

1. EL CONFORT EN EL DISEÑO BIOCLIMÁTICO

Confort térmico.

De acuerdo a lo pautado por el estándar de ASHRAE 55-74, "el confort térmico es definido como la condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico"¹³ [Gallo, Sala y Sayigh, 1988, p. 3]. Es decir, el bienestar térmico del hombre es la situación bajo la cual éste expresa satisfacción con el medio ambiente higrotérmico que le rodea, tomando en cuenta no solamente la temperatura y la humedad propiamente dichas, sino también el movimiento del aire y la temperatura radiante.

- **Parámetros Ambientales del Confort Térmico**

1. Temperatura del aire (T_a):

Se le llama también temperatura seca o temperatura de bulbo seco. Este parámetro ambiental se refiere básicamente al aire que está alrededor del cuerpo y su valor nos da una idea general del estado térmico del aire a la sombra. Éste es uno de los factores principales que incide en el flujo de calor entre el cuerpo y el ambiente. Se puede medir, junto con la temperatura húmeda o de bulbo húmedo, con el psicómetro de aspiración; aunque también se utilizan otros instrumentos como el termómetro o los termo-higrómetros digitales.

Es uno de los parámetros fundamentales, ya que, de acuerdo a algunos especialistas, para la estimación de la sensación de calor o frío que pueden percibir las personas, los valores de la temperatura del aire y de la humedad relativa permiten establecer con cierta fiabilidad la zona en la cual la mayor parte de las personas se encontrarían confortables. Además, la relación entre estas variables ayuda a determinar las características que pueden ser deseables en el interior de la vivienda y en el espacio inmediato [www.arquisolar.com.ar/cgi-bin/redirect?id=VISTAPRINT_EU120].

Tabla 1. Límites de confort térmico según Mascaró (1983)

Media de % de HR	T media mensual superior a 20°C		T media mensual de 15 a 20°C		T media mensual inferior a 15°C	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
0-30	26-34	17-25	23-32	14-23	21-30	12-21
30-50	25-31	17-24	22-30	14-22	20-27	12-20
50-70	23-29	17-23	21-28	14-21	19-26	12-19
70-100	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12-18

Fuente: Mascaró, Lucía R. (1983) *Luz, clima y arquitectura*. La Plata, Argentina: Facultad de arquitectura y urbanismo de la Universidad Nacional de la Plata. p. 183.

2. La humedad relativa (HR).

La humedad relativa es la cantidad de vapor de agua en gramos que hay en un kilogramo de aire con relación a la máxima cantidad de vapor que puede haber a una temperatura determinada¹⁴. Se mide con un higrómetro o mediante la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo, con una carta psicométrica.

Se observa que a mayor temperatura del aire puede haber un mayor contenido de vapor de agua, a diferencia de un aire frío que tiende a ser seco a menor temperatura, llegando a un porcentaje de humedad relativa igual a 0%. El porcentaje de humedad puede influir negativamente en la sensación térmica ya que en un ambiente caluroso, si los valores de la humedad relativa son altos, impiden que el cuerpo humano pierda calor por evaporación de agua, es decir, por el sudor; pero si son muy bajos, el organismo se puede deshidratar. Por eso, hay quienes han estimado que la humedad relativa debe rondar entre el 30 y 70% para temperaturas entre los 15 y los 30°C.

¹³ "that condition of mind which expresses satisfaction with the thermal environment"

¹⁴ La humedad absoluta es el contenido de agua en 1m³ de aire seco, o en 1Kg. de aire seco. Puede haber 1gr de agua por Kg. de aire a 1°C o 6gr de agua por Kg. de aire a 30°C y tener en los dos casos una humedad relativa del 25%.

Autores como Serra (1995) recomiendan valores diferentes de temperatura del aire y humedad relativa según la estación. Por ejemplo, para interiores de viviendas establece una temperatura de verano entre los 25 y 27°C con una humedad relativa entre un 50 y 55%, mientras que para el invierno sostiene que la temperatura debe ser de 16 a 18°C en los dormitorios, 18 a 20°C en las salas de estar, 15 a 18°C en la cocina y 20 a 22°C en los baños, en este caso no habla de la humedad.

No obstante, Puppo y Puppo (1973) sostienen que el contenido de agua en el aire por encima de los 15mm de presión de vapor de agua puede generar por sí solo una sensación de depresión. Y que, para neutralizar cada milímetro de aumento de presión de vapor contenido en el aire se debe aumentar la velocidad del aire en 25 m por minuto. Además, afirman que el nivel biotérmico óptimo se puede establecer con una temperatura equivalente a 37,5°C o una entalpía de 9 Kcal/Kg., con una temperatura de bulbo húmedo de 13,5-14°C.¹⁵ Mientras que el ITEC, OCT-COAC i Departament de Construccions Arquitectòniques I ETSAB (1998) afirman que la humedad absoluta del aire se debe mantener entre 5 y 12gr de agua por Kg. de aire seco. Además aseguran que en verano lo más indicado es que la HR oscile entre 40 y 65%.

3. La temperatura radiante (T_{mr}).

En espacios cerrados puede ser un parámetro determinante, ya que influye directamente en el nivel de la temperatura sensible¹⁶. Se calcula experimentalmente a partir de la temperatura de globo. De hecho, es entendida como la temperatura media de un espacio en el cual un pequeño cuerpo esférico y negro debe tener el mismo intercambio de radiación que la situación real. Pero, hoy en día, suelen utilizarse aparatos digitalizados en los que se refleja la cantidad de radiación emitida por una superficie.

4. La velocidad del aire (V).

Se refiere, como su nombre lo dice, a la velocidad a la que el aire se mueve y puede medirse con distintos tipos de anemómetros o termo-anemómetros; aunque a veces sólo se puede apreciar, en forma aproximada, gracias a la escala de Beaufort, la cual relaciona la fuerza del viento con ciertos movimientos. Este parámetro ambiental afecta la velocidad de la pérdida de calor del cuerpo por convección; velocidad que, a su vez, varía dependiendo de la intensidad y la velocidad del aire.

En cuanto a las sensaciones producidas sobre las personas, debemos decir que el movimiento del aire provoca generalmente un aumento de la evaporación del cuerpo y por eso una sensación de enfriamiento. Sin embargo, diferentes velocidades del movimiento del aire pueden ser apreciadas de modos muy diferentes:

Tabla 2. Relación velocidad del aire y percepción

VELOCIDAD DEL AIRE	SENSACIÓN
Menos de 15/18 km/h (4/5 m/s)	no se percibe
De 18 a 30 km/h (5/8 m/s)	agradable
De 30 a 60 km/h (8/16 m/s)	agradable con acentuada percepción
De 60 a 90 km/h (16/25 m/s)	corriente de aire desde soportable a molesta
Más de 90 km/h (más de 25 m/s)	no soportable

Al respecto Olgay (1998) señala que los límites convenientes de la velocidad del aire se definen por los efectos generados en el hombre. Estos límites pueden observarse en la tabla 2, en la cual se indican las percepciones del hombre a determinadas velocidades del viento:

Tabla 3. Efectos del viento sobre el hombre

Velocidad	Impacto Probable
Hasta 15m/min.	Inadvertido
15 a 30m/min.	Agradable
30,5 a 61m/min.	Generalmente agradable, pero se percibe constantemente su presencia.
61 a 91m/min.	De poco molesto a muy molesto
Por encima de 91m/min	Requiere medidas correctivas si se quiere

¹⁵ Entalpía: es el contenido de calorías en 1 Kg. De aire. La entalpía es variable con la temperatura

¹⁶ Temperatura sensible

Datos tomados de Olgyay, 1998, p. 20

La velocidad del aire constituye un parámetro muy valioso, pues se puede aprovechar para refrescar o calentar el ambiente. Además, esta es una preexistencia ambiental que puede ayudar a reducir la humedad y favorecer la ventilación de los espacios de la vivienda, modificando, con su frecuencia y con su fuerza, la sensación térmica de las personas.

De acuerdo a la opinión de quienes elaboraron el programa Life [ITEC, OCT-COAC i Departament de Construccions Arquitectòniques I ETSAB, 1998] para mantener la calidad del aire dentro los diferentes espacios se debe contar con una renovación del aire equivalente a 0,5 renovaciones /hora, aunque este valor puede ser mayor, dependiendo del tipo de actividad y del número de ocupantes. Por otra parte, se debe tener presente que, mientras una velocidad del aire de 1m/seg. puede producir una sensación de temperatura inferior en 2 o 3°C, a partir de 2m/seg. la corriente de aire puede molestar, por lo que se considera como un límite superior de la velocidad del aire en interiores.

La conjunción de la temperatura, humedad y ventilación resulta esencial, puesto que ellas son capaces de provocar en los usuarios diferentes sensaciones térmicas. En efecto, si la humedad y la temperatura presentan valores elevados, el resultado será una sensación de calor. Por el contrario, en caso de que se dé un movimiento en el aire, éste puede disminuir la temperatura en aproximadamente 1°C por cada 0,3m/seg. No obstante, se provocará una sensación de frío si la humedad es alta y el aire que pasa tiene una baja temperatura. Ahora bien, si las temperaturas son superiores a los 33 o 34°C, el movimiento del aire no influirá notablemente en la sensación de calor.

• FACTORES DE CONFORT TÉRMICO

1. Metabolismo (M).

Además, debemos decir que es un factor de confort de tipo personal, entendido como un flujo continuo de energía producida por el cuerpo humano, el cual, a su vez, es visto como un motor, como una máquina biológica, capaz de producir calor al desarrollar cualquier actividad muscular, al transformar los alimentos o cuando se da alguna reacción química en el organismo. El metabolismo suele medirse en Met., de donde se dice que $1\text{Met} = 58 \text{ W/ m}^2$ de superficie corporal o 50kcal/h. m^2 .

Asimismo, es necesario señalar que nuestro mecanismo no es perfecto, ya que del total de la energía obtenida como resultado de los procesos de transformación química (oxidación de los alimentos), apenas se alcanza un rendimiento entre el 20 y 25% por esfuerzo. Es decir, que para el desarrollo de un trabajo se produce una cantidad de energía total, de donde, un 75 u 80% se disipa en forma de calor y, aproximadamente, el 20% se utiliza para realizar el trabajo propiamente dicho. Ese calor disipado es necesario pues permite evitar un sobrecalentamiento del cuerpo, ya que éste necesita mantener la temperatura interior alrededor de los 37°C, de modo constante. De acuerdo con esto, el cuerpo desarrolla dos tipos de **metabolismo, basal y muscular**.

El **metabolismo basal** hace referencia, entre otros aspectos, a la producción de calor en los procesos bioquímicos internos, involuntarios y continuos, como la circulación de la sangre, respiración, secreción glandular y sudoración. Este metabolismo depende de la materia alimenticia la cual, mezclada con el oxígeno, genera la energía necesaria para el funcionamiento vital de los órganos del cuerpo. Este proceso se ha definido como basal porque es el límite mínimo básico del metabolismo para mantenerse vivo con la actividad fisiológica básica. La edad, el sexo y la contextura física pueden hacer variar su valor; por ejemplo, con la edad el metabolismo basal puede disminuir de 60 w/ m^2 de superficie corporal a los 2 años a 44w/ m^2 a los 25 años y finalmente a 38 W/m^2 a los 80 años [Rodríguez Mondelo y otros, 1997].

El metabolismo de trabajo o muscular se relaciona directamente con el tipo de actividad desarrollada y con la energía producida a través de la actividad muscular (Fig. 28).

Sin embargo, algunos especialistas como La Roche y otros (s.f), clasifican el metabolismo en tres tipos: **el base o basal**, donde la cantidad de energía producida es solamente la necesaria para el mantenimiento de la vida vegetativa (aproximadamente 70Kcal/ h). **El metabolismo de reposo**, considerado como el valor mínimo producido por el cuerpo humano al estar inactivo mental y físicamente (cerca de 90Kcal/ h) y **el de trabajo o muscular**, referido a la energía generada al desarrollar cualquier esfuerzo o trabajo. Este último, dependiendo del tipo de actividad, puede variar desde 90Kcal/ h hasta 700Kcal/ h, es decir, desde la energía producida durante la realización de un trabajo de oficina hasta el desarrollo de un gran esfuerzo físico.

De acuerdo con esto, el valor del metabolismo se incrementa en función de la intensidad del metabolismo basal, las actividades físicas llevadas a cabo y los estados emocionales. De hecho, se ha establecido una fórmula según la cual el calor generado (Q) es igual al 75% del gasto energético utilizado en desarrollar una actividad (GE_w) más el metabolismo basal (M_B):

$$Q = 0,75 \cdot GE_w + M_B$$

También hay que agregar que la actividad física tiende a elevar la temperatura del cuerpo; si es por períodos cortos de tiempo no provoca daños en el organismo, ya que este aumento de temperatura es debido a una aceleración en el metabolismo de las personas que les ayuda a realizar las actividades más eficazmente. Estas actividades físicas pueden medirse, por su consumo energético, en joules, watts o kilocalorías, aunque, como ya se ha dicho, el más utilizado es el Met, que es una unidad que indica el nivel de actividad. Es necesario indicar que para evaluar el nivel metabólico de una persona es importante tener en cuenta las actividades desarrolladas en un espacio de tiempo aproximado a 1h, pues éste es considerado el tiempo mínimo durante el cual el cuerpo es capaz de cambiar de condición térmica.

En los diversos estudios sobre el nivel de actividad y el metabolismo, que se han llevado a cabo hasta hoy, se han llegado a establecer algunos valores del gasto energético, por lo que se pueden encontrar una gran cantidad de tablas. Estas tablas son muy utilizadas por los especialistas, ya que permiten un cálculo bastante aproximado del metabolismo y del gasto energético, según la intensidad del trabajo, la posición, los movimientos del cuerpo y las actividades específicas. A continuación se presentarán algunos ejemplos.

Belding y Hatch en 1955 elaboran la siguiente tabla de evaluación de la dispersión metabólica en función de distintas intensidades según los tipos de actividades desarrollados de forma continuada por un hombre de 70Kg. de peso, 1,82 m² de superficie de piel y 1,73 m de altura.

Tabla 4. Dispersión metabólica según el tipo de actividad de Belding y Hatch.

Actividad	Dispersión metabólica (W)
Durmiendo	75
Sentado tranquilamente	120
Trabajo ligero:	
1. Sentado, movimiento moderado de brazos y tronco (por ejemplo, trabajo de oficina, mecanografía)	130-160
2. Sentado, movimiento moderado de brazos, tronco y piernas (por ejemplo, tocando el órgano, conduciendo un coche con tráfico)	160-190
3. De pie, trabajo ligero, frente a una máquina o banco de trabajo; con los brazos, principalmente	160-190
Trabajo moderado:	
1. Sentado, movimiento intenso de brazos, tronco y piernas	190-230
2. De pie, trabajo ligero, frente a una máquina o banco de trabajo, algún desplazamiento	190-220
3. De pie, trabajo moderado, frente a una máquina o banco de trabajo, algún desplazamiento	220-290

	4. Levantamiento y transporte moderados de pesos	290-400
Trabajo Intenso:	1. Levantamiento y acarreo intermitentes de grandes pesos	430-600
	2. El trabajo más duro y continuado	600-700

Fuente: González, Hinz, Oteiza, y Quiroz, 1986, Vol. I. p. 44.

En la norma ISO 7243 se exponen los siguientes valores del metabolismo conforme a la intensidad del trabajo que se realiza:

Tabla 5. Metabolismo según Intensidad de la actividad. Norma ISO-7243

Intensidad	Metabolismo (W/ m²)
Descanso	M < 65
Ligero	65 < M < 130
Moderado	130 < M < 200
Pesado	200 < M < 260
Muy pesado	260 < M

Fuente: Mondelo, y otros, 1997, p. 61.

Mientras que en el proyecto de la norma internacional ISO-8996¹⁷, del año 1990, se exponen los valores del metabolismo de acuerdo a la intensidad del trabajo realizada con distintas partes del cuerpo, que aparece a continuación:

Tabla 6. Rango de producción metabólica según la intensidad y la parte del cuerpo que trabaja. Proyecto de norma ISO-8996

Tipo de trabajo		Metabolismo	
		Valor medio	Intervalo
Trabajo con las manos	Ligero	15	< 20
	Medio	30	20 – 30
	Intenso	40	> 35
Trabajo con un brazo	Ligero	35	< 45
	Medio	55	45 – 65
	Intenso	75	> 65
Trabajo con dos brazos	Ligero	65	< 75
	Medio	85	75 – 95
	Intenso	105	> 95
Trabajo con el tronco	Ligero	125	< 155
	Medio	190	155 – 230
	Intenso	280	230 – 330
	Muy intenso	390	> 330

Fuente: Mondelo y otros, 1997, p. 62.

Aunque el proyecto de la norma ISO-8996, de 1990, también estima otros valores para el metabolismo de acuerdo a la posición del cuerpo:

Tabla 7. Producción metabólica según la posición

Posición del cuerpo	Metabolismo (W/m²)
Sentado	10
Arrodillado	20
Agachado	20
De pie	25
De pie inclinado	30

Fuente: Ídem, p. 62.

En el proyecto de la norma ISO-8996, de 1990, encontramos además valores del metabolismo según actividades concretas e incluso, de acuerdo a las profesiones. A continuación, se exponen los relacionados con las actividades domésticas:

¹⁷ International Organization for Standardization.

Tabla 8. Metabolismo según la actividad. Norma ISO-8996.

ACTIVIDAD		METABOLISMO (w /m ²)
ACTIVIDADES DE BASE	2 Km/h	110
	3 Km/h	140
	4 Km/h	165
	5 Km/h	200
	3 Km/h pendiente de 5°	195
	3 Km/h pendiente de 10°	275
	3 Km/h pendiente de 15°	390
	5 Km/h pendiente de 5°	130
	5 Km/h pendiente de 10°	115
	5 Km/h pendiente de 15°	120
Subir escaleras (peldaño de 0,172 m)	80 peldaños por minuto	440
Bajar escaleras (peldaño de 0,172 m)	80 peldaños por minuto	155
PROFESIÓN	Limpieza	100-200
	Cocina	80-135
	Vajilla, de pie	145
	Lavado a mano y repaso	120-220
	Afeitado, lavado y vestirse	100

Fuente: Mondelo y otros, 1997, p. 64-65.

En el año 1994, la Norma ISO-7730 presenta en tablas los valores de la producción de calor según el nivel de actividad.

Tabla 9. Producción metabólica de acuerdo a la actividad. Norma ISO-7730

ACTIVIDADES	Producción metabólica de calor por unidad de superficie corporal (w/m ²)
Acostado en posición de descanso	46
Sentado en reposo	58
Actividad sedentaria (trabajo de oficina)	70
Actividad ligera de pie (industria ligera)	93
Actividad media de pie (trabajo doméstico)	116
Caminando a 2 Km/ h	110
Caminando a 3 Km/h	140
Caminando a 4 Km/h	185

Fuente: L.U.Z., 1996-2000.

Kvisgaard (2000), a su vez, desarrolla una tabla donde se especifican algunas actividades concretas y los valores metabólicos en Met. y en W/ m² de superficie. De ella se han tomado los valores relacionados con las actividades generales y las propias del hogar.

Tabla 10. Valores de metabolismo de acuerdo al tipo de actividad

Niveles metabólicos	W / m ²	Met.
Acostado	46	0.8
Sentado relajado	58	1.0
De pie, relajado	70	1.2
Actividad sedentaria: oficina, vivienda, escuela	70	1.2
Trabajo doméstico: afeitarse, lavarse, vestirse	100	1.7
De pie, actividad media: vendedor, trabajo doméstico	116	2.0
De pie, lavando platos	145	2.5
Trabajo doméstico: rastrillando hojas sobre el césped	170	2.9
Trabajo doméstico: lavando a mano y planchando (120-220 W/ m ²)	170	2.9

Fuente: Kvisgaard, Bjorn, 2000, En: <http://www.innova.dk/books/thermal/>

Por otra parte, Marco (1998) presenta una tabla con una estimación metabólica y de eficiencia mecánica, en la cual se toman en cuenta las actividades más usuales. Además, para cada actividad, establece algunos valores para la velocidad del aire. En ella, se muestran los valores de las actividades generales, las propias de los trabajos domésticos y las enunciadas como de oficina, pero que puede realizarlas una persona en su hogar.

Tabla 11. Tabla de valores metabólicos según la actividad

Actividad	Razón metabólica	Velocidad del aire	Eficiencia mecánica
Descanso	Durmiendo	30	0
	Tumbado	34	0
	Sentado, quieto	42	0

	De pie, relajado	51	0	0
Trabajos domésticos	Limpiando	86-164	0.1-0.3	0-0.1
	Cocinando	68-85	0	0
	Fregando	68	0-0.2	0
	Planchando	85-154	0-0.2	0-0.1
	Cepillando	73	0-0.2	0
	Comprando	68	0.1-0.2	0
Trabajos de oficina	Máquina eléctrica	43	0.5	0
	Ídem mecánica	51	0.5	0
	Calculadora	51	0	0
	Delineante	51	0-0.1	0

Fuente: Marco Montoro, 1998, p. 3.6.

Además de esto, se debería considerar que, de acuerdo a las condiciones del medio y a la forma como el cuerpo humano pierde o gana calor por conducción, evaporación, convección o radiación, el nivel metabólico también varía. De hecho, para que la temperatura del hombre sea constante tienen que existir unas condiciones de equilibrio entre él y su entorno, porque si esto no es así, el organismo se mantiene perdiendo y ganando calor de acuerdo a sus necesidades, gracias a los mecanismos de los cuales dispone.

La respiración y el sudor son dos mecanismos fisiológicos fundamentales para la defensa ante determinados rangos de temperatura. El cuerpo puede llegar a sudar a un ritmo de hasta 2,5 litros/ h, según Givoni (1998), pero el aire no se evapora solamente por la piel, también lo hace en pequeñas proporciones a través de la respiración. Se estima que un hombre en reposo evapora 40g de agua por hora al respirar, lo que equivale a unos 20W, pero se ignora la cantidad exacta con intensidades de trabajo mayores.

Igualmente, es importante señalar que la cantidad de sudor evaporada depende, entre otros factores, de la velocidad del aire, de la temperatura ambiente y de la humedad relativa. Cuando la capacidad evaporativa del aire es lo suficientemente alta en relación a la cantidad de sudor segregado, éste se evapora en los mismos poros de la piel, sin siquiera llegar a salir a la superficie, por lo que la piel permanece seca y solamente se puede determinar la cantidad de agua evaporada por el cambio en el peso de las personas.

2. La ropa.

Otra de las variables que incide en el equilibrio térmico de un individuo es la ropa, pudiendo disminuir o incrementar los efectos del exterior sobre la persona, ya que ésta repercute en el grado de convección, conducción, evaporación y radiación de calor desde el individuo al exterior, o al revés, dependiendo de las condiciones ambientales. De acuerdo con las características de los tejidos y de la cantidad de ropa, el cuerpo estará más o menos aislado y, por consiguiente, habrá una transferencia de calor mayor o menor entre el cuerpo y el exterior [LUZ, 1996-2000].

Además de esto, "la ropa ofrece una eficaz protección frente a la radiación solar. Actúa de modo semejante a una segunda piel; al igual que ésta, de no ser muy blanca, absorbe las radiaciones de onda más corta. La radiación se queda en la ropa y, con ropa holgada, su energía se dispersa en el aire. Si la ropa es blanca, son reflejadas; en ello consiste el efecto más beneficioso de esta última, frente al sol, confirmado por la experiencia más corriente" [Ramón M., 1980, p. 15]. De acuerdo con esto, podemos afirmar que el hombre se protege del frío al impedir el paso del calor generado por el cuerpo al exterior gracias a su vestimenta.

Gagge, Burton y Gazatt, en 1941, formularon la siguiente clasificación del nivel de arropamiento (Clo), tomando en cuenta la resistencia térmica de la ropa y el grado de conductividad.

Tabla 12. Nivel de arropamiento según la resistencia y conductividad del calor

Nivel de arropamiento		Resistencia (r-ropa) m ² °C/ W	Conductancia (K) W/ m ² °C
Ropa 0	Desnudez	0	
Ropa 0,5	Ropa interior corta, pantalones ligeros de algodón, camisa de manga corta, cuello abierto.	0,08	13
Ropa 1,0	Ropa interior corta, traje típico de oficina, incluido chaleco.	0,16	6,5

Ropa 1,5	Ropa interior larga, traje con chaleco de lana gruesa, calcetines de lana.	0,24	4
Ropa 2,0	Ropa interior larga, traje con chaleco de lana gruesa, calcetines de lana, calzado grueso, abrigo pesado de lana, guantes y sombrero.	0,32	3

Fuente: Ramón, 1980, p. 17

Asimismo, la normativa ISO-7730 del año 1980 expresa la siguiente valoración del vestido a tomar en cuenta en el cálculo del confort térmico:

Tabla 13. Valoración del vestido según el nivel de arropamiento y la resistencia de la ropa.

Tipo de vestido	I _{cl} (clo)	I _{cl} (m ² °C/W)
Desnudo	0	0
En pantalones cortos	0,1	0,016
Vestimenta tropical en exteriores: camisa abierta con mangas cortas, pantalones cortos, calcetines finos y sandalias	0,3	0,047
Ropa ligera de verano: camisa ligera de mangas cortas, pantalones largos, calcetines finos y zapatos	0,5	0,078
Ropa de trabajo: camiseta, camisa con mangas largas, pantalones de vestir, calcetines y zapatos	0,8	0,124
Ropa de invierno y de trabajo en interiores: camiseta, camisa manga larga, calcetines de lana y zapatos	1,0	0,155
Vestimenta completa y de trabajo en interiores: camiseta y camisa de manga larga, chaleco, corbata, americana, pantalones de lana, calcetines de lana y zapatos	1,5	0,233

Fuente: Mondelo y otros, 1997, p. 66.

La siguiente tabla no es igual a la anterior, pero también aparece **como si fuera de la Norma??** ISO-7730-1980:

Tabla 14. Valoración del vestuario según el nivel de arropamiento

Vestuario	Clo
Desnudo	0
Pantalón corto	0,1
Vestimenta tropical: pantalón corto, camisa de cuello abierto y manga corta, calcetines ligeros y sandalias	0,3
Vestimenta de verano ligera: pantalón ligero, camisa de cuello abierto y manga corta, calcetines ligeros y zapatos	0,5
Vestimenta de trabajo ligera: ropa interior ligera, camisa de algodón y manga larga, pantalón de trabajo, calcetines de lana y zapatos	0,7
Vestimenta de interior para invierno: ropa interior, camisa manga larga, pantalón de trabajo, jersey, calcetines gruesos y zapatos	1,0
Vestimenta tradicional de ciudad europea: ropa interior de algodón con mangas y perneras largas, camisa completa con pantalón, jersey y chaqueta, calcetines de lana y calzado grueso.	1,5

Fuente: Mondelo, Gregori y Barrau, 1999, p.

Según IHVE Guide de 1976 [Ramón, 1980], otro elemento de importancia en el análisis de la resistencia de la ropa es la velocidad del aire, ya que ésta puede obligar a un aumento del nivel de arropamiento al exigir una mayor protección o la impermeabilidad de los materiales de la ropa utilizada. Por ello, hacen las siguientes recomendaciones del nivel de arropamiento:

Tabla 15. Nivel de arropamiento aconsejable según la velocidad del aire.

V (m/ seg.)	Arropamiento
0,0	1
0,1	0,85
0,2	0,70
0,5	0,50
1,5	0,40

Fuente: Tabla de IHVE Guide (1976) obtenida de: Ramón, 1980, p.17.

Kvisgaard (2000), por otra parte, detalla, como vemos a continuación, los valores de resistencia de la ropa y del nivel de arropamiento de las distintas prendas que pueden ser usadas. Por lo que, para hacer un cálculo del nivel de arropamiento de una persona, se deben sumar los valores de cada una de las prendas utilizadas, que aparecen a continuación detalladas:

Tabla 16. Valores de nivel de arropamiento y resistencia de distintas prendas de vestir

Prenda de vestir		Clo	m ² °C/ W	
Ropa interior inferior	Medias	0.02	0.003	
	Panty	0.03	0.005	
	Bragas y calzoncillos	0.04	0.006	
	Calzoncillo ½ pierna de lana	0.06	0.009	
	Calzoncillo pierna entera	0.10	0.016	
Ropa interior superior	Sujetador	0.01	0.002	
	Camiseta sin mangas	0.06	0.009	
	Camiseta manga corta	0.09	0.014	
	Camiseta manga larga	0.12	0.019	
	Camiseta térmica de nylon	0.14	0.022	
Camisas	Top de tubo	0.06	0.009	
	Camisa manga corta	0.09	0.029	
	Blusa ligera manga larga	0.15	0.023	
	Camisa ligera manga larga	0.20	0.031	
	Camisa normal, manga larga	0.25	0.039	
	Camisa franela, manga larga	0.30	0.047	
	Blusa larga de cuello de cisne	0.34	0.053	
Pantalones	Pantalones cortos	0.06	0.009	
	Pantalones cortos de excursión	0.11	0.017	
	Pantalones ligeros	0.20	0.031	
	Pantalones normales	0.25	0.039	
	Pantalones de franela	0.28	0.043	
	Pantalones de chándal	0.28	0.043	
Mono	De diario con cinturón	0.49	0.076	
	De trabajo	0.50	0.078	
De alto aislamiento	Multicomponente, relleno	1.03	0.160	
	Con forro de peluche	1.13	0.175	
Suéter	Chaleco	0.12	0.019	
	Suéter fino	0.2	0.031	
	Suéter fino cuello de cisne	0.26	0.040	
	Suéter normal	0.28	0.043	
	Suéter grueso	0.35	0.054	
	Suéter grueso cuello de cisne	0.37	0.057	
Chaqueta	De vestido	0.13	0.020	
	Chaqueta ligera de verano	0.25	0.039	
	Chaqueta	0.35	0.054	
	Anorak	0.30	0.047	
Abrigos	Abrigo	0.60	0.093	
	Gabardina	0.55	0.085	
	Parka	0.70	0.109	
	Sobreabrigo multicomponente	0.52	0.081	
Calzado	Calcetines	0.02	0.003	
	Calcetines gruesos tobillos	0.05	0.008	
	Calcetines gruesos largos	0.10	0.016	
	Zapatilla, rellena de peluche	0.03	0.005	
	Zapato suela fina	0.02	0.003	
	Zapato suela gruesa	0.04	0.006	
	Botas	0.10	0.016	
	Guantes	0.05	0.008	
	Falda, Vestido	Falda ligera, 15cm sobre la rodilla	0.10	0.016
		Falda ligera, 15 cm bajo la rodilla	0.18	0.028
Falda gruesa hasta la rodilla		0.25	0.039	
Vestido ligero sin mangas		0.25	0.039	
Vestido de invierno manga larga		0.40	0.062	
Ropa de cama	Camisón largo de manga larga	0.30	0.047	
	Camisón corto de tirantes	0.15	0.023	
	Camisón de hospital	0.31	0.048	
	Pijama de mangas y pantalones largos	0.50	0.078	
	Body de dormir con pies	0.72	0.112	
	Pantalón corto	0.10	0.016	
Batas	Bata larga acolchada de manga larga	0.53	0.082	
	Bata corta acolchada de manga larga	0.41	0.064	
Asientos	Madera o metal	0.00	0.000	
	Tapizado, acolchado, con cojín	0.10	0.016	
	Sillón	0.20	0.032	

Fuente: Kvisgaard, Bjorn, 2000, En: <http://www.innova.dk/books/thermal/>**3. Sexo, Edad y Peso (constitución corporal):****4. El color de la piel:****5. Salud:****6. Aclimatación:**

- **BALANCE TÉRMICO.**

En el campo del diseño bioclimático, el conocimiento y la utilización de los elementos de transmisión térmica son de primera importancia y, en modo alguno, deben ser ignorados, ya que para mantener la temperatura corporal interior se debe dar un proceso de búsqueda del equilibrio entre la cantidad de calor producido y ganado por el cuerpo y el disipado hacia el ambiente gracias a los mecanismos de transferencia necesarios, que se describirán a continuación:

- **Conducción térmica:** es la transferencia de energía calorífica a través de un cuerpo sin que exista desplazamiento de materia. Por lo tanto, la conducción se efectúa por contacto directo y el calor fluye naturalmente del lugar más caliente al más frío.
- **Convección Térmica:** es la transmisión de calor entre un cuerpo y un fluido (gas o líquido) por desplazamiento de este último.
- **Radiación:** es la transmisión de energía calorífica entre dos cuerpos que están a diferentes temperaturas, sin que haya desplazamiento de materia, pero tenga lugar un cambio de ondas electromagnéticas (radiación infrarroja). La radiación no resulta afectada por la temperatura del aire o por un fenómeno simultáneo de convección térmica entre los dos cuerpos. Es decir, este fenómeno puede considerarse con independencia de la convección térmica.
- **Evaporación:** es el proceso a través del cual el agua pasa de líquido a gas debido a un intercambio térmico con el aire.

Confort lumínico y visual.

La necesidad de tomar en consideración los factores y parámetros que intervienen en el diseño lumínico y visual viene dada por el efecto que estos pueden tener en la capacidad de visualización de los objetos, superficies, personas y otros elementos que se encuentren dentro del campo visual. Capacidad que, además, depende de las siguientes respuestas:

- La acomodación.

Es la capacidad que tiene el ojo de modificar la distancia focal para dar nitidez a la imagen observada. Ésta es más fácil de realizar con valores de luminancias elevadas, pues obliga a cerrar el diafragma para permitir una visión nítida de los objetos a diferentes distancias, mientras que si la luz es escasa, la apertura del diafragma tendrá un límite que no podrá superar y, por ende, no podrá distinguir las imágenes con claridad.

- La fatiga visual

Esta respuesta se presenta en forma de dificultad para la adaptación y acomodación del ojo al campo visual observado. Suele darse en personas de edad, como una especie de enfermedad, y se conoce comúnmente como vista cansada o presbicia. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que los fuertes contrastes de luz, las desigualdades entre el brillo de los objetos observados y su entorno o la falta de iluminación al desarrollar actividades que requieran de un cierto nivel lumínico por un espacio de tiempo prolongado, puede provocar esta sensación y desarrollarla en forma de enfermedad.

- La agudeza visual.

Se refiere a la capacidad de observar con perfección los detalles más pequeños; de hecho, es entendida como la medida del detalle más pequeño que el ojo humano puede distinguir con una determinada iluminación. Esta capacidad también se ve afectada por la edad, pero además puede afectarla la fatiga visual.

- El contraste (K)

Se trata de la capacidad que se tiene para distinguir el más mínimo contraste de luminancias, ya que el contraste, propiamente dicho, es la diferencia de luminancias de dos zonas dentro del campo visual. Este valor se puede calcular si se tienen los valores de mayor y menor luminancia, de donde:

$$K = \frac{L_2 - L_1}{L_1}$$

L₁ Mayor luminancia
L₂ Menor luminancia

- **Tiempo de percepción.**

El tiempo de percepción es conocido como el tiempo transcurrido desde la presencia del objeto en el campo visual y el momento de ser percibido, este valor suele ser de 0,01seg., aproximadamente, si no es afectado por problemas de deslumbramiento o, por el contrario, por haber muy poco contraste, debido a fatiga visual o dificultades de agudeza visual o acomodación.

• **PARÁMETROS FOTOMÉTRICOS Y COLORIMÉTRICOS.**

Los parámetros son, básicamente, los principios físicos de la luz que intervienen de modo directo sobre la percepción de la luz y, por ende, sobre el bienestar visual y lumínico de los usuarios. Algunos de los más significativos y que se tomarán en cuenta en el análisis de las viviendas son los siguientes:

- **Intensidad Luminosa.**
- **Iluminancia (E)**

El ojo humano puede responder a niveles de iluminación en un orden de magnitud muy amplio, ya que va de 0,1lux hasta aproximadamente 120.000 lux, que es el valor de la iluminancia en condiciones de radiación solar directa de intensidad brillante. Algunos ejemplos de los niveles de iluminancia que normalmente están presentes en el medio los podemos observar en la tabla.

Tabla 17. Niveles de iluminancia comunes

Ejemplos	Niveles de Iluminancia (lx)
Exterior, Cielo claro en verano	100.000
Igual al anterior pero a la sombra	10.000
Exterior, cielo muy nublado	5.000
Interior a un lado de la ventana, pero a la sombra en un día claro	2.000
Noche despejada de luna llena	0,25
Límite inferior de iluminación con la que todavía nos podemos orientar	0,1

Fuente: valores tomados de diferentes autores.

No obstante, se ha desarrollado una serie de estándares y especificaciones internacionales con los niveles de iluminación aconsejables y las condiciones óptimas subjetivas y cualitativas para el hombre según la actividad visual desarrollada y el espacio donde se ejecutan las tareas.

Ya en los años 70, autores como Puppo y Puppo elaboran unas recomendaciones con unos valores mínimos de iluminación natural para la cocina (Tabla 18), donde, de acuerdo a la actividad realizada dentro de este espacio, consideran unos niveles mínimos. Asimismo, estipulan que los niveles más bajos deberán elevarse si el contraste es muy marcado; además, plantean que la solución ideal para este tipo de espacio es una iluminación general difusa de 60lux con aumentos oportunos en las áreas de trabajo donde se requiere un mayor tiempo de ejecución de las tareas.

Tabla 18. Niveles lumínicos recomendados para las cocinas

Actividad	Nivel de Iluminación (lux)
Limpieza de verduras, carnes y preparación de alimentos	80
Cocinado de alimentos	120
Preparación de platos	50
Lavado de platos, cubiertos, cacerolas	60

Secado, depósitos, basura, heladería	30
--------------------------------------	----

Fuente: Datos tomados de Puppo y Puppo, 1973

Por otra parte, ya en los años noventa, especialistas como Muñoz (1994) expone una serie de valores de iluminancia para actividades propias del hogar, aunque no especifica si son recomendaciones para una adecuada iluminación natural o artificial (Tabla 19).

Tabla 19. Iluminación recomendada según actividades.

Zona de la vivienda	Lux
Portal y escaleras	100
Dormitorios: General	100
Camas y espejos	350
Cuartos de niños	150
Cuartos de estar: general	150
Lectura, costura	500
Cuartos de trabajo o estudio	500
Cocina: General	250
Zonas de trabajo	500
Cuartos de Baño: General	100
Espejos (sobre el rostro)	500

Fuente: Muñoz, 1994, Pág. 197.

A nivel internacional, la CIE ¹⁸ en el informe N° 29 [Gandolfo, s.f.], junto con otras recomendaciones, incluye los siguientes valores de iluminancias para actividades que tienen lugar en el interior de las viviendas las que, de modo general, debemos decir que coinciden con valores recomendados por Rodríguez (2001), pero están por encima de los valores recomendados por Muñoz.

Tabla 20. Recomendaciones internacionales de iluminancia en la vivienda

ZONAS DE LA VIVIENDA	ILUMINANCIA (lux)
Dormitorios: General	50
En la cabecera de la cama	200
Cuartos de Aseo: General	100
Afeitado, maquillado	500
Cuarto de Estar: General	100
Lectura, costura	500
Cocina: General	300
Zona de trabajo	500
Comedor: General	100
Comida	300
Escalera	100
Cuarto de trabajo o estudio	300
Cuartos de niños	150

Fuente: Datos tomados de Gandolfo, s.f., p.122. Se refieren a valores de servicio para las tareas, es para iluminación de todo el interior y generalmente a 85cm del suelo, es decir el plano de trabajo. En todo caso se tratan de valores pensados para iluminación artificial.

De acuerdo al tipo de actividad, aunque no se especifican en que tipo de edificaciones de realizan, Serra (1996) recomiendan los valores de iluminancias de la tabla que aparece a continuación, donde se toma en cuenta el esfuerzo visual que debe realizar la persona para poder ejecutar adecuadamente ciertas tareas.

Tabla 21. Valores generales de Iluminancias

Actividad/ esfuerzo	Iluminancia (lx)
Actividades con esfuerzo visual muy alto: dibujos de precisión, joyería, etc.	1.000
Actividades con esfuerzo visual alto o muy alto de poca duración: lectura, dibujo, etc	750
Actividades con esfuerzo visual medio o alto de poca duración: trabajos generales, reuniones, etc.	500
Actividades de esfuerzo visual bajo o mediano de poca duración: circulación, reuniones, emmagatzematge, etc.	250

Fuente: Serra, 1996, Pág.112.

Así también, se han estimado las posibles sensaciones del espacio en virtud del valor de la iluminancia y la apariencia del color de la luz (Tabla 7). Este es un

¹⁸ International Commission on Illumination

aspecto muy importante en el diseño lumínico ya que, si se utiliza adecuadamente, se pueden generar sensaciones variadas, acordes con los requerimientos de cada espacio y de las actividades que en él se efectúan.

Tabla 22. Sensaciones provocadas de acuerdo al nivel y color de la luz

Iluminancia (Lux)	Apariencia del color de la luz		
	Cálida	Intermedia	Fría
$E \leq 500$	Agradable	Neutra	Fría
$500 < E < 3000$	Estimulante	agradable	neutra
\geq	antinatural	estimulante	Agradable

Fuente: Muñoz, Jesús Feijó. (1994) Pág.25.

Por otra parte, autores, como Jiménez (1998) afirman que el sexo constituye un factor importante en las preferencias sobre intensidades lumínicas, ya que las mujeres prefieren intensidades más elevadas que los hombres a una misma edad. Sin embargo, en los diferentes textos revisados, no hay unanimidad con respecto a la influencia del sexo en la preferencia por ciertos niveles de luz, mientras que sobre la edad sí la hay. Aunque habría que señalar que más que por la edad es por el hecho de que, a medida que se aumenta en años, se produce una cierta pérdida de la sensibilidad visual.

- Luminancia

Con respecto a los parámetros de la relación entre el objeto y el entorno se pueden encontrar diversas opiniones. Según el ITEC, OCT-COAC i el Departament de Construccions Arquitectòniques I de la ETSAB (1998), Gandolfo (s.f.), las relaciones recomendadas de luminancias entre un objeto y el entorno se pueden observar en la Tabla 6.

Tabla 23. Recomendaciones de relaciones de luminancias entre un objeto y su entorno

Relación de luminancias en el campo de visión	
Objeto y entorno inmediato	No mayor 3:1 Ni menor 1:3
Objeto y la superficie apoyo, de trabajo	1:5
Objeto y las otras superficies del área visualizada	1:10
Objeto y entorno lejano claro	0,1:1
Objeto a cualquier objeto dentro del campo visual	40:1
Objeto y entorno lejano oscuro	No mayor 10:1 Ni menor 1:10
Ventana a una pared adyacente	20:1

Fuente: datos tomados de Gandolfo (s.f.) y del ITEC, OCT-COAC i el Departament de Construccions Arquitectòniques I de la ETSAB (1998).

Pero, otros especialistas [Rodríguez M., Gregori y Barrau, 1999] difieren en los valores de la relación entre el objeto y su entorno inmediato, ya que sostienen que ésta no debe ser mayor de 10:3 ni menor de 3:10.

- Contraste y Deslumbramiento.

- Color.

La radiación solar se puede ordenar en un espectro que se extiende desde ondas con frecuencias muy elevadas (longitudes de onda corta), hasta frecuencias muy bajas (longitudes de onda larga)" [Rodríguez, 2001, pp. 125]. Pero, la luz que puede ser captada por el ojo humano es sólo una pequeña parte del espectro electromagnético que va desde los 380 nanómetros hasta los 780 nanómetros (1 nanómetro = 1×10^{-9}). Es decir entre longitudes de onda de 7600 Å a 4000 Å¹⁹, que corresponde a un rango entre los colores ultravioleta e infrarrojo, siendo el color amarillo verdoso el de máxima visibilidad (5500 Å).

- Temperatura de color y el índice de rendimiento del color:

Estos son dos factores que intervienen en el color de la luz, el cual es consecuencia directa del reparto de energía en las distintas longitudes de

¹⁹ Ångstrom. Unidad de medida que equivale a 1/10.000.000mm

onda del espectro visible. De acuerdo a múltiples indagaciones sobre el ojo humano, se ha llegado a determinar que éste es más sensible al color amarillo-verdoso, el que tiene una longitud de onda correspondiente a los 555nm, por lo tanto es a partir de este punto y hacia ambos lados del espectro visible que la sensibilidad del ojo disminuye hasta anularse.

En cuanto a la **temperatura del color** (TC), ésta es entendida como "el color de una fuente luminosa comparada con el color producido por el cuerpo negro a esa misma temperatura" [Muñoz, 1994, Pág.51]. Su unidad es el grado Kelvin ($^{\circ}$ K, que equivale a 1° C + 273). Los valores de algunas de las temperaturas de color que normalmente percibimos en nuestro entorno se pueden observar en la tabla 10, lo que puede servir como una orientación general.

Tabla 24. Temperaturas de color orientativas

Color	TC ($^{\circ}$ K)	Descripción
	30.000	Cielo azul
	10.000	Cielo despejado
Azul	7.500	Cielo nublado
	6.500	Lámpara fluorescente Blanco Luz Día □
	5.500	Lámparas de flash
	5.200	Luz solar directa
Blanco	4.500	Lámpara fluorescente Blanco frío □
	4.000	1h antes/después de la puesta/salida del sol
	3.500	Lámpara fluorescente blanco □
	3.100	Lámparas incandescente halógenas
	3.000	Lámpara fluorescente Blanco cálido □
Amarillo	2.800	Lámpara incandescente Tungsteno
	2.500	30min después/antes de la salida/ puesta del sol
Rojo	2.000	Salida o puesta del sol
	1.800	Luz de la llama de una vela

Fuente: Muñoz, 1994, Pág. 52

También hay quienes afirman que la situación geográfica influye en la forma como se perciben dichos colores; por ejemplo, en el trópico hay cierta preferencias por los colores con una temperatura de color elevada, ya que los colores blanco azulados dan sensaciones de frescor, en contraposición con las zonas de climas templados donde, según algunos, se opta por las temperaturas de color medias que permiten una iluminación más blanca y neutra. Aunque otros expertos sostienen que la preferencia del color de la luz varía con la estación del año.

En cuanto a las regiones de climas fríos, la preferencia es por temperaturas de color más bajas que permiten diseñar ambientes más cálidos [Muñoz, 1994; Jiménez, 1998]. Incluso se sostiene que el relieve también influye, puesto que se prefieren colores más cálidos en las zonas montañosas, mientras que se buscan colores más fríos en las cercanías al mar.

Igualmente, de acuerdo con la temperatura del color, se puede destacar un color u otro (Tabla 25). Mientras que una mezcla de sistemas de iluminación con diferentes temperaturas de color puede llegar a generar una especie de "ensalzamiento de todo el espectro", como lo asegura Muñoz (1994), y, con ello, provocar una cierta confusión en las sensaciones generadas dentro del espacio.

Tabla 25. Relación entre el color y el ambiente generado

Color de la luz	Temperatura de color	Ambiente producido
Blanco rojizo	< 3300 $^{\circ}$ K	Cálido
Blanco	3300 $^{\circ}$ K a 5000 $^{\circ}$ K	Neutro
Blanco azulado	> 5000 $^{\circ}$ K	frío

Fuente: Muñoz (1994) Pág.53.

El **índice de rendimiento del color (IRC o Ra)** es un parámetro que hace referencia a la capacidad de reproducción cromática de una fuente luminosa. La reproducción de los colores no necesariamente es el mismo, de manera que dos fuentes luminosas pueden tener la misma temperatura de color, pero el índice de rendimiento puede ser distinto. Esto se puede medir

en porcentajes, siendo del 0% cuando la lámpara no muestra los matices policromos originales y del 100% cuando la iluminación es considerada perfecta al no discriminar, prácticamente, ningún color.

Confort acústico.

El confort acústico es definido "como estado de satisfacción o de bienestar físico y mental del ser humano en su percepción auditiva, en un momento dado y en un ambiente específico" [Rodríguez Mondelo, 2001, p. 184]. un ambiente es considerado acústicamente satisfactorio cuando el espacio presenta unos sonidos de carácter y magnitud compatibles con el uso y las actividades que tienen lugar en él (Tabla 26).

Tabla 26. Criterios recomendados para ambientes sonoros estables en espacios de la vivienda

Tipo de espacio / actividad	Índice NC ²⁰	Nivel dBA
Taller, estacionamiento	45-60	52-65
Cocina, lavandería	45-60	52-65
Cuarto computadora	45-55	52-61
Salas y comedores de residencias	30-40	38-47
corredores	40-50	47-56
Habitación con aire acondicionado	30-40	38-47
Recámaras	25-35	34-42

Fuente: Datos de Cavanaugh y Wilkes, 1999, p.38.

Pero, antes de continuar hablando de confort acústico, se debe intentar definir lo que se entiende por ruido. De modo general, se puede afirmar que **el ruido es un tipo de sonido**, casi siempre concebido como desagradable o indeseable por el oyente, como lo afirman algunas normativas nacionales e internacionales y algunos especialistas [Ministerio de Obras Públicas, Tráfico y Medio Ambiente, 1994; Serra y Coch, 1995; Irvine y Richards, 1998; Mehta, Johnson y Rocafort, 1999]. Para otros autores como Tobio, 1976 y Mondelo, Gregori y Barrau, 1999, el ruido no es más que un sonido complejo, pues posee frecuencias y amplitudes que varían con la periodicidad y con el tiempo, siendo esta característica lo que lo convierte en molesto para el oyente. Según Tobio (1976), Recuero y Gil (1991), Mondelo, Gregori y Barrau (1999), los efectos dañinos del ruido excesivo son bien reconocidos, ya que influye a nivel psicológico en las personas aumentando las enfermedades nerviosas.

Además, a nivel fisiológico, provoca graves defectos en el mecanismo del oído, pudiendo llevar a una persona a la sordera, esto sin hablar de otros problemas como el aumento de la presión sanguínea, la aceleración del ritmo cardíaco, la contracción de los vasos capilares de la piel, el incremento del metabolismo, la ralentización de la digestión y la intensificación de la tensión muscular. También afecta el sueño, disminuye la capacidad de trabajo físico y mental, altera los nervios, genera úlceras duodenales, disminuye la agudeza y el campo visual, debilita las defensas del organismo e interfiere en la comunicación. En cuanto a la capacidad de trabajo físico y mental, se ha comprobado que los ruidos los afectan en un 30 y 60%, respectivamente.

• PARÁMETROS DE CONFORT ACÚSTICO

- El Tono

Es la cualidad de los sonidos que depende de la **frecuencia**, es decir, del número de vibraciones o de ciclos por segundo. La unidad de medida de la frecuencia es el Hertzio, que equivale a 1ciclo/seg. El hecho de que el ruido sea una vibración hace posible su medición por la frecuencia, de modo que a mayor cantidad de ciclos por segundo el tono es más agudo, mientras que a menor cantidad de ciclos por segundo más grave es éste.

En efecto, nos podemos encontrar con sonidos que, a pesar de poseer diferentes frecuencias, mantienen la misma presión sonora. En estos casos, sin embargo, la percepción no es uniforme, puesto que las frecuencias graves, entre 20 y 400Hz, o las muy agudas, entre 1600 y 20000Hz, aunque puedan tener la misma presión, se perciben más débilmente que las frecuencias medias, las cuales oscilan entre los 400 y los 1600Hz.

²⁰ Noise Criteria es un índice desarrollado por L.L. Beranek en 1957, con el que se quiso relacionar el espectro de un ruido con la perturbación que producía en la comunicación verbal, teniendo en cuenta los niveles de interferencia de la palabra y los niveles de sonoridad.

En el análisis de la frecuencia de los sonidos se debe considerar que el límite superior de audición en las personas jóvenes se encuentra, aproximadamente, entre 16.000 y 20.000Hz, y que a medida que aumenta la edad, este valor disminuye. Por su parte, el límite de las bajas frecuencias no se ha determinado con exactitud [Recuero y Gil, 1991], debido a la dificultad de producir tonos puros de baja frecuencia. No obstante, generalmente se sostiene que el límite inferior ronda los 20Hz. Al mismo tiempo, la Organización Internacional de Normalización²¹ ha considerado el valor de 1000Hz como frecuencia normal, el cual lleva implícito diferentes niveles de presión acústica (dB).

- **La Presión sonora (p)**

La presión sonora representa el promedio de las variaciones de la presión atmosférica en torno a su valor de equilibrio causadas por el sonido. En condiciones normales, a nivel del mar, es del orden de 10^5N/m^2 .

- **La intensidad acústica (L ó I)**

Técnicamente, se puede decir que "es la energía que atraviesa, en la unidad de tiempo, la unidad de superficie perpendicular a la dirección de propagación de las ondas" [Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, 1994, p. 25]. Y que es igual a la presión sonora por la velocidad de las partículas del medio, es decir,

$$L = P \times V$$

La Intensidad se mide en W/m^2 , aunque normalmente se utiliza el decibel (1/10 decibel), porque permite simplificar los valores de ésta. Como explican algunos especialistas, el decibel se encuentra dentro de una escala logarítmica permitiendo comprimir el rango de intensidades que es muy ancho, ya que para el rango audible la intensidad varía desde 10^{-12} a 10W/m^2 . Además, el oído humano, desde el punto de vista subjetivo, tiene una respuesta logarítmica y no lineal cuando percibe una perturbación sonora. Aunque, cuando la intensidad es representada en decibelios se habla ya de **nivel de intensidad acústica** (Tabla 27).

Tabla 27. Sonidos típicos en el medio, sus intensidades y presiones sonoras y niveles de intensidad y de presión del sonido.

Presión Sonora (Pa)	Intensidad del sonido (W/m^2)	Nivel de intensidad del sonido o nivel de presión sonora (dB)	Ruido en el ambiente
63,2	10	130	Umbral de dolor
20	1	120	Cerca de un avión despegando
6,32	0,1	110	Máquina remachando
2,0	0,01	100	Martillo neumático
0,632	0,001	90	Camión de diesel a 15m
0,2	0,0001	80	Un grito a 1m
0,0632	0,00001	70	Oficina ocupada
0,02	0,000001	60	Conversación a 1m
0,00632	0,0000001	50	Área urbana tranquila de día
0,002	0,00000001	40	Área urbana tranquila de noche
0,000632	0,000000001	30	Área suburbana tranquila en la noche
0.0002	0,0000000001	20	En el campo cuando está en silencio
0,0000632	0,00000000001	10	La respiración humana
0,00002	0,000000000001	0	Umbral de capacidad audible

Fuente: Mehta, Johnson y Rocafort, 1999, p.12.

La intensidad acústica tiende a amortiguarse con la distancia, pero esta disminución depende también de la velocidad de transmisión del sonido, la cual varía según sea el medio por el que se transmite la onda. En el aire, por ejemplo, esta velocidad es de 340m/seg., aunque se puede incrementar si se aumenta la densidad del medio en el cual se transmite. En el agua, equivale a 1450m/seg. y en la albañilería y los metales supera los 3500-5000m/seg.

²¹ ISO

- **Nivel de intensidad sonora:**

Cuando se habla del nivel de intensidad, la fuerza del sonido es considerada en términos del nivel de amplitud de las ondas sonoras. En el ámbito matemático, podemos decir que es diez veces el logaritmo decimal de la relación entre dos intensidades de energía. De modo que el nivel de intensidad acústica se define mediante la expresión siguiente:

$$L_i = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0} \quad \text{donde,}$$

I es la intensidad del sonido medido

I_0 es la intensidad del umbral de la capacidad de audición, es decir $1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

- **Nivel de presión sonora:**

En este caso, la fuerza del sonido es vista desde el punto de vista de la presión ejercida. Generalmente los instrumentos de medición responden a este criterio, que matemáticamente se expresa así:

$$L_i = 10 \log_{10} \frac{p}{p_0} \quad \text{donde,}$$

p es la presión del sonido medida en Pa

p_0 es la presión del umbral de capacidad audible, que equivale a $20 \mu\text{Pa}$.

No obstante, hay que tener presente que tanto el nivel de intensidad sonora como el nivel de presión sonora son percibidos de igual forma. Es por ello que los dos son medidos en decibelios y que en las diferentes gráficas y recomendaciones encontraremos valores de niveles de intensidad o de presión similares. Algunos de los niveles sonoros que pueden ser percibidos cotidianamente se pueden observar en la tabla 28, cuyos valores fueron recogidos por Puppo (1980).

Tabla 28. Niveles de intensidad acústica más frecuentes

Origen del sonido	Intensidad (dB)
Viento entre las hojas de un árbol	10
Ruido de fondo de una vivienda	15-20
Voz humana muy baja	20-30
Radio a volumen normal	40
Conversación	50-60
Ruido de la calle	70
Límite de aceptabilidad del oído	
Taller de mediana ruidosidad	80
Taller ruidoso	90
Ferrocarril subterráneo	100
Límite de peligrosidad	
Máquina perforadora	110
Bocina de automóvil (claxon)	120
Motor a reacción	130

Datos sacados de Puppo, 1980, p. 73.

Entre estas clasificaciones tenemos la de Serra y Coch [1995], ITEC [1998] y Szokolay [citado por Rodríguez, 2001] quienes distinguen los ruidos de tipo destructor, excitante, irritante y perturbador (Tabla 29).

Tabla 29. Tipos de ruido según el nivel de intensidad sonora

Tipo de ruido	Nivel sonoro (dB)
Destructores	> 95-100
Excitantes	Entre 50-90 y 95-100
Irritantes	< 50
Perturbadores	20-25

Fuente: Serra y Coch, 1995, p. 82; ITEC, 1998, p. y Szokolay en Rodríguez, 2001, p.188.

A este respecto, Szokolay (1980), por otra parte, destaca los diferentes niveles sonoros que empiezan a ser molestos hasta llegar a los que resultan dañinos para el sistema auditivo y los posibles efectos que pueden ir generando en el hombre (Tabla 30). Aunque no toma en consideración los llamados sonidos de fondo que, a pesar de que generalmente se mantienen entre los 20 y 25dB, pueden resultar perturbadores, dependiendo de la situación.

Tabla 30. Efecto de los niveles sonoros en dBA

Nivel sonoro	Efecto
65	Se pueden crear molestias, pero el resultado es solamente psicológico. Se pueden presentar efectos fisiológicos, tales como fatiga mental y corporal.
90	Muchos años de exposición a este nivel sonoro normalmente causa pérdidas auditivas permanentes.
100	Con períodos cortos de exposición a este nivel sonoro la agudeza auditiva puede dañarse temporalmente, y por períodos prolongados causará daños irreparables a los órganos auditivos.
120	Es doloroso
150	Causa pérdida instantánea de la audición

Fuente: Tabla de V. Szokolay. 1980, *Environmental science handbook*. The construction Press. En: Rodríguez, 2001, pp. 186.

- **Tipos de Ruido, según la fuente:**

El ruido suele clasificarse de distintas formas, dependiendo de la naturaleza de la fuente, la ubicación de la misma con respecto a la edificación o el medio de propagación de la energía acústica.

Los ruidos también se clasifican desde el punto de vista de la ubicación de la fuente generadora del sonido y su incidencia en las edificaciones del siguiente modo:

- **Fuentes de ruidos externas:**

Dentro de este tipo de sonidos podemos encontrar los producidos por:

Automóviles: cuyo sonido tiene un carácter aleatorio debido esencialmente a que las fuentes originan ruidos con distinta frecuencia y forma de emisión, dependiendo de si son vehículos pesados o automóviles de turismo, entre otros. Además se cada uno de ellos existen distintas partes productoras de ruido [Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, 1994].

Aviones: las molestias acústicas que ocasionan en las edificaciones situadas en las inmediaciones de éstos son realmente importantes, pues de todos los medios de transportes son los que alcanzan niveles más altos de presión acústica. Según diversos estudios, la mayor producción de energía acústica se da durante el despegue, que es cuando se exige a los motores el máximo de potencia. En segundo lugar, se encuentra el ruido procedente del sobrevuelo y, por último, el del aterrizaje que es aproximadamente 20dB menos que en el vuelo normal.

Trenes: las molestias dependen directamente de la frecuencia con la que pasan y del nivel sonoro que emiten los diferentes ferrocarriles. En el caso de que su paso sea a nivel subterráneo no contribuye al ruido ambiental, pero genera vibraciones que pasan a través del terreno a las estructuras de las edificaciones, pudiendo incluso llegar a generar peligro en las estructuras de los inmuebles [Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, 1994].

Construcciones: en los diferentes trabajos relacionados con la construcción se pueden encontrar varias fuentes sonoras. Las principales suelen ser las máquinas utilizadas, las cuales producen ruidos continuos con niveles fluctuantes y, además, ruidos de tipo impulsivo. Estos niveles sonoros muchas veces se ven incrementados por la utilización de otras herramientas o maquinarias de menores dimensiones, pero que también generan ruidos que pueden ser percibidos a 10 metros de distancia, con niveles superiores a los 90dB, como pueden ser taladros, sierras, pulidoras o martillos neumáticos.

Actividades urbanas comunitarias: se caracterizan por ser intermitentes y de niveles sonoros variables. Entre las más comunes, podemos citar el ruido generado durante la recogida de la basura, el reparto urbano de mercancía, los mercados o locales comerciales, los colegios, locales comerciales, etc.

Los agentes atmosféricos: según la normativa NBE-CA-88, éstos pueden llegar a constituir una fuente de ruido significativa debido al impacto, por ejemplo, del granizo o de la lluvia sobre las cubiertas y sobre los cerramientos ligeros [Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, 1994].

Tabla 31. Nivel de ruido producido por distintas fuentes

RUIDOS EXTERIORES	NIVEL D _B A
Cortadora de césped a 1,5 m	86
Disparo a 75 m	106
Calle tranquila	45
A 50 m de tráfico denso	63
Borde autopista transitada	75
Aeroplano a 900 m	78
Calle ruidosa	87
Calle suburbana de noche	40

Datos de William Cavanaugh y Joseph Wilkes, 1999, p. 13.

- **Fuentes de ruidos internas:**

En este caso, la fuente causante del ruido se encuentra en el interior de la edificación.

Tabla 32. Niveles de ruido interior

RUIDOS INTERIORES	NIVEL D _B A
Vivienda tranquila	30-47
Radio funcionando	45-55
Oficina privada	42-58

Fuente: Recuero y Gil, 1991, p.427-428

Dentro de los ruidos producidos por las actividades de los ocupantes, tenemos los siguientes:

Las pisadas: son ruidos típicos de este grupo, generalmente se ubican dentro de las bajas frecuencias que pueden alcanzar los 55dBA. **Esto depende** del tipo de pavimento, del calzado y del ritmo de las pisadas.

Las conversaciones: el nivel medio está alrededor de 70dBA, aunque puede llegar a 100dB al gritar una persona.

Así como los sonidos producidos por los niños al jugar, alrededor de los 60dBA, el arrastre de muebles o el cierre o apertura de persianas, alcanzan niveles de 65dBA; ladridos de perros que consiguen alcanzar los 80dBA, equipos de reproducción sonora, instrumentos musicales, obras de acondicionamiento y reformas que pueden oscilar entre los 60 y los 80dBA, o más.

Se han hecho otras clasificaciones de los tipos de ruido. Una de ellas es la elaborada por Rodríguez Mondelo, Gregori y Barrau [1999], quienes la hicieron en función del modo y del tiempo que inciden los sonidos en un espacio de trabajo, aunque pueden generalizarse a cualquier tipo de edificación o de espacio. Esta clasificación puede leerse a continuación:

a. Ruido continuo o constante: sus variaciones no superan los 5dB durante la jornada de 8 horas.

b. Ruido no continuo o no constante: sus variaciones superan los 5dB durante las 8 horas. Se puede dividir en:

Intermitente: el nivel disminuye repentinamente a ruido de fondo varias veces durante el tiempo de medición y se mantiene a un nivel superior al ruido de fondo durante por lo menos 1 seg. Algunos especialistas consideran que este tipo de ruido puede resultar más molesto que otro con la misma intensidad pero más estable.

Fluctuante: cambia constantemente y de forma apreciable en el período de medición.

c. Ruido de impacto o de impulso: varía en una razón muy grande en tiempos menores a 1 seg. Puede ser un martillazo, un disparo, etc.

2. EL CLIMA COMO CARÁCTERÍSTICA EXTRÍNSECA DE LAS EDIFICACIONES

COMENTARIOS DE ALGUNOS FACTORES DEL CLIMA:

- ***Situación geográfica o Latitud.***

Se mide en grados, minutos y segundos. Su análisis se hace con base a la circulación de la atmósfera planetaria, es decir a los efectos del movimiento del aire desde las zonas de máximo calentamiento, cerca del Ecuador, a las zonas polares que son más frías, debidos a los procesos térmicos como la incidencia solar y al movimiento de rotación de la Tierra, que generan la aparición de sistemas de vientos variables y zonas de calma.

- ***Altura sobre el nivel del mar.***

De acuerdo a ciertos estudios, se ha llegado a determinar que la temperatura disminuye en una relación aproximada de 0.56°C por cada 100,6 metros de altitud en verano y 122 en invierno [Olgay, 1998]. Este valor puede variar de acuerdo a la influencia de los otros factores climáticos o de si el aire está saturado o seco, porque en este caso la disminución puede llegar a ser de un grado.

- ***El factor de continentalidad.***

- ***El factor orográfico.***

- ***La topografía, el relieve, la exposición a la radiación solar y la naturaleza de la superficie terrestre.***

- ***Vegetación y fauna.***

- ***Urbanización o modificaciones del entorno.***

OBSERVACIONES DE ALGUNOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS:

- ***Radiación solar.***

Se debe tener presente que esta radiación solar es distribuida dentro del espectro electromagnético en radiaciones de onda corta (ultravioletas, 125 a 3900 Å), visibles (3800 a 7600 Å) y de onda larga (infrarrojo, 7600 a 0,1 Å) y que todas ellas influyen, de un modo o de otro, en la edificación.

En el diseño resulta importante tomar en cuenta la cantidad de energía solar que incide en los planos verticales en diferentes épocas del año, de acuerdo a su orientación, pues la radiación total recibida será equivalente a la suma de la radiación directa, si existe, más la radiación difusa proveniente de la bóveda celeste y de la reflejada por el suelo u otras superficies. En este sentido, debemos señalar que ya existen algunas tablas que dan los valores típicos de las radiaciones recibidas por las superficies horizontales y verticales para determinadas latitudes o lugares (Ver tabla 1).

Tabla 33. Ejemplo de luz diurna sobre un plano horizontal en sombra con cielo cubierto, latitud 40°

Horas solares	Verano	Equinoccios	Invierno
5 19	1700		
6 18	5000		
7 17	8200	3400 5000	
8 16	11200	6800	1700
9 15	15000	10000	5000
10 14	17000	12700	6600
11 13	18000	14500	8200
12	18500	15000	8500

Fuente: Puppo, Ernesto (1980) *Un espacio para vivir*. Barcelona: Marcombo. Boixareu editores.

Este análisis debe tenerse muy presente, ya que la radiación solar produce un incremento de la temperatura en las superficies envolventes que luego desprenden ese calor al interior de las edificaciones. Genera movimiento de masas de aire al existir diferencias de temperatura entre las zonas expuestas al sol y las que están a la sombra. Determina la ubicación y posición de las aberturas, de los elementos de protección, de los captadores solares, etc.

Para ilustrar esto, tomemos la ciudad de Barcelona en un día medio de mayo con el cielo despejado, la irradiancia media horaria sobre una superficie horizontal supone aproximadamente $954\text{W}/\text{m}^2$ al medio día, mientras que en un día de enero son $442\text{W}/\text{m}^2$. De hecho, según Puppo y Puppo (1979, p.21), la energía directa para una constante de $1200\text{Kcal}/\text{h}$ de un día con cielo claro supone un 75% de la energía total, $900\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{h}$, de donde 720 es energía directa mientras que la energía difusa es $180\text{Kcal}/\text{h}$, mientras que en un día con cielo nublado, donde la energía que pasa es de $240\text{Kcal}/\text{m}^2\cdot\text{h}$, equivalente a un 20%, supone $108\text{Kcal}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ de energía directa, mientras que la difusa es de $132\text{Kwh}/\text{m}^2$. En cambio, cuando el cielo está totalmente cubierto y solamente pasa un 7% de la energía total, toda ella es difusa, en este caso se corresponde a $84\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{h}$.

- **La Temperatura.**

“Depende fundamentalmente de la temperatura de las superficies, que se calientan o enfrían al recibir o emitir radiación y que ceden calor al aire por convección” [Serra y Coch, 1995, p.177]. También se debe señalar que la temperatura del aire influye directamente en la evaporación, radiación y movimiento del aire a través de sus variaciones diarias y estacionales. En cuanto a su medición, se utilizan tres tipos de escalas termométricas: grados Centígrados, Kelvin y Fahrenheit. Los valores habitualmente utilizados para el diseño bioclimático son los siguientes:

Temperatura Media (T): se toman las temperaturas promedio de un período, que puede ser diario, mensual o anual, y son el resultado del promedio entre las temperaturas máximas y mínimas. Este valor es de gran importancia pues permite evaluar el confort térmico de los usuarios y se considera como el valor límite en el cálculo de la masa de la envolvente [Rodríguez, 2001].

Valores medios mensuales de Temperaturas Máximas (T_M) y Mínimas (T_m) diarias: son los promedios de las temperaturas máximas y mínimas de los días de un mes. Generalmente, corresponden a unas horas del día determinadas (de 14 a 16 horas y de madrugada respectivamente). Esto permite conocer la variación de la temperatura diaria para luego determinar el intervalo medio mensual de temperaturas y con ello prever el efecto que puede tener la ventilación y la masa térmica de la vivienda.

Temperaturas máximas y mínimas extremas diarias, mensuales, estacionales o anuales (T_M y T_m). Con ellas se determina el intervalo de temperaturas extremas, que analizado durante un período largo, constituye una información válida para establecer la influencia del clima en la temperatura de un lugar, pudiendo prever los límites a los que se puede ver sometida la edificación y sus sistemas de control ambiental [Neila y Bedoya, 1997].

- **La Humedad.**

En el estudio de la humedad de un lugar los valores que se toman en consideración para el diseño bioclimático son:

Humedad absoluta (H): “es la masa de vapor de agua contenida en la unidad de volumen y se expresa en g/m^3 ” [Neila y Bedoya, 1997]. Este valor general es medido por el termómetro de bulbo húmedo, aunque generalmente el dato que es considerado para el estudio de un sitio es el de la humedad relativa.

Temperatura de rocío: es la temperatura de saturación, es decir el valor de temperatura a la cual debe enfriarse el aire para que comience la condensación del agua. Este es un dato que se debe tener presente, pues permite tomar medidas para prevenir problemas de humedad que afecten el interior de las cubiertas, muros u otros elementos constructivos.

Humedad relativa: consiste en la comparación, expresada en porcentaje, entre la cantidad efectiva de vapor de agua que está mezclada con el aire a una

temperatura y presión dada y la cantidad máxima de vapor de agua que podría mezclarse con el aire a esa misma temperatura y presión atmosférica, ya que a toda variación de la temperatura se dará una variación de la humedad relativa. Este valor se puede obtener a través de una relación matemática entre la temperatura de bulbo seco y la de bulbo húmedo. Es necesario tener presente que éste es un valor de tipo macroclimático pero que puede modificarse debido, en gran medida, a las variaciones microclimáticas. En términos generales, se puede afirmar que se manifiesta cíclicamente en sentido contrario a las variaciones de temperatura, ya que a mayor temperatura diaria generalmente se tiene menos humedad.

- **El Viento.**

Los parámetros normalmente analizados en meteorología son la *Velocidad o Intensidad* (m/seg, Km/h, nudos), que es la distancia recorrida por el flujo de aire en un período de tiempo determinado. Se mide con el *anemómetro*. Los vientos, de acuerdo con la escala de Beaufort, se pueden clasificar por su intensidad en:

Tabla 34. Escala de Beaufort de los tipos de viento

Nº	TIPO	VELOCIDAD	EFFECTOS	CARACTERÍSTICAS	
0	Calma	0 a 0,2m/s	0 a 1 km/h	El humo sube verticalmente, las ramas no se mueven	Hasta los 12 Km/h se consideran débiles
1	Ventolina	0,3 a 1,5m/s	2 a 6km/h	Apenas sensible, balanceo de hojas	
2	Flojito	1,6 a 3,3 m/s	7 a 12km/h	Mueve las hojas de los árboles	
3	Flojo	3,4 a 5,4 m/s	13 a 18km/h	Mueve ramas de árboles y banderas	Hasta 30, medios
4	Bonancible	5,5 a 7,9m/s	19 a 26km/h	Levanta polvo, hojas y papeles. Agita ramas gruesas	
5	Fresquito	8 a 10,5m/s	27 a 35km/h		
6	Fresco	10,8 a 13,8m/s	36 a 44km/h	Dificulta el andar.	Hasta 50, sostenidos
7	Frescachón	13,9 a 17,1m/s	45 a 55km/h	Dobla y agita troncos medianos	
8	Duro	17,2 a 20,7m/s	56 a 65km/h		Hasta 70, fuertes
9	Muy duro	20,8 a 24,4m/s	66 a 77km/h	Sacude con violencia a los árboles y rompe ramas pequeñas	
10	Temporal	24,5 a 28,4m/s	78 a 90km/h	rompe ramas de considerable espesor	Hasta 90, temporal
11	Borrasca	28,5 a 32,6m/s	91 a 104km/h	Mueve cosas pesadas	
12	Huracán	32,7 a 36,9m/s	Más de 105km/h	Dobla, abate y rompe árboles	

Fuente: Comentarios y valores tomados de Serra y Coch, 1995, p. 182 y Puppo y Puppo, 1982, p.30.

Aunque de acuerdo a Serra y Coch (1995) existe la siguiente clasificación, que es más sencilla:

Tabla 35. Clasificación simplificada de la velocidad del viento

TIPO	VELOCIDAD
Débiles	Menos de 12 km/h
Medios	De 12 a 30 km/h
Sostenidos	De 30 a 50 km/h
Fuertes	De 50 a 70 km/h
Temporal	De 70 a 90 km/h

Fuente: Serra y Coch, 1995, p.182.

Dirección de los vientos, es la dirección de donde procede el movimiento del aire. Puede observarse con una veleta y es medido en grados. De acuerdo a su dirección, según la rosa de los vientos, se clasifica en ocho tipos: los cuatro puntos cardinales (N, S, E, O) y los cuatro intermedios (NE, SE, NO y SO).

Frecuencia de los vientos, es definida como el porcentaje de veces que se presenta el viento en cada una de las direcciones.

Períodos de calma, son los períodos en los que no hay presencia de vientos.

La rosa de los vientos es el sistema de representación más frecuente de los tipos de vientos comunes de una región. Consiste en un círculo dividido en ocho partes que determina la orientación de donde vienen los vientos, pero además aparecen representados en ella la velocidad y la frecuencia.

- **La precipitación**

Se mide con pluviómetros o recipientes calibrados y es expresada en mm/ m²xh ó l/ m²xh. Los datos que obtienen los centros meteorológicos generalmente son la *precipitación total mensual*, que considera la cantidad, distribución y frecuencia para determinar períodos secos y lluviosos, y los datos de *las precipitaciones máximas y mínimas*.

- **Presión Atmosférica:**

Es el resultado del peso del aire sobre una determinada superficie. Se entiende como la sumatoria de "las presiones parciales ejercidas por el aire seco y el vapor de agua, como componentes del aire atmosférico. De igual forma que la temperatura, la presión atmosférica disminuye con la altitud sobre el nivel del mar, a razón de un milímetro cada once metros al comienzo de la elevación y de forma más reducida en alturas superiores" [Neila y Bedoya, 1997]. Para su medición se usa el barómetro y se expresa en milibares. Su uso en el diseño no es frecuente.

- **Estado del cielo (nubes y neblina).**

Se estudia de acuerdo a la proporción del cielo que está cubierto por las nubes, que deben su formación a la condensación de las masas de aire que ascienden por efecto de la radiación solar y se enfrían alcanzando la temperatura de rocío. Su cuantificación se puede hacer con distintos métodos. Según Neila y Bedoya (1997), la medición del promedio de nubes se hace con el *índice meteorológico* (ver tabla 5), Puppo y Puppo (1979) y Rodríguez (2001) plantean dividir el cielo por décimos para determinar las cantidades cubiertas (ver tabla 6), pero además, el segundo autor sugiere, anotar el tipo y la altura (tabla 7), la dirección y la cantidad de nubes presentes de manera simultánea, en forma horaria para poder determinar el estado medio del cielo.

Tabla 36. Índice Meteorológico

TIPO DE DÍA	PROMEDIO DE NUBES
Día claro	≤0,2
Día nublado	0,2 a 0,8
Día cubierto	≥0,8

Fuente: los datos fueron obtenidos de Neila y Bedoya, 1997.

Tabla 37. Cantidades de cielo cubierto

TIPO DE CIELO	NUBOSIDAD	
	Puppo y Puppo (1979)	Rodríguez (2001)
Despejado, abierto o claro	Hasta 2/10 de la superficie	< a 3/10 del cielo
Cielo medio nublado o medio cerrado	De 2/10 a 8/10 ó ½ cielo cubierto	Entre 4/10 y 7/10 del cielo
Cubierto o cerrado	De 8/10 al total nublado	> de 7/10 del cielo

Fuente: datos obtenidos de Rodríguez, 2001

Tabla 38. Clasificación de nubes

POR SU FORMA	POR LA ALTURA
- Estratiforme , compuestas por capas, altas precipitaciones, granizo o nieve.	Altas >6 Km
- Cuneiforme o nubes globulares , como bolas de algodón, generan lluvias parciales en zonas reducidas.	Medias entre 2 y 6 Km
	Bajas <2Km.
	- Nubes de desarrollo vertical donde la expansión horizontal es mínima.

Fuente: clasificación realizada por Rodríguez, 2001.

LAS ZONAS CLIMÁTICAS:

Una de las clasificaciones de la clima es la llevada a cabo por *Preston E. James* (Tabla 7) quien hace una clasificación de 17 zonas de acuerdo a los tipos de vegetación natural existentes. A su vez, estas zonas las subdivide en diferentes subzonas, según la latitud, que varían de continente a continente. El problema principal de esta clasificación reside en la definición de los límites entre las distintas zonas del planeta pues se trata de una delimitación aproximada; además, no toma en cuenta el

hecho de que la vegetación natural de algunas zonas ya no existe, porque ha sido sustituida por otros cultivos o por otras acciones del hombre.

Tabla 39. Principales zonas climáticas de acuerdo a la vegetación

Nº	Zona	Vegetación Natural	Productos y cosechas típicas	Subzonas	Latitud
1	Vegetación montañosa	Variedad ancha	Ganado, oveja	Ecuatorial Tropical Alpino	0-15 15-35 35-60
2	Tundra	Musgo y líquen	(Reno)		55-85
3	Bosque boreal	"Taiga", los árboles achaparrados	Ganado		50-70
4	Bosque conífero	Pinos, pino alerce	Avena (Maíz)	Media latitud Subtropical	40-60 25-35
5	Latitud media. Bosque Mixto	coníferas	Oveja patatas avena y centeno		40-60 (30-50) (China)
6	Broadleaf	Caducas	Oveja ganado trigo		30-55
7	Mediterráneo	Cítricos, agave.	Cítricos, olivas y vinicultura		30-40 25-50 25-40
8	Pradera	Césped largo	Ganado trigo maíz arroz soya frijoles	Pradera, USA Pampas Sur América	35-50
9	Estepa	Césped corto	Ganado oveja maíz mijo	Continental Tropical	30-55 15-25
10	Sabana	Césped y matorrales	Arroz Caña de azúcar	Césped desértico Césped alto	0-30 0-20 0-25
11	Bosque de lluvias tropicales	Plantas de hoja perenne. "Selva"	Aceite vegetal plátano	Manglares	0-25
12	Bosque monzónico	Húmedo caduco	Arroz, té		5-30
13	Bosque tropical seco	Semicaduco	Café		5-35
14	Bosque subtropical	Seco y húmedo De hoja perenne	Frutas	(Australia y Este de Asia solamente)	25-40
15	Bosque de espinas Tropical seco	Plantas de espinas y matorral	Ganado	"Chaco"	0-35
16	Vegetación desértica	Arbusto de Xerófilas, césped y cactus	Dátiles y mijo	Tropical caliente Continental (sin palmeras)	15-35 35-50
17	Sin vegetación			Pisos de sal Desiertos de piedra Desiertos de arena Capa de hielo	

Fuente: Evans, 1980, p. 44.

3. ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

La **arquitectura bioclimática**, como hoy la conocemos, es un modo de hacer arquitectura muy diferente a la llamada construcción convencional. Se basa en conocimientos de tiempos remotos, de cuando el hombre adquirió mediante la observación y la propia experiencia, las primeras nociones sobre el modo de construir sus viviendas. Nociones que le permitió protegerse de las inclemencias del tiempo y, al mismo tiempo, le ayudó a aprovechar los beneficios del medio que le rodeaba, sin afectar en gran medida el entorno natural.

La arquitectura bioclimática es, en síntesis, aquella que busca integrar la arquitectura, el hombre y el medio ambiente para formar un todo equilibrado. Este modo de diseñar, de construir o, simplemente, de hacer arquitectura, aprovecha la energía del sol durante el invierno y rechaza la energía emitida por éste en el verano. Se vale de los beneficios de la ventilación para combatir los problemas de humedad, así como para dirigir el aire caliente al exterior. Así mismo, utiliza el aislamiento o la inercia térmica para reducir los intercambios térmicos con el exterior y, sobretodo, para reducir las pérdidas de calor durante el invierno. También recurre a otras técnicas pasivas que son empleadas en la arquitectura popular desde tiempos remotos para alcanzar mayores niveles de confort en los usuarios, incrementar el ahorro energético y para lograr una mayor integración de las edificaciones con el contexto.

Según Serra (1989), esta arquitectura pretende "recoger el interés que tiene la respuesta del hombre, el '*bios*'; como usuario de la arquitectura, frente al ambiente exterior, el '*clima*'; afectando ambos conjuntamente a la forma arquitectónica" [Serra, 1989, Pág. ¿]. Para ciertos arquitectos ésta debe ser la única forma de hacer arquitectura, ya que no solamente toma en cuenta el beneficio del hombre, sino que, además, busca conservar el equilibrio propio de un lugar, bien sea éste un entorno natural o uno construido.

Es importante mencionar que el comportamiento ambiental de la arquitectura fue tomado en cuenta en la antigüedad. Las edificaciones construidas por culturas de occidente y de oriente respondieron de un modo ingenioso a las variables ambientales y del contexto. Fue en la era moderna cuando se cambió de actitud al incorporar los nuevos avances técnicos al control general de las edificaciones, dejando de lado los recursos del diseño pasivo, el que permitía el aprovechamiento de las energías renovables. Para muchos arquitectos, el s. XX se caracterizó por el olvido de las técnicas naturales de control ambiental y por la incorporación, a pesar de grandes dificultades, de las nuevas técnicas energéticas y mecánicas, las cuales, a su vez, hicieron posible el desarrollo de una nueva forma de hacer arquitectura, donde las edificaciones son de estructuras muy ligeras, de escasa inercia térmica, con grandes superficies de vidrio y áreas de grandes dimensiones totalmente aisladas del exterior.

Sin embargo, podríamos afirmar, también, que es en los últimos años del siglo XX cuando algunos profesionales, sensibles a los problemas medioambientales e interesados en el auge de la arquitectura natural, bioclimática, solar, ecológica, etc., comenzaron a hacer notables esfuerzos por recuperar algunas de las técnicas tradicionales de construcción y de acondicionamiento que prácticamente se habían perdido. De igual modo, se dedicaron a la investigación profunda del aprovechamiento de las fuentes renovables: energía solar, marítima, eólica, residuos sólidos, etc. y su implantación en edificios de viviendas, oficinas, comercio, fábricas y educación, entre otros.

Esta forma de diseñar y de construir viviendas incluye otros conceptos como el de **arquitectura solar**, el cual se basa, principalmente, en el aprovechamiento de la energía solar gracias al diseño formal de la edificación. En este caso, el diseño permite la utilización de la radiación disponible para aumentar la temperatura interior de las viviendas u otras edificaciones y, con ello, combatir la rigurosidad del clima exterior durante la época invernal a través de medios pasivos o activos. Este tipo de arquitectura puede asumir dos formas:

- **Arquitectura solar pasiva**, la cual está íntimamente relacionada con la arquitectura bioclimática y se refiere, básicamente, al diseño de la casa en función del uso eficiente de la energía solar sin utilizar sistemas mecánicos.
- **Arquitectura solar activa**, la cual aprovecha la energía solar mediante sistemas mecánicos y / o eléctricos como, por ejemplo, colectores solares, para calentar agua o para calefacción y paneles fotovoltaicos para obtener energía eléctrica. Las técnicas de aprovechamiento de la energía

solar de ambos tipos se pueden complementar en una casa bioclimática, ya que ésta no sólo juega con la energía solar, sino también con otros elementos climáticos. [<http://www.arquisolar.com.ar/cgi-bin/redirect?id>]

Es de destacar, por una parte, la importancia que tiene la **arquitectura popular** dentro de la arquitectura bioclimática, ya que, a pesar de ser dos cosas distintas, es en ella donde podemos encontrar los fundamentos del desarrollo de esta última. La arquitectura popular ha conservado, en gran medida, los conocimientos sobre la protección y la integración de la vivienda con su medio adquiridos por el hombre desde tiempos remotos, conocimientos que, de una u otra manera, se fueron dejando en el olvido con la llegada de los tiempos modernos. Sin embargo, quienes aún hoy construyen sus viviendas aplicando estos conocimientos, transmitidos de generación en generación, saben muy bien cuál es la dirección de los vientos de los cuales hay que protegerse o hacia qué dirección abrir los vanos de las ventanas, dónde es conveniente poner la cocina, el carro o las herramientas para el trabajo del campo, ya que, en términos generales, estos conocimientos lo que persiguen es reducir el esfuerzo y el consumo energético.

Por otra parte, sabemos que la arquitectura popular tiene un gran desarrollo dentro de la arquitectura doméstica, la cual "...es, en las sociedades primitivas, casi un producto natural del suelo y del clima, obra colectiva, salida de la misma vida, que recurre a los materiales más próximos y los emplea apenas sin transformar... Así ocupan áreas geográficas distintas las casas de piedra y las de tierra; veremos inclinarse más o menos las cubiertas según sea región de abundantes nieves o de escasas lluvias; abrirse las viviendas por huecos numerosos en los climas templados y cerrarse casi por completo al exterior, cuando el clima es de fríos extremados, reflejando en suma cómo el poder del medio geográfico actúa sobre ellas. Son especialmente la casa rural y la aislada las que muestran mejor las características de esta dependencia" [Torres B., 1946]

Algunos arquitectos como Yáñez (1982), señalan a la arquitectura popular como arquitectura solar, pues ven como ella se orienta y se construye en función de aprovechar este recurso natural. No obstante, podríamos afirmar que esto no es cierto, porque tanto la arquitectura popular como la arquitectura bioclimática no se limitan al uso de la energía solar. La primera toma en cuenta, principalmente, el uso de unas técnicas constructivas del pasado que aprovechan los conocimientos aprendidos con la experiencia y los recursos del lugar, mientras que la segunda se orienta al aprovechamiento de otros recursos energéticos del lugar, como son los materiales propios de la zona, la energía de los ríos, del mar o del viento, entre otros, gracias a las características propias de la edificación. Por tanto la arquitectura bioclimática y la solar no necesariamente tiene por qué ser arquitectura popular, de hecho, hoy en día las nuevas tecnologías están siendo incorporadas a la arquitectura bioclimática y a la solar.

Otro de los conceptos considerados dentro de la arquitectura bioclimática y la solar es el de la autosuficiencia. Algunos autores como Leandro y Leandro (1996-2000)²², Vale y otros (1981), plantean la llamada **casa autosuficiente**, en la cual el objetivo principal es lograr, mediante el uso de unas técnicas adecuadas de acondicionamiento, una cierta independencia de la vivienda respecto a los servicios de suministro de gas, electricidad, agua y algunos alimentos, aprovechando los recursos del entorno inmediato como el agua de ríos, de pozos, de arroyos o de lluvia, la energía solar o eólica, el uso de paneles fotovoltaicos, los huertos o viveros, los residuos orgánicos u otros.

Como podemos apreciar, en cada una de estas formas de hacer arquitectura el interés principal es el acondicionamiento de las edificaciones en equilibrio e integración con el medio ambiente y con las energías que pueden obtenerse de él. Al mismo tiempo, observamos una atención especial por la adecuación de estas edificaciones al contexto y al hombre, aspectos de importancia vital hoy en día, cuando la necesidad de alcanzar un equilibrio con el medio que nos rodea para de este modo dejar de destruir y de dañar la Tierra es cada vez mayor.

No obstante, es necesario aclarar que lo importante no es retomar las técnicas de la arquitectura popular para la rehabilitación de viviendas, pero sí tomar en cuenta algunos de sus conceptos e ideas que puedan ser aplicadas en las viviendas de hoy mediante nuevas tecnologías. Asimismo, los conocimientos aportados por el diseño bioclimático y por la arquitectura solar serán de gran ayuda en el proceso de re-acondicionamiento de las edificaciones, pues estos permitirán reducir los niveles de

²² <http://www.geocities.com/ReserchTriangle/Facility/8776/Pag01.htm#Marcador7>

consumo energético y una mejor adecuación del espacio a las necesidades de confort de los usuarios.

OBJETIVOS DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA EN LAS VIVIENDAS DEL MEDITERRÁNEO:

Debemos señalar que los objetivos generales de la arquitectura bioclimática en el mediterráneo son los mismos que la que se puede generar en otros puntos del planeta:

- Satisfacer los requerimientos de confort
- Alcanzar mayores ahorros energéticos
- Lograr un Equilibrio entre la arquitectura, su medio y el hombre

No obstante, debemos señalar que los objetivos específicos, de acuerdo a las características físicas, climáticas y culturales, e incluso las propias del hombre son diferentes. En términos generales, debemos decir que en el caso de las relaciones entre la edificación y el medio ambiente en la zona del mediterráneo, el problema no es el de un clima extremadamente cálido o frío, pues se trata más bien de una zona templada, aunque con variaciones considerables entre el día y la noche y entre diferentes períodos del año como lo constataremos más adelante, es por esto que el problema más bien es resuelto de dos modos distintos:

- a. Con la implementación de sistemas estáticos o perennes, como muros, parasoles, cubiertas u otras técnicas constructivas que permiten la protección de la edificación a determinadas factores ambientales. Este tipo de solución es llamado por el CIEMAT²³ (1989) **tipo estructural**.
- b. Así mismo, se logra un control ambiental mediante recursos fungibles, dinámicos y flexibles, como por ejemplo con el uso del fuego. Esta solución es calificada por el CIEMAT (1989) como una solución de **tipo energética**.

Para lograr el ahorro energético en la edificación se busca el aprovechamiento de las ganancias solares mediante una adecuada utilización del emplazamiento y con la orientación adecuada de las superficies acristaladas y acumuladoras. Además del control de las pérdidas de calor mediante la elección de una adecuada geometría para la edificación y el uso de unos determinados elementos arquitectónicos o constructivos.

En cuanto al objetivo de generar un bienestar térmico en los usuario, debemos señalar que se han desarrollado una serie de estudios relacionados directamente con el confort ambiental, los cuales han llegado a determinar unos parámetros a tomar en cuenta en el diseño de viviendas bioclimáticas en el mediterráneo, las cuales serán estudiadas detenidamente en otra parte de este capítulo.

Por otra parte, debemos señalar que en cada una de estas formas de hacer arquitectura el interés principal es el acondicionamiento de las edificaciones en equilibrio e integración con el medio ambiente y con las energías que pueden obtenerse de él. Al mismo tiempo, observamos un profundo interés por adecuar estas edificaciones al contexto y al hombre, aspectos que nos interesan profundamente puesto que sentimos la necesidad de alcanzar un equilibrio con el medio que nos rodea, para de este modo dejar de destruir y de dañar la Tierra.

²³ Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.