        | 8<br>10             |                          |                    |   |   |
| Salas de conferencia  | 50  | 20                              | 10                  |                          |                    |   |   |
| <b>Alimentos y bebidas</b>  |   |                                 |                     |                          |                    |   |   |
| Comedores<br>Cafetería, comida rápida                                 | 70<br>100   | 20<br>20                        | 10<br>10            |                          |                    | Puede requerirse más ventilación al instalar una campana. La suma de aire exterior y de transferencia de calidad aceptable, de los espacios adyacentes, debe ser suficiente para proporcionar un rango de extracción no menor a 1.5 PCM/pie <sup>2</sup> (7.5 L/s/m <sup>2</sup> ). |   |
| Cocinas   | 20  | 15                              | 8                   |                          |                    |   |   |
| <b>Deportiva y diversión</b>  |   |                                 |                     |                          |                    |   |   |
| Área de espectadores<br>Sala de juegos<br>Gimnasios<br>Salón de baile | 150<br>70<br>30<br>100  | 15<br>25<br>20<br>25            | 8<br>13<br>10<br>13 |                          |                    |   |   |
| <b>Teatros</b>  |   |                                 |                     |                          |                    |   |   |
| Sala de estar<br>Auditorio  | 150<br>150  | 20<br>15                        | 10<br>8             |                          |                    | Será necesario aire adicional para eliminar los efectos especiales (p.e. vapor, humo, etc.)   |   |

\* La tabla indica los niveles de inyección de un aire exterior aceptable para una adecuada calidad de aire interior. Estos valores fueron seleccionados para un control del CO<sub>2</sub> y otros contaminantes con un adecuado margen de seguridad teniendo en cuenta una saludable variación de cantidad de personas, niveles de actividad, y una moderada cantidad de humo.

\*\* Espacio Neto ocupable.

**Gráfica 22.1 Perdidas por fricción ductos circulares.**



**Tabla 23.1 Diámetro equivalente circular de ducto rectangular para igual fricción y capacidad.**

| Longitud<br>Adq. (D)           | Longitud de uno de los lados del ducto rectangular (a), mm |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                | 100  | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 | 350 | 400  | 450  | 500  | 550  | 600  | 650  | 700  | 750  | 800  | 900  |
| Diámetro de ducto circular, mm |  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 100                            | 109  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 125                            | 122  | 137 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 150                            | 133  | 150 | 164 |     |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 175                            | 143  | 161 | 177 | 191 |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 200                            | 152  | 172 | 189 | 204 | 219 |     |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 225                            | 161  | 181 | 200 | 216 | 232 | 246 |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 250                            | 169  | 190 | 210 | 228 | 244 | 259 | 273 |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 275                            | 176  | 199 | 220 | 238 | 256 | 272 | 287 | 301 |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 300                            | 183  | 207 | 229 | 248 | 266 | 283 | 299 | 314 | 328 |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 350                            | 195  | 222 | 245 | 267 | 286 | 305 | 322 | 339 | 354 | 383 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 400                            | 207  | 235 | 260 | 283 | 305 | 325 | 343 | 361 | 378 | 409 | 437  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 450                            | 217  | 247 | 274 | 299 | 321 | 343 | 363 | 382 | 400 | 433 | 464  | 492  |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 500                            | 227  | 258 | 287 | 313 | 337 | 360 | 381 | 401 | 420 | 455 | 488  | 518  | 547  |      |      |      |      |      |      |      |
| 550                            | 236  | 269 | 299 | 326 | 352 | 375 | 398 | 419 | 439 | 477 | 511  | 543  | 573  | 601  |      |      |      |      |      |      |
| 600                            | 245  | 279 | 310 | 339 | 365 | 390 | 414 | 436 | 457 | 496 | 533  | 567  | 598  | 628  | 656  |      |      |      |      |      |
| 650                            | 253  | 289 | 321 | 351 | 378 | 404 | 429 | 452 | 474 | 515 | 553  | 589  | 622  | 653  | 683  | 711  |      |      |      |      |
| 700                            | 261  | 298 | 331 | 362 | 391 | 418 | 443 | 467 | 490 | 533 | 573  | 610  | 644  | 677  | 708  | 737  | 765  |      |      |      |
| 750                            | 268  | 306 | 341 | 373 | 402 | 430 | 457 | 482 | 506 | 550 | 592  | 630  | 666  | 700  | 732  | 763  | 792  | 820  |      |      |
| 800                            | 275  | 314 | 350 | 383 | 414 | 442 | 470 | 496 | 520 | 567 | 609  | 649  | 687  | 722  | 755  | 787  | 818  | 847  | 875  |      |
| 900                            | 289  | 330 | 367 | 402 | 435 | 465 | 494 | 522 | 548 | 597 | 643  | 689  | 726  | 763  | 799  | 833  | 866  | 897  | 927  | 984  |
| 1000                           | 301  | 344 | 384 | 420 | 454 | 486 | 517 | 546 | 574 | 626 | 674  | 719  | 762  | 802  | 840  | 876  | 911  | 944  | 976  | 1037 |
| 1100                           | 313  | 358 | 399 | 437 | 473 | 506 | 538 | 569 | 598 | 652 | 703  | 751  | 795  | 838  | 878  | 916  | 953  | 988  | 1022 | 1086 |
| 1200                           | 324  | 370 | 413 | 453 | 490 | 525 | 558 | 590 | 620 | 677 | 731  | 780  | 827  | 872  | 914  | 954  | 993  | 1030 | 1066 | 1133 |
| 1300                           | 334  | 382 | 426 | 468 | 506 | 543 | 577 | 610 | 642 | 701 | 757  | 808  | 857  | 904  | 948  | 990  | 1031 | 1069 | 1107 | 1177 |
| 1400                           | 344  | 394 | 439 | 482 | 522 | 559 | 595 | 629 | 662 | 724 | 781  | 835  | 886  | 934  | 980  | 1024 | 1066 | 1107 | 1146 | 1220 |
| 1500                           | 353  | 404 | 452 | 495 | 536 | 575 | 612 | 648 | 681 | 745 | 805  | 860  | 913  | 963  | 1011 | 1057 | 1100 | 1143 | 1183 | 1260 |
| 1600                           | 362  | 415 | 463 | 508 | 551 | 591 | 629 | 665 | 700 | 766 | 827  | 885  | 939  | 991  | 1041 | 1088 | 1133 | 1177 | 1219 | 1298 |
| 1700                           | 371  | 425 | 475 | 521 | 564 | 605 | 644 | 682 | 718 | 785 | 849  | 908  | 964  | 1018 | 1069 | 1118 | 1164 | 1209 | 1253 | 1335 |
| 1800                           | 379  | 434 | 485 | 533 | 577 | 619 | 660 | 698 | 735 | 804 | 869  | 930  | 988  | 1043 | 1096 | 1146 | 1195 | 1241 | 1286 | 1371 |
| 1900                           | 387  | 444 | 496 | 544 | 590 | 633 | 674 | 713 | 751 | 823 | 889  | 952  | 1012 | 1068 | 1122 | 1174 | 1224 | 1271 | 1318 | 1405 |
| 2000                           | 395  | 453 | 506 | 555 | 602 | 646 | 688 | 728 | 767 | 840 | 908  | 973  | 1034 | 1092 | 1147 | 1200 | 1252 | 1301 | 1348 | 1438 |
| 2100                           | 402  | 461 | 516 | 566 | 614 | 659 | 702 | 743 | 782 | 857 | 927  | 993  | 1055 | 1115 | 1172 | 1226 | 1279 | 1329 | 1378 | 1470 |
| 2200                           | 410  | 470 | 525 | 577 | 625 | 671 | 715 | 757 | 797 | 874 | 945  | 1013 | 1076 | 1137 | 1195 | 1251 | 1305 | 1356 | 1406 | 1501 |
| 2300                           | 417  | 478 | 534 | 587 | 636 | 683 | 728 | 771 | 812 | 890 | 963  | 1031 | 1097 | 1159 | 1218 | 1275 | 1330 | 1383 | 1434 | 1532 |
| 2400                           | 424  | 486 | 543 | 597 | 647 | 695 | 740 | 784 | 826 | 905 | 980  | 1050 | 1116 | 1180 | 1241 | 1299 | 1355 | 1409 | 1461 | 1561 |
| 2500                           | 430  | 494 | 552 | 606 | 658 | 706 | 753 | 797 | 840 | 920 | 996  | 1068 | 1136 | 1200 | 1262 | 1322 | 1379 | 1434 | 1488 | 1598 |
| 2600                           | 437  | 501 | 560 | 616 | 668 | 717 | 764 | 810 | 853 | 935 | 1012 | 1085 | 1154 | 1220 | 1283 | 1344 | 1402 | 1459 | 1513 | 1617 |
| 2700                           | 443  | 509 | 569 | 625 | 678 | 728 | 776 | 822 | 866 | 950 | 1028 | 1102 | 1173 | 1240 | 1304 | 1366 | 1425 | 1483 | 1538 | 1644 |
| 2800                           | 450  | 516 | 577 | 634 | 688 | 738 | 787 | 834 | 879 | 964 | 1043 | 1119 | 1190 | 1259 | 1324 | 1387 | 1447 | 1506 | 1562 | 1670 |
| 2900                           | 456  | 523 | 585 | 643 | 697 | 749 | 798 | 845 | 891 | 977 | 1058 | 1135 | 1208 | 1277 | 1344 | 1408 | 1469 | 1529 | 1586 | 1696 |

Tabla 23.1 (Continuación) Diámetro equivalente circular de ducto rectangular para igual fricción y capacidad

| Longitud<br>Adq. (D)           | Longitud de uno de los lados del ducto rectangular (a), mm |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                | 100  | 125  | 150  | 175  | 200  | 225  | 250  | 275  | 300  | 350  | 400  | 450  | 500  | 550  | 600  | 650  | 700  | 750  | 800  | 900  |
| Diámetro de ducto circular, mm |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1000                           | 1093   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1100                           | 1146   | 1202 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1200                           | 1196   | 1256 | 1312 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1300                           | 1244   | 1306 | 1365 | 1421 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1400                           | 1289   | 1354 | 1416 | 1475 | 1530 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1500                           | 1332   | 1400 | 1464 | 1529 | 1584 | 1640 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1600                           | 1373   | 1444 | 1511 | 1574 | 1635 | 1693 | 1749 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1700                           | 1413   | 1486 | 1555 | 1621 | 1684 | 1745 | 1803 | 1858 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1800                           | 1451   | 1527 | 1598 | 1667 | 1732 | 1794 | 1854 | 1912 | 1968 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1900                           | 1488   | 1566 | 1640 | 1710 | 1778 | 1842 | 1904 | 1964 | 2021 | 2077 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2000                           | 1523   | 1604 | 1680 | 1753 | 1822 | 1889 | 1952 | 2014 | 2073 | 2131 | 2186 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2100                           | 1558   | 1640 | 1719 | 1793 | 1865 | 1933 | 1999 | 2063 | 2124 | 2183 | 2240 | 2296 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2200                           | 1591   | 1676 | 1756 | 1833 | 1906 | 1977 | 2044 | 2110 | 2173 | 2233 | 2292 | 2350 | 2405 |      |      |      |      |      |      |      |
| 2300                           | 1623   | 1710 | 1793 | 1871 | 1947 | 2019 | 2088 | 2155 | 2220 | 2283 | 2343 | 2402 | 2459 | 2514 |      |      |      |      |      |      |
| 2400                           | 1655   | 1744 | 1828 | 1909 | 1986 | 2060 | 2131 | 2200 | 2266 | 2330 | 2393 | 2453 | 2511 | 2568 | 2624 |      |      |      |      |      |
| 2500                           | 1685   | 1776 | 1862 | 1945 | 2024 | 2100 | 2173 | 2243 | 2311 | 2377 | 2441 | 2502 | 2562 | 2621 | 2678 | 2733 |      |      |      |      |
| 2600                           | 1715   | 1808 | 1896 | 1980 | 2061 | 2139 | 2213 | 2285 | 2355 | 2422 | 2487 | 2551 | 2612 | 2672 | 2730 | 2787 | 2842 |      |      |      |
| 2700                           | 1744   | 1839 | 1929 | 2015 | 2097 | 2177 | 2253 | 2327 | 2398 | 2466 | 2533 | 2598 | 2661 | 2722 | 2782 | 2840 | 2896 | 2952 |      |      |
| 2800                           | 1772   | 1869 | 1961 | 2048 | 2133 | 2214 | 2292 | 2367 | 2439 | 2510 | 2578 | 2644 | 2708 | 2771 | 2832 | 2891 | 2949 | 3006 | 3061 |      |
| 2900                           | 1800   | 1898 | 1992 | 2081 | 2167 | 2250 | 2329 | 2406 | 2480 | 2552 | 2621 | 2689 | 2755 | 2819 | 2881 | 2941 | 3001 | 3058 | 3115 | 3170 |

Fuente: Normas ASHRAE 2001, 34-10

La gráfica 22.1 está basada en aire estándar, ductos de lámina galvanizada con una rugosidad absoluta de 0.09 mm (0.0003 pies).

### 23. DISEÑO DE DUCTOS DE AIRE.

Los ductos pueden ser de sección circular, rectangular, ovalada o combinación de estas formas. Si se requiere transformar el ducto circular a ducto rectangular éste último debe conservar, preferentemente, como máximo una proporción de 3:1, del lado mayor al menor. Para hacer la transformación de ducto circular a rectangular y viceversa, se utiliza la fórmula siguiente:

$$De = \frac{1.3(ab)^{0.625}}{(a+b)^{0.25}} = 1.3 \sqrt[8]{\frac{(ab)^5}{(a+b)^2}} \quad 23.1$$

Dónde:

*De* Diámetro equivalente de ducto circular a ducto rectangular para igual longitud, resistencia del fluido, flujo de aire, mm,

*a* Dimensión de uno de los lados del ducto, mm,

*b* Dimensión del otro lado del ducto, mm.

La ecuación anterior es la base para desarrollar la tabla de equivalente circular de ducto rectangular para igual fricción y capacidad, ver Tabla 23.1.

En la elaboración de ductos deberá usarse lámina galvanizada o de aluminio, según el nivel de contaminación de la zona. Para lugares con condiciones ambientales normales debe usarse lámina galvanizada, y lámina de aluminio para lugares con alta contaminación. Los ductos deben ser del calibre adecuado según sus dimensiones, para determinar el calibre de lámina de ductos rectangulares, ver Tabla 23.2.

Tabla 23.2 Tabla de calibres de lámina.

| Dimensión del lado mayor del ducto |          | Calibre de lámina |          |
|------------------------------------|----------|-------------------|----------|
| cm                                 | pulgadas | Galvanizada       | Aluminio |
| 0-30                               | 0-12     | 26                | 24       |
| 31-76                              | 13-30    | 24                | 22       |
| 77-135                             | 31-54    | 22                | 20       |
| 136-210                            | 55-84    | 20                | 18       |

## 24. DUCTOS FLEXIBLES.

Los ductos flexibles son utilizados para conectar accesorios a equipos terminales tales como cajas de mezcla, cajas de volumen variable, difusores y rejillas, etc. a los ramales principales. Los ductos flexibles más utilizados son de alambre reforzado en espiral y cubierto con tela de vinil, al interior una tela del mismo material debidamente sellado y rematado con collares metálicos para unir a los diferentes dispositivos por medio de grapas. Los ductos flexibles con aislamiento térmico y barrera de vapor integrada de fábrica se recomiendan solo donde se requieren niveles de ruido muy bajos.

## 25. AISLAMIENTO TÉRMICO DE DUCTOS PARA AIRE ACONDICIONADO.

Los ductos de aire acondicionado interiores deberán aislarse con colchoneta de fibra de vidrio, con recubrimiento de aluminio reforzado con kraft, de 25 mm (1") de espesor y resistividad de  $0.581 \text{ (m}^2 \cdot \text{°K)/W}$  [ $3.3 \text{ hr} \cdot \text{pie}^2 \cdot \text{°F/BTU}$ ]. Los ductos de aire acondicionado que se instalen a la intemperie deberán aislarse con colchoneta de fibra de vidrio, con recubrimiento de aluminio reforzado con kraft, con espesor de 38 mm (1-1/2") y resistividad de  $0.581 \text{ (m}^2 \cdot \text{°K)/W}$  [ $3.3 \text{ hr} \cdot \text{pie}^2 \cdot \text{°F/BTU}$ ], debiendo protegerse el aislamiento con sobreducto de lámina galvanizada calibre 24 o con un recubrimiento a base de cemento monolítico de 25 mm (1") de espesor aplicado sobre manta y tela de metal desplegado, ambos acabados con impermeabilizante y pintura color claro.

Los ductos de aire acondicionado que alimenten locales muy sensibles al ruido deben aislarse térmica y acústicamente por el interior de los mismos por medio de aislantes térmicos aprobados para este fin, tomando en cuenta la temperatura de operación del ducto y la velocidad del aire dentro del mismo.

## 26. VENTILACIÓN MECÁNICA.

La forma más económica de eliminar el aire viciado de un local es por medio de la ventilación mecánica, ya sea ventilación, extracción o combinación de ambas. Esta forma de acondicionamiento es usada donde la temperatura y la humedad del aire no son parámetros a controlar, como en cuartos de máquinas, cocinas,

estacionamientos, talleres pesados y cualquier local de edificios ubicados en el altiplano, suponiendo que la ventilación natural no es suficiente por el tipo de construcción.

La cantidad de aire a manejar se debe determinar en función al uso del local y su volumen, ver Tabla 26.1.

## 27. USO DE PRESIONES POSITIVAS O NEGATIVAS EN LOS LOCALES.

En locales altamente contaminados se debe mantener una presión negativa con respecto a los espacios circunvecinos; por el contrario, en locales donde el aire es más limpio, que el de los alrededores, se debe crear una presión positiva.

**Tabla 26.1 Ventilación mecánica recomendada para diferentes locales**

| ESPACIOS A VENTILARSE    | Cambios por hora | Minutos por cambio |
|--------------------------|------------------|--------------------|
| Almacenes                | 4-6              | 15-12              |
| Auditorios               | 12               | 5                  |
| Aulas                    | 10               | 6                  |
| Casetas de proyección    | 30               | 2                  |
| Clubes                   | 12               | 5                  |
| Cocinas                  | 30               | 2                  |
| Cocheras                 | 12               | 5                  |
| Cuartos de Máquinas      | 7.50             | 8                  |
| Laboratorios             | 10-20            | 6-3                |
| Lavanderías              | 20-30            | 3-2                |
| Oficinas                 | 10               | 6                  |
| Panaderías y Reposterías | 20               | 3                  |
| Restaurantes             | 12               | 5                  |
| Sanitarios privados      | 12               | 5                  |
| Sanitarios públicos      | 20               | 3                  |
| Talleres                 | 10               | 6                  |
| Vestidores               | 10               | 6                  |

## 28. CAMPANAS DE EXTRACCIÓN.

En locales donde la fuente de contaminación o calor esté muy concentrada, como en cocinas, casetas de soldadura y mesas de laboratorio, deberán instalarse campanas de extracción. El sistema de extracción deberá tener la capacidad suficiente para mantener una velocidad de entrada, a las campanas, no menor a lo indicado en la Tabla 28.1.

Tabla 28.1 Velocidad de entrada a campanas de extracción.

| Área en m <sup>2</sup> | Velocidad mínima en m/seg según el tipo decampana |          |
|------------------------|---|----------|
|                        | Campanas adosadas a muros aisladas                | Campanas |
| Hasta 1                | 0.80  | 1.00     |
| 2                      | 0.62  | 0.77     |
| 4                      | 0.41  | 0.51     |
| 6                      | 0.31  | 0.38     |
| 8                      | 0.26  | 0.32     |
| 10                     | 0.24  | 0.30     |

## 29. CAMPANAS DE EXTRACCIÓN DE COCINAS.

Las campanas de extracción de cocinas serán de acero inoxidable y estarán equipadas con filtro de grasa de aluminio lavable de alta velocidad, con depósito de grasa.

## 30. DUCTOS DE EXTRACCIÓN DE COCINAS.

Los ductos de extracción de cocinas serán de lámina negra calibre 16 o de acero inoxidable calibre 18, con uniones soldadas, debiéndose instalar un registro en la cara lateral del codo de cambio de dirección de horizontal a vertical, para la limpieza de la grasa, con un cople de 25 mm de diámetro y tapón capa galvanizado, soldado en la parte más baja de la trampa, con compuerta contra incendio que desconecte el extractor en caso de incendio, ver detalles en la Figura 30.1.

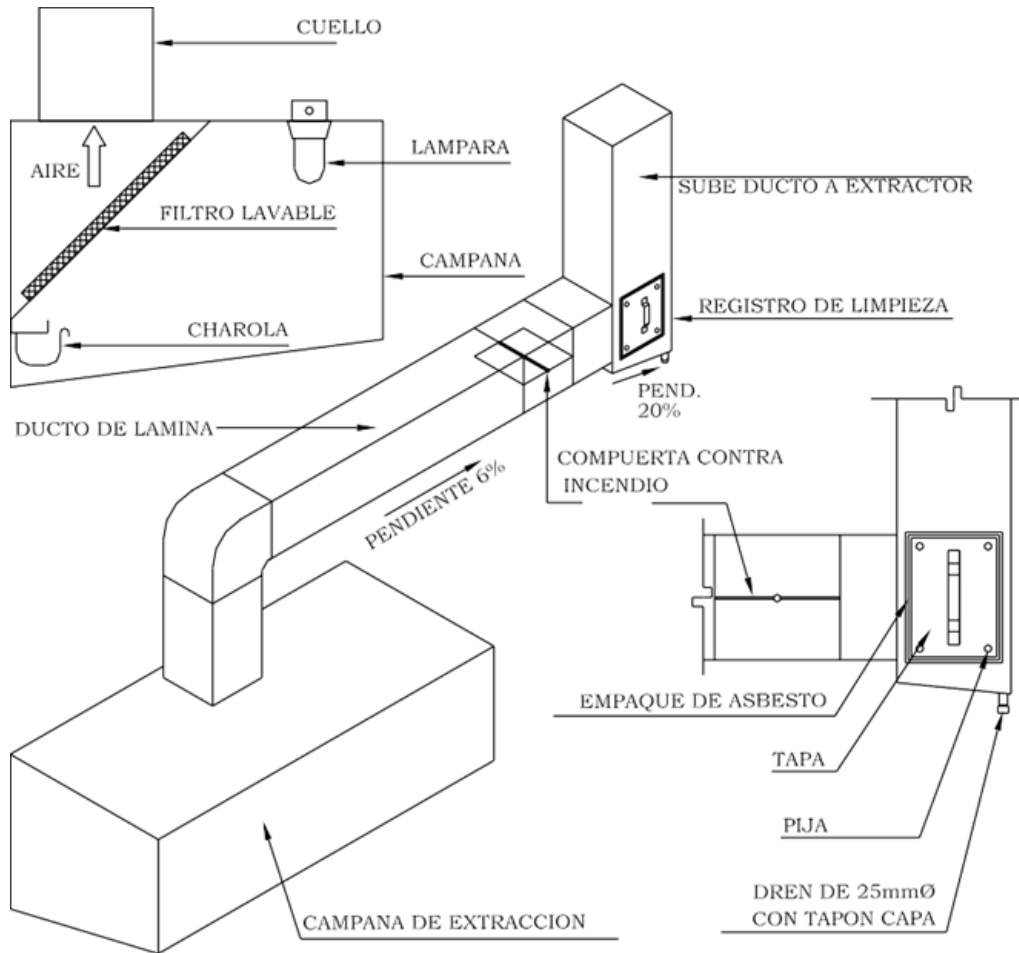


Figura 30.1 Detalle de instalación de campana de extracción

### 31. VELOCIDAD DEL AIRE EN LOS DUCTOS DE EXTRACCIÓN DE COCINAS.

La velocidad del aire en los ductos de extracción de cocinas debe variar entre 7.50 y 10.50 m/seg (1500 y 2100 ppm), con el fin de evitar el condensado de grasa en las paredes de los ductos.

### 32. AIRE DE REPOSICIÓN EN COCINAS CONTIGUAS A COMEDORES.

En las cocinas contiguas a comedores, ubicadas en zonas climáticas que ameriten la instalación de aire acondicionado, se deberá proveer un sistema de aire de reposición, previamente filtrado pero sin tratamiento de temperatura y

humedad, el cual se suministrará alrededor de la campana. La cantidad de aire de reposición debe ser el 85% del aire extraído por la campana, con el fin de asegurar que no haya fuga de olores hacia el comedor.

### 33. ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO.

Un método sencillo y económico para acondicionar un local es el enfriamiento evaporativo, el cual es muy aplicado en lugares con clima cálido y seco, cuando la humedad relativa alta no causa problemas al equipo o la actividad desarrollada en el local. El volumen de aire manejado que se recomienda es igual al indicado para la ventilación mecánica, ver Tabla 26.1.

### 34. GANANCIA DE CALOR POR PERSONAS.

Las personas que ocupan un lugar acondicionado producen una gran cantidad de calor dependiendo de la temperatura interior y el grado de actividad física o mental que estén realizando, ver Tabla 34.1.

### 35. GANANCIA DE CALOR POR ILUMINACIÓN.

El calor generado por la iluminación incandescente es:

$$Q = E \times 0.86 \text{ Kcal/hr}, \quad 35.1$$

Dónde:

E Consumo eléctrico en watts. Por la iluminación fluorescente es:

$$Q = E \times F_b \times 0.86 \text{ Kcal/hr}, \quad 35.2$$

Dónde:

E Consumo eléctrico en watts,

F<sub>b</sub> Factor de balastro.

El valor de F<sub>b</sub> es de 1.20 para balastos electromagnéticos y 1.05 para balastos electrónicos de alta eficiencia.

**Tabla 34.1 Calor producido por las personas, kcal/h.**

| Grado de actividad                             | Aplicación típica             | Relación metabólica de un hombre adulto | Grupo de personas % de composición del grupo |       |      | Promedio de la relación metabólica | Temperaturas del cuarto °C |      |       |      |       |      |       |      |       |      |
|--|-------------------------------|---|--|-------|------|------------------------------------|----------------------------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
|  |                               |   | Hombre                                       | Mujer | Niño |                                    | 28                         |      | 27    |      | 26    |      | 24    |      | 21    |      |
|  |                               |   |  |       |      |                                    | Sens.                      | Lat. | Sens. | Lat. | Sens. | Lat. | Sens. | Lat. | Sens. | Lat. |
| Sentado  | Teatro                        | 98                                      | 45   | 45    | 10   | 88                                 | 44                         | 44   | 49    | 39   | 53    | 35   | 58    | 30   | 66    | 23   |
| Sentado trabajo ligero                         | Escuela                       | 113                                     | 50   | 50    | 0    | 101                                | 45                         | 55   | 49    | 52   | 54    | 47   | 60    | 40   | 69    | 32   |
| Trabajo de oficina, actividad moderada         | Oficinas, Hoteles, Deptos.    | 120                                     | 50   | 50    | 0    | 113                                | 50                         | 68   | 50    | 63   | 54    | 59   | 62    | 52   | 72    | 42   |
| Parados; Caminando despacio                    | Tienda de ropa, Almacenes     | 137                                     | 10   | 70    | 20   | 113                                | 50                         | 68   | 50    | 63   | 54    | 71   | 62    | 52   | 72    | 42   |
| Caminando, sentado, de pie, caminando despacio | Cafeterías Bancos             | 139                                     | 21   | 71    | 10   | 126                                | 45                         | 81   | 50    | 76   | 55    | 71   | 64    | 62   | 73    | 53   |
| Trabajo sedentario                             | Restaurantes                  | 126                                     | 50   | 50    | 0    | 139                                | 48                         | 91   | 55    | 83   | 60    | 78   | 71    | 68   | 81    | 58   |
| Trabajo ligero                                 | Fabrica, Trabajo ligero       | 201                                     | 60   | 40    | 0    | 189                                | 48                         | 141  | 55    | 134  | 62    | 127  | 74    | 145  | 92    | 72   |
| Baile moderado                                 | Salas de baile                | 227                                     | 50   | 50    | 0    | 214                                | 55                         | 159  | 62    | 152  | 69    | 145  | 82    | 132  | 101   | 113  |
| Caminando, 5 kph                               | Fabricas, Trabajo algo pesado | 252                                     | 100  | 0     | 0    | 252                                | 68                         | 184  | 76    | 176  | 83    | 169  | 96    | 156  | 116   | 136  |
| Jugando  | Boliche                       | 378                                     | 75   | 25    | 0    | 365                                | 113                        | 252  | 117   | 248  | 122   | 243  | 132   | 233  | 152   | 213  |

### 36. GANANCIA DE CALOR POR MOTORES.

Los motores eléctricos proporcionan calor sensible al funcionar, cuando estos se encuentran dentro de la corriente de aire o dentro del espacio acondicionado, esta ganancia se debe considerar, ver Tabla 36.1.

*Tabla 36.1 Ganancia de calor por motores eléctricos.*

| Datos de placa HP | Eficiencia aproximada | Ganancia de calor, kcal/hr/HP para operación continua |
|-------------------|-----------------------|---|
| ¼ HP y menor      | 60                    | 1060  |
| ½ a 1             | 70                    | 910   |
| 1 ½ a 5           | 80                    | 810   |
| 7 ½ a 20          | 85                    | 760   |
| Mayor de 20 HP    | 88                    | 730   |

Nota: se asume que la carga y el motor están dentro de la corriente de aire y que la carga es igual o similar al dato de placa del motor. En general, estas consideraciones son ciertas, especialmente para motores de 20 HP o menores.

### 37. GANANCIA DE CALOR POR EQUIPO ELÉCTRICO.

El calor producido por los diferentes tipos de aparatos y equipos eléctricos, incluyendo los contactos para cargas pequeñas, debe cuantificarse tomando en cuenta un factor de demanda, cuando no todo el equipo funcione simultáneamente.

$$Q = E \times 0.86 \times Fd \text{ (Kcal/hr).}$$

Dónde:

E Consumo eléctrico en watts,

Fd Factor de demanda.

### 38. CÁLCULO DE TUBERÍAS PARA AGUA.

Deben diseñarse las tuberías para agua tomando en cuenta el costo inicial, costo de operación y mantenimiento, velocidad del agua y caída de presión, con una caída de presión no mayor a 10 m de columna de agua por cada 100 m de tubería equivalente, verificando que la velocidad del agua se mantenga entre 1.00 y 3.00 m/s (3.00 y 10 pies/seg).

### 39. MATERIAL DE LAS TUBERÍAS PARA AGUA.

Las tuberías para la conducción de agua fría o caliente pueden ser de los siguientes materiales.

- Cobre tipo "M", hasta 50 mm de diámetro (2"), (agua fría o caliente).
- Fierro galvanizado cédula 40 (agua fría o caliente).
- Polipropileno o similar (agua fría).

### 40. AISLAMIENTO DE TUBERÍAS PARA AGUA.

Todas las tuberías de agua helada, retorno de agua helada, agua caliente y retorno

de agua caliente deberán aislarse térmicamente. Al aislamiento térmico de las tuberías de agua helada se les deberá agregar una capa permeable como barrera de vapor y una protección a base de lámina de aluminio, tipo insulcover de 0.718 mm de espesor, traslapada un centímetro longitudinalmente y sujeta con remaches pop de 3.2 mm (1/8") a cada 30 cm, aplicando sellador en las juntas. Ver tabla 40.1.

**Tabla 40.1 Aislamiento térmico de tuberías para agua helada.**

| Temperatura del agua en °C (°F) | Diámetro de la tubería |                            |                         |                  |                   |
|---------------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------|-------------------|
|                                 | Hasta 2.5 cm (1")      | 3.2 a 5.0 cm (1.1/4" a 2") | 6.3 a 10 cm (2.5" a 4") | 15 cm (6")       | 20 cm (8"9 o más) |
| 4.4 a 12.8 (40-55)              | 1.27 cm (1/2")         | 1.27 cm (1/2")             | 1.94 cm (3/4")          | 2.54 cm (1")     | 2.54 cm (1")      |
| Menos de 4.4 (40)               | 2.54 cm (1")           | 2.54 cm (1")               | 3.81 cm (1.1/2")        | 3.81 cm (1.1/2") | 3.81 cm (1.1/2")  |

La conductividad del aislamiento debe ser de 0.11 a 0.13 W/(m2 °K) [0.23 a 0.27 BTU in /hr pie2 °F].

La temperatura media exterior considerada es de 23.4 °C (75 °F).

#### 41. MEMORIA DE CÁLCULO.

























Se debe presentar la memoria de cálculo correspondiente que justifique la capacidad de los equipos especificados, que contenga las bases de proyecto indispensables, como son: ubicación geográfica, altura sobre nivel de mar, condiciones de diseño exterior, condiciones de diseño interior, coeficientes de transmisión térmica, número de personas y carga eléctrica.

#### 42. PRESENTACIÓN DE LOS PROYECTOS DE AIRE ACONDICIONADO, VENTILACIÓN, EXTRACCIÓN Y AIRE LAVADO.









































Los proyectos de instalación de aire acondicionado, ventilación, extracción y aire lavado deben contener simbología, especificaciones de materiales, cuadros de equipo, detalles de instalación, diagramas de control, dimensiones y caudal de aire en ductos, rejillas y difusores, dimensiones y caudal de tuberías para agua, y todo lo necesario para su correcta interpretación, ejecución en obra y su mantenimiento futuro.

### 43. SIMBOLOGÍA.







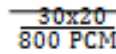



Los símbolos empleados en el diseño de las instalaciones de aire acondicionado, deben ser claros y a la escala del plano. Con el fin de tener uniformidad en la presentación del diseño de los sistemas de aire acondicionado deberán emplearse los siguientes símbolos, ver Tabla 42.1.

|   |  |
|---|--|
|    | ACUÉSTATE                                    |
|    | INTERRUPTOR DE FLUJO                         |
|    | INTERRUPTOR DE PRESIÓN                       |
|    | VÁLVULA DE GLOBO                             |
|    | VÁLVULA DE COMPUERTA                         |
|    | VÁLVULA DE RETENCIÓN                         |
|    | VÁLVULA SOLENOIDE                            |
|    | VÁLVULA MOTORIZADA DE TRES VÍAS              |
|    | VÁLVULA MOTORIZADA DE DOS VÍAS               |
|   | VÁLVULA DE EXPANSIÓN                         |
|  | FILTRO DESHIDRATADOR                         |
|  | MIRILLA                                      |
|  | VÁLVULA DE FLOTADOR                          |
|  | COLADERA                                     |
|  | AISLAMIENTO PARA TUBERÍA                     |
| —   |  |
|  | DUCTO DE INYECCION QUE SUBE                  |
|  | DUCTO DE INYECCION QUE BAJA                  |
|  | DUCTO DE RETORNO QUE SUBE                    |
|  | DUCTO DE RETORNO QUE BAJA                    |
|  | DUCTO DE EXTRACCION QUE SUBE                 |
|  | DUCTO DE EXTRACCION QUE BAJA                 |
|  | JUNTA FLEXIBLE DE LONA                       |
|  | DUCTO QUE SE DIVIDE DE LA DIMENSION INDICADA |
|  | FILTROS METÁLICOS LAVABLES                   |

Continúa.

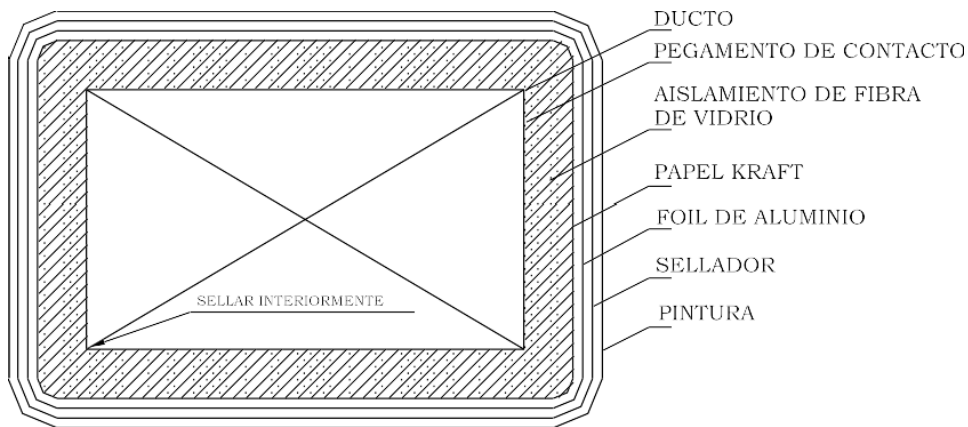
|   |                            |
|---|----------------------------|
|    | FILTROS DE BOLSA           |
|    | FILTROS ABSOLUTOS          |
|    | MANÓMETRO                  |
|    | TERMOSTATO DE CUARTO       |
|    | HUMIDISTATO DE CUARTO      |
|    | TERMOSTATO DE BULBO REMOTO |
|    | DREN DE CONDENSADOS        |
|    | LÍNEAS DE GAS REFRIGERANTE |
|    | TUBERIA DE AGUA HELADA     |
|    | RETORNO DE AGUA HELADA     |
|    | LÍNEA DE SUCCIÓN           |
|    | LÍNEAS DE LIQUIDO          |
|    | FILTRO "Y"                 |
|    | REDUCCIÓN CONCÉNTRICA      |
|    | REDUCCIÓN EXCÉNTRICA       |
|    | JUNTA DE EXPANSION         |
|    | CONEXIÓN FLEXIBLE          |
|    | TUERCA UNIÓN               |
|    | MANÓMETRO                  |
|  | TERMÓMETRO                 |
|  | FILTROS DE BOLSA           |
|  | FILTROS ABSOLUTOS          |
|  | MANÓMETRO                  |
|  | TERMOSTATO DE CUARTO       |
|  | HUMIDISTATO DE CUARTO      |
|  | TERMOSTATO DE BULBO REMOTO |
|  | DREN DE CONDENSADOS        |
|  | LÍNEAS DE GAS REFRIGERANTE |
|  | TUBERIA DE AGUA HELADA     |
|  | RETORNO DE AGUA HELADA     |
|  | LÍNEA DE SUCCIÓN           |
|  | LÍNEAS DE LIQUIDO          |
|  | FILTRO "Y"                 |
|  | REDUCCIÓN CONCÉNTRICA      |
|  | REDUCCIÓN EXCÉNTRICA       |
|  | JUNTA DE EXPANSION         |
|  | CONEXIÓN FLEXIBLE          |
|  | TUERCA UNIÓN               |
|  | MANÓMETRO                  |
|  | TERMÓMETRO                 |

Continua.

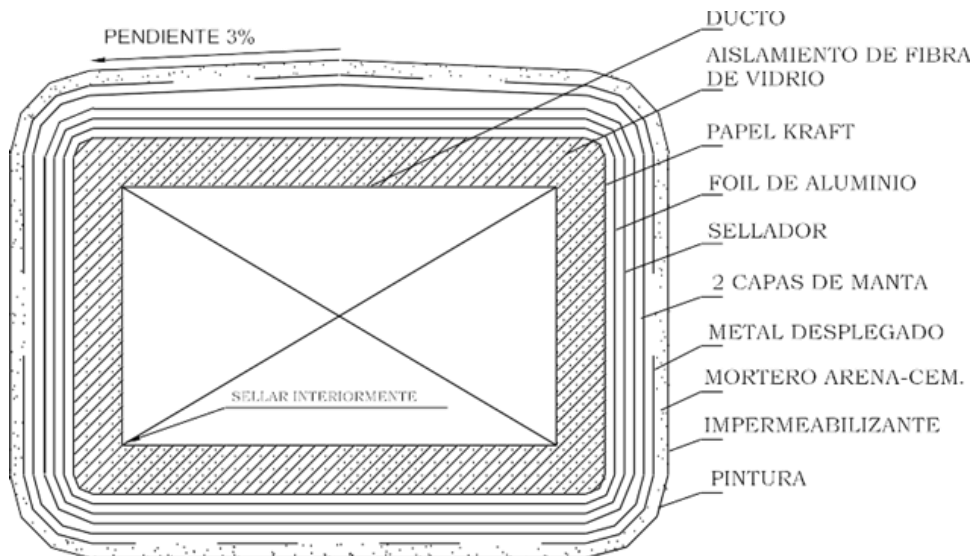
|   |  |
|---|--|
| VI  | VENTILADOR DE INYECCION                    |
| VE  | VENTILADOR DE EXTRACCIÓN                   |
| BAH   | BOMBA DE AGUA HELADA                       |
| BAC   | BOMBA DE AGUA CALIENTE                     |
| UP  | UNIDAD TIPO PAQUETE                        |
| UV  | UNIDAD DE VENTANA                          |
| UD  | UNIDAD DIVIDIDA                            |
| MS  | UNIDAD MINI SPLIT                          |
| UMA   | UNIDAD MANEJADORA DE AIRE                  |
| UC  | UNIDAD CONDENSADORA                        |
| F&C   | UNIDAD FAN & COIL                          |
| UGAH  | UNIDAD GENERADORA DE AGUA HELADA (CHILLER) |
| TEX   | TANQUE DE EXPANSION                        |
| ULA   | UNIDAD LAVADORA DE AIRE                    |
| VG  | VENTILADOR DE GRAVEDAD                     |
| VT  | VENTILADOR DE TECHO                        |
| P.E.  | PRESION ESTÁTICA                           |
| P.C.M.  | PIES CÚBICOS POR MINUTO                    |
| R.P.M.  | REVOLUCIONES POR MINUTO                    |
| TAE   | TOMA DE AIRE EXTERIOR                      |
|  DI  | DIFUSOR DE INYECCION                       |
|  RR  | REJILLA DE RETORNO                         |
|  RP  | REJILLA DE PASO                            |
|  RI  | REJILLA DE INYECCION                       |
|  RE  | REJILLA DE EXTRACCIÓN                      |
|  CCV | COMPUERTA DE CONTROL DE VOLUMEN            |
|      | DUCTO DE LA DIMENSIÓN Y GASTO INDICADOS    |
|      | DUCTO CON AISLAMIENTO TÉRMICO INTERIOR     |
|      | DUCTO FLEXIBLE                             |
|  CG  | COMPUERTA DE GRAVEDAD                      |

#### 44. DETALLES DE INSTALACIÓN.

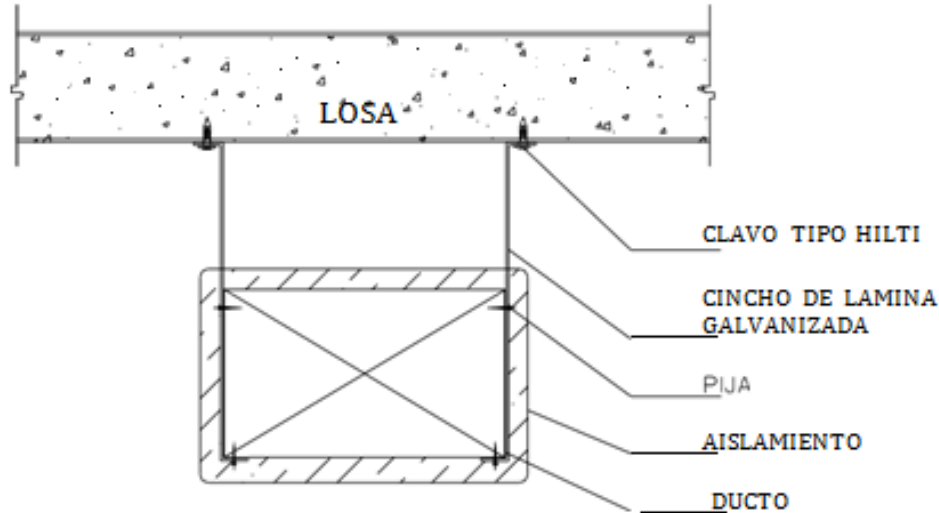
Los proyectos de aire acondicionado, ventilación, extracción y aire lavado deberán contar con los detalles constructivos necesarios para su correcta interpretación y ejecución en obra, para tal efecto se presentan los siguientes detalles de instalación.



**Figura 44.1 Detalle de aislamiento de ducto interior.**

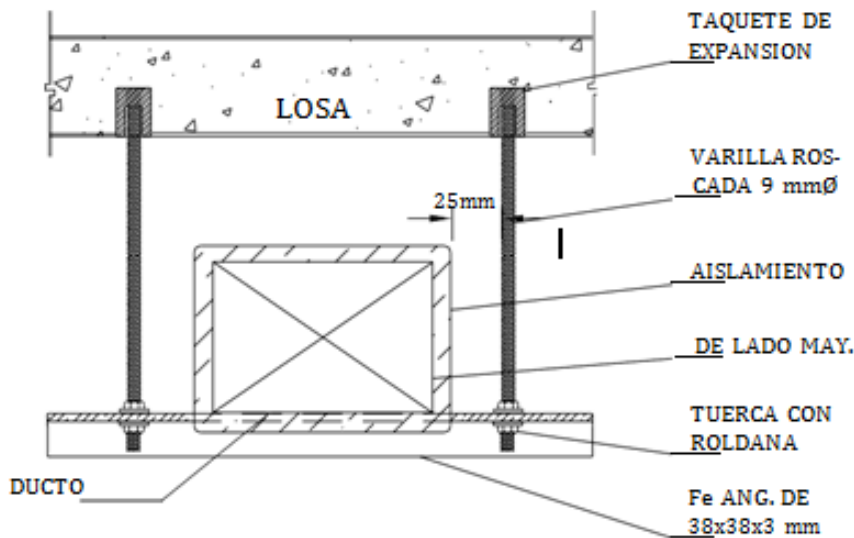


**Figura 44.2 Detalle de aislamiento de ducto exterior.**



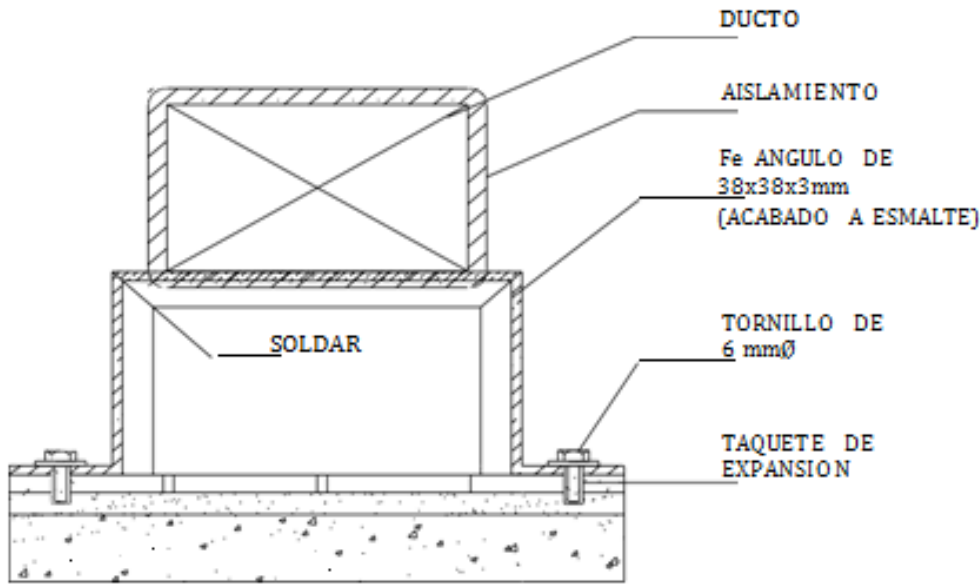
DUCTO CON LADO MAYOR MENOR A 1.00 m

*Figura 44.3 Detalle de soporte de ducto a losa.*

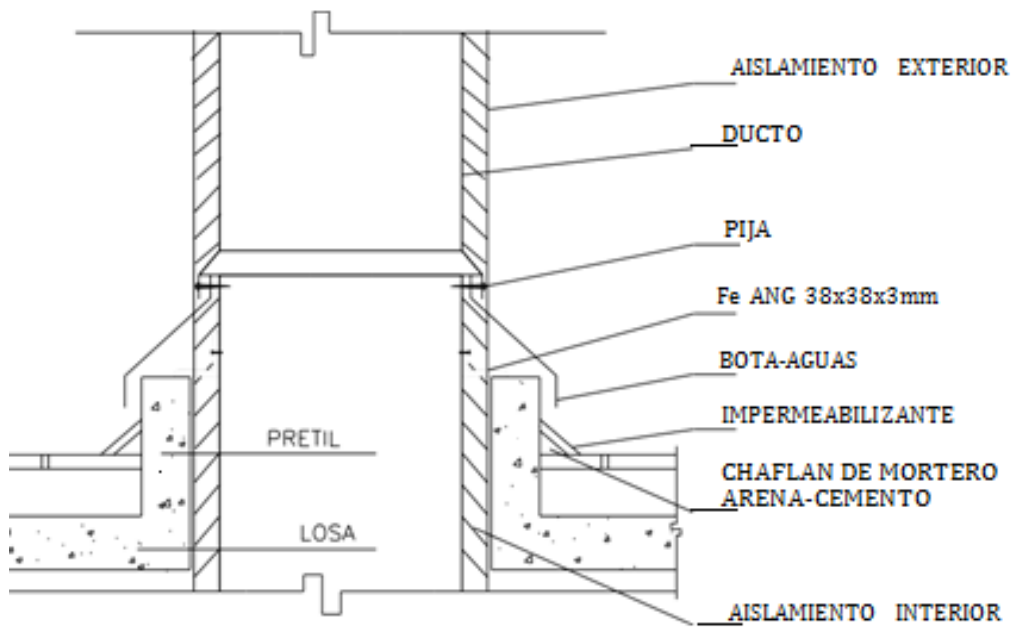


DUCTO CON LADO MAYOR MAYOR A 1.00 m

*Figura 44.4 Detalle de soporte de ducto a losa.*



**Figura 44.5 Detalle de soporte de ducto en azotea.**



**Figura 44.6 Detalle de paso de ducto en azotea.**

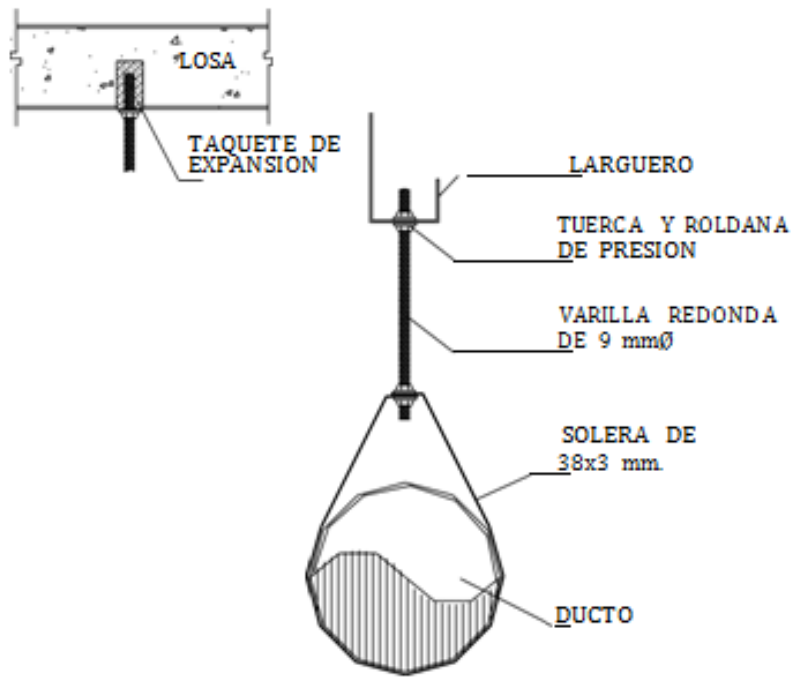


Figura 44.7 Detalle de soporte de ducto redondo.

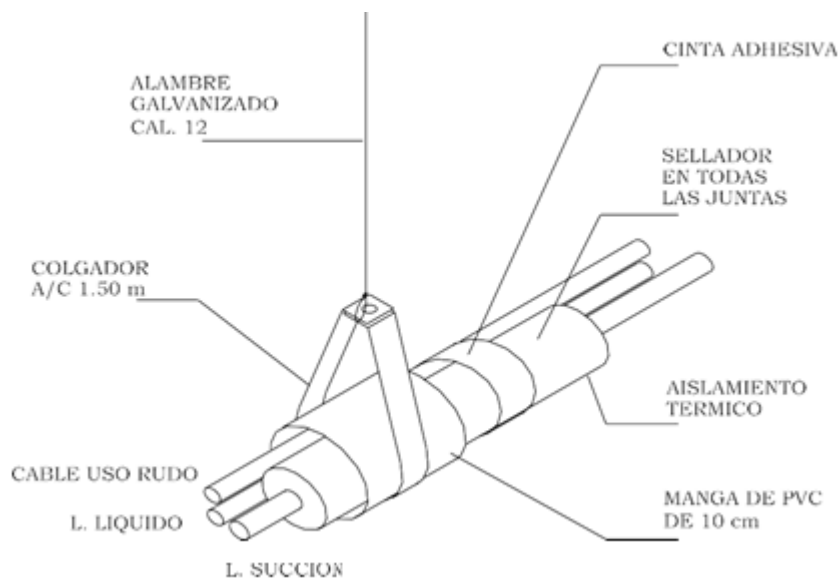


Figura 44.8 Detalle de soporte de tuberías de gas REF.

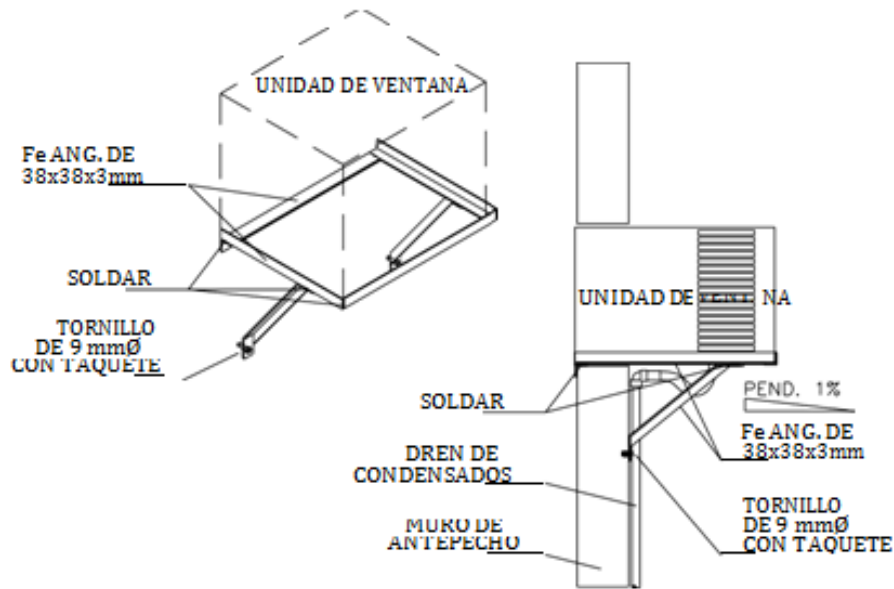


Figura 44.9 Detalle de soporte unidad de ventana S. muro.

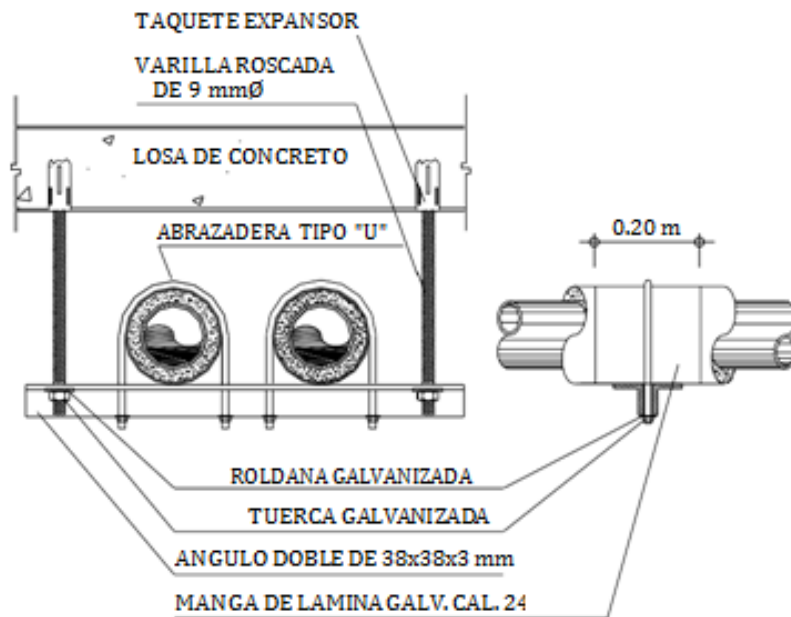
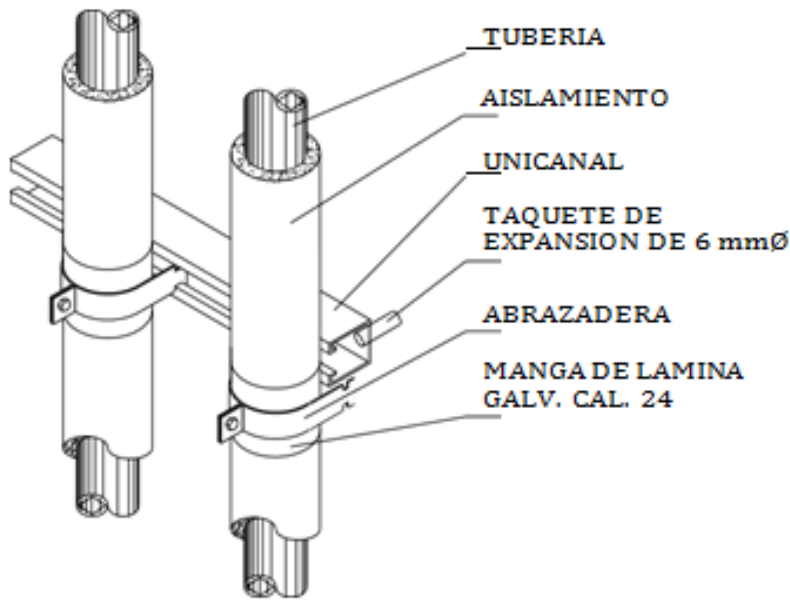
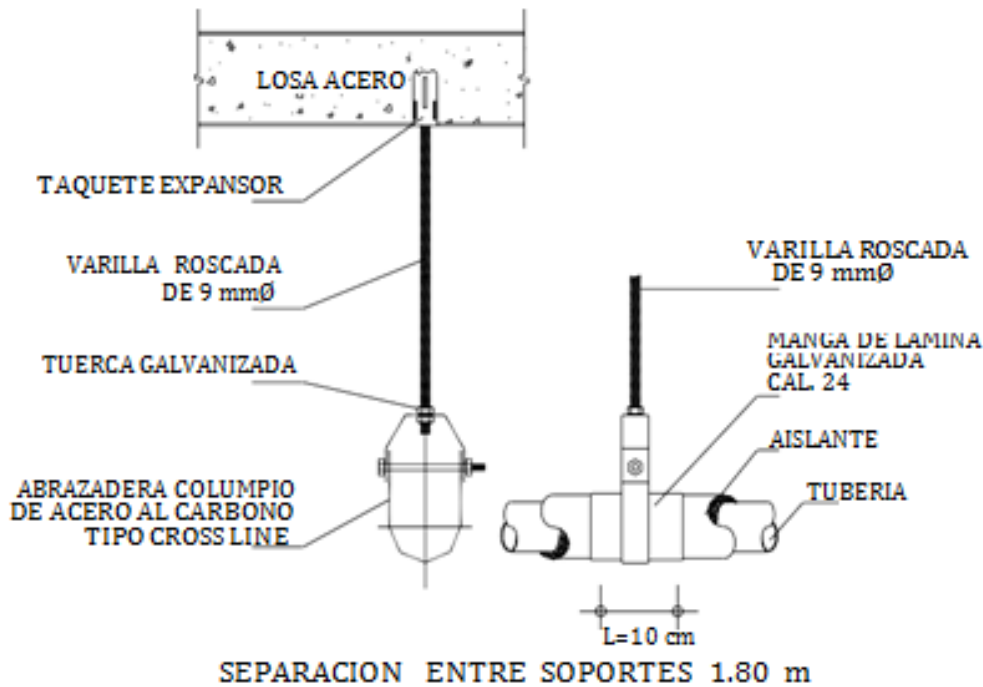


Figura 44.10 Detalle de soporte de tubería en losa.



**TUBERIAS DE 50 mmØ Y MENORES**

*Figura 44.11 Detalle de soporte de tubería verticales.*



*Figura 44.12 Detalle de soporte individual de tubo en losa.*

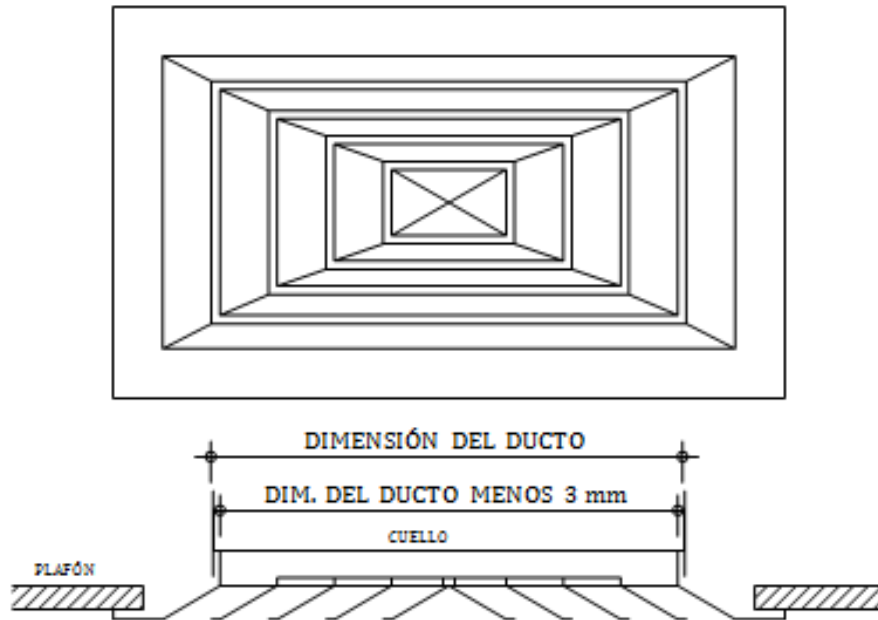


Figura 44.13 Detalle de instalación del difusor

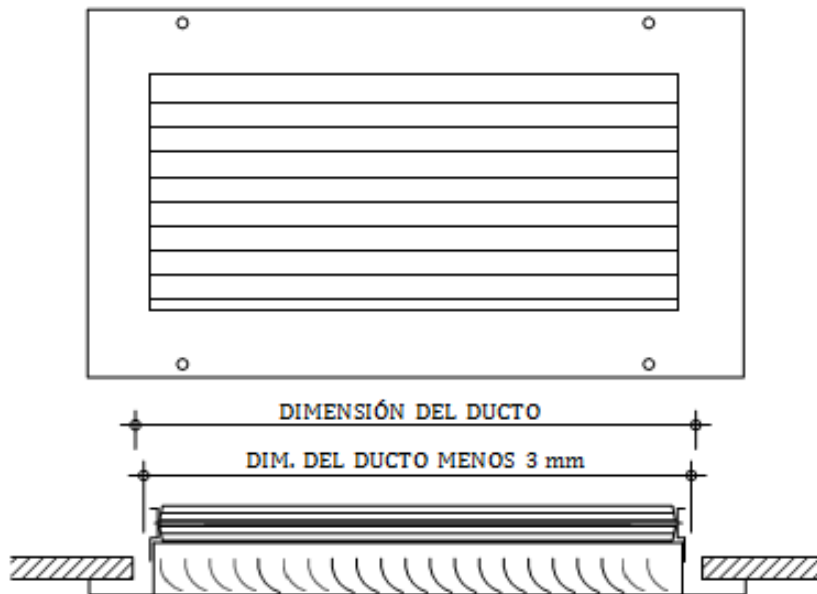


Figura 44.14 Detalle de instalación de rejilla.