UNIVERSIDAD CIENFUEGOS
Carlos Rafael Rodríguez

Facultad de Ingeniería Mecánica

CEEMA
Centro de estudios de energía y medio ambiente

Trabajo de Diploma

Título: Determinación de las cargas de enfriamiento del Hotel Jagua eön función de variables climatológicas y constructivas.

AUTOR: Michel Cebeira Canedo

TUTORES:
Msc. Ing. Sergio Montelier
Dr. Ing. Carlos Pérez Tello

"Año de la Revolución energética en Cuba"
Cienfuegos. Cuba
Curso 2005 – 2006

Declaración de Autoridad

Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”

Sistema de Documentación y Proyecto.

Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez como parte de la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Mecánica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Universidad de Cienfuegos para los fines que estime conveniente, ya sea parcial o totalmente, que además no podrá ser presentado sin la aprobación de la Universidad de Cienfuegos.

_____

Firma del autor.

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido según acuerdo de la dirección del centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de este envergadura, referido a la temática señalada.

_____

Información Científico Técnico.

Nombre y Apellidos. Firma.

_____

_____

Computación. Firma de los tutores

Nombre y Apellidos. Firma.

_____

Sistema de Documentación y Proyecto.

Nombre y Apellidos. Firma.

Pensamiento

Para hacer grandes cosas no hay que estar por encima de los hombres sino junto a ellos.

Montesquíeus (1689-1755)

Agradecimientos

- A mis familiares por su apoyo incondicional y su entusiasmo.

- A mis compañeros y amigos por su amable y solidaria ayuda.

- A mis tutores Msc. Ing. Sergio Montelier y al Dr. Ing. Carlos Pérez Tello por su incondicional ayuda en la culminación de trabajo.

- Al Dr. José P. Monteagudo Yánez y la Dra. Margarita Lapido Rodríguez por su colaboración en la realización de este trabajo.

- Al Ing. Víctor Cruz por su incondicional ayuda y atención en todas las visitas realizadas al Hotel Jagua

- En fin a los que me han acompañado en el cumplimiento de este deber y que me han tendido su mano con afecto, cariño y confianza.

A todos muchas gracias.

Dedicatoria

- A mi madre Edilberta Canedo Quintana por ser el motor impulsor de mis potencialidades confiando siempre en mi.

- A mi tío Omar Canedo Quintana por todo el amor y la ayuda que me ha brindado siempre.

- A mis abuelos Juan José y Leonila por todo el amor y cuidado que siempre han dado a mi vida.

Resumen

Resumen

El presente trabajo titulado ¨ Determinación del comportamiento térmico del Hotel Jagua en función de variables climatológicas y constructivas ¨ está encaminado al estudio de las cargas térmicas de enfriamiento en esta edificación a partir del uso de la simulación térmica como herramienta de trabajo.

Se establecen las características constructivas de la instalación y se recopilan datos climatológicos de la localidad de Cienfuegos necesarios para la simulación térmica.

Se realiza el cálculo de las cargas térmicas de enfriamiento del Hotel teniendo en cuenta las variables climatológicas fundamentales y las características constructivas de la instalación.

Se determinan los consumos asociados al sistema de climatización necesarios para satisfacer la demanda térmica de la edificación y se evalúan algunos criterios sobre el posible uso de pinturas reflectivas como parte de las estrategias de ahorro de energía que se pueden implementar en edificaciones para la disminución de los consumos.

Índice

Índice

Introducción 1
Capitulo I. El turismo como elemento de desarrollo económico de Cuba y el 4
mundo. 4
1.1. El papel del turismo en la economía mundial 4
1.1.1. Situación del turismo en Cuba. 6
1.1.2. Estado actual de la industria turística. 8
1.1.3. Tendencias futuras de la industria turística cubana. Previsiones 2000- 2010. 10
1.2. Tendencias de la climatización en el turismo cubano 11
1.2.1. Sistema de acondicionamiento de aire. 11
1.2.2. Sistemas de aire acondicionado. 13
1.2.3. Ventajas de los sistemas centralizados. 15
1.3. Parámetros climatológicos y constructivos 15
1.3.1. Elementos climáticos o parámetros medio ambientales. 17
1.3.2. Parámetros constructivos de edificaciones 21
Conclusiones parciales. 25
Capitulo II. Simulación Térmica de edificaciones en función de las variables
Climatológicas y constructivas. 26
2.1. Uso de simuladores térmicos. Simulador térmico de la Universidad (UABC). .. 26
2.2. Metodología utilizada 26
2.3. Pantalla de control 29
2.3.1. Entrada de datos al simulador (DATA2) 29
2.3.2. Calculo de la carga de enfriamiento (SCRW4) 29
2.3.3. Cálculo de temperaturas horarias (MEX1TH) 30
2.3.4. Cálculo de radiación solar y factor temperatura aire-sol MEX2TAS 30
2.3.5. Cálculo de ganancia de calor en techo (GT4SW), muro norte (GN4SW), muro sur (GS4SW), muro este (GE4SW) y muro oeste (GO4SW). 32
2.3.6. Ganancias de calor a través de puertas y ventanas (GVP4SW). 33
2.3.7. Ganancia de calor debida a personas, iluminación, equipo, infiltración y ventilación (EQ4W). 34
2.3.8. Retiro de calor del aire acondicionado (RCAA) 35
2.3.9. Integración de ganancias de calor y potencia de enfriamiento (CE4SW). 35
2.3.10. Correlaciones fundamentales (H-G –2000) 36
Conclusiones parciales 37
Capitulo III. Estudio de caso. Aplicación al Hotel Jagua 38
3.1. Descripción del Hotel Jagua y características constructivas. 38
3.2. Características del sistema de climatización del Hotel. 38
3.3. Simulación térmica. Análisis de los resultados. 44
3.3.1. Edificio principal 45
3.3.2. Habitaciones tipo cabaña. 47
3.3.3. Áreas de servicio 48
3.4. Ganancias de calor totales de la edificación. 50

Conclusiones parciales..... 51
Conclusiones generales ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Recomendaciones..... 53
Referencias bibliográficas..... 54
Bibliografías..... 55
Anexos 57

Introducción

Cuba, archipiélago del Caribe, geográficamente situada en las Américas, fue desde su descubrimiento el lugar de obligatorio descanso y abastecimiento de todo tipo de naves y personas que hacían el largo trayecto de Europa a América por diversos motivos.

Nuestro pequeño país con acceso a acontecimientos de importancia social, cultural y económica y sus puertos en La Habana y de Santiago de Cuba ocuparon un relevante y brillante lugar entre los lugares más conocidos de las Américas.

Un largo proceso ha sido necesario para que el turismo se haya convertido en una de las industrias más importantes de la actualidad y sus cualidades son crecientemente valoradas debido a que es una de las actividades económicas con mayor capacidad para promover un desarrollo equilibrado y sostenible en nuestro país.

Las instalaciones turísticas se caracterizan en general por poseer un consumo energético considerable, y en ocasiones, poco racional. Este hecho se ha tratado de explicar fundamentándose en que la principal función del hotel es dar el máximo confort a sus clientes y para ello, se necesita energía. Sin embargo, existen oportunidades para reducir los consumos mediante un enfoque sistemático y estructurado en la administración de la energía que permita aprovechar los ahorros potenciales, sin limitar la calidad de los servicios ofrecidos a los turistas.

Aún cuando el costo de energía de un hotel no es la factura más alta para la administración, el incremento de la eficiencia energética probablemente es una de las vías más factibles para aumentar la competitividad y proteger el medio ambiente en un hotel.

Una de las herramientas utilizadas para reducir los consumos lo constituye la

simulación térmica del comportamiento de edificios que por mucho tiempo ha sido utilizada por especialistas en el área de acondicionamiento ambiental. Sin embargo, las limitaciones impuestas por la falta de información real sobre condiciones climatológicas locales, caracterización de métodos constructivos y materiales de construcción combinadas con las limitaciones de equipos de cómputo y paquetes computacionales, condujo al uso de métodos simplificados, el uso de grandes valores promedio y una cantidad limitada de paquetes de cómputo cuya aplicación ha sido restringida a la selección de equipo de acondicionamiento ambiental para las grandes construcciones.

La comercialización masiva de computadoras personales y el desarrollo de paquetes computacionales amigables, hace posible hoy en día el recuperar los métodos formales de cálculo de requerimientos de enfriamiento y/o de calefacción, utilizar datos reales climatológicos de lugares específicos e incorporarlos en modelos, capturar y sistematizar los datos constructivos y características de los materiales de construcción, mantener actualizados bancos de datos de costos de los materiales y de la energía eléctrica y, todo ello, puede ser integrado para simular el comportamiento térmico desde pequeñas casas habitación hasta las grandes y complejas instalaciones industriales. Es más, es posible simular y validar este comportamiento hora por hora a lo largo de las diferentes estaciones del año para producir resultados que influyen significativamente en los criterios de selección y dimensionamiento empleados actualmente.

Son muchas las aplicaciones de la simulación en las más diversas esferas de acción del hombre. Sin embargo, la mayoría de estas aplicaciones están dadas en la validación de sistemas resultantes de variaciones hechas en los sistemas originales, pero es evidente que de esta forma es imposible afirmar que el sistema generado por los cambios, a pesar de mostrar mejoría con respecto al actual, sea el mejor posible. La simulación en computadoras ha sido utilizada durante cuatro décadas para predecir, comparar y comprender el comportamiento de sistemas en diversos campos del conocimiento. Entonces y ahora, la fuerza impulsora de la simulación ha sido la necesidad de modelar y analizar de forma rápida y efectiva el comportamiento de sistemas complejos. Al principio, la simulación fue considerada

como un complemento para los modelos analíticos; para ser utilizada solamente cuando estos no podían emplearse. Eventualmente la simulación ha robustecido su reputación para convertirse en otra herramienta de modelación de mucha popularidad en la década de los años 90 del siglo XX. No obstante lo anterior, la simulación no constituye en sí misma una herramienta de diseño, puesto que un modelo de simulación proporciona una respuesta del sistema a condiciones operacionales y experimentales que le son impuestas. A pesar de la existencia de esta herramienta en el campo de la modelación en los sistemas de climatización esta no ha sido empleada satisfactoriamente en Cuba con fines de lograr alternativas de bajos consumos de energía en estos sistemas por lo tanto constituye un **Problema científico** el uso insuficiente de la simulación con fines de encontrar estrategias de ahorro de energía en los sistemas de climatización en nuestro país

Para dar solución al problema científico, se plantea como **Hipótesis:**

La simulación de las demandas de carga de una edificación a partir de sus características constructivas y condiciones climatológicas de la región puede ser una solución que permita trazar estrategias para el ahorro de energía en sistemas de climatización.

Como Objetivo General se traza el siguiente:

Mediante la simulación determinar las cargas totales de enfriamiento del hotel Jagua en función de sus características constructivas y las variables climatológicas de la localidad de Cienfuegos.

Y como Objetivos Específicos:

1- Resumir a partir del análisis el estado actual de la industria turística en Cuba.
2- Evaluar el estado actual del uso de los simuladores térmicos de edificaciones**.**
3- Caracterizar el sistema de climatización del Hotel Jagua.
4- Caracterizar los detalles constructivos del Hotel Jagua.
5- Recopilar el comportamiento de las variables climatológicas de la región de Cienfuegos.
6- Determinar las demandas térmicas de enfriamiento y consumos esperados del hotel por medio del simulador de la UABC

Capitulo I. El turismo como elemento de desarrollo económico de Cuba y el mundo.

Introducción.

Etimológicamente Turismo se deriva de la palabra latina <<tornus>>, que significa: la acción de movimiento y retorno; su definición actual según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (RAE) no es más que la actividad o hecho de viajar por placer. Este esta estrechamente vinculado con decenas de otras actividades, por lo que su competitividad dependerá en gran medida de la calidad y precio de todos los servicios y producciones.

Actualmente se considera que el turismo se ha convertido en uno de los principales motores generadores de ingresos económicos y de empleo ya que se trata de un sector con un elevado efecto de arrastre sobre el resto de las actividades productivas que crea empleo indirecto a un amplísimo espectro de subsectores, también hay que destacar que esta industria es en muchos casos la única alternativa de desarrollo de algunas regiones y países.

1.1. El papel del turismo en la economía mundial

El turismo es un sector de la economía mundial donde se reportan elevados ingresos a la vez que da trabajo de forma directa o indirecta a millones de personas, influyendo en el desarrollo y la estabilidad de diversos países y regiones.

Un aspecto importante es la ubicación del turismo en el primer lugar entre los grupos de exportación mundial, superando a partidas como el petróleo, la industria automovilística y el equipamiento electrónico. En 1996 los ingresos procedentes de este sector representaron el 8% del total mundial de exportaciones de bienes y más del 35% del total mundial de exportaciones de servicios [3].

Hay que destacar el papel desempeñado por el turismo intrarregional en las Américas,

llegando este a representar las tres cuartas partes de los visitantes internacionales de la zona. Se ha producido, no obstante, una cierta reducción del peso de estos flujos en comparación con 1985, cuando equivalían al 84% del total de las llegadas turísticas. De todos modos, esta previsto que el turismo intraregional siga creciendo en las Américas entre 1998 y el año 2006, con un ritmo medio del 6.1% anual.

Estos datos muestran un sector en clara expansión, cuyas perspectivas de futuro justifican, a pesar de los conflictos del mundo actual, una posición optimista y el perfeccionamiento de su gestión.

Por otra parte estudios realizados, destacan la positiva incidencia que ha de tener la evolución demográfica sobre la demanda turística. En efecto, en el continente europeo - principal lugar de origen del gasto turístico internacional el segmento de la población que experimentará el mayor crecimiento en las próximas décadas, será el del grupo de edades comprendidas entre los 35 y los 54 años; éste es, precisamente el que disfruta de las rentas más elevadas, lo que constituye un factor claramente favorable a la expansión de la actividad. También tendrá un protagonismo cada vez mayor la categoría de más de 65 años, que dispone de rentas crecientes así como de tiempo libre, lo que permitirá, entre otras cosas, prolongar la temporada turística fuera del período de vacaciones, presentando así una solución parcial al grave problema de la marcada estacionalidad de la demanda presentada en muchos países. Esos estudios reflejan que el sector turístico resulta especialmente beneficioso dada su capacidad de mejorar las condiciones de vida de los países en vías de desarrollo.

Lo más relevante, sin embargo, de las transacciones turísticas, es que estas constituyen, en principio, una redistribución de los recursos a nivel mundial, por cuanto suponen gastar en los lugares de destino (en muchas ocasiones países del hemisferio Sur) unos ingresos generados por el trabajo y ahorrados, en parte con esa finalidad, en las principales zonas emisoras de turistas, los países industrializados.

1.1.1. Situación del turismo en Cuba.

En Cuba las actividades vinculadas al turismo internacional comenzaron a ganar importancia a inicios del siglo XX. En 1930 el turismo en Cuba ocupaba el tercer lugar como captador de ingresos, solamente superado por las exportaciones de azúcar y tabaco. La mayor parte concurría exclusivamente en La Habana, donde se alojaban ochenta y seis mil (86 000) turistas año [3].

La ley seca, que prohibía la venta y consumo de bebidas alcohólicas en los Estados Unidos hizo que se moviera hacia el Caribe una gran cantidad de turistas de esa nación, principalmente hacia Cuba. Al eliminarse esta ley el turismo decayó considerablemente.

Hasta la década del 80 el turismo en Cuba estuvo dirigido principalmente al turismo local. Pero entre los años 1985 y 1990 se hicieron esfuerzos buscando atraer la inversión extranjera y desarrollar otros sectores económicos, lo que implica a su vez, la inversión en materiales, equipos, recursos y servicios, convirtiéndose así en una fuente de empleo.

Fue en la década del 90 durante la cual el desarrollo del turismo internacional alcanzó ritmos casi imposibles de imaginar. El flujo turístico se multiplicó 5 veces, pasando de 34 000 en 1990 hasta sobrepasar el millón 600 000 en 1999. Los ingresos brutos derivados del turismo alcanzaron la cifra de 1 900 millones de dólares. La taza de crecimiento anual, un 19 % en los visitantes y un 26 % en los ingresos brutos, han sido la más alta en toda la región del Caribe.

Estadísticas elaboradas por del centro de estudios de la economía cubana reflejan que el turismo en Cuba creció desde 1990 hasta el 1999 creció de 12 000 a 34 000 él numero de habitaciones, los ingresos brutos crecieron de $240 millones de USD a $1959 millones de USD, alcanzándose un arribo de turistas cercanos al 1 600 000

turistas al año. Además se prevé un crecimiento sostenido del sector de un 16%, que para el año 2010 posibilitará 50 000 nuevas habitaciones y será capaz de admitir entre 5 y 7 millones de turistas año. Como es lógico toda esta infraestructura debe tener garantizado un suministro eléctrico adecuado de unos 547.5 Gwh anuales que representaría aproximadamente el 5 % del consumo de Cuba del año 2001 [6].

En cuanto a los hoteles, si descontamos los de dos estrellas, resulta apreciable la construcción acorde con estándares medio y alto de confort en el plano internacional, de esta forma mientras en 1990 había solamente 75 hoteles de 3 estrellas o más, en 1996 esa cifra se eleva a 128; y en 1999 es de 141 instalaciones. Lo anterior arroja un crecimiento aritmético del 188% entre, 1990 y 1999. Por su parte el número de habitaciones pasa de 11 600 habitaciones superiores a dos estrellas en 1990, a más de 26 000 en 1999, lo que significa un crecimiento cercano al 227%.

El diseño de la oferta hotelera en Cuba incluye un grado relativamente alto de concentración de las cadenas hoteleras en determinados segmentos de calidad.

Así para las cuatro principales cadenas, "Cubanacán" y "Gran Caribe" cubren en lo fundamental (alrededor del 91% en 1998) la oferta de 5 estrellas. Por su parte Horizontes es la cadena con mayor número de instalaciones de tres estrellas (46.7**%** del total) y también de dos estrellas (66%). "Gaviota" la menor compañía en cuanto a número de instalaciones, se encuentra representada básicamente en la categoría cuatro estrellas, representando el 14,8% del total de instalaciones, en este segmento "Horizontes" y "Cubanacán" cubren el 83% restante.

Los ingresos totales por turistas disminuyen de forma absoluta a partir de 1996 así en 1990 estos eran de $ 948.00 dólares ascendiendo hasta un pico de $ 1 476.00 dólares en 1995, para iniciar un descenso que se mantiene hasta 1999, donde el ingreso total por turista fue de alrededor de 1 250.00 dólares.

El flujo turístico es por naturaleza estacional, a la inversa con el verano y las altas temperaturas, siendo para Cuba el mes de mayor arribo de turistas el de diciembre y el de menor arribo junio, la variación en cuanto al número de turistas indica que diciembre recibe, como promedio, entre el 166% y el 200% de turistas de lo que lo hace el mes de junio.

En general los picos máximos de turistas van de noviembre a marzo o abril, coincidentes con la zafra azucarera en el país. Esta peculiaridad hace que, aunque en absoluto disminuya los factores ociosos en la economía, con el aumento de la actividad turística se acentúe en relativo su carácter cíclico o estacional y favorece a un menor consumo energético por habitación ocupada.

1.1.2. Estado actual de la industria turística.

En los primeros cuatro años de esta década (2000-2010) el turismo en Cuba ha mantenido un desarrollo ascendente. En el “Anuario Estadístico del 2004” se observa que el flujo turístico se multiplicó casi 2 veces, pasando de 1.7 millones en el 2000 hasta sobrepasar los dos millones en el 2004, lo que posibilitó que el monto de los ingresos por turismo internacional ascendió de 1737.4 millones de CUC en el 2000 a 1914.7 millones de CUC en el 2004.

Se terminaron 21 nuevos hoteles alcanzándose la cifra de 367, esta no refleja los que aún se encuentra en construcción o están en fase de culminación, de estos nuevos hoteles cuatro son de cinco estrellas con 23 en total, seis de cuatro que suman 66, cuatro de tres que suman 70, cinco de dos en total 70 y dos de una estrella con 138 en todo el país. El número de habitaciones creció de 49291 unidades a 55682 unidades en este período, trayendo consigo un aumento en la capacidad de alojamiento (número de camas) de 7930 unidades.

La región del mundo que más turismo aportó al país durante los tres primeros años fue

la europea, pero en el 2004 fue superada por América con una cifra de arribos de 1026000 turistas por 977 mil provenientes de Europa. Esto estuvo condicionado principalmente por la disminución en los arribos de turistas proveniente de Francia, Alemania y Portugal y el aumento del flujo de visitantes canadienses, venezolanos y argentinos.

En nuestro país las llegadas de turistas se comporta de manera inversa con el verano y las altas temperaturas ya que como nuestro turismo es eminentemente del hemisferio norte y de los cinturones templado y ártico en estas épocas del año los residentes en estos lugares desarrollan un turismo nacional aprovechando los meses de verano en sus propios países y cuando caen las estaciones de otoño e invierno viajan hacia lugares más cálidos en busca de condiciones idóneas para realizar turismo de playa, naturaleza, etc. Como ejemplo de lo antes expuesto se verá como se comporto el año 2004 en este sentido.

Tabla 1.1: Comportamiento de los arribos de visitantes en el 2004

	Meses												**Miles**
año	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**total**
2004	215.7	223.9	229.9	194.9	138.7	127.5	163.5	159.6	106.6	132.9	158.2	196.9	2048.6

Analizando la siguiente tabla se observa como hay un decrecimiento a medida que pasan los meses hasta el mes de septiembre, mes de menor cantidad de arribos, para volver a incrementarse hasta concluir este año.

Para el año 2005 las autoridades cubanas del sector turístico ratificaron el propósito de cerrarlo con un crecimiento del 12 por ciento con respecto al 2004, además se espera el arribo de 2.3 millones de visitantes, cifra que en los primeros nueve meses del año en curso mostraron el arribo a la mayor de Las Antillas de un millón 754 mil 338 vacacionistas foráneos.

Cuba cuenta actualmente con 41 mil 500 habitaciones distribuidas en unos 200 hoteles, y el gremio de los trabajadores de este sector asciende a 84 500 afiliados **(**http://www.cubatravel.cu/client/news/archive.php**).**

1.1.3. Tendencias futuras de la industria turística cubana. Previsiones 2000- 2010.

Según declaraciones realizadas por el viceministro cubano de turismo, recogidas en la Revista Hosteltur, en su número de junio de 2000, el Ministerio de turismo cubano ha trazado una proyección de desarrollo para los próximos diez años, momento en el que la isla espera alcanzar la propuesta en el Plan General de Desarrollo Turístico del país.

En esta proyección, dada a conocer en el transcurso de la Convención por el viceministro del ramo, Eduardo Rodríguez de la Vega en una conferencia magistral titulada "El sector turístico cubano", se han analizado cuatro posibles escenarios para el año 2010. "Los tres primeros, que oscilan desde 5 hasta 7 millones de visitantes, asumen varias tasas de crecimiento promedio anual para el conjunto de nuestros mercados emisores tradicionales", aseguró de la Vega.

Un cuarto escenario, todavía poco probable, pero que es necesario tener en cuenta en una proyección de desarrollo a diez años, es la eventual eliminación del embargo económico de los Estados Unidos contra Cuba, "un evento que probablemente podría incrementar hasta doce millones los arribos en el 2010", comentó.

De los tres escenarios más probables, el mínimo prevé un crecimiento anual del 9,6%, inferior a la media histórica del 13%, lo que supondría un máximo de cinco millones de visitantes. El medio, con un crecimiento anual del 11,6%, también inferior a la media, permitiría el arribo de 6 millones, mientras el alto, que parte del supuesto de superar en tres décimas la media histórica de crecimiento del 13%, posibilitaría la llegada de siete millones de turistas.

Ahora bien, si se toma en cuenta el aún hipotético cuarto escenario, el crecimiento anual se dispararía hasta un 19,4%, seis puntos porcentuales más que la media

histórica, para 12 millones de turistas anuales, cifra que pudiera ser, a partir de entonces, la media de arribos a mantener o superar en la Cuba del siglo XXI.

Para dar alojamiento al número de turistas que Cuba espera recibir mediante cualquiera de las cuatro variantes en el 2010, el país, que en año 2000 contaba con 36000 habitaciones para el turismo internacional, tendrá que construir 78600 en la variante A, 94300 en la B, 110100 en la C y 185500 en la D.

De acuerdo a estas cuatro alternativas de demanda, la expansión del desarrollo turístico de Cuba durante esta década requerirá inversiones multimillonarias, aseguró el viceministro. Según sus cálculos, los tres primeros escenarios demandarán 6,6 billones de dólares el mínimo, 8,9 el medio y 11,2 el alto, mientras que éstas inversiones pudieran llegar hasta los 22,3 billones si se aplica la cuarta variante.

Cuba por sí sola no puede enfrentar un proyecto constructivo de tal envergadura, de ahí que la participación de capital extranjero continúe siendo necesaria en la próxima década, algo que nuestras autoridades turísticas cubanas no sólo tienen asumido, sino que lo estimulan, conscientes de que cualquier inversión en el sector en nuestro país, que tiene en el turismo a su principal fuente de ingresos en el presente y en el futuro, es siempre un negocio rentable.

1.2. Tendencias de la climatización en el turismo cubano

1.2.1. Sistema de acondicionamiento de aire.

Un sistema de aire acondicionado consiste básicamente en un conjunto de equipos que proporcionan aire y mantienen el control de su temperatura, humedad y pureza en todo momento y con independencia de las condiciones climáticas. Sin embargo, suele aplicarse de forma impropia el término “aire acondicionado” al aire refrigerado. Muchas unidades llamadas de aire acondicionado son sólo unidades de refrigeración equipadas con ventiladores, que proporcionan un flujo de aire fresco filtrado.

Los sistemas centralizados de aire acondicionado, que proporcionan ventilación, aire caliente y aire frío, según las necesidades, se emplean en grandes hoteles, restaurantes, cines, teatros y en otros edificios públicos. Estos sistemas son complejos y suelen instalarse durante la construcción del edificio. Cada vez se automatizan más para ahorrar energía y se controlan por computadoras u ordenadores. En edificios antiguos, como edificios de apartamentos o de oficinas, se suele instalar una unidad refrigeradora con ventiladores, conductos para el aire y una cámara en la que se mezcla el aire del interior del edificio con el aire del exterior. Estas instalaciones se utilizan para refrigerar y deshumedificar el aire durante los meses de verano. Hay aparatos más pequeños para enfriar una habitación, que consisten en una unidad refrigeradora y un ventilador en una estructura compacta que puede montarse en una ventana.

El diseño del sistema de aire acondicionado depende del tipo de estructura en la que se va a instalar, la cantidad de espacio a refrigerar, el número de ocupantes y del tipo de actividad que realicen**.** Una habitación con grandes ventanales expuestos al sol, o una oficina interior con muchas luminarias, que generan mucho calor, requieren un sistema con capacidad de enfriamiento mucho mayor que una habitación sin ventanas iluminada con tubos fluorescentes. La circulación del aire debe ser mayor en espacios en los que los ocupantes pueden fumar, que en recintos de igual capacidad en los que no está permitido. En viviendas y apartamentos, la mayor parte del aire calentado o enfriado puede circular sin molestar a sus ocupantes; pero en laboratorios y fábricas donde se realizan procesos que generan humos nocivos el aire no se puede hacer circular; hay que proporcionar constantemente aire fresco refrigerado o calentado y extraer el aire viciado.

Los sistemas de aire acondicionado se evalúan según su capacidad efectiva de refrigeración, que debería medirse en kilovatios. Sin embargo todavía se mide en algunas ocasiones en toneladas de refrigeración, que es la cantidad de calor necesaria para fundir una tonelada de hielo en 24 horas, y equivale a 3,5 kilovatios.

1.2.2. Sistemas de aire acondicionado.

- Unidades de Ventana

La principal razón por la que se recurre a esta solución, es porque la inversión inicial es menor a la de un sistema de agua helada o central. El sistema de agua helada requiere de una inversión inicial de alrededor de 2.2 veces más que el de unidades de ventana. Sin embargo, el consumo de energía eléctrica de un sistema de unidades de ventana es mayor que en un sistema central, ya que en este último, el hotel puede regular la capacidad de la unidad para operar a mejores eficiencias, mientras que en el primero dependerá del criterio del huésped.

Adicionalmente es importante mencionar que un sistema central es susceptible a automatizarse para disminuir los consumos de energía.

- Sistema Centralizado de Aire Acondicionado

Son sistemas que centralizan la generación del fluido térmico encargado de transportar la energía a los locales a acondicionar. La producción de frío o calor (uno o más equipos generadores) se realiza centralmente, distribuyéndose a los equipos terminales que actúan sobre las condiciones de los locales o zonas diferentes. La Instalación centralizada colectiva es la producción centralizada de frío o calor sirve a un conjunto de usuarios dentro de un mismo edificio mientras la instalación centralizada individual es la producción centralizada de frío o calor independiente para cada usuario.

Estos sistemas se dividen en:

1. Todo aire
2. Aire agua
3. Todo agua

El sistema todo agua es uno de los mas utilizados en nuestro país para la climatización de grandes hoteles, este sistema es conocido también como sistema de agua helada, y

consiste en una unidad central o más, que genera agua a temperaturas de aproximadamente 7°C, la cual es distribuida por medio de tuberías a las habitaciones y a las áreas comunes.

Estas unidades están compuestas por cuatro elementos principales que son: el evaporador, el condensador, el elemento expansivo o válvula de expansión, y el compresor. La unidad absorbe el calor generado por el edificio (Hotel) por medio del evaporador que es un intercambiador de calor donde circula agua fría por un lado, y refrigerante por el otro. El agua sale del evaporador a aproximadamente 7°C, y regresa a 12°C. Este último diferencial de temperatura, se debe a la absorción de la carga térmica del edificio.

El gas refrigerante sale del evaporador hacia el compresor que aumenta su presión para llevarlo al condensador, donde el refrigerante se condesa en un intercambiador de calor, que puede utilizar agua o aire como medio de condensación (ver Figura 1.1)

Existen dos versiones de enfriadores de agua en función de su colocación, los equipos colocados en salas de máquinas, son enfriados por agua y requieren una torre de enfriamiento, mientras que los equipos colocados en el exterior, son enfriados por aire.

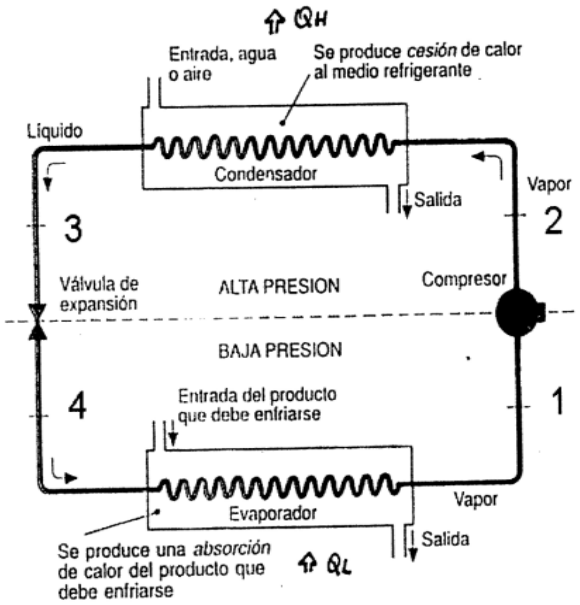

Figura 1.1 Ciclo operación de un sistema de acondicionamiento de aire

1.2.3. Ventajas de los sistemas centralizados.

- Permiten realizar una supervisión de los parámetros básicos de funcionamiento del sistema de climatización de la habitación y la comprobación del funcionamiento de las válvulas y del motor del ventilador-serpentín.
- Un fallo del equipo crea una alarma en el sistema de control que emite un aviso al servicio de mantenimiento. Así se puede actuar sobre el sistema antes de que el usuario lo perciba y de esta forma aumentar la calidad del servicio.
- Control del estado de los filtros. Mediante una sonda de presión diferencial en el filtro del ventilador-serpentín es posible conocer el estado de los mismos y proceder a la limpieza o sustitución en caso necesario.
- Permite conocer el consumo real de energía de cada habitación. Dato fundamental en los programas de ahorro de energía que se realicen en la instalación.
- Por otra parte, los sistemas de control centralizados permiten servicios de mensajería del usuario, alarmas de incendio por censores ubicados en las habitaciones, alarmas de robos por entradas a través de ventanas o terrazas. Señal de servicio solicitado por el cliente, cierre automático de persianas cuando la habitación está desocupada, etc.

1.3. Parámetros climatológicos y constructivos

La demanda de enfriamiento de una edificación esta estrechamente relacionado con las condiciones climatológicas de una región determinada. Existen una serie de variables que son necesarias considerar a la hora de realizar las necesidades de climatización.

Cuando se habla del clima como característica extrínseca del local se hace referencia al estudio desarrollado por Pindado (1998), quien plantea que las características que influyen sobre el intercambio térmico entre una edificación y su contexto pueden ser

extrínsecas e intrínsecas. Conforme a esta clasificación, las características medio ambientales, entre ellas el clima, son entendidas como una serie de parámetros externos a la edificación que influyen directamente en el intercambio energético entre la edificación y su contexto [4].

Igualmente, hay que destacar que el clima es concebido como parte del medio ambiente, que puede ser analizado como variable independiente si solamente se toman en cuenta los factores climáticos, o bien como una variable dependiente si se consideran los diferentes parámetros ambientes. Pero, para tener una visión más aproximada de la realidad han de tomarse en cuenta, tanto los parámetros como los factores climáticos del lugar.

Según este planteamiento sobre el clima, en el diseño y acondicionamiento de aire resulta esencial tener presente los parámetros ambientales. Cada uno de sus valores, junto con las variables del contexto y los parámetros de confort, nos proporcionan los lineamientos y criterios a seguir para establecer un correcto intercambio energético entre el interior y el exterior de la vivienda y, de esta forma lograr bienestar en los ocupantes.

El término clima viene del griego Klima y su significado etimológico es inclinación, pues en su inicios, hacia referencia a la forma en que inciden los rayos solares sobre la tierra. En la actualidad, se define como un conjunto de factores o fenómenos atmosféricos y meteorológicos que caracterizan una región y determinan las condiciones ecológicas propias del lugar [Real Academia Española, 1970]

Para poder evaluar el intercambio de energía entre el edificio y su entorno es indispensable conocer los datos climáticos de la zona en la cual se hallará ubicado, así como los parámetros de forma y volumen que afectarán a la transmisión de la misma.

Una caracterización detallada de la zona de ubicación ayudará a realizar un mejor

análisis y cálculo del balance energético de la vivienda.

Diversos autores abordan esta temática desde diferentes contextos señalan que los datos más significativos y característicos de la zona que son necesarios saber son: Temperaturas, Grados-Día, Radiación Solar Diaria Distribución radiación solar Horaria-Anual para diferentes orientaciones, Precipitaciones.

1.3.1. Elementos climáticos o parámetros medio ambientales.

Los elementos del clima son entendidos como las condiciones variables o propiedades físicas de la atmósfera utilizadas para medir y describir el clima en un momento dado, lo cual quiere decir que afectan el tiempo atmosférico. Estos elementos son de gran importancia para el diseño arquitectónico y pueden ordenarse siguiendo una secuencia aproximada de causa y efecto. Entre ellos, tenemos: la radiación solar, el viento, la temperatura, la humedad, las precipitaciones, la radiación de onda larga y la presión atmosférica, aspectos importantes para la selección y el diseño de sistemas de aire acondicionado.

- **Radiación solar**: Este parámetro suele variar constantemente. Su estudio permite determinar la cantidad de energía que llega a una superficie de modo directo, difuso o reflejado, dependiendo de los movimientos relativos del sol y la tierra. El estudio de este parámetro resulta necesario pues la radiación produce un incremento de la temperatura en las superficies envolventes, que luego desprenden ese calor en el interior de las edificaciones y generan movimientos de masas de aire por diferencias de temperatura entre las zonas expuestas al sol y las que están a la sombra.

- **Temperatura ambiente**: Es probablemente uno de los parámetros fundamentales del clima.

Desde el punto de vista de acondicionamiento del aire resulta fundamental en el análisis del comportamiento de las edificaciones, ya que junto con los resultados obtenidos de otros parámetros podríamos determinar si se ofrecen o no unas condiciones climáticas de confort, al mismo tiempo que determina, en gran medida, el sistema constructivo a utilizar medidas correctoras en el reacondicionamiento.

- **La humedad**: Es entendida como la cantidad de vapor de agua que contiene el aire, como resultado de la evaporación de las masas de agua producto del calentamiento generado por la radiación solar y la evapotraspiración animal y vegetal. Este valor varía de acuerdo al tiempo y lugar y, junto con la temperatura, es fundamental para determinar el clima en un sitio.

  Por otra parte, hay que señalar que este elemento resulta de gran importancia tanto en el diseño como en el planteamiento de medidas correctivas, ya que junto con la temperatura y el movimiento del aire pueden incidir directamente en las condiciones de confort y especialmente en la temperatura de sensación.

- **El viento**: Es considerado un parámetro fundamental en el análisis ambiental de las edificaciones, puesto que del mismo modo que puede ser una forma de climatización, también puede generar manifestaciones de malestar, en los ocupantes de un espacio e incluso ocasionar problemas de inestabilidad en las edificaciones.

- **La precipitación**: Es un fenómeno climatológico que surge cuando el movimiento de aire por convección produce elevaciones de aire que forman pequeñas gotas las que caen en forma de llovizna, lluvia, granizo o nieve. La precipitación es un elemento del clima que influye en la humedad relativa, vegetación y contaminación, entre otros.

A todos estos parámetros hay que añadir el efecto de una orientación y disposición de las edificaciones adecuadas que favorezcan de la mejor forma posible el máximo aprovechamiento de las condiciones climáticas del lugar de implantación.

Lo deseable, siempre, sería alcanzar la mayor estabilidad térmica posible y en este sentido, por ejemplo, son más adecuadas las edificaciones parcialmente enterradas que no las totalmente expuestas.

En cuanto a la orientación debemos tener muy presente el factor de la radiación solar sobre las diferentes orientaciones posibles para intentar que éstas jueguen a favor del proceso de acondicionamiento térmico de la construcción.

Así, interesaría tener al Norte las estancias que no requieren de un confort excesivo como pasillos, locales de servicio y similares, mientras que hacia el Sur tendríamos las zonas de estancia (salas de estar o comedores) pues aprovechan el sol en invierno y en verano no lo soportan de forma intensa.

En general, en climas cálidos se evitan orientaciones al Oeste pues son calurosas en verano y frías en invierno.

Aunque todas estas condiciones ambientales son importantes, su influencia dependerá de la adaptación de los métodos de construcción con el fin de aprovecharlas o evitarlas.

La climatología del lugar de implantación de la construcción juega un papel importante en la determinación de las necesidades energéticas finales en material de calefacción y refrigeración.

La caracterización de las temperaturas de diseño exterior, así como el valor de la radiación solar incidente son decisivos en el cálculo de las cargas necesarias en las

instalaciones destinadas a lograr el confort térmico interior.

Para estos cálculos es necesario, como mínimo, el conocimiento de ciertas variables de cada localidad de implantación de un proyecto y que sean tabuladas para su conocimiento y aplicación.

Estas variables se hallan detalladas a continuación y a partir de las mismas pueden obtenerse otras variables que serán necesarias para determinados cálculos:

- **Temperatura diseño calefacción**: Es la temperatura exterior que se considera a efectos de cálculo de transmisión para la determinación de las cargas de calefacción.

- **Temperatura Bulbo Seco verano [ºC BS]**: Es la temperatura exterior de bulbo seco correspondiente a los meses de julio y agosto a las 15 horas y que corresponde a la máxima temperatura a efectos de transmisión. (Norma UNE 100-001).

- **Temperatura Bulbo Húmedo verano [ºC BH]**: Es la temperatura exterior de bulbo húmedo correspondiente a los meses de julio y agosto a las 15 horas y que corresponde a la máxima temperatura a efectos de transmisión. (Norma UNE 100-001).

- **O.M.D. (Oscilación Media Diaria) [ºC BS]**: Es la diferencia entre la media de las temperaturas máximas y la media de las temperaturas mínimas de los días de verano junio, julio, agosto y septiembre. (Norma UNE 100-014-84).

- **O.M.A. (Oscilación Media Anual) [ºC BS]**: Es la diferencia entre la media de las temperaturas máximas en los meses de verano y la media de las temperaturas mínimas en invierno durante el año. (Norma UNE 100-014-84).

- **Grados-Día base 15**: Es la suma de las diferencias, para cada día, entre una temperatura base definida de 15 ºC y la temperatura exterior media diaria, siempre que ésta sea inferior a una temperatura de referencia (normalmente la temperatura base). Se utiliza para estimar el consumo de calefacción.

1.3.2. Parámetros constructivos de edificaciones

Se han definido catorce tipos principales de parámetros de zona los cuales se discuten brevemente en la tabla 1.1.

1.- **Geometría**: Las dimensiones y orientación de las superficies de un espacio representan las áreas disponibles para el intercambio de calor radiante y el flujo calorífico entre los muros y pisos.

2.- **Altura**: La distancia de piso a techo se ha clasificado como otra variable que afecta principalmente el intercambio de calor radiactivo entre muros y techo.

3.- **Número de paredes exteriores**: Se considera que una habitación es o puede simplificarse a una geometría rectangular, el número de paredes expuestas al medio ambiente exterior, así como su tipología, afectan su comportamiento térmico. Este factor es más significativo cuando una pared interior es de características bastante diferentes a los muros exteriores.

Tabla 1.1 Definición de parámetros de zona[1].

Tipo	Descripción	Niveles
1	Geometría	100' x 20'; 15' x15'; 100' x 100'
2	Altura	8', 10', 20'
3	No. de muros exteriores	1, 2 3, 4, 0
4	Sombreado interior	100%, 50%, 0%
5	Mobiliario	Con mobiliario, sin mobiliario
6	Material de muros exteriores	1, 2, 3, 4. Ver Tabla 3.2
7	Tipo de división interior	5/8" de yeso-aire, 5/8" de yeso, 8"de block de concr
8	Localización de la zona	Sencilla, piso superior, piso inferior, piso intermedio
9	Tipo de nivel intermedio	8" de concreto, 2.5" de concreto, 1" de madera
10	Tipo de losa	Tipo piso-intermedio, losa de 4" en 12" de tierra
11	Tipo de plafón	3/4" de tile acústico con espacio de aire, con plafón
12	Tipo de techo	1, 2, 3, 4 Ver Tabla 3.3
13	Cubierta del piso	Alfombra con relleno de hule, cubierta de vinilo
14	Porcentaje de cristal	10%, 50%, 90%

4.- **Sombreado interior**: La principal contribución del sombreado interior es sobre la distribución de la radiación solar hacia el interior. Debido a la relativamente poca masa del sombreado (cortinas, persianas, etc.) su respuesta dinámica es muy corta por lo que la radiación absorbida rápidamente se convierte en flujo convectivo y consecuentemente en carga de enfriamiento. Si se desea tener una respuesta dinámica más corta se incrementaría el sombreado interior, sin embargo, en zonas de alta incidencia solar esto puede no ser conveniente. En construcciones con muros o pisos hechos con materiales ligeros el efecto del sombreado interior tiene poca relevancia.

5.- **Mobiliario**: Este parámetro es similar al sombreado interior, la radiación solar se absorbe en los muebles y posteriormente se transfiere mediante convección hacia el aire circundante. Similarmente, cuando se tienen muros y pisos no masivos el efecto del mobiliario es poco relevante.

6.- **Tipología de los muros exteriores**: Existen una gran variedad de tipos diferentes de muros y de materiales empleados en ellos. ASHRAE clasifica cuatro tipos principales los cuales fueron agrupados de entre un gran número de ellos y los cuales representan

a la gran mayoría (ver Tabla 1.2). En este caso se debe seleccionar el tipo que corresponda más cercanamente al tipo de muro actual. La masividad del muro es la principal característica ya que esto redunda en la inercia térmica de la pared.

Tabla 1.2 Tipos de construcción de muros [1]

Tipo	Descripción
1	Resistencia superficial exterior, 1" de estuco, 1" de aislamiento, 3/4" de emplaste o yeso, resistencia interior
2	Resistencia superficial exterior, 1" de estuco, 8" de concreto pesado, 3/4" de emplase o yeso, resistencia interior.
3	Resistencia superficial exterior, soportes de acero, 3" de aislamiento, soporte de acero, resistencia interior.
4	Resistencia superficial exterior, ladrillo de 4", 2" de aislamiento, 12" de concreto, 3/4" de emplaste o yeso, resistencia interior.

7.- **Tipo de partición**: Se emplea para caracterizar los muros interiores. Se manejan dos tipos que dependen de qué tan masivos son los muros: ligeros o pesados.

8.- **Localización**: Caracteriza el tipo de construcción de techos y pisos y se clasifican en una construcción como de un nivel, nivel intermedio, piso superior o piso inferior.

9.- **Nivel intermedio**: Indica la tipología de zonas localizadas como niveles intermedios y superiores así como las características de cielos rasos o suspendidos.

10.- **Tipo de losa**: Esta clasificación se dispuso originalmente para considerar pisos sobre el terreno con materiales distintos a los de una losa. Sin embargo, cuando el material de construcción de un piso a nivel del terreno no es una losa (por ejemplo, madera), entonces deberá considerarse como un nivel intermedio para efectos de simulación térmica.

11.- **Tipo de plafón**: Indica el tipo de material que constituye el cielo raso o cielo suspendido en caso de haberlo.

12.- **Tipo de techo**: Representa las características del techo para un piso superior o el de una construcción de un solo nivel. ASHRAE los clasifica en cuatro tipos principales de los cuales el techo actual se selecciona de acuerdo a la descripción que mejor se asemeje a uno de ellos. En la Tabla 1.3 se muestra la clasificación de la tipología para techos.

13.- **Cubierta del piso**: Al alfombrar un piso, especialmente si este es bastante masivo térmicamente, puede afectar fuertemente en la respuesta dinámica del mismo. Este parámetro puede impactar considerablemente en el comportamiento térmico.

14.- **Porcentaje de cristal**: ASHRAE considera esta variable como un factor que influye en la velocidad de respuesta de la zona considerada. A mayor área de superficie cubierta de cristales, más rápida es la respuesta dinámica.

Tabla 1.3 Tipos de construcción de techos [1]

Tipo	Descripción
1	Resistencia superficial exterior, 1/2" gravilla o piedra, 3/8" fieltro, 1" aislamiento, soporte de acero, resistencia interior
2	Resistencia superficial exterior, 1/2" gravilla o piedra, 3/8" de fieltro, 6" de concreto, resistencia interior
3	Resistencia superficial exterior, 1/2" gravilla o piedra, 3/8" fieltro, 2" aislamiento, soporte de acero, espacio de aire y plafón, recubrimiento acústico, resistencia interior
4	Resistencia superficial exterior, 1/2" gravilla o piedra, 3/8" de fieltro, 8" de concreto, espacio de aire y plafón, recubrimiento acústico, resistencia interior

Conclusiones parciales.

1. El turismo representa en Cuba y en el mundo una de las principales fuentes de ingresos, reportando un crecimiento de 1737.4 millones de CUC en el 2000 a 1914.7 millones de CUC en el 2004.

2. Constituye una tendencia en el país la utilización de los sistemas de climatización centralizados por agua helada debido a su versatilidad y posibilidades de operación y control centralizado lo que implica un menor consumo energético respecto a los sistemas tradicionales, a pesar de su elevado costo inicial.

3. La carga térmica de un edificio se encuentra estrechamente relacionada con las características constructivas de la edificación y las variables climatológicas de la región.

Capitulo II. Simulación Térmica de edificaciones en función de las variables Climatológicas y constructivas.

2.1. Uso de simuladores térmicos. Simulador térmico de la Universidad (UABC).

Los simuladores térmicos de edificios son programas computacionales que permiten determinar el comportamiento energético y describir características importantes de edificaciones. Tienen un costo inicial elevado además de tener que pagar una patente mientras este siendo usado. Los paquetes de modelación no permiten el cambio de algunas de las variables que influyen en el cálculo de las cargas térmicas.

El simulador desarrollado por la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) es usado por cortesía del Instituto de Ingeniería de dicha Universidad en base a los programas de colaboración entre la UABC y la UCF. Permite este programa entrar en los archivos de datos primarios y poder configurar todos los parámetros climatológicos y contructivos del local así como hacer todas las corridas pertinentes variando los datos que se requieran y obteniendo diferentes comportamientos de las cargas de enfriamiento.

2.2. Metodología utilizada

Los aspectos conceptuales y los procedimientos de cálculo que se utilizan en el presente trabajo están basados principalmente en manuales de la Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE). Estos conceptos y procedimientos, así como la metodología que proponen en el método de Funciones de Transferencia, han sido adaptados a las condiciones y requerimientos regionales, instrumentados con sistemas computacionales e integrados con datos climatológicos y parámetros técnicos y económicos locales, de tal forma que permiten construir paquetes de simulación para casos específicos. El método de las funciones de transferencia es considerado uno de los más precisos para el cálculo térmico. Otros

métodos están considerados como simplificaciones del mismo. La metodología requiere del uso de funciones de transferencia por conducción y de factores de ponderación, de coeficientes para el cálculo de transmitancia y absorbancia en vidrio y de coeficientes normalizados para funciones de transferencia al aire del espacio, entre otros. Estos factores y coeficientes son obtenidos de bases de datos y de manuales de ASHRAE.

En la Fig. 2.1 se describe gráficamente la metodología general orientada a la evaluación de aislamientos. Dicho esquema metodológico ha sido utilizado por los autores en diversas ocasiones para caracterizar edificios en regiones de clima cálido seco y ha mostrado gran confiabilidad en la generación de resultados a partir de los cuales se realiza la evaluación de alternativas y toma de decisiones.

Los procedimientos de cálculo establecidos por el Método de Funciones de Transferencia por Conducción (MFTC) son ampliamente utilizados (en diferente grado) por una buena parte de los simuladores comerciales, en especial por aquellas firmas dedicadas a proyectar sistemas de acondicionamiento ambiental, bufetes de ingeniería, proveedores y fabricantes de equipos de aire acondicionado. Sin embargo, cada versión se ha adaptado para considerar las condiciones de las zonas de interés y se limitan, por lo general, a dimensionar capacidades bajo condiciones de diseño y efectuar estimaciones gruesas de perfiles de beneficios potenciales en ahorro de energía y facturación. El esquema aquí presentado pretende adecuar los resultados proporcionados por esta metodología a las particularidades constructivas y económicas de nuestra región.

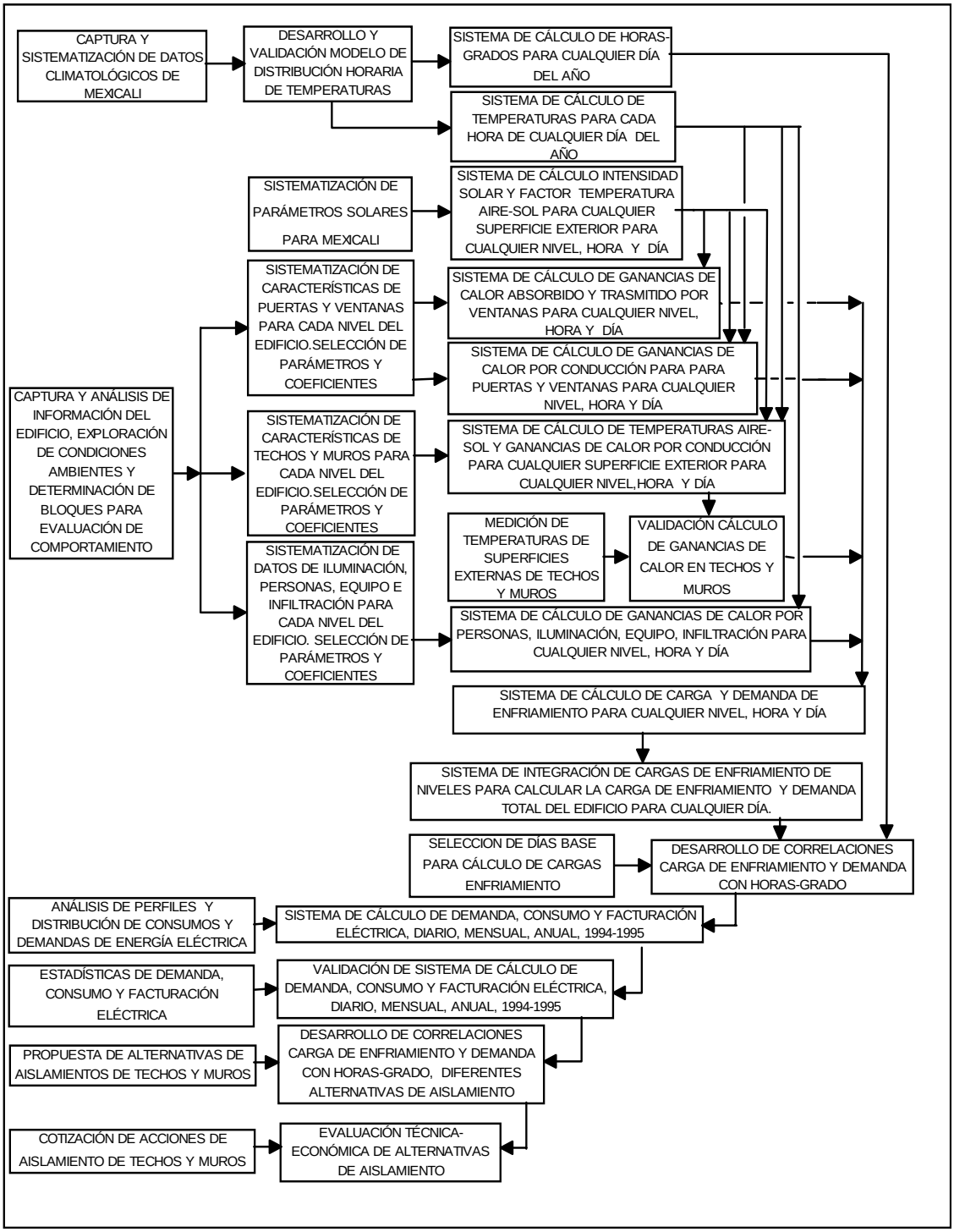

Fig. 2.1 Esquema metodológico

2.3. Pantalla de control

La programación se realizó en hoja electrónica y a continuación se describen paso a paso la forma en que los datos se deben introducir así como los resultados que se obtienen.

2.3.1. Entrada de datos al simulador (DATA2)

Este nombre corresponde al archivo de entrada de datos constructivos del edificio, aquí se necesita introducir la altura y longitud de los diferentes muros y techos, la cantidad de ventanas y puertas así como la ubicación en los puntos cardinales, se definen si las paredes son interiores o si reciben asoliamiento directo y en el caso del techo si este se encuentra en un piso intermedio o planta baja y si posee algún tipo de tragaluz, se introducen además las propiedades de los diferentes muros con los coeficientes de transferencia de calor respectivos de cada uno, se calculan los coeficientes bn y dn de transferencia de calor de las paredes de los locales y los factores de ponderación de las habitaciones.

2.3.2. Calculo de la carga de enfriamiento (SCRW4)

SCRW4 es el nombre del archivo que se emplea como pantalla de control de alimentación de información así como de presentación de los resultados de potencia (o también llamada carga de enfriamiento horaria) para cada día analizado. En esta hoja se reportan los requerimientos de enfriamiento una vez integradas todas las ganancias de calor instantáneas y convertidas en potencia de enfriamiento horaria. En este archivo se requiere introducir la temperatura máxima y mínima de diferentes días seleccionados como días seleccionados a conveniencia [5].

Estos datos se utilizan junto con un modelo tipo función de Fourier para obtener el perfil de temperatura horaria del día en cuestión. Asimismo se requerirán para obtener las correspondientes temperaturas horarias aire-sol.

2.3.3. Cálculo de temperaturas horarias (MEX1TH)

MEX1TH corresponde al nombre del archivo que contiene la función de Fourier empleada para calcular la temperatura horaria ambiente a partir de los datos de temperaturas máxima y mínima del día obtenido en el archivo SCRW4. [5].

$$\hat{T}(t) = < m > + A\cos\left(\frac{2t}{24}\right) + B\,sen\left(\frac{2t}{24}\right); \quad t = 1,2,3 \ldots 24 \qquad (2.1)$$

donde $\hat{T}(t) = \frac{T_{max} - T(t)}{T_{max} - T_{min}}$, $<m>$ = 058812, A = 0.20105, y

B = 0.10617 para la provincia de Cienfuegos.

2.3.4. Cálculo de radiación solar y factor temperatura aire-sol MEX2TAS

Es el nombre del archivo donde se realiza el cálculo de la radiación solar incidente sobre cada superficie de la envolvente del edificio. Calcula así mismo la cantidad de radiación difusa y las convierte, a su vez, en el factor de temperatura aire-sol correspondiente. Para ello se requiere introducir los siguientes datos de referencia y longitud local (en grados). Para Cienfuegos se tiene

LST (Meridiano estándar para la región de tiempo local)	Longitud local (grados)	Latitud de la localidad
90°	-80.44°	22.144°

Los datos anteriores y la aplicación de diferentes ecuaciones producen los resultados de la intensidad total absorbida en (Btu/hft^2) para este dia dado [5].

Los datos de absortividad, emisividad, coeficientes de película y factores para muros y techo se deben introducir. La absortividad y emisividad dependen del tipo de superficie, del color de la misma, etc., en tanto que los coeficientes de transferencia de calor convectivos h_0 son función de la velocidad y dirección del viento así como del tipo de material de construcción. Para los materiales usuales (superficies con emplaste de mortero cemento-arena) estos son los siguientes:

	Absortividad	Emisividad	h_0	δR	
Techo	0.75	0.95	4.1	20	
Muro	0.74	0.90	4.1	0	
F1	0.77				
	Techo	Norte	Sur	Este	Oeste
F2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Con esta información se determinan las temperaturas aire-sol para cada superficie. Es necesario recordar que cada muro y el techo reciben una cantidad de radiación solar incidente que varía de acuerdo a la hora del día por el movimiento mismo del sol pero también por la orientación de la superficie misma. Así por ejemplo, un muro orientado al este recibe asoleamiento directo durante la mañana hasta cerca de las 12:00 hrs. en tanto que el muro oeste sólo recibe radiación difusa en ese mismo período. Durante la tarde, el muro oeste recibe radiación solar directa mientras que el este sólo la radiación difusa. Por otro lado, un techo prácticamente está expuesto a la radiación directa durante todo el día. El cálculo de la temperatura aire-sol es relativamente sencillo una vez conocidos los parámetros requeridos. La expresión requerida es la siguiente:

$$t_e = t_0 + \alpha I_t / h_0 - \varepsilon \delta R / h_0$$

donde δR, la diferencia entre la radiación incidente de onda larga y la radiación emitida por un cuerpo negro a la temperatura ambiente exterior, usualmente se considera igual a cero para superficies verticales. Puesto que la temperatura aire-sol es un resultado

directo de la cantidad de radiación solar absorbida por una superficie, el valor de la misma es función de la orientación y la cantidad total de radiación absorbida.

2.3.5. Cálculo de ganancia de calor en techo (GT4SW), muro norte (GN4SW), muro sur (GS4SW), muro este (GE4SW) y muro oeste (GO4SW).

La ganancia de calor o rapidez de cambio instantánea de ganancia de calor, es la rapidez a la cual el calor entra o es generado en el espacio en un instante de tiempo dado. La ganancia de calor se clasifica por la manera en la cual el calor entra al espacio y el tipo de ganancia de calor. El calor entra al espacio a través de superficies expuestas al ambiente exterior, de las personas en el interior, por la iluminación y el equipo en operación así como por la ventilación y/o infiltraciones de aire.

La ganancia de calor puede ser sensible o latente. La ganancia de calor sensible es la adición directa de calor a una envolvente y esta asociada a una variación de temperatura (DT), La ganancia de calor latente se asocia a la variación de humedad absoluta en un espacio o cuerpo determinado. Las fuentes usuales son personas, aire infiltrado, algunos tipos de equipos, etc. El diseño adecuado de un sistema de aire acondicionado requiere la determinación de las ganancias de calor sensible al espacio, la ganancia de calor latente y, separadamente, el valor de energía sensible y latente impuesta por el aire exterior para ventilación [5].

Los factores que definen el comportamiento energético de un edificio son la intensidad de radiación, los materiales y sistema constructivo (envolvente), las condiciones exteriores, las fuentes internas y la infiltración en las ventanas y puertas.

Este simulador esta sustentado en una serie de modelos y ecuaciones que rigen o caracterizan el comportamiento de las ganancias de calor en un edificio determinado, teniendo en cuenta todas las fuentes de cargas térmicas posibles

Las ganancias internas de calor son las generadas por personas, luminarias y equipos las cuales son tomadas como cargas sensibles y latentes. Las ganancias de calor por la envolvente del edificio son las cargas acumuladas durante el día por la radiación solar directa o difusa, que por la propia inercia del edificio por transferencia de calor por conducción en un tiempo determinado llega al interior del mismo convirtiéndose en potencia de enfriamiento la cual va al sistema de climatización donde se realiza el retiro de calor.

2.3.6. Ganancias de calor a través de puertas y ventanas (GVP4SW).

En puertas y ventanas se requieren los coeficientes de conducción para el vidrio así como de transmitancia y absorbancia de energía, adicionalmente con la información de orientación, superficie total y los denominados coeficientes de sombreado se pueden obtener los factores SC los cuales corresponden a los coeficientes de sombreado. Luego aplicando las diferentes ecuaciones se pueden obtener los factores de ganancia solar transmitida y absorbida. Es preciso destacar que los valores positivos de estos factores sólo ocurren en el período diurno y son cero una vez que el sol se oculta. Por otra parte, las ganancias de calor a través de puertas y ventanas se da a través de tres mecanismos: conducción, transmisión y absorción. Si la puerta o ventana es de vidrio, una parte de la luz solar atraviesa el material y llega al interior del espacio por transmisión, sin embargo otra cantidad es absorbida por el cristal y penetra al interior por conducción debido al aumento de su temperatura.

Luego las ganancias de calor por conducción se obtienen con los datos de orientación, tipo de ventanas y puertas con el coeficiente del material, el área y el coeficiente de transferencia (Ua). Con estos datos entonces se obtienen los valores de ganancias de calor por conducción en las puertas y ventanas en cada uno de los muros [5].

2.3.7. Ganancia de calor debida a personas, iluminación, equipo, infiltración y ventilación (EQ4W).

En el archivo se determinan las ganancias de calor horarias debido a personas, equipos diversos (motores, aparatos de oficina, cafeteras, computadoras, etc.), iluminación, infiltración de aire exterior, y ventilación controlada del edificio. También se necesita el número de personas y la actividad que estas realizan.

Se considerará que del calor sensible el 70% es energía radiante, en tanto que el 30% restante convectiva. Para determinar la ganancia térmica por la ocupación del edificio se consideran entonces el número de personas en el recinto así como los horarios de permanencia.

Se requiere especificar las características de las luminarias instaladas en el edificio, la potencia total instalada y los factores de utilización ya que son fuente de calor bastante apreciable en muchos casos. Se clasifican en dos tipos básicos: lámparas incandescentes y lámparas fluorescentes. También se deben especificar los horarios de uso de la iluminación.

El equipo debe especificarse en cuanto a potencia instalada, horarios de operación y utilización, factor de carga y distribución de energía sensible y latente disipada.

Los equipos tales como motores, computadoras, máquinas de escribir eléctricas, copiadoras, sólo disipan calor sensible. Una parte de este (70%) se convierte en energía radiante que se absorbe en las superficies aledañas (mobiliario, ropa, etc.) calentándolas para después de un cierto tiempo convertirse en calor convectivo hacia el aire interior del espacio acondicionado. El 30% restante se disipa inmediatamente como energía calorífica debido al calentamiento propio del equipo mediante el mecanismo de convección.

La infiltración es la entrada no controlada (e indeseada en muchas ocasiones) de aire exterior debido a grietas, intersticios, resquicios sin sellar, apertura de puertas y ventanas, diferenciales de presión entre el espacio acondicionado y el exterior, etc.

La ventilación es la inyección, bajo condiciones controladas, de aire exterior con motivo de renovación del aire en el interior del recinto. Se requiere contar con el comportamiento de los contenidos de humedad del aire exterior y sus condiciones termodinámicas con el fin de conocer su contenido de energía.

Se requiere, asimismo, introducir la información de temperatura ambiente así como los requerimientos de aire para ventilación, humedad ambiente interior, ocupación máxima posible en el edificio. Esto es con el fin de conocer los requerimientos máximos de operación de los sistemas [5].

2.3.8. Retiro de calor del aire acondicionado (RCAA)

En este archivo es donde se entra la capacidad de enfriamiento requerida para el recinto en estudio y se obtienen los valores del retiro de calor por hora en un dia específico. Este valor obtenido en la simulación es de mucha importancia desde el punto de vista verificativo permitiendo comparar el valor obtenido con la capacidad real instalada.

2.3.9. Integración de ganancias de calor y potencia de enfriamiento (CE4SW).

Finalmente, en el archivo **CE4SW** se realiza la integración de los resultados anteriores para convertir todas las ganancias de calor en potencia (carga) de enfriamiento. Para ello deben especificarse los parámetros de zona que, a su vez, definen el comportamiento térmico del edificio como un conjunto y que permite establecer la respuesta dinámica del mismo, es decir, lo que se conoce como inercia térmica. Esto hace posible conocer de una manera muy precisa la cantidad de energía (y a qué hora) que es necesario retirar del espacio, a través de los sistemas de acondicionamiento ambiental, para mantener las condiciones de confort en el interior.

2.3.10. Correlaciones fundamentales (H-G –2000)

En este archivo se calculan las cargas de enfriamiento y el retiro de calor a partir de los valores que se obtienen de las correlaciones del grafico después que se corren los macros. Para obtener estos valores se necesitan introducir los valores de las temperaturas máximas y mínimas de los meses de mayo a octubre.

Conclusiones parciales

1- La utilización de la simulación térmica permite el estudio detallado de las cargas de enfriamiento de edificaciones y posibilita la planificación energética de los mismos teniendo en cuentas los principales factores de incidencia**.**

2. El simulador térmico desarrollado por la UABC posee la flexibilidad de poder ser utilizado como herramienta diagnóstico y verificación en el cálculo térmico de edificaciones, tomando en consideración tanto factores de forma de las edificaciones como factores climatológicos. Es posible acceder a los archivos primarios y modificar los datos de entrada.

Capitulo III. Estudio de caso. Aplicación al Hotel Jagua

3.1. Descripción del Hotel Jagua y características constructivas.

El Hotel Jagua está situado en la provincia de Cienfuegos en la zona de Punta Gorda es un hotel cuatro estrellas perteneciente a la cadena Gran Caribe con una capacidad de ciento cuarenta y seis habitaciones en el edificio principal con dos suite en el sexto y séptimo piso, cuenta también con un bloque de trece cabañas ubicadas en el área de la piscina. En este hotel se recibe principalmente turismo de tránsito.

Este Hotel esta construido con una estructura de concreto con paredes exteriores de bloque doble de quince centímetros con un espacio de aire en el centro para que estas paredes sean acústicas y paredes interiores de bloque sencillo, con ventanas de cristal en el edificio principal con vista a la parte norte y puertas de madera en el pasillo sur. Las cabañas están construidas de forma similar solo que la pared del lado norte de estas es de cristal, la tienda y el restaurante también poseen áreas acristaladas muy grandes con grandes ganancias de calor en esta zona.

3.2. Características del sistema de climatización del Hotel.

Este Hotel posee un sistema de climatización centralizado por agua helada de dos enfriadoras de agua marca CHAW-T 1402. [2]

Circuito frigorífico.

En igual número al de compresores, totalmente hermético y constituido básicamente por:

- Válvulas de líquido de cierre manual.

- Filtros deshidratadores con cartuchos recambiables.
- Visores de líquido con indicador de humedad.
- Válvulas de expansión termostáticas con equilibrados de presión externa.
- Válvulas de acceso tipo obús.
- Válvulas solenoide en línea de líquido.
- Mangueras antivibratorias en succión y descarga.
- Silenciador en la descarga.

Baterías condensadoras.

Dispuestas en “W”, con cabezales en chapa de acero galvanizado. Aletas de aluminio y tubos de cobre expansionados mecánicamente. Con capacidad para subenfriamiento del líquido condensado. Esto permite obtener un mejor aprovechamiento de la capacidad frigorífica, sin aumentar la potencia consumida.

Evaporador.

De tipo multitubular, horizontal, de expansión seca, constituido esencialmente por una camisa exterior de tubo de acero de alta resistencia y un haz de tubos de cobre rectos en su interior.

El refrigerante circula por el interior de los tubos y el agua lo hace por el exterior. En el interior de los tubos se introduce un perfil estrellado de aluminio que incrementa el intercambio térmico entre el refrigerante y el líquido a enfriar.

Con el fin de conseguir un mayor rendimiento se dispone una serie de separadores adecuadamente espaciados que obligan al agua a efectuar un recorrido con cambios bruscos de dirección, aumentando el coeficiente de transmisión de calor.

Constan de conexiones hidráulicas, drenajes, válvulas de purga y tomas de presión a la entrada y salida del agua. Los evaporadores están aislados térmicamente.

Compresores.

Son del tipo semiherméticos de tornillo, para R-22. El compresor y el motor están situados en el interior de una carcaza herméticamente sellada. Sin embargo, el interior es accesible mediante tapas atornilladas, con lo que se consigue que sea hermético y accesible a la vez.

El motor incorporado es refrigerado por los gases de aspiración y está protegido por sondas termostáticas alojadas en el interior de las bobinas, cuyas señales son analizadas por un módulo electrónico y actúan sobre el circuito de control.

Una válvula de seguridad interna, comunica la descarga del compresor con la aspiración, cuando la presión diferencial entre ambas, sobrepasa la presión de ajuste de la misma.

La lubricación es forzada de la zona de alta presión a la de baja presión. El circuito de aceite incluye calentador del cárter, visor de nivel de aceite, filtro y válvulas de toma de presión.

Están montados sobre amortiguadores, para reducir la transmisión de vibraciones.

Motoventiladores axiales.

Los motoventiladores axiales son de transmisión directa en una sola unidad en la que el estator de dicho motor es a la vez el cubo del ventilador. La carcaza del motor y las aspas están fabricadas en fundición de aluminio, formando un solo cuerpo en el que la forma aerodinámica garantiza una elevada transformación de energía y bajo nivel sonoro. La sujeción del motor se realiza mediante un soporte de acero al mueble de la unidad.

El motor es del tipo rotor exterior, provisto de termocontactos internos de seguridad y diseñado para soportar condiciones extremas de temperatura (hasta 67^{o}C), con condensador permanente, protección IP-44.

Los motores de los ventiladores son regulables en velocidad por disminución de la tensión de alimentación hasta 60 voltios y soportan sobre tensiones normales de uso.

Circuito eléctrico.

Contiene todos los elementos necesarios para la puesta en marcha de la unidad. Solo es necesario conectar a la red de alimentación eléctrica debidamente protegida.

Regulación y control

Está conformada por los siguientes elementos:

- **Termostato de regulación:** Provisto de un sensor colocado dentro de un pozuelo de cobre en perfecto contacto con el agua en el evaporador. Controla las válvulas solenoides de entrada de líquido refrigerante al evaporador, parcializando las cargas cuando la temperatura del agua en el evaporador desciende por debajo del valor de ajuste. Cada unidad incorpora un termostato de este tipo.

- **Termostato antihielo:** El sensor está colocado dentro de un sensor en perfecto contacto con el agua, situada en la cámara de salida del evaporador. Es de rearme manual, y detiene el funcionamiento del compresor, si la temperatura de salida del agua es inferior al valor de ajuste.

- **Presostato de alta-baja presión:** Uno por cada circuito de refrigerante. Con rearme manual en alta y baja. Protege al compresor de los aumentos de presión y contra la falta de refrigerante. Para el compresor cuando las presiones de descarga o de aspiración no cumplen los requisitos de ajuste.

- **Presostato diferencial de aceite:** Protege al compresor de insuficiencias de lubricación, parándolo cuando la diferencia entre la presión de descarga de la bomba de aceite y la presión de aspiración, es inferior a un valor fijado. El diferencial está ajustado de tal forma que el compresor se para después de transcurrido el tiempo seleccionado. Hay uno por cada circuito de refrigerante y son de reposición manual.

- **Válvula solenoide:** Cierra el paso de líquido al evaporador evitando la inundación del mismo, y su consiguiente migración al cárter del compresor. Una por cada circuito de refrigerante.

- **Panel de manómetros:** Consta de los siguientes manómetros provistos de válvulas de cierre independientes:
    - Alta presión de refrigerante.
    - Baja presión de refrigerante.
    - Presión de aceite.

A continuación se muestran los datos de chapa de la enfriadora, compresores, evaporador, “fan-coils”, bombas, etc. y demás componentes que trabajan en conjunto con el equipo.

Tabla 3.1. Características del sistema centralizado del hotel Jagua. [2]

Unidades enfriadoras	Temp. entrada aire: 32 ^{o}C
FRIOCLIMA	Refrigerante: R-22
Modelo: CHAW –T 1402	FLA: 335ª
No. Serie: 409294	Peso 4135Kg.
Capacidad frig: 404 kW	Año: 2000
Potencia abs: 187,1 kW	3F/60Hz/380V
Temp salida del agua: 6 ^{o}C	
Evaporador	**Válvula de expansión**
Modelo: CHAW 1402	Modelo: CHAW 1402
No Serie: 100434	No Serie: 100436
Presión Prueba: 20 bar	Presión prueba:30 bar
Presión máx. serv: 12 bar	Presión máx. serv: 20 bar
Volumen: dm^3	Temp. máx. serv: 100 ^{o}C
Temp. máx. serv: 30 ^{o}C	Refrigerante: R-22
Temp. mín. serv: 5 ^{o}C	
Fan – coil FBH -6	
Capacidad frigorífica:	5,4 kW.
Caudal de aire :	275 l / s.
Presión estática disponible:	40 Pa.
Potencia eléctrica:	230w, 220volt ,60 Hz.
Dimensiones:	1174*515*278 (mm).
Fan – coil FBH – 4	
Capacidad frigorífica:	3.78kW.
Caudal de aire :	192 l / s.
Presión estática disponible:	40Pa
Potencia eléctrica:	230w, 220volt,60 Hz
Dimensiones:	924*515*278 (mm)

Datos de las bombas (Bombas ITUR)				Datos de los motores						
No de bomba	**Q (m^3/h)**	**r.p.m**	**H (m)**	**Motor**	**V**	**Hz**	**r.p.m**	**kW**	**A**	**cos φ**
10, 9, 8	24	1750	20	3 ~ M2AA 100 LB-4	380 Y	60	1720	3	6.6	0.81
					220 D	60	1720	3	11.4	0.81
7, 6, 5	52	1750	25	3 ~ M2AA 132 M-4	380 D	60	1735	7.5	15.3	8.86
					660 Y	60	1735	7.5	8.8	8.86
4	10.9	1750	30	3 ~ CI.F IP55 M2AA 100 LB-4	380 Y	60	1715	3	6.58	0.58
					220 D	60	1715	3	11.4	0.58

3.3. Simulación térmica. Análisis de los resultados.

Con la ayuda del simulador de cargas térmicas se calcularon las cargas de enfriamiento del hotel en las habitaciones tipo y en las áreas de servicio, así como el retiro de calor y el consumo en cada local. A continuación se muestra un análisis de estos resultados.

Uno de los utilidades del simulador es que permite la obtención de las cargas de enfriamiento horaria y registra la máxima carga durante el día, utilizando el método de las horas grados y los registros climáticos de la localidad donde se esta realizando el estudio.

3.3.1. Edificio principal

El edificio principal del hotel se divide en cinco habitaciones tipo que son:

1. **Habitación lado este planta alta**: Esta habitación se caracteriza por recibir soleamiento directo por el techo durante todo el día además de recibir soleamiento durante la mañana en el muro este, las cuales representan el 60.7% de las ganancias de calor por radiación de la habitación, (ver anexo B Fig.1). Se observa que las ganancias de calor por personas y equipos ocupan el segundo lugar, siendo la principal el techo con un 48.1%, con una carga máxima durante el día de 1.2 ton, que pudiera reducirse a un 38.1% con el uso de pintura reflectiva (ver anexo B Fig.2) en el techo lo que representa un 10% y tendría una carga máxima durante el día de 0.9 ton.

   En el anexo B Fig.3 aparece el comportamiento del consumo de energía mensual asociado a las ganancias de calor en esta habitación en la forma actual que se encuentra, siendo los meses de Junio, Julio y agosto los de mayor consumo debido entre otros factores a las elevadas temperaturas exteriores de esos meses de verano. Se puede observar en la Fig.4 del anexo B la disminución considerable del consumo de energía con el uso de pintura reflectiva en el techo.

2. **Habitación oeste planta alta.** Esta habitación presenta condiciones similares a la anterior con la diferencia que esta posee como pared exterior la habitación del lado oeste la cual recibe soleamiento directo durante la tarde. En esta habitación la mayor ganancia de calor continua siendo también el techo con 47.1% (ver anexo B Fig. 5) y una carga máxima durante el día de 1.1 ton, la que también se puede reducir en un 10% (ver Fig.6 anexo B) con el uso de pinturas reflectivas en el techo necesitando

una carga máxima durante el día de 0.9 ton. se observa en las figuras 7 y 8 del anexo B la reducción de los consumos de energía.

3. **Habitaciones intermedias del ultimo piso**: Estas habitaciones tienen la ventaja de no recibir ganancias de calor por las paredes laterales ya que estas paredes son interiores y como todas las habitaciones de la planta alta la ganancia de calor principal la representa el techo con un 58.8% y una carga máxima durante el día de una tonelada con una reducción del 14.2% y 0.1 ton con el uso de pintura en el techo (Ver anexo B Figuras 9 y 10) en las figuras 11 y 12 de anexo B se puede apreciar el ahorro de energía con la utilización de pintura reflectiva.

4. **Habitaciones de las esquinas de los pisos intermedios**: Estas habitaciones se consideraron iguales porque la diferencia de cargas y de ganancias calor entre ambas es prácticamente igual, en estas habitaciones no hay ganancia de calor por el techo lo que convierte a las ganancias por personas y equipos en las principales cargas de la habitación (ver Fig.13 del anexo B), debido a que en estas habitaciones las ganancias de calor son mínimas y solo se necesitan 0.5 ton de capacidad de enfriamiento . En la figura 14 del anexo B se observa un gráfico de consumos de energía mensuales de estas habitaciones que como se puede ver son mucho mas bajos que en las otras habitaciones tipo de la planta alta producto a que estas habitaciones no reciben radiación solar directa por el techo.

5. **Habitaciones interiores de los pisos intermedios**: Esta habitaciones no reciben ganancia de calor por ninguna pared ni por el techo por lo que las ganancias de calor principal la representan las personas, equipos, puertas y ventanas (ver Fig.15 anexo B), estas habitaciones son las menos consumidoras del hotel en general por poseer tan poca ganancias de calor en las cuales solamente se necesitan 0.4 ton para mantener el confort de la

habitación. . En la figura 16 del anexo B se observa un gráfico de consumos de energía mensuales de estas habitaciones donde se reflejan los bajos gastos energéticos producto a la menor influencia de las condiciones climatológicas exteriores sobre ellas ya que estas habitaciones no reciben radiación solar directa por ninguna de las paredes ni techo.

3.3.2. Habitaciones tipo cabaña.

Las cabañas se dividen en tres habitaciones tipo que son:

1. **Cabaña lado este**: Las cabañas son habitaciones similares a las del último piso del edificio principal del hotel con una gran ganancia de calor por el techo y por las personas y equipos (ver Fig.17 anexo B). El techo representa el 44.9% de las ganancias seguido por las personas y equipos con un 16.2%. La radiación recibida por la pared del lado este es difusa por lo que no esta entre las principales ganancias de calor de la habitación, esta habitación necesita una capacidad instalada de 1.55 ton para mantener el confort, con el uso de pinturas reflectivas en el techo podemos obtener una reducción de las ganancias de calor de un 10% y la capacidad máxima durante el día es de 1.3 ton. (Ver anexo B Fig. 18). En los gráficos de consumo de energía en las Fig.19 y 20 del anexo B se observa la variación de consumos con la utilización de pinturas reflectivas en el techo.

2. **Cabaña lado oeste**: La diferencia entre esta habitación y la anterior es que esta recibe radiación directa por la pared del lado oeste la cual representa el 20.8% de las ganancia de calor de la habitación superada solamente por el techo que es la ganancia de calor principal en este bloque habitacional con un 42.7% en este caso (ver Fig.21 anexo B), esta cabaña necesita una capacidad instalada de 1.6 ton para poder mantener el confort en las horas criticas del día. En esta habitación la principal área de oportunidad de ahorro sigue siendo el uso de pinturas reactivas reduciendo las ganancias

de calor en un 10% (ver Fig.22 anexo B) y necesitando 1.3 ton para mantener el confort de la habitación. En las figuras 23 y 24 del mismo anexo se muestran los gráficos de consumo de energía para la cabaña con y sin pintura reflectiva en el techo.

3. **Cabaña interiores**: Esta habitaciones no reciben ganancias de calor por las paredes este y oeste por ser estas paredes interiores, acá la principal ganancia sigue siendo el techo (ver Fig.25 anexo B) seguida por las personas y equipos, estas habitaciones por el hecho de tener las habitaciones laterales climatizadas solo necesita 1.3 ton para mantener el confort dentro de ella, aquí la principal área de oportunidad continua siendo el uso de pinturas reflectivas en el techo (ver Fig.26 anexo B). los gráficos de consumo de energía se muestran el las figuras 27 y 28 del mismo anexo.

3.3.3. Áreas de servicio

Las áreas de servicio se subdividen en las siguientes zonas tipo:

1. **Cabaret**: Este local tiene la característica de no recibir ganancias de calor significativas por las paredes ni el techo, las principales ganancias están representadas por ventilación y infiltraciones y por las personas, y equipos, (ver Fig.29 anexo B) la primera de estas representa el 63.8% y la segunda el 28% para un total de un 91.8% entre las dos para mantener la sensación de confort en este local se necesitan 23.8 ton. En la figura 30 se muestra el gráfico de consumo para los meses de verano en el que se puede observar que este local es uno de los más consumidores de energía del hotel.

2. **Tienda**: En la tienda las ganancias de calor están mas distribuidas (ver Fig.31 anexo B) siendo el techo la de mayor importancia con un 31.1%

seguida por las personas y equipos que representan un 27.8%, este local también posee un área acristalada bastante grande lo cual recibe radiación difusa con una ganancia de calor a tener en cuenta. En la figura 32 se muestra como se distribuirían las ganancias de calor del local si se utilizara pintura reflectiva en el techo, en las figuras 33 y 34 de mismo anexo se muestran los gráficos de consumo de energía para estas dos condiciones.

3. **Restaurante**: En el restaurante la principal ganancia de calor la representa las personas y equipos y las cargas por ventilación e infiltraciones (ver Fig.35 anexo B) producto al número de puertas que tiene el local las cuales se mantienen abiertas casi todo el tiempo y los equipos para las comidas que desprenden mucho calor, en el gráfico de consumo de energía (ver Fig.36 anexo B) se observa que esta área junto con el cabaret son las mayores consumidoras de energía del hotel.

4. **Oficinas**: las oficinas de los trabajadores se subdividen en cuatro tipos diferentes a la hora de realizar los cálculos.
   - Oficina del lado sur
   - Oficina del lado norte
   - Oficina intermedias
   - Oficina doble

Las ganancias de calor en el área de oficina están asociadas fundamentalmente a ganancias por radiación directa a través del techo y un porciento significativo a las cargas de ventilación infiltración. (Ver Figuras 37 a la 52 del anexo B).

3.4. Ganancias de calor totales de la edificación.

En el anexo C aparecen los detalles del consumo de energía, ganancias de calor, retiro de calor para la instalación completa durante los meses de verano que son los más representativos desde el punto de vista de gasto de energía.

Nótese que las cargas de enfriamiento totales están referidas a las condiciones de trabajo más críticas del hotel, tomándose para los cálculos una ocupación del 100% del hotel.

En la tabla3.2 a continuación se muestran los consumos totales, las cargas de enfriamiento y el retiro de calor determinados mediante el simulador de la UABC para el hotel.

Tabla 3.2.Resultados totales del hotel

CE TOTAL DEL JAGUA(Btu/h)	3402589731
CE TOTAL DEL JAGUA(ton)	283549,144
RCAA TOTAL(Btu/h)	2126220476
RCAA TOTAL(ton)	177185,04
CONSUMO TOTAL(Kwh)	429442,418

En dependencia del tiempo de trabajo del equipamiento se determina la capacidad de enfriamiento necesaria para satisfacer las demandas de cargas.

Conclusiones parciales.

1- En el hotel jagua las mayores ganancias de calor se deben a la radiación solar directa por las paredes y techos en la planta alta del Hotel y ocurre en los meses de verano cuando se presentan las mayores temperaturas.

2- El uso de pinturas reflectivas en el techo reduce las ganancias de calor del hotel en el orden del 10%, lo cual provocaría un ahorro de energía considerable.

Conclusiones generales

1. El uso del simulador desarrollado por la UABC como herramienta de trabajo permite determinar las cargas térmicas de enfriamiento y establecer estrategias de ocupación y de administración de la energía a partir de la estimación de los consumos del hotel partir de los datos climatológicos y la ocupación esperada en el hotel.

2. Con los resultados alcanzados con el simulador se ha corroborado lo que plantea la bibliografía consultada, que en los sistemas de climatización centralizados por agua helada las características constructivas de la edificación y las variables climatológicas de la región ejercen una influencia significativa en la carga térmica de la instalación.

3. En el hotel Jagua las mayores ganancias de calor se deben a la radiación solar directa por las paredes y techos, por ejemplo el perfil de cargas térmicas en las habitaciones del último piso del edificio principal indican que las ganancias de calor por el techo están entre un 55% a un 60% de las ganancias totales en este piso.

4. Mediante el simulador se analizo el uso de pinturas reflectivas en el techo lo cual reduce las ganancias de calor del hotel en el orden del 10%..

5. Se determino que el consumo de energía por concepto de climatización representa el 47% del consumo de energía del hotel en el periodo de verano Mayo- Octubre

Recomendaciones

1. Efectuar mediciones de consumos en tiempo real en el hotel con vistas a la validación de los modelos de cargas de enfriamiento obtenidas en este trabajo.

2. Proponer posibles estrategias de operación del chiller a partir de la evaluación de los resultados obtenidos en la simulación y las mediciones en tiempo real con vistas a la reducción de los consumos de energía.

3. Estudiar la posibilidad técnico- económica de la utilización de pinturas reflectivas en los techos de los locales climatizados del hotel.

Referencias bibliográficas

1. ASHRAE, Cooling and Heating Calculation Manual. - - E.U.[s.n], 1992.- - p123 - 125
2. Escobar Palacio, J. C. Análisis Estacional del Comportamiento Energético del Hotel Jagua.- - Cienfuegos:[s.n], 2004.- -35 - 97p
3. Gutiérrez, Castillo, Orlando; Gancedo, Gaspar, Nélida. Estrategia de desarrollo del turismo en Cuba: Resultados, retos y perspectivas. Cuba tomado de: http://teruel.unizar.es/ceut/investigacion/09/pdfs_09/ogutierrez/ogutierrez.pdf,2002
4. Marco Teórico. El clima como característica extrínseca de la vivienda. - - Cienfuegos: [s.n],2003. - -T2 - p15
5. Tello Pérez, Carlos. Comportamiento térmico de edificios, México: [s.n],2006.—p. 50-110
6. Triana Cordovi, Juan. La economía cubana 1999.tomado de: www.cubasi.cu,1999

Bibliografías

- Armas Valdés, Juan Carlos. Gestión Energética y Potencialidades de Ahorro en el Sistema Centralizado de Climatización del Hotel Unión. / Ing. Juan Carlos Armas Valdés; Margarita J. Lapido Rodríguez, José P. Monteagudo Yanes, tutor.—trabajo de diploma UCf (Cf), 2004. – 91h.: ilus.
- Betancourt García, Amilcar A. Estrategia ocupacional de las Habitaciones, una vía para el uso racional de la energía en el Hotel La Unión/ Amilcar A. Betancourt García, José P. Monteagudo Yanes, José J. Pérez Landin, Tutores.- Trabajo de diploma; UCF (CF), 2002 - - 98h
- Cambio climático y energía. Tomado de : www.uplgc.es/otros/asoc/,2001
- Christina Kamp. La OrganizaciónMundial del Turismo (OMT) presenta nuevas estadísticas de América, tomado de: www.turismovision.kake-stuttgart.org/ ,2005
- Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2005. ©1993-2001Micosoft Corporation
- Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2005. ©1993-2001Micosoft Corporation
- Energy saving in buildings. Tomado de:http://me.hku.hk/msc-courses/MEBS6016/GIL050.pdf.,2005
- Escobar Palacio, José Carlos. Análisis Estacional del Comportamiento Energético del Hotel Jagua. / Ing. José Carlos Escobar Palacio; Margarita J. Lapido Rodríguez, José P. Monteagudo Yanes, Tutor. – trabajo de diploma UCf (Cf), 2004. – 97h.: ilus.
- Gutiérrez, Castillo, Orlando. Estrategia de desarrollo del turismo en Cuba: Resultados, retos y perspectivas. Cuba tomado de: http://teruel.unizar.es/ceut/investigacion/09/pdfs_09/ogutierrez/ogutierrez.pdf,2002
- Manual de cultura turística tomado de:http://www.centralamerica-smallhotels.com/manual-PAPH-8.pdf,2006

- Marco Teórico. El clima como característica extrínseca de la vivienda. - - Cienfuegos: [s.n], 2003.- - T2
- Milagros Liviano. TURISMO EN EL CARIBE DURANTE EL AÑO 1996.tomado de: www.turismoca.com ,1996
- Muñoz de Escalona, F., "Los centros de cultura viva y el desarrollo sustentable", en Turismo Cultural en América Latina y el Caribe./ F. Muñoz de Escobar. - - La Habana: UNESCO, op.cit,2005. - - [s.p]
- Orduna, Luna; Francisco José. Turismo, Patrimonio Natural y Medio Ambiente.tomadode:http://cederul.unizar.es/revista/num04/pag06.htm,1999,1999
- Producción más limpia en instalaciones turísticas. tomado de: www.produs.ucr.ace.cr/. Producción, 2002
- Santos Pedro. Análisis de los consumos energéticos en las áreas del Hotel "Jagua"./ Pedro Santos, Victor Cruz. - - Cienfuegos:[s.n], 2003.- -[s.p]
- Sistema Internacional de Unidades.—Cienfuegos: Departamento ICT. Universidad de Cienfuegos, 1988.- - 137p.
- Soriano, Jaime. Caracterización Energética del Hotel Unión/ Jaime Soriano, Margarita J. Lapido Rodríguez, José P. Monteagudo Yanes, tutores.— trabajo de diploma UCf (Cf), 2003. – 110h.: ilus.
- Stocker W. F. Refrigeración y Acondicionamiento de Aire/ W.F. Stocker.-- La Habana: Edición Revolucionaría, 1987.-- 406p
- Tello Pérez, Carlos. Comportamiento térmico de edificios/ Carlos Pérez Tello.- - México:[s.n],2006.—129p
- Triana Cordovi, Juan. La economía cubana 1999.tomado de: www.cubasi.cu ,1999

Anexos