

CRITERIOS DE DISEÑO PARA EDIFICACIONES ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES EN VENEZUELA

MARÍA EUGENIA SOSA, GEOVANNI SIEM

Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Universidad Central de Venezuela

Apartado Postal 47169, Caracas 1041-A, Venezuela

e-mail: msosa@idec.arq.ucv.ve, gsiem@cantv.net

Recibido: Febrero de 2003

Recibido en forma final revisado: Abril de 2004

RESUMEN

En este trabajo se describen las principales estrategias y criterios que deben servir de orientación a los arquitectos, ingenieros y afines, para concebir y construir edificaciones en el trópico con un comportamiento eficiente en el uso de la energía eléctrica principalmente, aunque también implica a otros tipos de energía, dentro de un concepto de sostenibilidad. Una interacción adecuada entre la arquitectura y el ambiente debe extraer beneficios de las condiciones climáticas particulares y de los recursos naturales para elaborar soluciones propias, en función de un mayor ahorro de energía sin menoscabo de la calidad de vida. Los criterios de diseño para concebir edificaciones con alta eficiencia energética deben estar dirigidos a privilegiar el acondicionamiento pasivo y la iluminación natural, así como a usar racionalmente el acondicionamiento mecánico cuando las necesidades de uso así lo requieran. Las recomendaciones están basadas fundamentalmente en tres estrategias principales para eliminar o reducir el uso de la energía eléctrica: ventilación natural, iluminación natural y bloqueo solar. Cada una de ellas y también su combinación deben conducir a resultados donde el confort y la eficiencia energética sean el objetivo común. Los criterios iniciales de diseño de una edificación definirán su comportamiento futuro en relación a la demanda de energía. La potencialidad de establecer este comportamiento es mayor al inicio del proceso de diseño, disminuye a medida que se avanza en el proceso y se hace casi nula al finalizar la construcción y el equipamiento. En la producción de edificaciones en Venezuela con mucha frecuencia se desatienden las exigencias climáticas propias como criterio fundamental de diseño, para darle posteriormente una solución que en la mayoría de los casos, desemboca en la instalación de potentes sistemas de aire acondicionado con alto consumo a lo largo de su ciclo de vida. Aún más grave ocurre en los casos de acondicionamiento pasivo donde se obtienen ambientes interiores con bajos niveles de confort térmico. Esta situación lleva a proponer recomendaciones de diseño arquitectónico que engloben los componentes constructivos, las instalaciones y el equipamiento, dirigidas a incidir en una adecuada formación y práctica profesional con un planteamiento de sostenibilidad enfocada a la eficiencia energética. Una exposición detallada sobre estas recomendaciones pueden encontrarse en el Manual de Diseño de Edificaciones Energéticamente Eficientes indicado en las referencias bibliográficas

DESIGN CRITERIA FOR ENERGY EFFICIENT BUILDINGS IN VENEZUELA

ABSTRACT

This paper describes the main strategies and criteria that might serve as guidelines to architects, engineers and the like, in the design and construct buildings in the tropics with an efficient use of electrical energy, although other types of energy sources are considered, within the framework of the concept of sustainability. An appropriate interaction between architecture and environment must make use of local climatic conditions and natural resources to provide solutions, based on the criteria of energy saving without affecting the quality of life. The criteria of designing and building with high energy efficiency must be aimed at promoting passive cooling systems and natural illumination, as well as using mechanical cooling rationally when required. Recommendations are essentially based on three main strategies to eliminate or reduce the use of electrical energy: natural ventilation, natural illumination and solar blockade. Each one of them and also their combination must lead to results where comfort and the energy efficiency are the common goal. The initial criteria of design of a building will define their future behaviour in relation to energy consumption. The potential of establishing this behaviour is greater at the beginning of the design process, diminishes as the process advances and, at the end, becomes almost null. The construction industry in Venezuela very frequently neglects the fact of local climatic demands as a fundamental design criterion, leading to in most cases, a powerful system of air conditioning with high consumption

throughout its service life. Even worse is the case of passive cooling where interior environments with low levels of thermal comfort are the norm. This paper thus proposes architectural design recommendations that include constructive components, facilities and equipment, aimed at encouraging suitable formation and professional practice focused on power efficiency. Details of these recommendations can be found in the Manual of Design for Energy Efficient Buildings listed in the bibliographical references.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población y el desarrollo tecnológico de nuestros tiempos han originado novedosas formas de confort para los habitantes, lo cual a su vez se traduce en mayor variedad de instalaciones y equipos, y, en consecuencia, en una demanda creciente de energía difícilmente satisfecha por la oferta convencional. Estudios y aproximaciones recientes - como las conclusiones de la Cumbre de Río en junio de 1992, el Protocolo de Kyoto en diciembre de 1997 y la Cumbre de Johannesburgo en 2002 - han identificado la necesidad de reordenar el consumo de energía en el mundo, para reducir así las emisiones de gases al ambiente; también se ha concentrado la mirada en el tema de las edificaciones, responsables del consumo de alrededor de 40% de energía en las ciudades. En consecuencia, disciplinas como la Arquitectura e Ingeniería se han visto en la necesidad de repensarse en una mayor armonía con el ambiente y en consecuencia una reducción del consumo de energía.

Una interacción adecuada entre la arquitectura y el ambiente debe extraer beneficios de las condiciones climáticas particulares y de los recursos naturales para elaborar soluciones propias, en función de un mayor ahorro de energía sin menoscabo de la calidad de vida. Los criterios de diseño para concebir edificaciones con alta eficiencia energética deben estar dirigidos a privilegiar el acondicionamiento pasivo y la iluminación natural, así como a usar racionalmente el acondicionamiento mecánico cuando las necesidades de uso así lo requieran.

El presente trabajo comienza con una reflexión sobre la relación entre la concepción arquitectónica y la racionalidad energética, para pasar a describir brevemente el clima venezolano. Luego se revisan las estrategias fundamentales para el clima cálido húmedo, a saber: mitigación de las cargas de calor solar, iluminación natural y ventilación natural.

A continuación se describen las recomendaciones básicas de diseño arquitectónico que engloban los componentes constructivos, las instalaciones y el equipamiento. Una exposición detallada sobre estas recomendaciones pueden encontrarse en el Manual de Diseño de Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico¹.

1.- ARQUITECTURA Y RACIONALIDAD ENERGÉTICA

La obra arquitectónica debe concebirse en armonía con el clima y con las características socioculturales, económicas y tecnológicas del país, pues sus efectos se reflejan en la calidad de los espacios habitables, el uso racional de la energía y el impacto ambiental.

Los criterios iniciales de diseño de una edificación definirán su comportamiento futuro, en relación a la demanda de energía. Tal como lo muestra la figura 1, la potencialidad de establecer este comportamiento es mayor al inicio del proceso de diseño, disminuye a medida que se avanza en el proceso y se hace casi nula al finalizar la construcción y el equipamiento. En este último caso, las medidas para ahorrar energía estarán principalmente orientadas a actuar sobre la aplicación de tecnologías de uso y mantenimiento en equipos e instalaciones.

Una edificación de alta calidad arquitectónica puede representar una inversión importante durante el proyecto y la construcción, pero esos no son los únicos elementos a considerar en el costo global. Un criterio amplio de sostenibilidad también toma en cuenta los costos de operación y mantenimiento a lo largo del ciclo de vida de la edificación.

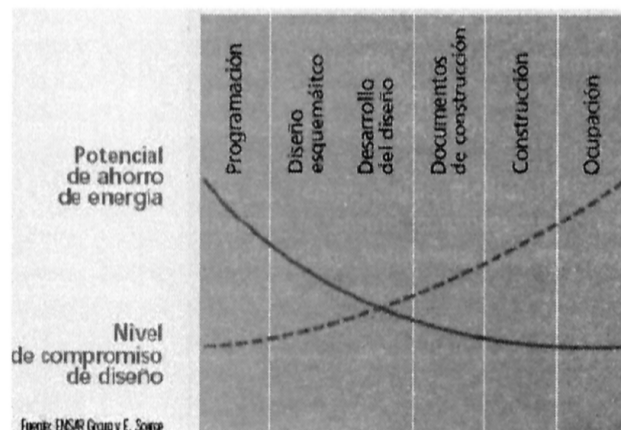


Figura 1. Fases del proceso de diseño

¹ Sosa, M.E., Siem, G.; Manual de Diseño de Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico <http://www.arq.ucv.ve/idee/habitabilidad/racionalidad/desarrollado> en el marco del Proyecto Técnicas de Reducción del Gasto Energético en Edificaciones, - IDEC-FAU-LJCV/EDC 2004, financiado por FONACIT en la Agenda Ciudad. Equipo de Investigadores Profesores M.E Sosa, G. Siem, M.E. Hobaica, L. Rosales, N. Hernández por la UCV y la Ing. Ibelise Roja por la Electricidad de Caracas

Venezuela no cuenta actualmente con suficientes mecanismos legales y técnicos para responder adecuadamente a esta situación. Esto ha permitido la incorporación indiscriminada de criterios de diseño y tecnología que responden a tendencias foráneas resultando en una arquitectura que desatiende los requerimientos ambientales.

2.- EL CLIMA EN VENEZUELA

Venezuela esta localizada entre 1° y 12° latitud norte, en la zona intertropical de bajas presiones ecuatoriales; posee un clima que a grandes rasgos se caracteriza por escasas variaciones entre una estación de lluvia (de mayo a octubre) y otra seca (de noviembre a abril), con una humedad relativa alta a lo largo de todo el año.

Las temperaturas medias varían entre 23 °C y 29 °C, y presentan pocas variaciones entre el día y la noche. A manera de ejemplo, en las zonas costeras el salto térmico diario está por el orden de 6 °C.

La amplitud térmica anual (diferencia entre el mes más frío y más cálido) es muy baja, en general menor de 5 °C, por lo que el clima del país puede calificarse de isoterma.

No obstante, en las zonas montañosas se presentan fuertes gradientes de temperatura. Por ejemplo, en El Vigía (a 130 msnm) y Mucubaji (a 3650 msnm) las temperaturas del mes más frío varían de 26,3 °C a 5,4 °C en una distancia horizontal menor de 100 Km.

La distribución de las temperaturas media, máxima y mínima en función de la altitud constituye el criterio básico que ha permitido establecer cuatro zonas climáticas en Venezuela.

Sin embargo, al introducir nuevas variables, tales como la humedad, la precipitación, el viento y fenómenos meteorológicos de orden local, que afectan una región en particular, se obtiene un conocimiento más completo que conduce a la definición de las subzonas climáticas, (ver mapa). Las soluciones arquitectónicas adecuadas deben por tanto considerar las condiciones climáticas, micro climáticas y urbanas.

3.- ESTRATEGIAS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO

La edificación debe entenderse como una barrera selectiva entre las condiciones climáticas exteriores y las condiciones ambientales interiores deseadas. La envolvente de la edificación es por lo tanto un filtro que debe excluir las

influencias indeseadas, mientras admite aquéllas que son beneficiosas.

Un diseño de edificaciones adecuado a las necesidades regionales y locales debe basarse en estrategias que tomen en cuenta las características geográficas y climatológicas, para responder a las exigencias de la economía, la salud y el confort de los ocupantes.

Un enfoque de racionalidad energética nos conduce a formular recomendaciones de diseño basadas en tres estrategias fundamentales:

- Mitigación de las cargas de calor solar
- Aprovechamiento de la ventilación natural
- Control de la iluminación natural

Estas estrategias servirán de guía para ser aplicadas a cada uno de los diferentes componentes arquitectónicos, sin embargo, su aplicación dentro del proyecto debe responder a una concepción integradora, coherente y funcional.

3.1.- MITIGACIÓN DE LAS CARGAS DE CALOR SOLAR

La envolvente de una edificación, al actuar como un filtro al paso de la radiación solar, el viento, la humedad y la lluvia, modula el intercambio de calor entre el exterior y el interior.

En el clima tropical, la causa más importante de calentamiento en el interior de las edificaciones es el sol, el cual actúa esencialmente de dos maneras:

- Penetración directa por las aberturas y las superficies vidriadas.
- Calentamiento de los cerramientos exteriores opacos y transmisión posterior al interior.

Una de las soluciones más adecuadas es el bloqueo solar, mediante pérgolas, parasoles, aleros, corredores, celosías, elementos de paisaje (árboles, jardineras y setos) u otros dispositivos que produzcan sombra sobre los componentes de la envolvente.

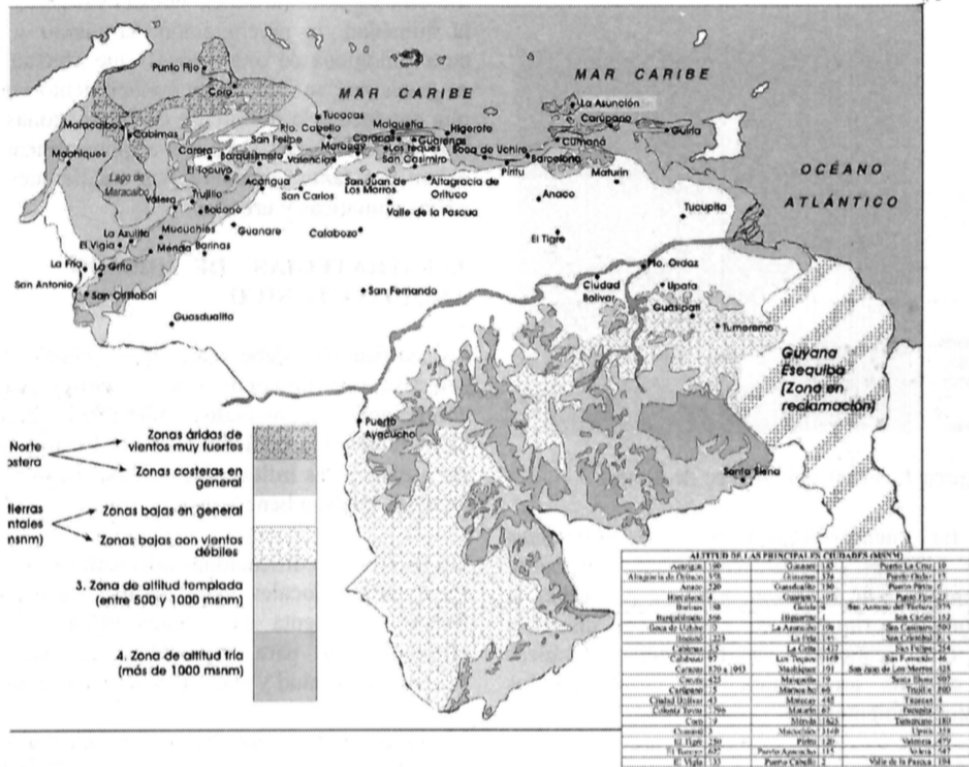


Figura 2. Zonas Climáticas de Venezuela en función de las variables ambientales que afectan el confort.

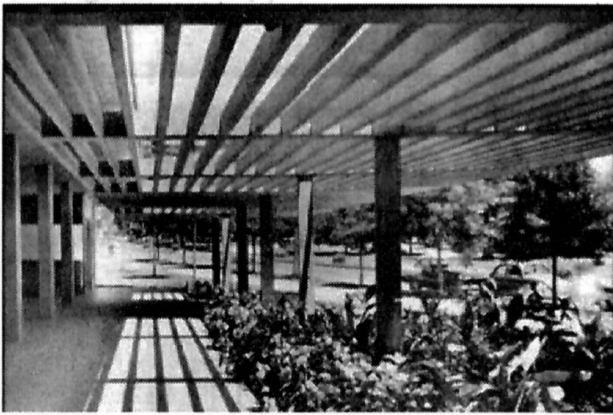


Figura 3. Uso de pérgolas para mitigar la radiación solar incidente

Fuente: Sosa, M.E., Siem, G.; Manual de Diseño de Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico; <http://www.arq.ucv.ve/idec/habitabilidad/racionalidad/>

Otras acciones para mitigar las cargas de calor en los cerramientos expuestos al sol están basadas en las propiedades termofísicas y superficiales de los componentes constructivos de la envolvente. En el ambiente exterior tanto la radiación solar como la temperatura del aire obedecen a ciclos de 24 horas que se repiten constantemente. En el exterior, la temperatura del aire y de las superficies externas de la envolvente de la edificación se encuentra a su nivel mínimo antes del amanecer. A medida que el sol se eleva en

el cielo la temperatura del aire exterior aumenta hasta que alcanza su valor máximo, y al mismo tiempo se almacena en la envolvente un flujo de calor originado por la radiación solar recibida en forma directa, difusa o reflejada.

La envolvente almacena calor en mayor o menor medida y luego lo transmite al interior; este proceso está vinculado al concepto de masa térmica o inercia térmica de una edificación, el cual se refiere a la característica que tiene la edificación en su conjunto de amortiguar el calor que incide sobre ella y transmitirlo al interior con retardo, tal como se muestra en la figura 4.

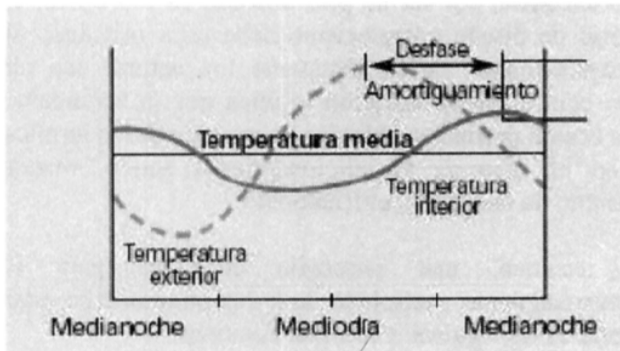


Figura 4. Mecanismo de inercia térmica

Fuente: Sosa, M.E., Siem, G.; Manual de Diseño de Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico; <http://www.arq.ucv.ve/idec/habitabilidad/racionalidad/>

- Si la inercia térmica es fuerte, el tiempo de retardo y el amortiguamiento son grandes y se dice que la edificación es pesada.
- Si la inercia térmica es débil, el tiempo de retardo y el amortiguamiento son pequeños y se dice que la edificación es liviana.

La inercia térmica fuerte es adecuada para edificaciones diseñadas para funcionar en horas diurnas con sistemas de aire acondicionado, por ejemplo para edificios gubernamentales y de oficinas.

La inercia débil y la media son más adecuadas para edificaciones de uso diurno y nocturno acondicionadas con ventilación natural por ejemplo para edificios residenciales, recreativos y educativos.

3.2 APROVECHAMIENTO DE LA VENTILACIÓN NATURAL

El movimiento del aire se origina por la diferencia de presiones, la cual tiene dos fuentes: gradiente de temperaturas o efecto dinámico del viento al chocar contra la edificación.

En las regiones tropicales, el movimiento del aire, por diferencias térmicas (origen térmico) puede ser despreciable, dada la poca diferencia de temperatura entre el aire interior y exterior.

Por el contrario, la fuerza dinámica provee mayor velocidad y remoción del aire a los ambientes interiores, factor de suma importancia para el confort térmico en climas cálidos. Las edificaciones, de acuerdo a las necesidades de uso y de las características climáticas, pueden acondicionarse ambientalmente de manera activa o pasiva.

La ventilación natural, utilizada en combinación con el aislamiento, la masa térmica y las protecciones solares, puede reducir o eliminar la necesidad del aire acondicionado en los espacios interiores.

Para maximizar las oportunidades de ventilar naturalmente una edificación debe asegurarse un irrestricto acceso a los vientos exteriores. La velocidad del aire en un ambiente está condicionada por la velocidad del viento incidente y de los campos de presión que se generan alrededor de la edificación, los cuales están determinados por la implantación y forma de la edificación, la permeabilidad de las fachadas y la distribución interior de los ambientes.

En Venezuela, algunas regiones presentan condiciones de viento y de temperatura del aire que permiten acondicionar los espacios de forma natural sin usar equipos mecánicos.

En muchas ocasiones, la orientación de la edificación en forma adecuada a la trayectoria solar está en contradicción con la de los vientos dominantes en la parcela, pero una estudiada disposición de los elementos constructivos

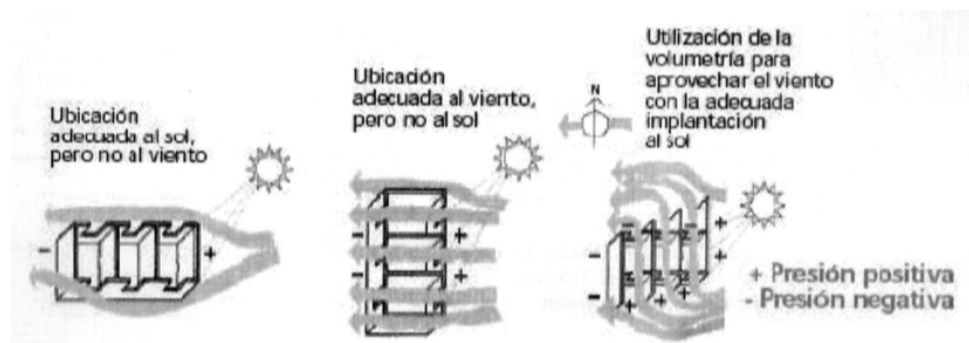


Figura 5. Diseño adecuado para conciliar la orientación del sol y de los vientos

exteriores, de la volumetría y de la vegetación pueden cambiar la dirección del aire en movimiento (ver figura No 5).

3.3 CONTROL .DE LA ILUMINACIÓN NATURAL

El sol es la fuente natural de la iluminación diurna, y su efecto depende de la localidad geográfica. Es así como las características lumínicas del cielo están determinadas por la latitud, la altitud y las condiciones climáticas de cada región.

Un adecuado uso de la luz natural requiere un conocimiento básico de sus propiedades fundamentales, de transmisión y reflexión. Materiales y colores de una alta transmitancia y/o reflectancia son factores de diseño determinantes para el aprovechamiento de la iluminación natural y para racionalizar el consumo de energía. La propiedad de reflexión de los espejos permite su utilización práctica en la arquitectura para la conducción o redistribución de la luz natural, como en el caso de los duetos de iluminación y bandejas solares (ver figura 6).

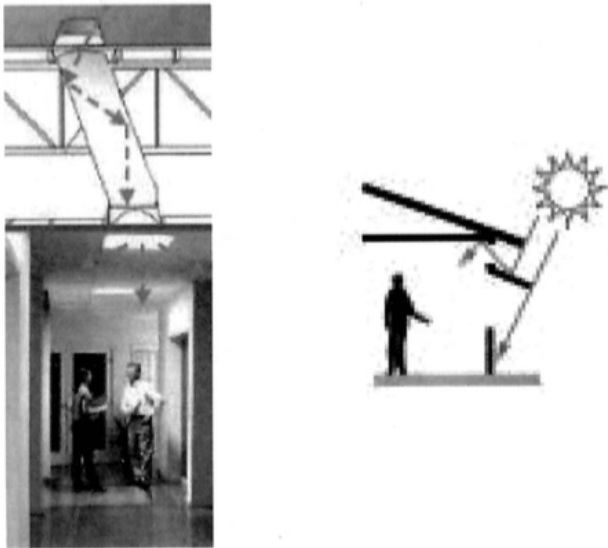


Figura 6. Ejemplos del uso de las propiedades de Luz para la iluminación natural de ambientes interiores a través de duetos y bandejas solares

Fuente: Sosa, M.E., Siem, G.; Manual de Diseño de Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico;
<http://www.arq.ucv.ve/idec/habitabilidad/racionalidad/>

En Venezuela, por ser un país ubicado en el trópico, el criterio de diseño prevaleciente debe estar orientado al aprovechamiento de la abundante luz natural con un buen control de la radiación térmica que la acompaña. Esta acción produce ambientes de mayor calidad térmica y, en el caso de acondicionamiento activo, menor consumo de energía de enfriamiento .

En resumen, una estrategia adecuada para el aprovechamiento controlado de la luz natural debe estar basada en las siguientes recomendaciones:

- Orientación y protección de las ventanas y otras aberturas, con parasoles, aleros, cortinas, persianas u otro medio de bloqueo de las ganancias solares.
- Empleo de superficies reflectantes para reorientar la luz, y dotar los ambientes de mayor y mejor iluminación natural.
- Ubicación y tamaños adecuados de las ventanas y otras aberturas en función del uso y proporciones volumétricas del ambiente.
- Utilización de acabados finales interiores en pisos, paredes, techos y mobiliarios de colores claros.
- Uso de cristales de alta tecnología adecuada al trópico, que permitan una apropiada transmisión de luz natural con una controlada ganancia de calor solar.

La tabla N° 1 ofrece una orientación para la selección adecuada de los vidrios en función del balance entre el Coeficiente de Ganancia Solar (SHGC) y el Coeficiente de Transmisión de luz natural (VLTC).

Tabla N° 1. Comparación del comportamiento térmico y lumínico de diferentes tipos y colores de cristales.

Tipos de vidrios	Coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC)	Coeficiente de transmisión de luz natural (VLTC)
Hoja de vidrio simple-estándar		
Claro	0.85	0.90
Bronce	0.72	0.67
Gris	0.68	0.60
Gris Oscuro	0.58	0.30
Hoja de vidrio simple-espectralmente selectivo		
Estándar tinte verde	0.70	0.83
Alta tecnología tinte verde	0.61	0.76
Alta tecnología tinte azul	0.57	0.77
Doble hojas de vidrios		
Claro	0.76	0.81
Estándar Low-e	0.65	0.76
Espectralmente selectivo Low-e	0.38	0.71

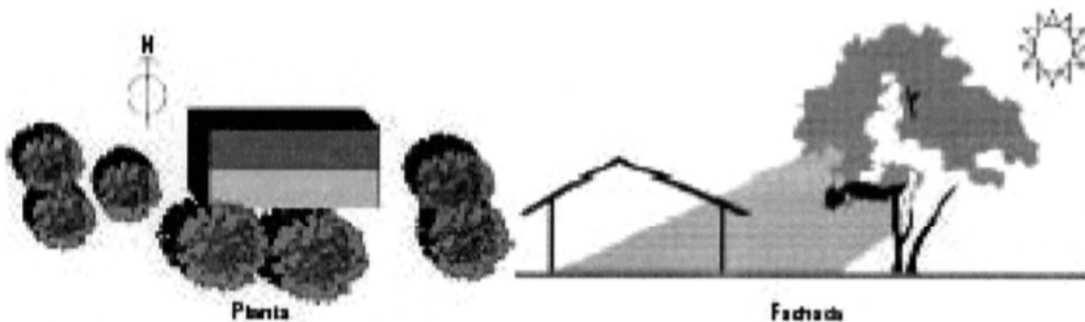


Figura 7. Implantación adecuada y uso de árboles para sombrear la edificación

Fuente: Sosa, M.E., Siem, G.; Manual de Diseño de Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico;
<http://www.arq.ucv.ve/idec/habitabilidad/racionalidad/>

4.- RECOMENDACIONES DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO

4.1- IMPLANTACIÓN Y FORMA

La implantación en la parcela y la forma arquitectónica de la edificación pueden ser decisivas para aminorar las ganancias de calor por radiación solar y promover el movimiento del aire alrededor y dentro de los ambientes. Para ello es necesario considerar todas las posibilidades de la orientación solar, los vientos dominantes, los accesos, los árboles existentes y el contexto urbano, y valorar en cada caso las limitaciones impuestas por las características del terreno y la normativa vigente (ver figura 7).

Es importante resaltar que en el caso de edificios cuyas exigencias de ocupación impongan el uso de aire acondicionado, la solución adecuada debe considerar volúmenes compactos y cerrados a las brisas.

4.2.-AMBIENTES INTERIORES

Los ambientes interiores deben adecuarse para aprovechar la iluminación natural, aminorar las ganancias de calor por radiación solar y, al mismo tiempo, deben estimular la ventilación para asegurar una buena calidad del aire y la eliminación del calor por convección.

El proceso de diseño y ubicación de los espacios que conforman la edificación debe mantener un balance entre los requerimientos térmicos, de iluminación y de ocupación de cada ambiente. Desde el punto de vista de la calidad ambiental, las ganancias de calor por radiación solar pueden anular las ventajas de la iluminación natural, por lo cual la orientación y las protecciones solares en ventanas y aberturas son factores claves.

Estos principios también son válidos cuando se requiere acondicionamiento activo, pues propicia la disminución de las cargas de enfriamiento y demanda menor potencia para los equipos de aire acondicionado.

4.3. TECHOS

A través del techo puede penetrar gran cantidad de calor a los ambientes interiores. Debido a su posición recibe radiación solar en cualquier época del año y en forma perpendicular recibe durante una buena parte del día en el caso de techos planos, por lo cual puede alcanzar temperaturas superficiales exteriores de hasta 65 °C cuando la temperatura exterior del aire, a la sombra, es de sólo 27 °C. El techo es la mayor fuente de calor en el caso de edificaciones de baja altura,

pues la radiación solar que recibe puede alcanzar hasta un tercio (1/3) de las ganancias de calor de una casa y provocar altas temperaturas en el interior.

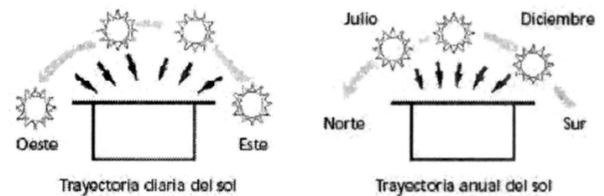


Figura 8. Incidencia solar sobre un techo plano en el trópico- Latitud Norte

Fuente: Sosa, M.E., Siem, G.; Manual de Diseño de Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico; <http://www.arq.ucv.ve/idec/habitabilidad/racionalidad/>

Debe prestarse una gran atención al diseño y materiales del techo para garantizar el confort térmico de los ambientes interiores y reducir el consumo de electricidad en el caso de acondicionamiento activo.

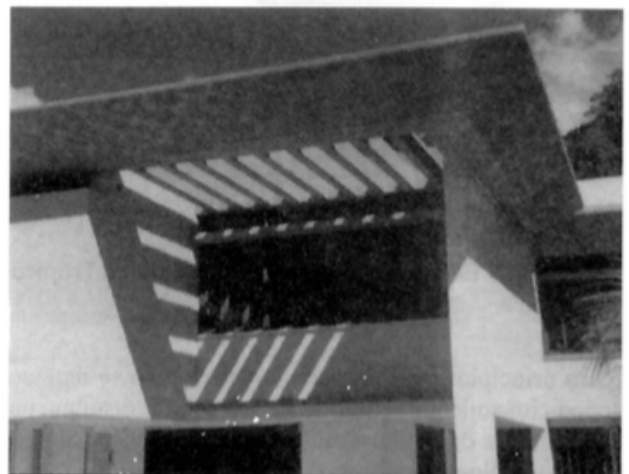


Figura 9. Pérgola de techo como protección solar de la envolvente

Fuente: Sosa, M.E., Siem, G.; Manual de Diseño de Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico; <http://www.arq.ucv.ve/idec/habitabilidad/racionalidad/>

4.4. PAREDES

Las paredes están expuestas a altos niveles de radiación solar, con mayor influencia en el caso de edificaciones de gran altura.

Las fachadas este y oeste pueden tener ganancias de calor de hasta 3000 w/m²/día, al percibir en forma perpendicular los rayos solares durante una buena parte del día. Parte de la ganancia de calor es absorbida por los componentes opacos

y reirradiada a los ambientes interiores .

Las técnicas utilizadas para controlar el acceso de calor a través de las paredes deben darle prioridad a la orientación, a los elementos de protección solar y a los materiales constructivos. Estas acciones concebidas en forma coherente podrán garantizar una buena calidad térmica en el caso de acondicionamiento pasivo, y un uso racional de la energía cuando se empleen sistemas de aire acondicionado.



Figura 10. Gran atrio central ventilado que tamiza el calor y la luz en fachadas

Fuente: foto Siem-Sosa- Edificio Procter & Gamble Caracas. Arqtos. Diquez, González y Rivas.

4.5 VENTANAS Y OTRAS ABERTURAS

Las ventanas y otras aberturas ofrecen vista al paisaje y permiten el paso de luz y ventilación natural. En contraposición, la luz solar con entrada directa a través de las ventanas puede representar una alta ganancia de calor hacia el interior de los ambientes. Esto puede significar más de la mitad de las cargas de energía de enfriamiento en una edificación con aire acondicionado.

Las técnicas de mitigación de las ganancias solares relacionadas con el sombreado, ubicación y orientación de las aberturas o ventanas y con la calidad de los vidrios, deberán estar en armonía con las decisiones de implantación y distribución de los espacios interiores. El uso de estas estrategias, o la combinación de ellas, es la forma más efectiva de alcanzar el confort térmico y lumínico en forma natural, o de reducir significativamente el consumo de energía del sistema de aire acondicionado.

En el caso de acondicionamiento pasivo, para aprovechar la ventilación natural es importante una alta permeabilidad en las fachadas y en los cerramientos interiores. La estratégica ubicación y tamaños de ventanas y/o aberturas estimularan la circulación y renovación del aire.



Figura 11. Detalles de protecciones solares y en fachada este, ejemplo adecuado de arquitectura tropical

Fuente: Foto Siem-Sosa Edificio de Ingeniería Sanitaria UCV . Ara. Carlos Raúl Villanueva

5. RECOMENDACIONES DE DISEÑO DE INSTALACIONES Y EQUIPAMIENTO

En la producción de edificaciones en Venezuela se ha desatendido el aspecto climático como criterio fundamental de diseño. Este factor, erróneamente, es considerado posteriormente, y la solución más expedita a este problema constituye, en la mayoría de los casos, la instalación de potentes sistemas de aire acondicionado que vienen a suplir la carga de enfriamiento, que seguramente hubiera podido ser menor. También ocurre en los casos de acondicionamiento pasivo, por lo cual se obtienen ambientes interiores con bajos niveles de confort térmico.

De la misma forma, desaprovechar el potencial de la luz natural del cielo para iluminar los espacios interiores, eleva considerablemente la necesidad posterior de iluminar por medio de luz artificial.

Las instalaciones, tecnologías, mobiliario y equipos no deben ser una solución para remediar un diseño arquitectónico inadecuado a las condiciones ambientales; por el contrario, en el diseño arquitectónico deben estar implícitas las soluciones de instalaciones y equipamientos. De esta forma se logran altos niveles de calidad de vida con eficiencia energética.

La armonía del diseño arquitectónico con la dotación de instalaciones y equipos debe estar basada en las siguientes recomendaciones básicas:

- Distribución espacial con precisión del número, ubicación y actividad de los usuarios y los requerimientos de energía durante la fase de anteproyecto arquitectónico; esto se traduce en una distribución balanceada de las cargas eléctricas provenientes de las instalaciones y equipos mecánicos, eléctricos, sanitarios y de seguridad.
- Adecuación de las instalaciones y equipos eléctricos a las tareas que se llevarán a cabo en cada uno de los espacios aprovechando la iluminación natural e incorporando superficies de colores claros. De esta manera se requerirá menos energía para la iluminación artificial.
- Uso de equipos energéticamente eficientes, que aunque requieren una mayor inversión inicial a largo plazo resultan en un menor consumo y menores costos de funcionamiento.
- Incorporación de sistemas inteligentes para encendido y apagado automático de las instalaciones y equipos según el horario de ocupación de la edificación.
- Previsión de reservas eléctricas para modificaciones y cambios de uso tecnológico o en los años de vida útil de la edificación en el proyecto. De esta manera se evitarán picos de demanda y sobrecargas de las líneas o circuitos de

suministro eléctrico.

- Incorporación de instalaciones y equipos que funcionen con energías alternativas que permitan al usuario mayor autonomía de adaptación a los futuros cambios en la tecnología y en la reglamentación sobre emisiones de gases y ahorro de energía. Entre las opciones disponibles, el gas es una de las más económicas y de mayor sencillez de instalación y mantenimiento. Su uso abarca calentadores de agua, cocinas y calderas.



Figura 12. Instalaciones y equipos a gas para calentar agua

Fuente: www.ifecgaspereira.com/imaxes/fotos/quent.jpg

CONCLUSIONES

En la producción de edificaciones en Venezuela con mucha frecuencia se desatienden las exigencias del clima tropical como criterio fundamental en las primeras etapas del proceso de diseño, para darle posteriormente una solución que en la mayoría de los casos, desemboca en la instalación de potentes sistemas de aire acondicionado con alto consumo de energía a lo largo de su ciclo de vida. En los casos donde el régimen de uso impone el acondicionamiento pasivo, las deficientes decisiones de diseño y de selección de componentes constructivos generan ambientes interiores de baja calidad térmica.

El aumento constante y sostenido del consumo de energía eléctrica en edificaciones, está directamente vinculado con la aplicación inadecuada al clima venezolano de criterios de diseño arquitectónico, con las deficientes regulaciones en el sector construcción y con la falta de una visión integradora de la arquitectura y las instalaciones desde la fase de

anteproyecto.

RECOMENDACIONES

La aplicación de criterios arquitectónicos que tomen en cuenta las condiciones climáticas así como las variables socio-culturales, tecnológicas y económicas, requiere el concurso de diversos actores que participan desde la formación del arquitecto hasta la formulación de regulaciones que controlen la calidad de las edificaciones. De esta manera se pueden dar algunas recomendaciones para que los organismos involucrados puedan tomar acciones y producir cambios en la toma de decisiones. A continuación proponemos algunas medidas que pueden contribuir en ese sentido bajo una concepción de arquitectura sostenible, centrada en la calidad térmica y la eficiencia energética.

Incluir estos conceptos en los programas y las asignaturas de la formación de arquitectos, ingenieros, urbanista y otros profesionales que intervienen en el diseño y construcción de edificaciones:

1. Profundizar las actividades de investigación para crear las bases de regulaciones estatales y regionales dirigidas a la evaluación y certificación de los proyectos arquitectónicos, donde se incluyan el diseño, las instalaciones y los equipos que engloben los componentes constructivos, las instalaciones y el equipamiento.
2. Crear e impulsar incentivos para la aplicación de reglas de diseño y normativas con este enfoque por parte de los organismos de financiamiento y promoción del sector construcción.

REFERENCIAS

ALLARD, F., *et al.* 1998. Natural Ventilation in Buildings. James & James. London, UK.

GIVONI, B. 1994. Passive and Low Energy Cooling of Building. Van Nostrand Reinhold edition, New York.

HAWAII ADVANCED BUILDING INDUSTRY TECHNOLOGIES (HABIT), State of Hawaii energy - Efficient Building Programs, January 1999, Field Guide for Energy Performance, Comfort and Value in Hawaii Homes. http://www.naseo.org/energy_sectors/buildings/hawaii.html.

IDEC,FAU,UCV,/EDC 2004 Informe Técnico Final investigación Técnicas de Reducción del Gasto Energético en Edificaciones. FONACIT Agenda Ciudad,

FONACIT.

NEDIANI, G.; SOSA, M.E. ; SIEM, G. 2000 . Las normativas energéticas para edificaciones y sus posibles aplicaciones en Venezuela», Conferencia Internacional sobre Confort y Comportamiento Térmico, COTEDI 2000; Maracaibo, 21 a 23 de junio de 2000.

SIEM, G. SOSA M.E. 2000. Diagnóstico de la normativa venezolana vigente en relación a las exigencias térmicas, acústicas y de iluminación», Conferencia Internacional sobre Confort y Comportamiento Térmico, COTEDI 2000; Maracaibo, 21 a 23 de junio de 2000.

SIEM, G., SOSA, M. E., VILLALOBOS, E., HOBAICA, M. E., NEDIANI, G. 2002 Guía de Operaciones de Ahorro de Energía Eléctrica para Edificaciones Públicas. Ministerio de Energía y Minas, IDEC.

SIEM, G., SOSA, M.E., HOBAICA ME *et al.*, 2001 - Código Nacional de Habitabilidad de la vivienda y su entorno inmediato (Primera Fase), CONA VI, IDJECIU/F A U / U C V .

SIEM, G.; SOSA, M.E., 2001. «Revisión de las normas venezolanas sobre exigencias térmicas, acústicas y de iluminación bajo una perspectiva de sostenibilidad»». Tecnología y Construcción, Volumen 17, Número 11, IDEC-UCV, Caracas..

SOSA M.E., (1999) Ventilación Natural Efectiva y Cuantificable. Confort Térmico en Climas Cálidos-Húmedos. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Colección Monografías N° 62

SOSA, M.E., SIEM, G.; Manual de Diseño de Edificaciones Energéticamente Eficientes en el Trópico; Proyecto Técnicas de Reducción del Gasto Energético en Edificaciones, FONACIT,IDEC,FAU,UCV,/EDC 2004. <http://www.arq.ucv.ve/idee/racionalidad>.

SOSA, M.E., SIEM, G.; Guía del Consumidor de Energía Eléctrica; Proyecto Agenda Ciudad, FONACIT, IDEC, UCV, 2004.

SOSA, M.E., SIEM, G.; Manual de Diseño de Edificaciones Energéticamente Eficientes; Proyecto Agenda Ciudad, FONACIT, IDEC, UCV, 2004.

SOSA, M.E.; SIEM, G. 2001. «Reflexiones sobre la arquitectura venezolana contemporánea», III Encuentro Latinoamericano sobre Confort en el Ambiente

Construido, São Paulo, Brasil, noviembre 2001.

THE COMMUNICATIONS MANAGER AUSTRALIAN
GREENHOUSE OFFICE GPO Box 621, Canberra ACT
2601, Feasibility study- a national approach to energy
efficiency measures for houses, © Commonwealth of
Australia 2000
<http://www.greenhouse.gov.au/energyefficiency/buildings>

THE AUSTRALIAN GREENHOUSE OFFICE BY
CSIRO DIVISION OF BUILDING, CONSTRUCTION,
AND ENGINEERING. Minimum Energy Performance
Requirements for Incorporation into the Building code
of Australia. March-1999
[http://www.greenhouse.gov.au/energyefficiency/building/
publications/pubs/s_study.pdf](http://www.greenhouse.gov.au/energyefficiency/building/publications/pubs/s_study.pdf). [www.ifecgaspereira.
com/imagenes/fotos/quent.jpg](http://www.ifecgaspereira.com/imagenes/fotos/quent.jpg)

