Confort ambiental

Víctor Armando Fuentes Freixanet *

Introducción

Es evidente que el ambiente está cada día más deteriorado y que los problemas que esto conlleva inciden más directamente en la salud del hombre y en las actividades que desarrolla, por lo que la preocupación ante los problemas ambientales está aumentando y se generaliza más día a día. El hombre empieza a tomar conciencia, un tanto obligadamente, de la importancia de los ecosistemas y de la fragilidad de su equilibrio; sólo entonces, frente a la perspectiva de la deshabitabilidad de nuestro planeta...

La crisis ecológica (económica, social y política) que se sufre actualmente en muchos países del mundo, principalmente los latinoamericanos, obedece en la mayoría de los casos a esquemas de desarrollo que se han planteado con una visión puramente económica, la cual no pondera adecuadamente los factores ambientales y de calidad de vida como los prioritarios a perseguir. La ecología se convierte entonces en una bandera política, llena de promesas demagógicas cuyo único fin consiste en obtener sufragios y, con ello, permanencia en el poder. En el mejor de los casos se establecen planes y programas que en pocas ocasiones son instrumentados y que casi siempre fracasan debido a su poca congruencia e interrelación institucional, su parcialidad, la falta de recursos o capacitación técnica, la improvisación y premura, la carencia de investigación o la implementación forzada fuera de la realidad integral.

No basta la voluntad política para resolver el problema ecológico o ambiental; hay que cambiar radicalmente los esquemas de desarrollo establecidos, partiendo de una concepción ecológica integral, un esquema de ecodesarrollo que contemple la sociedad y su organización como un elemento dinámico que interactúa de manera compleja con todos los elementos del ambiente; y darse por objetivo primordial el mejoramiento de la calidad (ambiental) de vida de la población en general.

La arquitectura (y de manera más general el diseño) no puede desligarse de la problemática ambiental; tomando como marco de referencia el ecodesarrollo, la arquitectura debe considerarse como la disciplina encargada del ecodiseño de los espacios.

Según esta concepción ecológica o ambientalista, la interrelación del individuo (como unidad social) con su medio ambiente, y su participación dentro del ecosistema, es sumamente amplia y compleja. Debido a los alcances pretendidos en el presente documento, se analizarán únicamente los factores que determinan el estado de confort del individuo desde una perspectiva arquitectónica.

Los factores ambientales han sido considerados por la arquitectura desde hace muchísimo tiempo: alrededor del año 740 d.C. Vitruvio[1] escribió:

> Antes de echar los cimientos de las murallas de una ciudad habrá de escogerse un lugar de aires sanísimos. Este lugar habrá de ser alto, de temperatura templada, no expuesto a las brumas heladas ni al calor ni al frío... No serán sanos los lugares cuyas murallas se sentaren junto al mar, mirando a Mediodía o a Occidente, porque en estos sitios el Sol de verano tiene mucha fuerza desde que nace, y al mediodía resulta abrasador; y en los expuestos a Occidente, el aire es muy cálido a la puesta del Sol. Y estos cambios repentinos de calor y frío alteran notablemente la salud de los seres que a ellos están expuestos...

Más aún, se puede aseverar que el hombre, de manera intuitiva, trata de adecuar sus viviendas a su entorno natural; la arquitectura primitiva, y posteriormente la vernácula, son prueba de que el hombre considera los factores ambientales a la hora de construir sus edificaciones.

A partir de la Revolución Industrial, la arquitectura perdió su identidad y se convirtió en un producto de consumo más, y desde entonces se omitieron todos los aspectos de integración y adecuación ambiental.

Los conceptos ambientales son retomados recientemente como novedosos debido a las posibilidades tecnológicas para sus aplicaciones y los nuevos métodos de estudio,

* Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, División de CYAD, Depto. de Medio Ambiente para el Diseño

[1] Marco Lucio Vitruvio, *Los diez libros de la arquitectura*, Barcelona, Editorial Iberia, 1955. pp. 17-18.

investigación, experimentación y teorización; sin embargo, sus fundamentos han sido tradicionalmente aplicados por la arquitectura popular vernácula.

Existen muchos estudios acerca del efecto del medio ambiente sobre el individuo; algunos de ellos describen los efectos negativos que puede tener el clima sobre el hombre, tales como el estrés, dolor o enfermedad. Otros se ocupan de las condiciones en las que el hombre puede incrementar su eficiencia y productividad así como mantener su salud física y mental. Los investigadores Víctor Olgyay[2] primero, y Baruh Givoni[3] después, han dedicado mucho tiempo al estudio de las relaciones entre el medio ambiente, el hombre (su confort) y la arquitectura; en la actualidad quizá los estudios más interesantes al respecto sean los de Szokolay[4], quien expone de manera integral todos los aspectos y factores que debe tomar en cuenta la arquitectura ambiental.

Antes de abordar el tema específico del confort ambiental, es necesario entender con claridad los conceptos de medio ambiente y confort ambiental, y desde luego su interrelación.

Medio ambiente

Según la definición de Goffin[5] "Medio Ambiente es el sistema dinámico definido por las interrelaciones físicas, biológicas y culturales, percibidas o no, entre el hombre y los otros seres vivientes y todos los elementos del medio, ya sean naturales, transformados o creados por el hombre", en un lugar y tiempo determinados.

Si bien es cierto que el medio ambiente está integrado por todos los elementos y las variables que lo componen, por razones prácticas suele dividirse en:

Medio Ambiente Natural:
El cual incluye a todos los elementos bióticos y abióticos en los que no interviene el hombre.

Medio Ambiente Social o Humano:
El medio en que se desarrolla el hombre y que incluye factores sociales, culturales, políticos, económicos, etc.

Medio Ambiente Artificial:
El que ha sido creado o modificado por el hombre.

[2] Cf. Víctor Olgyay, *Design with climate*, Princeton, Princeton University Press, 1963.

[3] Cf. Barhu Givoni, *Man, climate and architecture*, New York, Van Nostrand Reinhold Co., 1981.

[4] Cf. Steve Szokolay, *Environmental Science Handbook*, Lancaster, The Construction Press, 1981.

[5] Louis Goffin, *La problematique de l'environnement*, Bruselas, F.U.L. 1984.

El hombre está interactuando en todo momento con el medio ambiente, tanto con el natural como con el social y el artificial; el medio ambiente determina su comportamiento físico y psicológico; es un factor determinante del confort del individuo.

Confort

El término confort, es de hecho un galicismo, que puede ser substituido por el de comodidad, aunque éste parece ser más amplio y relacionarse directamente con la salud. La Organización Mundial de la Salud define la salud como el estado de bienestar físico, psicológico y social del individuo en relación con su entorno. Por otro lado, entendemos por confort el estado físico y mental en el cual el hombre expresa satisfacción (bienestar) con el medio ambiente circundante. Como se puede apreciar, no existe diferencia significativa entre las dos definiciones; sin embargo, conceptualmente, la primera se refiere a un estado temporal más amplio (aunque no permanente) y además abarca aspectos que no son considerados por el segundo.

El confort se refiere de manera más puntual a un estado de percepción ambiental momentáneo (casi instantáneo), el cual ciertamente está determinado por el estado de salud del individuo, pero además por muchos otros factores, los cuales se pueden dividir genéricamente en dos grupos: los factores internos o intrínsecos del individuo, y los factores externos, que no dependen del individuo, entre los cuales podemos destacar los siguientes:

Factores internos que determinan el confort:
Raza, sexo, edad, características físicas y biológicas, salud física o mental, estado de ánimo, grado de actividad metabólica, experiencia y asociación de ideas, etc.

Factores externos que determinan el confort:
Grado de arropamiento, tipo y color de la vestimenta, y los factores ambientales que son: temperatura del aire, temperatura radiante, humedad del aire, radiación, velocidad del viento, niveles lumínicos, niveles acústicos, calidad del aire, olores, ruidos, elementos visuales, etc.

Según este concepto, el término "confort ambiental" puede parecer un pleonasmo, ya que por definición se incluye la interrelación del individuo con el medio ambiente; sin embargo, confort ambiental es un término que excluye algunos factores psicosociales determinantes del confort, tales como la tensión y el estrés ocasionados por la falta de trabajo, dinero o condiciones laborales adecuadas, etc. Es decir que el confort ambiental define sólo aquellos factores ambientales naturales o artificiales que determinan un estado de satisfacción o bienestar físico o psicológico.

Si bien el confort se obtiene a través de la integración de todos los factores, para fines prácticos se divide en varios tipos de acuerdo con el canal de percepción sensorial que se

involucra; así es como se cuenta con los siguientes tipos de confort:

Confort Térmico
Confort Lumínico
Confort Acústico
Confort Olfativo
Confort Psicológico

La contaminación influye de manera directa en la salud del individuo, en su percepción ambiental y, por lo tanto, en la obtención del confort. Esta es percibida a través de los distintos sentidos, afectándolos fisiológicamente, interfiriendo con su funcionamiento en forma temporal o permanente o afectando y modificando la interpretación de los estímulos sensoriales.

En algunos casos la alteración del confort se da de forma directa, en otras es indirecta, ya que en primera instancia se afecta a la salud y consecuentemente al confort.

Confort térmico

Se refiere a la percepción del medio ambiente que se da principalmente a través de la piel, aunque en el intercambio térmico entre el cuerpo y el ambiente los pulmones intervienen de manera importante.

Para comprender el comportamiento térmico del cuerpo humano ante los factores ambientales, es necesario conocer algunos aspectos fisiológicos.

El cuerpo humano es un organismo sumamente complejo que tiene que desarrollar múltiples funciones para mantener su equilibrio e interactuar adecuadamente con su entorno.

En oposición a los animales de sangre fría, cuya temperatura se adapta a la del medio ambiente, el hombre debe mantener constante su temperatura corporal (entre 36.5° y 37.5°) bajo cualquier condición climática. La energía necesaria para lograr esta autorregulación se obtiene a través de la oxidación de los alimentos. La mayoría de los procesos bioquímicos implicados en la formación de tejido, la conversión de energía y el trabajo muscular (procesos metabólicos) son exotérmicos, es decir, producen calor.

La producción total de calor metabólico puede dividirse en: metabolismo basal, es decir, la energía calorífica producida por todas las transformaciones implícitas en los procesos automáticos y vegetativos; y metabolismo muscular, que es la energía calorífica producida por los músculos al llevar a cabo un trabajo controlado de manera consciente. La cantidad de energía calorífica producida por el metabolismo basal varía muy poco, sea cual fuere la actividad que desarrolle el individuo; sin embargo, la energía producida por el metabolismo muscular depende directamente del grado de actividad que se tenga.

De este modo, del total de la energía producida solamente se utiliza alrededor del 20% para las necesidades internas del cuerpo, mientras que el 80% restante debe disiparse en el ambiente; de hecho para que exista balance térmico, es necesario que la totalidad de este calor restante se disipe, función que llevan a cabo la piel y los pulmones.

Los datos de producción de calor por metabolismo, dependiendo del grado de actividad del individuo, se enumeran en la tabla siguiente:

Grado metabólico promedio para un hombre adulto* (Watts)

Actividad	*Total*	*Basal*	*Muscular*
Sueño profundo	70	70	0
Descanso acostado	88	88	0
Descanso sentado	115	92	23
Trabajo ligero sentado	130	92	38
Trabajo ligero de pie	150	92	58
Caminar despacio	160	92	68
Trabajo de escritorio	210	93	117
Trabajo de oficina de pie	235	93	142
Trabajo medio	265	93	172
Trabajo medio pesado	300	93	207
Trabajo pesado	400	94	306
Trabajo pesado durante 8 hrs.	440	94	346
Trabajo muy pesado (max. 30 min.)	1 500	94	1 406

* Datos basados en los estudios de Szokolay, Steve, *Environmental...*, *op. cit.*, complementados por Víctor Fuentes Freixanet, y Aníbal Figueroa C., *Recomendaciones y normas de diseño bioclimático para el IMSS*, México, IMSS, 1989.

El metabolismo es uno de los factores internos más importantes que contribuyen al confort. Algunos otros son: edad, sexo, forma y superficie corporal, acumulación de grasa, condición de salud, tipos de alimentos y bebidas, etc.

Por otro lado, los factores externos más importantes son:

Grado de arropamiento

Dependiendo de éste, la transferencia de calor entre el cuerpo y el medio ambiente tendrá mayor o menor resistencia, es decir el cuerpo podrá disipar mayor o menor cantidad de energía calorífica.

Temperatura del aire

Este es uno de los factores más importantes, ya que cuanto mayor sea la diferencia entre la temperatura del aire y la del cuerpo, mayor será el flujo de calor.

La temperatura óptima del aire en la cual el cuerpo disipa adecuadamente el calor generado depende de varias condiciones; entre ellas, la aclimatación del individuo desempeña un papel importante ya que, por ejemplo, una persona que

esté acostumbrada a vivir en un clima frío soporta temperaturas más bajas que otra que no lo está.

Esta temperatura óptima (comúnmente llamada "temperatura neutra") representa un punto en la escala térmica, por lo que es más conveniente hablar de una escala de tempetarura en el cual el individuo expresa satisfacción (térmica) por el ambiente. La escala de confort térmico ha sido definida de distinta manera por varios autores. Los estudios más actuales a este respecto son los de S. Szokolay[6] a través de los cuales se ha elaborado la siguiente tabla, en que se definen las escalas de confort térmico para varias ciudades de la República Mexicana.

Escalas de confort térmico para varias ciudades

Ciudad	*Min.*	*Escala Tn*	*Max.*
Aguascaliente, Ags.	20.7°	23.2°	25.7°
Mexicali, B.C.N.	21.9°	24.4°	26.9°
Ciudad de México (Tacubaya)	19.8°	22.3°	24.8°
Guadalajara, Jal.	21.0°	23.5°	26.0°
Toluca, Mex.	18.9°	21.4°	23.9°
Cuernava, Mor.	21.8°	24.1°	26.6°
Monterrey, N.L.	21.9°	24.4°	26.9°
Puebla, Pue.	20.2°	22.7°	25.2°
Hermosillo, Son.	22.6°	25.1°	27.6°
Villahermosa, Tab.	23.6°	26.1°	28.6°

Szokolay, Steve. "Passive and low energy design for thermal and visual comfort", *op. cit.*

Temperatura radiante (Radiación)

Junto con la temperatura, la radiación afecta enormemente la sensación térmica del organismo, incluso algunos estudios recientes sugieren que la temperatura radiante es más significativa que la temperatura del aire. Esto es fácil de entender si imaginamos estar rodeados de aire frío pero expuestos a la radiación del sol o a la emitida por una chimenea o fogata.

Humedad del aire

A pesar de que la humedad tiene pocos efectos en la sensación de confort térmico, sí influye sobre los mecanismos de intercambio térmico del cuerpo, tanto la sudoración como la evaporación y el intercambio térmico pulmonar (evotranspiración).

Movimiento del aire

El movimiento del aire también tiene efectos térmicos en el individuo, aun sin cambiar su temperatura, ya que a través del movimiento del aire aumenta la disipación de calor del organismo de dos maneras: incrementando las pérdidas convectivas de calor y acelerando la evaporación.

El movimiento del aire tiene también efectos no térmicos (mecánicos) en la sensación de confort. Algunas reacciones subjetivas para varias velocidades del aire son las siguientes:

Sensaciones subjetivas de acuerdo con la velocidad del viento*

Escala de velocidad	*Sensación*
Menor de 0.25 m/seg.	Imperceptible
De 0.25 a 0.50 m/seg.	Agradable
De 0.50 a 1.00 m/seg.	Perceptible
De 1.00 a 1.50 m/seg.	Desagradable
Mayor de 1.50 m/seg.	Muy molesto

* Szokolay, Steve. *Environmental..., op. cit.*

La falta de condiciones térmicas adecuadas provoca trastornos fisiológicos cuyos efectos pueden ser desde los temporales de poca significación hasta los graves, capaces de dañar seriamente el organismo e incluso provocar la muerte.

Las principales alteraciones se presentan en el aparato circulatorio y los demás órganos que intervienen directamente en el intercambio de calor. En condiciones de alta temperatura aumentan la presión arterial, el ritmo cardiaco y el respiratorio; los vasos sanguíneos se dilatan, aumenta la evotranspiración, incrementando la demanda de oxígeno y la ingestión de líquidos, además de otros efectos secundarios.

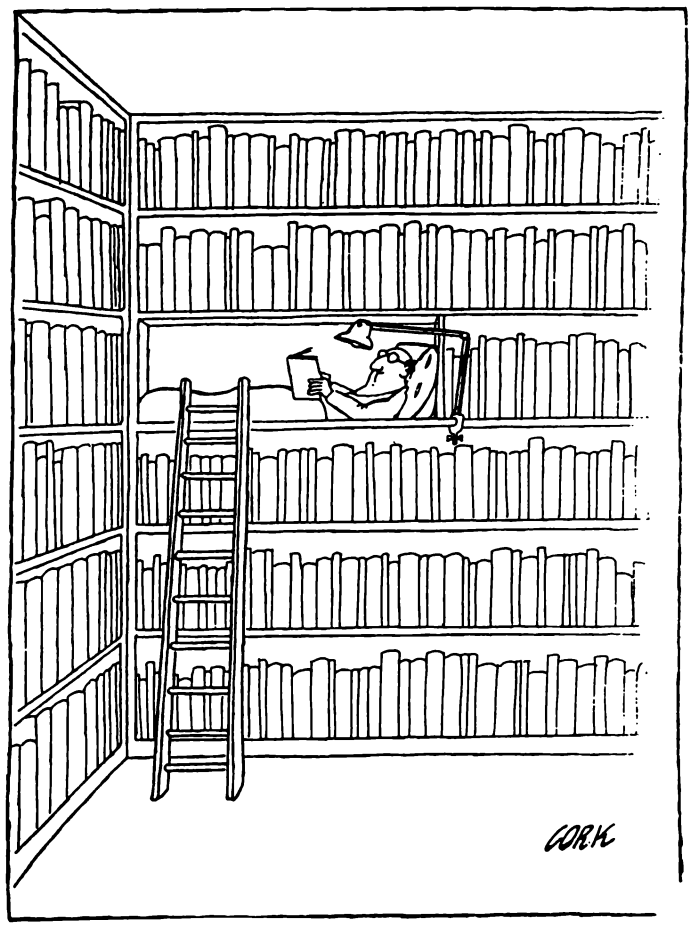
A bajas temperaturas, los efectos se invierten, la presión arterial disminuye al mismo tiempo que el ritmo cardiaco y respiratorio, los vasos sanguíneos se contraen reduciendo la actividad general de todos los órganos.

La falta de humedad o el exceso de ella provocan alteraciones en el intercambio energético normal de los pulmones, interfieren con la capacidad evaporativa de la piel y provocan cambios en la fauna normal de la piel, lo cual aunado a la contaminación física, química y biológica del aire, puede provocar enfermedades de las vías respiratorias o en la superficie cutánea o subcutánea.

[6] Steve Szokolay, "Passive and low energy design for thermal and visual comfort", *Passive and Low Energy Ecotechniques Applied to Housing*, (PLEA'84 México). New York, Pergamon Press, 1984.

Confort lumínico

El confort lumínico se refiere a la percepción a través del sentido de la vista. Cabe señalar que el confort lumínico difiere del confort visual, ya que el primero se refiere de manera preponderante a los aspectos físicos, fisiológicos y psicológicos relacionados con la luz, mientras que el segundo, principalmente a los aspectos psicológicos relacionados con la percepción espacial y de los objetos que rodean al individuo.



La radiación solar tiene dos componentes, la térmica y la lumínica; de tal forma, la luz natural es uno de los recursos más abundantes en nuestro planeta, en contraste con otras fuentes de energía convencional; sin embargo, ésta sólo se encuentra disponible durante el día. Prácticamente desde que el hombre descubrió el fuego, descubrió al mismo tiempo la iluminación artificial. Antorchas, velas, lámparas de aceite y posteriormente de petróleo y gas, fueron utilizadas durante cientos de años hasta que Thomas A. Edison, a finales del siglo pasado, inventó la bombilla eléctrica.

Desde entonces el hombre ha inventado una gran variedad de lámparas y sistemas de alumbrado, utilizando la iluminación eléctrica de manera intensiva y obteniendo de esta forma la posibilidad de ampliar su horario de actividades a las 24 horas del día. Esto, evidentemente, acarrea consigo la ruptura o alteración de los ciclos biológicos naturales (sueño-vigilia, por ejemplo), pero además puede provocar otras alteraciones fisiológicas y psicológicas.

Suele suponerse que basta proporcionar una cantidad suficiente de luz para poder desarrollar cualquier tipo de trabajo; sin embargo, es necesario considerar la calidad de la luz además de la simple cantidad. La calidad se relaciona con las características de iluminación que facilitan la visión. Normalmente, todas estas características están relacionadas entre sí.

Calidad de la luz

Quizá la primera característica lumínica determinante de la calidad sea el tipo de luz o cualidad cromática; es decir el tipo de energía que se está recibiendo. Dentro del amplio espectro de radiación electromagnética, se percibe como luz visible sólo una estrecha banda que va desde los 380 a los 780 nanómetros (1nm = 10^{-9} m) de longitud de onda. La sensibilidad del ojo humano varía con la longitud de onda, presentándose la máxima sensibilidad alrededor de los 550 nm (correspondiente al color verde). Por otra parte, si se analiza la emisión de radiaciones electromagnéticas del sol, se encontrará que la longitud de onda de máxima emisión se da alrededor de los 500 nm (correspondiente al color azul)[7]. Ambos valores, la máxima sensibilidad del ojo y la máxima emisión solar, se encuentran muy cercanos; esto es indicativo de que el ojo humano está diseñado para percibir de manera más sensible la luz emitida por el sol.

Por su lado, la radiación electromagnética emitida por los sistemas de iluminación artificial está muy alejada de la eficiencia visual del ojo; por ejemplo, una lámpara incandescente tiene su máxima emisión con una longitud de onda de 966 nm (correspondiente a los rayos infrarrojos, fuera del espectro de luz visible).

El esfuerzo que tiene que realizar el ojo ante exposiciones prolongadas y constantes de luz artificial ocasionará deformaciones y trastornos ópticos, pero además pueden producirse otros impactos sobre la salud del individuo, tal como lo muestran algunos estudios realizados en el laboratorio neuroendócrino del Instituto de Tecnología de Massachusetts[8],

[7] Aníbal Figueroa C., "Iluminación Natural", *Arquitectura bioclimática y energía solar*, vol. 4., México, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, CYAD, 1987.

[8] Lowell Ponte, "How artificial Light Affects Yor Health", *Reader's Digest*. R.D. U.S. 1981.

donde se encontró que la luz artificial puede ocasionar disminución en la absorción de calcio en el organismo. Otros estudios muestran que la luz fluorescente normal emite rayos ultravioleta, los cuales pueden llegar a incrementar hasta 5% más de lo que se recibe normalmente ante la exposición a la luz solar; la exposición prolongada y continua a esta radiación ultravioleta puede ocasionar, en personas sensibles, la generación de cáncer de la piel. Por otro lado, también es necesario mencionar que la luz artificial puede ser utilizada como cromoterapia.

Además de los cromáticos, existen otros factores que determinan la calidad de la percepción lumínica, siendo los más importantes el contraste y el deslumbramiento.

El ojo percibe los objetos gracias al contraste, definido como toda diferencia cualitativa o cuantitativa de luz percibida en un campo visual. Es decir, que es necesario que existan diferencias de color, iluminación, luz y sombra, etc. para poder percibir cualquier objeto. A mayor contraste, mayor diferenciación entre los objetos; sin embargo, el excesivo contraste en un espacio puede ocasionar deslumbramiento, debido a la gran diferencia de iluminación entre la fuente lumínica y el espacio circundante; por ejemplo, tener una ventana pequeña con una gran iluminación exterior y pobre iluminación en el interior; en estas circunstancias, la ventana será una fuente de deslumbramiento.

Cantidad de luz

El ojo humano está diseñado para percibir una enorme escala de variación lumínica; puede percibir desde 0.1 lux a la luz de la luna llena, hasta 100,000 luxes en un día muy claro con luz solar brillante[9].

La pupila se ajusta automáticamente a los cambios de luz; sin embargo, cambios bruscos en los niveles de iluminación pueden provocar, además de una sensación muy desagradable en ocasiones acompañada de dolor, lesiones del sentido de la vista, a veces transitorias y otras, permanentes.

La eficacia visual aumenta proporcionalmente con el incremento de la iluminación; esto se da de manera más pronunciada con niveles bajos de iluminación y no es tan significativo con niveles altos.

Los niveles óptimos de iluminación que se establecen con carácter normativo son muy variados, dependiendo de la fuente que se consulte, y también varían de un país a otro; véase la siguiente tabla:

Normas de iluminación alta en varios países[10]

	Trabajo delicado (iluminación alta)	*Trabajo excepcionalmente severo (ilum. especial)*
URSS	50 – 100 lux	150 – 300 lux
Hungría	150 – 300	300 – 500
Reino Unido	600	2 000 – 3 000
USA	1 500 – 5 000	5 000 – 10 000
México[11]	300 – 400	600

Evidentemente, estos valores también están determinados por las estrategias y políticas para la utilización de la energía. Y el aspecto energético, aunque no está relacionado con el confort, también es muy importante desde el punto de vista ambiental. Resulta difícil creer que la mayoría de los edificios utilicen de manera preponderante la iluminación artificial durante el día, desperdiciando la iluminación natural que es un recurso tan valioso y necesario para la salud y el confort, y además gratuito. La iluminación artificial debe emplearse durante la noche, y durante el día sólo como complemento, compensando las variaciones de la luz natural.

Aspectos psicológicos

Además de los aspectos fisiológicos mencionados anteriormente, tanto la calidad como la cantidad de luz tienen importantes impactos psicológicos sobre el individuo. El tipo de luz, ya sea natural o artificial, y su intensidad afectan directamente la percepción del medio ambiente y, por lo tanto, tiene repercusiones en el estado de ánimo y, en general, en muchas respuestas del individuo.

Mediante el manejo adecuado de la luz puede obtenerse aumentos de eficiencia y productividad, estimularse el apetito, provocar atracción visual hacia determinados objetos o espacios, lograr sensaciones de melancolía, romanticismo, alegría, erotismo o agresividad. La luz es un factor determinante del confort humano.

9 Steve Szokolay, "Passive and low energy design for thermal and visual confort", *op. cit.*

10 *Ibid.*

11 *Normas Técnicas del Instituto Mexicano del Seguro Social*, México, IMSS, 1985.

Confort acústico[12]

Se refiere a la percepción obtenida mediante el sentido del oído, donde se incluyen, además de los factores acústicos, los factores del ruido.

Las fuentes sonoras están siempre presentes, tanto en zonas urbanas como rurales, incluso en lugares "silenciosos" tales como un campo abierto o una casa aislada. En sí, la existencia de sonidos es necesaria para la percepción del entorno, ya que la ausencia total de sonidos puede afectar seriamente la salud física y mental del individuo.

El confort acústico está relacionado con las sensaciones auditivas, tanto por contar con niveles sonoros adecuados (aspectos cuantitativos) como con una adecuada calidad sonora (aspectos correspondientes al timbre, la reverberación, el enmascaramiento, etc.).

La acústica se encarga del diseño de los espacios, dispositivos y equipos necesarios para obtener una buena audición. Esto es sumamente importante para determinados géneros de edificios y espacios abiertos, ya que contar con una buena audición (percepción) es imprescindible para procesar adecuadamente la información recibida e interactuar de manera más eficaz con el medio ambiente (ligado directamente con la comunicación).

Cuando el sonido es desordenado o demasiado intenso, se convierte en un factor contaminante que denominamos ruido (aunque en general podemos definir el ruido como cualquier tipo de sonido indeseable, sea éste ordenado o desordenado, tenue o intenso).

En el caso de las grandes concentraciones urbanas (como por ejemplo la ciudad de México) las fuentes de contaminación por ruido se han multiplicado en proporción con el número de habitantes. Los niveles de ruido que se presentan cotidianamente en estas grandes urbes son francamente nocivos para la salud de sus pobladores.

Lo primero que se debe entender es el ruido, y las repercusiones que puede tener a corto, mediano y largo plazo.

Todo sonido tiene su origen en la vibración de un cuerpo, la cual se transmite a través del aire, es percibida por el sentido del oído e interpretada por el cerebro. El sonido es entonces una forma de energía que presenta dos características básicas: sonoridad e intensidad.

La intensidad es la cantidad de energía transmitida a través del aire. Esta varía en función de la distancia entre la fuente sonora y el individuo receptor, y se mide en decibeles "A" (dBa), que incluyen todas las escalas de frecuencia.

La sonoridad es la fuerza con la que se percibe el sonido, la presión que hace vibrar al tímpano o que llega a romper un vidrio. Se mide en niveles de presión acústica (NPA).

Cuando el sonido perturba de alguna manera al individuo, se convierte en ruido. El grado de esta perturbación depende de muchos factores, entre ellos están: el sexo, la edad, la experiencia y relación de sonidos, el estado de ánimo, etc. Sin embargo, se han establecido parámetros que definen una escala de confort o bienestar general. La Organización Mundial de la Salud[13] establece las siguientes escalas:

	Escala de intensidad
Muy silencioso	de 0 a 25 dBa
Silencioso	de 25 a 35 dBa
Moderado	de 35 a 45 dBa
Ruidoso	de 45 a 55 dBa
Muy ruidoso	más de 55 dBa
Límite de la OMS	90 dBa
Umbral de dolor	130 dBa

(En la ciudad de México se ha detectado que por lo menos 50% de los autobuses urbanos y 90% de los foráneos sobrepasan el límite de los 90 dBa.)[14]

Efectos del ruido

El ruido tiene diversos efectos, tanto fisiológicos como psicológicos; entre los más importantes se puede mencionar los siguientes:

Interferencia en la comunicación

En lugares con niveles de ruido superiores a los 55 dBa, la comunicación oral entre dos personas implica levantar la voz para hablar, lo que representa un esfuerzo adicional y molestias, tanto para el hablante como para el oyente. Además, se dificulta la comunicación por otros medios como

[12] Víctor Fuentes Freixanet, y Aníbal Figueroa C., "Contaminación por Ruido", Consulta Popular D.F. 1989. México, Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco, CYAD, 1989.

[13] *El Ruido, Criterios de salud ambiental 12.* Washington DC., Organización Mundial de la Salud, O.N.U., 1983.

[14] Luis Marco del Pont, *El crimen de la contaminación*, México, Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco, CSH, 1984.

hablar por teléfono, entender los mensajes de un sistema de sonido, etc.

Pérdida del oído

La exposición ocasional o constante al ruido puede provocar pérdida temporal o permanente en forma gradual, parcial o total de la capacidad auditiva. De hecho, con el paso del tiempo el hombre pierde gradualmente su capacidad para los sonidos en intensidad y frecuencias variadas; sin embargo, los efectos patológicos de sonidos intensos son fácilmente apreciables en personas expuestas constantemente a ruidos en sus medios laborales, tales como operadores de maquinaria pesada, músicos, etc.

Perturbación del sueño

Todas las personas han experimentado alguna vez la interrupción del sueño producida por sonidos intensos o ruidos. La exposición a fuentes de ruido ocasiona perturbación del sueño. Puede suceder que un ruido nos despierte al momento, que afecte el nivel de profundidad y duración del sueño o provoque dificultad para conciliarlo; estos efectos pueden producirse de manera instantánea a la generación del ruido o de manera desfasada, es decir que un individuo expuesto a fuentes de ruido durante el día, puede padecer sus efectos durante la noche.

Evidentemente los niveles confortables de la intensidad de ruido son mucho más bajos para dormir que los que podemos tolerar durante las horas de vigilia o actividad. La Organización Mundial de la Salud recomienda para dormir un máximo de 35 dBa. (En muchas zonas de la ciudad de México difícilmente se encuentran niveles inferiores a 55 dBa.)

Estrés

Algunos especialistas señalan un alto índice de personas neuróticas (98%) a causa del estrés, sobre todo en los grandes núcleos urbanos. Se ha demostrado que el ruido actúa directamente sobre el sistema nervioso autónomo, afecta al aparato circulatorio y cardiovascular y provoca hipertensión. El estrés puede provocar cefaleas, migrañas y dolores musculares, además de problemas psicológicos tales como ansiedad, irritación, desesperación, impotencia, etc., y problemas de relación social.

Efectos en el rendimiento

Se han realizado estudios que demuestran que las exposiciones al ruido reducen la eficiencia del individuo, su concentración en las actividades que realiza. Esto tiene repercusiones en la productividad y seguridad de los trabajadores, ya que muchos de los accidentes laborales se deben a distracciones causadas por ruidos.

Problemas psicológicos

Algunos investigadores relacionan el ruido ambiental con la salud mental, y aun cuando no es posible establecer una relación directa, algunas estadísticas establecidas en otros países determinan que era alto el índice de casos con problemas mentales anteriormente expuestos a distintas fuentes de ruido.

Además de los problemas psicológicos que puede provocar el ruido, es necesario mencionar que mediante sonidos es posible producir distintas sensaciones psicológicas sobre el individuo; por ejemplo, por medio de un adecuado manejo del sonido (o música en algunos casos), es posible crear ambientes que propicien relajación, tranquilidad, concentración o, en otros casos, dispersión, excitación, etc.

Confort olfativo

Se refiere a la percepción mediante el sentido del olfato. Aunque este tipo de confort pocas veces se toma en cuenta, es un factor importante que debe ser considerado, sobre todo en lugares con índices de contaminación.

El confort olfativo tiene dos vertientes de análisis; la primera, referente a la utilización de olores agradables con el fin de producir una sensación psicológica en el individuo. Este punto ha sido tradicionalmente utilizado por la arquitectura del paisaje por medio de distintas plantas aromáticas; sin embargo, actualmente se está generalizando el uso de productos químicos para eliminar o disimular olores desagradables.

Lo anterior nos conduce a la segunda vertiente, el manejo que debe darse a los olores desagradables; aspecto directamente relacionado con la contaminación ambiental.

La solución parece obvia: eliminar la fuente contaminante, ya sea cualquier tipo de desechos, sólidos o líquidos, químicos o naturales etc.; así como tratar de eliminar cualquier aparato de combustión o productor de gases contaminantes.

Por muy obvia que sea la solución, resulta muy díficil llevarla a cabo, principalmente en las grandes concentraciones urbanas; pero además de este tipo de macrocontaminación, a nivel doméstico se encuentran una gran cantidad de productos y elementos contaminantes de uso cotidiano tales como estufas, hornos, calentadores, productos químicos de limpieza, insecticidas, disolventes, detergentes y jabones, medicamentos, cigarros, etc., que contaminan el interior de los espacios.

Todos estos productos deben ser manejados de manera especial, almacenándolos en lugares adecuados y controlados; además, es necesario proveer de ventilación suficiente

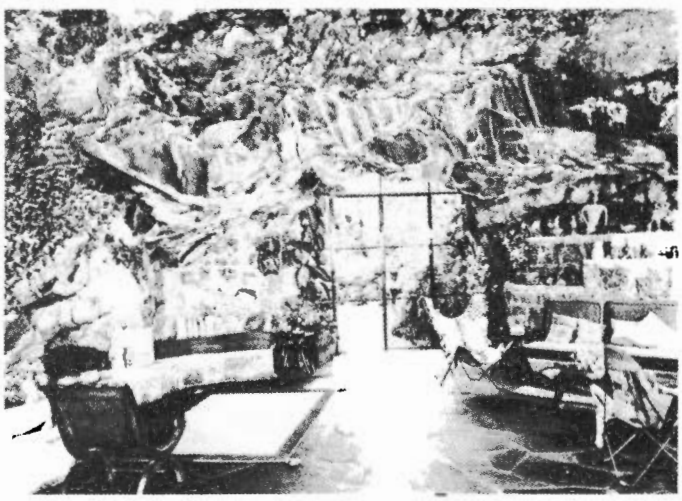
Juan O'Gorman, La presa.

todas las habitaciones, principalmente las que de alguna manera son contaminantes[15].

Si bien es cierto que las plantas ayudan a absorber substancias contaminantes y a producir oxígeno, en la realidad se exige demasiado de ellas, pues se olvida que también son organismos vivos afectados por la contaminación, incapaces de procesar contaminantes tan diversos y en tal cantidad.

En ocasiones, es posible utilizar filtros selectivos de agua, químicos, electromagnéticos, sintéticos, etc.; sin embargo, éstos son sólo paliativos que no resuelven el verdadero problema.

El confort olfativo se refiere únicamente al manejo de los olores; además es necesario considerar que a través de la nariz se introducen también muchas substancias y partículas no aromáticas que no son percibidas por el olfato pero que sí lo afectan, reduciendo su capacidad perceptiva, perjudicando a todo el sistema respiratorio, alterando la salud y, consecuentemente, el confort del individuo.



Juan O'Gorman, Interior de la estancia, casa San Jerónimo 162, México D.F.

Confort psicológico

El confort psicológico se refiere a la percepción global que tiene el cerebro de toda la información sensorial que recibe del medio ambiente; ésta es analizada y procesada en función de la información residente (conocimientos y experiencias); de esta forma el individuo responderá, expresando satisfacción o desagrado ante los estímulos ambientales.

Evidentemente, los aspectos psicológicos están involucrados en todos los medios de percepción anteriormente descritos, además de muchos otros factores determinantes del comportamiento humano. Todos estos factores interactúan entre sí estableciendo una red sumamente compleja; por ello están analizados de manera independiente.

Es curioso cómo interactúan los aspectos psicológicos con los factores térmicos, lumínicos, acústicos y olfativos; por ejemplo, la incomodidad fisiológica térmica y lumínica puede ser compensada a través de los factores visuales involucrados en el diseño de los espacios, tales como el manejo de colores, texturas, espacios, volúmenes, vacíos, macizos, etc.

Por su parte, el grado de incomodidad acústica u olfativa disminuye al perderse la ubicación o percepción directa de la fuente contaminante; por ejemplo, si se coloca una barrera vegetal angosta, pero suficientemente densa para obstruir la vista entre una avenida (contaminante de ruido) y un edificio, es posible que disminuya en las personas la percepción del ruido (psicológica) a pesar de que los niveles de intensidad sonoros han disminuido de manera insignificante. Del mismo modo, la incomodidad se incrementa drásticamente si se percibe visualmente la fuente de contaminación.

Lo anteriormente señalado sirve de introducción a uno de los aspectos más importantes del confort psicológico: el confort visual. A este respecto, quizá los estudios más serios y completos sean los del arquitecto Javier Covarrubias[16], quien ha desarrollado metodologías y extensos estudios acerca de la contaminación visual y la complejidad en la arquitectura.

En términos muy generales, estos estudios tratan de cómo percibe el individuo los objetos y espacios que lo rodean, su legibilidad, cómo se interpretan en función de su complejidad (formal, cromática, de su textura, de su orden y secuencias, proporciones, etc.), en función de la ubicación espacial y del tiempo que tiene el sujeto receptor para leer, percibir y procesar la información que da el objeto en particular o el ambiente en general.

Aunque aparentemente estos aspectos parecen bastante subjetivos, existen parámetros que pueden ser medidos y adecuadamente valorados, para proporcionar resultados válidos que deban ser aprovechados por el diseño arquitectónico.

[15] Cf. Roberto García Ch., y Víctor Fuentes Freixanet, *Viento y Arquitectura*, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, CYAD, 1985.

[16] Cf. Javier Covarrubias, *Complejidad Visual en la Arquitectura*, México, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, CYAD, 1987.

Contaminación, salud y confort

A lo largo del texto se ha tratado de mostrar la importancia del confort y algunas de las variables que lo determinan. Seguramente se aprecia que el factor fundamental para que un individuo se encuentre en estado de confort es la SALUD; sin ella es imposible expresar satisfacción ante el medio ambiente circundante, ya que los canales de percepción y relación entre el cuerpo y el ambiente están alterados o sea en disfunción, o en todo caso, la interpretación de los estímulos que llegan al cerebro se distorsiona.

La contaminación desempeña un papel determinante, tanto en la obtención del confort como en la salud. Existen muchos tipos de contaminación –del aire, el agua, el suelo, biológica, acústica, magnética, visual, psicológica, etc.–; todos ellos afectan al individuo en forma directa o indirecta, reduciendo su salud y bienestar.

En las grandes urbes, como es el caso de la ciudad de México, la contaminación en todas sus formas siempre se encuentra presente, afectando a toda la población (más de 18 millones de habitantes), principalmente a niños y ancianos; por ello es casi imposible hablar de salud o bienestar plenos. Los ciudadanos padecen afecciones constantes en su salud: estrés, tensión, irritación y molestias de todo tipo, retroalimentadas por el ambiente mismo y los individuos, con lo que se forma un círculo vicioso difícil de romper. No obstante, la gente parece estar acostumbrada, pues vive con una gran indiferencia y sólo reacciona en circunstancias críticas.

El hombre puede estar incómodo pero saludable: por el contrario, si está enfermo, no puede sentirse cómodo. Por ello, el primer paso para obtener el confort es estar saludable y para estar saludable es necesario eliminar la contaminación.

Estar en confort nos aporta grandes beneficios, ya que de esta forma el hombre se puede relacionar adecuadamente con el entorno y con sus semejantes, es más eficiente en todas las actividades que realiza y, por lo tanto, incrementa su productividad, pero lo más importante es que puede desarrollarse en lo personal de manera adecuada.

La arquitectura interviene directamente en la percepción ambiental del individuo. Un espacio mal diseñado puede provocar, además de disconfort, enfermedad y disfunción del organismo; abundan las habitaciones frías, cálidas, extremosas, ruidosas, mal iluminadas, desagradables, etc.

La arquitectura puede contribuir de manera significativa al bienestar y, en muchos casos, a la salud. Si se quiere solucionar los problemas de inadaptación de los espacios ante el ambiente, se debe hacer desde sus orígenes, partiendo de lo que constituye los objetivos fundamentales de la arquitectura:

1. Crear espacios habitables que cumplan con una finalidad funcional y expresiva, que sean física y psicológicamente saludables y confortables, para propiciar el óptimo desarrollo del hombre y sus actividades.

2. Hacer un uso eficiente de la energía y los recursos: tendiendo a la autosuficiencia de las edificaciones.

3. Preservar y mejorar el medio ambiente, integrando al hombre en un ecosistema equilibrado por medio de los espacios.

Bibliografía

Covarrubias, Javier. *Complejidad Visual en la Arquitectura.* México, Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco, CYAD. 1987.

Figueroa C., Aníbal. "Iluminación Natural" *Arquitectura bioclimática y energía solar*, vol. 4. México, Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco, CYAD. 1987.

Fuentes Freixanet, Víctor, Figueroa C., Aníbal. "Contaminación por Ruido" Consulta Popular D.F. 1989. México, Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco, CYAD. 1989.

Fuentes Freixanet, Víctor y Figueroa C., Aníbal. *Recomendaciones y Normas de diseño bioclimático para el I.M.S.S.*, México, I.M.S.S. 1989.

García Ch., Roberto, Fuentes Freixanet, Víctor. *Viento y Arquitectura.* México, Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco, CYAD, 1985.

Givoni, Barhu. *Man, climate and architecture.* New York, Van Nostrand Reinhold Co., 1981.

Goffin, Louis. *La problématique de l'environnment.* Bruselas, F.U.L. 1984.

Marco del Pont, Luis. *El crimen de la contaminación.* México, Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco, CSH, 1984.

Normas Técnicas del Instituto Mexicano del Seguro Social. México, I.M.S.S., 1985.

Olgyay, Víctor. *Design with climate.* Princeton, Princeton University Press, 1963.

Ponte, Lowell. "How Artificial Light Affects Your Health", *Reader's Digest.* R.D. U.S. 1981.

El Ruido. Criterios de salud ambiental 12, Washington, Organización Mundial de la Salud, O.N.U. 1983.

Szokólay, Steve. *Environmental Science Handbook.* Lancaster, The Construction Press, 1981.

Szokolay, Steve. "Passive and low energy design for thermal and visual comfort". *Passive and Low Energy Ecotecniques Applied to Housing* (PLEA'84 México). New York, Pergamon Press, 1984.

Vitruvio, Marco Lucio. *Los diez libros de la arquitectura.* Barcelona, Editorial Iberia, 1955.