



Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
Facultad de Metalurgia y Electromecánica
Departamento de Ingeniería Mecánica

TRABAJO DE DIPLOMA

En Opción al Título de Ingeniero Mecánico

Título: *Evaluación del sistema de climatización del Hotel Miraflores y su incidencia en el consumo energético.*

Autora: *Zehidy Borges Barrabia*

Tutores: *Ms.C. Ever Góngora Leyva*
 Ms.C. Marbelis Lamorú Urgellés
 Ms.C. Reineris Montero Laurencio

Moa – 2010
“Año 52 de la Revolución”

Declaración de Autoridad

Yo: Zehidy Borges Barrabia

Autora de este Trabajo de Diploma y los tutores profesor auxiliar Ms.C. Ing. Ever Góngora Leyva, Ms.C. Ing. Marbelis Lamorú Urgellés y Reineris Montero Laurencio, certificamos su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa y al Hotel Miraflores, hacer uso del mismo en la finalidad que estime conveniente.

Firma de Zehidy Borges Barrabia.

Firma de Ever Góngora Leyva.

Firma de Marbelis Lamorú Urgellés.

Firma de Reineris Montero Laurencio.

PENSAMIENTO

El espectáculo de lo grande templea el espíritu para la producción de lo grande... Que la enseñanza científica vaya como la sabia en los árboles, de la raíz al tronco.

José Martí

AGRADECIMIENTOS

He de expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres Rosa Elvis y Enrique por el interés indulgente que han demostrado en el transcurso de mi carrera, a mi hermana por todo el apoyo que me dio, a Rocío mi suegra que me apoyó en todo momento, a mi novio Gerardo Montoya Portillo que a pesar de estar lejos no dejó de apoyarme en ningún momento, a todos mis amigos como Carlos Zalazar Oliva que me brindaron su apoyo incondicional, a toda mi familia, y de forma general a aquellos que han hecho posible la realización de este trabajo.

Agradezco con todo mi corazón al profesor auxiliar, Ms.C. Ing. Ever Góngora Leyva, mi tutor, por todo su apoyo, por su paciencia, por incitarme a seguir luchando para lograr mi sueño, a mi tutora Ms.C Marbelis Lamorú Urgellés que la quiero como a una madre por su apoyo y ayuda incondicional, también quisiera agradecer aquellos profesores que han hecho posible la realización de este trabajo, que me ayudaron mucho como Yoalbys Retirado Mediaceja y a Yodelkis Delgado Dubrey, a ustedes gracias.

Agradezco al Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz por posibilitarme estudiar en una sociedad donde el estudio es prioridad de toda persona y a la Revolución por los ilimitados horizontes que ha abierto con su leal protección a todos los estudiantes del país.

A todos.....Gracias

Zehidy Borges Barrabia



DEDICATORIA

- *En especial a mi madre por su exigencia y desvelo para que este sueño se hiciera realidad.*
- *A mi padre por su amor y abnegación.*
- *A mi hermana por su deseo de ver realizado mi sueño.*
- *A Rocío mi suegra por su apoyo y exigencia para que este sueño se hiciera realidad.*
- *A mi novio Gerardo que me apoyó en todo momento.*
- *A mis queridos familiares por su deseo de que este sueño se hiciera realidad.*
- *A mis tutores por su incondicional apoyo todo el tiempo.*
- *A mis profesores por su contribución a mi formación profesional.*
- *A mis compañeros de estudio y amistades por su constante preocupación.*
- *A la Revolución cubana y a Fidel por brindarle a la Juventud esta oportunidad tan maravillosa.*

En el presente trabajo se realiza el diagnóstico energético al Hotel Miraflores con el fin de justificar el consumo de energía y demostrar la influencia de la climatización sobre el mismo. A través del diagnóstico energético se identificaron los principales portadores energéticos de la instalación hotelera, dentro de ellos, la climatización representa el mayor consumo. Luego se procede a la estimación de la carga de enfriamiento de las 120 habitaciones modificadas, para lo cual se tuvieron en cuenta las condiciones de diseño interior y exterior así como las características constructivas de la instalación y su orientación geográfica.

Una vez evaluada la carga térmica de climatización se concluye que la mayor ganancia de calor es debido a la radiación solar a través de cristales, seguido de la ganancia por ventilación y la ganancia por estructura.

Se realiza la evaluación del ciclo de evolución del aire a tratar en los equipos de acondicionamiento de aire, estableciendo un caudal y una temperatura del aire de suministro al local de $0,10 \text{ m}^3/\text{s}$ y $15,02^\circ\text{C}$ respectivamente.

La variante propuesta por esta investigación garantiza un ahorro en el consumo de energía eléctrica de 487,521 MWh en un año que representa un ahorro de 63378,00 CUC en un año por concepto de climatización.

Presently work is carried out the energy diagnosis at the Miraflores Hotel, with the purpose of to justify the energy consumption and to demonstrate the influence of the air conditioning on the same one. Through the energy diagnosis the main energy payees of the hotel installation were identified and inside them the air conditioning represents the biggest consumption. Then it proceeds to the estimate of the load of cooling of the 120 most modified rooms for that which were kept in mind the conditions of design interior and external, as well as the constructive characteristics of the installation and their geographical orientation.

Once evaluated the thermal load of air conditioning you concluded that the biggest gain of heat is due to the solar radiation through glasses, followed by the gain for ventilation and the gain for structure.

It was carried out the evaluation of the cycle of evolution of the air to try in the teams of conditioning of air, establishing a flow and a temperature from the supply air to the local of 0,10 m³/s and 15,02°C respectively.

The variant proposed by this investigation guarantees a saving in the electric energy consumption of 487,521 MWh in one year, representing a saving of 63378,00 CUC in one year for air conditioning concept.

Contenido

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO-METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.	5
1.1- Introducción.....	5
1.2- Trabajos procedentes	5
1.3- Generalidades de los sistemas de climatización.....	9
1.3.1- Condiciones de diseño exterior	12
1.3.2- Consideraciones de diseño	14
1.3.3- Estimación de la carga térmica	14
1.4- Variables que influyen en el consumo de energía eléctrica de los hoteles ..	16
1.5- Conclusiones del capítulo 1	17
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN ..	18
2.1- Introducción.....	18
2.2- Materiales y herramientas.....	18
2.3- Procedimiento de cálculo para la estimación de la carga térmica.....	22
2.3.1- Ganancia de calor por radiación solar a través de vidrios	23
2.3.2- Ganancia de calor a través de componentes estructurales.....	23
2.3.3- Concentración de personas como base de diseño	26
2.3.4- Ganancias de calor originadas por equipos instalados en el interior de los locales	26
2.3.5- Ganancia de calor por infiltración y ventilación.....	28
2.4- Ciclo básico de aire acondicionado.....	30
2.4.1- Método de cálculo.....	30
Conclusiones del capítulo 2	34
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS, VALORACIÓN ECONÓMICA E IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	35
3.1- Introducción.....	35
3.2- Resultados del diagnóstico de energía realizado en el Hotel Miraflores	35
3.3- Cálculo de la carga térmica	38
3.3.1- Radiación solar a través de cristales	39
3.3.2- Ganancia por estructura	40
3.3.3- Ganancia por ventilación	42
3.3.4- Ganancia por infiltración	43
3.3.6- Ganancia por equipos e iluminación.....	43

3.4- Análisis de los resultados	44
3.5- Ciclo básico de aire acondicionado.....	48
3.6- Valoración económica	49
3.6.1- Selección de los equipos.....	50
3.7- Estudio de la contaminación ambiental	51
3.8- Conclusiones del capítulo 3	52
CONCLUSIONES GENERALES	53
RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

INTRODUCCIÓN GENERAL

El sector hotelero es uno de los mayores crecimientos y difusión a nivel mundial, es además una rama muy importante para la economía de diversas naciones que dependen en mayor o menor medida del turismo. El objetivo fundamental de este sector es la prestación de servicios al cliente, destinados a la satisfacción de los mismos en toda la extensión de la palabra.

Para concretar la satisfacción de dichas necesidades se hace necesario el consumo de un grupo de recursos y portadores energéticos que en cada caso contribuyen a la total complacencia del cliente.

En Cuba, como una fuente de obtención de recursos; se incrementa el desarrollo turístico de la nación con nuevas instalaciones, propias y vinculadas con cadenas hoteleras de otros países, pero la política a seguir en dicho desarrollo es obtener más resultados con el menor gasto posible de recursos y esto se logra si la explotación de las instalaciones es la más eficiente, lo que está estrechamente vinculado a los programas de mantenimiento, para al final obtener mejores resultados en calidad y economía.

Las nuevas tecnologías en los proyectos de aire acondicionado para confort, apuntan como objetivo a la disminución del consumo energético y a la simplificación de las tareas de mantenimiento sobre la base del desarrollo de los sistemas inteligentes de automatización. El elevado costo que representa la energía es de vital importancia para el estudio de los criterios de diseño de las instalaciones, y su reducción implica actualmente una necesidad, especialmente la del aire acondicionado que constituye de por sí, el mayor consumidor de energía en los edificios.

El Hotel Miraflores de la cadena de turismo Islazul, se localiza en el municipio de Moa, Provincia de Holguín, ubicado en los márgenes de los repartos Miraflores y Las Coloradas. Región que presenta uno de los más vertiginosos avances en el plano

industrial, socioeconómico y cultural del país, esta instalación es única en todo el nordeste holguinero y cuenta con 120 habitaciones y 48 cabañas.

El Hotel Miraflores, desde su inicio hasta la fecha, ha sufrido varias transformaciones que han incidido en la carga térmica de climatización, señalando además que se usan climatizadores de pared, los cuales tienen alto nivel de ruido y deterioro causado por el ambiente corrosivo imperante en el municipio. El tiempo de vida útil de estos equipos es de aproximadamente un año y el consumo de energía eléctrica es elevado por este concepto.

Al diseñar una instalación térmica, lo primero que se debe conocer es la función principal del acondicionamiento de aire que se requiere mantener dentro del local a climatizar, para así lograr los objetivos específicos y dar respuesta a la problemática. Entonces, se establece como objetivo del acondicionamiento del aire, proporcionar durante todo el año, el confort y la calidad del aire en el interior del local para las personas.

A pesar de los esfuerzos realizados por los dirigentes y el personal de mantenimiento, aún persisten deficiencias en las instalaciones climatizadas, entre los que se encuentran:

- Los estudios previos no se ajustan a las condiciones actuales, siendo necesario una nueva evaluación.
- Se incrementó la demanda de hospedaje dando lugar a modificar las habitaciones, el restaurante y otros locales.
- Aparición de hongos en las paredes de las habitaciones.
- Desconocimiento de la zona de confort dentro del cual deben de estar los parámetros que caracterizan el ciclo de evolución del aire.
- Elevado volumen de infiltración de aire.

Todas estas deficiencias imponen la necesidad de realizar una evaluación del consumo energético por concepto de climatización en el Hotel Miraflores, aspecto éste que ha dado origen al presente trabajo.

A partir de los elementos antes mencionados se declara como **problema**:

Se desconoce la incidencia de la climatización en la calidad del aire interior y el consumo energético del Hotel Miraflores.

A partir del problema identificado se define como **objeto de estudio**: la climatización del Hotel Miraflores.

Campo de acción: Eficiencia energética.

Sobre la base del problema a resolver se establece la siguiente **hipótesis**:

A través de la evaluación del sistema de climatización del Hotel Miraflores es posible seleccionar los equipos de aire acondicionado para la instalación y los parámetros adecuados para el aire de suministro al local, garantizando el menor costo posible y el mínimo consumo energético.

En correspondencia con la hipótesis planteada, se define como **objetivo general del trabajo**:

Evaluar el sistema de climatización del Hotel Miraflores, su incidencia en la calidad del aire y el consumo energético de la instalación.

A partir del objetivo general de la investigación se definen los **objetivos específicos** siguientes:

- 1.Determinar el índice de consumo de energía por concepto de climatización.
- 2.Determinar la carga térmica de climatización del Hotel Miraflores.

Para lograr el cumplimiento del objetivo propuesto, se plantean las siguientes **tareas de trabajo**:

1. Realizar un análisis bibliográfico que permita el establecimiento del estado del arte sobre la temática tratada.
2. Establecer el comportamiento de los portadores energéticos en el año precedente y la incidencia de la climatización en los mismos.
3. Establecer el procedimiento de cálculo adecuado para la estimación de la carga térmica en los locales estudiados.
4. Estimar la carga térmica total sobre la batería de enfriamiento en cada local analizado.
5. Seleccionar los equipos a instalar en los locales que garanticen un consumo racional de energía eléctrica.
6. Valorar económicamente la propuesta efectuada considerando el impacto ambiental asociado a la misma.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO-METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1- Introducción

La climatización o acondicionamiento de aire juega un papel principal, ya que su función es mantener las condiciones necesarias para la conservación de un producto, para un proceso de fabricación o para garantizar las condiciones de confort humano. Cuando la climatización se realiza con el objetivo de lograr el confort humano, se deben lograr condiciones microclimáticas óptimas, que serán aquellas que no provoquen variaciones del estado general y funcional del organismo, haciendo innecesarios los esfuerzos que requiere la termorregulación, garantizándose de esta forma el bienestar térmico del hombre y por tanto, las condiciones óptimas para su rendimiento, en tal sentido el **objetivo** del capítulo es:

Establecer los aspectos teóricos sobre la climatización y la descripción de los locales del Hotel Miraflores que permitan su evaluación energética.

1.2- Trabajos procedentes

Durante la investigación se consultaron varios trabajos y estudios relacionados con el tema de evaluación de sistemas de climatización y estimación de la carga térmica. La revisión bibliográfica estuvo dirigida a la información relacionada con la parte teórica y metodológica de la temática tratada.

Para la realización del trabajo fue necesario la consulta de la bibliografía especializada en la estimación de la carga térmica de climatización, donde se destaca Polaino; et al. (1987), en la cual se resumen los términos, definiciones y las ecuaciones necesarias para la estimación de la carga térmica, también se muestran las tablas necesarias para la solución de dichas ecuaciones.

Poirier; et al. (1979) realizaron un estudio para el Electric Power Research Institute, el cual involucró modelos de tipo econométrico y splines con el fin de estimar la demanda residencial para un pequeño conjunto de consumidores en Estados Unidos de América,

de los cuales se contaba con información cada 15 minutos. Modelos spline jerárquicos fueron empleados por Hendricks & Koenker (1992) para modelar la demanda de electricidad horaria de cuatrocientas residencias ubicadas en el área metropolitana de Chicago, medidas durante cuatro meses en 1985.

A la estimación de la carga térmica de diferentes locales se dedicaron varios autores en sus trabajos de tesis, entre los que se destacan García (1998), Torres (1999), Durán (2004), Valdespino (2004), Hernández (2005), Ruiz (2004), y Lamothe (2005); ellos centraron su trabajo en la selección de las condiciones de diseño interior y exterior, y el cálculo de las diversas ganancias de calor en los locales estudiados. También establecieron los parámetros del ciclo de evolución del aire para cada local y seleccionaron los equipos de climatización requeridos garantizando el uso eficiente de los recursos energéticos.

Al incrementarse los costos de la energía, a medida que el suministro y el uso de la misma requieren de esfuerzo de planificación a medio plazo, se comprende la necesidad de establecer mecanismos de gestión energética, es decir, es preciso conocer los consumos y usos de las distintas fuentes energéticas.

Lo más importante para lograr la eficiencia energética, no es solo tener un plan de ahorro, sino que exista un sistema de gestión energética que garantice que ese plan sea renovado siempre que sea necesario, que desarrolle nuevos hábitos de producción y consumo en función de la eficiencia energética.

Por su parte, Soriano (2002), además de realizar el cálculo de la carga térmica del local de servidores de la empresa "Cmdte. Pedro Sotto Alba", seleccionó y diseñó el sistema de conductos que garantiza una correcta distribución del aire dentro del local, una máxima eficiencia económica y una operación tranquila y sin ruidos.

Según Vilchez (2003), para el ahorro energético en instalaciones de climatización, la utilización de sistemas de control más eficaces son:

- La gestión de componentes del sistema, que es un sistema de control convencional sobre un bucle de distribución de agua de dos tubos que necesita un control de cambio de modo de operación, con un criterio que ha de definirse cuidadosamente.
- La gestión de enfriamiento gratuito por aire exterior y recuperación de calor, donde la utilización del enfriamiento gratuito por aire exterior debe ser en función de las condiciones climatológicas de la zona en que se ubica el edificio, de la radiación solar absorbida por la envolvente del mismo y de las cargas internas de ocupación, iluminación y las aportadas por otros consumidores energéticos.

Murillo; et al. (2003), realizan un estudio usando modelos de tipo ARIMA. En este caso el pronóstico de demanda de energía eléctrica se basa en datos históricos suministrados por la Empresa de Energía de Pereira en el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2001.

Resulta interesante la revisión del trabajo de Abella (2005), donde el autor además de estimar la carga térmica real de las instalaciones Villa Coral y Villa Vigía, realizó un análisis del comportamiento de los portadores energéticos en dichas instalaciones demostrando que la climatización es el elemento de mayor incidencia en los elevados consumo de energía eléctrica.

Fernández (2006), desarrolla una aplicación de modelos de regresión. En este estudio la ecuación de demanda establece una relación no lineal entre el consumo doméstico de electricidad y el precio de ese consumo, así como un conjunto de características del hogar que se trate, personal y demográfico, de los individuos que forman parte de la muestra. La estimación se realiza a través de un análisis paramétrico de mínimos cuadrados en dos etapas, así como de un análisis de regresión no paramétrica, mediante técnicas kernel, que permite fundamentar de forma más robusta la especificación funcional paramétrica.

Urquía (2007), realizó el estudio de la climatización de un hotel madrileño con el objetivo de establecer las condiciones técnicas y legales necesarias para la implantación de un sistema de climatización. El sistema de climatización se diseñó teniendo en cuenta las condiciones climatológicas más desfavorables tanto en verano como en invierno.

Montero y Góngora (2008), presentan un resumen de la situación energética de los hoteles de la provincia de Holguín en cuanto a la estructura de consumo de los portadores energéticos y cuáles características operacionales deciden el comportamiento de los mismos. Se escoge un hotel representativo, como caso de estudio en el que se aplican las herramientas de la gestión energética. Mediante la modelación paramétrica se demuestra las posibilidades del empleo del Toolbox de Identificación de Matlab para determinar expresiones que permitan pronosticar consumos e indicadores energéticos.

La Eficiencia Energética en Cuba tiene la “Revolución Energética” iniciada a finales del año 2005 y desarrollada con toda fuerza a partir del 2006, lo que conlleva la puesta en práctica de nuevas concepciones para el desarrollo de un sistema electroenergético nacional más eficiente y seguro, y un uso racional y eficiente de la energía en todos los sectores de la sociedad cubana, haciendo del ahorro de energía el sustento fundamental del desarrollo del país. El ahorro total alcanzado con los programas de la Revolución Energética entre el 2006 y el 2007 ascienden a 2795 GWh , equivalentes a 961 419 toneladas de combustible convencional, (Armas 2008).

La eficiencia energética en el sector turístico cubano se caracteriza en general por su elevado consumo energético. Este oscila normalmente entre el 3 y 10 % de los costos globales del hotel, siendo a la vez la partida de presupuesto más elevada tras los gastos de personal y de alimentación. Dentro de los costos energéticos en un hotel turístico, la electricidad representa la mayor partida, siendo las áreas que consumen más energía eléctrica las de climatización y alumbrado (Armas 2008).

En resumen, se han implementado distintas aproximaciones con el fin de realizar proyecciones de demanda de energía eléctrica. En todas ellas se ha considerado la inclusión de otras variables (horas del día, meses del año, cantidades de usuarios, temperaturas, demanda promedio) las cuales contribuyen significativamente a la explicación de la demanda a partir del método paramétrico y el empleo de redes neuronales en algunos de los casos.

De esta revisión de la literatura se deduce que no se ha establecido un método estándar para solucionar el pronóstico de energía, debido a la complejidad que conlleva el mismo. Igualmente, se han empleado con frecuencia algunas técnicas para dar solución a este problema, algunas veces utilizadas como herramienta de apoyo a otras metodologías estadísticas de predicción.

Rojas (2001) y Cuba (2004), realizaron el estudio de la climatización del Hotel “Miraflores”, determinando las principales deficiencias que presentan las unidades de acondicionamiento de aire en la instalación, y la carga térmica de la instalación. Además propusieron un reordenamiento de los aires acondicionados de ventana, garantizando así el uso eficiente de los mismos.

Luego de las modificaciones a que estuvieron sometidas las habitaciones del Hotel Miraflores se impone la necesidad de hacer un estudio que permita evaluar el comportamiento de la carga térmica de los mismos y su incidencia en el consumo de energía eléctrica, de ahí la importancia de este trabajo.

1.3- Generalidades de los sistemas de climatización

La climatización consiste en crear las condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los espacios habitados. Ésta puede ser natural o artificial y tiene dos vertientes:

- La calefacción o climatización de invierno.
- La refrigeración o climatización de verano.

La comodidad térmica, importante para el bienestar, está sujeta a tres factores:

- **El factor humano:** La manera de vestir, el nivel de actividad y el tiempo durante el cual las personas permanecen en la misma situación, influye sobre la comodidad térmica.
- **El espacio:** La temperatura radiante media de los parámetros del local considerado y la temperatura ambiental.
- **El aire:** Su temperatura, velocidad y humedad relativa.

Entre estos factores, el humano puede ser muy variable, puesto que depende del gusto o actividad de las personas. Los demás pueden controlarse para ofrecer una sensación de bienestar.

El cambio de la manera de construir los edificios, los métodos de trabajo y los niveles de ocupación han creado nuevos parámetros a los que los diseñadores ahora deben prestar atención. Los edificios modernos tienen más carga térmica que hace 50 años, por varios motivos:

- **La temperatura exterior:** los elementos separadores del interior de los edificios con el exterior no son impermeables al paso del calor, aunque pueden aislarse convenientemente. El calor pasa desde el ambiente más cálido al ambiente más frío dependiendo de la diferencia de temperaturas entre ambos ambientes.
- **La radiación solar:** Con el desarrollo de los nuevos edificios, las nuevas técnicas han favorecido el empleo del cristal y el incremento térmico es considerable en verano cuando la radiación solar los atraviesa, pero es favorable en invierno, disminuyendo las necesidades de calefacción. El acristalamiento excesivo no es deseable en climas cálidos, pero sí en climas fríos. Incluso en cerramientos opacos, no acristalados, calienta la superficie exterior aumentando el salto térmico exterior e interior y por lo tanto el paso del calor por los cerramientos opacos.

- **La ventilación:** La introducción de aire exterior en el edificio puede modificar la temperatura interna de éste, lo cual puede suponer un problema cuando el aire exterior está a 30°C .
- **La ocupación:** El número de ocupantes aumenta en los edificios, generando cada uno entre 80 y 150 W de carga térmica, según la actividad realizada.
- **La ofimática:** La proliferación de aparatos electrónicos, ordenadores, impresoras y fotocopadoras que forman parte de las oficinas modernas, generan cargas térmicas importantes.
- **La iluminación:** La iluminación es un factor de calentamiento importante que se estima en una carga de entre 15 a 25 W/m² .Grandes almacenes modernos pueden calentarse gracias únicamente a un sistema de iluminación y al calor producido por los usuarios, esta situación es bastante frecuente en Europa.

Evidentemente, muchas de estas cargas son favorables en invierno, pero no en verano. Todas ellas deben ser dominadas y compensadas si uno desea obtener un ambiente confortable en verano. El único medio de asegurar esta comodidad es la climatización.

Los sistemas de climatización lo constituyen equipos o máquinas que transportan la energía en forma de calor de un medio a otro, los cuales modifican la temperatura en virtud del efecto deseado y en correspondencia de la zona a emplear para conseguir las condiciones de confort deseadas, estos sistemas poseen una amplia clasificación.

Los sistemas de acondicionamiento de aire se clasifican de acuerdo a:

➤ **Su uso**

Para el confort: tiene como objetivo crear condiciones ambientales que propicien bienestar y óptimo rendimiento.

➤ **Su forma de instalación**

- o *Sistemas centralizados:* todos sus componentes están ubicados en una sola máquina donde se lleva a cabo el proceso de acondicionamiento de aire.
- o *Sistemas semi-centralizados:* consiste en que el montaje de los equipos es individual en cada local.

➤ **En procesos industriales**

Su función es propiciar las condiciones ambientales óptimas de modo que se satisfagan las necesidades en la producción industrial.

➤ **En dependencia de la estación del año**

- o Equipos de enfriamiento (en verano).
- o Equipos de calefacción (en invierno).
- o Equipos de enfriamiento y calefacción (todo el año).

1.3.1- Condiciones de diseño exterior

Se denominan a los valores de temperatura a bulbo seco y húmedo, humedad relativa, variación diurna de temperatura, velocidad y dirección de los vientos predominantes. Todos estos valores estarán determinados por las condiciones climatológicas del lugar donde está situado el local a climatizar.

- **Factores que influyen en la condiciones de diseño exterior**

En una localidad dada existen variaciones de temperatura y humedad que ocurren a través de la superficie de la tierra, los cuales se deben a diferentes factores:

- *Inclinación del eje de rotación de la tierra respecto a su plano de giro con relación al sol:* éste determina la cantidad de energía solar recibida en un lugar de la superficie terrestre y su variación en el transcurso del año, así como la incidencia de la latitud geográfica, lo cual determina la cuantía de energía solar absorbida por la tierra, en qué cantidad es almacenada y la rapidez con que es rechazada a la atmósfera.
- *La tierra:* es un agente de absorción de rayos solares, lo que provoca un ascenso de su temperatura superficial. Del calor absorbido por la tierra será almacenado una parte en las capas superficiales de la corteza terrestre, el resto será transmitida por convección a la atmósfera y por radiación nuevamente al espacio.
- *El agua:* su comportamiento es diferente al de la tierra ante los efectos de los rayos solares, pues resulta parcialmente transparente a la radiación, lo que provoca que la energía se acumule en las profundidades del mar y por ende la temperatura de la

tierra no se eleva mucho durante el día, pero en la noche el calor almacenado por la tierra es cedido a la atmósfera más rápidamente que el mar, ya que el mismo almacenó menor cantidad de energía en las capas superiores de la corteza terrestre que en las profundidades del mar y por lo tanto la temperatura de la superficie de la tierra es menor que la de la superficie del mar durante la noche.

- *Calentamiento desigual entre la tierra y el mar:* lo anterior provoca el movimiento del aire y como resultado de esto en la atmósfera ocurren expansiones y compresiones adiabáticas con el consecuente aumento y disminución de la temperatura del aire.
- *La formación del rocío:* ésta determina las variaciones diarias de las condiciones atmosféricas en una zona dada, donde como consecuencia del rechazo de calor almacenado en el día y en la noche ocurre un continuo descenso de las temperaturas de la tierra y el aire en contacto con ella debido a la transferencia convectiva que se establece entre ellos.

Todos estos factores influyen en el balance energético realizado entre la tierra, el espacio y las diferentes zonas de la propia corteza terrestre debido al desigual calentamiento de los mismos en el tiempo, provocando a su vez corrientes de aire.

- **Factores que influyen en las condiciones de diseño interior**

El conjunto de valores de temperatura a bulbo seco y húmedo, humedad, velocidad y pureza del aire, los cuales deberán mantenerse en el interior del local y estarán en función del uso que se desee dar al espacio acondicionado independientemente del uso al que esté destinado.

El acondicionamiento de aire, debe mantener las condiciones atmosféricas en el interior del local, independientemente de las variaciones y de las condiciones del tiempo exterior.

1.3.2- Consideraciones de diseño

Para determinar la carga térmica de un local se necesitan las informaciones de diseño de la edificación y climáticas de las condiciones del lugar donde se encuentra situado. Para ello se deben tener presente los siguientes aspectos:

- *Características de la edificación:* consiste en determinar la ubicación geográfica de la misma y su orientación a partir de los planos, teniendo en cuenta las especificaciones de tipo constructivo, materiales de construcción utilizados, tamaño de sus componentes, colores de fuentes externas y su forma.
- *Condiciones de diseño exterior:* se debe realizar la verificación de las condiciones climáticas apropiadas, seleccionando las condiciones de diseño exterior según los aspectos relacionados con anterioridad.
- *Condiciones de diseño interior:* se deben seleccionar de forma tal que permitan crear y mantener las condiciones atmosféricas en el interior del local.

Además se debe tener en cuenta la cantidad de ocupantes y estadía, cantidad de luminarias y su tipo, equipos internos instalados y posibles a instalar, actividad o procesos que se desarrollan dentro de cada local que contribuyen a aumentar la carga interna, estudio en días o en meses de las temperaturas más altas, e incidencia solar sobre las estructuras con vista a realizar el cálculo de las cargas térmicas, diseño apropiado del tamaño de los sistemas de aire acondicionado central, los cuales requieren de más cálculos complementarios.

El tipo de sistema de acondicionamiento de aire, energía de ventilación, ubicación del ventilador, pérdidas y ganancias de calor de los conductos, filtración de los mismos, sistemas de iluminación por extracción de calor y el tipo de sistemas de retorno de aire, afectan la carga térmica del sistema y el tamaño de los componentes.

1.3.3- Estimación de la carga térmica

Para lograr mantener los parámetros de diseño del aire en el interior de un local, se hace necesario la extracción del calor generado por las diferentes fuentes térmicas del

local mediante el suministro o recirculación de un caudal de aire, que tiene que ser previamente tratado bajo condiciones específicas de forma que absorba las ganancias de calor sensible y latente del espacio climatizado.

Las ganancias de un local se pueden clasificar en: externas e internas, éstas pueden ocasionar ganancias de calor sensible y/o latente.

Entre las fuentes de calor externas al local se pueden mencionar:

- Radiación solar a través de superficies acristaladas (carga sensible).
- Calor transmitido a través de las estructuras del local a causa de las diferencias de temperaturas entre el aire exterior e interior del local, las que son denominadas ganancias por transmisión (carga sensible).
- Ganancias térmicas originadas por el aire exterior infiltrado a través de aberturas o grietas del local (carga sensible y latente).
- Ocupantes (carga sensible y latente).
- Iluminación eléctrica (carga sensible).
- Equipos instalados dentro del local (carga sensible y latente).
- Otros (carga sensible y latente).

Otras fuentes de calor que no se generan en el local, pero que dependen de éste son las cargas sobre la batería de enfriamiento; éstas pueden ser:

- Las ganancias o pérdidas de la instalación (carga sensible).
- Las ganancias producto del sistema de distribución de aire (carga sensible y latente).
- El aire necesario para la ventilación del local (carga sensible y latente).

Las fuentes de calor externas mostradas en este epígrafe son las que se relacionan directamente con los locales analizados en este trabajo. Existen otras que también inciden en la carga térmica y no son mencionadas por no encontrarse en los locales estudiados, las mismas se exponen en Polaino et al. (1987).

1.4- Variables que influyen en el consumo de energía eléctrica de los hoteles

Es importante conocer las variables que influyen en el consumo de energía eléctrica de los hoteles para de esa forma tratar de minimizar el impacto de ellas sobre el consumo total. En los países del Caribe, donde las temperaturas exteriores son elevadas y los niveles de confort son los mismos para todas las personas, unas de las variables de mayor incidencia en el consumo son:

El clima: relaciona una serie de variables que intervienen en el consumo de energía eléctrica tales como: temperatura, velocidad del viento, estaciones del año entre otras. En los países del trópico en ocasiones se puede consumir en una misma habitación hasta 10 veces más energía en verano, comparándolo con el consumo de invierno. Ésta está muy relacionada en el caso de Cuba con la época del año donde los meses de julio y agosto son los de mayor calor en el país, y meses como mayo-junio, septiembre-octubre, las temperaturas promedios son inferiores debido al efecto del incremento de la lluvia y con ello ocurre un refrescamiento de las temperaturas exteriores.

Categoría del hotel: En función de la categoría de la instalación turística son diferentes los estándares de calidad y oferta que debe recibir el cliente. El nivel de equipamiento tecnológico no es el mismo, por ejemplo, en hoteles hasta 3 estrellas se utilizan equipos climatizadores de ventana de menor eficiencia que los equipos centralizados utilizados en hoteles 4 y 5 estrellas, y si conocemos que la carga fundamental en los hoteles es la climatización, ello implicará una diferencia sustancial al analizar los indicadores de los diferentes hoteles.

Las normas de consumo para los hoteles son muy diferentes; cuando en algunos se usa 16 USD/pie², en hoteles de lujo puede llegar a 4000 USD/pie². Para construcciones pequeñas, los costos de energía de las habitaciones tienden a ser mayores, porque ellos generalmente no prestan servicios de salones de conferencias o áreas comunes. Los hoteles grandes tienden a prestar estos servicios y además, de salones de baile, restaurante, entre otros los cuales también consumen energía.

Tipo de turismo: El máximo consumo de energía de una habitación lo representa la climatización seguido por la iluminación, y en ambos casos el consumo o no de la energía eléctrica depende del régimen de explotación a que es sometida, la cantidad de turistas y el tiempo de estancia en ella, costumbres y hábitos de consumo de cada turista.

Conociendo estas cuestiones, en muchos hoteles se implementa la estrategia de trasladar la animación al horario de mayor demanda y pico del sistema electro energético nacional, donde el precio de la energía casi se duplica con el objetivo de tratar de alejar a los clientes de los lugares de mayor consumo (habitación) y desplazarlo de forma general.

1.5- Conclusiones del capítulo 1

- El análisis bibliográfico mostró la existencia de trabajos dedicados a la evaluación de la carga térmica y selección de equipos de acondicionamiento de aire.
- A pesar de existir dos trabajos realizados en el objeto de estudio de esta investigación, la situación actual de la instalación exige una nueva investigación.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN.

2.1- Introducción

En la evaluación energética de los locales climatizados tiene vital importancia el procedimiento de cálculo empleado, por cuanto la literatura especializada recoge varios métodos y se debe seleccionar el más adecuado en cada caso en correspondencia con las características del local, en tal sentido el **objetivo** del presente capítulo es:

Establecer el procedimiento de cálculo adecuado para la evaluación de los locales mediante la conjugación de diferentes aspectos teóricos metodológicos propuestos en investigaciones anteriores.

2.2-Materiales y herramientas

Durante el desarrollo de la investigación se realizaron las mediciones de los parámetros necesarios para la evaluación de la carga térmica en los locales analizados. Los parámetros medidos, así como los instrumentos de medición y sus respectivas características técnicas se exponen en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Parámetros medidos durante el desarrollo de la investigación

Parámetros	Instrumentos	Características técnicas
Temperatura	Termómetro	Rango de medición (-40 a 60 °C)
Dimensiones de: locales, puertas y ventanas	Cinta métrica	Rango de medición (0 a 5 m)
Humedad relativa	Psicrómetro	Rango de medición (0 a 100 %)
Intensidad de corriente	Amperímetro	Rango de medición (0 a 300 A)
Orientación de los locales	Brújula	-----

Entre las herramientas utilizadas se encuentran:

Diagrama de Pareto: Es una gráfica en forma de barras que clasifica en forma descendente factores que se analizan en función de su frecuencia, importancia absoluta o relativa. Adicionalmente permite observar en forma acumulada la incidencia total del factor en estudio.

Está inspirado en el principio conocido como pocos vitales y muchos útiles o Ley 80-20, que reconoce que en los procesos hay unos pocos elementos o causas realmente importantes en un (20 %) que generan la mayor parte del efecto a un (80 %). En otras palabras, del total de problemas que causan la baja eficiencia energética de una empresa, sólo unos cuantos de ellos afectan de manera vital su competitividad; y del total de causas de un problema, sólo pocas de ellas son determinantes de gran parte del mismo.

Aplicando el principio de Pareto para resolver el problema del ahorro de energía, el primer paso que se debe dar es localizar prioridades, es decir, en qué energético (electricidad, gas, combustibles) se genera un mayor gasto. Esta localización se hace estratificando el consumo de energía por tipo de energético y representándolo a través del diagrama de Pareto.

El Histograma: Es una instantánea de la capacidad del proceso y revela tres características del mismo:

- Centrado: media de los valores obtenidos.
- Distribución: dispersión de las medidas.
- Forma: tipo de distribución.

El Histograma que se presenta más a menudo es aquel que tiene un valor central donde se agrupan el mayor número de observaciones y con frecuencias decrecientes a ambos lados del mismo. Este diagrama es definido como “distribución normal”. La

distribución normal es aquella que descubre la variabilidad de un hecho cuando interviene solamente la aleatoriedad.

El Histograma se usa para:

- Obtener una comunicación clara y efectiva de la variabilidad del sistema.
- Mostrar el resultado de un cambio del sistema.
- Identificar anormalidades examinando la forma.
- Comparar la variabilidad con los límites de especificación

El diagrama causa y efecto: Se conoce también con el nombre de Ishikawa por ser quien lo diseñó en 1953, o diagrama de espina de pescado. Su valor principal es que representa de forma ordenada todos los factores causales que pueden originar un efecto específico.

El principio del diagrama consiste en establecer que el origen o causa del efecto puede encontrarse en: los materiales, el método, el equipo o la mano de obra. Si algún elemento fundamental no puede clasificarse dentro de estas cuatro categorías, deberá añadirse por separado. A su vez cada uno de estos factores es afectado por otros. Por ejemplo el factor mano de obra es afectado por: número de trabajadores, capacitación, supervisión, condiciones ambientales. También cada uno de ellos está influido por otros y algunos de estos por otros más. El diagrama puede llegar a ser muy complejo, lo que significa una mayor comprensión del problema por las personas que participen en su elaboración.

Aunque puede efectuarse alguna variación, el orden más eficaz para hacer el análisis de las causas con el Diagrama de Ishikawa requiere de 5 pasos:

1. Definir el efecto. Significa que sea claro, preciso y medible. Es importante no confundir causas (origen), problemas (enfermedad) y efectos (síntomas).

2. Identificar las causas. Cada miembro del grupo en una tormenta de ideas propone posibles causas del efecto descrito. Se toma la lista y se señala la palabra clave de cada causa. Se determinan las subcausas en torno a la palabra clave.
3. Definir las principales familias de causas. Se agrupan las causas y subcausas en familias de: métodos, mano de obra, equipos, materiales u otra causa fundamental del problema.
4. Trazar el diagrama. Se traza la línea central y las que representan las causas principales. Se aportan ideas en torno a cada causa principal por separado y se colocan con su palabra clave.
5. Seleccionar la causa. Una vez construido el diagrama, este cubre todas las posibles causas. Se realiza un proceso de selección ponderada para determinar las de mayor importancia.

Diagrama de dispersión: Este diagrama permite observar la relación que existe entre una supuesta causa y un efecto. Su uso permite comprobar o verificar hipótesis que pudieran haberse desprendido del análisis del diagrama Ishikawa. Tomando el ejemplo anterior sobre el consumo de combustible en la instalación hotelera, se considera la hipótesis de que el porcentaje de ocupación de sus habitaciones es un factor que influye directamente en los niveles de consumo.

La observación del diagrama de dispersión indica, no obstante, que existe una tendencia a que los valores altos de nivel ocupacional están asociados a los valores altos de consumo. Se observa además que la nube de puntos de este ejemplo describe una línea recta por lo que puede existir una relación de tipo lineal entre ambas variables con una pendiente pronunciada.

Para determinar el coeficiente de correlación entre ambas variables y probar matemáticamente su validez se establece la ecuación del modelo $Y=f(x)$ y se aplica la prueba de hipótesis correspondiente.

Estratificación: El propósito de la Estratificación es similar al Histograma, pero ahora clasificando los datos en función de una característica común que permite profundizar en la búsqueda y verificación de las causas a encontrar, resolver o eliminar.

Gráficos de control: Los gráficos de control son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos. Generalmente se usan como instrumento de autocontrol por los círculos y grupos de calidad y resultan muy útiles como apoyo a los diagramas causa y efecto, cuando se aplica a cada fase del proceso y detectar en cuales fases se producen las alteraciones.

Su importancia consiste en que la mayor parte de los procesos productivos tienen un comportamiento denominado normal, es decir existe un valor medio del parámetro de salida muy probable de obtener, mientras que a medida que se aleja de este valor medio la probabilidad de aparición de otros valores de este parámetro cae bruscamente, si no aparecen causas externas que alteren el proceso, hasta hacerse prácticamente cero para desviaciones superiores a tres veces la desviación estándar (3S) del valor medio. Este comportamiento (que puede probarse en caso que no se esté seguro que ocurra) permite detectar síntomas anormales actuando en alguna fase del proceso y que influya en desviaciones del parámetro de salida controlado. El gráfico de control se obtiene de graficar los valores reales del parámetro de control obtenidos en el tiempo sobre el valor medio y sus fronteras de desviación.

2.3-Procedimiento de cálculo para la estimación de la carga térmica

Entre los aspectos primarios a tener en cuenta al evaluar un local para la climatización es la carga impuesta en el equipo mientras mantiene las condiciones interiores de diseño y cuando las condiciones exteriores de temperatura y humedad están dentro de lo especificado (carga de diseño) y las condiciones de diseño (interiores y exteriores).

Los sistemas de aire acondicionado, deben contrarrestar las fuerzas del tiempo cuando la temperatura al aire exterior o humedad se mueven en un rango aceptable en favor de la seguridad y el confort, un entendimiento claro del comportamiento del tiempo es útil

para diseñadores y operadores de estos sistemas. Limitaciones en esa comprensión son a menudo la raíz de los problemas existentes en la calidad del aire interior y deterioro prematuro de la edificación y del equipo.

2.3.1- Ganancia de calor por radiación solar a través de vidrios

Para determinar las ganancias por insolaciones a través del vidrio es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- a) La niebla contaminación atmosférica
- b) El tipo de marco de ventana
- c) La altura sobre el nivel del mar
- d) La variación del punto de rocío
- e) El hemisferio terrestre

$$Q_{RS} = I_T \cdot A \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5 \quad (2.1)$$

Donde:

- Q_{RS} : Ganancia térmica sensible (W).
- I_T : Valor de la intensidad de la radiación solar total (W/m^2).
- A : Área soleada de la ventana (m^2).
- $f_{\#}$: Factores de corrección.

2.3.2- Ganancia de calor a través de componentes estructurales

La ley de Fourier de la conducción de calor establece que la rapidez de flujo por conducción en un sentido dado es proporcional al gradiente de temperatura en ese sentido y al área normal a la dirección del flujo de calor.

$$Q_a = k \cdot A \cdot (t_e - t_l) \quad (2.2)$$

Donde:

- Q_a : Flujo de calor (kW).
- k : Coeficiente global de transferencia de calor ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$).
- A : Área (m^2).
- t_e : Temperatura del aire exterior ($^\circ\text{C}$).
- t_i : Temperatura del aire en el interior del local ($^\circ\text{C}$).

Para el cálculo son utilizadas las tablas que contienen los *Factores de transmisión de calor* (valores K) para vidrios, paredes, techos y pisos comúnmente utilizados en la construcción (Polaino; et al., 1987).

El valor del coeficiente global de transferencia de calor (K) se calcula por la ecuación:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_E} + \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_L}} \quad (2.3)$$

Donde:

- α_E : Coeficiente de película del aire exterior ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$).
- α_L : Coeficiente de película del aire interior ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$).
- δ_i : Espesor de la estructura (m).
- λ_i : Conductividad térmica del material de la estructura ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$).

Diferencias equivalentes de temperaturas

No es fácil determinar las ganancias de calor a través de una estructura soleada. Un método a emplear es el de valerse de la diferencia de temperatura (Δt_e en $^\circ\text{C}$), su valor es tal que evalúa el flujo de calor total por efecto de la radiación solar y la diferencia entre las temperaturas del aire exterior e interior, al ser sustituido en la expresión 2.2.

$$Q_a = k \cdot A \cdot \Delta t_e \quad (2.4)$$

El valor de Δt_e depende de:

- La diferencia de temperatura del aire exterior e interior.
- Hora solar.
- Latitud.
- Orientación de la pared.
- Tipo de construcción de la estructura.

Como estos datos están calculados para condiciones específicas, es necesario hacer las correcciones indicadas (Polaino; et al., 1987; tablas 3.9-3.12) mediante el uso de la expresión 2.5.

$$\Delta t_e = a + \Delta t_{es} + b \cdot \frac{R_s}{R_m} \cdot (\Delta t_{em} - \Delta t_{es}) \quad (2.5)$$

Donde:

- Δt_e : Diferencia equivalente corregida
- a : Corrección tomada de la tabla 3.11. Relación entre la temperatura exterior a las 15 horas para el mes considerado, menos la temperatura interior ($t_E - t_L$), y variación de la temperatura seca exterior en 24 horas
- Δt_{es} : Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada para estructuras en la sombra
- Δt_{em} : Diferencia equivalente de temperatura a la hora considerada para las estructuras soleadas
- b : Coeficiente que toma en cuenta el color de la cara exterior de la pared
- R_s : Máxima insolación para el mes y latitud supuesta a través de la superficie acristalada
- R_m : Máxima insolación para el mes de Julio 40° latitud norte a través de la superficie acristalada de igual orientación a la estructura considerada
- R_s/R_m : Tabla 3.12 (Polaino; et al., 1987)

2.3.3- Concentración de personas como base de diseño

Las personas que ocupan el espacio que debe ser acondicionado contribuyen con cantidades importantes de calor sensible y calor latente, que aumenta la carga total de enfriamiento de dicho espacio. El cálculo debe basarse en el número promedio de personas dentro del espacio durante el período de la máxima carga de enfriamiento de diseño. La cantidad de calor debida a las personas, debe estar de acuerdo a la actividad desarrollada por éstas (Manual de aire acondicionado, 1972). Se determina a través de las ecuaciones 2.6 y 2.7

Ganancia por ocupantes

$$Q_{S, OCP.} = n \cdot I_{CS} \quad (2.6)$$

$$Q_{L, OCP.} = n \cdot I_{CL} \quad (2.7)$$

Donde:

- $Q_{S, OCP.}$ y $Q_{L, OCP.}$: Ganancias térmicas sensible y latente (kW)
- n : Número de ocupantes
- I_{CS} : Índice de carga sensible (W/h ocup.)
- I_{CL} : Índice de carga latente (W/h ocup.)

2.3.4- Ganancias de calor originadas por equipos instalados en el interior de los locales

Entre las fuentes de calor dentro del espacio que será acondicionado están las luces, las máquinas de oficina, equipos de computación, los electrodomésticos y los motores eléctricos.

Cuando los equipos que producen calor están cubiertos por una campana de extracción, debe calcularse la carga adicional debida al aire fresco que se debe introducir para compensar el aire extraído por la campana. Esto se calcula en la secuencia de ganancias de calor por infiltración y ventilación.

Las lámparas incandescentes transforman en luz un 10% de la energía absorbida, mientras el resto la transforman en calor que se disipa por radiación, convección y conducción. Un 80% de la potencia absorbida se disipa por radiación y solo el 10% restante por conducción y convección (Manual de aire acondicionado, 1972).

Los tubos fluorescentes transforman un 25% de la energía absorbida en luz, mientras que otro 25% se disipa por radiación hacia las paredes que rodean el local y el resto por conducción y convección. Debe tenerse en cuenta, además, el calor emitido por la reactancia o resistencia limitadora, representa un 25% de la energía absorbida por la lámpara (ecuación 2.8).

Ganancia por iluminación

$$Q_{S.ILUM.} = 1,25 \cdot N_{ILUM.} \quad (2.8)$$

Donde:

- $N_{ILUM.}$: Potencia de iluminación instalada (W).

Ganancia por motores eléctricos

En general los motores eléctricos aportan ganancia sensible que se calcula por la expresión 2.9:

$$Q_{SE} = N_m \quad (2.9)$$

Donde:

- Q_{SE} : Carga térmica sensible de equipos (kW).
- N_m : Potencia de los equipos (kW).

En los locales estudiados esta ganancia se desprecia porque solo existen los motores de los ventiladores presentes en las computadoras y estos son de bajo consumo de potencia.

2.3.5- Ganancia de calor por infiltración y ventilación

El aire del exterior que fluye a través de una edificación ya sea como aire de ventilación, o no intencionalmente como infiltración es importante por dos razones. El aire del exterior es utilizado muchas veces para diluir contaminantes en el aire del interior y la energía asociada con calentamiento o enfriamiento del mismo es una significativa carga de relación espacio - acondicionamiento. La magnitud de estos valores de flujo de aire debe ser conocida a máxima carga para calcular adecuadamente el tamaño del equipo y en condiciones promedio, estimar adecuadamente el consumo de energía promedio.

Deben conocerse también los valores de intercambio de aire para asegurar un adecuado control de los niveles de contaminantes en el interior. En grandes edificaciones deben ser determinados el efecto de infiltración y ventilación en distribución y los patrones de flujo del aire ínterzonal, los cuales incluyen patrones de circulación de humo en caso de incendio.

El intercambio de aire entre el interior y las afueras está dividido en: ventilación (intencional e idealmente controlada) e infiltración (no intencional y descontrolada).

Ganancia por infiltraciones

$$Q_{S,INF} = 1,2 \cdot V_{INF} \cdot (t_e - t_i) \quad (2.10)$$

$$Q_{L,INF} = 1,2 \cdot V_{INF} \cdot (w_e - w_i) \quad (2.11)$$

Donde:

- $Q_{S,INF}$ y $Q_{L,INF}$: Ganancia térmica sensible y latente respectivamente (kW).
- V_{INF} : Volumen de aire infiltrado (m^3/s)
- w_e : Humedad específica exterior (kg/kgas)
- w_i : Humedad específica interior (kg/kgas)

Ventilación y cargas térmicas

El aire exterior introducido en una edificación forma parte de la carga de acondicionamiento del espacio, la cual es una razón para limitar la cuota de intercambio de aire en las edificaciones a un mínimo requerido. El intercambio de aire típicamente representa de 20 – 40 % de la carga térmica de la edificación (De Andrés; et al., 1992).

El intercambio de aire incrementa la carga térmica de una edificación de 3 maneras: Primero: el aire entrante debe ser enfriado desde la temperatura del aire exterior a la temperatura del aire interior. La tasa de consumo de energía está dada por:

Ventilación exterior

$$Q_{s,V} = 1,2 \cdot V_V \cdot (t_e - t_i) \quad (2.12)$$

Donde:

- $Q_{s,V}$: Ganancia sensible por ventilación (kW)
- V_V : Volumen de ventilación (m^3/s)
- t_e : Temperatura del aire exterior ($^{\circ}C$)
- t_i : Temperatura del aire en el interior del local ($^{\circ}C$)

Segundo: el intercambio de aire incrementa el contenido de humedad, particularmente en verano y en algunas áreas cuando el aire húmedo del exterior debe ser deshumidificado. El consumo de energía asociada con estas cargas está dado por:

$$Q_{L,V} = 2790 \cdot V_V \cdot (w_e - w_i) \quad (2.13)$$

Donde:

- $Q_{L,V}$: Ganancia latente por ventilación (kW)
- V_V : Volumen de ventilación (m^3/s)
- w_e : Humedad específica exterior (kg/kgas)
- w_i : Humedad específica interior (kg/kgas)

Finalmente el intercambio de aire puede incrementar la carga en una edificación, disminuyendo el rendimiento del sistema de aislamiento. El aire fluyendo alrededor y a través del aislamiento puede incrementar la tasa de transferencia sobre las tasas de diseño. El efecto de dicho flujo de aire en el rendimiento del sistema de aislamiento es difícil de cuantificar, pero debe ser considerado. El flujo de aire en el sistema de aislamiento puede disminuir también el rendimiento del sistema debido a la humedad condensada dentro y sobre el aislamiento.

2.4-Ciclo básico de aire acondicionado

El caudal de aire tratado en el climatizador y los parámetros bajo los cuales es necesario suministrarlos a un local para su acondicionamiento, dependen de las características de la carga térmica del mismo, así como también de las condiciones de diseño interior y exterior, caudal de ventilación y otros factores.

Una vez estimada la carga térmica del local, según lo establecido en el epígrafe anterior, el paso siguiente es determinar el ciclo de evolución del aire tratado en los equipos suministrado al local, con el objetivo de determinar los parámetros de trabajo de la instalación y seleccionar los equipos componentes de la misma.

2.4.1- Método de cálculo

Cálculo del Factor de Calor Sensible del Local (FCSL)

Es la razón entre las cargas térmicas sensibles y totales del local. La pendiente de esta recta depende de la relación entre las cargas sensibles y latentes del local; las condiciones de suministro del local pueden estar sobre cualquier punto de ella al que corresponde un determinado caudal de suministro (V_{SL}).

$$FCSL = \frac{Q_{SL}}{Q_{SL} + Q_{LL}} \quad (2.14)$$

Factor de Calor Sensible Total (FCST)

$$FCST = \frac{Q_{SB}}{Q_{TB}} \quad (2.15)$$

Donde:

- Q_{SB} : Carga sensible sobre la batería de enfriamiento (kW)
- Q_{TB} : Carga total sobre la batería de enfriamiento (kW)

Es la relación entre el ΣQ_{SB} y la carga térmica total de la instalación, incluyendo todas las cargas sensibles y latentes que procedan del aire exterior. Conocidas las condiciones de la mezcla (M) puede ser trazada la recta FCST.

Es evidente que las condiciones de salida del aire de la batería se encuentran sobre esta recta. Dependiendo del Factor de Desvío (FD) del equipo y su Aparato de Punto de Rocío (APR) y que corresponden a las condiciones de suministro del local (S_L) siempre que se desprecien las ganancias adicionales en los conductos y ventiladores.

Se puede afirmar entonces que las condiciones de suministro del local (S_L) se encuentran donde se corten las rectas de FCSL y FCST.

Factor de Calor Sensible Efectivo (FCSE)

Se considera como la carga sensible efectiva del local, a la carga sensible del local más la carga sensible del aire exterior (que durante el proceso de enfriamiento pasa por esta sin sufrir cambio alguno) determinada por el factor de desvío de la batería.

$$FCSE = \frac{\text{Carga Sensible Efectiva del Local}}{\text{Calor Total Efectivo del Local}} \quad (2.16)$$

Determinación del APR

La carga total efectiva incluye además las cargas latentes del aire de ventilación desviado. El hacer esta suposición permite determinar un APR mediante la intersección del FCSE trazado, a partir de las condiciones de diseño interior del local con la curva de saturación. El FCSE no corresponde a ningún proceso real del aire, es solo un método para determinar de forma más sencilla el ciclo.

FCSL > FCSE > FCST. La diferencia entre estos tres factores depende del caudal de ventilación y para el caso en que éste sea cero, éstos serán iguales, es decir coincidirán sobre una misma recta.

Caudal de suministro al local

El cálculo de éste no es tan simple ya que es necesario trazar el FCST a partir de las condiciones de la mezcla M, los que a su vez solo podrán evaluarse si se conoce el caudal de suministro de aire al local el cual depende de las condiciones de suministro sobre el FCSL.

En tal caso esto puede resolverse mediante un método de tanteo que consta de 7 pasos y es muy engorroso el cual puede ser simplificado mediante ciertas suposiciones basadas en los conceptos de FD y APR.

$$V_{SL} = \frac{Q_{SL} + Q_{SV}}{1,2 \cdot (t_L - t_{APR}) \cdot (1 - FD)} \quad (2.17)$$

La temperatura a bulbo seco de la mezcla t_M puede calcularse con suficiente aproximación a partir de conocer los valores del volumen por unidad de tiempo, la ecuación 2.18 puede emplearse en los cálculos, ya que en la mayoría de los procesos relacionados con la climatización para el confort las diferencias de densidades del aire son pequeñas.

$$t_M = \frac{t_E \cdot V_V + t_L \cdot V_R}{V_{SL}} \quad (2.18)$$

Donde:

- V_R : Caudal de retorno (m^3/s)
- t_E : Temperatura exterior ($^{\circ}\text{C}$)
- t_L : Temperatura del local ($^{\circ}\text{C}$)
- V_B : Caudal de aire tratado en la batería (m^3/s), si no hay fugas:

$$V_B = V_R$$

Conocidas t_M y APR , se determinará t_{SB} a partir de la ecuación 2.19.

$$t_{SL} = t_{SB} = t_{APR} + FD \cdot (t_M - t_{APR}) \quad (2.19)$$

También puede determinarse gráficamente mediante la intersección del FCSB (a partir de M) y el FCSL, sobre el esquema psicrométrico. Como en este caso se desprecian las ganancias en la impulsión: $t_{SL} = t_{SB}$

Finalmente se calcula la carga total sobre la batería de enfriamiento

La ganancia total sobre la batería de enfriamiento va a ser la suma de todas las cargas, es decir, la suma de las cargas sensibles y latentes del local, la carga sensible y latente por ventilación y las ganancias sensibles y latentes adicionales. Esta se calcula a través de la expresión 2.20.

$$Q_{TB} = Q_{SL} + Q_{LL} + Q_{SV} + Q_{LV} + Q_{S_{GA}} + Q_{L_{GA}} \quad (2.20)$$

Donde:

- $Q_{S_{GA}}$ y $Q_{L_{GA}}$: Ganancias sensibles y latentes adicionales (kW)

En estos análisis son despreciadas las fugas y ganancias en los conductos de suministro y retorno del local.

Conclusiones del capítulo 2

- Los instrumentos de medición empleados en la investigación son adecuados para la toma de datos, por cuanto los valores medidos de los parámetros en todos los casos estuvo en el rango de medición especificado en las características técnicas de los respectivos instrumentos.
- Queda establecido el procedimiento de cálculo para la estimación de la carga térmica en las habitaciones del Hotel Mireflores. El mismo conjuga los aspectos teóricos metodológicos y las expresiones matemáticas propuestas en investigaciones anteriores.

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS, VALORACIÓN ECONÓMICA E IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

3.1- Introducción

Una vez establecido en el capítulo 2 los fundamentos básicos y los procedimientos de cálculos para realizar el diagnóstico energético y la estimación de la carga térmica en la instalación, se procede al análisis de los resultados obtenidos en el trabajo, se analizan los resultados teóricos sobre la base de las mediciones realizadas en el Hotel Miraflores, contribuyendo positivamente en la toma de decisiones por parte de los administrativos respecto a la utilización de los equipos instalados.

Por tales razones el **objetivo** del presente capítulo es: evaluar la influencia de la carga térmica de climatización y los factores que inciden negativamente en ésta, sobre el consumo energético del Hotel Miraflores.

3.2- Resultados del diagnóstico de energía realizado en el Hotel Miraflores

Para profundizar en los aspectos tratados en el capítulo 2, se realiza el diagnóstico energético al Hotel Miraflores con el fin de justificar el consumo de energía y demostrar la influencia de la climatización sobre el mismo.

Para llevar a cabo el diagnóstico se identificaron los principales portadores energéticos de la instalación hotelera y dentro de ellos cuál representa el mayor consumo. Con la documentación existente en el departamento de servicios técnicos se conforma una base de datos donde se relacionan los consumos por portadores energéticos en los últimos dos años, siendo esto un punto de partida para el estudio que se lleva a cabo.

A través de la información recogida en la empresa se confeccionó el gráfico de Pareto, En las figura 3.1 y 3.2, se observa el comportamiento de los portadores energéticos durante los años 2008 y 2009. Observándose en la figura 3.1. que al convertir el consumo de los portadores energéticos a toneladas de combustible convencional (tcc), la electricidad ocupa el primer lugar en orden de importancia representando el 97 % del consumo, seguido del gas licuado presurizado (GLP) que representa el 2 % y en último lugar se

35

ubica la gasolina con menos de un 1 %. Estos resultados indican que el mayor esfuerzo en la gestión energética se debe dirigir hacia la electricidad.

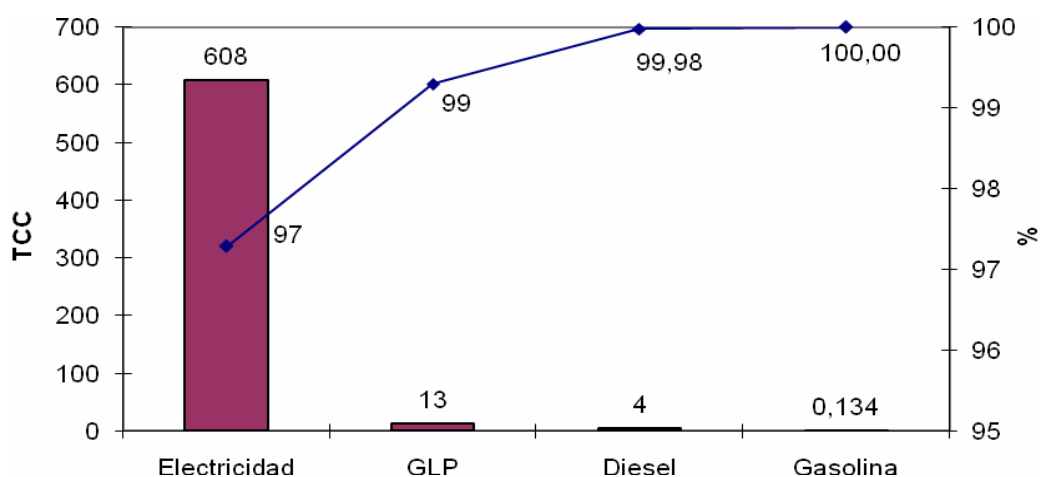


Figura. 3.1. Comportamiento de los portadores energéticos en el año 2008.

En la figura 3.2 se observa que durante el año 2009 la electricidad continuó siendo el portador energético con mayor orden de importancia ahora con una representatividad del 90 %, pero seguido en este caso del diesel que representa el 9 % de toda la energía consumida en el Hotel.

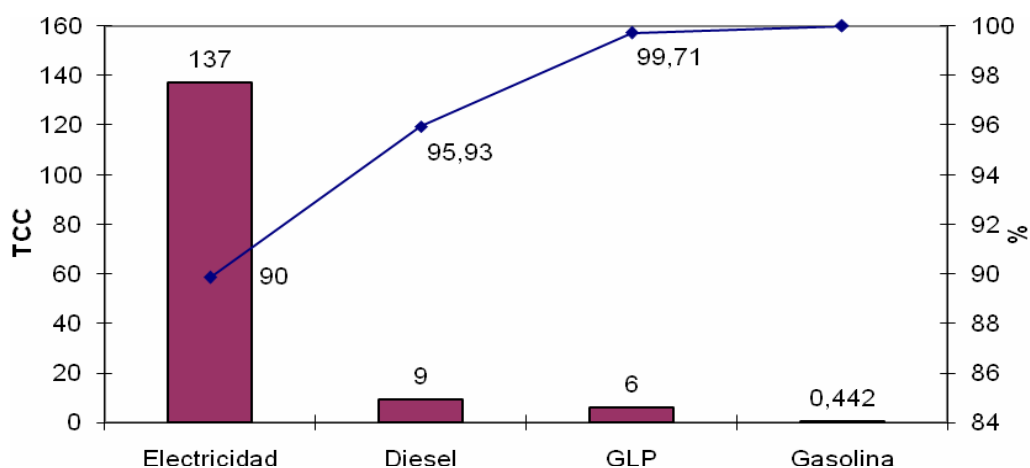


Figura. 3.2. Comportamiento de los portadores energéticos en el año 2009.

Ha quedado demostrado que la electricidad es el portador de mayor incidencia en los costos y toda acción encaminada a la reducción de su consumo incrementa las utilidades de las instalaciones turísticas. Es cierto que los indicadores utilizados en la actualidad por las diferentes cadenas no son capaces de evaluar la eficiencia energética en los hoteles y presentan dificultad a la hora de usarse como instrumentos de control. Existen variables que pueden influir en el consumo de electricidad de los hoteles las cuales deben ser estudiadas con profundidad en la búsqueda de instrumentos de control adecuado en el uso de este portador energético en los hoteles.

Luego se procedió al análisis del comportamiento de la electricidad en el Hotel Miraflores. La figura 3.3 muestra la distribución en por ciento de las áreas que inciden en la energía eléctrica, apreciándose que la climatización es la de mayor peso representando el 41 % del total, aunque éste puede variar en función del nivel ocupacional del hotel, los demás se comportan de manera similar a pesar de ser temporada de baja o de alta ocupación, debido a que estas áreas deben funcionar en su totalidad durante todo el año.

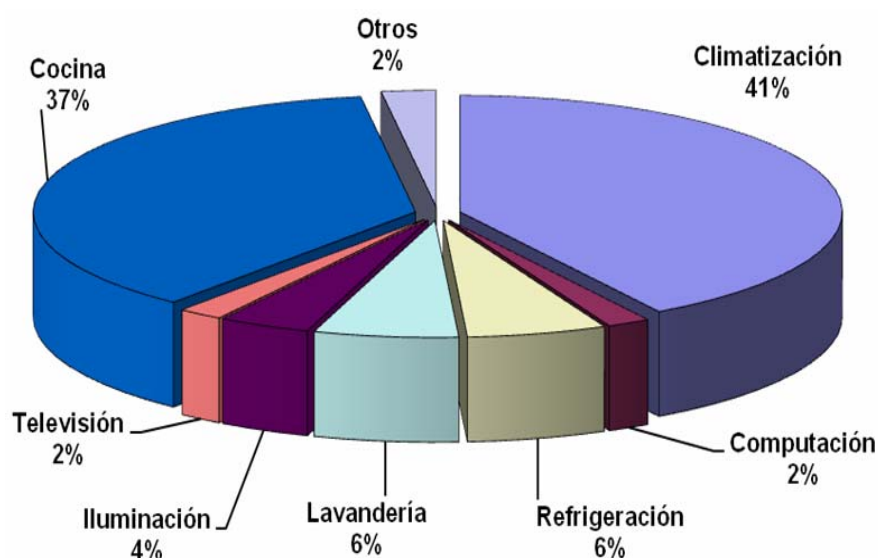


Figura. 3.3. Estructura de las cargas instaladas.

3.3- Cálculo de la carga térmica

Una vez identificado el sistema de climatización como el de mayor incidencia dentro del portador electricidad y éste como el de mayor representatividad en los consumos energéticos del hotel, se procede a la estimación de la carga de enfriamiento según el procedimiento establecido en el capítulo 2 para un ciclo de evolución del aire con enfriamiento y deshumectación.

Para lograr mantener los parámetros de diseño del aire en el interior de un local, se hace necesaria la extracción del calor generado por las diferentes fuentes térmicas del local mediante el suministro o recirculación de un caudal de aire, previamente tratado y bajo condiciones específicas, de forma tal que absorba las ganancias de calor sensibles y latentes del espacio climatizado.

Para la estimación de la carga térmica de las 120 habitaciones modificadas en el Hotel Miraflores, se tuvieron en cuenta diferentes criterios como: la ubicación geográfica de la misma (NE, SE y NO, SO) y las condiciones de diseño interior y exterior, estas últimas se muestran en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Condiciones de diseño interior y exterior.

Condiciones de diseño:	Interior	Exterior
Temperatura de bulbo seco; Tbs (°C)	24	32.5
Temperatura de bulbo húmedo; Tbh (°C)	18	27
Humedad relativa; ω (%)	55	70
Humedad específica; W (kgva/kgas)	0.01	0.02

Las condiciones de diseño exterior se tomaron según la estación meteorológica de Cabo Lucrecia en Holguín, con una elevación sobre el nivel del mar de 4 m , la temperatura del bulbo seco a 32.5°C y la temperatura del bulbo húmedo a 27°C , la humedad relativa del 70 % , con una variación diurna de temperatura de 7°C , y la velocidad de los vientos es de 12 km/h con orientación ES.

Para la determinación de humedad relativa y específica del aire se usó el Software Psicro94.

3.3.1- Radiación solar a través de cristales

Una de las mayores ganancias en una instalación climatizada es la carga térmica por radiación solar a través de superficies acristaladas, para la cual es necesario determinar el mes, el día y la hora de mayor incidencia, quedando así establecidas las condiciones de proyecto. Se comprobó en función de la orientación de la instalación que la mayor radiación solar ocurre en horas de la mañana (07:00 horas) para la pared NE en el mes de Junio.

Por lo tanto se asumen los valores de la intensidad de la radiación solar para el mes señalado obteniéndose como aportaciones solares a través de vidrio sencillo para cada pared, los valores se relacionan a continuación:

Orientación	N E	S E	NO	SO
$I_T(W/m^2)$	485	195,4	27,9	27,9

Las habitaciones estudiadas solo poseen superficies acristaladas en la pared NE, para el caso de las habitaciones de las esquinas en las paredes SE y NO. Considerando que las paredes con orientación SO están parcialmente a la sombra protegidas por tabiques y que en su totalidad son de concreto, con puertas y ventanas de madera, solo se debe tener en cuenta la radiación solar a través de estructuras en caso que lo requiera, incluyendo la diferencia de temperatura equivalente.

La figura 3.4 muestra el comportamiento de la intensidad de la radiación solar a través de superficies acristaladas en función de la hora del día y para las orientaciones de las paredes de la edificación, observándose que la mayor intensidad de la radiación solar para las paredes: orientadas al NE y SE es entre las 7 y 8 horas de la mañana; y para las paredes orientadas al NO y SO es entre las 16 y 17 horas de la tarde.

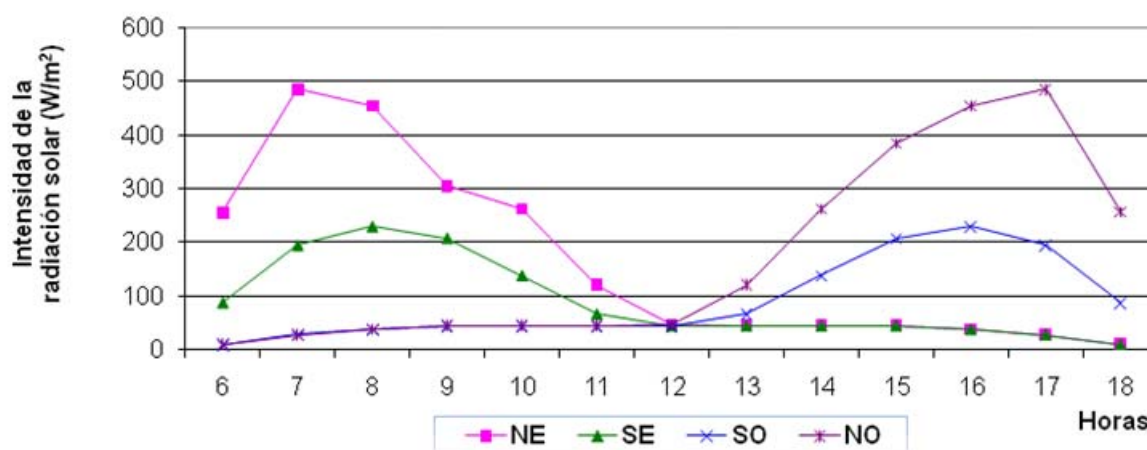


Figura 3.4. Comportamiento de la intensidad de la radiación solar a través de superficies acristaladas.

3.3.2- Ganancia por estructura

Otras de las ganancias de mayor incidencia es la carga por estructura, ya que siempre que exista una diferencia de temperaturas entre dos puntos de un mismo cuerpo, existirá una transferencia de calor y de igual manera se producirá un flujo de vapor entre dos puntos sometidos a distintas presiones parciales de éste. Ambas situaciones se presentan en las estructuras (paredes, techos y pisos) de un local climatizado. Para la conducción y radiación a través de paredes y techos, soleados y a la sombra se toman los valores del coeficiente de transmisión del calor según los criterios de la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Coeficiente de transmisión de calor para paredes ($W/m^2\text{°C}$).

Tipo de Construcción	Espesor (m)	Peso (kg/m^2)	K ($W/m^2\text{°C}$)
Bloque arena y gravilla hueco	0.15	122	1.81

Para el caso de techos y techumbres (falso techo) se toman los valores que aparecen en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Coeficientes de transmisión de calor global (K). Cubiertas planas de Grosfillex (W/m^2).

Techumbre	Coeficientes de transmisión de calor global ($\text{W/m}^2\text{°C}$)
Grosfillex	0,9

Partiendo del criterio de que todas las instalaciones están construidas del mismo material se asumen los valores de las tablas 3.2 y 3.3 para todos los cálculos.

Cuando la pared recibe radiación solar se estima un diferencial de temperatura equivalente ($\Delta T_{eq.}$), que depende de la diferencia de temperatura del aire exterior e interior, hora solar, latitud, orientación de la pared, tipo de construcción de la estructura y color de la cara exterior de la pared. Se seleccionan los valores según las tablas 3.4, 3.5 y 3.6.

Para determinar la radiación solar a través de paredes y techos se deben determinar los valores de los parámetros que intervienen en la diferencia de temperatura equivalente, para ello se parte del peso, la orientación de la pared, el mes y la hora recomendada para los cálculos.

Tabla 3.4. Diferencia equivalente de temperatura ($^{\circ}\text{C}$). Muros soleados o en sombra.

	Orientación	Peso del muro (kg/m^2)	Hora solar (09:00)
Tem:	NE	73	2.2
	SE	73	3.3
	SO	73	2.8
Tes:	N (en la sombra)	73	0

Para el caso de la corrección a la diferencia equivalente de temperatura se determina en la tabla 3.5 tomando una temperatura exterior de 32.5°C e interior de 24°C y la variación de la temperatura seca exterior en 24 h .

Tabla 3.5. Corrección a la diferencia equivalente de temperatura (°C).

Temperatura exterior a las 15 h para el mes considerado, menos la temperatura interior ($t_E - t_L$)	Variación de la temperatura seca exterior en 24 h				
	6	8	10	12	14
+ 8	2.3	1.2	0.3	-0.7	-1.6

Otro elemento que se debe tener en cuenta para calcular el diferencial de temperatura equivalente es el factor que relaciona la máxima insolación para el mes de cálculo y la orientación de la pared, ver tabla 3.6.

Tabla 3.6. Factor R_S/R_M Para 20° de latitud Norte.

Mes	Orientación		
	NE	SE	SO
Diciembre	1.78	1.13	1.13

Para el techo no se determina la diferencia de temperatura equivalente ya que el local tiene falso techo (Grosfillex) y por lo tanto no recibe radiación solar. El material de la pared es hormigón vertido con una densidad de 500 kg/m³ y un espesor de 0.15 m . El peso de la misma es 73 kg/m² . El coeficiente global de transferencia de calor es de 0.73 W/m²C .

3.3.3- Ganancia por ventilación

En todo local climatizado es necesario prever un cierto caudal de aire exterior para lograr la renovación de aire del local, disminuir el contenido de CO₂ y eliminar los olores generados por los ocupantes, así como para controlar la composición del aire cuando por algún determinado proceso se libere algún gas, polvo, etc. En la tabla 3.7 se muestran los valores recomendados para determinar el caudal de ventilación (V_V), para una habitación de un hotel.

Tabla 3.7. Caudal de aire exterior para la ventilación en locales climatizados

Aplicación	m ³ /(s por persona)	m ³ /(s·m ² de piso)
Habitación de hotel	0.0117	0.0017

La ganancia por ventilación asumiendo el volumen de ventilación en m^2 de piso representa el 46 % del total de la ganancia, luego se comprobó que en función del número de ocupantes la ganancia por ventilación representa un 33 % .

3.3.4- Ganancia por infiltración

En un local acondicionado se infiltra aire exterior por el efecto de la presión del viento a través de las rendijas o ranuras de las ventanas, las puertas y por la entrada y salida de los ocupantes del local. En este caso específico las ventanas están hechas a prueba de infiltraciones, pero teniendo en cuenta que las habitaciones no tienen sus puertas a pruebas de infiltraciones (las exteriores), se considera la infiltración por la acción del aire sobre las puertas exteriores. Para determinar el volumen de infiltración se utilizó el método de la rendija, asumiendo el tipo de puerta, de madera sin junta de una instalación media, asumiendo la velocidad del viento de 3.33 m/s siendo el volumen de infiltración $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$ lineal de rendija.

3.3.5- Ganancia por ocupantes

Los ocupantes constituyen otros de los elementos que aportan ganancias de calor tanto sensible como latente. Las habitaciones estarán ocupadas por dos personas y la cantidad de calor generado por éstas en una habitación representa un índice de carga sensible (Ics) igual a 70,76 W/ocup y un índice de carga latente (Icl) igual a 60,84 W/h ocup , según Polaino (1987).

3.3.6- Ganancia por equipos e iluminación

La potencia y la cantidad de equipos eléctricos y de luminarias instaladas aportan cargas sensibles solamente, la cantidad de calor depende de la potencia de iluminación instalada y el tiempo de iluminación existente, éstas se pueden apreciar en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Equipos eléctricos y luminarias instalados en las habitaciones.

Equipos	Habitaciones		Consumo Energético (Wh)
	Esquina NO y SE	Intermedias	
Luminarias	6	5	46 y 41
Refrigerador	1	1	70
TV	1	1	85

Se debe destacar que las habitaciones que se encuentran en las esquinas NO y SE tienen instaladas 6 luminarias, tres de 5 W , dos de 8 W y una de 15 W , para un total de 46 Wh , mientras que las habitaciones intermedias tienen 5 luminarias, dos de 5 W , dos de 8 W y una de 15 W para un total de 41 Wh . Con respecto a los refrigeradores y televisores instalados en las habitaciones, éstos consumen 70 Wh y 85 Wh respectivamente.

3.4- Análisis de los resultados

Una vez identificados y seleccionados aquellos elementos necesarios para la estimación de la cantidad de calor necesaria a extraer, se procedió según la metodología de cálculo (Polaina, 1987) a la determinación de las cargas térmicas en las habitaciones modificadas. Los cálculos se muestran en el Anexo 1, se realizaron con ayuda del Software profesional Excel.

Durante el desarrollo de la investigación se comprobó que las habitaciones poseen un gran número de rendijas incrementando así el volumen de aire de infiltración, también se observó que las paredes orientadas al NE poseen un área considerable de superficies acristaladas. Por tal motivo los cálculos de las cargas térmicas de climatización se realizaron para dos variantes:

- Variante 1: considerando que las habitaciones contiguas no estaban climatizadas, sin cortinas y considerando las infiltraciones de aire exterior.
- Variante 2: considerando que las habitaciones contiguas estaban climatizadas, con cortinas y que se eliminaron las infiltraciones.

En la figura 3.5 se muestra el comportamiento de las ganancias térmicas para las habitaciones estudiadas, donde se observa que las ganancias por infiltración, ocupantes, equipos y ventilación tienen un mismo valor para ambas variantes. Esto se debe a que las mismas tienen características constructivas similares y los equipos instalados (refrigeradores, televisores y luminarias) son de similar fabricación. La mayor diferencia entre las ganancias estimadas se deben a la radiación solar y a las ganancias por estructuras, ya que las habitaciones de las esquinas tienen un mayor área orientada al SE y NO, que es la que mayor radiación recibe.

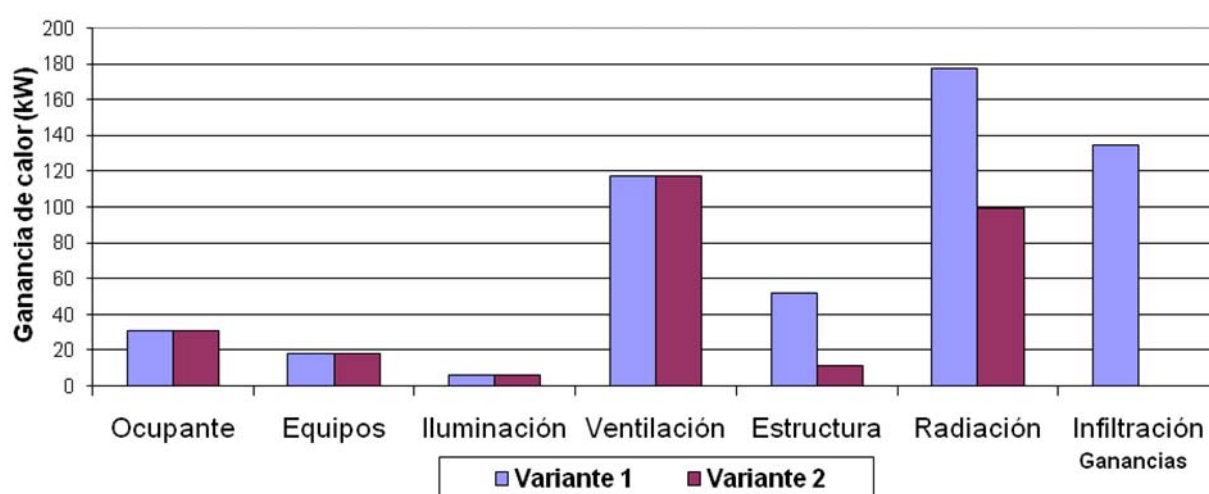


Figura 3.5. Distribución de la ganancia térmica para las dos variantes.

Según la variante 1 para las habitaciones de las esquinas instaladas al NE y SE, la carga térmica instalada es mayor a la calculada, con un rango de variación entre 0,56 y 0,59 kW de diferencia entre ellas. Las habitaciones contiguas a éstas tienen una capacidad instalada menor que la calculada donde la diferencia entre ellas varía de 1 a 1,20 kW para las habitaciones interiores, la diferencia entre ellas es de 1,17 kW siendo mayor la calculada. Finalmente las habitaciones de las esquinas orientadas al NO y SO poseen una diferencia entre ellas de 1,25 kW.

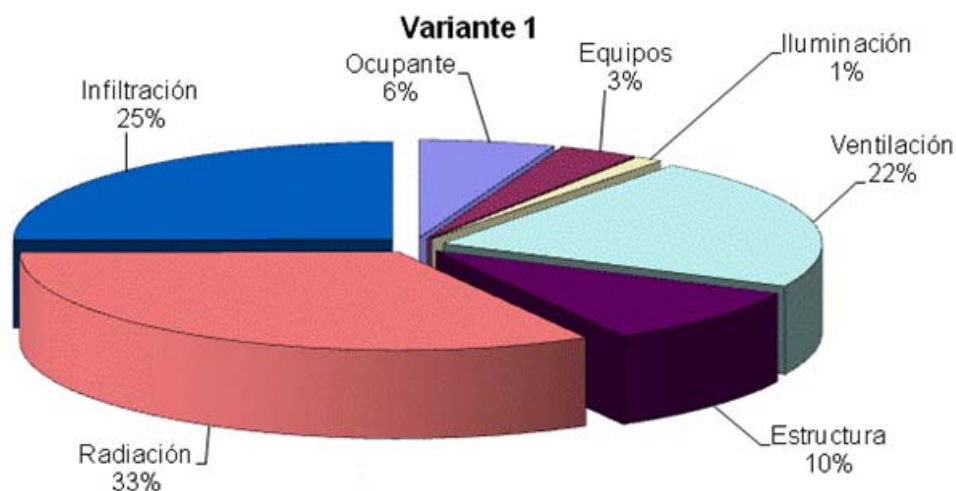


Figura 3.6. Distribución de las ganancias de calor según la variante 1

En la figura 3.6 se muestra el comportamiento de las ganancias de calor según la Variante 1, observándose que las de mayor incidencia en la carga térmica total son la radiación y la infiltración, seguido la ventilación la cual es una carga que depende del número de ocupantes por lo que se mantiene constante para todas las habitaciones. Es necesario destacar que aunque se consideraron en este caso las habitaciones contiguas como no climatizadas, esta carga no es significativa en este caso, por ser consideradas como un tabique.

Según la variante 1 las mayores cargas térmicas se presentan en las habitaciones intermedias con 4,69 kW (1,33 TR) siendo de 3,52 kW (1 TR) los equipos de acondicionadores de aire de ventana instalados.

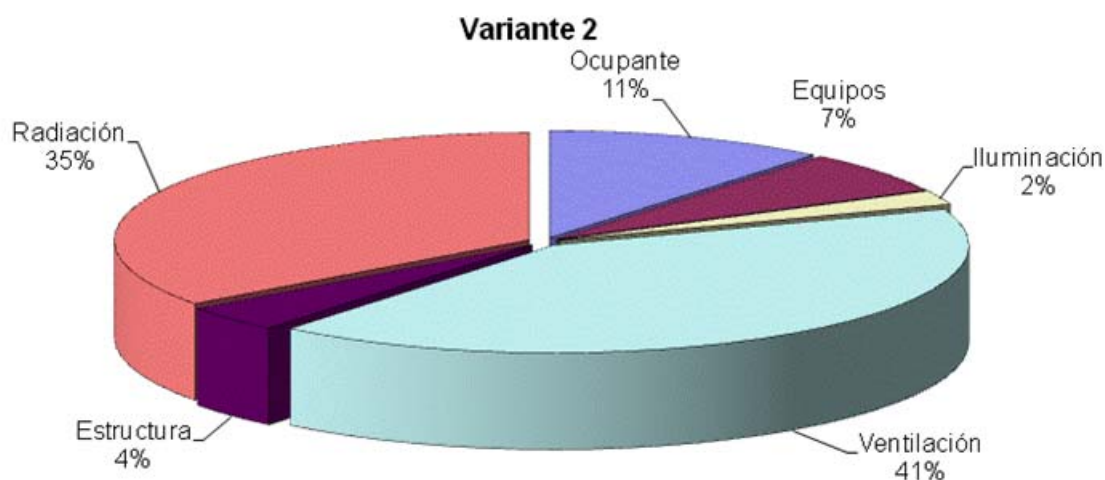


Figura 3.7. Distribución de las ganancias de calor según la variante 2

En la figura 3.7 se observa que considerando la eliminación de las rendijas y con ellas el volumen de aire de infiltración, la ventilación pasa a ser la ganancia de calor de mayor incidencia en la carga térmica total, seguida de la radiación, siendo esta última sobre la que se debe incidir con el objetivo de disminuir la carga térmica de enfriamiento en la instalación.

Según la variante 2 la mayor carga térmica de climatización está alrededor de los 2.64 kW y los menores valores corresponden a las habitaciones de las esquinas NO y SO con una carga térmica de 1,6 a 1,76 kW . Además la carga térmica instalada resulta ser mayor que la calculada con una variación de 0,98 y 1,93 kW, observándose que los equipos instalados están sobredimensionados.

Se comprobó a través de la estimación de la carga térmica que los equipos instalados tienen una capacidad de enfriamiento mayor que la obtenida según los cálculos. Se debe tener en cuenta que la principal causa de que la carga térmica calculada sea mayor que la instalada se debe a que las habitaciones contiguas se consideraron sin climatizar, ver figura 3.8.

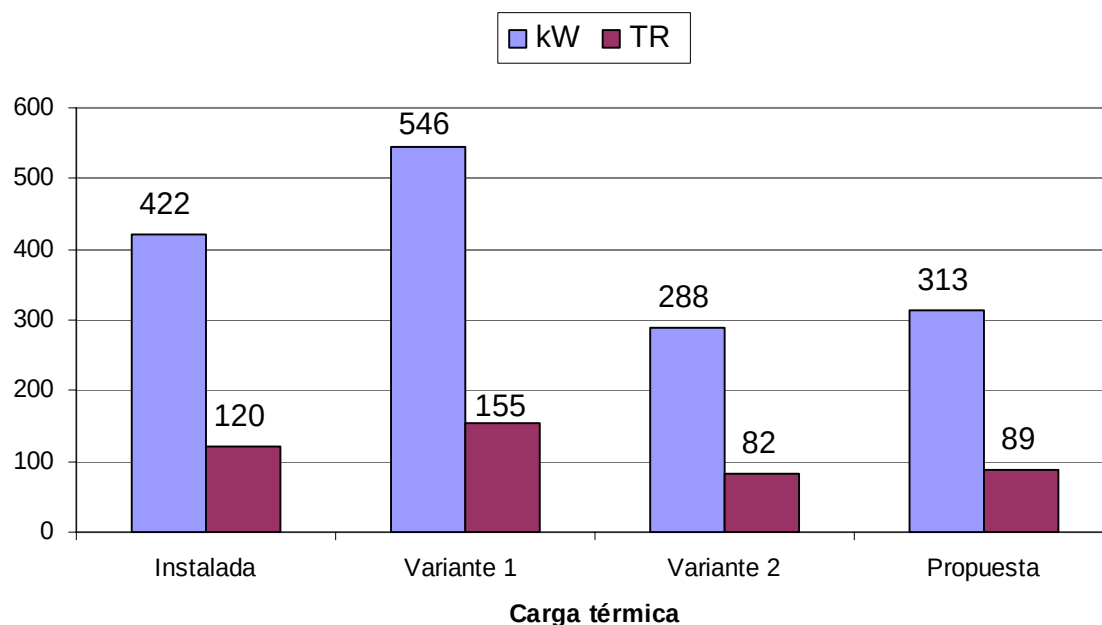


Figura 3.8. Comparación entre las cargas térmicas

3.5- Ciclo básico de aire acondicionado

Una vez estimada la carga térmica del local, según lo establecido, se procedió a la evaluación del ciclo de evolución del aire a tratar en los equipos de acondicionamiento de aire, permitiendo determinar los parámetros de trabajo de la instalación, que se muestran en la tabla 3.9, permitiendo así la selección de los equipos componentes de la misma.

Tabla 3.9. Parámetros de trabajo de la instalación en las habitaciones.

Factor de Calor Sensible	U/M	Parámetros	
		Mínimo	Máximo
Local (FCSL)		0.80	0.93
Total (FCST)		0.45	0.67
Efectivo (FCSE)		0.66	0.85

Tabla 3.9. Continuación.

Factor de Calor Sensible	U/M	Parámetros	
		Mínimo	Máximo
Temperatura APR	°C	11.50	13
Volumen de suministro al local	m ³ /s	0.05	0.14
Volumen de retorno	m ³ /s	0.02	0.11
Temperatura de la mezcla	°C	25.43	28.13
Temperatura de suministro al local	°C	14.33	15.79

3.6- Valoración económica

Los resultados de los cálculos de la carga térmica arrojan según la variante que 2 los equipos acondicionadores de aire instalados están por encima de la capacidad necesaria. Según se muestra en la tabla 3.10, solo dos habitaciones alcanzan valores próximos al propuesto, garantizando de esta manera que la variante propuesta no esté por debajo de la carga necesaria y que garantice las condiciones de confort en las habitaciones. Se debe destacar que solo se ofertan equipos de 1,76, 2,64 y 3,52 kW y mayores. Por lo que solo se justificará la utilización de equipos con capacidad de 1,76 kW en tres habitaciones. Siendo para el 97,5 % de las habitaciones su carga térmica superior a ésta.

Tabla 3.10. Comparación de la carga térmica por habitaciones

Cantidad de habitaciones	Carga térmica (kW)		Cantidad de habitaciones	Carga térmica (kW)	
	Calculada	Propuesta		Calculada	Propuesta
2	1,59	2,64	4	2,44	2,64
1	1,74	2,64	24	2,47	2,64
1	1,79	2,64	24	2,50	2,64
2	1,99	2,64	4	2,54	2,64
1	2,14	2,64	2	2,55	2,64
1	2,19	2,64	2	2,58	2,64
50	2,37	2,64	2	2,63	2,64

Se debe destacar que aunque todos los aires acondicionados de pared, instalados en las habitaciones estudiadas son de 3,52 kW, su consumo de energía eléctrica es diferente por ser de diferentes fabricaciones (LG, Vince, Genayre). Los consumos de los mismos se observan en el anexo 3. Los equipos propuestos son de la Firma LG y poseen un consumo de energía entre 0,55 y 0,81 kW , por lo que el ahorro por consumo de energía eléctrica equivale a 56,43 kWh , siendo para un día de trabajo igual a 1354,2 kWh , reportándose para un mes un ahorro de 40,627 MWh y en un año de explotación 487,521 MWh . Partiendo de que el precio de la energía eléctrica promedio para una instalación eléctrica de este tipo es 0.13 CUC/kWh se ahorrarán en un año 63378,00 CUC por concepto de climatización, que restándole el costo de los equipos que asciende a 18420,00 CUC se tiene una ganancia de 44958,00 CUC .

3.6.1- Selección de los equipos

Según lo planteado en el epígrafe 3.4, que la carga de refrigeración instalada es mayor que la carga térmica estimada en los cálculos, se considera que se deben sustituir los equipos de climatización instalados por los que reúnen las características requeridas, ver Anexo 2, con lo que se contribuye a la disminución del consumo de energía eléctrica en la instalación.

En la tabla 3.11 se hace una propuesta de los equipos a instalar en las habitaciones según la carga térmica instalada y los consumos de energía eléctrica.

Tabla 3.11. Acondicionadores de aire propuestos.

Acondicionador de aire	Capacidad		Modelo	CUC	kWh
	(kW)	(TR)			
Ventana	2,64	0.75	LG (Gold)	212,13	0,81
Ventana	1,76	0.50	LG (Gold)	153,50	0,55

3.7- Estudio de la contaminación ambiental

Se considera que la climatización interfiere negativamente sobre el medio ambiente en dos sentidos:

- Como consumidora de electricidad o de combustible el CO₂ generado, que contribuye al aumento del efecto invernadero.
- Los refrigerantes artificiales, necesarios en el ciclo frigorífico base del sistema, contribuyen a la reducción de la capa de ozono, en presencia de vapor de agua y son gases con efecto invernadero de por sí.

En estos momentos la presión mayor sobre la climatización se debe a los refrigerantes artificiales porque tienen una triple acción sobre la naturaleza, dos directas y una indirecta.

- Ataque a la capa de ozono por los CFCs, y en menor medida por los HCFCs y nada por los HFCs.
- Contribución directa al aumento del efecto invernadero por los CFCs, HCFCs y HFC.
- Contribución indirecta, por el consumo eléctrico y su producción de CO₂, lo que da importancia al rendimiento que se consigue con los diversos refrigerantes. Hoy día se están considerando como sustitutos de los CFCs y HCFCs tres tipos de refrigerantes artificiales, que se diferencian por el número o ausencia de moléculas de cloro e hidrógeno que tiene su composición:
 - CFCs 2-3 moléculas de cloro y sin hidrógeno.
 - HCFCs 1-2 moléculas de cloro y una o más de hidrógeno.
 - HFCs sin cloro y una o más de hidrógeno.

La acción sobre el ozono se debe a las moléculas de cloro. Cuando existe vapor de agua, la acción es catalítica, por lo cual sobre la Antártida donde es mayor la presencia de vapor de agua en la estratosfera, es donde se dan las menores concentraciones de ozono estratosférico.

En el caso de estudio, uno de los elementos que tiene mayor relación con el medioambiente, en específico con la destrucción de la Capa de Ozono son los refrigerantes (Freones), pero los equipos propuestos en el desarrollo de este trabajo usan refrigerantes ecológicos que no la dañan.

Por otra parte, el elemento más perjudicial está relacionado con el calentamiento de la Tierra producto de la combustión de los combustibles fósiles (carbón, petróleo, etc.) para la generación de energía eléctrica, y es por ello que con la propuesta de sustituir los equipos instalados por otros menores consumidores se garantiza la disminución de las emisiones de gases contaminantes de la atmósfera como el CO y el CO₂.

3.8- Conclusiones del capítulo 3

- Queda demostrado que los equipos instalados poseen una capacidad de enfriamiento mayor a la carga térmica real requerida en las habitaciones según los cálculos.
- Se observa que la mayor ganancia de calor se debe a la ganancia por radiación solar a través de cristales, seguido de la ganancia por ventilación y la ganancia por estructura.

CONCLUSIONES GENERALES

- A través del diagnóstico energético se demuestra que la electricidad ocupa el primer lugar en orden de importancia representando el 88,4 % del consumo.
- Se demuestra que el mayor consumo de energía eléctrica es por climatización representando el 41 % del total.
- Se establece, según la orientación de la instalación, que la mayor radiación solar ocurre en horas de la mañana (07:00 horas) para la pared NE en el mes de Junio.
- Se considera que se deben sustituir los equipos de climatización instalados por los que reúnen las características requeridas lo que se contribuye a la disminución del consumo de energía eléctrica en la instalación.
- El ahorro por consumo de energía eléctrica equivale a 56,43 kWh , siendo para un año de explotación 487,521 MWh .
- Partiendo de que el precio de la energía eléctrica promedio para una instalación eléctrica de este tipo es 0.13 CUC/kWh se ahorrarán en un año 63378,00 CUC por concepto de climatización.
- Restándole el costo de los equipos que asciende a 18420,00 CUC, se tendrá una ganancia de 44958,00 CUC .

RECOMENDACIONES

- ✓ Ajustar los termostatos en las habitaciones a 24°C .
- ✓ Reducir las entradas de aire exterior mediante adecuada hermeticidad de las puertas y cortinas.
- ✓ Apagar las luces en las habitaciones cerradas, y usar la iluminación natural y equipos eficientes.
- ✓ Limpiar los filtros de aire regularmente una vez por semana.
- ✓ Apagar los equipos de climatización en habitaciones vacías.
- ✓ Estudiar las cargas de enfriamiento en diferentes locales climatizados para establecer estrategia ocupacional.
- ✓ Limpiar periódicamente los equipos de climatización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELLA. E. *Estimación de la carga térmica de climatización de las instalaciones de Villa Coral y Villa Vigía*. Trabajo de Diploma. ISMM, 2005.
- ARMAS VALDES. Juan C. Procedimiento para la optimización de sistemas de climatización centralizados por agua helada desde la etapa de diseño conceptual. Ph.D thesis. 2008. CEEMA. UCF. Cuba.
- ARMAS VALDES. Juan C. Procedimiento para la optimización del diseño conceptual de sistemas de climatización centralizada por agua helada. Revista Energética No. 39, pp. 5-18, Julio de 2008 – ISSN 0120-9833
- BETANZOS, MIGUEL. Proyecto de ahorro de energía Hotel Fiesta América Mérida. ATPAE. Pág 133-140
- BORROTO NORDELO, ANÍBAL. El Verdadero Costo de la Energía. Revista Mundo Eléctrico Colombiano. 1999
- BORROTO NORDELO, ANÍBAL y Percy Viego Felipe. Gestión Energética Empresarial. Diplomado en Gestión Eficiente de la Energía. Universidad Autónoma de Baja California, Tecate, B.C., México, 2001.
- BORROTO NORDELO, ANÍBAL. Gestión Energética Empresarial. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. Universidad de Cienfuegos, Cuba. ISBN 959-257-040-X. Editorial Universidad de Cienfuegos. 2002
- BORROTO, A. y colectivo de autores. Gestión y Economía Energética, Editorial Universidad de Cienfuegos, 2006.98 p
- CAMPOS AVELLA, JUAN. C. Tecnología de administración Energética empresarial. CEEMA. Pág. 10
- CAMPOS ABELLA, JUAN CARLOS; et.al., La Eficiencia Energética en la Gestión Empresarial. Editorial Universidad de Cienfuegos, Cuba, ISBN 959-257-018-3, 1997.
- CAMPOS ABELLA, JUAN CARLOS. Herramientas para Establecer un Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía. Diplomado en Gestión Energética, Universidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia, 2000.
- CAMPOS AVELLA, J.; R. Dorta. La eficiencia energética en la gestión empresarial. Colombia: Editorial Contactos Mundiales. CEEMA, 2001.91p.
- Catálogos: Productos técnicos, Distribuidora Cimex. S. A. 45p.

- DE ANDRÉS Y RODRÍGUEZ – Pamotto Juan A: Climatización II.2da edición, Madrid, España, 1992. 546p.
- DURÁN, Y. Cálculo verificativo de la carga térmica de Climatización del Centro Comercial Moa. Trabajo de Diploma. ISMM, 2004.
- FRANCISCO J. VAREDas y Francisco J. Vico “Computación Evolutiva Basada en un Modelo de codificación implícita”, Inteligencia Artificial, No. 5, Pág 20-25.
- FEODOROV, RODRIGUEZ Lòpez, Eduardo. Suministro eléctrico de empresas industriales. La Habana Pueblo y Educación, 1982.
- FERNÁNDEZ PÉREZ, Ramón David. Consumo de energía en el 2006. UCF. Informe al Consejo de Dirección del VRAS. Universidad de Cienfuegos. 02/ 20073.
- GARCÍA, P. Estudio de la Climatización en el Hospital Pediátrico de Moa. Trabajo de Diploma. ISMM, 1998.
- GONZÁLEZ GARCÍA, JUAN MANUEL. Sistema de gestión integradade servicio energético. Gestión de Hoteles. Sep.-octubre-1999 Pág 7-14.
- GONZÁLEZ JORDAN, R.; Ahorro de energía en Cuba. La Habana: Editorial científico – técnica, 1986.
- HERNÁNDEZ, D. Proyecto técnico de la climatización de la Dirección de trabajo Trabajo Social y Educacional en Moa. Trabajo de Diploma. ISMM.2005.
- KUNUSCH, C. Identificación de Sistemas Dinámicos. Universidad Nacional de la Plata. Cátedra de control y servomecanismos, 2003. 39p.
- LAMOTH, Y. Cálculo térmico verificativo de la instalación de climatización del edificio de la empresa de Ingeniería y Proyectos de la unión del Níquel. Trabajo de Diploma. ISMM, 2005.
- Manual de Aire Acondicionado: Estimación de carga térmica. Carrier Air Conditioning Company, 2da reimpresión, MARCOMBO, S.A. de Boisareu, Barcelona, España, 1972. P-244.
- MONTERO, R., Góngora, E. Algunos aspectos de la tecnología de la Gestión Total Eficiente de la Energía aplicados en hoteles de la provincia Holguín. 5to Taller Internacional de Energía y Medio Ambiente, Abril de 2008. ISBN: 978-959-257-186-0

- MURILLOS, JOAQUÍN; Tréjos, Álvaro; Carvajal, Patricia. Estudio del pronóstico de la demanda de energía eléctrica utilizando modelos de series de tiempo. Tomado de: www.utp.edu.co/php/revistas/ScientiaEtTechnica/docsFTP/14423837-42.pdf-2003.
- NC 45-7:1999. Bases para el diseño y construcción de inversiones turísticas: Parte 7: Requisitos de electro energético.
- NC 45-8: 1999. Bases para el diseño y construcción de inversiones turísticas: Parte 12: Instrumentación y Automatización, Corrientes Débiles.
- OLAYA, J. (2002), Suavización y regresión no paramétrica. Santiago de Cali, Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías, Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística. *<http://pino.univalle.edu.co/jolaya/Seminario/Suynopar2.pdf>
- PINTO, JOSÉ. Como será el mundo en el 2050. Soberanía.org [En línea].Tomado de: <http://www.Soberanía.org/1Profesores/Loeneisen/Ecuador-20050/mundo2050.15/09/05>
- POIRIER, D. L. (1973), 'Piecewise Regression using Cubic Splines', Journal of the American Statistical Association 68(343), 514–524.
- POIRIER, D. L., Hendricks, W. & Koenker, R. (1979), 'Residential Demand for Electricity: An Econometric Approach', Journal of Econometrics 9, 33–57. R Development Core
- POLAINO DE LOS SANTOS. LAZARA: Instalaciones de climatización, Roberto Fuente. Ciudad de la Habana, ISPJAE, 1987.
- POTER, K. "Hhandling Huge Arrays" Dr. Dobb's Journal of software Tools for the Profesional Programmer, Vol. 13, No.3, 1988, Pág. 60-83.
- REDONDO QUINTERO, F; García Arevalo, J. M; N. REDONDO MELCHOR.; Desequilibrio y pérdidas en instalaciones eléctricas. [En línea] [2003-01-09].
- RIBEIRO FILHO, J.L, Treleaven, ph.c and Alippi. "Genetic-Algorithm Programming environments" IEEE Computer, june 1994, pag. 28-43
- ROJAS, D. Estudio de la Climatización del Hotel Miraflores, 2001. Departamento de Mecánica.
- RUIZ, A. Cálculo térmico verificativo de la instalación de Climatización del Hospital Guillermo Luis Hernández Fernández Vaquero. Trabajo de Diploma, 2004.
- SORIANO HIJUELOS, A. Cálculo de la carga térmica del local de los servidores de la Empresa Comandante Pedro Sotto Alba. Introducción a los conductos PERSYSTEM. 2002. Departamento de Mecánica.

- Team (2006), R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. ISBN 3-900051-070. <http://www.r-project.org>
- TORRES, E. Estudio de la climatización del centro de proyectos de la Unión del Níquel, 1999. Departamento de Mecánica.
- VALENCIA, A. L. (2005), Diagnóstico del modelo de pronóstico de demanda de potencia y energía eléctrica de EPSA, Tesis de pregrado, Ingeniería Eléctrica, Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías. Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
- VALDESPINO, L. Estudio de la climatización de los locales del Sistema de la Vivienda en Moa. Trabajo de Diploma. ISMM, 2004.
- CUBA, M. Estudio de la Climatización del Hotel Miraflores. Trabajo de Diploma, ISMM, 2004.
- VÁZQUEZ. L; Brossard. F. Fundamento de la Ventilación Industrial: Lic. Aurora Beatón Regalado, Editorial EMPES. La Habana, 1986. 168p.
- VILLA REAL, DANIEL. Modelos para la predicción de la demanda de energía eléctrica. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Andalucía [En Línea] Tomado de: <http://www.fondosdigitales.us.es/publicthesis/388/9081.pdf>.2005
- VILCHEZ, J. Ahorro energético en instalaciones de climatización
- VILCHEZ JOSÉ. El Instaladol, Artículo Técnico. Febrero del 2003. Pag. 28 - 54

Anexos

ANEXO 1

Resultados del cálculo de la carga térmica de climatización

Variante 1: Sin cortinas; con infiltraciones; y considerando las habitaciones contiguas sin climatizar

Variante 2: Con cortinas; sin infiltraciones; y considerando las habitaciones contiguas climatizadas

H	Variante 1 (kW)				Variante 2 (kW)				Variante 2 (TR)				Propuesta (TR)				Propuesta (kW)			
	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
13	2,95	2,95	2,93	2,93	2,14	1,99	1,99	2,19	0,61	0,56	0,56	0,62	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
12	4,52	4,52	4,72	4,72	2,63	2,55	2,37	2,54	0,75	0,73	0,67	0,72	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
11	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
10	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
9	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
8	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
7	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
6	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
5	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
4	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
3	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
2	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
1	4,69	4,69	4,69	4,69	2,54	2,44	2,44	2,58	0,72	0,69	0,69	0,73	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
14	4,69	4,69	4,69	4,69	2,54	2,44	2,44	2,58	0,72	0,69	0,69	0,73	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
15	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
16	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
17	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
18	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
19	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
20	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
21	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
22	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
23	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
24	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
25	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
26	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
27	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
28	4,69	4,69	4,69	4,69	2,47	2,37	2,37	2,50	0,70	0,67	0,67	0,71	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
29	4,52	4,52	4,72	4,72	2,63	2,55	2,37	2,54	0,75	0,72	0,67	0,72	0,75	0,75	0,75	0,75	2,64	2,64	2,64	2,64
30	2,27	2,27	2,27	2,27	1,74	1,59	1,59	1,79	0,49	0,45	0,45	0,51	0,50	0,50	0,50	0,50	1,76	1,76	1,76	1,76

ANEXO 2

Diferencias entre la carga térmica de climatización, la instalada menos la calculada.

Variante 1: Sin cortinas; con infiltraciones; y considerando las habitaciones contiguas sin climatizar

Variante 2: Con cortinas; sin infiltraciones; y considerando las habitaciones contiguas climatizadas

H	Instalada (kW)				Instalada-Calculo Variante 1 (kW)				Instalada-Calculo Variante 2 (kW)				Instalada-Calculo Variante 2 (TR)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
13	3,52	3,52	3,52	3,52	0,56	0,56	0,59	0,5876	1,377	1,53	1,53	1,3315	0,391	0,435	0,435	0,378
12	3,52	3,52	3,52	3,52	-1	-1	-1,2	-1,203	0,889	0,963	1,147	0,9769	0,252	0,273	0,326	0,278
11	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
10	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
9	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
8	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
7	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
6	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
5	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
4	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
3	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
2	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
1	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	0,977	1,077	1,077	0,9369	0,278	0,306	0,306	0,266
14	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,172	0,973	1,08	1,08	0,941	0,276	0,307	0,307	0,267
15	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
16	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
17	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
18	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
19	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
20	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,172	1,045	1,152	1,152	1,0131	0,297	0,327	0,327	0,288
21	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
22	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
23	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
24	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
25	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
26	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
27	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
28	3,52	3,52	3,52	3,52	-1,17	-1,17	-1,17	-1,173	1,047	1,147	1,147	1,0169	0,297	0,326	0,326	0,289
29	3,52	3,52	3,52	3,52	-1	-1	-1,2	-1,202	0,887	0,967	1,143	0,978	0,252	0,275	0,325	0,278
30	3,52	3,52	3,52	3,52	1,25	1,25	1,25	1,25	1,775	1,928	1,928	1,7294	0,504	0,548	0,548	0,491

ANEXO 3**Diferencias entre la potencia eléctrica instalada y la propuesta según la variante 2.****Variante 2: Con cortinas; sin infiltraciones; y considerando las habitaciones contiguas climatizadas**

H	Potencia instalada (kW)				Potencia propuesta (kW)				Potencia ahorrada (kW)			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
13	1,33	1,33	1,22	1,21	0,83	0,83	0,83	0,83	0,50	0,50	0,39	0,38
12	1,33	1,21	1,22	1,33	0,83	0,83	0,83	0,83	0,50	0,38	0,39	0,50
11	1,33	1,33	1,22	1,21	0,83	0,83	0,83	0,83	0,50	0,50	0,39	0,38
10	1,33	1,33	1,22	1,21	0,83	0,83	0,83	0,83	0,50	0,50	0,39	0,38
9	1,33	1,33	1,33	1,21	0,83	0,83	0,83	0,83	0,50	0,50	0,50	0,38
8	1,33	1,33	1,33	1,21	0,83	0,83	0,83	0,83	0,50	0,50	0,50	0,38
7	1,33	1,33	1,33	1,33	0,83	0,83	0,83	0,83	0,50	0,50	0,50	0,50
6	1,33	1,33	1,33	1,33	0,83	0,83	0,83	0,83	0,50	0,50	0,50	0,50
5	1,33	1,33	1,33	1,33	0,83	0,83	0,83	0,83	0,50	0,50	0,50	0,50
4	1,33	1,33	1,33	1,33	0,83	0,83	0,83	0,83	0,50	0,50	0,50	0,50
3	1,33	1,33	1,33	1,33	0,83	0,83	0,83	0,83	0,50	0,50	0,50	0,50
2	1,33	1,21	1,33	1,33	0,83	0,83	0,83	0,83	0,50	0,38	0,50	0,50
1	1,33	1,33	1,33	1,33	0,83	0,83	0,83	0,83	0,50	0,50	0,50	0,50
14	1,21	1,21	1,21	1,33	0,83	0,83	0,83	0,83	0,38	0,38	0,38	0,50
15	1,50	1,21	1,21	1,33	0,83	0,83	0,83	0,83	0,67	0,38	0,38	0,50
16	1,50	1,33	1,21	1,33	0,83	0,83	0,83	0,83	0,67	0,50	0,38	0,50
17	1,22	1,21	1,33	1,33	0,83	0,83	0,83	0,83	0,39	0,38	0,50	0,50
18	1,50	1,21	1,33	1,33	0,83	0,83	0,83	0,83	0,67	0,38	0,50	0,50
19	1,33	1,21	1,22	1,33	0,83	0,83	0,83	0,83	0,50	0,38	0,39	0,50
20	1,22	1,22	1,21	1,33	0,83	0,83	0,83	0,83	0,39	0,39	0,38	0,50
21	1,22	1,21	1,21	1,33	0,83	0,83	0,83	0,83	0,39	0,38	0,38	0,50
22	1,22	1,21	1,21	1,33	0,83	0,83	0,83	0,83	0,39	0,38	0,38	0,50
23	1,22	1,21	1,21	1,22	0,83	0,83	0,83	0,83	0,39	0,38	0,38	0,39
24	1,33	1,21	1,21	1,22	0,83	0,83	0,83	0,83	0,50	0,38	0,38	0,39
25	1,22	1,21	1,21	1,33	0,83	0,83	0,83	0,83	0,39	0,38	0,38	0,50
26	1,33	1,33	1,21	1,33	0,83	0,83	0,83	0,83	0,50	0,50	0,38	0,50
27	1,33	1,21	1,21	1,22	0,83	0,83	0,83	0,83	0,50	0,38	0,38	0,39
28	1,33	1,21	1,21	1,22	0,83	0,83	0,83	0,83	0,50	0,38	0,38	0,39
29	1,22	1,22	1,21	1,22	0,83	0,83	0,83	0,83	0,39	0,39	0,38	0,39
30	1,22	1,21	1,22	1,22	0,55	0,55	0,55	0,55	0,67	0,66	0,67	0,67
Subtotal	39,41	37,88	37,68	38,66	24,62	24,62	24,62	24,62	14,79	13,26	13,06	14,04
Total	153,63				98,48				55,15			