



PERÚ

Ministerio  
de Educación

GUÍA DE ESTRATEGIAS DE  
DISEÑO BIOCLIMÁTICO PARA EL CONFORT TÉRMICO

# **Guía de Estrategias de Diseño Bioclimático para el Confort Térmico**

## INDICE

TÍTULO I.	ASPECTOS GENERALES.....	3
Artículo 1.-	Objetivo.....	3
Artículo 2.-	Ámbito de aplicación .....	3
Artículo 3.-	Base normativa .....	3
Artículo 4.-	Acrónimos, siglas y abreviaturas.....	5
Artículo 5.-	Glosario .....	6
TÍTULO II.	DESARROLLO DE LA GUIA .....	7
SUBTÍTULO I.	CONSIDERACIONES GENERALES .....	7
Artículo 6.-	Consideraciones generales.....	7
Artículo 7.-	Condición climática del territorio peruano.....	8
Artículo 8.-	La necesidad de confort térmico en las personas.....	9
SUBTÍTULO II.	VARIABLES DEL CONFORT TERMICO .....	9
Artículo 9.-	Variables que influyen en el confort térmico .....	9
Artículo 10.-	Análisis de las variables climáticas .....	10
Artículo 11.-	Análisis de las variables medioambientales .....	18
Artículo 12.-	Análisis de las variables personales.....	19
Artículo 13.-	Características del servicio educativo .....	20
SUBTÍTULO III.	RECOMENDACIONES METODOLOGICAS PARA DETERMINAR LA ZONA DE CONFORT TÉRMICO Y ESTRATEGIAS GENERALES DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO .....	21
Artículo 14.-	Recomendaciones metodológicas para determinar las estrategias generales de diseño en función a las variables del clima .....	21
Artículo 15.-	Aplicación de las metodologías recomendadas.....	23
Artículo 16.-	Matriz de estrategias de diseño bioclimático .....	27
SUBTÍTULO IV.	DESARROLLO DE ESTRATEGIAS GENERALES DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO EN EL MARCO DEL CONFORT TÉRMICO .....	30
Artículo 17.-	Estrategias a partir de sistemas de climatización .....	30
Artículo 18.-	Estrategias a partir de la forma del edificio.....	41
Artículo 19.-	Estrategias a partir de la envolvente del edificio.....	43
Artículo 20.-	Referencias bibliográficas .....	43
Anexo N° 1 -	Zonas de confort recomendadas en ciudades por zona bioclimática..	47

## TÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

### Artículo 1.- Objetivo

La presente Guía tiene por objetivo brindar orientaciones que coadyuven a lograr el confort térmico en los ambientes interiores del local educativo mediante la aplicación de estrategias generales de diseño bioclimático en los proyectos de infraestructura educativa, acordes con las condiciones climáticas del lugar.

### Artículo 2.- Ámbito de aplicación

- 2.1. La presente Guía es de carácter general y referencial para todas las entidades y personas de los tres niveles de gobierno, que participen en la identificación, formulación, evaluación, ejecución y mantenimiento de la infraestructura educativa, sea ésta de naturaleza pública o privada.
- 2.2. La presente Guía es de aplicación referencial a las nuevas intervenciones<sup>1</sup> en infraestructura de las instituciones educativas públicas de gestión directa, las instituciones educativas públicas de gestión privada y de las instituciones educativas de gestión privada, en las que se presten los servicios educativos de Educación Básica en todas sus modalidades, así como también en las instituciones que brinden el servicio de Educación Técnico Productiva, Educación Superior Tecnológica, Educación Superior Pedagógica, Educación Superior Artística.

### Artículo 3.- Base normativa

- 3.1 Ley N° 28044 – Ley General de Educación.
- 3.2 Ley N° 31224 – Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Educación.
- 3.3 Ley N° 27867 – Ley Orgánica de Gobiernos Regionales.
- 3.4 Ley N° 27972 – Ley Orgánica de Municipalidades.
- 3.5 Decreto Legislativo N° 1252 – Decreto Legislativo que crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.
- 3.6 Decreto Supremo N° 014-2021-VIVIENDA – Decreto Supremo que aprueba el Código Técnico de Construcción Sostenible.
- 3.7 Decreto Supremo N° 029-2019-VIVIENDA – Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Licencias de Habilitación Urbana y Licencias de Edificación.

---

<sup>1</sup> La presente Guía contempla como intervenciones:

- Aquellas que tienen como propósito crear, ampliar, mejorar o recuperar la infraestructura educativa, y adicionalmente, considera también la optimización, ampliación marginal, reposición y rehabilitación de la misma, de acuerdo a lo señalado en el Reglamento del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones, aprobado con Decreto Supremo N° 084-2018-EF.

- Aquellas definidas como obras de edificación en la Ley N° 29090, Ley de Regulación de Habilitaciones Urbanas y Edificaciones, modificada por el Decreto Legislativo N° 1426, entre otras modificatorias.

- Los tipos de intervención establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobado por el Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, y sus modificatorias.

- 3.8** Decreto Supremo N° 006-2017-VIVIENDA – Decreto Supremo que aprueba el Texto Único Ordenado de la Ley N° 29090, Ley de Regulación de Habilitaciones Urbanas y de Edificaciones.
- 3.9** Decreto Supremo N° 006-2014-VIVIENDA – Decreto Supremo con el que se incorpora la Norma Técnica EM.110 “Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética” al Numeral III.4 Instalaciones Eléctricas y Mecánicas, del Título III Edificaciones, del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE
- 3.10** Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA – Decreto Supremo que aprueba 66 Normas Técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE.
- 3.11** Decreto Supremo N° 284-2018-EF – Decreto Supremo que aprueba el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1252 Decreto Legislativo que crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones.
- 3.12** Decreto Supremo N° 009-2009-MINAM - Decreto Supremo que aprueba Medidas de Ecoeficiencia para el Sector Público.
- 3.13** Decreto Supremo N° 011-2012-ED – Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley N° 28044, Ley General de Educación.
- 3.14** Resolución Suprema N° 001-2007-ED – Resolución Suprema que aprueba el “Proyecto Educativo Nacional al 2021: La Educación que queremos para el Perú”.
- 3.15** Resolución Ministerial N° 153-2017-MINEDU – Resolución Ministerial que aprueba el “Plan Nacional de Infraestructura Educativa al 2025” – PNIE del Ministerio de Educación.
- 3.16** Resolución Viceministerial N° 140-2021-MINEDU - Resolución Viceministerial que aprueba la Norma Técnica “Criterios de Diseño para Institutos y Escuelas de Educación Superior Tecnológica”.
- 3.17** Resolución Viceministerial N° 100-2020-MINEDU - Resolución Viceministerial que aprueba la Norma Técnica “Criterios de Diseño para Institutos y Escuelas de Educación Superior Pedagógica”.
- 3.18** Resolución Viceministerial N° 283-2019-MINEDU - Resolución Viceministerial que aprueba la Norma Técnica “Criterios de Diseño para Ambientes de los Institutos Tecnológicos de Excelencia”.
- 3.19** Resolución Viceministerial N° 208-2019-MINEDU - Resolución Viceministerial que aprueba la Norma Técnica denominada “Criterios de Diseño para Locales Educativos de Primaria y Secundaria”.
- 3.20** Resolución Viceministerial N° 104-2019-MINEDU - Resolución Viceministerial que aprueba la Norma Técnica denominada “Criterios de Diseño para Locales Educativos del Nivel de Educación Inicial”.
- 3.21** Resolución Viceministerial N° 056-2019-MINEDU - Resolución Viceministerial que aprueba la Norma Técnica denominada “Criterios de Diseño para Locales Educativos de Educación Básica Especial”.

- 3.22** Resolución Viceministerial N° 050-2019-MINEDU - Resolución Viceministerial que aprueba la “Norma Técnica Criterios de Diseño para Colegios de Alto Rendimiento - COAR”.
- 3.23** Resolución Viceministerial N° 017-2015-MINEDU- Resolución Viceministerial que aprueba la Norma Técnica de Infraestructura para locales de Educación Superior - NTIE 001-2015; excepto en el extremo que regula los criterios de diseño para los institutos y escuelas de Educación Superior Tecnológica.
- 3.24** Resolución Viceministerial N° 0017-2008-ED- Resolución Viceministerial que aprueba la Guía de Aplicación de Arquitectura Bioclimática en los locales educativos.
- 3.25** Resolución de Secretaría General N° 239-2018-MINEDU - Resolución de Secretaría General que aprueba la “Norma Técnica de Criterios Generales de Diseño para Infraestructura Educativa”.
- 3.26** Resolución de Secretaría General N° 172-2017-MINEDU – Resolución de Secretaría General que aprueba “Lineamientos para la organización y funcionamiento pedagógico de espacios educativos de Educación Básica Regular”.

Las referidas normas incluyen sus respectivas disposiciones ampliatorias, modificatorias y conexas, de ser el caso.

#### **Artículo 4.- Acrónimos, siglas y abreviaturas**

##### **4.1. Acrónimos y siglas**

DRE	-	Dirección Regional de Educación, o el que haga sus veces.
IE	-	Institución Educativa.
IIEE	-	Instituciones Educativas.
MINEDU	-	Ministerio de Educación.
MINAM	-	Ministerio del Ambiente
RNE	-	Reglamento Nacional de Edificaciones.
SH	-	Servicio Higiénico.
SSHH	-	Servicios Higiénicos.
SENAMHI	-	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
EEUU	-	Estados Unidos
UV	-	Ultra Violeta
IF	-	Infra Roja
ASHRAE	-	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

##### **4.2. Abreviaturas**

D.S.	-	Decreto Supremo.
N.T. Criterios Generales	-	Norma Técnica de Criterios Generales de Diseño para Infraestructura Educativa.
R.D.	-	Resolución Directoral.
R.M.	-	Resolución Ministerial.

R.S.G.	-	Resolución de Secretaría General.
R.V.M.	-	Resolución Viceministerial.
C.T.C.S.	-	Código Técnico de Construcción Sostenible

## Artículo 5.- Glosario

Para efectos de la presente Guía, los siguientes términos tienen el significado que a continuación se detalla:

- 5.1. **Asoleamiento.** - Es la incidencia de la radiación solar sobre las superficies exteriores e interiores de las edificaciones, conforme al movimiento aparente del sol en determinada localidad.
- 5.2. **Arquitectura bioclimática.** – Es la arquitectura que por su configuración y emplazamiento responde apropiadamente a las características de su entorno y clima local, basándose en la adecuación y utilización positiva de las condiciones medioambientales y materiales, mantenidas durante el proceso del proyecto y la ejecución de la obra. Lógica que parte del análisis de las condiciones climáticas y ambientales, y de la adecuación del diseño arquitectónico con la finalidad de proteger y/o aprovechar los distintos procesos naturales<sup>2</sup>.
- 5.3. **Clima.** - Condiciones meteorológicas (temperatura, aire, precipitación, viento, etc.) medias que caracterizan un lugar durante un largo período de tiempo<sup>3</sup>.
- 5.4. **Confort térmico.** - Es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado. Según la Norma ISO 7730 “es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”<sup>4</sup>.
- 5.5. **Envolvente:** Elemento constructivo del edificio que lo separa del ambiente exterior, ya sea aire, terreno u otro edificio. Estos elementos pueden ser muros, techos y pisos. Los vanos tales como puertas, ventanas, claraboyas, compuertas, etc., se incluyen como parte del elemento constructivo pertinente (Ejemplo: puertas y ventanas en muros, claraboyas y compuertas en techos, etc.)<sup>5</sup>.
- 5.6. **Humedad absoluta (HA).** - Cantidad de gramos de vapor de agua por cada kilogramo de aire seco.
- 5.7. **Humedad relativa (HR).** - Es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir, sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. Esta es la forma más habitual de expresar la humedad ambiental. Se expresa en porcentaje (%)<sup>6</sup>.
- 5.8. **Infraestructura educativa.** - Soporte físico del servicio educativo, constituido por el conjunto de predios, espacios, edificaciones, equipamiento y mobiliario. Asimismo, contempla los elementos estructurales y no estructurales,

<sup>2</sup> Arquitectura bioclimática, conceptos básicos y panorama actual (Celis D'Amico, 2000)

<sup>3</sup>Un buen Clima. Glosario de Términos Meteorológicos (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, 2018)

<sup>4</sup> Conforme a lo dispuesto en la Norma EM.110 del RNE

<sup>5</sup> Ídem

<sup>6</sup> Ídem

instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias (entre otras instalaciones técnicas), organizados bajo un concepto arquitectónico que contemple los requerimientos de seguridad, funcionalidad y habitabilidad de la infraestructura, y que a su vez responda a los requerimientos pedagógicos<sup>7</sup>.

- 5.9. Inercia térmica:** Propiedad de los materiales que depende del calor específico y de la conductividad térmica y su relación con la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo y la velocidad con que lo cede o absorbe del entorno<sup>8</sup>.
- 5.10. Temperatura seca (o temperatura seca del aire):** Temperatura del aire, prescindiendo de la radiación calorífica de los objetos que rodean el ambiente y de los efectos de la humedad relativa y de la velocidad del aire. Se expresa en grados Celsius (°C)<sup>9</sup>.
- 5.11. Transmitancia térmica (U):** Flujo de calor, en régimen estacionario, dividido por el área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del elemento que se considera. Es la inversa de la resistencia térmica (Rt). Se expresa en vatios por Metro cuadrado y grado Kelvin (W/m<sup>2</sup> K)<sup>10</sup>.
- 5.12. Zona de confort:** Es aquella definida en un rango de temperatura y humedad relativa del aire, en el que los estudiantes se encuentran en ausencia de malestar térmico<sup>11</sup>.
- 5.13. Zona bioclimática:** Clasificación climática que define los parámetros ambientales de grandes áreas geográficas, necesarias para aplicar estrategias de diseño bioclimático sobre las edificaciones que se encuentran ubicadas dentro de sus respectivos ámbitos o territorios y obtener confort térmico y lumínico con eficiencia energética<sup>12</sup>.

El presente Glosario de Términos se complementa con las definiciones establecidas en la N.T. Criterios Generales y el RNE.

## TÍTULO II. DESARROLLO DE LA GUIA

### SUBTÍTULO I. CONSIDERACIONES GENERALES

#### Artículo 6.- Consideraciones generales

- 6.1.** La presente Guía brinda estrategias generales para el diseño bioclimático de infraestructura educativa con el fin de coadyuvar al lograr el confort térmico de sus usuarios, identificando las disposiciones y/o variables más importantes que influyen en el mismo y, a su vez, en el diseño de la infraestructura educativa.
- 6.2.** El contenido de la presente Guía es un complemento de lo establecido y desarrollado en el RNE (Norma A.010, Norma A.040, Norma EM.110), el C.T.C.S., la N.T. Criterios Generales y la Guía de Aplicación de Arquitectura Bioclimática en los locales educativos, en el marco de la infraestructura

<sup>7</sup> Conforme a lo dispuesto en la N.T. Criterios Generales

<sup>8</sup> Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos (2012)

<sup>9</sup> Conforme a lo dispuesto en la Norma EM.110 del RNE

<sup>10</sup> *Idem*

<sup>11</sup> Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos Educativos (Agencia Chilena de Eficiencia Energética, 2012)

<sup>12</sup> Conforme a lo dispuesto en la N.T. Criterios Generales

educativa.

- 6.3.** Para el logro del confort térmico de los usuarios, además de la aplicación de las estrategias de diseño bioclimático, se recomienda que se realicen estudios o análisis de desempeño térmico<sup>13</sup> mediante el uso de softwares o herramientas informáticas<sup>14</sup>.

## Artículo 7.- Condición climática del territorio peruano

- 7.1.** El Perú goza de una diversidad climática o tipos de clima producto de condiciones geográficas relevantes, para entender su influencia en la arquitectura bioclimática se detallan a continuación las condiciones más relevantes:

**Tabla N° 1.- Principales condiciones del clima en el territorio peruano**

PRINCIPALES CONDICIONES DEL CLIMA PERUANO	GENERA
<b>Territorio dentro de la zona tropical (Latitud entre 0 y 18 grados Sur, con el sol en el cenit -90°- por lo menos una vez al año)</b>	Genera que los climas se presenten con poca variación entre estaciones, salvo las zonas más frías asociadas a su ubicación en mayor altura (i). Las horas de radiación efectiva son de más de 10 horas, con un valor de 1000 watts/m <sup>2</sup> aproximadamente, hasta 10 veces más de lo que se tiene en latitudes más lejanas del ecuador tales como Europa, Canadá, o EEUU.
<b>Corriente Peruana o de Humboldt (anticiclón del pacífico sur)</b>	Genera el clima árido de la costa, alternando entre en el día y la noche las brisas de mar y las brisas de tierra (Anabático - Catabático). Las manifestaciones más notorias son "Las Paracas" en Ica. La temperatura del mar de esta corriente es más fría en comparación con otras corrientes, lo que genera la presencia de neblina en la costa peruana.
<b>Corriente del Niño</b>	Contracorriente de agua cálida, en relación con la corriente de Humboldt, procedente del ecuador que abarca la costa norte del país. Modifica dramáticamente el clima de la zona aledaña de la costa al hacer desaparecer la inversión de temperatura, presentándose características climáticas propias de una latitud tropical, pero fuera de esta región de influencia, el efecto en otros lugares no es tan conspicua ni dramática, su influencia es local <sup>15</sup> .
<b>Cordillera de los Andes.</b>	Debido a la orientación y configuración: Actúa como una barrera por sus 5,000 m de altura, aislándonos del sistema eólico de la Amazonía, dividiendo el país en 3 regiones fisiográficas. Asimismo, la altitud referida al nivel del mar influye sobre la temperatura. A medida que ascendemos, la temperatura disminuye aproximadamente 1 °C cada 200 m <sup>16</sup> .
<b>Anticiclón del Atlántico Sur</b>	Frío en la región Sub Oriental de la Selva
<b>Ciclón Ecuatorial</b>	Fuertes Precipitaciones en la Región Noroccidental de la Selva

Fuente: Elaboración propia en base a la Guía de Aplicación de Arquitectura Bioclimática en Locales Educativos

**Notas:**

- (i) La poca variación estacionaria no significa que las estrategias bioclimáticas sean prescindibles, sino que estas pueden ser optimizadas en cantidad y eficiencia.

<sup>13</sup> En análisis de desempeño térmico busca la evaluación del diseño de la infraestructura en el marco del confort térmico, mediante el análisis de las propiedades térmicas de los materiales, los equipos instalados u otros aspectos, y que tiene como uno de sus fines la reducción de la demanda energética, enfocado en los ambientes donde se requiere el uso de sistemas mecánicos (climatización artificial, calefacción y/o refrigeración).

<sup>14</sup> Existen diferentes softwares o herramientas informáticas para efectuar el análisis del desempeño térmico, dentro de los cuales se encuentra Energy Plus.

<sup>15</sup> No se debe confundir con el denominado Fenómeno de El Niño (ENSO - El Niño Southern Oscillation), término que se reserva para denominar el fenómeno global que involucra todo el Océano Pacífico ecuatorial. Fuentes: El Niño - ¿Un desastre o un fenómeno? de Arturo Rocha Felices, y El Fenómeno de El Niño y el Clima Peruano de Ronald Woodman.

<sup>16</sup> Manual de arquitectura bioclimática y sustentable (Gonzalo, 2015).



## Artículo 8.- La necesidad de confort térmico en las personas

- 8.1.** El confort térmico se entiende como una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico<sup>17</sup>. Por lo que depende de la percepción subjetiva del individuo y, por lo tanto, es relativa<sup>18</sup>.
- 8.2.** Por otro lado, desde el punto de vista fisiológico, el cuerpo humano requiere estar en equilibrio entre el calor que produce y el que disipa, debido fundamentalmente a que la temperatura interna del cuerpo se debe mantener constante a 36.7 °C. En función a la mayor o menor rapidez que dicho calor es expulsado se generan las reacciones del cuerpo al frío o calor de tiritar o sudar respectivamente, entre otras reacciones.
- Ahora bien, condiciones inadecuadas o no controladas de la infraestructura, o condiciones climáticas extremas producen efectos negativos en la salud tales como estrés térmico (por frío o calor) generando pérdida de la concentración, capacidad psicomotriz, y/o productividad, entre otros efectos negativos.
- 8.3.** Dicho ello, el confort térmico<sup>19</sup> tiene una relación directa con el rendimiento escolar, en mantener los niveles de atención y concentración, así como bajos niveles de estrés térmico<sup>20</sup> adecuados para el aprendizaje<sup>21</sup>.
- 8.4.** El confort térmico se condiciona de múltiples variables las cuales pueden ser ambientales, personales o culturales, por lo que no es posible definir condiciones ideales y/o universales, pero sí señalar las principales variables que inciden en el confort térmico, así como los márgenes generales dentro de las cuales se mueve.
- 8.5.** Por lo dicho anteriormente, se puede señalar al medio construido (infraestructura-local educativo) como un sistema de control de las variables ambientales que permite generar microclimas al interior de los ambientes por medio del diseño bioclimático. Donde se busca maximizar el aprovechamiento de dichas variables ambientales para el logro del confort térmico, disminuyendo o mitigando el uso de equipos electromecánicos, fuentes de energía convencionales y/o no renovables, por lo que, desde dicha perspectiva, por medio del diseño bioclimático, se coadyuva a la reducción del consumo de energía y por tanto a mitigar los impactos en el medio ambiente.

## SUBTÍTULO II. VARIABLES DEL CONFORT TERMICO

### Artículo 9.- Variables que influyen en el confort térmico

- 9.1.** Las variables climáticas que influyen en el confort térmico son principalmente las

<sup>17</sup> Conforme a lo dispuesto en la Norma EM.110 del RNE.

<sup>18</sup> La sensación de confort térmico no es la misma para todas las personas en el territorio peruano, incluso entre las mismas personas de una comunidad; influido en parte por las variables personales descritas en el artículo 9 de la presente Guía.

<sup>19</sup> Además del confort acústico, lumínico, la calidad del aire y su renovación.

<sup>20</sup> The Effect of Thermal Comfort on Stress in Female High School Students (Najafi, Barzegar, Movahed, & Samani, 2018).

<sup>21</sup> Health, Energy and Productivity in Schools: Measures of Occupant Performance (Freitag, y otros, 2002); A holistic approach for the assessment of the indoor environmental quality, student productivity, and energy consumption in primary schools (Dorizas, Assimakopoulos, & Santamouris, 2015); Ecoeficiencia en las Escuelas Públicas del Perú (Olórtegui del Castillo, 2014), Confort Térmico en Aulas Escolares del Trópico, a partir de la Aplicación de Estrategias de Diseño Bioclimáticas Pasivas (Montoya & Viegas, 2019); entre otros.

siguientes:

- 9.1.1. Radiación solar
- 9.1.2. La temperatura del aire
- 9.1.3. La humedad relativa del aire
- 9.1.4. Movimiento del aire (viento)
- 9.1.5. Precipitaciones

**9.2.** Las variables medioambientales:

- 9.2.1. Temperatura radiante media y temperatura operativa

**9.3.** Las variables personales que influyen en el confort térmico son principalmente las siguientes<sup>22</sup>:

- 9.3.1. La actividad física (representado en MET<sup>23</sup>).
- 9.3.2. Resistencia y permeabilidad de la ropa (representado en CLO<sup>24</sup>).

**9.4.** A partir de la correlación de estas variables se busca predecir la existencia de una situación de confort o desconfort en los ambientes, y a partir de ellos implementar las estrategias de diseño bioclimáticas más conveniente.

**Artículo 10.- Análisis de las variables climáticas<sup>25</sup>**

**10.1. Radiación solar**

- a. La radiación solar se puede medir en Kilovatios hora por metro cuadrado (kW h/m<sup>2</sup>) que es la cantidad de energía de radiación solar de onda corta (UV, visible e IF) por hora por metro cuadrado (m<sup>2</sup>).
- b. Se requiere considerar la cantidad de radiación solar promedio por día típico por mes, sobre un plano horizontal (irradiación)<sup>26</sup>.
- c. Para tener una idea de la escala de radiación solar, por lo general al medio día se recibe un aproximado de 1kW h/m<sup>2</sup>. En un día promedio se puede recibir de manera acumulada entre 4 a 5kW h/m<sup>2</sup>, siendo particularmente valores altos, donde en un clima desértico, la radiación puede rondar entre 6 a 7 kW h/m<sup>2</sup>.

<sup>22</sup> Existen más variables personales que influyen en el confort térmico tales como la edad, el sexo, entre otras. No obstante, en el contexto educativo, la actividad física puede verse identificada claramente según el área curricular, el nivel del servicio educativo, así como el ambiente y/o espacio donde se dan. De esta manera las actividades físicas del área curricular de educación física se dan en los ambiente o espacios tales como patios, losas multiuso, polideportivos, piscinas, pistas atléticas, entre otros.

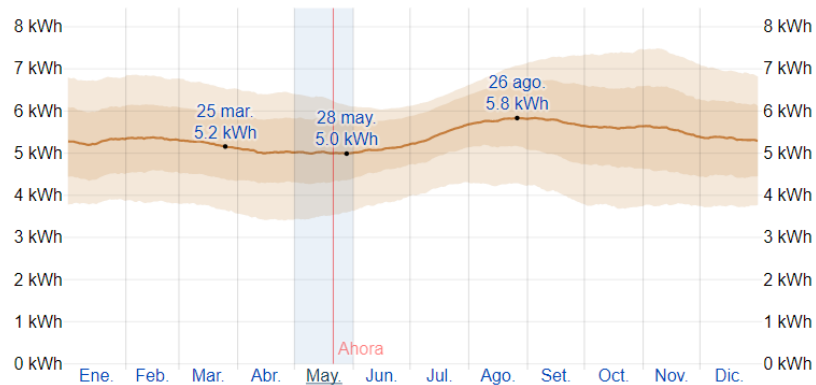
<sup>23</sup> La tasa metabólica es el gasto energético muscular que experimenta el trabajador cuando desarrolla una tarea. Gran parte de dicha energía es transformada directamente en calor. Aproximadamente sólo el 25% de la energía es aprovechada en realizar el trabajo, el resto se convierte en calor (Diego-Mas, 2015).

<sup>24</sup> Las características térmicas del vestido se miden en la unidad denominada "clo" (del inglés clothing), equivalente a una resistencia térmica de 0,18 m<sup>2</sup> hr °C/Kcal (NSHT-NTP74)

<sup>25</sup> En caso no se disponga de los datos específicos de las variables climáticas de la localidad, se recomienda tomar en cuenta los datos de la localidad o ciudad más cercana, perteneciente a la misma zona bioclimática.

<sup>26</sup> La página web <https://solargis.com> brinda datos específicos de la radiación solar en el territorio peruano.

**Figura N° 1.- Radiación solar de onda corta incidente diario promedio de Cusco**



Fuente: <https://es.weatherspark.com/>

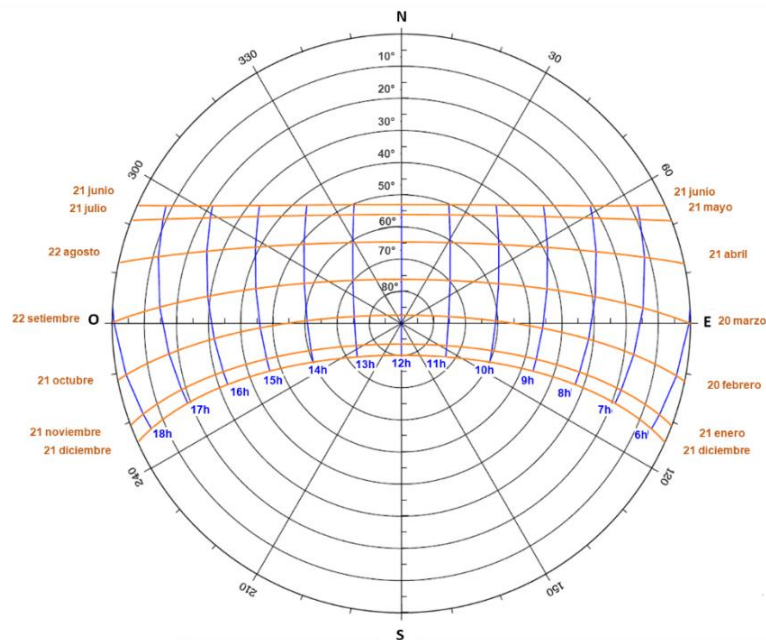
**Notas:**

- De la lectura de la radiación solar incidente se puede concluir preliminarmente que la radiación solar no varía considerablemente a lo largo del año. Aquello permite aprovecharlo en invierno y protegerse del mismo durante el verano.

- d. Asimismo, la cantidad de radiación solar (energía) que se recibe depende del grado de inclinación (altura) con que ésta llega a la superficie de la tierra y del ángulo en que se encuentra el sol respecto del norte (azimut). Dicho ello, las estaciones del año se diferencian también por la cantidad de radiación solar que llega efectivamente a la superficie, en función del ángulo de inclinación de los rayos del sol.
- e. La radiación solar influye en la conformación del confort térmico ya que es aprovechable en climas fríos (captación solar), y necesario evitarlo en climas cálidos. Para ello, es necesario poder realizar el análisis de asoleamiento<sup>27</sup> que mediante el movimiento aparente del sol es posible predecir las áreas o superficies donde la radiación solar va a incidir en función al tiempo.

<sup>27</sup> Para el análisis del asoleamiento, proyección solar equidistante y análisis de la radiación solar directa se recomienda revisar la información sostenida en: <https://martinwieser.webs.com/aa.html>. Asimismo, se recomienda el uso de programas informáticos tales como, Desing Builder, Autocad para efectuar dichos análisis.

**Figura N° 2.- Proyección solar equidistante de la ciudad de Cusco**

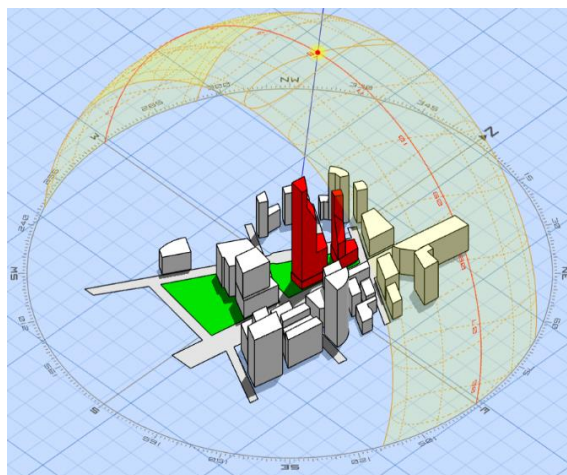


Fuente: Elaboración propia mediante la herramienta de la Universidad de Oregon:  
<http://solardat.uoregon.edu/PolarSunChartProgram.php>

**Notas:**

- Latitud: -13.52; longitud: -71.97
- De la lectura de la proyección solar equidistante, se puede concluir preliminarmente que en invierno el sol se encuentra al norte, por lo que es recomendable aprovecharlo para efectos del diseño bioclimático en dicha ciudad. Por otro lado, el sol en verano oscila entre el sur y el norte, con mayor altura, cercano y cruzando el cenit, por lo que es recomendable protegerse del mismo, para efectos del diseño bioclimático en dicha ciudad.

**Figura N° 3.- Recorrido del sol con proyección solar equidistante de la ciudad de Cusco**



**Notas:**

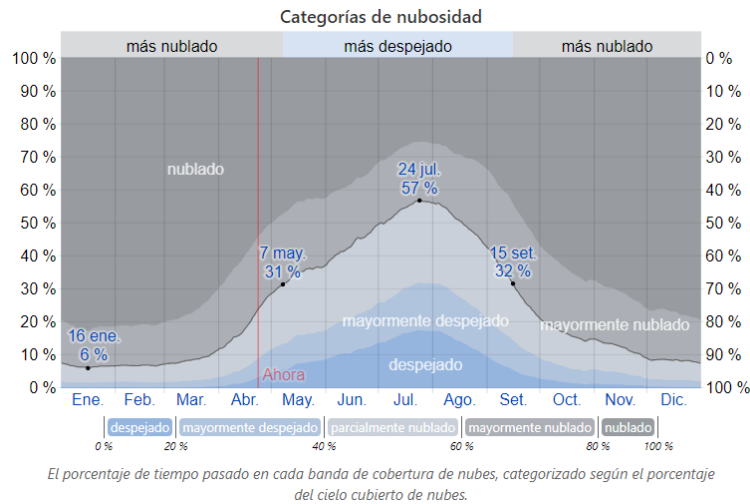
- Latitud: -13.52; longitud: -71.97.
- La línea roja del recorrido de sol es el 22 de setiembre 2021, equinoccio.
- Los volúmenes son solo para fines gráficos

Fuente: <https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath3d.html>

- f. Adicionalmente a lo señalado anteriormente, se debe considerar el grado de nubosidad de la zona en las diferentes estaciones (verano, invierno) en la medida de poder identificar y contrastar los datos de la radiación solar y definir las estrategias bioclimáticas más conveniente a implementar.

- g. La nubosidad influye en el aprovechamiento de la radiación solar, a mayor nubosidad menor es la posibilidad de captación de la radiación solar directa. En el caso de climas fríos en el territorio peruano por lo general se tiene el cielo mayormente despejado en invierno por lo que es factible aprovechar la radiación solar en las estrategias bioclimáticas en invierno.

**Figura N° 4.- Nubosidad en la ciudad de Cusco**

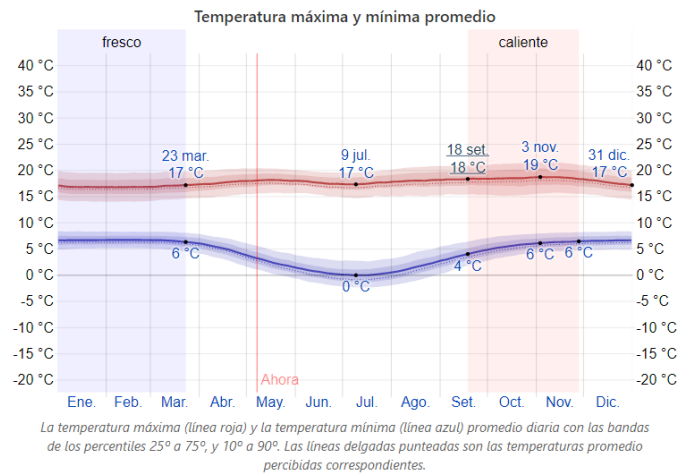


Fuente: <https://es.weatherspark.com/>

## 10.2. Temperatura del aire

- La temperatura se puede medir en grados Celsius (C°). Esta medición se realiza bajo sombra.
- Se requiere considerar las temperaturas medias máximas y mínimas mensuales, así como, las temperaturas medias mensuales. Las temperaturas más altas por lo general se presentan alrededor de las 14:00 o 15:00 horas del día. Mientras que las temperaturas más bajas por lo general se presentan alrededor de las 5:00 horas del día.
- La diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas durante el día se le conoce como amplitud térmica u oscilación térmica, dato de importancia ya que coadyuva a determinar las estrategias bioclimáticas a usar para la conservación del calor en climas fríos, o para la refrigeración por medio de la ventilación nocturna de las superficies interiores en climas cálidos.

**Figura N° 5.- Temperatura media máxima y mínima de la ciudad de Cusco**



Fuente: <https://es.weatherspark.com/>

- d. Un fenómeno que también influye en la temperatura del aire es la isla de calor urbana<sup>28</sup> que se produce en zonas urbanas en las cuales la temperatura del aire es mayor en comparación con zonas rurales.
- e. Asimismo, en el ambiente interior, se ha determinado una serie de aspectos que generan disconfort o incomodidad térmica local, producto de la diferencia de temperatura del aire en diferentes alturas, dentro del cual se tiene:
  - Los pies fríos y la cabeza caliente al mismo tiempo, ocasionado por una diferencia de la temperatura del aire mayor o igual de 3°C, provoca un 5% de personas incomodas en actividad sedentaria<sup>29</sup>. Por lo que es recomendable una distribución homogénea de calor o ventilación.

### 10.3. Humedad relativa del aire

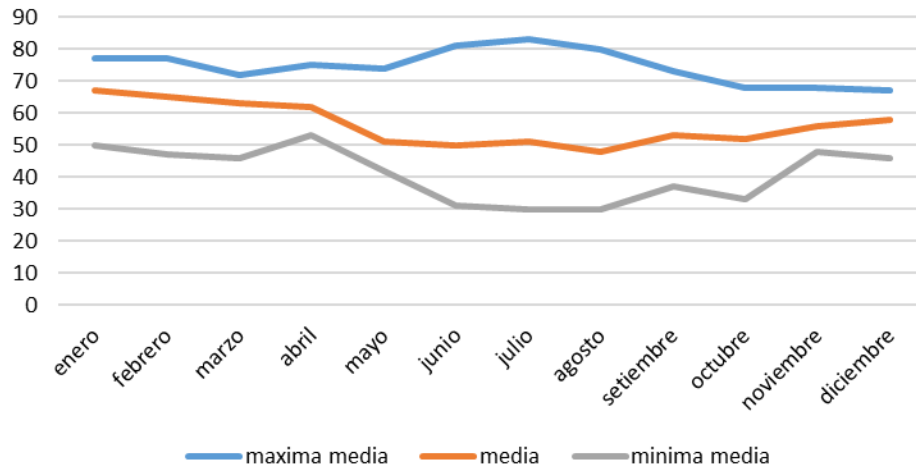
- a. La humedad relativa se mide en porcentaje (%) y representa la cantidad de vapor de agua en relación con la máxima cantidad de vapor de agua por cada kilogramo de aire seco que se puede tener como máximo, sin producirse condensación.
- b. Se requiere considerar la humedad relativa media máxima y mínima mensuales. La relación que existe entre la temperatura y la humedad es que, en el periodo de un día, a mayor temperatura del aire, menor la humedad relativa; por el contrario, a menor temperatura del aire, mayor la humedad relativa.
- c. Con un rango de humedad relativa de entre 30% y 65%, no se aprecia una mayor incidencia en el confort térmico. Por otro lado, con humedades relativas más altas se restringen la evaporación desde la piel y la respiración. En climas cálidos y húmedos, la alta humedad relativa no permite que el cuerpo se

<sup>28</sup> Una Isla de calor urbana se origina por la imposibilidad o dificultad de liberar el calor acumulado en el día durante la noche, debido a la retención del calor (sobre todo en verano) en los materiales presentes en la superficie tales como cemento, hormigón, asfalto, entre otros, así como la configuración geométrica de las edificaciones.

<sup>29</sup> ASHRAE (2017).

refrigere adecuadamente por medio de la sudoración, provocando alta incomodidad. Con humedades relativas muy bajas se presenta una tendencia de secar las membranas mucosas y la piel, causando también incomodidad<sup>30</sup>. Asimismo, en periodos fríos y húmedos, con el aumento de temperatura interior del ambiente se reduce la sensación de humedad y por lo tanto de incomodidad.

**Figura N° 6.- Humedad relativa media máxima y mínima de la ciudad de Cusco**



Elaboración propia en base a los datos obtenidos de la publicación Consideraciones Bioclimáticas en el Diseño Arquitectónico: el Caso Peruano de Wieser (2014).

#### 10.4. Movimiento del aire (viento)

- a. El viento se puede medir en metros sobre segundos (m/s).
- b. Se requiere considerar la dirección, frecuencia (hora, día o mes) y velocidad de los vientos con la finalidad de determinar sus predominantes en la zona donde se emplace el local educativo<sup>31</sup>.
- c. Asimismo, considerar los efectos de la presencia de agua, valles o quebradas en la localidad, donde de día el viento tiende a tener un comportamiento ascendente (viento anabático), mientras que en la noche es descendente (viento catabático).
- d. Para tener una idea sobre la escala del viento, se puede considerar la escala de Beaufort y sus efectos sobre la tierra, donde se considera a partir de 1.6 a 3.3 m/s (escala 2) que el rostro comienza a ser sensible al viento. En general se considera que el viento exterior es efectivo a partir de 2.5 m/s<sup>32</sup>.
- e. El viento influye en la determinación del confort térmico ya que actúa tanto en el cuerpo humano (coadyuvando en la refrigeración del cuerpo por evaporación de la sudoración en climas cálidos) como en la edificación (acelerando la pérdida del calor acumulado de la envolvente durante la noche). Se recomienda su análisis mediante el gráfico de la rosa de vientos, de manera que se pueda

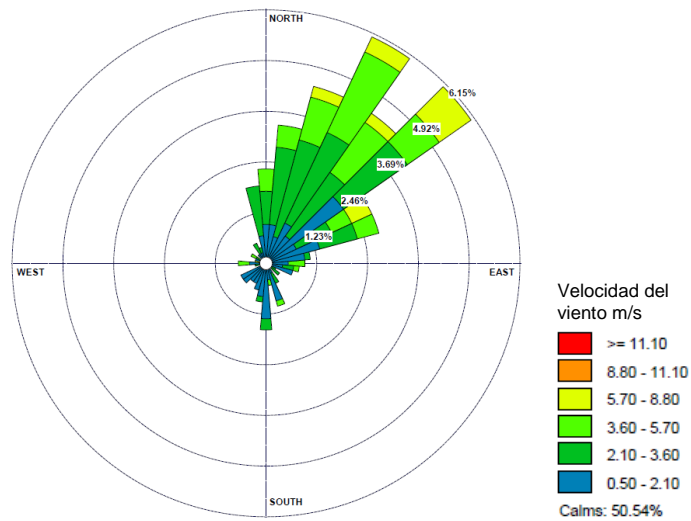
<sup>30</sup> Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos Educativos (Agencia Chilena de Eficiencia Energética, 2012)

<sup>31</sup> La Norma EM 110 brinda información general sobre la velocidad y la dirección predominante del viento de cada zona bioclimática. Sin perjuicio de lo señalado en dicha Norma, se recomienda considerar datos de instituciones tales como el MINEN, MINAM, SENAMHI, entre otros.

<sup>32</sup>Las Teatinas de Lima. Análisis energético - ambiental y perspectivas de uso contemporáneo, de Wieser (2006).

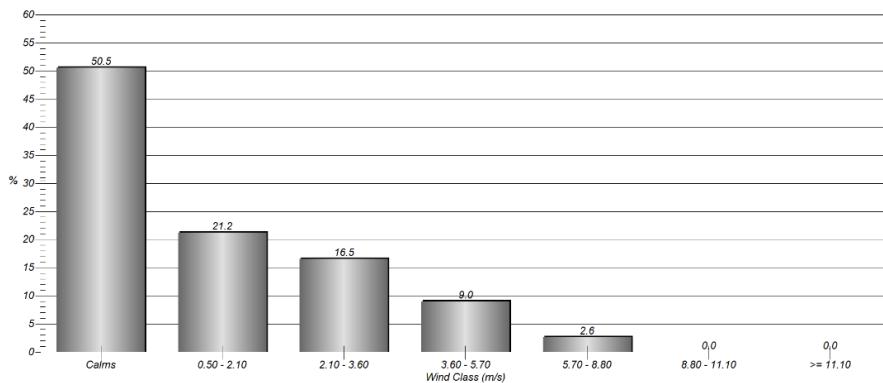
aprovechar en las horas, días o meses más calurosos del verano en climas cálidos, y evitarlo en las horas, días o meses más fríos de invierno en climas fríos.

**Figura N° 7.- Rosa de vientos de la provincia de Calca en Cusco del mes de julio (mes más frío) del año 2020**



Fuente: Elaboración propia en base a datos del SENAMHI y la herramienta WRPLOT

**Figura N° 8.- Distribución de la frecuencia del viento de la provincia de Calca en Cusco del mes de julio (mes más frío) del año 2020**



**Notas:**

- De la lectura de la rosa de vientos de Calca, se puede concluir preliminarmente la necesidad de protección de los vientos provenientes del noreste, al menos en el mes más frío del invierno: julio.

Fuente: Elaboración propia en base a datos del SENAMHI y la herramienta WRPLOT

- f. Ahora bien, los efectos del viento relacionados a la ventilación natural sobre la edificación, los usuarios y su comportamiento, se enmarcan en 4 principios generales conforme a la siguiente tabla:



**Tabla N° 2.- Principios generales de comportamiento del viento  
(ventilación natural) en edificaciones**

Flujo Laminar y Turbulento	El flujo de aire laminar se produce cuando se tiene baja velocidad del aire y las líneas de flujo se mueven en dirección paralela. En la medida que la velocidad aumenta o si se produce un cambio de dirección, el movimiento del aire se vuelve turbulento, de manera que las líneas de flujo cambian de dirección y se producen remolinos.	
Principio de Bernoulli	El efecto Bernoulli se produce cuando la velocidad del fluido del aire aumenta generando una reducción de la presión. Muestra de ello es el ala de un avión, que por su diseño permite que el fluido del aire que va por la parte superior recorra un camino más largo, aumentando su velocidad y reduciendo su presión, por lo que se produce un efecto de empuje desde abajo, coadyuvando al planeamiento del avión.	
Efecto Venturi	Basado en el principio de Bernoulli, el efecto Venturi señala que el fluido de aire a través de una sección más pequeña aumenta su velocidad y por lo tanto disminuye su presión. En términos de diseño, este principio coadyuva a generar y/o identificar corrientes de aire entre volúmenes y/o al interior de ambientes.	
Presión alrededor del edificio	Cuando el fluido del aire incide sobre un volumen se generan áreas de presión positiva en el lado de barlovento, y áreas de presión negativa a lo largo de los lados paralelos a su dirección y en el lado de sotavento. En términos de diseño, este principio coadyuva a generar y/o identificar las áreas calmas en los cuales pueden ubicarse patios y/o ambientes que requieran protección de vientos, o identificar la distancia entre volúmenes requerida para que ambos pueden recibir el viento.	

- g.** Con la aplicación de dichos principios, específicamente la de presión del viento, se puede generar ventilación cruzada, canalizando el viento entrante por las aberturas en el lado barlovento al interior de los ambientes y succionando el mismo de manera natural por las aberturas del sotavento (salida) gracias a la diferencia de presión producida por el volumen de la edificación.
- h.** Por otro lado, por efecto térmico del aire, dado que el aire caliente es menos denso que el aire frío, se pueden generar corrientes de aire natural aprovechando el desequilibrio en los gradientes de presión de las columnas de aire interior y exterior, causando una diferencia de presión vertical.

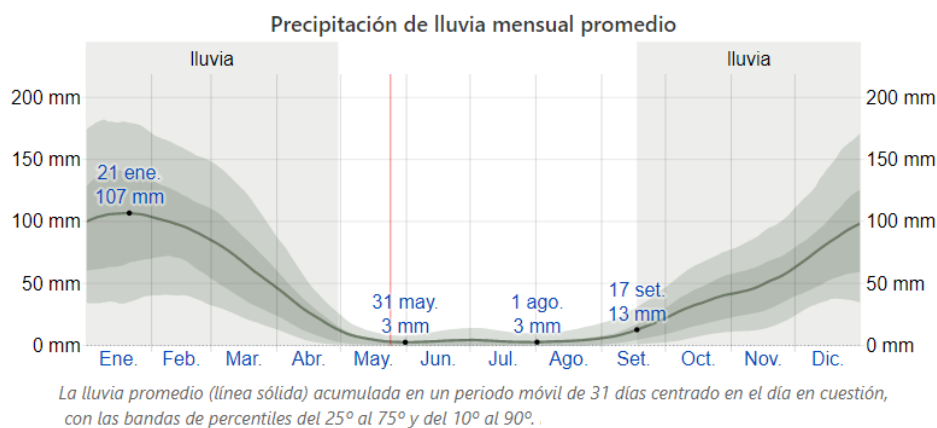
Cuando el aire al interior del ambiente es más caliente que el aire al exterior, el

aire interior es menos denso y sube, provocando que el aire exterior entre por las aberturas inferiores y salga por las aberturas superiores. Cuando se presenta condiciones inversas de temperatura entre el interior y el exterior, el flujo de aire se revierte, provocando que el aire exterior entre por las aberturas superiores y salga por las inferiores.

## 10.5. Precipitaciones

- Las precipitaciones se pueden medir por el espesor de agua en milímetros por metro cuadrado ( $\text{mm}/\text{m}^2$ ) de superficie, donde  $1 \text{ mm}/\text{m}^2$  equivale a 1 litro.
- Se requiere considerar los tipos y niveles de precipitaciones que se presentan en la zona donde se emplace el local educativo tales como lluvias, granizos, llovizna, nieve o bruma, acumulados por mes.
- Las precipitaciones influyen en el diseño de la edificación ya que condicionan la forma, dimensión del techo o la cubierta, inclinaciones<sup>33</sup> y materiales a utilizar, así como el diseño del drenaje de aguas pluviales. Asimismo, en climas cálidos coadyuvan a reducir la temperatura, no solo por la sombra de la nube, sino también por la evaporación del agua en las superficies.

**Figura N° 9.- Precipitaciones en la ciudad de Cusco**



Fuente: <https://es.weatherspark.com/>

## Artículo 11.- Análisis de las variables medioambientales

### 11.1. Temperatura radiante media y temperatura operativa

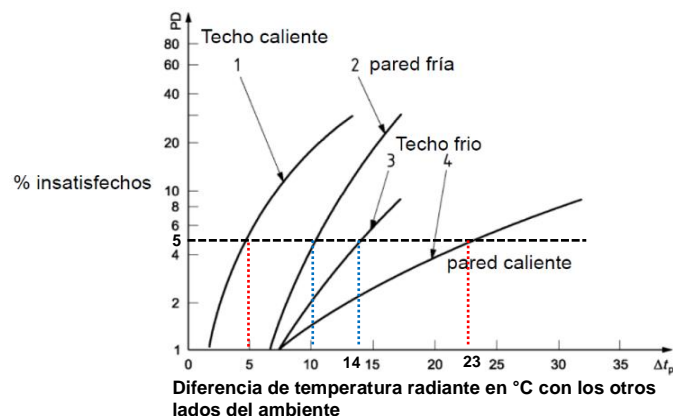
- La temperatura radiante media representa el calor emitido en forma de radiación por los elementos del entorno del ambiente interior y se compone de las temperaturas superficiales ponderadas de todos los cerramientos.
- La temperatura operativa es un valor que indica la sensación térmica que el cuerpo humano siente y puede diferir de la temperatura del aire, en la medida que influye en él no solo este tipo de temperatura, sino también la temperatura

<sup>33</sup> Sobre el diseño de las inclinaciones o pendientes del techo o cubierta, ver la Norma Técnica CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones.

media radiante<sup>34</sup>. De manera simplificada es el valor medio entre la temperatura del aire (seca), y la temperatura media radiante. Por lo dicho anteriormente, la temperatura operativa se considera para lograr mejores condiciones del confort térmico en los ambientes interiores.

- c. En el ambiente interior se ha determinado una serie de aspectos que generan disconfort o incomodidad térmica local, producto de la diferencia de temperatura radiante en diferentes lados, conocido como asimetría de la radiación térmica<sup>35</sup>, dentro del cual se tiene:
- En un ambiente los techos calientes con ventanas y/o paredes frías provocan gran incomodidad; en comparación, los techos fríos y las paredes calientes causan una incomodidad menor. Por lo que es recomendable, evitar el sobrecalentamiento de los techos, así como la protección del viento a las superficies exteriores del ambiente mediante barreras (cercos, muros perímetros, vegetación, entre otros), sobre todo en clima fríos.

**Figura N° 10.- Porcentaje de personas en disconfort en función a la asimetría térmica**



**Notas:**

- El gráfico se deriva de experimentos en cámaras climatizadas mecánicamente, por lo que los valores de satisfacción y diferencia de temperatura varían en ambientes no climatizados mecánicamente. No obstante, las relaciones entre los lados que producen la disconformidad térmica se mantienen.

Fuente: <https://www.seiscubos.com/conocimiento/disconfort-local>

## Artículo 12.- Análisis de las variables personales

12.1. Adicionalmente al análisis de las variables climáticas y medioambientales es importante conocer las variables personales de actividad y vestimenta que influyen en el confort térmico, por lo que se recomienda considerar lo siguiente:

<sup>34</sup> Un ejemplo claro es un ambiente con aire acondicionado, el equilibrio térmico se consigue por la impulsión de aire frío mientras que las ventanas, paredes, techo, puertas, iluminación, computadoras, entre otros, aumentan la temperatura radiante, por lo tanto, la temperatura operativa, es decir, la sensación de térmica es el resultado de la combinación de estas temperaturas.

<sup>35</sup> Para conservar adecuadas condiciones de confort, se requiere que la radiación térmica recibida por las personas sea en general uniforme, de modo que, si la radiación térmica recibida difiere en uno o más lados del ambiente (sea en sentido vertical u horizontal), se presenta la radiación térmica asimétrica.

**Tabla N° 3.- Variables personales de actividad y vestimenta**

Variables personales de actividad	valor
1 Leer y escribir sentado	1.0 a 1.2 MET
2 Caminar al interior del aula	1.7 MET
3 Ejercicio	3.0 a 4.0 MET
4 Baloncesto (*)	5.0 a 7.6 MET
Variables personales de vestimenta	valor
1 Pantalón corto	0.1 CLO
2 Ropa ligera de verano: Ropa interior, pantalón ligero largo, camisa de manga corta, medias y zapatos	0.5 CLO
3 Ropa ligera de oficina: Ropa interior, pantalón ligero largo, camisa manga larga, medias y zapatos	0.7 CLO
4 Ropa de invierno: Ropa interior, pantalón largo, camisa de manga larga, chompa o similar, medias y zapatos	1.0 CLO

**Notas:**

- El factor ropa (CLO) contribuye a ampliar la zona de confort admisible.
- (\*) Se coloca el deporte de baloncesto pues se cuenta con referencias sobre el mismo.

Elaboración propia en base a lo señalado en la publicación Un Vitruvio Ecológico: Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible, de Energy Research Group (2007).

### Artículo 13.- Características del servicio educativo

Adicionalmente al análisis de las variables climáticas, medioambientales y personales es importante conocer la particularidad del servicio educativo, teniendo en cuenta la identificación de lo siguiente:

**Tabla N° 4.- Características del servicio educativo**

Características del servicio educativo	Relación con el diseño bioclimático
1 Tipo y/o características del servicio educativo	Identificar si se requiere de residencia (estudiantil, profesorado, etc.), y/o atención a dos turnos o más, con la finalidad de determinar si es necesario mantener el confort térmico de los ambientes también en horas de la noche.
2 Calendario académico de la IE	Identificar si en los meses de verano se requiere hacer uso de los ambientes del local educativo con la finalidad de determinar si se requiere aplicar estrategias de diseño bioclimático acorde a la estación, y/o extender los análisis del confort térmico al periodo de verano.
3 Ambientes básicos y complementarios	Identificar los ambientes que son ocupados y usados por usuarios del local educativo de manera continua, ya que sobre ellos se aplican las estrategias de diseño bioclimático. Se puede optar, como criterios de diferenciación lo señalado por la Norma EM 110 sobre ambientes habitables y no habitables.
4 Ambientes con mayor cantidad de personas y tipo de actividad	Identificar los ambientes en donde se presentan la mayor cantidad de personas y su tipo de actividad puesto que, son de considerar a la hora de aplicar la calefacción por ganancias internas, o por el otro lado, aumentar la ventilación como estrategia de refrigeración.
5 Horario de inicio y finalización de clases y/o horario laboral	Es imprescindible que se lleve a cabo el estudio de asoleamiento, en la medida que durante el inicio y finalización de las clases y/o horario los ambientes estén protegidos ante la radiación solar, sobre todo en verano donde ésta es más alta. Se recomienda que los ambientes interiores sean protegidos de la radiación solar a partir de las 10:00 horas hasta las 16:00 horas <sup>36</sup> , siempre que no se presente deslumbramiento.

Fuente: Elaboración propia

<sup>36</sup> En relación con el numeral 6.5. de la Norma Técnica denominada "Disposiciones para la adopción de medidas preventivas frente a los efectos nocivos a la salud por la exposición prolongada a la radiación solar en instituciones educativas públicas y privadas de Educación Básica; Educación Técnico-Productiva; Educación Superior Tecnológica, Pedagógica y Artística", aprobada por R.S.G. N° 698-2017-MINEDU.

### **SUBTÍTULO III. RECOMENDACIONES METODOLOGICAS PARA DETERMINAR LA ZONA DE CONFORT TÉRMICO Y ESTRATEGIAS GENERALES DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO**

#### **Artículo 14.- Recomendaciones metodológicas para determinar las estrategias generales de diseño en función a las variables del clima**

**14.1.** Existen diferentes metodologías que tomando en cuenta las variables que inciden en el confort térmico han formulado gráficas, tablas, esquemas o diagramas con el propósito de trazar o identificar en primer lugar la zona de confort térmico, y en segundo lugar las estrategias de diseño bioclimático recomendadas.

**14.2.** La presente Guía considera dos tipos de diagramas que, por su facilidad de uso, comprensión y vigencia, nos pueden dar pautas de estrategias generales de diseño a implementar en función a los valores climáticos de temperatura y humedad (factores higrotérmicos) del clima de la zona.

**14.2.1.** La carta bioclimática (diagrama) formulada por Baruch Givoni.

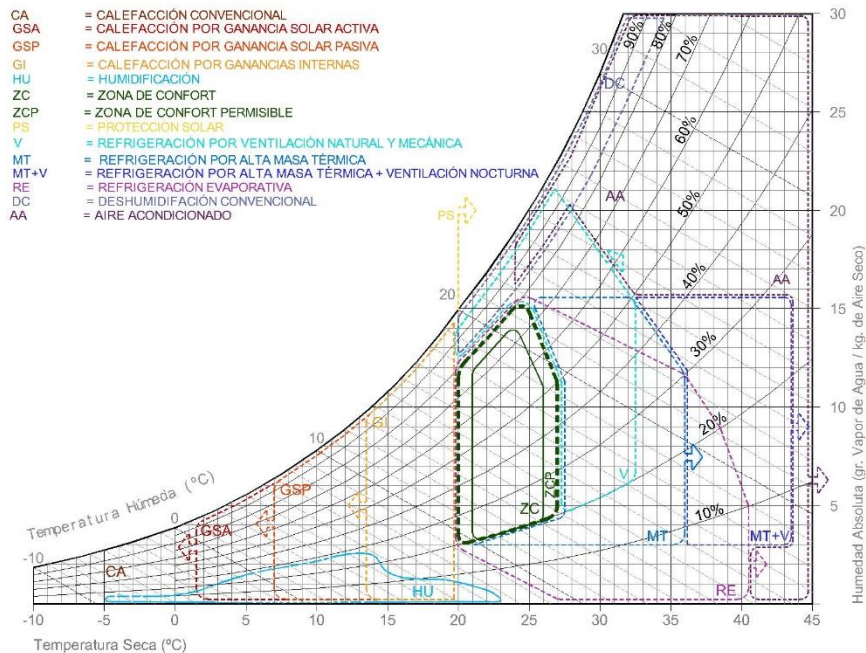
- a. Mediante el uso del ábaco psicométrico<sup>37</sup> es posible caracterizar el clima del lugar en función a los valores de temperatura seca y humedad relativa, en el cual se identifica la zona de confort y, a su vez, las estrategias de diseño recomendadas.
- b. La ventaja de dicho diagrama es que es posible identificar con cierta certeza las estrategias bioclimáticas más adecuadas en función a las estaciones (verano e invierno), y tener una idea sobre la amplitud térmica entre el día y la noche<sup>38</sup>.

---

<sup>37</sup> El ábaco psicométrico es una representación gráfica que identifica el estado energético del aire en un momento dado. Dicho ello, sus variables principales son la temperatura seca y la humedad (relativa y absoluta). También se pueden identificar en el mismo gráfico la temperatura húmeda.

<sup>38</sup> Actualmente se dispone también de programas de acceso libre más precisos, como es Climate Consultant o Psychrometric Chart que dan cuenta de las estrategias de diseño, así como también las zonas de confort por estación, por lo que es recomendable su uso para resultados más detallados.

**Figura N° 11.- Carta bioclimática por Baruch Givoni**

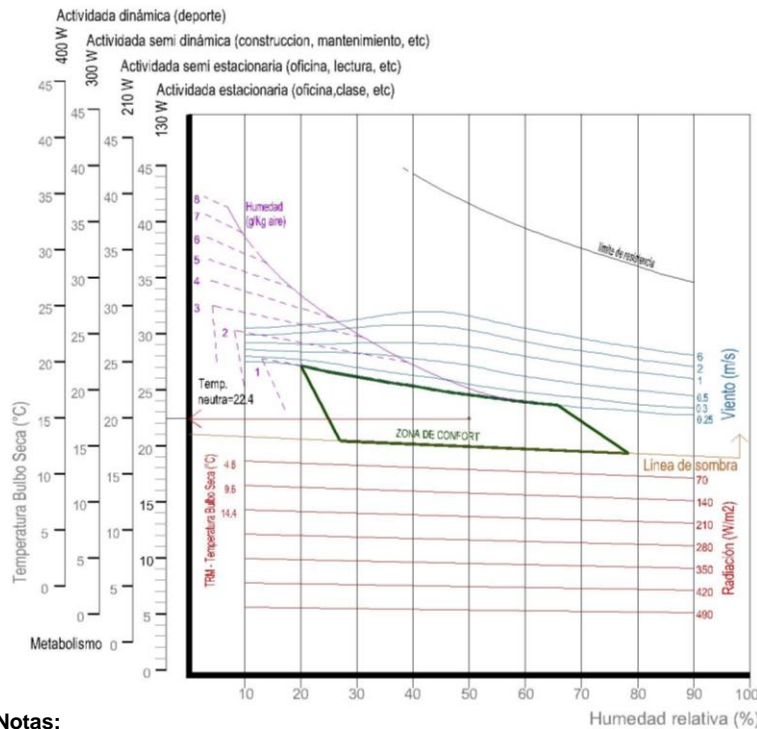


Fuente: Elaboración propia en base a la publicación *Climate Considerations in Building and Urban Design*, de Baruch Givoni (1998).

**14.2.2. La carta bioclimática formulado por Olgay.**

- a. Muestra de manera similar las acciones correctivas de diseño cuando la combinación de temperatura y humedad relativa del aire quedan fuera de la zona de confort.
- b. Dichas medidas son relativas a: (i) calentamiento por aprovechamiento de la radiación, (ii) control solar, (ii) enfriamiento por evaporación, (iii) enfriamiento por movimiento del aire.
- c. No obstante, existe cierta limitación al no valorar el factor de la inercia térmica (propiedad de los materiales con alta masa térmica), por lo que el grado de precisión en las recomendaciones de diseño deben ser tomadas con precaución.
- d. De manera complementaria a la carta bioclimática de Givoni, las ventajas del diagrama de Olgay es que es posible asociar las necesidades de calentamiento o enfriamiento (estrategias bioclimáticas generales) a indicadores o valores predeterminados.

**Figura N° 12.- Carta bioclimática por Olgay**



**Notas:**

- La zona de confort se encuentra bajo condiciones para una persona con actividad ligera (1 MET), vestida con traje típico (1 CLO), sin viento y a la sombra.

Fuente: Elaboración propia en base a GIVONI – MILNE (1981)

**Artículo 15.- Aplicación de las metodologías recomendadas**

**15.1.** Para la aplicación de ambas metodologías, se requiere identificar los siguientes datos higrotérmicos climáticos de la ciudad o zona donde está emplazado el local educativo:

**Tabla N° 5.- Datos higrotérmicos requeridos para la aplicación de las metodologías**

La temperatura mínima media por mes
La temperatura máxima media por mes
La humedad relativa mínima media por mes
La humedad relativa máxima media por mes

Fuente: Elaboración propia

**Notas:**

- La relación que existe entre la temperatura y la humedad es que al aumentar la temperatura del aire (verano), la humedad relativa disminuye; por el contrario, al disminuir la temperatura del aire (invierno), aumenta la humedad relativa.

**15.2.** Luego, se requiere identificar en los gráficos de Givoni y Olgay la intersección de dos puntos, siendo el primero la intersección del valor de la temperatura mínima media con la humedad relativa máxima media; y el segundo punto la intersección del valor de la temperatura máxima media con la humedad relativa mínima media.

**15.3.** Los puntos identificados se unen mediante una línea, dicho proceso se realiza

por los 12 meses<sup>39</sup>. Asimismo, se recomienda insertar en los gráficos las temperaturas mínimas y máximas absolutas por mes, que permitan identificar posibles casos extremos.

**15.4.** El resultado es una radiografía de los valores higrotérmicos que inciden en el confort térmico, y que, en función a su ubicación en los gráficos permiten identificar las estrategias de confort recomendadas.

**Tabla N° 6.- Ejemplo de datos de temperaturas y humedad relativa de la ciudad de Cusco**

Cusco	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio (iii)	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre (iv)
<b>Temperaturas °C:</b>												
Máxima absoluta	22.1	22.0	22.6	22.8	22.5	21.3	21.6	22.4	23.4	25.3	25.0	24.3
Máxima media (i)	18.9	18.8	19.1	19.7	19.8	19.5	19.1	19.8	19.8	20.9	20.7	19.4
Media	12.9	12.8	12.9	12.3	11.2	9.2	9.3	9.8	11.8	13.5	13.7	13.5
Mínima media (ii)	6.6	6.5	6.2	4.9	2.5	1.5	0.1	1.6	3.9	5.5	7.1	6.4
Mínima absoluta	5.0	3.8	3.9	2.0	-0.8	-3.4	-3.3	-2.1	2.0	5.0	6.0	5.1
Amplitud térmica	12.3	12.3	12.9	14.9	17.2	19.1	19.1	18.2	15.9	15.4	13.6	13.1
<b>Humedad relativa %:</b>												
Máxima media	77	77	72	75	74	81	83	80	73	68	68	67
Media	67	65	63	62	51	50	51	48	53	52	56	58
Mínima media	50	47	46	53	42	31	30	30	37	33	48	46

Fuente: Elaboración propia en base a Los datos obtenidos de la publicación Consideraciones Bioclimáticas en el Diseño Arquitectónico: el Caso Peruano (Wieser Rey, Consideraciones bioclimáticas en el Diseño Arquitectónico: El Caso Peruano, 2014)

**Leyenda:**

Rojo= verano; azul= invierno; morado= otoño; amarillo= primavera

**Notas:**

- (i) Las temperaturas más altas por lo general se presentan alrededor de las 14:00 o 15:00 horas del día.
- (ii) Las temperaturas más bajas por lo general se presentan alrededor de las 5:00 horas del día.
- (iii) Solsticio de invierno (21 de junio de 2022)
- (iv) Solsticio de verano (21 de diciembre de 2022)

Los datos de temperatura, humedad relativa y precipitaciones de diferentes zonas del territorio nacional se pueden obtener a través que la página web del SENAMHI: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>

**15.5.** Ahora bien, para definir la zona de confort la presente Guía opta por el denominado confort adaptativo<sup>40</sup> ya que considera que la zona de confort varía en función a las características higrotérmicas del clima y la capacidad de adaptación de las personas por el uso del entorno a su favor (ropa, ventanas, muebles, entre otros), con posibilidades de uso de ventilación natural en ausencia de sistemas de climatización mecánicos<sup>41</sup>.

Se opta por la fórmula y rangos ideada originalmente por De Dear y Brager<sup>42</sup>, con el cual es posible definir o delinear la zona de confort en función a la temperatura del aire media mensual del exterior:

<sup>39</sup> Siempre que corresponda el análisis a lo largo del año. La cantidad de meses puede disminuir en función a las características del servicio educativo.

<sup>40</sup> Este enfoque es considerado cualitativo, el cual viene siendo abordado para el estudio del confort térmico en investigaciones recientes tales como Gómez Azpeitia, Bojórquez Morales, & Ruiz Torres (2007); Sánchez, Sánchez-Guevara, & Rubio (2016); Wieser, Rodríguez-Larraín, & Onnis (2021); Wieser, Onnis, & Meli (2020); Montoya & Viegas (2019); Wieser M. (2016); Machuca, Molina, & Espinoza (2012).

<sup>41</sup> En climas extremos (muy fríos) dichas aproximaciones pueden ser cuestionables, no obstante, se considera adecuada en la medida que tiene su origen en el no uso de sistemas mecánicos para la climatización.

<sup>42</sup> Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference, de De Dear & Brager (1998)



$$T_n = 18.9 + (0.255 * T_m)$$

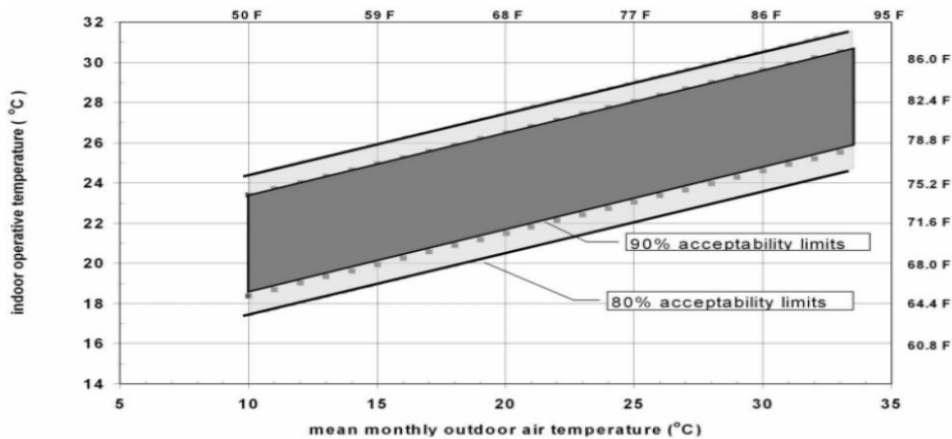
**Donde:**

T<sub>n</sub> = Temperatura neutra C°

T<sub>m</sub> = Temperatura media C°

Obteniendo la temperatura neutra<sup>43</sup> se considera que el 90% de las personas se encuentran en confort cuando éste se maneja en un rango de  $\pm 2$  C°, constituyéndose la zona de confort. Para climas fríos, dicho rango puede aumentar a  $\pm 3.5$  C°, considerando una satisfacción del 80% de las personas<sup>44</sup>.

**Figura N° 13.- Rangos de temperatura operativa aceptable para edificios ventilados naturalmente**



**Notas:**

- Sin sistema de refrigeración mecánico instalado, y ningún sistema de calefacción en funcionamiento.
- Los ocupantes tienen tasas metabólicas entre 1,0 y 1,3 MET (leer y escribir sentado).
- Los ocupantes pueden adaptar su ropa a las condiciones térmicas interiores y/o exteriores entre 0,5 y 1,0 CLO (ropa ligera en verano y ropa gruesa en invierno respectivamente).
- La temperatura media exterior es mayor que 10°C y menor que 33,5°C.

Fuente: ASHRAE (2017).

<sup>43</sup> Desde el punto de vista teórico la temperatura neutra o temperatura de neutralidad es la temperatura de confort que se establece mediante la correlación entre la sensación térmica de los individuos y la temperatura ambiente promedio de la que están habituados. A partir de ella se establecen rangos que delimitan la zona de confort, en respuesta a la realidad climática del lugar y a diferentes estudios de campo (Gómez Azpeitia, Bojórquez Morales, & Ruiz Torres, 2007).

<sup>44</sup> Desempeño térmico de cerramientos de tierra alivianada. Posibilidades de aplicación en el territorio peruano, de Wieser, Onnis, & Meli (2020)

**Tabla N° 7.- Ejemplo de delimitación de la zona de confort de la ciudad de Cusco**

Cusco	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media mensual °C	12.9	12.8	12.9	12.3	11.2	9.2	9.3	9.8	11.8	13.5	13.7	13.5
Temperatura neutra °C	22.2	22.2	22.2	22.2	21.8	21.2	21.3	21.4	21.9	22.3	22.4	22.3
Zona de confort +- 3.5 °C												
Límite superior						24.7					25.9	
Límite inferior						17.7					18.9	

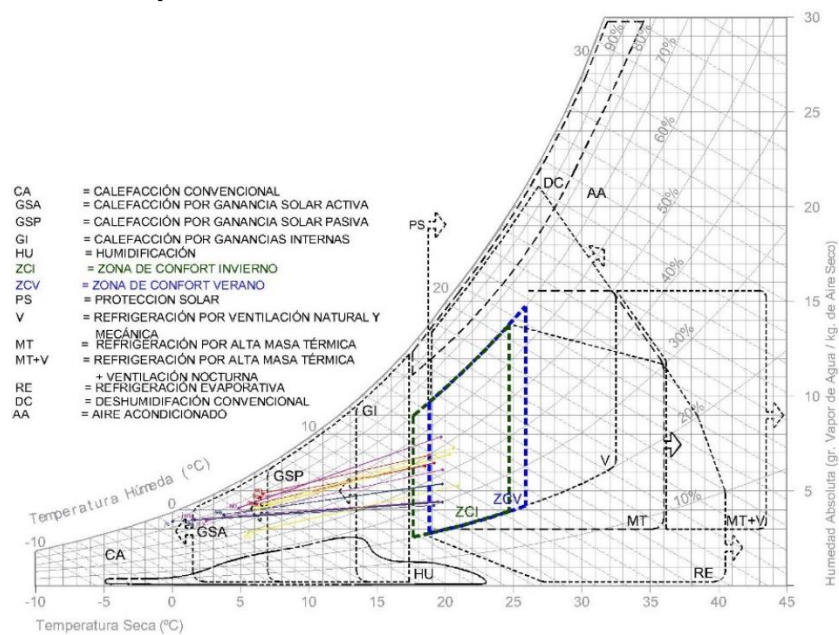
Fuente: Elaboración propia en base a Los datos obtenidos de la publicación Consideraciones Bioclimáticas en el Diseño Arquitectónico: el Caso Peruano (Wieser Rey, Consideraciones bioclimáticas en el Diseño Arquitectónico: El Caso Peruano, 2014).

**Leyenda:**

Rojo= verano; azul= invierno; morado= otoño; amarillo= primavera

15.6. Con los datos obtenidos se consignan en los gráficos propuestos de Givoni y Olgay:

**Figura N° 14.- Aplicación de la carta bioclimática de Givoni en Cusco**

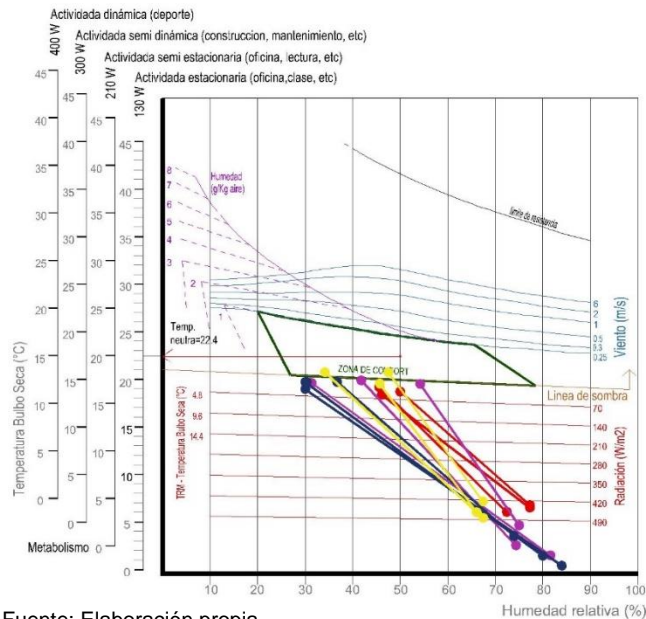


**Nota:**

- Por sus características higrotérmicas, Cusco posee un tipo de clima frío (mesoandino según la Norma EM.110), y, además, no presenta cambios sustanciales en sus zonas de confort entre verano e invierno. Dicho ello, las estrategias bioclimáticas predominantes son la calefacción por ganancia interna, solar activa y pasiva, sobre todo este último en invierno y otoño. Asimismo, es de considerar que la protección solar también es aplicable sobre todo en verano y primavera.
- Se ha considerado los valores de 20% y 70% como límites prácticos de la humedad relativa. Asimismo, se recomienda que el límite superior puede aumentar en climas húmedos hasta un 80% como parte de la adaptación de las personas al clima. Asimismo, se recomienda como límite superior una presión de valor de 15mm (Wieser M., 2006).
- En función a la calidad de las soluciones adoptadas, las estrategias de diseño pueden ampliar su margen. Como, la estrategia de calefacción por ganancias solares pasivas puede aumentar su margen con soluciones mejor adoptadas, evitando aplicar estrategias de calefacción con ganancias solares activas y/o calefacción, entre otros.

Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 15.- Aplicación de la carta bioclimática de Olgay en Cusco**



Fuente: Elaboración propia

**15.7.** Luego de la identificación de las estrategias bioclimáticas más convenientes según estación, es factible puntualizar las mismas en función a las horas del día. Para ello se recomienda la elaboración del diagrama de isopletras<sup>45</sup>.

**15.8.** Adicionalmente, en el Anexo 1 de la Guía se presentan recomendaciones de zonas de confort por zona bioclimática aplicable para los locales educativos.

### Artículo 16.- Matriz de estrategias de diseño bioclimático

**16.1.** Es pertinente que el análisis climático y de identificación de las estrategias generales de diseño que se realicen para cada lugar donde se encuentra emplazado el local educativo. Sin perjuicio de ello, para coadyuvar a la toma de decisiones en función a una valoración simple de las estrategias<sup>46</sup>, se presenta en la Tabla N° 8 una matriz de estrategias generales de diseño bioclimático, según zona bioclimática.

**16.2.** Dicha matriz es diseñada tomando en cuenta y complementando lo señalado en la Guía de Aplicación de Arquitectura Bioclimática en los locales educativos<sup>47</sup>, las recomendaciones generales de diseño de Wieser (2020), así como investigaciones relacionadas con el tema<sup>48</sup>, para identificar las estrategias generales de diseño recomendadas, según zona bioclimática.

**16.3.** Debe tomarse en cuenta que ninguna de las estrategias generales de diseño debe limitar la renovación y calidad del aire al interior, y/o generar efectos negativos de iluminación (deslumbramiento), según la normativa aplicable sobre la materia.

<sup>45</sup> Es un diagrama cartesiano que representa zonas de igual rango de temperaturas, que se traducen en áreas que indican las estrategias a emplear para alcanzar el confort. Estas áreas se desarrollan en una escala temporal, en la que se refleja la temperatura media por horas para cada mes. En el eje vertical se indican las horas del día y en el horizontal los meses del año.

<sup>46</sup> Dicha valoración es acumulativa, es decir, la opción "muy apropiada" no descarta la aplicación de la opción "apropiada", sino que se recomienda la aplicación de ambas, con énfasis en la aplicación "muy apropiada"

<sup>47</sup> Aprobada por Resolución Viceministerial N° 0017-2008-ED

<sup>48</sup> Ver referencias bibliográficas



PERÚ

Ministerio de Educación

GUÍA DE ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO PARA EL CONFORT TÉRMICO

Tabla N° 8.- Estrategias generales de diseño según zona bioclimática

ESTRATEGIAS DE DISEÑO GENERALES SEGÚN ZONA BIOCLIMÁTICA		Zonas bioclimáticas del Perú según la Norma EM. 110 del RNE									
		1			2	3	4	5 y 6	7	8 y 9	
		Desértico costero (i) (ii)			Desértico	Interandino bajo (ii)	Meso andino (v)	Altoandino y Nevado (v)	Ceja de Montaña	Subtropical Húmedo y Tropical húmedo	
Estrategias a partir de sistemas de climatización en base a la carta bioclimática de Givoni		Desde Paita al norte	Desde Paita al sur								
1	Calefacción por ganancia solar activa	-2	-2	1	-2	-1	1	1	2	-2	-2
2	Calefacción por ganancia solar pasiva	-2	-2	1	-2	-1	1	1	2	-2	-2
3	Calefacción por ganancia internas	-1	-1	1	-1	1	2	2	-1	-2	
4	humidificación (iv)	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-2
5	Protección solar en vanos y/o techos (control de la radiación)	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2
6	Refrigeración por ventilación natural (vi)	2	1	-1	2	-1	-1	-1	-2	1	2
7	Refrigeración por alta masa térmica	2	1	-1	2	-1	-1	-1	-2	1	1
8	Refrigeración por alta masa térmica + ventilación nocturna	1	1	-1	2	1	-1	-1	-2	1	1
9	Refrigeración evaporativa (iii)	1	1	0	2	1	0	0	0	-1	-1
10	Deshumidificación convencional	1	1	1	0	0	0	0	-1	2	2
Estrategias a partir de la forma del edificio en base a Serra <sup>49</sup> (vii)											
11	Compacidad	1	1	1	2	1	1	1	2	1	-2 (viii)
12	Porosidad	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	0	1
13	Esbeltez	-1	-1	-1	-2 (ix)	-1	-1	-1	-2	-1	-1
Estrategias a partir de la envolvente del edificio en base a Serra (vii)											
14	Asentamiento	1	1	1	2	1	1	1	1	0	-2

Valoración:

- Opción riesgosa (mayor confort)
- Opción inadecuada
- Opción no requerida
- Opción apropiada
- Opción muy apropiada

-2
-1
0
1
2

Notas:

- (i) La primera columna comprende la zona de la costa litoral norte entre Paita y la frontera.
- (ii) En donde se presentan dos valores a la vez, las estrategias de diseño se diferencian por estaciones: verano/invierno respectivamente.
- (iii) Para la aplicación efectiva de dicha estrategia, se recomienda que la humedad relativa media en verano debe ser menor al 70%, y no superior al 85%<sup>50</sup>.

<sup>49</sup> Arquitectura y energía natural, de Serra Florensa & Coch Roura (1995).

<sup>50</sup> Las teatinas de lima. Análisis energético - ambiental y perspectivas de uso contemporáneo (Wieser M. , LAS TEATINAS DE LIMA. Análisis energético - ambiental y perspectivas de uso contemporáneo., 2006).



PERÚ

Ministerio  
de Educación

## GUÍA DE ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO PARA EL CONFORT TÉRMICO

- (iv) Recomendable en climas fríos y secos, con humedad relativa media debajo del 35% (Ver carta bioclimática de Givoni).
- (v) Tomar en cuenta la presencia de heladas (temperaturas por debajo de los 0°C) que puedan condicionar a un mayor uso de estrategias de calefacción en el lugar del local educativo.
- (vi) Para la aplicación efectiva de dicha estrategia, se recomienda que la humedad relativa media sea mayor a 20%. Asimismo, con una humedad constante, para reducir la sensación de calor en 1 °C es necesario un aumento en la velocidad del viento de 0,5 m/s (1,8 km/h) si las temperaturas están entre los 25 °C y los 30 °C; y de 1 m/s (3,6 km/h) si están entre los 30 °C y los 35 °C (De Luxán García de Diego & Reymundo Izard, 2011). Ahora bien, para climas con temperatura del aire por encima de los 30 °C, las condiciones térmicas en una habitación con ventilación natural pueden generar disconfort. Por lo tanto, es recomendable generar sombra al exterior, asegurar el aislamiento de la envolvente y aplicar propiedades de absorción solar y radiación térmica de los materiales de la fachada (inercia térmica) (Organización Panamericana de la Salud, 2010). Asimismo, de presentarse mallas en las ventanas, se recomienda alejarlas de ventanas, tipo caja, para disminuir el efecto tapón, es decir, evitar que disminuya la cantidad de ventilación (Gonzalo, 2015).
- (vii) Las opciones positivas (apropiado y muy apropiado) corresponden a la mayor oportunidad de uso de las estrategias.
- (viii) Las formas más compactas tienden a conservar más el calor, por lo que se busca evitar dicha situación para las zonas bioclimática 8 y 9.
- (ix) Las formas más esbeltas están más expuestas al exterior, por lo que, en el clima desértico, al tener una gran amplitud térmica entre el día y la noche, se busca conservar las temperaturas del día por sobre la noche.

## **SUBTÍTULO IV. DESARROLLO DE ESTRATEGIAS GENERALES DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO EN EL MARCO DEL CONFORT TÉRMICO**

Las siguientes estrategias de diseño tienen como finalidad lograr el confort térmico en los ambientes aprovechando las condiciones climáticas, urbanísticas y/o geográficas de la zona donde se emplace el local educativo.

### **Artículo 17.- Estrategias a partir de sistemas de climatización**

**17.1.** Se presentan 2 ramas generales de estrategias de climatización: las de calefacción y refrigeración. Para ambos casos se presentan las estrategias principales.

**17.2.** Para la efectividad de las estrategias es importante tomar en cuenta condiciones principales previas al diseño, como los climas fríos:

- La efectividad de los sistemas de calefacción depende o está condicionada por el nivel de aislamiento térmico de la envolvente, la existencia de puentes térmicos<sup>51</sup>, y las infiltraciones de aire, debido a que el calor acumulado debe de ser conservado al interior, evitando su fuga, disipación rápida o no controlada al exterior, así como evitar el ingreso de aire frío desde el exterior.
- A su vez, la efectividad de los sistemas de calefacción que usan la masa térmica de la envolvente como elemento captador y distributivo depende del grado de exposición o contacto con la radiación solar y el interior del ambiente, en la medida que el uso de revestimientos como alfombras, maderas, falsos cielos rasos pueden limitar o disminuir la efectividad de dicho sistema, para generar un efecto aislante sobre la masa térmica de la envolvente y el interior del ambiente.
- Para el cumplimiento mínimo del nivel de aislamiento y evitar puentes térmicos (valores máximos de transmitancia térmica), así como evitar infiltraciones de aire en carpinterías (permeabilidad al aire), se debe considerar como mínimo lo señalado como transmitancia térmica máxima, y permeabilidad al aire de las carpinterías desarrolladas en la Norma EM.110 del RNE.
- Asimismo, para evitar efectos negativos como el sobrecalentamiento del ambiente, se pueden controlar con ventilación diurna (con el aire previamente calentado); o permitir la ventilación nocturna (en caso no se use de noche).

**17.3.** En climas cálidos para evitar el ingreso de calor excesivo al interior del ambiente se debe considerar como mínimo lo señalado como transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de las carpinterías, desarrolladas en la Norma EM.110 del RNE.

### **17.4. Calefacción por ganancia solar pasiva**

**a.** Se debe realizar el estudio de asoleamiento y tener los valores de radiación solar promedio por día por cada mes, así como también los valores promedio por hora por día en la medida que se sepa la ubicación del sol y la radiación que este emite

<sup>51</sup> Zonas, encuentros y/o puntos donde existen pérdidas de calor por conducción debido a la falta de continuidad de la envolvente aislada térmicamente entre el exterior y el interior del recinto. Puede provocar condensación de vapor de agua y aparición de moho y hongos que impactan en las condiciones de salubridad e higiene del usuario.

- a diferentes horas del día y en diferentes épocas del año, con énfasis en los periodos más fríos.
- b.** Del mismo modo, la presencia de nubosidad, edificaciones cercanas y/o la presencia de árboles que afectan la captación de radiación solar directa.
  - c.** El color de la superficie del elemento opaco en donde incide la radiación solar está relacionado con la cantidad de calor acumulada. En los colores oscuros la absorción de la radiación es mayor y, por lo tanto, menor la reflexión (menos perdida de calor), por lo que es recomendable la elección de colores con bajo porcentaje de reflectancia de colores para coadyuvar a este tipo de estrategia<sup>52</sup>.
  - d.** De manera similar, el grado de transparencia de las superficies translucidas (vidrios, entre otros) impacta en la cantidad de radiación solar que pasa al interior del ambiente. Mientras más grado de transparencia, mayor será la cantidad de radiación solar que ingrese al ambiente.
  - e.** En general se puede señalar que existen 3 sistemas de calefacción solar pasiva en función a la relación del sol y al ambiente al que sirve: sistemas directos, indirectos e independientes.
  - f.** Estos sistemas se componen de 3 tipos de componentes que tiene 3 funciones principales: captación, acumulación, y distribución. Dependiente del sistema a usar y su diseño, estas funciones pueden darse en el mismo componente.
  - g.** El siguiente cuadro detalla de manera concisa las principales variables de los sistemas y las características o propiedades de los materiales a tomar en cuenta para el funcionamiento de cada sistema.

---

<sup>52</sup> La reflectancia solar es la relación entre la radiación (rayo) incidente y la radiación reflejada en una superficie, también denominado coeficiente de reflexión y depende del color de la superficie. Para efectos de la elección del color, se puede tomar en cuenta lo señalado en el Código Técnico de Construcción Sostenible.



**Tabla N° 9.- Sistemas de ganancia solar pasiva y sus componentes**

Sistemas	Funciones principales de sus componentes		
	Captación	Acumulación	Distribución
	<p>1. Vano. Diseñado en función a su orientación, dimensión y posición.</p> <p>2. Vidrio. Seleccionado en función al factor de transmisión de energía, y transmitancia térmica.</p>	<p>Suelo, muro, techos, superficies líquidas (en piscinas) diseñados en función a su inercia térmica, en lo que respecta a su capacidad de acumular calor (energía) a lo largo del tiempo, relacionada a la capacidad calorífica específica del elemento acumulador.</p>	<p>Suelo, muro, superficies líquidas (agua). Diseñados en función a su inercia térmica, en lo que respecta a la capacidad de distribución del calor (energía) en las horas o periodos requeridos.</p> <p>Para hacer efectiva la distribución del calor se requiere aislar el ambiente evitando la fuga del calor, mediante el aislamiento de las aberturas y vidrios en toda su área, eliminando los posibles puentes térmicos.</p>
<p>Vanos</p> <p>Sistemas directos. Captación directa de la radiación solar</p>			
<p>Sistemas indirectos. Captación de la radiación solar por medio de un elemento previo al ingreso del ambiente.</p>	<p>Los elementos captadores también cumplen la función de acumuladores. Estos elementos son por lo general el techo, los muros, el terreno (adosado al suelo del ambiente y protegido), y el agua (en el caso de piscinas) (i). La propiedad de sus materiales en captar el calor y transmitir el mismo se da siempre con un factor de desfase o retardo<sup>53</sup>, que implica también un factor de amortiguación o decremento<sup>54</sup> del calor captado hacia el interior.</p> <p>Existen varios tipos de sistemas indirectos como son los muros Trombe, invernaderos, techos jardín, entre otros, y sus combinaciones.</p>	<p>Dependiente del tipo de sistema indirecto a usar, la distribución del calor acumulado se puede dar por radiación o por convección.</p> <p>En el primer caso se produce por la diferencia de temperatura del elemento acumulador y el interior (como muro Trombe, techo verde, entre otros); y el segundo caso se da al calentarse al aire por contacto con el elemento acumulador, lo cual puede generar rotación de la misma por diferencia de presión (aire caliente versus aire frío del interior del ambiente a tratar)</p> <p>Para hacer efectiva la distribución del calor por la noche se requiere aislar el ambiente evitando la fuga del calor, mediante el aislamiento de las aberturas,</p>	

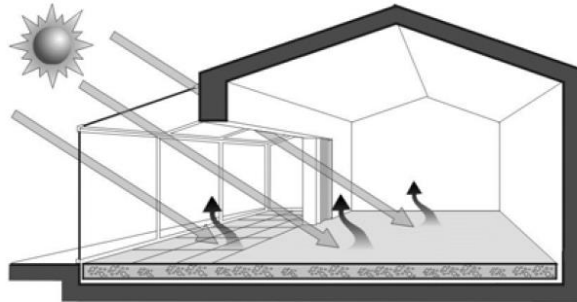
<sup>53</sup> Período de tiempo entre el momento en el que una forma de radiación incide sobre un elemento y el momento en que, tras atravesarlo, es cedida al otro lado. Se mide en horas (De Luxán García de Diego & Reymundo Izard, 2011)

<sup>54</sup> Es la relación existente entre la amplitud de la onda de radiación incidente sobre una cara de un elemento y la amplitud de respuesta en la otra cara, tras atravesarlo. Se da el % de amplitud de onda que se mantiene (De Luxán García de Diego & Reymundo Izard, 2011)



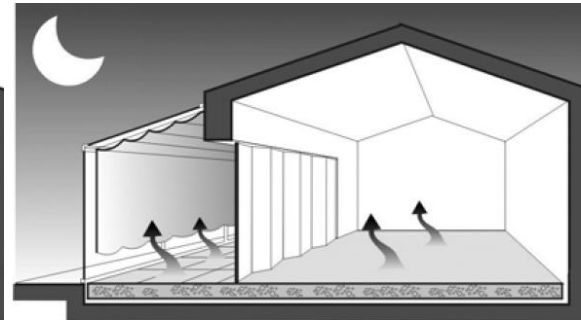


vidrios en toda su área, eliminando los posibles puentes térmicos.

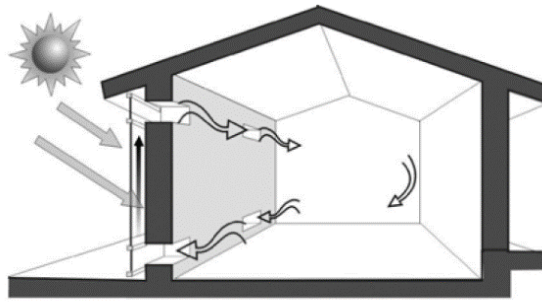


invierno día

Funcionamiento día/noche invernadero  
Fuente: Gonzalo (2015)

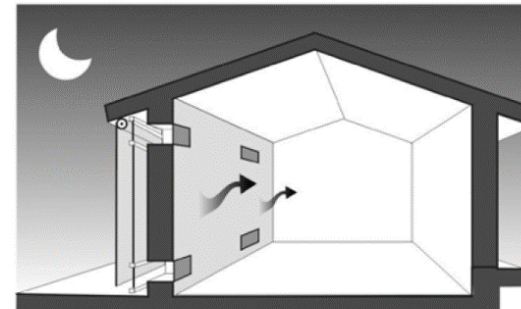


invierno noche



invierno día

Funcionamiento día/noche muro trombe  
Fuente: Gonzalo (2015)



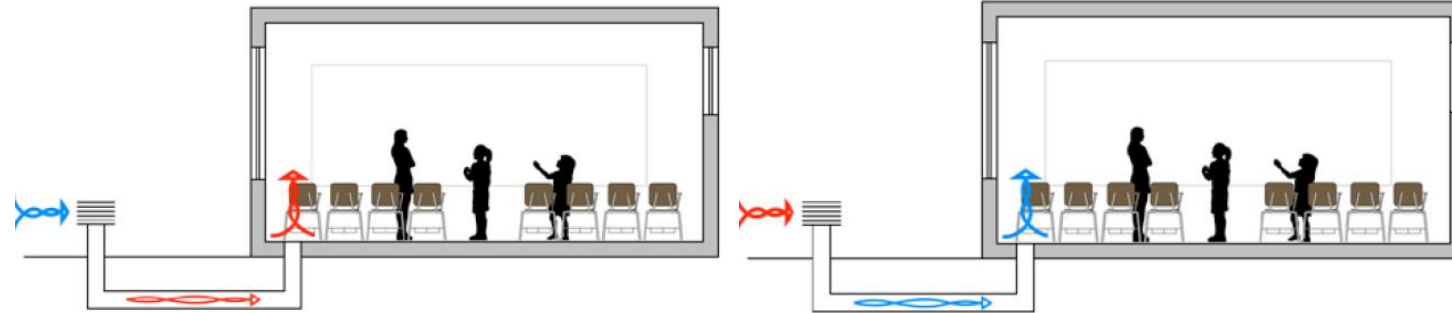
invierno noche

Sistemas independientes. captación y almacenamiento de la radiación solar fuera del ambiente a tratar.

Se produce en elementos externos al ambiente a servir y la transferencia de calor se da mediante conductores.

Ejemplos de ellos son los termosifones e invernaderos, intercambiadores de calor geotérmico (pozos canadienses).

La distribución se da por medio de los conductores por el suelo o muro que aporta calor al ambiente interior.



Aula con tubo intercambiador geotérmico para precalentamiento del aire. La efectividad del sistema depende de la diferencia de temperatura entre el aire exterior y la tierra, lo que ocurre generalmente en climas con una amplia oscilación térmica estacional  
Fuente: Agencia Chilena de Eficiencia Energética (2012)

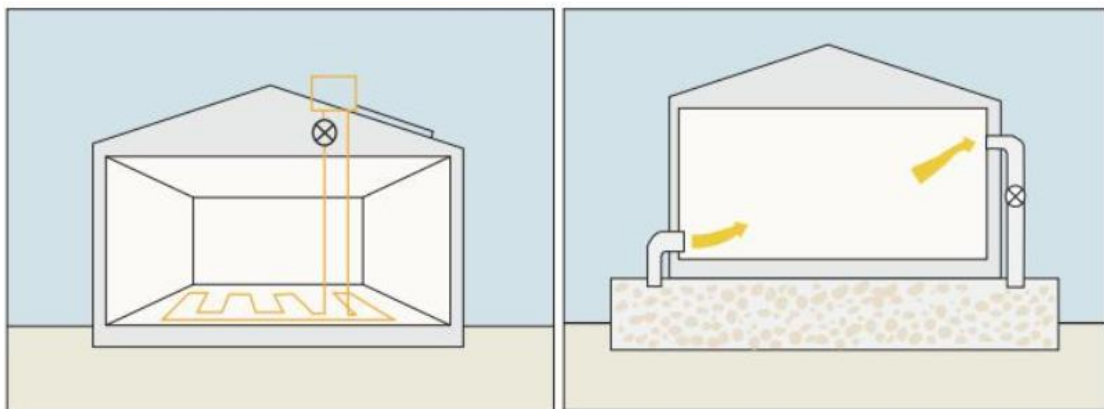
**Notas:**

- (i) El terreno también se puede utilizar como elemento calefactor en la medida de que éste se mantiene en una temperatura constante por lo que el ambiente a servir se puede semi enterrar o enterrar para aprovechar dicha constantica de temperatura para evitar perdida de calor de interior o ganar calor del terreno.

### 17.5. Calefacción por ganancia solar activa

- a. Dicho tipo de calefacción se implementa de manera complementaria a la calefacción por ganancia solar pasiva, y comprende el uso de energía convencional por medio de bombas, ventiladores, controles, entre otros para la ganancia de calor.
- b. De igual forma que la calefacción por ganancia solar pasiva, estos sistemas se componen de 3 tipos de componentes: captación, acumulación, y distribución. Dependiente del sistema a usar y su diseño, estas funciones pueden darse en el mismo componente.
- c. En los componentes de captación se utiliza un fluido (agua, aire, entre otros) que capta la radiación en forma de calor.
- d. La acumulación se puede dar aprovechando la capacidad calorífica de los materiales o por el calor latente de las sustancias al cambiar de estado.
- e. La distribución de los fluidos se da mediante el uso de bombas en el caso de agua, y ventiladores o extractores en el caso de aire.
- f. La distribución puede adoptar diferentes sistemas tales como suelo radiante o radiadores de zócalo mediante el uso del aire o agua como fluido; o distribución por conductos mediante el uso del aire como fluido.

**Figura N° 16.- Sistemas de calefacción por ganancia solar activa por suelo radiante y ventilación**



Fuente: De Luxán García de Diego & Reymundo Izard (2011).

- g. Los sistemas de recuperación de calor pueden ubicarse dentro de la calefacción por ganancia solar activa. Estos sistemas son sistemas mecánicos que utilizan el calor del aire del interior de los ambientes para precalentar el aire exterior, de menor temperatura, que ingresa nuevamente al interior renovando el aire del mismo.

### 17.6. Calefacción por ganancia internas

- a. La calefacción por ganancias internas se da mediante el aporte de calor de los mismos usuarios (en función de la actividad que realicen), o de equipos o bienes tales como computadoras, sistemas de iluminación, cocinas, chimeneas, entre otros.
- b. En los ambientes de mayor densidad de personas (mayor cantidad de personas por área), es en donde se presentan más ganancias internas. Estos ambientes son por lo general las aulas y constituyen una ventaja en lo que respecta a ganancias internas de calor.

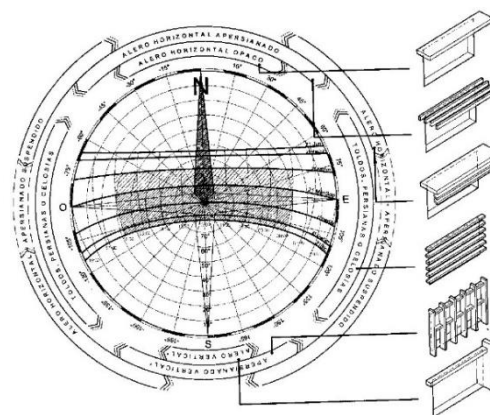
### 17.7. Humidificación (pasiva)

- a. La humidificación tiene como fin proporcionar humedad al ambiente a servir, el cual se produce mediante el aprovechamiento del aire (evaporación) y los vientos procedentes de las superficies húmedas tales como agua o vegetación.
- b. Para ambos casos, las superficies húmedas pueden estar tanto al interior como al exterior del ambiente a servir.
- c. Existen diferentes ejemplos tales como piletas, jardines, piscinas, donde también se puede aprovechar el riego hacia las áreas verdes.

### 17.8. Protección de la radiación solar

- a. La protección de la radiación solar tiene como fin reflejar y/o absorber la radiación solar en la medida que se obstruye su incidencia directa en el ambiente.
- b. Por medio del estudio de asoleamiento se puede determinar la ubicación del sol y por lo tanto los ángulos de incidencia, y las áreas de sombra.
- c. Con dicho estudio es factible diseñar diferentes sistemas de protectores solares que varían en función a su relación con la envolvente del ambiente a servir:
  - De la envolvente hacia el exterior tales como contraventanas, paneles aislantes móviles, aleros, toldos, celosías, parasoles, entre otros.

**Figura N° 17.-Alternativas de solución, según la orientación aproximada del vano**



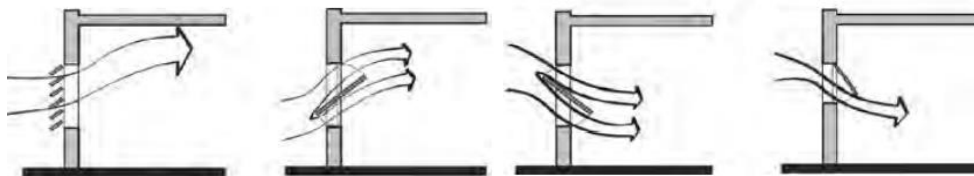
Fuente: Wieser Rey (2014)

- Hacia el interior de la envolvente tales como persianas, cortinas, visillos, entre otros. No obstante, son menos eficaces que las ubicadas al exterior debido a que la radiación es detenida pero el calor absorbido es disipado luego al interior.
  - Los vidrios que forman parte de la envolvente los cuales pueden ser de tipo absorbente, reflectante, de baja emisividad y selectivos con el espectro de radiación.
  - Adosados o independientes a la envolvente, tales como umbráculos, vegetación, sol y sombras, pérgolas, galerías, entre otros.
  - Los ajenos a la edificación como son la presencia de edificaciones próximas, las condiciones del terreno (pendiente), vegetación, entre otros.
- d. Considerando nuestra latitud, en la cual el sol se presenta predominantemente vertical, la superficie que recibe mayor radiación solar es el techo, por lo que, en climas donde se requiera evitar la sobre ganancia de calor es oportuno implementar materiales y colores con alto porcentaje de reflectancia<sup>55</sup> y/o cubrir los techos.

### 17.9. Refrigeración por ventilación natural

- a. La ventilación natural es la ventilación generada por medios naturales tales como la diferencia de temperatura, viento y/o difusión producida a través de aberturas<sup>56</sup>. Busca la renovación de aire y, bajo el enfoque del confort térmico, apunta a dos objetivos adicionales:
- Proveer de bienestar térmico a los ocupantes
  - Enfriar las superficies internas de la envolvente de los ambientes
- b. La ventilación natural, por lo general, se puede producir por dos formas: (i) ventilación por presión de vientos, o (ii) por efecto térmico del aire. Sus principios son explicados en numeral 10.4 de la presente Guía.
- c. Asimismo, se debe tener en cuenta, además de otros factores, el diseño de la carpintería en la medida que éste influye en dirigir o regular el flujo de aire hacia zonas que se desea ventilar, o evitar el contacto directo con las personas.

**Figura N° 18.-Influencia del tipo de carpintería en el ingreso del flujo de aire**



Fuente: Gonzalo (2015)

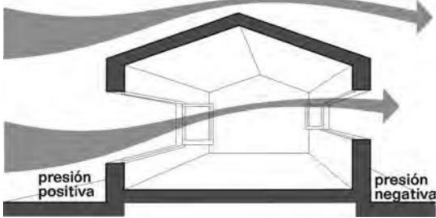
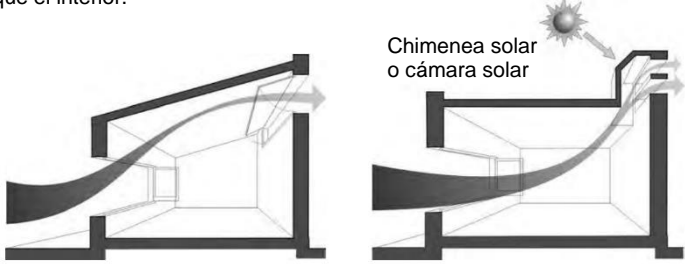
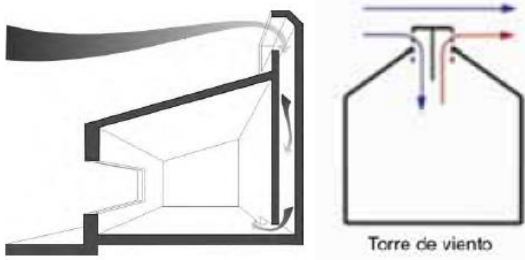
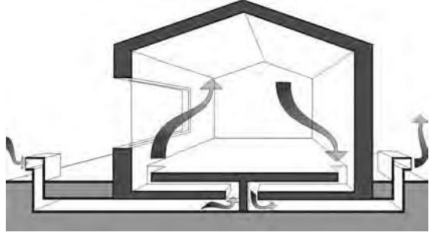
- d. Ahora bien, el siguiente cuadro detalla de manera concisa los principales

<sup>55</sup> Para efectos de la elección del color, se puede tomar en cuenta lo señalado en el artículo 6 del Código Técnico de Construcción Sostenible. Asimismo, tomar en cuenta su obligatoriedad para edificaciones de uso educativo a partir de 4,000 m<sup>2</sup> de área techada (artículo 3 del Código en mención).

<sup>56</sup> En base a lo señalado en la EM. 030 ventilación mecánica, y la G.040 Definiciones del RNE. Asimismo, la ventilación natural en general puede proporcionar tasas de ventilación mayor que la mecánica a un costo menor, gracias a la utilización de fuerzas naturales y diseño de las aberturas (Organización Panamericana de la Salud, 2010).

sistemas de ventilación natural para efectos del confort térmico, y sus características o propiedades a tomar en cuenta para el funcionamiento de cada sistema.

**Tabla N° 10.- Sistemas de refrigeración por ventilación natural**

Sistemas	Definiciones
Sistema de ventilación natural cruzada	<p>Ventilación que consiste en el flujo transversal del aire mediante la apertura de ventanas y puertas en lados opuestos del ambiente, es más efectiva que la apertura en un solo lado del ambiente y por tanto preferible. Esta ventilación se produce sobre todo por presión de vientos.</p>  <p>Fuente: Gonzalo (2015)</p>
Sistemas de ventilación natural por efecto chimenea	<p>Se genera por las diferencias de temperatura entre el aire interior y el exterior. Esta diferencia produce un desequilibrio en los gradientes de presión de las columnas de aire interior y exterior debido, causando una diferencia de presión vertical.</p> <p>El aire caliente es menos denso que el aire frío, por lo que tiende a subir. Por lo tanto, cuando el aire interior tiene mayor temperatura que el exterior, el aire interior sube. El aire entra en el edificio por las aberturas inferiores y se traslada por el ambiente hasta las aberturas superiores por donde egresa. También se refuerza la ventilación mediante el efecto de chimenea solar o cámara solar, del cual una cara es calentada por captación directa de la radiación solar a fin de contar con una mayor succión del aire interior.</p> <p>La dirección del flujo se invierte cuando el aire interior es más frío que el aire exterior. El aire entra en el edificio por las aberturas superiores y egresa por las aberturas inferiores. Este sistema es oportuno cuando el exterior presenta bajas velocidades del viento en el exterior y en horas nocturnas donde la temperatura del aire exterior es más frío que el interior.</p>  <p>Fuente: Gonzalo (2015)</p>
Sistemas de ventilación natural de torre de viento	<p>El lado de presión positiva de la torre de viento actúa como un captador de aire y el lado de presión negativa de la torre como un extractor.</p>  <p>Fuente: Gonzalo (2015) , y Organización Panamericana de la Salud (2010).</p>
Sistemas de enfriamiento por suelo	<p>Este sistema consiste en la captación de aire por el suelo a través de cañerías enterradas, aprovechando la temperatura constante del suelo, hacia el interior de los ambientes.</p>  <p>Fuente: Gonzalo (2015)</p>

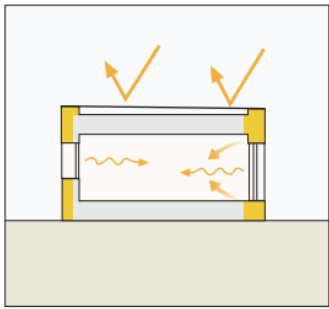
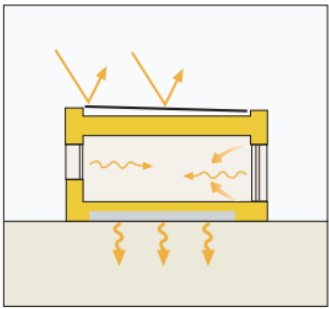
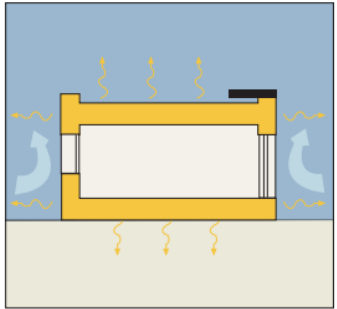
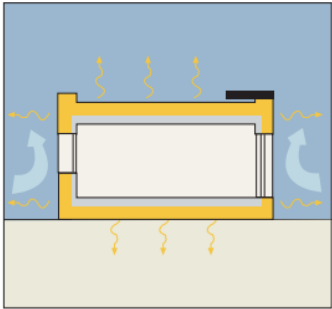
### 17.10. Refrigeración por alta masa térmica

- a. La refrigeración por alta masa térmica aprovecha dicha cualidad termofísica de los materiales para amortiguar el ingreso del calor del exterior al interior en el día, y retrasar el pase de calor (desfase), así como disipar el calor acumulado en los materiales por la noche por convección desde el exterior.

Para ello, es necesario que en el día se proteja el ingreso de radiación solar al interior de los ambientes, puesto que inhabilita o mitiga la refrigeración por este tipo de estrategia. Asimismo, para mejorar el rendimiento se recomienda ubicar los materiales aislantes al exterior y los materiales con mayor inercia térmica al interior. Del mismo modo, dicha estrategia tiene mayor desempeño en climas con amplio desfase térmico entre día y la noche, por la menor temperatura del aire en la noche que coadyuva a disipar el calor de la envolvente con mayor rapidez.

- b. Por la fachada se produce un enfriamiento del muro por convección con la propagación de aire alrededor del edificio. Por la cubierta, además del enfriamiento por convección, se produce una irradiación de energía hacia la bóveda celeste cuya temperatura es menor, reduciendo la temperatura del material de la cubierta.

**Tabla N° 11.- Sistemas de refrigeración por alta masa térmica**

Sistemas	Funciones principales del sistema de disipación			
Sistema refrigeración por alta masa térmica	 12 h	 18 h	 24 h	 6 h
Fuente: De Luxán García de Diego & Reymundo Izard (2011)				

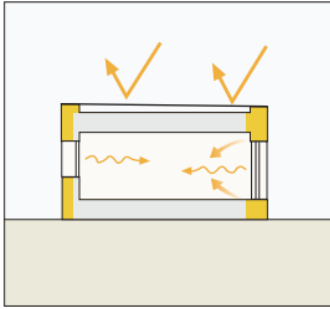
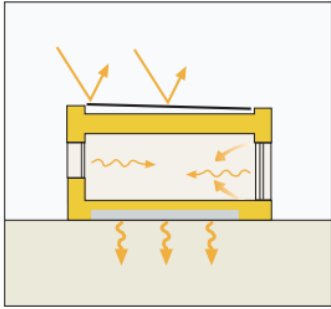
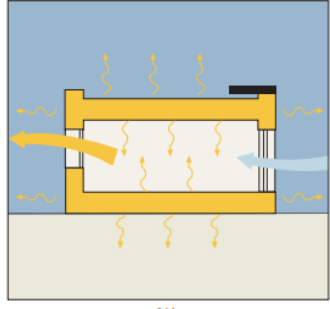
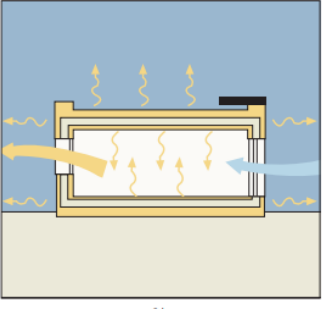
### 17.11. Refrigeración por alta masa térmica + ventilación nocturna

- a. En la presente estrategia se suma la ventilación al interior de los ambientes en horas de la noche. La estrategia tiene como propósito disipar el calor de las paredes y techos del interior de los ambientes de manera que, en el día, gracias a la alta inercia térmica de los materiales, le tome más tiempo a la envolvente

calentarse, generando un retardo, y por lo tanto se evita el calentamiento de los ambientes interiores.

- b. Para mayor efectividad de dicha estrategia, la ventilación debe ser dirigida hacia las paredes y techos que han recibido el calor durante el día. La ventilación solo al espacio del ambiente no garantiza un adecuado enfriamiento de la envolvente.

**Tabla N° 12.- Sistemas de refrigeración por alta masa térmica + ventilación nocturna**

Sistemas	Funciones principales del sistema de disipación	
Sistema refrigeración por alta masa térmica		
		
	Fuente: De Luxán García de Diego & Reymundo Izard (2011).	

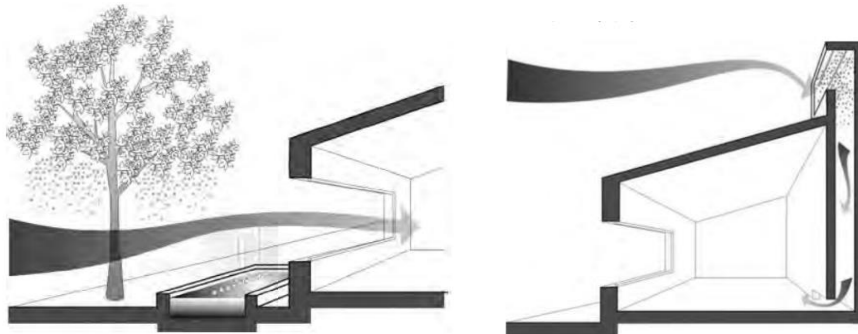
### 17.12. Refrigeración evaporativa

- a. Mediante el proceso adiabático que se generan alrededor de los fenómenos de evaporación permiten la disminución de la temperatura del aire, paralelamente, el aumento de su humedad absoluta. Este sistema podrá ser usado preferentemente en climas secos y con vientos constantes.
- b. Esta estrategia se puede aplicar en el edificio mediante dos sistemas: directo o indirecto.

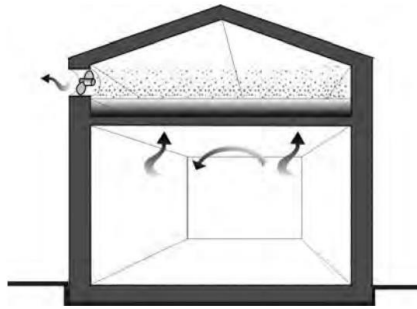
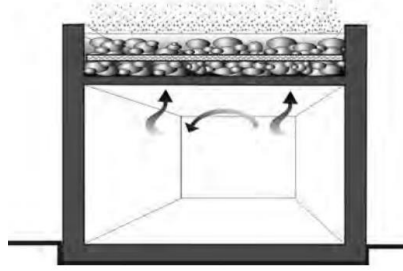
**Tabla N° 13.- Sistemas de refrigeración evaporativo**

Sistemas	Funciones principales de sus componentes	
Sistema directo	<b>Captación</b> Mediante el enfriamiento por evaporación al pasar el aire a través de elementos que contengan agua, tales como: fuentes, surtidores, estanques, aspersores, telas humedecidas, entre otros.	<b>Distribución</b> 1. El aire que ingresa al ambiente es humidificado a fin de disminuir su temperatura interior introduciendo directamente dentro del ambiente. 2. Mediante la captación de vientos mediante una torre, del cual tiene sus superficies interiores humedecidas con agua, de tal manera que el aire que ingresa a la misma es enfriada por evaporación.





Fuente: Gonzalo (2015)

	Captación	Distribución
Sistema indirecto	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Mediante el enfriamiento evaporativo del aire con agua entre la cubierta y el sobre techo mediante ventilación mecánica.</li><li>2. Mediante el enfriamiento evaporativo por techo de piedras inundado con agua y con aislación intermedia.</li></ol>	<p>Mediante la utilización de intercambiador de calor a fin de no agregar humedad a los ambientes.</p> <p>Enfriar un techo por evaporación, aprovechando el cielo raso como panel frío para disminuir la temperatura del aire interior.</p>
		

Fuente: Gonzalo (2015)

### 17.13. Deshumidificación convencional

- a. Esta estrategia trata de mejorar las condiciones interiores de recintos con altos niveles de humedad, comprendidas entre el 80% y el 100% y a partir de los 20°C, mediante la deshumidificación o desecación de aire.
- b. Los métodos a utilizar son mediante el sistema de absorción del vapor de agua con sales desecantes o placas salinas absorbentes.
- c. Las sales desecantes, se presentan en forma sólida del cual absorben enormes cantidades de vapor de agua de aire disminuyendo los niveles de humedad.
- d. Las placas salinas absorbentes contienen sales absorbentes del vapor de agua. Su funcionamiento es de modo alterno, ubicándose en el interior y exterior del edificio.

### Artículo 18.- Estrategias a partir de la forma del edificio

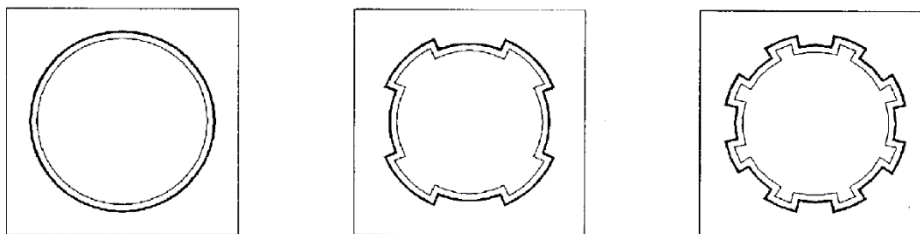
Como disposición general, es relevante señalar que es recomendable que la orientación del edificio sea de norte-sur en zonas bioclimáticas cercanas a la costa y pertenecientes

a la selva, debido a nuestra cercanía al ecuador, de manera que se pueda aprovechar los vientos procedentes de dichas direcciones y proteger de la radiación solar proveniente del este y oeste. En zonas bioclimáticas pertenecientes a la sierra, se recomienda orientar las fachadas con relación a la captación de la radiación solar, evitando las sobre ganancias de calor o deslumbramientos.

### 18.1. Compacidad

- a. La compacidad se refiere al grado de concentración de la masa de la edificación, siendo de mayor compacidad mientras menos grado de contacto de las superficies de la edificación con el exterior.
- b. Un edificio compacto concentra sus ambientes y volúmenes, por lo que se presenta menos expuesto al exterior, encontrándose protegido ante vientos, precipitaciones, entre otros fenómenos; así como, menos expuesto a intercambio de calor (perdida o ganancia) por sus superficies.

**Figura N° 19.- Grados de compacidad**



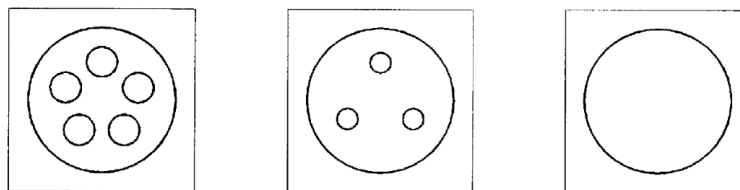
**Notas:**

- Se presentan las formas más compactas hacia la izquierda, puesto que tienen menos contacto con el exterior.  
 Fuente: Serra Florensa & Coch Roura (1995).

### 18.2. Porosidad

- a. La porosidad se refiere al grado de espacios abiertos al exterior dentro una edificación, siendo de mayor porosidad mientras más espacios abiertos cuente la edificación.
- b. Estos espacios abiertos al exterior se configuran como patios, losa multiuso, jardines, piletas, entre otros similares. Su condición permite aprovechar mejor la ventilación y/o generar microclimas en dichos espacios abiertos, por lo que se pretende mayor control de las variables climáticas.

**Figura N° 20.- Grados de porosidad**



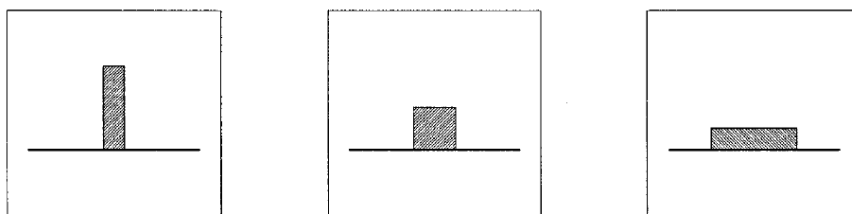
**Notas:**

- Se presentan las formas más porosas hacia la izquierda, puesto que tienen más espacios abiertos en contacto con el exterior.  
 Fuente: Serra Florensa & Coch Roura (1995).

### 18.3. Esbeltez

- a. La esbeltez se refiere a la proporción entre la superficie de contacto con el terreno de la edificación y la altura de la misma, siendo un edificio esbelto el que cuente con mayor altura y menos contacto con el terreno tenga, por tanto, tiene mayor exposición a las variables climáticas.
- b. Como medida general, no se recomienda edificios esbeltos ya que la exposición al clima aumenta.

**Figura N° 21.- Grados de esbeltez**



**Notas:**

- Se presentan las formas más esbeltas hacia la izquierda, puesto que tienen más contacto con el exterior en función a su altura

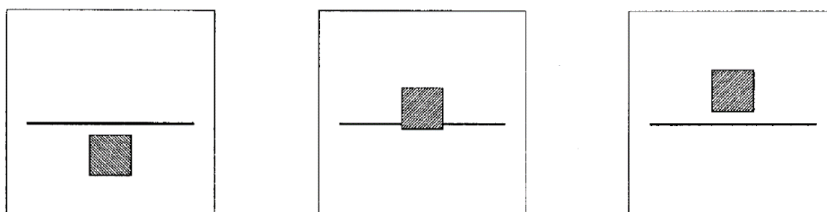
Fuente: Serra Florensa & Coch Roura (1995).

## Artículo 19.- Estrategias a partir de la envolvente del edificio

### 19.1. Asentamiento

- a. El asentamiento se refiere al grado de contacto de la envolvente con el terreno, donde a mayor contacto con el terreno<sup>57</sup>, mayor inercia térmica, pero menor posibilidad de captación de la radiación solar, ventilación natural y mayor humedad.

**Figura N° 22.- Grados de asentamiento**



**Notas:**

- Se presentan las formas más asentadas hacia la izquierda, puesto que tienen más contacto con el terreno.

Fuente: Serra Florensa & Coch Roura (1995).

## Artículo 20.- Referencias bibliográficas

- 20.1 Agencia Chilena de Eficiencia Energética. (2012). *Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos Educa*. Concepción: Universidad del Bío Bío.
- 20.2 ASHRAE. (2017). Standar 55 – Thermal Enviromental Conditions For Human Occupancy. ASHRAE.

<sup>57</sup> En una profundidad mayor a 6.00m, se puede llegar a tener una temperatura constante a lo largo del año por lo que es de conveniencia para climas fríos, sobre todo.

- 20.3** Celis D'Amico, F. (2000). *Arquitectura bioclimática, conceptos básicos y panorama actual*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- 20.4** De Dear, R., & Brager, G. S. (1998). *Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference*. California: University of California.
- 20.5** De Luxán García de Diego, M., & Reymundo Izard, A. (2011). *Sostenibilidad Energética de la Edificación en Canarias (1 ed.)*. Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias SA.
- 20.6** Diego-Mas, J. (19 de 07 de 2015). Estimación de la tasa metabólica. Obtenido de Ergonautas: <https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/tasamet/tasamet.php>
- 20.7** Dorizas, P., Assimakopoulos, M., & Santamouris, M. (2015). A holistic approach for the assessment of the indoor environmental quality, student productivity, and energy consumption in primary schools. *Environmental Monitoring and Assessment*.
- 20.8** Energy Research Group. (2007). *Un Vitruvio Ecológico: Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible*. Barcelona: Gustavo Gili.
- 20.9** Freitag, P., Woods, J., Hemler, B., Sensharma, N., Penney, B., & Marx, G. (2002). *Health, Energy and Productivity in Schools: Measures of Occupant Performance*.
- 20.10** Givoni, B. (1998). *Climate Considerations in Building and Urban Design*.
- 20.11** Gómez Azpeitia, G., Bojórquez Morales, G., & Ruiz Torres, R. P. (2007). El Confort Térmico: Dos Enfoques Enfrentados. *PALAPA*, 2(1), 45-57.
- 20.12** Gonzalo, G. E. (2015). *Manual de arquitectura bioclimática y sustentable*. Tucuman, Argentina: CEEHAS.
- 20.13** Guillermina Ré, M., Filippín, C., & Blasco Lucas, I. (2018). Niveles de Confort Térmico En Aulas de dos Edificios Escolares Del Área Metropolitana de San Juan. Acta de la XL Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente. 05, págs. 97-108. San Juan: Universidad Nacional de San Juan.
- 20.14** Instituto de la Construcción. (2012). *Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos*. Santiago de Chile: Instituto de la Construcción.
- 20.15** Machuca, L., Molina, J., & Espinoza, R. (2012). Estudio Climático De Vilcallamas Arriba y Análisis de Indicadores Bioclimáticos De Aplicación Potencial. XIX Simposio Peruano de Energía Solar (XIX- SPES), (págs. 14-17). Puno.
- 20.16** Montoya, O., & Viegas, G. (2019). Confort Térmico en Aulas Escolares del Trópico, a Partir de la Aplicación de Estrategias de Diseño Bioclimáticas Pasivas. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 01.55-01.65.
- 20.17** Najafi, N., Barzegar, Z., Movahed, K., & Samani, S. (2018). The Effect of Thermal Comfort on Stress in Female High School Students. *International Journal of School Health*.
- 20.18** Olórtegui del Castillo, T. (2014). *Ecoeficiencia en las Escuelas Públicas del Perú*. Lima: ECOLEGIOS – Estudio Panorámico dos Colegios Existentes.
- 20.19** Organización Panamericana de la Salud. (2010). *Ventilación natural para el control de las infecciones en entornos de asistencia sanitaria*. (J. Atkinson, Y. Chartier, C. Pessoa-Silva, P. Jensen, Y. Li, & W.-H. Seto, Edits.) Washinton, D.C.: Organización Panamericana de la Salud.
- 20.20** Pérez Rodríguez, Y. (2018). *Estrategias de Ventilación Natural en Climas Tropicales a Partir del Comportamiento del Viento sobre Edificios Ubicados en Espacios Urbanos Mediante la Simulación de Programas De Diseños Interactivos*. [Máster en construcciones avanzadas en la edificación]. Universidad Politécnica de Cataluña.

- 20.21** Poma, J., Garay, L., & Karolina, R. (2019). Estudio climático en la región altoandina y el análisis de indicadores bioclimáticos de aplicación potencial en el diseño arquitectónico. III CTV 2019 Proceedings: XIII International Conference on Virtual City and Territory: "Challenges and paradigms of the contemporary city. Barcelona: UPC.
- 20.22** Sánchez, D., Sánchez-Guevara, C., & Rubio, C. (2016). El enfoque adaptativo del confort térmico en Sevilla. *Anales de Edificación*, 2(1), 38-48.
- 20.23** Serra Florensa, R., & Coch Roura, H. (1995). *Arquitectura y energía natural* (Primera ed.). Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, SL.
- 20.24** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. (2018). *Un buen clima. Glosario de Términos Meteorológicos*. Lima: SENAMHI.
- 20.25** Wieser Rey, M. (2014). *Consideraciones bioclimáticas en el Diseño Arquitectónico: El Caso Peruano*. Lima: Departamento de Arquitectura - Pontificia Universidad Católica del Perú.
- 20.26** Wieser Rey, M. (2014). *Geometría solar para arquitectos*. Lima: Editorial Universitaria.
- 20.27** Wieser, M. (2006). *Las Teatinas de Lima. Análisis energético - ambiental y perspectivas de uso contemporáneo*. [Tesis de Doctorado, Universitat Politècnica de Catalunya]. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- 20.28** Wieser, M. (2016). *Control of Solar Radiation on Roofs and Thermal Performance in Buildings along the Peruvian Coast*. PLEA 2016 Los Angeles-32nd International Conference on passive and Low Energy Architecture. *Cities, Buildings, People: Towards Regenerative Environments* (págs. 1854 – 1858). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- 20.29** Wieser, M., Onnis, S., & Meli, G. (2020). Desempeño térmico de cerramientos de tierra alivianada. Posibilidades de aplicación en el territorio peruano. *Revista de Arquitectura*, 22(1), 164-174.
- 20.30** Wieser, M., Rodríguez-Larraín, S., & Onnis, S. (2021). *Estrategias bioclimáticas para clima frío tropical de altura. Validación de prototipo en Orduña, Puno, Perú*. *Estoa*, 10(19).

## DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS

### DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS FINALES

**PRIMERA.-** Las disposiciones contenidas en el (i) Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE, (ii) la Norma Técnica de Criterios Generales de Diseño para Infraestructura Educativa, (iii) normas técnicas de infraestructura educativa por nivel o servicio educativo, se aplican con preferencia a las disposiciones de la presente Guía.

**SEGUNDA.-** Las exigencias y/o prohibiciones señaladas en leyes, reglamentos técnicos, normas metrológicas, normas sanitarias y/u otras normas especiales, se aplican con preferencia a las disposiciones de la presente Guía.

**TERCERO.-** El diseño de la infraestructura educativa debe considerar los estándares de calidad<sup>58</sup> que el Sector Educación emite, en cuanto a la elección de materiales, acabados, mobiliario, equipamiento, los programas arquitectónicos mínimos, entre otros aspectos. Siendo la presente Guía, un documento complementario a aquellos.



VB E. Diana León S.  
Especialista Legal



VB Antony Carlos Caballero Flores  
Especialista de infraestructura

<sup>58</sup> Reglamento del Decreto Legislativo N° 1252, Decreto Legislativo que crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones, aprobado con Decreto Supremo N° 284-2018-EF.

### Anexo N° 1 - Zonas de confort recomendadas en ciudades por zona bioclimática

1. El presente Anexo tiene por objetivo delimitar las zonas de confort de algunas ciudades por zona bioclimática, aplicando el concepto de confort adaptativo tomado en cuenta en la presente Guía y sus condiciones.
2. En relación con las condiciones y los ocupantes, se consideran las tasas metabólicas entre 1,0 y 1,3 MET (leer y escribir sentado), y que pueden adaptar su ropa a las condiciones térmicas interiores y/o exteriores entre 0,5 y 1,0 CLO (ropa ligera en verano y ropa gruesa en invierno respectivamente).
3. Por lo tanto, considerando las condiciones antes descritas de los ocupantes, las zonas de confort delimitadas en el presente Anexo pueden ser aplicables para los ambientes básicos tipo A, B y C, así como los ambientes complementarios de gestión administrativa y pedagógica.
4. Ahora bien, es recomendable que el análisis del clima y las zonas de confort sean analizadas por local educativo. Asimismo, es recomendable precisar los valores de las zonas de confort en el funcionamiento del local educativo en función a la percepción y las características particulares de los ocupantes (edad, entre otras características), las características particulares de la infraestructura (presencia de equipos y/o máquinas, entre otras características), y las características particulares del servicio educativo (horas ocupadas de los ambientes, entre otras características)
5. A continuación, se señalan las zonas de confort de algunas ciudades por zona bioclimática aplicando el concepto de confort adaptativo. Asimismo, se recomienda considerar los valores de 20% y 70% como límites prácticos de la humedad relativa, así como el límite superior puede aumentar en climas húmedos hasta un 80% como parte de la adaptación de las personas al clima. Por último, se recomienda como límite superior una presión de valor de 15mm (Wieser M., 2006).

**Tabla N°1.- Zona de confort de la zona bioclimática 1 - Desértico costero (desde Paita la norte)**

	Tumbes		Talara	
	Verano	Invierno	Verano	Invierno
(1)	27	23	26	20
Temperatura neutra °C	26	25	26	24
Zona de confort +/- 2 °C				
Límite superior	28	27	28	26
Límite inferior	24	23	24	22

**Notas:**

(1) Mayor temperatura media mensual en verano y menor temperatura media mensual en invierno.  
 Fuente: elaboración propia en base a los datos climáticos obtenido de <https://es.weatherspark.com/>

**Tabla N°2.- Zona de confort de la zona bioclimática 1 - Desértico costero (desde Paita al sur)**

	Chiclayo		Lima		Ilo	
	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno
(1)	25	19	23	17	22	14
Temperatura neutra °C	25	24	25	23	25	22
Zona de confort +- 2 °C						
Límite superior	27	26	27	25	27	24
Límite inferior	23	22	23	21	23	20

**Notas:**

(1) Mayor temperatura media mensual en verano y menor temperatura media mensual en invierno.  
 Fuente: elaboración propia en base a los datos climáticos obtenido de <https://es.weatherspark.com/>

**Tabla N°3.- Zona de confort de la zona bioclimática 2 - Desértico**

	Piura		Ica		Tacna	
	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno
(1)	27	21	24	18	21	14
Temperatura neutra °C	26	24	25	23	24	22
Zona de confort +- 2 °C						
Límite superior	28	26	27	25	26	24
Límite inferior	24	22	23	21	22	20

**Notas:**

(1) Mayor temperatura media mensual en verano y menor temperatura media mensual en invierno.  
 Fuente: elaboración propia en base a los datos climáticos obtenido de <https://es.weatherspark.com/>

**Tabla N°4.- Zona de confort de la zona bioclimática 3 – Interandino bajo**

	Moquegua		Oxapampa		Caraz	
	Verano	Invierno	(2)	Invierno	(2)	Invierno
(1)	19	14	19	17	17	16
Temperatura neutra °C	24	22	24	23	23	23
Zona de confort +- 2 °C						
Límite superior	26	24	26	25	25	25
Límite inferior	22	20	22	21	21	21

**Notas:**

(1) Mayor temperatura media mensual en verano y menor temperatura media mensual en invierno.  
 (2) Periodo más caluroso entre setiembre y octubre.  
 Fuente: elaboración propia en base a los datos climáticos obtenido de <https://es.weatherspark.com/>

**Tabla N°5.- Zona de confort de la zona bioclimática 4 – Meso andino**

	Cajamarca		Ayacucho		Arequipa	
	Verano	Invierno	Verano	Invierno	Verano	Invierno
(1)	12	10	15	13	16	15
Temperatura neutra °C	23	21	23	22	23	23
Zona de confort +- 3.5 °C						
Límite superior	25	25	26	26	26	26
Límite inferior	18	18	19	19	19	19

**Notas:**

(1) Mayor temperatura media mensual en verano y menor temperatura media mensual en invierno.  
 Fuente: elaboración propia en base a los datos climáticos obtenido de <https://es.weatherspark.com/>



**Tabla N°6.- Zona de confort de la zona bioclimática 5 y 6 – Altoandino y nevado**

	Cerro de pasco		Puno	
	Verano	Invierno	Verano	Invierno
(1)	6	4	10	6
Temperatura neutra °C	20	20	21	20
Zona de confort +- 3.5 °C				
Límite superior	24	23	25	24
Límite inferior	17	16	18	17

**Notas:**

(1) Mayor temperatura media mensual en verano y menor temperatura media mensual en invierno.  
Fuente: elaboración propia en base a los datos climáticos obtenido de <https://es.weatherspark.com/>

**Tabla N°7.- Zona de confort de la zona bioclimática 7 – Ceja de Montaña**

	Moyobamba		Tingo Maria	
	Verano	Invierno	Verano	Invierno
(1)	24	22	25	23
Temperatura neutra °C	25	25	25	25
Zona de confort +- 2 °C				
Límite superior	27	27	27	27
Límite inferior	23	23	23	23

**Notas:**

(1) Mayor temperatura media mensual en verano y menor temperatura media mensual en invierno.  
Fuente: elaboración propia en base a los datos climáticos obtenido de <https://es.weatherspark.com/>

**Tabla N°8.- Zona de confort de la zona bioclimática 8 y 9– Subtropical Húmedo y Tropical húmedo**

	Iquitos		Puerto Maldonado	
	Verano	Invierno	Verano	Invierno
(1)	26	26	26	23
Temperatura neutra °C	26	26	26	25
Zona de confort +- 2 °C				
Límite superior	28	28	28	27
Límite inferior	24	24	24	23

**Notas.:**

(1) Mayor temperatura media mensual en verano y menor temperatura media mensual en invierno.  
Fuente: elaboración propia en base a los datos climáticos obtenido de <https://es.weatherspark.com/>