



Eficiencia energética en la climatización de edificaciones

Revista Publicando, 3(8). 2016, 218-238. ISSN 1390-9304

Eficiencia energética en la climatización de edificaciones.

Debrayan Bravo Hidalgo¹ Yailí Pérez Guerra²

**¹ Universidad Internacional del Ecuador, Quito – Ecuador
(dbrayanbh@gmail.com)**

**² Universidad Internacional del Ecuador, Quito – Ecuador
(yaperezgul@internacional.edu.ec)**

Resumen:

El estudio de las ciencias naturales nos ha demostrado que cada especie precisa de un entorno u hábitat pertinente para poder desempeñar vitales funciones, considerándose la capacidad de adaptarse al medio como uno de los factores primordiales para la existencia en el reino de este mundo. El proceso de adaptación al entorno conlleva además de las diversas direcciones evolutivas asumidas por cada especie, el desarrollo de prácticas que permitan esta integración. Nuestra especie por su perfil homeotermo y su marcada distribución territorial demanda de un entorno que le permita vivir de manera sana, segura y cómoda. Ese entorno nos lo brindan las edificaciones. Por lo que se debe considerar las edificaciones como sistemas termodinámicos abiertos, en estado de desequilibrio y de paredes diabáticas, que permiten por tanto, la transferencia de masa y energía con el medio circundante.

Para conseguir un mejor rendimiento energético es fundamental reducir en la medida de lo posible los indeseados aportes de calor. Además, para sostener las condiciones de confort térmico, se deben considerar un número de factores que influyen de manera significativa en la consecución de este objetivo. El presente trabajo expone un grupo de técnicas y procedimientos mediante criterios de diseño energéticamente eficientes, técnicas naturales de climatización y el almacenamiento activo de energía térmica, que permiten obtener edificaciones saludables, confortables, eficientes, y en armonía con el medio ambiente.

Palabras clave: Aire acondicionado, energía térmica, edificio, diseño.



ENERGETICALLY EFFICIENT AIR CONDITIONING OF BUILDINGS

Abstract:

The study of natural science has shown that each species requires a relevant environment or habitat in order to perform functions lifetime, considering the ability to adapt to the environment as one of the primary factors for the existence in the kingdom of this world. The process of adaptation to the environment also involves the various evolutionary directions assumed by each species, the development of practices that allow this integration. Our warm-blooded species by its strong profile and territorial distribution demand an environment that enables them to live healthy, safe and comfortable way. That environment give us the issues. As it should consider buildings as open thermodynamic systems, in state of imbalance and diabatic walls, allowing therefore the mass and heat transfer with the surrounding environment.

For better energy efficiency it is essential to reduce as far as possible unwanted heat input. In addition, to support the thermal comfort conditions, consider a number of factors that influence significantly in achieving this goal. This paper presents a set of techniques and procedures through energy efficient design criteria, natural cooling techniques and active thermal energy storage, which can obtain healthy, comfortable and efficient buildings, and in harmony with the environment.

Keywords: air conditioning; thermal energy; building; design.



1. Introducción

En la actualidad, y de acuerdo con los datos de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), el sector de edificios contabiliza del 25% al 40% del consumo final de energía de los países miembros de esta organización, y se espera que consuman más a medida que la población crezca y se desarrolle económicamente.

En la región del Caribe y Centro América, un edificio destina más del 60% de su demanda energética a satisfacer los requerimientos de climatización. En Cuba se prevé construir 48 mil nuevas habitaciones para el año 2030 en el sector del turismo lo cual demandará un elevado consumo de energía.

Ante el reto de disminuir el consumo de energía y las emisiones contaminantes, se han construido en varias regiones del mundo edificios verdes o de baja energía, que emplean nuevas tecnologías para disminuir dicho consumo. (Bravo, 2015)

Una edificación desde el período de concepción hasta la utilización para la que fue concebido debe prever, desde un punto de vista energético y de confort térmico, los efectos climáticos sobre la evolución termodinámica del sistema. Esto se debe a que los elementos pasivos son parte integrante de la construcción, cuando no la propia construcción, es necesario tener en cuenta los datos climatológicos al inicio del diseño y en todos y cada uno de las fases del proyecto. (Bravo, 2015)

Un edificio representa un sistema termodinámico abierto, de paredes adiabáticas y en situación permanente de inestabilidad; su estado termodinámico en cada instante se define como la respuesta a las variaciones externas e internas de esta construcción. Estas condiciones obligan a los ingenieros a conocer y prever en lo posible las fluctuaciones significativas del entorno para llegar a la comprensión, predicción y/o simulación del estado termodinámico del edificio. El diseño energéticamente eficiente y consiente pasa por el aprovechamiento de los recursos naturales del lugar donde se irgue la construcción. Para ello es preciso que existan las condiciones adecuadas para que estos recursos puedan ser empleados. (Bravo & Greter, *Sistemas de aire acondicionado activados con energía solar térmica.*, 2013)

2. Metodología



Servicio de climatización.

Para mantener e incrementar los niveles de calidad de vida, la climatización de edificios se ha convertido en una necesidad, en gran parte de los casos para lograr que sus condiciones de habitabilidad cumplan las exigencias de confort de sus ocupantes, lo que redundará en su mayor satisfacción y, en otros casos como equipamiento fundamental del edificio para satisfacer las funciones intrínsecas del mismo. (Escoda, 2000)

El proceso de climatización representado en la actualidad uno de los elementos más importantes de un edificio en la región por los siguientes motivos: (Stephen, 2007)

- En el aspecto de la inversión por su elevado valor económico, que puede constituir entre 10% y 20% del importe del edificio en instalaciones centralizadas en edificios de nueva construcción.
- En el aspecto de la explotación por el importe del consumo energético de las técnicas convencionales que constituye el más importante de los gastos en energía del edificio, mayor que el gasto energético en iluminación y otros consumos eléctrico del edificio.
- En el aspecto del mantenimiento y conservación por la dedicación que exigen, el costo de sus componentes y las necesidades de personal especializado en estas labores.
- En el aspecto funcional por la elevada incidencia que, en la actividad del edificio y de sus usuarios, supone la falta de este servicio en un momento determinado.

Por todo ello, el estudio de las instalaciones de climatización en un edificio exige una especial atención en aras de sacar de ellas el máximo partido, racionalizando al máximo sus costos tanto desde el aspecto de la inversión inicial, como posteriormente en su consumo energético y costos de mantenimiento y conservación. (Stephen, 2007)

Calidad del ambiente térmico.

El bienestar térmico se define como la condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico, debido a su subjetividad, se precisa de relaciones empíricas que correspondan la percepción de bienestar de diferentes tipos de personas y sus sensaciones térmicas con los diferentes posibles valores de las variables que intervienen en el confort



térmico. El índice de confort térmico depende de las variables que influyen sobre el intercambio de calor de la persona con el entorno que le rodea y así se refleja en la norma ISSO 7730. Este índice de confort térmico es función de variables tales como el metabolismo, la vestimenta, la velocidad y la humedad relativa del aire, y la temperatura media radiante. (Stephen, 2007)

Calidad de aire interior. Ventilación.

En los edificios modernos las personas están expuestas a un amplio espectro de sustancias polucionantes, todas ellas presentes en muy baja concentración y procedentes de materiales de construcción, mobiliario, elementos de decoración equipos de oficinas, metabolismo humano, humo de tabaco, aire exterior o, incluso los componentes del mismo sistema de climatización, por lo tanto en líneas generales la calidad del aire en los recintos debe obedecer a dos requisitos fundamentales: Los riesgos para la salud deben ser mínimos y el aire no debe proporcionar una sensación olfativa desfavorable. (Escoda, 2000)

Para el control de la calidad del aire interior se emplean dos métodos fundamentales: la dilución mediante el aire exterior y la purificación mediante procedimientos tales como la adición de sustancias olorosas, eliminación por filtración, absorción, adsorción, ionización o fotooxidación. (Martínez & Soto, 1997) Los métodos basados sobre la disolución por aire exterior conducen al empleo de caudales de ventilación mayores que los tradicionales, es decir, requieren la presencia de sistemas de aire acondicionado del tipo todo aire, lo que supone una mayor penalización en el consumo energético final, salvo cuando las condiciones aire exterior sean favorables para la utilización del enfriamiento gratuito o cuando se adopten sistemas de recuperación de energía.

Criterios de diseño energéticamente eficientes en la climatización de edificios.

Para conseguir un mejor rendimiento energético es fundamental reducir en la medida de lo posible los indeseados aportes de calor. Además, para sostener las condiciones de confort térmico, se deben considerar un número de factores que influyen de manera significativa en la consecución de este objetivo; como el intercambio térmico en un edificio depende fundamentalmente de la diferencia de temperaturas entre interior y exterior y los cambios de estado psicrométrico son función también de esta diferencia, a



través de infiltraciones, podemos considerar el conjunto de parámetros meteorológicos como factores extrínsecos al edificio. (Bravo, Climatización solar de edificaciones., 2015) El nivel de ventilación debe ser incluido en estos factores. Por otro parte el comportamiento de los edificios frente a las condiciones externas es muy diferente de unos a otros en función de sus características físicas y geométricas, en lo que podríamos denominar factores intrínsecos. Podemos afirmar que la principal fuente energética que influye en el balance energético del edificio es la radiación solar. La energía solar es la responsable de la actividad atmosférica de nuestro planeta. Su distinta distribución sobre la superficie planetaria permite la existencia de los gradientes necesarios que permiten la dinámica atmosférica y provocan sus interacciones con la superficie terrestre. La atmósfera, que refleja, absorbe y transmite la radiación solar recibida hará que ésta sea menor en la superficie terrestre, que la recibida en la superficie de la estratósfera. Así mismo, la radiación que incide sobre la fachada del edificio es en parte reflejada de nuevo hacia el exterior, en parte transmitida hacia el interior a través de agujeros de traga luz y ventanas, y en parte absorbida y transmitida como energía térmica, contribuyendo de este modo al balance energético de la edificación. El análisis de la interacción radiación solar edificio cobra especial importancia en diseños que integran elementos solares pasivos como invernaderos, muros traseros, entre otros; o activos como paneles solares y/o fotovoltaicos y en diseños donde el análisis de sombra es relevante. (Carrera & Sisó, 2011)

Otra variable climática de sumo interés en la arquitectura lo representa el viento, independientemente de la incidencia de esta variable en la estabilidad de la edificación debe tenerse muy en cuenta por su influencia en el aislamiento térmico y las infiltraciones. Los intercambios caloríficos en las paredes expuestas a las corrientes ventosas se reflejan por un incremento de los coeficientes superficiales de transmisión de calor de muros y cubiertas. Su repercusión es aún mayor en muros poco aislados y especialmente en superficies acristaladas. El balance termo energético de un edificio debe considerar los flujos energéticos que se generan y, el flujo global de pérdidas a través de todos y cada uno de los elementos que componen el mismo. (Carrera & Sisó, 2011)

Se considera que el foco caliente sea el edificio, por tanto, se han de buscar focos fríos para poder eliminar la energía desde el interior del edificio hacia esos focos fríos. Dependiendo del foco frío considerado se estudiará una técnica. Los focos fríos pueden



ser: el suelo a una determinada profundidad, el gradiente de humedad entre el ambiente exterior y el interior, y el cielo nocturno.

Los procesos de climatización natural pueden estar dirigidos a evitar los sobrecalentamientos (procesos preventivos) como son la ventilación y el sombreado, o procesos que procuran realmente climatización (procesos correctivos), ya que efectivamente logran una reducción positiva de la temperatura interior de la edificación, entre estas prácticas se encuentran, los tubos enterados, la climatización evaporativa y la climatización radiativa.

Es recomendable desarrollar estas prácticas simultáneamente en donde sea posible a fin de optimizar la eficiencia del diseño. Así pues, siempre son recomendables unos sistemas de sombreado adecuados y la distribución estratégica de agujeros para proporcionar una ventilación cruzada, tanto para las horas adecuadas del día como durante la noche. (Arrastia, 2002)

Técnicas naturales de climatización.

La transferencia de calor espontáneamente ocurre de un foco caliente a un foco frío, y nunca al revés, a menos que se incluya en el proceso una máquina térmica, por lo que es preciso considerar los distintos agentes ambientales que favorecen la transferencia energética entre el interior del edificio y el medio circundante a este, estos son: las condiciones climáticas (la velocidad del viento, la humedad relativa, la radiación solar), las condiciones geográficas: (la orientación, la latitud). (Bogdan, 2012)

La climatización pasiva es un concepto más amplio pues se refiere al desarrollo de diseños arquitectónicos que mantengan las condiciones de confort en el edificio sin necesidad de un consumo energético en sistemas convencionales de acondicionamiento de aire. El propósito de las técnicas naturales para la climatización es evitar que el espacio habitado se recaliente por encima de las condiciones de confort. Tiene por tanto una primera tarea meramente preventiva. El objetivo de las técnicas de climatización natural se realiza mediante tres procesos fundamentales: Protección de la incidencia solar, ventilación y masa térmica del edificio. (Olgay, 1998)

Control solar



Puesto que la principal fuente de energía es el sol debe procurarse que penetre la mínima cantidad de energía posible dentro del recinto a climatizar. Para ello hay que dotar al edificio de elementos de intercepción de la radiación solar.

Existe una amplia gama de elementos de protección solar para las edificaciones: cortinas, persianas, toldos, etc., en una primera visión se pueden diferenciar entre protecciones fijas y móviles. Las protecciones fijas forman parte de la propia estructura del edificio: retranqueos, aleros tanto verticales como horizontales, balcones, entre otros. Es preciso tener especial atención en diseño de estos elementos pues deben proteger en verano, pero garantizar condiciones de confort térmico en la instalación en invierno. (Martínez & Soto, 1997)

Las protecciones móviles suelen tener un control manual, dependiendo de las necesidades y de las condiciones climáticas. Como norma general, todas las protecciones solares deben ser exteriores a las fachadas acristaladas, dado que si son interiores la radiación llega a penetrar en el espacio a acondicionar y se producen sobrecalentamientos.

Así mismo puede utilizarse como protección la vegetación frente a superficies acristaladas. Este tipo de protección presenta una ventaja adicional sobre las artificiales. Al ser la planta un ser vivo tiene un mecanismo de termorregulación el cual hace que se mantenga constante su temperatura frente a los cambios exteriores, lo cual procura además de la protección a la incidencia solar un suavizado de las condiciones meteorológicas que rodean la edificación. Es importante que la vegetación sea de hoja caduca, porque estas plantas en verano están bien pobladas y en invierno no tiene hojas permitiendo la favorable entrada de los rallo del sol. (Olgyay, 1998)

Ventilación

La ventilación en una edificación tiene varias metas: adecuar las condiciones de ambiente interior a los requerimientos de confort y evacuar la energía almacenada en la masa de inercia térmica para evitar el sobrecalentamiento paulatino del edificio.

El hecho de provocar intercambios de aire del interior con el exterior, será beneficioso únicamente en el caso que la temperatura exterior del aire sea menor que la interior, en caso contrario estaríamos calentando el ambiente. Por otra parte hay que considerar que para alcanzar el estado de confort no únicamente es importante la temperatura, sino



también la velocidad y calidad del aire, y la temperatura media radiante, que depende en mayor medida de la temperatura superficial de los muros.

Dentro de los procedimientos de climatización natural mediante la ventilación se puede hacer alusión a: la simple, la cruzada, nocturna y por efecto chimenea.

Ventilación simple

Con esta técnica el número de renovaciones de aire conseguido es menor que con el resto de las técnicas de ventilación. En la *Figura 1* se esquematiza este proceso. Como puede verse existe una única apertura a través de la cual y por diferencia de presiones el aire entra y sale.

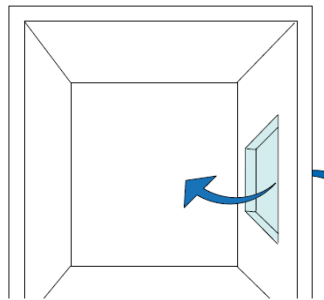


Figura 1. Representación esquemática del proceso de ventilación simple.

Para que este proceso sea eficiente la orientación de la abertura con respecto a la dirección del viento ha de ser coincidente, en caso contrario el efecto es muy tenue. Si la abertura está en contacto con una zona especialmente protegida de la insolación el efecto puede ser muy beneficioso, ya que el intercambio que se produce es con una masa de aire que está pre acondicionada. (Vernnard, 1989) (M, 2013)

Ventilación cruzada

Se establece este tipo de ventilación cuando existen aberturas entre dos fachadas diferentes, sin que haya obstrucciones interiores entre ambas aberturas, es decir que se pueda establecer una línea ininterrumpida entre estas. En la *Figura 2* se presenta el caso en el que las aberturas están localizadas en fachadas opuestas, con este tipo de configuración se consigue un mayor nivel de renovación del aire interior.

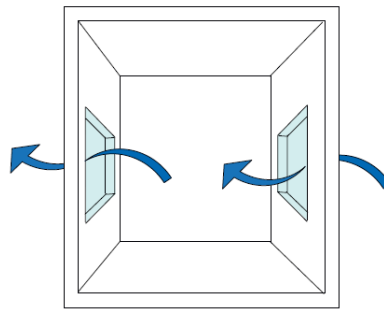


Figura 2. Representación esquemática del proceso de ventilación cruzada.

Este tipo de ventilación sin ningún sistema de control, podría generar inconformidades entre los usuarios del recinto debido a que la velocidad del viento en el interior del local puede alcanzar valores inapropiados. Para un correcto diseño de las aberturas, y la elección de las fachadas para practicarlas, es imprescindible conocer la dirección preferente del viento en la zona, así como las posibles pantallas que puedan afectar la incidencia del viento sobre las mismas. (Holman, 2002) (Pomar Pérez, 2015)

Ventilación nocturna

La ventilación nocturna tiene el propósito de aprovechar el descenso de temperatura que ordinariamente ocurre durante la noche para evacuar la energía almacenada en las masas de inercia térmica en el edificio. Evidentemente durante el día el edificio se calienta debido a la incidencia solar. Si esta energía almacenada no se elimina, el edificio irá aumentando paulatinamente su temperatura, de modo que se hará inhabitable. Este efecto es perceptible en la mayoría de los edificios convencionales: cuando comienza la época estival el edificio se refresca, en cambio a medida que avanza el verano el edificio va aumentando su temperatura, llegando a darse el caso que en condiciones frescas en un día de verano, o durante la noche, el edificio en su interior registra temperaturas fuera del límite superior de confort térmico. (Holman, 2002) (Pomar Pérez, 2015)

Efecto chimenea

Este efecto presenta una gran eficiencia en cuanto al número de renovaciones de aire que provoca y básicamente consiste, en aprovechar el tiro de aire que se genera cuando existe un gradiente térmico considerable a diferentes alturas y orientaciones. (Kirillin, 1986)



En la *Figura 3* se representa un edificio en sección, en donde en la parte superior hay una chimenea que está acristalada en su cara sur, por lo que tiene una importante ganancia solar. Debido a esta ganancia de energía el aire sufre un significativo aumento de temperatura, lo cual se traduce en una disminución de la densidad y por tanto tiende a subir y escapar por las aperturas superiores. Esto produce un efecto de succión desde el exterior hacia el interior en las aberturas inferiores, generando unas corrientes cruzadas de aire.

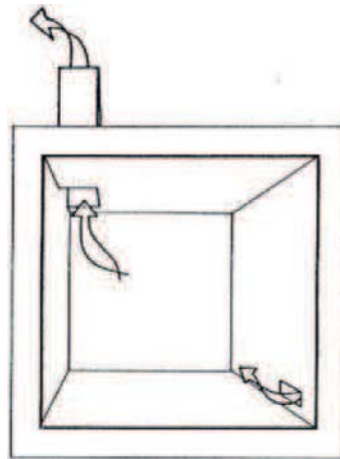


Figura 3. Representación esquemática del proceso de ventilación por efecto chimenea.

Si el aire procedente del exterior se toma de una zona pre acondicionada el efecto resultante puede ser ideal para mantener las condiciones de confort. Este tipo de elemento es ambivalente, ya que tiene un funcionamiento igualmente positivo en el invierno, sin más que cerrar la apertura tanto inferior como superior permitiendo así, que se produzca el efecto invernadero en el interior del local. (Stephen, 2007)

Conductos de aire soterrados

La técnica de tubos enterrados, consiste en enterrar una serie de tubos de tal forma que a través de estos, fluyese aire, procedente del interior de la edificación a climatizar y nuevamente introducir este aire en el edificio, por supuesto ya a una menor temperatura. Es necesario tomar aire del exterior para desarrollar la muy importante renovación de aire y evitar de este modo las indeseables corrientes de aire viciado. (Olgay, 1998)

Por lo regular los terrenos presentan un gradiente térmico tal, que alrededor de los 14 m de profundidad, la temperatura es prácticamente constante a lo largo del año, e igual a la



temperatura media anual de la zona. Durante el verano, para profundidades iguales o inferiores a los 3 metros la temperatura del suelo puede estar alrededor de los 22 °C por lo que es factible para generar el efecto de climatización. Si, además, la parte del suelo en donde se va a aplicar la técnica está sombreada, la reducción de la temperatura a 4 metros de profundidad de la superficie está por el orden de los 3 °C. La eficiencia de esta técnica dependerá fundamentalmente de: (Olgay, 1998) (Holman, 2002)

- La temperatura del suelo, que será inferior cuanto mayor sea la profundidad a la que se colocan los conductos.
- El diámetro de los tubos soterrados.
- La longitud total del tubo a través del cual circulará el aire.
- El caudal de aire que circula por el interior de los tubos soterrados.

Sistemas radiantes

En este caso el medio frío es el cielo nocturno, cuya temperatura aparente es menor que la ambiente. Mediante el mecanismo de radiación se emitirá energía desde una superficie radiante al nivel del suelo hacia el cielo. Por tanto, el radiador se enfriará. En contacto con el radiador estará un fluido, generalmente agua o aire, que, por convección, se enfriará. El valor de la temperatura del entorno depende de las condiciones atmosféricas, puesto que no deben existir elementos que adsorban y emitan radiación de onda corta como los son el CO₂, el vapor de agua y los aerosoles. Se requiere de una atmósfera despejada y con pocos contaminantes.

Por otro lado, el material de que estén constituidos los radiadores será determinante en el rendimiento del sistema. Los radiadores pueden ser de dos clases, dependiendo del tipo de fluido que transporta la energía: de agua o de aire.

La máxima efectividad de esta práctica se presenta en el periodo nocturno, en horas en las que usualmente, el edificio demanda menor climatización, es decir durante la noche. Por ello habitualmente es necesario almacenar la energía, la capacidad refrigeradora, para emplearla cuando el edificio lo requiera. Las dimensiones, tanto del sistema de radiadores como del almacenamiento, deben estudiarse conjuntamente, ya que la eficiencia del sistema es una combinación de ambos elementos. (Escoda, 2000)



Almacenamiento activo de energía térmica.

La acumulación activa de energía térmica en la climatización persigue como objetivo fundamental la acumulación en un horario determinado para emplearlo en otro diferente. Esta práctica, también se le denomina volante térmico. Los sistemas de acumulación térmica para climatización se agrupan en dos categorías esenciales: (Díaz, Monteagudo, & Bravo, 2014)

- Sistemas de calor sensible: agua fría.
- Sistemas de calor latente: agua-hielo o sales hidratadas.

La *Figura 4* detalla la estrategia operativa de los sistemas de almacenamiento térmico con agua fría mediante una unidad enfriadora, para satisfacer la demanda de climatización, de acuerdo a las etapas siguientes:

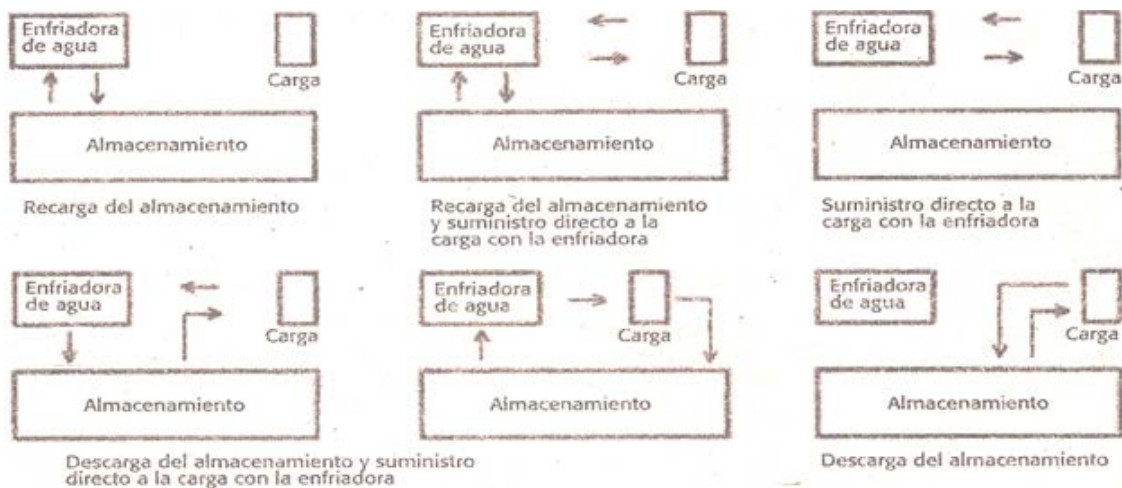


Figura 4. Estrategia operativa de un sistema de acumulación térmica en la climatización.

- I. Recarga de almacenamiento: El sistema primario carga directamente al almacenamiento cuando no existen requerimientos o necesidades de climatización en el edificio, generalmente de noche.
- II. Recarga de almacenamiento y suministro al edificio: el sistema primario satisface la carga del edificio y al mismo tiempo el exceso de capacidad se destina a cargar el almacenamiento durante las cargas parciales.



- III. Suministro directo al edificio: El sistema satisface las cargas instantáneas del edificio como es el caso de no contar con almacenamiento térmico, generalmente en las cargas elevadas.
- IV. Descarga del almacenamiento y carga de trabajo: El sistema primario funciona a toda su capacidad y simultáneamente recurre a la carga de almacenamiento para compensar el déficit de carga de capacidad del sistema, en el caso de las cargas pico.
- V. Descarga del almacenamiento: El almacenamiento suministra toda la carga requerida sin el funcionamiento de los equipos primarios, en caso de falta de energía, tareas de mantenimiento, requerimientos de cargas parciales muy pequeñas a la capacidad mínima de la maquina o recortes de pico de consumo energético.

Las aplicaciones y ventajas de los sistemas de acumulación son las siguientes:

Térmicas:

- Diseño de equipamientos más pequeños.
- Evitar reciclaje de los equipamientos.
- Mayor seguridad de funcionamiento.

Eléctricas:

- Recortes de pico de consumo eléctrico.
- Aprovechamiento de las ventajosas tarifas eléctricas nocturnas.

En el aspecto térmico el almacenamiento puede recortar los picos de demanda térmica que se producen durante el día, permitiendo un diseño del sistema de climatización más pequeños, pero funcionando más horas durante el día. Esta característica permite además de ahorrar en costo del equipamiento, aumentar el rendimiento de la planta frigorífica porque operan a capacidades uniformes al máximo rendimiento, salvando las cargas parciales pequeñas, sin reciclaje y, por otra parte, es un método idóneo para incrementar la capacidad de un sistema existente. (Bravo & Bermúdez, *Sistemas de acumulación térmica en la climatización*, 2014)



Además se origina una mayor fiabilidad en la generación ya que la energía proviene de dos fuentes, constituidas por un lado por un sistema dinámico de las plantas enfriadoras y por otro por un sistema estático de los tanques de acumulación. En caso de corte de suministro eléctrico se cuenta con cierto tiempo de seguridad de mantenimiento de las condiciones de confort térmico en el interior de la edificación debido a la carga térmica almacenada y se pueden contemplar paradas de la instalación para realizar mantenimientos de emergencia. De esta manera los sistemas de acumulación térmica permiten la eliminación de un grupo electrógeno fijo para los fines de seguridad del servicio de aire acondicionado estableciendo un tiempo de almacenamiento en caso de corte eléctrico y solo se deben utilizar eventualmente grupos electrógenos móviles si ese tiempo es rebasado en caso de extrema necesidad.

En cuanto al aspecto eléctrico, durante los periodos fuera de pico se almacena la energía térmica, la que debe estar disponible durante la máxima demanda, y en los momentos que se supera el pico de energía eléctrica contratada, se desconecta el equipamiento de aire acondicionado durante el tiempo de autonomía prevista en el diseño del volante térmico. Así se evita el reajuste de tarifas de las compañías eléctricas con el consiguiente ahorro en los costos energético.

Por otra parte teniendo en cuenta que las compañías proveedoras de electricidad fomentan el uso de la energía eléctrica en horas nocturnas, generalmente se efectúa el almacenamiento térmico durante las horas de la noche generando de esta manera un ahorro en los costos energéticos. (Díaz, Monteagudo, & Bravo, 2014)

La simulación computarizada de los procesos termoenergéticos.

Dado que una edificación se intercambia masa y energía con el medio circundante de muy diversas maneras y proporciones, el estudio de estos procesos es por lo regular bien complejo. La simulación computacional de los procesos de intercambio energético de las edificaciones es la herramienta que brinda el necesario y detallado análisis que permite la funcionalidad con eficiencia de las técnicas expuestas anteriormente.

Un modelo de simulación computarizada es una presentación abstracta de un sistema real que permite valorar y predecir el comportamiento energético de un diseño, y permite



conocer, no exclusivamente su comportamiento durante un periodo de tiempo definido, sino también evaluar su comportamiento en el futuro. (Kirillin, 1986)

Modelos de simulación termoenergética.

En la amplia gama de clasificaciones que puedes hacerse se considera dividir los modelos de simulación en tres áreas: Primeramente los sistemas estáticos, seguido de los de correlación y por último los dinámicos. De este modo se abarcan los tres niveles de complejidad que contemplan estas herramientas matemáticas.

Los métodos estáticos son los que adoptan las hipótesis más restrictivas en cuanto al campo de aplicación del modelo, así como a la cantidad y fiabilidad de los resultados obtenidos. Los más usados son el método de grados días que permite evaluar la carga térmica de los edificios y optimizar el diseño de la envolvente, y el método BIM por sus siglas en inglés (Building Information Modeling), que se utiliza cuando alguno de los parámetros que definen el cálculo del consumo energético, no pueda garantizar un valor constante. Los métodos de correlación se basan en simplificaciones obtenidas a partir del estudio sistemático de diversos fenómenos, utilizando, generalmente, como fuente de información los métodos más detallados de simulación energética de edificaciones ósea modelos de simulación en régimen dinámico. Así mismo hacen uso de leyes empíricas sencillas que tienen un carácter general.

Los métodos de simulación dinámicos son los que mayor complejidad presentan puesto que demandan una definición exhaustiva de la edificación objeto de análisis y una resolución a tiempos de paso cortos del sistema de ecuaciones planteado; por lo general estos periodos de análisis son de una hora. Todos ellos necesitan la entrada de una cantidad considerable de información y por tanto, su manejo se torna complicado. En la actualidad los ingenieros y arquitectos cuentan con una amplia gama de programas de simulación computacional validados y patentados internacionalmente para calcular de manera dinámica el comportamiento energético de los más diversos tipos de edificaciones. (Holman, 2002)

3. Resultados y discusión

Climatización y edificios de alta eficiencia o energía cero.



Un edificio de consumo energético cero o casi cero es un edificio con un alto nivel de eficiencia energética, donde la ya reducida cantidad de energía requerida tendría que ser cubierta por energía procedente de fuentes renovables. El objetivo en estos edificios es la minimización de la cantidad de energía comprada al exterior como la electricidad o los combustibles fósiles. En este contexto los procesos de climatización tienen gran importancia pues en la región del Caribe, un edificio destina más del 60% de su demanda energética a satisfacer los requerimientos de climatización. Para obtener un edificio de consumo energético cero se propone suplir la demanda térmica mediante colectores térmicos solares en la cubierta y almacenamiento geotérmico en el subsuelo además de optimizar el cerramiento. El propósito de concebir edificios de consumo energético cero plantea una serie de desafíos tecnológicos y de negocio, que han de llegar hacer un reto y factor motivador para el sector de la edificación. Para alcanzar los objetivos de una edificación de energía cero debe cumplirse que:

- La demanda estándar de energía de la edificación se reduzca entre un 60% y 90%.
- La generación in situ de energía procedente de fuentes renovable.
- El empleo de redes inteligentes.

La Tabla 1 muestra las principales estrategias a seguir en la obtención de una edificación de alta eficiencia o de energía cero, no solo en la climatización, sino también en otras áreas de consumo energético de una edificación.

Tabla 1. Directivas esenciales en la concepción de edificios de alta eficiencia o energía cero.

Abastecimiento de energía		Estrategias de eficiencia energética		Herramientas y monitorización	
Fuentes renovables de energía	Integración en red	Medidas de eficiencia energética	Medidas de diseño pasivo	Herramientas computacionales	Monitorización



Solar térmica	Gestión de frío y calor residual	Aislamiento térmico avanzado	Optimización del diseño arquitectónico	Herramientas de diseño integrado	Vigilancia del consumo y el confort
Solar fotovoltaica	Integración de la electricidad a la red	Sombreamiento inteligente	Optimización de la iluminación natural	Simulación y diseño energético	Sistemas de obtención de datos
Biomasa y/o biocombustibles	Redes inteligentes	Almacenamiento activo de energía térmica	Almacenamiento pasivo de energía térmica	Herramientas de gestión energética	Sistemas de gestión y control
Mini eólica	Almacenamiento de energía eléctrica	Sistemas de control avanzados	Estructuras termoactivas	Herramientas de gestión económica	Gestión de las cargas internas
Bomba de calor geotérmica		Equipos de elevación eficientes			Información sobre la ocupación
Refrigeración solar		Sistemas de iluminación eficientes			

4. Conclusiones

En las edificaciones del trópico en aras de obtener un mejor desempeño energético es fundamental reducir en la medida de lo posible los perniciosos aportes de calor. Además,



para sostener las condiciones de confort térmico, se deben considerar un número de factores que influyen de manera significativa en la consecución de este objetivo; como el intercambio térmico en un edificio depende fundamentalmente de la diferencia de temperaturas entre interior y exterior y los cambios de estado psicrométrico son función también de esta diferencia, a través de infiltraciones, podemos considerar el conjunto de parámetros meteorológicos como factores extrínsecos al edificio. Los parámetros y condiciones de la ventilación deben ser incluidos en estos factores. Por otro parte el comportamiento de los edificios frente a las condiciones externas difiere de unos a otros en función de sus características físicas y geométricas, en lo que podríamos denominar factores intrínsecos. Podemos afirmar que la principal fuente energética que media en el balance energético de una edificación es la radiación solar.

La utilización de fuentes renovables, para suplir los requisitos energéticos de las edificaciones en cuanto a climatización, iluminación y calefacción, minimiza trascendentalmente el consumo de energía convencional. Por lo tanto las emisiones de gases de polución asociados al sector, disminuyen.

Los lineamientos que regir las características de una edificación energéticamente eficiente y respetuosa con el medio ambiente en el proceso de climatización son:

- Favorecer la utilización de los recursos naturales renovables para el acondicionamiento de las instalaciones, además haciendo uso de las técnicas naturales de acondicionamiento, conociendo los componentes, las técnicas constructivas y el emplazamiento del edificio.
- Debe integrarse los sistemas de utilización de fuentes renovables de energía tanto activos como pasivos de produciendo de frío, calentamiento térmico, acumulación térmica y/o generación de electricidad como otro componente más de la en la concepción del edificio.
- Debe implementarse las oportunas herramientas de diseño integrado, de gestión energética y de gestión económica; así como las herramientas computacionales de simulación y diseño energético de edificaciones.

Gran parte de los países de la región implementa programas de eficiencia energética que permitan optimizar la cantidad de energía demanda por la más amplia gama de edificaciones. Son múltiples los estudios de organizaciones internacionales que apoyan a los gobiernos de la región en la implementación de programas que fortalezcan el marco



constitucional y legal de la eficiencia energética en edificios. Estos programas parten del supuesto de que el impulso de la eficiencia energética y el empleo de las fuentes renovables son los motores propulsores que accionan directamente sobre los principales ejes de influencia para el desarrollo humano: Medio ambiente, seguridad energética, eficiencia económica e inclusión social.

Referencias bibliográficas

Arrastia, M. (2002). *Energía y cambio climático*. La Habana, Cuba: Editorial Academia.

Bogdan, M. (2012). Energy analysis of a solar-assisted ejector cycle air conditioning system with low temperature thermal energy storage. *37*(3).

Bravo, D. (2015). Climatización solar de edificaciones. *Centro Azúcar*, *42*(2).

<http://centrozucar.qf.uclv.edu.cu/media/articulos/PDF/2015/2/8%20Vol1%2042%20No2%202015.pdf>

Bravo, D., & Bermúdez, G. (2014). Sistemas de acumulación térmica en la climatización. *III*(67).

<http://www.cubasolar.cu/Biblioteca/Energia/revista67.htm>

Bravo, D., & Greter, B. (2013). Sistemas de aire acondicionado activados con energía solar térmica. *IV*(64).

<http://www.cubasolar.cu/Biblioteca/Energia/revista64.htm>

Carrera, L., & Sisó, A. (2011). *Evaluación del potencial de climatización con energía solar térmica en edificios*. Madrid: Instituto para la diversificación y ahorro energético.

Díaz, Y., Monteagudo, J., & Bravo, D. (2014). Análisis energético de un sistema híbrido de producción de frío. *XXXVI*.



Eficiencia energética en la climatización de edificaciones

Revista Publicando, 3(8). 2016, 218-238. ISSN 1390-9304

<http://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/viewFile/420/451>

Escoda, S. (2000). *Manual de ventilación*. Barcelona, España: Editorial S&P.

Holman, J. (2002). *Transferencia de calor*. Madrid, España: McGraw Hill.

<http://www.cib.espol.edu.ec/catalogo/51215/detallesCatalogo.aspx>

Kirillin, V. A. (1986). *Termodinámica técnica*. Moscú: Mir.

M, A. (2013). *Ahorro de energía y respeto ambiental*. La Habana, Cuba: Editorial Científico Técnica.

Martínez, P., & Soto, V. (1997). Aplicaciones de la energía solar a la climatización mediante el uso de la tecnología de absorción. *21*(9).

Olgyay, V. (1998). *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Gustavo Gill.

Pomar Pérez, S. (2015). Los nuevos reglamentos sobre Ecodiseño y Etiquetado Energético, la gran oportunidad para el mercado de la condensación.

<http://www.fegeca.com/erp/fegeca-elinstalador-201501.pdf>

Stephen, A. (2007). *Sustainable development handbook*. Fairmont press.

Vernard, J. (1989). *Elementos de mecánica de fluidos Tomo II*. New York: Book's sky.

<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=orton.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=019943>