

LA SOSTENIBILIDAD ENERGÉTICA EN EL SECTOR TURÍSTICO CUBANO

MSc. Jorge Luis Lamas Acevedo¹

1. Universidad de Matanzas, jorge.lamas@umcc.cu

Resumen

El presente trabajo constituye un acercamiento a la certificación de edificios sostenible en el sector del turismo, desde el punto de vista energético, en el área de climatización y producción de agua caliente sanitaria, mediante el uso de las energías renovables y equipos energéticamente más eficientes, que disminuyan el impacto negativo sobre el medio ambiente al reducir la emisión de gases de efecto invernadero y sustancias contaminantes. Se analizan varias de las certificaciones energéticas más importantes para la categorización de edificios sostenibles y se deja por sentado, que aún existe un gran potencial de ahorro energético en las instalaciones hoteleras en nuestro país, de forma tal que puedan optar por tal distinción, aumentando así la calidad del servicio prestado, la competitividad y el prestigio de la instalación hotelera.

Palabras claves: Sostenibilidad; instalaciones hoteleras; certificaciones; medio ambiente.



Monografías 2020
Universidad de Matanzas© 2020
ISBN: 978-959-16-4472-5

En los tres últimos siglos que ha vivido la humanidad ha predominado, en cada uno de ellos, una tecnología. El siglo XVIII fue la época de los grandes sistemas mecánicos, el siglo XIX fue la era de las máquinas de vapor y en el siglo XX la tecnología clave ha sido la obtención, procesamiento y evolución empresarial. Para suplir las necesidades en el sector empresarial es preciso que se manejen diferentes tipos de energía.

En la actualidad el gradual crecimiento económico demanda crecientes cantidades de portadores energéticos, lo que conduce a hablar ya del agotamiento de estas fuentes en un breve período de tiempo. Esto ha traído consigo disputas en el ámbito internacional por el control de los recursos energéticos, elevando la inseguridad mundial, así como el aumento de los precios de estos portadores en los principales mercados del mundo; situación que hace entrar en crisis a las economías de un gran número de países incapaces de soportar los altos precios.

A todo lo anterior se adiciona el empeoramiento de las condiciones medioambientales, producto de la emisión de gases de efecto invernadero ocasionados por la quema de estos mismos combustibles.

El previsible agotamiento de los combustibles fósiles, la contaminación ambiental derivada de su uso y el aumento de las necesidades energéticas producto del crecimiento industrial de las últimas décadas ha exigido la adopción de nuevas estrategias en materia de energía como base de un modelo de desarrollo sustentable, que permita satisfacer las necesidades energéticas actuales y garantizar las futuras.

La búsqueda de confort climático es una necesidad que se ha procurado desde siempre. La tecnología y las investigaciones han conducido a desarrollar equipos que funcionen de manera diversa para conseguir estos objetivos, pero también aprovechando lo que la naturaleza ofrece.

Desde el descubrimiento en la década de los años 70 del pasado siglo del daño que causaban los refrigerantes fluoroclorados a la capa de ozono y posteriormente el calentamiento global provocado por el desprendimiento de dióxido de carbono (CO₂), principalmente, por la quema de combustibles fósiles ha sido de gran preocupación para la comunidad científica y ambientalista mundial para tratar de mantener una especie en peligro de extinción, la especie humana.

En el mundo, el sector de las edificaciones es el mayor contribuidor del daño ambiental con un tercio de las emisiones globales de contaminantes. 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 (Bravo Hidalgo et al., 2016), un edificio destina más del 60% de su demanda energética a satisfacer los requerimientos del consumo de los sistemas de aire acondicionado, ventilación y calefacción, por sus siglas en inglés *HVAC*, que preservan el entorno confortable y saludable de los edificios. La más mínima ineficacia en los equipos de refrigeración y calefacción crea una pérdida de energía enorme, con un impacto económico significativo.

El sector del turismo en Cuba constituye una de las principales fuentes de ingreso al país, lo que ha quedado demostrado una vez más con la contingencia sanitaria mundial por la Covid-19, que ha llevado a nuestro gobierno a buscar alternativas para la captación de recursos financieros que sirvan de sustentación a la economía en estos tiempos. Prestarle la atención requerida recaba un esfuerzo aún mayor en aras de lograr que las instalaciones hoteleras en el país se califiquen como sustentables y amigables con el medio ambiente desde el punto de vista energético.

En nuestro país el consumo de energía en una instalación hotelera representa la mayor partida de los costos energéticos y dentro de estos lo sistemas de climatización por agua fría (SCAF) y producción de agua caliente sanitaria (ACS) representan aproximadamente el 65% y 7%, respectivamente, dependiendo de la categoría del hotel y del equipamiento instalado.

El concepto desarrollo sostenible se fundamenta en buscar un equilibrio entre medio ambiente (recursos), sociedad (necesidades) y economía (negocios); apareció en Alemania a principios del siglo XVIII y se expuso nuevamente en 1972 en la obra *Los límites del crecimiento* (Osma Pinto y Ordóñez Plata, 2010). En particular, el eje por excelencia es el medio ambiente, pues este permite la existencia de la sociedad y los recursos requeridos para el desarrollo de la economía.

En 1987, la Asamblea General de las Naciones Unidas, en su reporte *Nuestro futuro común*, de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo, en palabras de *Gro Brundtland*, primera Ministra Noruega, definió como desarrollo sostenible “cuando satisface las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para que satisfagan sus propias necesidades”.

Toda edificación tiene por objetivo proporcionar a los usuarios un espacio protegido de las inclemencias del clima, donde puedan desarrollar adecuadamente las actividades objeto de la edificación, se debe buscar un compromiso entre la satisfacción de las necesidades de confort y la salud para los usuarios, así como de la funcionalidad de la edificación con la reducción de los impactos negativos al ambiente y a la sociedad, y que esto sea económicamente costeable. Una edificación, sea un hotel, edificio de vivienda u oficina o cualquier otro tipo de construcción al respecto, es sostenible o sustentable cuando tiene en

cuenta el medio ambiente y que valora, en el momento de su diseño, la eficiencia de los materiales y de la estructura de construcción, los procesos de edificación, el urbanismo y el impacto que los edificios tienen en la naturaleza y en la sociedad (Autores, 2018).

Pretende fomentar la eficiencia energética para que esas edificaciones no generen un gasto innecesario de energía, aprovechen los recursos de su entorno para el funcionamiento de sus sistemas y no tengan ningún impacto en el medio ambiente.

Un edificio sostenible tiene que ser eficiente energéticamente en todo su ciclo de vida, es decir, desde su ubicación hasta su demolición final, pasando por las fases de construcción, operación, mantenimiento y renovación para poder optimizar la energía que utiliza, es decir energía pasiva y activa (Sierra-Huelsz, 2013).

Sería irracional concebir una edificación hotelera en la duna de una playa o en una zona que afecte una especie animal en extinción o donde existan recursos que revistan importancia para una comunidad o ciudad determinada, con esto se estaría dañando de antemano el ecosistema. Por otra parte, los materiales que se usen en la construcción de estos no deben ser tóxicos y que permitan su reutilización, así como deben tener un impacto ambiental bajo en su confección, como ejemplo podemos citar que un edificio construido con materiales que necesitan una gran cantidad de recursos energéticos en su fabricación como el cemento y el acero, trae un impacto ambiental indirecto en la construcción del inmueble por la cantidad de emisiones de CO₂ y partículas que se emiten para su elaboración de dichos materiales de construcción.

La tendencia actual en la construcción y manejo de estas instalaciones es evaluar la sostenibilidad de una edificación (sea de nueva construcción o ya en funcionamiento lo que constituye un reto alcanzar tal categoría). Existen empresas de mucho prestigio internacional en este sentido que avalan estas edificaciones mediante la emisión de certificaciones y sellos de desempeño energético, cada sello, tiene su particularidad, y pone el acento en una cuestión, pero en el fondo todos tienen la misma filosofía: que el edificio sea lo más respetuoso posible con el medio ambiente y, por tanto, energéticamente eficientes, aunque este punto no sea el más importante, en alguno de los casos. Estos certificados tienen en cuenta además elementos como entorno, recursos naturales, uso, tipo de suministros de energía, componentes y materiales para su fabricación, reciclaje de los recursos naturales, etc. Entre las tres certificaciones principales a nivel global se encuentran:

1. Certificación Verde.

Este es un edificio que, en su diseño, construcción u operación, reduce o elimina los impactos negativos y puede crear impactos positivos en nuestro clima y entorno natural.

Un *edificio verde* debe cumplir estas características:

- Uso eficiente de energía, agua y otros recursos.
- Uso de energía renovable, como la energía solar.
- Medidas de reducción de contaminación y desperdicio, y la habilitación de reutilización y reciclaje.
- Buena calidad del aire ambiental en interiores.
- Uso de materiales no tóxicos, éticos y sostenibles.
- Consideración del medio ambiente en el diseño, construcción y operación.
- Consideración de la calidad de vida de los ocupantes en el diseño, construcción y operación.
- Un diseño que permite la adaptación a un entorno cambiante.

Estas características tienen alguna variedad dependiendo del país o región, como condiciones climáticas distintas, culturas y tradiciones únicas, diversos tipos de edificios y edades, o prioridades ambientales, económicas y sociales.

Cualquier edificio puede ser ecológico, ya sea un hotel, un hogar, una oficina, una escuela, un hospital, un centro comunitario o cualquier otro tipo de estructura, siempre que incluya las características enumeradas anteriormente.

2. Certificación *LEED* (*Leadership in Energy and Environmental Design*): Liderazgo en diseño energético y medioambiental.

LEED proporciona una aproximación a la sostenibilidad del edificio mediante el reconocimiento de su rendimiento en cinco áreas clave de la salud humana y el medio ambiente: emplazamiento sostenible, ahorro de agua, eficiencia energética, selección de materiales y calidad medioambiental.

La metodología *LEED* establece una lista de créditos que recogen una serie de medidas de reducción de impacto, y, posteriormente, crea una matriz que relaciona el peso de las categorías de impacto situadas en un eje y los créditos evaluados en *LEED* en el otro eje. Esta matriz se utiliza para asignar que créditos están relacionados con qué impactos y en qué grado.

Esta certificación está disponible para todos los tipos de construcción incluyendo: las construcciones nuevas y las remodelaciones de gran magnitud, edificios existentes, los interiores comerciales, estructura y fachada, escuelas, centros de salud, establecimientos comerciales y el desarrollo de vecindades.

3. Certificación *BREEAM* (*Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology*): Método de evaluación y certificación de la sostenibilidad de la edificación técnicamente.

Es el método de certificación y evaluación más avanzado de la sostenibilidad de la edificación. Favorece una construcción más sostenible que se traduce en una mayor rentabilidad para quien construye, opera y/o mantiene el edificio; la reducción de su impacto en el medio ambiente; y un mayor confort y salud para quien vive, trabaja o utiliza el edificio.

La certificación *BREEAM* evalúa impactos en 10 categorías: Gestión, Salud y Bienestar, Energía, Transporte, Agua, Materiales, Residuos, Uso ecológico del suelo, Contaminación e Innovación.

Luego otorga una puntuación final tras aplicar un factor de ponderación ambiental que tiene en cuenta la importancia relativa de cada área de impacto. Comprende las distintas fases de diseño, construcción y uso de los edificios y dispone de esquemas de evaluación y certificación en función de la tipología y uso del edificio.

Cuba por encontrarse la zona tropical del hemisferio norte del planeta y las temperaturas medias anuales rondan los 26°C con altos niveles de humedad relativa, es necesaria la climatización de locales para crear condiciones de confort en las instalaciones hoteleras que posibiliten una estancia placentera a los clientes en estas instalaciones. A tal efecto, y para garantizar el uso eficiente de estos sistemas, existen técnicas pasivas y activas a tener en consideración cuando se proyecta o diseña un sistema centralizado de climatización.

Las técnicas pasivas (Hidalgo et al., 2016; Díaz Torres, 2016) (naturales) en la climatización son aquellas que ayudan a disminuir las ganancias de calor en una edificación y dependen del lugar donde se encuentre erguida la edificación, sin necesidad de un consumo energético de sistemas convencionales de *HVAC*, 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 estos sistemas, el propósito de las técnicas naturales para la climatización es prevenir que el espacio habitado se recaliente por encima de las condiciones de confort, llevándose a cabo mediante tres procesos fundamentales:

- ❖ **Protección de la incidencia solar:** Es una de las fuentes principales de ganancia de calor en locales a climatizar, por lo que es necesario dotar a estos de elementos atenuantes como: 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. 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. Además, la utilización de la vegetación en fachadas, techos y azoteas y frente a paredes acristaladas es una técnica también empleada en la disminución de los efectos de la radiación solar y el empleo de pintura de colores claros en dichos lugares que actúan como reflectantes de dicha radiación.
- ❖ **Ventilación:** Su objetivo es adecuar las condiciones de ambiente interior a los necesidades de confort y evacuar la energía almacenada en la masa de inercia térmica para evitar el sobrecalentamiento paulatino del edificio, siempre y cuando la temperatura del aire a circular por el espacio o recinto sea menor que la del interior de este. A parte de la temperatura del aire, hay que tener en cuenta otros factores como la velocidad y calidad del aire a circular. Velocidades muy altas causan molestias en los ocupantes de los locales, así como, la contaminación de este, es decir un aire limpio exento de contaminantes y partículas en suspensión que pueden provocar enfermedades respiratorias. Dentro de los procedimientos de climatización natural mediante la ventilación se encuentran: la simple, la cruzada, la nocturna y por efecto chimenea.
- ❖ **Masa térmica del edificio:** Proyectar una edificación con materiales de masa térmica considerable logra reducir las temperaturas extremas que experimentan los usuarios dentro del local, de esta manera se logra que la temperatura interior promedio sea moderada a lo largo del año (Carrier, 2009).

Por otro lado, las técnicas activas son aquellas que necesitan un consumo de energía para mantener las condiciones que han sido demandadas, tanto de energía convencional o renovable con las diferencias, lógicas, que existen entre ellas en cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero y eficiencia.

Para lograr la sostenibilidad en las edificaciones y en específico de una instalación hotelera, la combinación o equilibrio de estas técnicas reviste especial importancia sea una instalación nueva, en funcionamiento o renovación y ampliación de las mismas, puesto que las técnicas pasivas reducen de forma directa la demanda de energía, dejando en segundo plano la mejora de la eficiencia de los sistemas térmicos (o eléctricos) y el aporte que pudieran realizar los distintos sistemas de energías renovables.

Como se mencionó anteriormente los SCAF son grandes consumidores de energía en una instalación hotelera y están compuestos, de manera general, por una o más enfriadoras de agua, bombas de primarias y secundarias de agua fría (según la concepción del sistema), cuya función es hacer circular por la instalación dicha agua, y las unidades terminales que se encargan de modificar las condiciones termohigrométricas del aire en los locales donde están instaladas. Dentro de todo este equipamiento, las enfriadoras son las que más energía eléctrica demandan, debido al trabajo consumido por el o los compresores que la conforman, lo que de su trabajo eficiente dependerá en gran medida la eficiencia energética del sistema.

El mayor polo turístico de la isla de sol y playa, Varadero, está ubicado en la península de Hicacos y cuenta con unas 22 000 habitaciones en 53 hoteles de diferentes categorías y en todos están presente los sistemas de climatización, sea centralizada o distribuida, y agua caliente sanitaria que garantizan el confort en estas instalaciones. Los sistemas de clima son activados con la energía procedente de plantas generadoras cuya principal fuente energética proviene de combustibles fósiles. Por su parte, en los sistemas de ACS no ha sido de uso masivo el empleo de la energía térmica solar para producir la misma, por lo que aún se consume gas licuado del petróleo (GLP) en calentadores de agua y energía eléctrica mediante bancos de resistencias eléctricas como principal productor de agua caliente.

El mundo de la refrigeración está en constante cambio y búsqueda de nuevas tecnologías que hagan posible el aumento de la eficiencia energética con la consiguiente disminución del consumo energético en el sector y, por ende, en los sistemas *HVAC*, por tal motivo los compresores de pistón han sido reemplazados paulatinamente por los compresores tipo scroll y de tornillos, ya sean de uno o dos tronillos.

En (Lamas Acevedo y Oramas Ortega, 2011), se realiza un análisis de factibilidad para la sustitución de 22 compresores de pistón por compresores scroll en una instalación hotelera en Varadero el cual logra un ahorro anual de 18 054,30 \$/año, que representan 75 226,14

kWh/año de energía eléctrica dejado de consumir, es decir, por cada compresor sustituido se ahorran 9,36 kWh diarios y los efectos beneficiosos al medio ambiente por la disminución de la emisión de gases efectos invernadero que fue de 77,09 toneladas de CO₂.

Actualmente, la mayor parte de los compresores instalados en estas enfriadoras son del tipo tornillos, los cuales poseen una mayor eficiencia del proceso de compresión, más robustos, menos partes móviles y de fácil regulación de la capacidad para cargas parciales, partiendo del hecho que estos sistemas trabajan el 99 % del tiempo de operación bajo este régimen.

No obstante, en enero del año 2003 durante una exposición internacional de aire acondicionado, calefacción y refrigeración, en la ciudad de Chicago, Illinois, se presentaron los compresores centrífugos de levitación magnética (*Turbocor*), cuyo funcionamiento se basa en electroimanes e imanes permanentes que son controlados mediante un sistema digital, permitiendo a la flecha y al impulsor levitar para controlar su rotación y posición, estos fueron acreedores de los premios *Innovation Award*, en la categoría de energía y del *Energy Efficiency Award*, en Canadá, por su capacidad para reducir gases de efecto invernadero y aumento de la eficiencia energética, ellos se emplean tanto en enfriadoras de condensación por agua o aire sin la necesidad del empleo de aceite de refrigeración. Con esto se evita la circulación de aceite por el condensador y evaporador de los circuitos de refrigeración aumentando su eficiencia debido a la mejora del proceso de los procesos de transferencia de calor en dichos equipos.

En un estudio realizado por la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Climatización y Aire Acondicionado (*Ashrae*, por sus siglas en inglés), se determinó en varios sistemas de refrigeración estudiados que la concentración media de aceite en la superficie fría de los evaporadores era de 13 % lo que correspondía a una disminución de la eficiencia del 20 %, producto al aumento de la resistencia térmica en el proceso de transferencia de calor, además se evita el riesgo de contaminación medioambiental por el vertimiento de aceite cuando este se contamine o tenga que ser reemplazado.

Estableciendo una comparación entre un compresor centrífugo y otro de tornillo para la misma capacidad de 281 kW, el primero de ellos pesa solamente 120 kg y ocupa un volumen dentro de la enfriadora de 0.198 m³, mientras que el de tornillo pesa más de 7 veces, 850 kg ocupando un volumen de 0.748 m³.

Desde el punto de eficiencia energética, (Danfoss, 2008), se analiza el funcionamiento de ambos compresores para una capacidad frigorífica de 316 kW (90 Toneladas de refrigeración, Tr) cuando trabajan al 60 % de su capacidad, 12 horas diarias durante 240 días al año. El valor integral a carga parcial (*IPLV*, siglas en inglés) resulta un medidor muy importante en el funcionamiento de los compresores pues nos indica su eficiencia a cargas parciales que es la mayor parte del tiempo de operación de los mismos y, en este caso,

representa ahorro del 25 %. Además, se obtiene los ahorros económicos y medioambientales de ambos, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Comparación entre un compresor de tornillo y otro turbocor para una capacidad de 90 Tr. Fuente: www.turbocor.com

	Turbocor	Screw Compressor	Savings
IPLV kW/TR	0.38	0.63	0.25
Tons capacity	90.0	90.0	—
kW*	34.0	57.0	23.0
Annual operating days	240	240	—
Operating hours per day	12	12	—
Total annual kWh	97,920	164,160	66,240
Power cost (\$/kWh)	\$0.10	\$0.10	—
Annual operating cost	\$9,792.00	\$16,416.00	\$6,624.00
2-year cumulative savings			\$13,248.00
3-year cumulative savings			\$19,872.00
	Turbocor	Screw Compressor	CO ₂ Savings
Annual CO ₂ Emissions (lbs.)	74,224	114,052	39,828

* Calculations based on average load of 60%

La tabla anterior muestra que el empleo de enfriadoras con compresores centrífugos es una opción viable a considerar para la obtención de certificaciones de hotel sostenible, no solo para nuevas instalaciones, sino también para la sustitución de enfriadoras que llevan años operando, por los beneficios que representa en ahorros económicos y ambientales.

Dentro de los SCAF el empleo de fuentes renovables de energía (FRE) es una vía para lograr la sostenibilidad en estas instalaciones por medio de enfriadoras que emplean el método de refrigeración por absorción y pueden ser activadas con energía solar térmica, mediante el emplazamiento de paneles solares para calentar agua a temperaturas cercanas a los 90°C, fácilmente alcanzadas con la tecnología de paneles solares de tubos al vacío y *heat pipe*, que será la energía utilizada para activar el intercambio de calor del par refrigerante absorbente en los generadores de estas enfriadoras.

Los sistemas de absorción surgen en la década de los 60 del siglo XIX, incluso mucho antes de los sistemas de compresión de vapor, por lo que es una tecnología consolidada y madura, pero su nivel de introducción y aceptación aun es bajo debido a la falta de conocimiento y divulgación, así como, el costo inicial relativamente alto en comparación a

los sistema de compresión de vapor. A pesar de ello, las investigaciones relacionadas con la refrigeración solar presentan una tendencia al crecimiento, puesto que los ingenieros e investigadores ven en la tecnología de refrigeración solar un camino fértil para alcanzar las condiciones de confort térmico en espacios interiores, mediante el empleo de energía limpia y abundante (Bravo et al., 2018)

En Cuba la radiación solar alcanza valores de 5 kWh/m² (Bérriz et al., 2008), y es precisamente en el horario de mayor radiación cuando más demanda de climatización necesitan estas instalaciones, no obstante, según la concepción del sistema y teniendo en cuenta que este tipo de instalación o edificación opera las 24 horas del día, el empleo de sistemas híbridos donde se combinen la refrigeración solar con los sistema de compresión de vapor accionados por energía eléctrica es una oportunidad para el fomento de la refrigeración solar.

Otra variante en el empleo de estos sistemas es mediante la acumulación de agua caliente para ser empleada cuando la radiación solar sea escasa o nula, esto presupone un área de mayor dimensiones para poder emplazar los tanques de acumulación, no obstante, como demuestra (Milián León, 2018) en una instalación hotelera en la zona administrativa de un hotel en Varadero la factibilidad del empleo de esta tecnología, para una potencia frigorífica de 176 kW en el horario comprendido entre 8 am y 10 pm, logra ahorros en el ciclo de vida de la propuesta analizada para 15 años de \$ 237167,18 y se dejan de emitir 98,96 toneladas de CO₂ anuales al medioambiente. En (Díaz Torres, 2013) se realiza un análisis de la implementación de esta tecnología en combinación con el sistema convencional instalado actualmente en un hotel en la ciudad de Cienfuegos y la propuesta representa un ahorro de 40 000 cuc/anuales, dejando de emitir 216 ton CO₂/año.

En otro aspecto relacionado con la climatización, cuando es necesario sustituir los sistemas partidos (*split system* o simplemente *split*) por su deterioro debido al tiempo de uso, por el ambiente marino que ataca de forma rápida y deteriora la superficie extendida (aletas) de transferencia de calor, aumento de capacidad o cualquier otro motivo, estos son reemplazados por unidades similares a las que están instaladas en disímiles lugares y que funcionan bajo el sistema convencional de arranque y paro (*on-off*) en función del *set point* de temperatura controlado por un termostato ambiente.

En grandes locales como tiendas, discotecas y restaurantes que forman parte del servicio al cliente también se sustituyen los sistemas de aire acondicionado que distribuyen el aire por todo el local mediante conductos de inyección y retorno por unidades tipo split que funciona bajo el mismo sistema *on-off*, sin embargo, una tecnología que ha ganado mucho terreno y que se utiliza, incluso para la climatización de grandes edificios es la tecnología *inverter*, considerada una buena propuesta para contribuir al ahorro energético y el cuidado del medioambiente, su principio de funcionamiento se basa en la regulación de la velocidad

del compresor mediante la variación de la frecuencia de trabajo del sistema, lo que permite un riguroso y exacto control de la temperatura del local, sin una gran fluctuación de esta como se muestra en la figura 1, a la vez que evita los constante arranque y paro del sistema convencional, esto trae consigo una disminución considerable del consumo energético y evita el pico de corriente demandado en cada puesta en marcha.

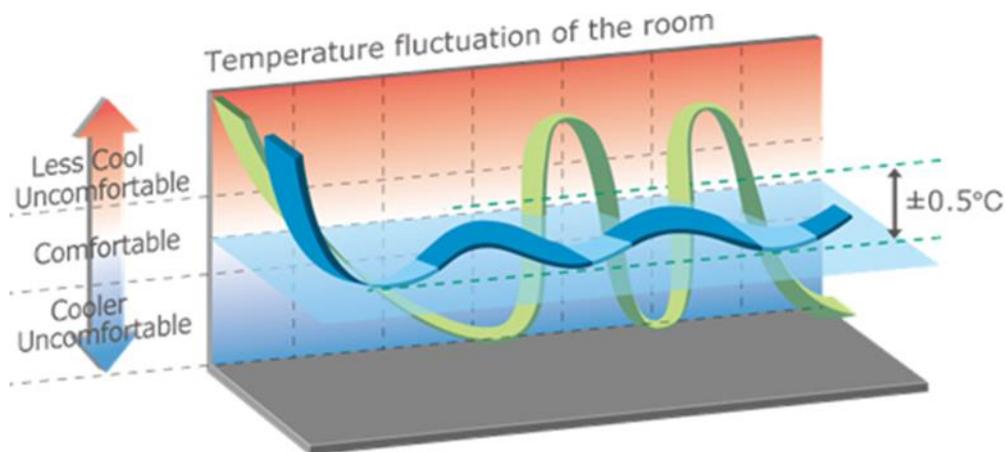


Figura 1: Fluctuaciones en el control de temperatura en un sistema convencional de aire (sinusoide verde) y un sistema Inverte (sinusoide azul). Fuente: www.gree.cn

En un estudio comparativo realizado por el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (Ineel), en México, (Gómez López y Antúnez Estrada, 2018) a un sistema *split* con tecnología convencional y otro con tecnología *Inverter*, donde se ubicaron ambos sistemas, cuya capacidad frigorífica fue de 3.516 kW, en el mismo local y fueron monitoreados durante 24 días, es decir, 12 días para cada equipo en los que se registró el consumo acumulado y los perfiles del consumo cada quince minutos. Los resultados obtenidos de acuerdo con el registro de consumo promedio por día de la tecnología *on-off* fue de 6.49 kWh y el de la tecnología *Inverter* fue de 2.02 kWh; el consumo total acumulado del equipo con tecnología convencional *on-off* consumió en total 71.69 kWh y el de tecnología *Inverter* 24.23 kWh, por lo que, el equipo de tecnología *on-off* consume 2.95 veces más energía activa que el equipo con tecnología *Inverter*. La tecnología *Inverter* operó en promedio con el 33% de la energía en kWh que consumió el equipo con tecnología convencional tipo *on-off*.

Entre las muchas variantes que existen para lograr la sostenibilidad energética dentro de los SCAF están los sistemas de almacenamiento térmico las cuales se clasifican en:

- ❖ Almacenamiento de calor sensible: Este método se basa en la acumulación de agua helada en cisternas o piscinas. Por su bajo costo de montaje se utiliza con mucha

frecuencia, aunque generalmente para disminuir los costos de inversión. Pueden ser de agua fría o agua helada por debajo de los 0 °C, en estos casos se utiliza salmuera o glicol.

- ❖ Almacenamiento de calor latente: Es el más utilizado en la actualidad, debido a su bajo costo relativo y a su flexibilidad de montaje, mantenimiento y operación; además de poder utilizarse para variadas funciones. Pueden ser de hielo normal estacionario o de hielo líquido, este último tiene la desventaja de lo voluminoso que es, por lo que no se aconseja para capacidades de frío superiores a los 59 TR.

El término termoacumulación (del cual se presentan dos estrategias operacionales, una de almacenamiento parcial y otra de almacenamiento total) en aire acondicionado se puede definir como la acumulación de energía en un horario determinado para utilizarlo en otro diferente, constituyendo lo que se denomina volante térmico, es decir, producir la acumulación de hielo en un horario fuera del pico eléctrico donde la energía se hace más barata, incluso generarla, y derretir esa energía almacenada en el horario pico, esto trae como ventajas ahorro en los costos energéticos, reducción de la demanda máxima y acumulación de capacidad de enfriamiento.

Desde el punto de vista ambiental estos sistemas de almacenamiento de hielo son una opción muy bien aceptada para la certificación de *LEED* en los llamados “edificios verdes”, gracias a la eficiencia que maneja en el consumo de recursos energéticos, por lo que las construcciones en la actualidad se prestigian con dicha certificación, en las que los sistemas de acumulación térmica por hielo juegan un papel fundamental. Esta tecnología ha ido en aumento en las instalaciones hoteleras debido a que las mismas poseen grandes picos de demanda en cargas de refrigeración en periodos cortos de tiempo, siendo en algunos casos, varias veces al día. Esta tecnología se adapta bien a estos cambios, lo que unido al ahorro que representa el uso de ella, ha hecho posible el aumento de estos sistemas en instalaciones hoteleras.

En (González García, 2015) se realiza un análisis de tres variantes de termoacumulación en un hotel en Varadero resultando que la más ventajosa fue la de producir y acumular la cantidad de frío demandada en el periodo del pico eléctrico de 6 a 10 pm, según se obtuvo en el perfil térmico de la instalación, en el horario de la madrugada, y derretirlo en el pico eléctrico, esto logra ahorros anuales de \$ 64 948,1 y el periodo de recuperación de la inversión es de 3,53 años.

Todas estas tecnologías, desde el punto de vista de inversión inicial, son más costosas que los sistemas convencionales o típicos, pero debido a los recursos que estos ahorran cuando se analiza el ciclo de vida de estas tecnologías logran ahorros energéticos y medioambientales significativos en la operación y mantenimiento. Por otro lado, en muchas

ocasiones el personal decisor de la inversión y de operación se resisten al cambio tecnológico debido a la falta de conocimiento, por tal motivo es necesario la divulgación mediante la preparación y capacitación de estos sobre las ventajas que estas tecnologías traen consigo

Cabe resaltar, que aunque no es el objetivo de este trabajo, los sistema de bombeo en los SCAF, resultan más ventajoso desde el punto de vista energético el bombeo partido con circuitos primario y secundario de agua helada con válvulas de dos vías en las unidades terminales que permitan el uso de variadores de velocidad en las bombas para lograr una reducción de la energía consumida y trazar estrategias operacionales mediante la seccionalización de la instalación hotelera, lo que se ajusta de forma precisa a la demanda de aire acondicionado.

Por otro lado, independientemente del tipo de compresor o tecnología utilizado en los circuitos de refrigeración de las enfriadoras de agua, el trabajo eficiente de estos depende de los trabajos de mantenimiento a los que son sometidos. Mantener las superficies de los condensadores exenta de suciedad, tanto en sistemas enfriados por aire o agua, posibilita que las enfriadoras trabajen dentro de los parámetros de funcionamiento para lo cual fueron diseñadas, evitándose el sobreconsumo energético de las misma, a manera de ejemplo se plantea que un aumento de la temperatura de condensación de 1°C en el proceso de condensación por aire, trae como consecuencia un aumento del consumo energético entre un 2 y 2,5 %. (Borroto Nordelo et al., 2002).

El sistema de agua caliente sanitaria en las instalaciones turísticas es otro factor determinante en la satisfacción del cliente y este representa, aproximadamente, el 7% del consumo de energía en ellas, aunque este porcentaje no es elevado en comparación con los SCAF y el alumbrado, se le presta mucha atención a ellos pues el aumento de la eficiencia y la introducción de la energía solar térmica en los mismos reducen los gastos en este tipo de edificación.

Para producir agua caliente sanitaria se dispone de muchas formas y variantes tecnológicas, no obstante, el sistema típico en un hotel, lo conforma un circuito primario y otro secundario, el sistema primario es el encargado de la producción de agua caliente que posteriormente en un intercambiador de calor, generalmente de placas, cede calor al agua que será consumida en el hotel, es decir que el circuito primario es el encargado de la generación de calor para lograr la temperatura de consumo y el secundario es el encargado de su almacenamiento y distribución.

Cuando se el sistema de aire acondicionado es centralizado, se aprovecha parte del calor del proceso condensación del refrigerante para calentar dicha agua, proceso este conocido como recuperación de calor. Cuando esta recuperación no es suficiente como por ejemplo,

en los meses de invierno donde la demanda de aire acondicionado disminuye o exista una gran demanda de ACS, sobre todo un pico de consumo en las horas del baño, el sistema tiene que ser apoyado por otros medios de calentamiento de agua para suplir ese déficit de producción como: calentadores de agua a gas (sea natural o GLP), bancos de resistencias eléctricas y bombas de calor, los cuales de una forma u otra consumen combustibles no renovables que provocan un aumento del consumo energético, gastos operacionales, de mantenimiento y emisiones de efecto invernadero al ambiente.

Para poder optar por una de las certificaciones de edificio sostenible, el empleo de fuentes renovables de energía se hace imprescindible por todos los beneficios medioambientales que se derivan de ellas y en este sentido el empleo de la energía solar térmica juega un rol fundamental.

En el sector del turismo la utilización de las energías renovables ha tenido un incremento con el paso de los años, ya que en la búsqueda de lograr disminuir los costos y minimizar la afectación al medio ambiente se impone este tipo de energía. Además, cualquier emprendimiento turístico que desempeñe sus actividades en forma ambientalmente responsable lograr una imagen positiva y generará un aumento en la cantidad de turistas interesados en el turismo sostenible. Según datos de IDAE, se necesitaría alrededor de 1 m² de captadores por cama de hotel. No siempre es fácil que un alojamiento tenga esa superficie libre para la instalación del sistema de solar térmico, pero los resultados obtenidos gracias a ello motivan que los hoteleros valoren la posibilidad de utilizar las superficies libres de sus establecimientos.

La temperatura del agua caliente sanitaria para consumo en estas instalaciones según establece la norma cubana es de 55°C, por lo que la temperatura del agua caliente en el circuito primario debe estar entre 60 y 65 °C, fácilmente alcanzable con calentadores solares de tubos al vacío (gracias a las propiedades aislantes del vacío, las pérdidas de calor son reducidas y pueden alcanzarse temperaturas en el rango de 77°C a 177°C) cuya eficiencia es mayor que los de colectores planos, con esta diferencia se obtiene el potencial térmico requerido que garantice el proceso de transferencia de calor en los intercambiadores del sistema.

Aún muchas instalaciones, incluso en su fase de proyecto, no concibe la utilización de la energía solar térmica para el calentamiento del agua primaria, basando su funcionamiento en la recuperación de calor de las enfriadoras y algunos de los sistemas de apoyo mencionados anteriormente, desaprovechando las bondades de la energía solar.

En este sentido (Sánchez Acevedo, 2018), analiza el sistema de ACS en una instalación hotelera en Varadero donde la recuperación de calor no funciona debido al alto grado de deterioro del circuito primario, por lo que el calentador de gas instalado en ella, como

apoyo, es el responsable de asumir toda la generación del sistema en cuestión. El consumo de combustible promedio anual en el calentador es de 106 086,00 kg de GLP emitiéndose a la atmósfera 314 toneladas de CO₂ anuales. Sin embargo, la implementación de un sistema de energía renovable mediante el emplazamiento de 196 calentadores de tubos al vacío con un área total de 1039 m², el consumo se reduce a 15 425,00 kg de GLP con una disminución de emisiones de 104 583,00 kg de CO₂, para un estimado de 8 horas diarias de funcionamiento, recuperándose la inversión en 5,88 años.

Dentro de las estrategias energéticas trazadas por el gobierno, en el año 2014, con el objetivo de que la producción de energía eléctrica para el año 2030 sea generada con fuentes de energías renovables, lo analizado en este trabajo, aunque no constituye un aporte directo a la producción de electricidad, si consigue la disminución de los combustible agotables y constituyen una fuente indirecta a los esfuerzos que el país realiza por lograr el cambio de su matriz energética y se libera de la dependencia de estos combustibles en una esfera económica de primer orden en el desarrollo económico, social y de seguridad nacional de la isla.



Figura 2: Hotel Meliá Internacional Varadero

El hotel Meliá Internacional Varadero, fue declarado oficialmente como el primer establecimiento de su tipo sostenible de Cuba, indicó un comunicado oficial. La compañía española *Meliá Hotels International* agregó, en una nota, que el proceso de expansión

global de esta firma de alojamientos tiene entre sus políticas prioritarias asegurar un entorno sostenible y respetuoso con el medio ambiente. En ese sentido significó que en Cuba aparece un reconocido trabajo en la preservación de sus ecosistemas naturales, especialmente los costeros. Por ese motivo Meliá recibió con beneplácito la certificación emitida por la consultora especializada *Breeam International*, que otorga al Internacional Varadero, propiedad de la firma cubana Gran Caribe, la categoría de Construcción Sostenible (Latina, 2020).

De esta manera, el mencionado hotel se convierte en la primera edificación a cargo de la inmobiliaria AEI ARCOS-BBI en recibir dicha condición internacional. Tal galardón evalúa indicadores como gestión, innovación, emisiones contaminantes, gasto energético y de agua, usos del espacio y ecología con tecnología de punta.

Meliá Internacional Varadero, figura # 2 comenzó a prestar servicios a principios de 2019 y en la actualidad constituye una de las instalaciones más emblemáticas de las que administra la hotelera española en Cuba, y en particular en ese balneario del occidente insular.

Conclusiones

El certificado de sostenibilidad en instalaciones hoteleras debe ser una meta a lograr en cada una de los hoteles del polo, para ello se deben involucrar organizaciones gubernamentales, proyectista, ingenieros, el sector privado y universidades que desarrollen proyectos de sostenibilidad y eficiencia energética en el turismo. En los sistemas hoteleros de climatización centralizada o distribuida y de agua caliente sanitaria aún existen grandes potencialidades para lograr tal propósito, por lo que es necesario el establecimiento de normas y directivas que obliguen a la introducción de forma rápida pero bien concebida de nuevas tecnologías que hagan más eficiente y sostenibles estos sistemas energéticos que hará posible la disminución del impacto medioambiental y el ahorro de los recursos agotables donde las energías renovables tendrán un lugar privilegiado. Las nuevas construcciones, reparaciones capitales y reposición de equipamiento deben tener en consideración estos aspectos. Solo con el esfuerzo, la divulgación, capacitación y la voluntad de los involucrados se lograrán aumentar los niveles de satisfacción en los clientes en estos tiempos, a la vez que lo preservamos para que las futuras generaciones disfruten de un turismo más limpio y sostenible.

Referencias bibliográficas

AUTORES, COLECTIVO DE. Estrategias para edificios de energía casi nula. Valladolid: Génesis Digital, 2018. ISBN 978-84-09-02363-9

BÉRRIZ, L. y ÁLVAREZ, M. Manual para el cálculo y diseño de calentadores solares. La Habana: Cubasolar, 2008. ISBN978-959-71113-36-2

BORROTO NORDELO, A., et al. Ahorro de Energía en Sistemas Termomecánicos. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos, 2002. ISBN 959-257-045-0.

BRAVO HIDALGO, D. et al. Eficiencia energética en la climatización de edificaciones. Quito: Revista Publicando, 2016. Vol. 3, 8. ISSN 1390-9304.

BRAVO, D., GONZALÉZ, F y GONZALEZ, J. Refrigeración solar de edificaciones. Un estado del arte. Quito: s.n., 2018. Vol. 33, 2.

CARRIER. Manual de Aire Acondicionado. Madrid: Marcombo, 2009. ISBN: 978-84-267-1499-2.

DANFOSS. *Danfoss Turbocor*. [En línea] julio de 2008. www.turbocor.com.

DIAZ TORRES, Y. Estado del arte de técnicas activas y pasivas de la climatización sustentable para edificaciones. Cienfuegos, 2016. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/298346587>

DIAZ TORRES, Y. Integración de la climatización con energía solar térmica a los sistemas de compresión de vapor en las edificaciones del sector hotelero. Tesis en opción al grado de Máster en eficiencia energética. Cienfuegos, 2013.

GÓMEZ LÓPEZ, J.M. y ANTÚNEZ ESTRADA, A.J. Comparativo de eficiencia energética de sistemas de aire acondicionado con tecnologías *on-off e Inverter*. México: s.n., 2018. Vol. 03.

GONZALEZ GARCÍA, A. Ahorro energético en sistemas centralizados de aire acondicionado mediante el método de termoacumulación de hielo. Tesis en opción al título de Ingeniero Mecánico. Matanzas, 2015.

LAMAS ACEVEDO, J.L. y ORAMAS ORTEGA, M. Análisis de la factibilidad de cambio de los compresores recíprocos por compresores scroll en el hotel “Arenas Doradas”. Tesis en opción al título de Ingeniero Mecánico. Matanzas, 2011.

LATINA, PRENSA. Cubadebate. [En línea] 26 de Mayo de 2020. [Citado el: 28 de mayo de 2020.] www.cubadebate.cu. 2020

MILIÁN LEÓN, J. Uso de la energía solar en sistemas de aire acondicionado central por absorción. Matanzas: s.n., 2018.

OSMA PINTO, G.A. y ORDÓÑEZ PLATA, G. Desarrollo sostenible en edificaciones. Santander: UIS Ingenierías, 2010. Vol. 9, 1.

SANCHEZ ACEVEDO, L. Uso de la energía solar térmica en el circuito primario de agua caliente del Hotel Arenas Blancas. Tesis en opción al título de Ingeniero Mecánico. Matanzas, 2018.

SIERRA-HUELSZ, J.A. Hacia edificaciones más sustentables. Ciudad de México: rdu, 2013. Vol. 14, 9. ISSN 1607 - 6079. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/312030883>

