

*REPÚBLICA DE CUBA.
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR.
UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS.*

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA.



Trabajo de Diploma.

TÍTULO:

Dimensionado del sistema de climatización en la BTG de la CTE “Carlos Manuel de Céspedes” en Cienfuegos, atendiendo a las condiciones de trabajo.

AUTOR:

Adrián Morejón Vizcaíno.

TUTORES:

Dr.C. Sergio Montelíer Hernández.
Ing. Jesús Francisco Fernández Jorge.

*“AÑO 53 DE LA REVOLUCIÓN.”
CIENFUEGOS 2011*

UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS.

Declaración de Autoría.

Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” como parte de la culminación de estudios de la carrera de Ingeniería en Mecánica, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

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

Firma del Responsable de
Información Científico-
Técnica

Vise Decano.
Nombre y Apellidos. Firma

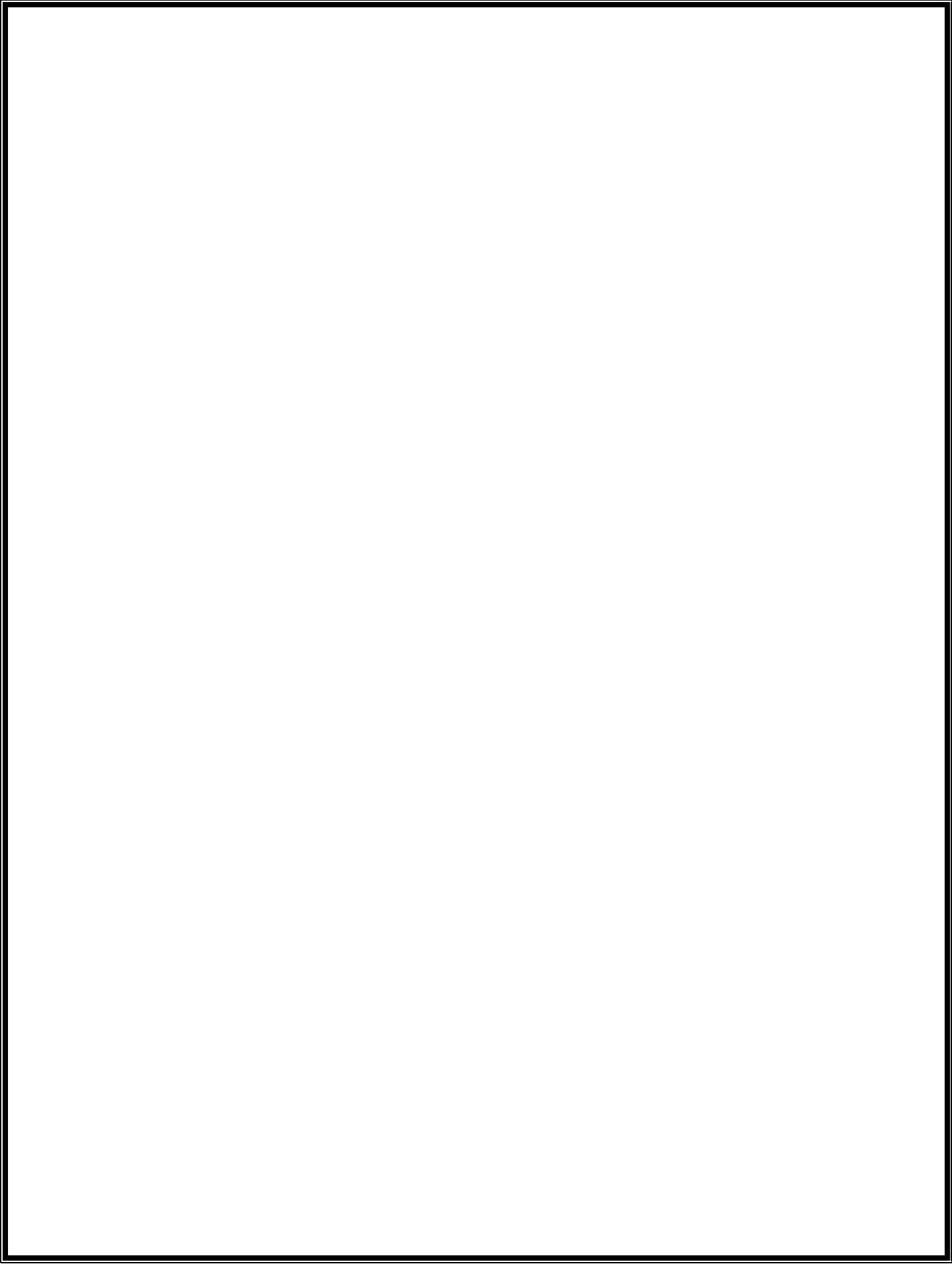
Firma del Tutor.

Sistema de Documentación
y Proyecto.
Nombre y Apellidos. Firma

Pensamiento.

*¡Sólo perdura y es para bien, la riqueza que se crea, y la libertad que se
conquista, con las propias manos!*

José Martí.

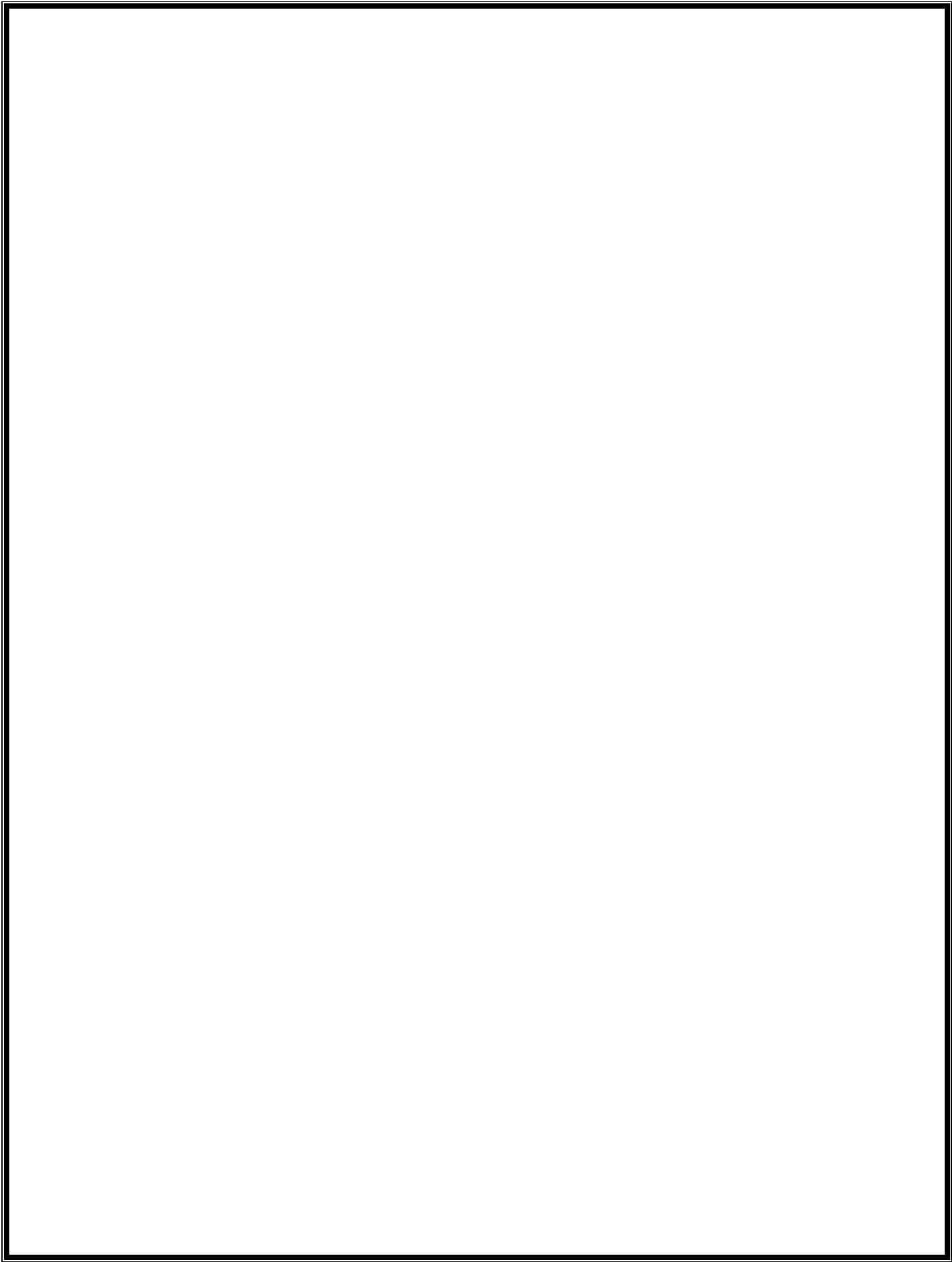


Dedicatoria.

A mis padres.

A mi hermana.

A mi novia.



Agradecimientos.

*A todos los que en alguna medida han contribuido a mi formación y
aquellos que hicieron posible la realización de este trabajo de diploma
en especial:*

A mis tutores, por su apoyo total y dedicación.

A mi familia, por la confianza absoluta que depositaron en mí.

A mi novia, por las horas del día que me ha dedicado.

A mis suegros, por su entrega total.

Al colectivo de trabajadores de la Termoeléctrica.

*A todos los profesores que de una forma u otra contribuyeron a la
realización de este trabajo.*

Resumen.

Resumen.

El presente trabajo aborda el estudio de climatización realizado al local de operadores BTG de la CTE "Carlos Manuel de Céspedes" en Cienfuegos, con el objetivo de conocer y analizar las cargas térmicas de dicha área, así como determinar la capacidad de enfriamiento real que necesita para el dimensionado del equipamiento a instalar, que satisfaga las demandas de confort. Para los cálculos de las cargas térmicas se utilizó el software Saunier Duval como herramienta de simulación térmica que permitió determinar la demanda de climatización bajo diferentes condiciones de temperatura exterior que se presentan en dicha área provocada por la presencia de calderas de vapor y e intercambiadores de calor de la CTE.

Se demuestra que las cuatro unidades climatizadoras de 15 ton de refrigeración cada una, poseen la capacidad suficiente para satisfacer las demandas de confort en la sala de BTG de la CTE "Carlos Manuel de Céspedes" si se cumplen una serie de requisitos que están atentando contra la eficiencia energética de estas unidades. Finalmente se brindan las sugerencias necesarias para mejorar la eficiencia del sistema de climatización instalado y satisfacer las demandas de frío de dicho local.

Índice.

Índice.

Introducción.	1
Capítulo I. Estado del arte.	5
1.1 Desarrollo histórico de la refrigeración ^[1] .	5
1.2 Climatización y condiciones de confort.	7
1.3 Clasificación de los sistemas de climatización.	10
1.3.1 Sistemas todo refrigerante.	13
1.3.2 Sistemas refrigerante-aire	14
1.3.3 Sistemas todo - agua	15
1.3.4 Sistemas agua – aire.	16
1.3.5 Sistemas todo aire	17
1.4 Sistemas de climatización más utilizados.	19
1.4.1 Máquinas Múltiples.	19
1.4.2 Sistema de Climatización con Válvulas de Tres Vías:	20
1.4.3 Sistemas Asimétricos	21
1.4.4 Sistema de Ventana.	21
1.4.5 Sistemas Centralizados	22
1.5 Climatización en salas de control industrial.	22
1.5.1 Corrosión en las salas eléctricas.	23
1.6 Problemática actual de la climatización.	24
1.7 Tecnologías y medios para disminuir el consumo energético.	26
1.7.1 Disminución de las necesidades de energía.	28
1.8 Conclusiones parciales.	30
Capítulo 2. Cálculo de las Cargas Térmicas.	32
2.1 Carga Térmica.	32
2.2 Sistemas de climatización en edificaciones.	32
2.3 Fundamento del cálculo de cargas térmicas.	34
2.3.1 Cálculo de cargas externas.	34
2.3.2 Cálculo de cargas internas.	35

2.3.3	Para el cálculo de cargas por infiltración y ventilación: _____	36
2.4	Análisis de cargas térmicas para la climatización ^[10]. _____	36
2.4.1	Cálculo de cargas externas. _____	36
2.4.2	Cálculo de cargas internas. _____	40
2.4.3	Otras cargas. _____	42
2.4.4	Ganancias de calor por infiltración de aire. _____	43
2.4.5	Ganancias de calor por bombas y ventiladores. _____	43
2.5	Metodología de cálculo emplea. _____	43
2.5.1	Saunier Duval. _____	43
2.6	Conclusiones parciales. _____	46
Capítulo 3. Dimensionado del sistema de climatización de la sala de BTG de la CTE "Carlos Manuel de Céspedes". _____		48
3.1	Introducción al capítulo. _____	48
3.2	Caracterización del local BTG y su sistema de climatización. _____	48
3.2.1	Parámetros climatológicos del local BTG. _____	49
3.2.2	Parámetros Constructivos del local BTG. _____	49
3.2.4	Parámetros auxiliares por locales de la BTG. _____	52
3.3	Calculo de las cagas térmicas de la BTG. _____	55
3.4	Análisis de resultados. _____	56
3.4.1	Condiciones de trabajo de las unidades climatizadoras. _____	57
Conclusiones _____		61
Recomendaciones _____		63
Referencias Bibliográficas _____		65
Bibliografía _____		67
Anexos. _____		69

Introducción.

Introducción.

La central termoeléctrica se localiza al oeste de Cienfuegos, en la bahía de la provincia, esta consta de cuatro unidades térmicas, dos checas de la firma Skoda de 30 mW inauguradas la 1ra, el 7 de Septiembre de de 1968 y la 2da, el 6 de Noviembre de 1971, actualmente estas dos unidades se encuentran fuera de servicios, y dos japonesas de 158mW, de la firma Hitachi inauguradas la 1ra, el 30 de Noviembre de 1978 y la 2da, el 21 de Junio de 1979.

Dentro de la CTE se encuentra el local de operadores BTG, donde radica todo el equipamiento de la planta. Este local cuenta con un sistema de climatización centralizado por conductos con cuatro consolas de 15 ton de refrigeración cada una, que suministra el aire necesario para mantener las condiciones de temperatura, humedad y pureza en el interior del recinto, así como de filtrar el aire con independencia de las condiciones climáticas cualesquiera que sean las que existan en el ambiente exterior.

La climatización consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los espacios habitados. Además consiste de dos vertientes, la calefacción y la refrigeración. En Cuba por su posición global y clima, la aplicación de climatización por refrigeración es lo más utilizado.

En la actualidad, algunos operadores de la BTG y trabajadores del taller de refrigeración de la CTE mostraron su preocupación acerca de las temperaturas dentro del local, temperaturas fuera del rango de confort, que atentan contra el bienestar y equipamiento instalado en este local, cuyo objeto social consiste en controlar los parámetros de la planta; por lo que fue necesario encaminar una investigación, como la que a continuación mostramos, destinada a reconocer y analizar las cargas térmicas del local, así como determinar la capacidad de enfriamiento real que necesita el mismo para el dimensionado del equipamiento a instalar que satisfaga las demandas de cargas de esa instalación.

Justificación del estudio

La escasez de recursos energéticos utilizados para la generación de energía eléctrica utilizada como fuerza motriz para los sistemas de refrigeración y climatización, conjuntamente con los elevados costos de explotación del equipamiento han conducido a la búsqueda de soluciones que reduzcan los mismos significativamente, tanto en la etapa de diseño como en la etapa de explotación.

En este estudio se desarrolla una metodología de análisis de un sistema real con el objetivo de dimensionar el equipamiento de climatización instalado en la sala de BTG de la Central Termoeléctrica “Carlos Manuel de Céspedes” de Cienfuegos donde en la actualidad no se satisfacen las condiciones de confort para este tipo de aplicación.

Problema de Investigación

En la sala de BTG de la CTE “Carlos Manuel de Céspedes” de Cienfuegos no se logran las condiciones de climatización establecidas para este tipo de aplicación lo que trae consigo un gasto energético injustificado, y la operación del equipamiento fuera de los parámetros establecidos por el fabricante.

Hipótesis de la Investigación

El estudio de cargas térmicas de la sala de BTG de la CTE “Carlos Manuel de Céspedes” de Cienfuegos, en condiciones reales de explotación, permitirá determinar la capacidad de climatización necesaria para satisfacer las demandas de confort de dicha sala.

Objetivo General

Estimar la carga térmica de climatización de la Sala de BTG de la CTE “Carlos Manuel de Céspedes” de Cienfuegos y realizar el correcto dimensionado del equipamiento a instalar que satisfaga las demandas de cargas de esa instalación.

Objetivos específicos

1. Realizar la búsqueda bibliográfica sobre el tema.
2. Caracterizar el edificio de BTG de la CTE “Carlos Manuel de Céspedes” de Cienfuegos.
3. Caracterizar el estado actual del sistema de climatización de la sala de BTG de la CTE “Carlos Manuel de Céspedes” de Cienfuegos.
4. Realizar la simulación térmica de la sala de BTG de la CTE “Carlos Manuel de Céspedes” de Cienfuegos.
5. Dimensionar el equipamiento adecuado para las demandas de cargas térmicas de esa instalación.
6. Establecer mejoras operativas y de instalación del equipamiento que conduzcan a la explotación eficiente del sistema de climatización.

Capítulo I.

CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE.

1.1 Desarrollo histórico de la refrigeración ^[1].

En la antigüedad, los egipcios ya utilizaban sistemas y métodos para reducir el calor. Se utilizaba principalmente en el palacio del faraón, cuyas paredes estaban formadas por enormes bloques de piedra, con un peso superior a mil toneladas. Durante la noche, tres mil esclavos dismantelaban las paredes y acarreaban las piedras al Desierto del Sahara. Como el clima desértico es extremoso y la temperatura disminuye a niveles muy bajos durante las horas nocturnas, las piedras se enfriaban notablemente, justo antes de que amaneciera, los esclavos acarreaban de regreso las piedras al palacio y volvían a colocarlas en su sitio. Se supone que el faraón disfrutaba de temperaturas alrededor de los 26° Celsius, mientras que afuera el calor subía hasta casi el doble.

Si entonces se necesitaban miles de esclavos para poder realizar la labor de acondicionamiento del aire, actualmente esto se efectúa fácilmente.

En 1842, Lord Kelvin inventó el principio del aire acondicionado. Con el objetivo de conseguir un ambiente agradable y sano, el científico creó un circuito frigorífico hermético basado en la absorción del calor a través de un gas refrigerante. Para ello, se basó en 3 principios:

- El calor se transmite de la temperatura más alta a la más baja, como cuando enfriamos un café introduciendo una cuchara de metal a la taza y ésta absorbe el calor.
- El cambio de estado del líquido a gas absorbe calor. Por ejemplo, si humedecemos la mano en alcohol, sentimos frío en el momento en que éste se evapora, puesto que absorbe el calor de nuestra mano.
- La presión y la temperatura están directamente relacionadas. En un recipiente cerrado, como una olla, necesitamos proporcionar menor cantidad de calor para llegar a la misma temperatura que en uno abierto.

Un aparato de aire acondicionado sirve, tal y como indica su nombre, para el acondicionamiento del aire. Éste es el proceso más completo de tratamiento del

ambiente en un local cerrado y consiste en regular la temperatura, ya sea calefacción o refrigeración, el grado de humedad, la renovación o circulación del aire y su limpieza, es decir, su filtrado o purificación.

En 1902, el estadounidense Willis Haviland Carrier sentó las bases de la refrigeración moderna y, al encontrarse con los problemas de la excesiva humidificación del aire enfriado, las del aire acondicionado, desarrollando el concepto de climatización de verano.

Por esa época, un impresor de Brooklyn, Nueva York, tenía serias dificultades durante el proceso de impresión, debido a que los cambios de temperatura y humedad en su taller alteraban ligeramente las dimensiones del papel, impidiendo alinear correctamente las tintas. El frustrado impresor no lograba imprimir una imagen decente a color.

Carrier, recién graduado de la Universidad de Cornell con una Maestría en Ingeniería, acababa de ser empleado por la Compañía Buffalo Forge, con un salario de 10 dólares semanales. El joven se puso a investigar con tenacidad cómo resolver el problema y diseñó una máquina que controlaba la temperatura y la humedad por medio de tubos enfriados, dando lugar a la primera unidad de aire acondicionado de la Historia.

El invento hizo feliz al impresor de Brooklyn, que por fin pudo tener un ambiente estable que le permitió imprimir a cuatro tintas sin ninguna complicación. El “Aparato para Tratar el Aire” fue patentado en 1906.

En 1911, Carrier reveló su Fórmula Racional Psicométrica Básica a la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. La fórmula sigue siendo hoy en día la base de todos los cálculos fundamentales para la industria del aire acondicionado.

En 1915, entusiasmados por el éxito, Carrier y seis amigos ingenieros reunieron 32,600 dólares para formar la Compañía de Ingeniería Carrier, dedicada a la innovación tecnológica de su único producto, el aire acondicionado. Durante aquellos años, su objetivo principal fue mejorar el desarrollo de los procesos industriales con máquinas que permitieran el control de la temperatura y la humedad. Por casi dos décadas, el uso del aire acondicionado estuvo dirigido a las industrias, más que a las personas.

En 1921, Willis Haviland Carrier patentó la Máquina de Refrigeración Centrífuga. También conocida como enfriadora centrífuga o refrigerante centrifugado, fue el primer método para acondicionar el aire en grandes espacios.

En 1928, Willis Haviland Carrier desarrolló el primer equipo que enfriaba, calentaba, limpiaba y hacía circular el aire para casas y departamentos, pero la Gran Depresión en los Estados Unidos puso punto final al aire acondicionado en los hogares. Las ventas de aparatos para uso residencial no empezaron hasta después de la Segunda Guerra Mundial. A partir de entonces, el confort del aire acondicionado se extendió a todo el mundo.

1.2 Climatización y condiciones de confort.

Una unidad manejadora ^[2] de aire o climatizador es un aparato de acondicionamiento de aire que se ocupa de mantener caudales de aire sometidos a un régimen de temperatura, humedad y pureza preestablecidas en todo momento, así como de filtrar el aire con independencia de las condiciones climáticas. Sin embargo, suele aplicarse de forma impropia el término "aire acondicionado" por "aire refrigerado".

Muchas unidades llamadas "aire acondicionado" son sólo unidades de refrigeración equipada con ventiladores, que proporcionan un flujo de aire fresco filtrado. Por sí mismos no producen calor ni frío; este aporte les llega de fuentes externas (caldera o máquinas frigoríficas) por tuberías de agua o gas refrigerante. También puede haber un aporte de calor mediante resistencias eléctricas de apoyo. Consta de una entrada de aire exterior, un filtro, un ventilador, uno o dos intercambiadores de frío/calor, un separador de gotas (para verano) y un humidificador (para invierno).

La unidad manejadora de aire es capaz de velar por los tres parámetros elementales de la calidad del aire acondicionado que se resumen en: bajo particulado en suspensión, humedad relativa bajo control y temperatura de confort. El objetivo de la unidad manejadora de aire es suministrar un gran caudal de aire acondicionado para ser distribuido por una red de ductos a través de la instalación en la cual se encontrará emplazada. Para dicho efecto estará constituida, y varía según fabricante y solicitud.

Los sistemas centralizados de aire acondicionado, que proporcionan ventilación, aire caliente y aire frío según las necesidades se emplean en grandes hoteles, restaurantes,

teatros, cines y edificios públicos. Estos sistemas son complejos y suelen instalarse durante la construcción del edificio. Cada vez se automatizan más para ahorrar energía y se controlan por computadora u ordenadores.

En edificios antiguos, como en edificios de apartamentos y de oficinas, se suele instalar una unidad refrigeradora con ventiladores, conductos para el aire y una cámara en la que se mezcla el aire del interior del edificio con el aire del exterior.

Estas instalaciones se utilizan para refrigerar y deshumedecer el aire durante los meses de verano. Hay aparatos más pequeños para enfriar una habitación, que consisten en una unidad refrigeradora y un ventilador en una estructura compacta que puede montarse en una ventana.

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

La climatización consiste en tratar el aire de un local para conseguir unas condiciones de temperatura y humedad adecuada con independencia de las condiciones climatológicas exteriores. Por razones técnicas y económicas, el sistema de climatización suele ser con recirculación de aire, es decir, el sistema toma aire del local a través de un circuito llamado de retorno, lo acondiciona y lo reintroduce. Aunque es posible diseñar y construir los circuitos de ventilación y climatización de un local de forma que sean independientes, en la mayoría de los casos se aprovecha el mismo circuito, previendo una entrada de aire exterior que se mezcla con el aire de retorno antes de entrar en la unidad de acondicionamiento. En estos casos, hay que tomar medidas apropiadas para garantizar las tasas de renovación de aire del local adecuadas en función de la ocupación o uso del mismo.

Otro problema asociados al uso de sistema de climatización tiene su origen en las unidades de humidificación y torres de refrigeración, en efecto, en estos puntos, es fácil la proliferación de microorganismos dada la elevada humedad y temperatura; estos microorganismos pueden ingresar en el circuito de impulsión de aire acondicionado y contaminar el recinto acondicionado con consecuencias negativas

para la salud de los ocupantes. La entrada de los microorganismos en el circuito se puede producir directamente en el caso de los humidificadores o a través de las rejillas de aspiración de aire exterior si están situadas junto a las torres de refrigeración. La limpieza y desinfección periódica de los circuitos de agua es necesaria para evitar este riesgo, aunque hay que hacerla siguiendo pautas bien definidas, ya que, en caso de un exceso de tratamiento, se corre el riesgo de contaminar el espacio con las propias sustancias fungicidas.

Todo sistema de climatización consume energía, ya sea ésta del tipo no renovable (la mayoría de los casos) o renovable.

Cuanta más energía se necesita para alcanzar y mantener las condiciones de confort de una instalación menos eficiente será su sistema de climatización (en términos energéticos) y mayor será su impacto ambiental. El consumo de energía de un sistema de climatización dependiendo del clima y condiciones de sitio determinadas, consta de los siguientes parámetros:

- Diseño del edificio considerando su orientación, forma, materiales, dimensiones de hueco, carpintería, entre otros.
- Utilización de mecanismo de aislamiento e inercia térmica.
- Tipo de infiltraciones y ventilación.
- Usos y costumbres de los usuarios

Climatización es energía y energía es impacto ambiental. El uso de energía no renovable (de origen fósil y nuclear especialmente), conduce a la utilización incesante de recursos naturales que se están agotando y no se puede reponer nunca más. Emplear energía no renovable es también lanzar al aire grandes emisiones de CO₂, causa principal de cambio climático que se sufre actualmente, subidas de temperatura, deshielo, temporales, inundaciones entre otros. El consumo energético de una vivienda estándar, supone el 45% de la energía y el 39% de las emisiones de CO₂ asociada totales. Por tanto es necesario:

- Diseñar el sistema de climatización para el mínimo consumo energético.
- Utilizar el máximo posible de energía renovable

El clima para decirlo de otro modo simplificado, depende de cuatro parámetros: temperatura del aire, radiación de las superficies, humedad relativa y velocidad del movimiento del aire. La combinación correcta entre los cuadros (y no sólo entre temperatura y humedad del aire) crea las condiciones de confort humanos que pueden establecerse con temperatura de aire entre 15 y casi 30°C. No obstante, hablar de clima es también hablar de la forma que cada uno de nosotros lo percibe, que varía de cultura y hasta de persona en persona. Una climatización bien resuelta debería permitir la regulación de los cuatro factores objetivos y además disponer de suficiente flexibilidad (regulación, confort, sectorización) como para adaptarse a distintos usuarios.

La envoltura del edificio es una interfaz energética. Puede captar, rechazar la energía solar, conservar o disipar la energía del sistema de climatización artificial, ayudar o perjudicar a una correcta ventilación natural, factores que repercutirán sensiblemente en las necesidades energéticas de climatización. Existen numerosos mecanismos para resolver correctamente la envoltura pero cuyos conocimientos y uso son aun incipientes. El diseño de la protección solar, la disposición del aislamiento, el aprovechamiento del muro como colector y almacenador de calor, la cubierta como captadora de energía térmica y fotovoltaica, la utilización de acristalamiento selectivo y otros filtros solares y los mecanismo de refrescamientos de la estructura por ventilación natural y forzada desde las fachadas frías, entre otros, pueden ayudarnos a disminuir las necesidades de climatización artificial.

1.3 Clasificación de los sistemas de climatización.

Existe una gran variedad de diseños^[3] y equipos para climatizar locales, lo que unido al hecho de que varios sistemas participan de características comunes, hace muy difícil establecer una clasificación con diferenciaciones netas entre unos y otros.

Toda instalación de climatización se compone de tres partes diferenciadas: producción térmica, distribución y emisión en los locales, de acuerdo a lo cual podemos establecer las siguientes categorías:

- **Producción.**

Existen varias formas de producción de frío, sin embargo la más extendida corresponde al ciclo de compresión que dispone de una zona de evaporación y otra de condensación unidas mediante el compresor y cerrándose el ciclo mediante una estrangulación.

Atendiendo a estos factores los equipos de producción se denominan con dos palabras, indicando en primer lugar el medio en el que se realiza la evaporación y después el medio condensante. Habitualmente tendremos cuatro tipos de equipos de producción:

Aire-Aire.

Aire-Agua.

Agua-Agua

Agua- Aire.

- **Distribución.**

El frío producido en el equipo frigorífico debe ser transportado a los locales a climatizar mediante alguno de los siguientes fluidos: refrigerante, agua o aire, empleándose para ello tuberías o conductos, según corresponda.

- **Emisión.**

El frío se emite en los locales a través de rejillas y difusores, que pueden estar incorporadas en los propios equipos, o bien formar parte de una red de conductos de distribución. Lo más habitual es clasificar los sistemas de climatización según sea el fluido que entra en el local para producir el efecto de enfriamiento o calentamiento. Según esto, los sistemas pueden ser:

Todo-Refrigerante: Sistemas de expansión directa en el interior del local.

Refrigerante-Aire: Al local llega refrigerante y aire.

Todo-agua: Al local llega sólo agua.

Agua-Aire: Al local llega aire y agua.

Todo-Aire: El único fluido que entra en el local es el aire.

Además de la clasificación anterior, se podrían introducir la diferenciación entre los equipos compactos (cuando en un mismo equipo están incluidos todos los elementos) o sistemas centralizados.

La tabla 1.1 resume estos criterios de clasificación.

Tabla 1.1			
Tipo	Equipos	Características	Sistemas
Autónomos	Exteriores enfriados por aire	Individual de ventana	Compactos
		Roof-top	Compactos o todo aire
	Interiores	Montado en pared, enfriado por aire	Compactos o todo aire
		Compacto individual con torre de refrigeración separada	Compactos
		Compacto central de condensador exterior por aire o agua	Compactos o todo aire
		Bombas de calor individuales y red de agua central	Compactos
	Partidos enfriados por aire	Split	Todo refrigerante
	Partidos enfriados por aire	Multi-split VRV (volumen de refrigerante variable)	Todo refrigerante
		Fan coil individual 2,3 ó 4 tubos	Todo agua

Centralizados	Planta enfriadora de agua (chiller) o bomba de calor	Climatizador (UTA) Unizona o Multizona de volumen constante o variable (VAV)	Todo aire
		Fan coil individual y climatizador de aire primario	Agua-aire
		Inducción	Agua-aire
		Techo frío	Agua-aire

A continuación se describen las características más importantes de cada sistema, si bien considerando que en el clima de Cuba únicamente es necesaria la producción de frío, limitaremos la descripción a esta aplicación.

1.3.1 Sistema todo refrigerante.

En estos sistemas la refrigeración se produce por la expansión directa de refrigerante en un equipo provisto de batería aleteada para este propósito. El aire del local pasa directamente por la batería en la que se expande el refrigerante, que forma parte pues del sistema frigorífico.

De acuerdo con lo anterior, pueden incluirse en este grupo, los aparatos compactos de ventana, consolas enfriadas por aire o agua, y todos los equipos compactos situados en el interior del local a acondicionar, así como los equipos y sistemas partidos, en los que la unidad condensadora, generalmente condensada por aire se encuentra situada a distancia y unida a la unidad interior o climatizadora, por tuberías de refrigerante. En los últimos tiempos, los sistemas partidos han conocido una extraordinaria evolución y aceptación, tanto en el ámbito doméstico y pequeño comercial.

1.3.1.1 Sistemas partidos unitarios (split)

Una unidad interior, situada en el local, incorpora la parte del evaporador del circuito frigorífico, incluyendo por tanto la batería, ventilador de impulsión de aire, filtros y los sistemas de regulación. Adoptan formas diversas: consola de suelo, de techo, de

pared, con envolvente o sin ella, etc. La evolución tecnológica es constante, con mandos a distancia, etcétera.

La unidad condensadora, o "exterior", incorpora el compresor frigorífico, el condensador, (generalmente enfriado por aire) y todos los elementos de seguridad y de regulación del sistema frigorífico. La unión entre ambas unidades se realiza mediante conexiones frigoríficas con tubería de cobre.

1.3.1.2 Sistemas partidos múltiples (multi-split).

Son semejantes a los anteriores, pero en los que una sola unidad condensadora exterior, sirve a varias unidades interiores en paralelo, que pueden tener control común o independiente.

Sistemas de "volumen de refrigerante variable". Son sistemas partidos múltiples muy evolucionados, en los que, gracias a las posibilidades de regulación de la electrónica moderna y a un cuidadoso diseño de los sistemas frigoríficos, se consigue una gran variedad de combinaciones entre "unidades exteriores" e "interiores", tanto en tipos y potencias, como en distancias entre unas y otras.

El control estricto de las presiones y temperaturas en el refrigerante y de la circulación del aceite, en combinación con la modulación de la potencia frigorífica de los compresores proporciona una gran elasticidad de funcionamiento. La regulación de la potencia frigorífica se hace frecuentemente por variación de la velocidad de giro del compresor, con un sistema de variación de frecuencia de la corriente de alimentación, lo que permite una adecuación casi total de la potencia producida a la demanda instantánea.

1.3.2 Sistemas refrigerante-aire

Un problema importante de los sistemas todos refrigerantes, es que no resuelven el aspecto de la ventilación debiendo proporcionarse la misma de manera independiente. Este sistema consiste en un conjunto de equipos como los descritos anteriormente, complementado con un sistema de aire primario.

El aire primario viene tratado en un climatizador central y repartido a los diferentes locales. Este aire primario provee las necesidades de ventilación y parte o todas las

necesidades de deshumidificación, según sea el dimensionamiento. En este caso la distribución de aire primario se hace con una red general de conductos y se impulsa a los locales a través de rejillas. El aire primario también puede ser enviado sin tratamiento termohigométrico, y en este caso se impulsa a la aspiración de los equipos interiores, y es en estos en los que se enfría y deshumidifica. También existe la posibilidad de prever los equipos interiores con una toma de aire exterior directa.

1.3.3 Sistemas todo agua

Son aquellos en los que el único fluido caloportador que llega al espacio acondicionado desde el exterior es agua. Para la producción se requieren equipos enfriadores de agua, con condensación por aire o por agua, en este último caso además se requiere la instalación de torres de enfriamiento, para poder a su vez eliminar el calor del agua de condensación, a no ser que se disponga de una fuente continua para el agua de condensación. La cesión del frío al aire del local se realiza en aparatos terminales, que generalmente son ventiloconvectores, que incorporan una batería de tubo aleteado y un ventilador que recircula el aire del local a través de la batería, enfriándolo según la temperatura del agua que se suministra.

Los aparatos ventiloconvectores pueden adoptar formas, disposiciones y colocaciones variadas. Desde el más conocido de suelo con envolvente metálica para instalación vista, hasta el oculto sobre el falso techo que aspira e impulsa el aire a través de rejillas, pasando por colocaciones de pared o techo vistos, empotrados en nichos o los más recientes compactos de techo vistos, que incluyen los elementos de difusión.

Generalmente, en el proceso de enfriamiento, se produce también deshumidificación, habiendo necesidad de evacuar el agua formada, lo que en ocasiones presenta dificultades. Modernamente, existen bombas de elevación del condensado que pueden resolver el problema. Las temperaturas del agua de enfriamiento que se envía suelen estar entre 7 y 9°C

La regulación es individual para cada local, el cual puede estar servido por uno sólo o varios ventiloconvectores. Puede ser todo-nada, actuando con parada y arranque del ventilador o también sobre una válvula motorizada que corta el paso del agua; si la válvula es modulante, se logra una regulación continua dentro de los márgenes de

actuación de la regulación. El sistema todo agua con ventiloconvectores es sencillo y económico si bien no resuelve la ventilación.

1.3.4 Sistemas agua-aire.

En estos sistemas, a los locales llegan ambos fluidos, realizando cada uno una función, aunque el diseño admite variantes que diferencian unos de otros.

1.3.4.1 Sistemas de inducción.

En este sistema, los aparatos terminales son "inductores", equipos que no poseen ventilador. El "aire primario" llega a estos inductores a alta presión (generalmente por conductos de alta velocidad) y sale al exterior por unas toberas sobre un estrechamiento (venturi), que crea en el aparato una zona de baja presión que "induce" un cierto caudal de aire del local (secundario), al que se le hace pasar por una batería, por la que circula agua fría; la mezcla de aire primario y secundario es impulsada al local.

Generalmente los inductores suelen estar situados perimetralmente sobre el suelo, impulsando el aire verticalmente hacia arriba. La relación de aire primario a secundario suele estar comprendida entre 1/3 a 1/6. El aire primario provee las necesidades de ventilación de los locales, y frecuentemente de la deshumidificación ya que la mayor parte de la carga latente procede del aire exterior. El aire secundario, compensa la carga sensible a través de la batería por la que circula agua fría, pero a una temperatura prácticamente igual al punto de rocío del aire, con lo que se evita la condensación de humedad.

Este sistema presenta ventajas tales como proporcionar un mejor control de la humedad y de la ventilación; fue ampliamente utilizado en el pasado, y últimamente está cayendo en desuso.

1.3.4.2 Sistema a ventiloconvectores con aire primario.

Consiste en un sistema a ventiloconvectores como los descritos anteriormente, complementado con un sistema de aire primario. Las soluciones son similares a las indicadas en el caso de sistemas refrigerante-agua.

1.3.5 Sistemas todo aire

El único fluido que entra en el espacio acondicionado es el aire. Este aire, proviene del exterior y está ya tratado, es decir, filtrado, enfriado y deshumidificado, según las necesidades.

El aire puede provenir de una manejadora que a su vez recibe el frío de un productor central (enfriadora de agua), o puede ser un equipo autónomo, que incluye en su interior el sistema de tratamiento de aire y el equipo productor de frío (compresor para expansión directa), o incluso puede ser una manejadora con batería de expansión directa atendida desde un equipo partido.

Los sistemas todo-aire, pueden admitir a su vez, las siguientes variantes:

Para una sola zona: Sólo existe un local o bien los diferentes locales servidos se considera que tienen siempre la misma carga todos ellos, aunque esto último rara vez se cumple, es frecuente admitir esta imperfección en el diseño, en aras de la economía. La regulación de temperatura puede ser todo-nada, (aportar o no aportar frío), o una regulación continua sobre la temperatura del aire de impulsión o sobre el caudal de éste, y en ambos casos puede ser por actuación sobre el equipo productor (parar o arrancar) o modular (temperatura ambiente, de impulsión, etc.). El caudal de aire debe ser el necesario para la máxima carga.

Para varias zonas: Si el sistema de aire debe servir a varias zonas con cargas distintas, debe de existir alguna forma de regular la aportación de frío a cada una de ellas según sus propias necesidades.

Los sistemas todo-aire, para varias zonas, pueden ser: sistemas multizona, de doble conducto y de caudal variable (volumen variable).

Los sistemas multizona y de doble conducto tradicionales, implican frecuentemente la mezcla de aire a distintas temperaturas, lo que es energéticamente gravoso.

Los sistemas de caudal variable permiten acondicionar varias zonas con control independiente en cada una de ellas. En los últimos años han experimentado una amplia difusión.

El sistema de volumen variable, permite regular de forma independiente todas las zonas servidas, el caudal de aire del conjunto deberá ser el correspondiente a la carga máxima simultánea, y no a la suma de las máximas de toda la zona, como suele ser cuando se tratan distintos locales como zona única. El ramal de aire que atiende a una zona, está dotado de un elemento motorizado que modula el caudal que se impulsa a esta zona; cada zona puede constar de una sola salida de aire (rejilla, difusor, etc.) o de varias. La modulación del caudal a cada zona puede hacerse de dos modos:

- Por desviación.
- Por estrangulación.

La variación por desviación, consiste en que el elemento regulador, desvía al retorno el caudal no impulsado. En consecuencia, el sistema es de caudal variable en el local, pero es de caudal constante en el climatizador.

La regulación por estrangulamiento, reduce el caudal en cada ramal, lo que hace que la "característica del circuito total de aire" se modifica; si no se actúa sobre el ventilador, los caudales de aire que van a otras zonas, se modificarán. Para que esto no ocurra, hay que adaptar el caudal que suministra el ventilador a las necesidades de cada momento. Esto puede hacerse de varias maneras:

- Con compuerta en la impulsión.
- Con compuerta en la aspiración.
- Por variación de velocidad de giro.

La compuerta en la impulsión se emplea poco, pues es la más costosa en energía de accionamiento. La compuerta en la aspiración es más eficiente (en realidad, produce una pre-rotación en el aire) y se ha empleado mucho. Actualmente es ya más frecuente la modificación de la velocidad de rotación del ventilador, por medio de un variador de velocidad por modulación de la frecuencia de la corriente de alimentación al motor. La señal que se controla es la presión estática a la salida del ventilador, que se mantiene aproximadamente constante, con lo que el caudal que llega a las diferentes zonas apenas es afectado por la modulación de las demás.

Una de las cuestiones a tener presente en los sistemas de volumen variable es que, al disminuir el caudal de aire a carga parcial, el funcionamiento de los elementos de difusión (difusor y rejilla) se ve fuertemente modificado; especialmente en régimen de refrigeración, el aire frío sale a menor velocidad, lo que provoca una rápida caída del chorro, lo cual puede crear molestias a los ocupantes y un deficiente movimiento de aire en el local.

Estas modificaciones en las condiciones de difusión del aire hacen que este sistema esté especialmente indicado en aquellos locales en los que variación de carga no sea grande, de modo que el caudal de aire no baje nunca por debajo del 50% ó 60% del máximo.

Precisamente para conseguir impedir la "caída" de los flujos de aire frío, muchos fabricantes han desarrollado diseños de elementos de difusión, específicamente destinados a sistemas de volumen variable, que consiguen un funcionamiento aceptable con caudales de hasta el 40% del nominal. De la misma manera, existen elementos de difusión, que incorporan en el mismo (rejilla o difusores) el mecanismo de estrangulación de caudal.

Por lo que respecta a la regulación, ésta puede ser eléctrica o neumática; algunos fabricantes, utilizan como energía para mover los elementos de desvío o estrangulamiento del aire, la presión del propio aire en los conductos, sin necesidad de aportación de energía externa.

1.4 Sistemas de climatización más utilizados.

1.4.1 Máquinas Múltiples.

La selección de máquinas múltiples para una carga común se basa normalmente en la disponibilidad, confiabilidad y versatilidad: disponibilidad a causa de las limitaciones de tamaño por razones económicas de producción; confiabilidad a causa de poder trabajar con una parte de la carga cuando una máquina tiene que ser puesta fuera de servicio para su reparación; y versatilidad a causa de aptitud para la eficiente adaptación de la capacidad del compresor a los requisitos de carga parcial. Las máquinas múltiples se emplean poca veces con cargas de acondicionamiento de aire normalmente menores de 1.200.000 frigorías por horas.

Cuando se requieren dos o más máquinas de centrífugas para trabajar con una carga, pueden ser utilizadas con disposición en paralelo o en serie de los enfriadores. Estas disposiciones se controlan de manera análoga a las de las máquinas simples o únicas.

1.4.2 Sistema de Climatización con Válvulas de Tres Vías:

A pesar de que es un sistema obsoleto por los excesivos gastos energéticos, de mantenimiento y reposición, es el más usado en las instalaciones cubanas.

Actualmente el desarrollo de nuevas técnicas lo a ha hecho obsoleto, porque por su forma de operar ocasiona gastos energéticos innecesarios e insostenible lo que ocasiona costos que saca la instalación de competencia en el mercado.

Sus desventajas se derivan de:

- El sistema mueve constantemente en sus bombas el volumen total de agua fría. Para demandas inferiores a la máxima no es necesario utilizar todo el volumen de agua disponible, sin embargo, este sistema no lo tiene en cuenta, perdiendo una cantidad considerable de energía con el paso de toda el agua constantemente por las tuberías.
- Las unidades enfriadoras (Chillers) deberán enfriar toda el agua aunque la demanda no lo exija así, provocándose un gasto energético que se ha elevado innecesariamente.
- Como consecuencia, los dispositivos del sistema, bombas, válvulas, etc.; trabajan continuamente a máxima capacidad, sufriendo un desgaste innecesario.
- Los costos de mantenimiento y reposición aumentan por trabajar el trabajo excesivo.

La operación básica que no permite aumentar la rentabilidad de este sistema, es el uso de un flujo de agua fría constante, que provoca el uso de válvulas de tres vías.

1.4.3 Sistemas Asimétricos

Muchos diseñadores de sistemas parecen estar descartando diseños de igual capacidad y en su lugar optan por chillers de diferentes capacidades. Debido a los beneficios que pueden reportar, pues cuando una enfriadora entra en funcionamiento, también arrancan los equipos auxiliares asociados (las bombas y la torre de enfriamiento).

Otro beneficio de capacidades de enfriadoras desiguales es que la carga del sistema puede ajustarse más estrechamente con la capacidad de la enfriadora operando (y el equipo auxiliar) aumentados así la eficiencia del sistema. Un caso de operación asimétrica es cuando se trabaja con dos enfriadoras de igual y gran capacidad con una de menor capacidad. La enfriadora de mayor capacidad se utiliza como una enfriadora de balance (swing chiller).

La enfriadora de balance más pequeña ópera cuando las cargas de enfriamiento son bajas, durante la noche o durante los periodos desocupados.

Cuando la carga del edificio excede la capacidad de la enfriadora de balance, entra en funcionamiento una enfriadora de mayor capacidad. Las enfriadoras de mayor capacidad suplen la carga del edificio hasta vencerla.

1.4.4 Sistema de Ventana.

A escala mundial, el mercado de sistemas de ventanas está limitado a Estados Unidos y algunos mercados clave como Brasil, Arabia Saudita, India y algunos países del Este asiático como China, Hong Kong, Filipinas, Japón y Australia que producen una balanza excedentaria de 100.000 unidades al año.

Desde la recesión económica, en el mercado de los Estados Unidos representa la mitad del mercado mundial y queda como actor más importante de este mercado en el contexto de la brutal disminución de la ventana de los sistemas de ventana en el mundo. En los Estados Unidos se venderán aproximadamente 2.2 millones de unidades, sobre un incremento de 2.5 millones de unidades en el mercado mundial, entre los años 2000 y 2004. China, segundo mercado más grande cae un 5% al año, en directo contraste con el rápido crecimiento de sus otros mercados.

Los acondicionadores de ventana no son recomendables, solo se instalan si el cliente lo pide expresamente ya que es un sistema antiguo que no climatiza, solo proporciona aire frío, a chorro o directamente.

Normalmente se coloca uno por habitación o, si el local es de gran superficie, se colocan varios según la necesidad. La instalación se realiza en la ventana o muro y la dimensión del hueco ha de ajustarse a las dimensiones del aparato.

1.4.5 Sistemas Centralizados

Los sistemas centralizados son aquellos que centralizan la generación del fluido térmico encargado de transportar la energía a los locales a acondicionar. La producción de frío o calor (uno o más equipos generadores) se realiza centralmente, distribuyéndose a los equipos terminales que actúan sobre las condiciones de los locales o zonas diferentes.

La instalación centralizada colectiva es la producción centralizada de frío o calor, sirve a un conjunto de usuarios dentro de un mismo edificio mientras la instalación centralizada individual es la producción centralizada de frío o calor independiente para cada usuario.

1.5 Climatización en salas de control industrial.

El objetivo de la climatización es conseguir, en una planta industrial ^[4], unas condiciones óptimas y estables de:

- Temperatura: ya sea mediante calefacción o refrigeración.
- Humedad: mediante humectación o deshumidificación.
- Calidad del aire: mediante la instalación de filtros.

En el ámbito industrial, los dos sistemas de climatización más utilizados son:

- **Sistemas todo agua.** Para calefacción, el equipo generador produce agua caliente que alimenta directamente, o por medio de un intercambiador, a la red de transporte. Para refrigeración no se emplean intercambiadores, sino que el fluido

refrigerado del colector va directamente a la red de transporte y de ahí al evaporador.

- **Sistemas todo aire.** Su elemento principal es el climatizador o Unidad de Tratamiento de Aire (UTA). Las UTAs se encargan de procesar el aire del ambiente de forma continua para devolverlo con las condiciones de temperatura y humedad adecuadas.

En el epígrafe 1.3.3 y 1.3.5 del capítulo 1, se hace una mayor explicación de estos tipos de sistemas.

La climatización industrial normalmente se utiliza cuando, por la naturaleza del producto producido, se deben controlar especialmente las condiciones de humedad y temperatura de la planta, para que la calidad del producto no se vea afectada, ya sea por la corrosión u otros problemas. Otras veces su implantación responde simplemente a criterios de confort.

1.5.1 Corrosión en las salas eléctricas.

La corrosión ambiental ^[5] es producida no solo por agentes atmosféricos externos tales como la humedad, temperatura y salinidad del aire, sino también por los gases generados por la propia factoría, procedentes de evaporaciones de fluidos en proceso, fugas de gas, etc. causantes de la corrosión en las salas de control, salas de ordenadores y salas de equipos eléctricos.

- Instalación de unidades de tratamiento del aire en ambientes de corrosión, para evitar averías en tarjetas electrónicas y demás componentes electrónicos de la maquinaria.
- Sistema visual de presurización de la sala, estado de filtros y caudalímetro entrada de aire tratado en la sala.
- Aplicación de un tratamiento especial anticorrosión en las unidades de climatización, para evitar la rápida propagación de la corrosión, garantizando el funcionamiento de la máquina sin fugas durante años.
- Unidades de climatización perfectamente calculadas para garantizar la temperatura de refrigeración de la sala.

- Armarios climatizadores para cuadros eléctricos.
- El cuadro controla las unidades de climatización y en caso de aumento de temperatura, conecta la unidad de reserva consiguiendo una garantía de climatización de la sala de 100%.
- Climatización de salas de servidores con una unidad simple o unidad + unidad reserva. Sistema de control automatizado para conexión automática de la unidad de reserva. Sistema de alarma para los diferentes procedimientos de aviso de la temperatura interna.
- Infraestructura de vehículos completamente equipados como talleres móviles.
- Servicio de instalación, mantenimiento y reparación propio.

1.6 Problemática actual de la climatización.

El estudio de un sistema de climatización de un edificio tiene como objetivos principales la calidad del ambiente (tanto térmico como del aire interior), el ahorro de energía y la protección del medioambiente.

- Calidad del Ambiente Térmico

El bienestar térmico se define como la condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico. Debido a su subjetividad, se precisa de relaciones empíricas que relacionen la percepción de bienestar de diferentes tipos de personas y sus sensaciones térmicas con los diferentes posibles valores de las variables que intervienen en el confort térmico. El índice de confort térmico depende de las variables que afectan sobre el intercambio de calor de la persona con el entorno que le rodea. Este índice de confort térmico es función de variables tales como el metabolismo, la vestimenta, la velocidad y humedad relativa del aire y la temperatura media radiante.

- Calidad de Aire Interior. Ventilación

En los edificios modernos las personas están expuestas a un amplio espectro de sustancias polucionantes, todas ellas presentes en muy baja concentración y procedentes de materiales de construcción, mobiliario, elementos de decoración, equipos de oficina, metabolismo humano, humo de tabaco, aire exterior o incluso, los componentes del mismo sistema de climatización. Por lo tanto, en líneas generales, la

calidad del aire en los recintos debe obedecer a dos requisitos fundamentales: los riesgos para la salud de los seres humanos deben ser mínimos y el aire no debe proporcionar una sensación olfativa desfavorable.

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

- Consumo Energético

Los consumos de energía en un edificio se centran básicamente en cuatro grandes grupos: acondicionamiento térmico (calefacción y refrigeración), agua caliente sanitaria, iluminación, aplicaciones (electrodomésticos, sistemas, etc.). Estudios publicados recientemente señalan que en el conjunto del Estado Español, el consumo en los sectores residenciales y de servicios supone cerca de un 30 % del consumo total de energía. Si consideramos el total de los países de la Unión Europea, este porcentaje sube hasta alcanzar alrededor del 40 %. Estamos, por tanto, hablando de unos consumos de energía muy elevados y cualquier medida de ahorro o recuperación de energía, multiplicado por muchos miles o millones de edificios se convierte en un potencial de ahorro nada despreciable. El impacto de los costes de energía en la selección, diseño y mercado de los equipos de acondicionamiento de aire ha sido complicado; y aún una mayor incertidumbre se ha manifestado durante los últimos años a partir de los estudios acerca del impacto medioambiental de estas tecnologías.

Partiendo de estas consideraciones, el estudio energético de los sistemas de climatización ha cambiado desde una concepción basada únicamente en la economía a otra con implicaciones sociales y medioambientales, de modo que los propietarios de los edificios tienen que afrontar la incertidumbre sobre el coste y la disponibilidad de los refrigerantes y la energía, y deben incluso considerar las posibles regulaciones

gubernamentales futuras. Paralelamente, las acciones relacionadas con la mejora de las condiciones de calidad de aire interior a que hemos hecho referencia en el epígrafe anterior, hacen previsible un incremento en las tasas de ventilación de los edificios y por tanto, del consumo energético asociado a los sistemas de tratamiento. La estimación del impacto energético de la ventilación presenta múltiples dificultades y en la actualidad se realizan trabajos de investigación al respecto.

En general podemos señalar que, de acuerdo al enfoque actual, todo consumo energético implica una responsabilidad por el empleo de recursos limitados y por su repercusión medioambiental y debe realizarse bajo estrictos criterios de racionalización. Como medidas paliativas de esta situación se proponen soluciones como sistemas de control de la demanda de ventilación mediante sondas de calidad de aire, sistemas de ventilación por desplazamiento y sistemas de recuperación energética.

- **Problemática Medioambiental**

Los sistemas de ventilación y acondicionamiento de aire influyen negativamente sobre el medio ambiente en dos direcciones fundamentales: como consumidores de energía, fundamentalmente eléctrica generada en grandes centrales industriales a partir de procesos de combustión, contribuyendo al efecto invernadero y al previsible cambio climático global y utilizando refrigerantes clorofluorocarbonados, destructores de la capa de ozono.

1.7 Tecnologías y medios para disminuir el consumo energético.

Un sistema de aire acondicionado bien proyectado y ejecutado, orientado hacia el ahorro de energía, debe contar con equipos eficientes, uso de combustibles económicos o fuentes de energía alternativas y a esto debe agregarse una correcta operación, mediante temperaturas, velocidad de distribución de fluidos, tiempos de utilización y sistemas de control óptimos. Por otra parte, la aplicación de un adecuado aislamiento térmico y la mejora en la hermeticidad de los edificios es fundamental, dado que ello implica equipos más pequeños con menor consumo energético durante toda la vida útil.

Los proyectos deben realizarse en función de la característica de la instalación y estructurados de manera coherente, debiéndose efectuar un balance energético con un

análisis económico para definir la solución más conveniente. Deben fraccionarse la capacidad de los equipamientos a fin de adaptar la producción de aire acondicionado a la demanda de calor del sistema en la magnitud y momento que se produce, con objeto de conseguir en cada instante, el régimen de potencia más cercano al de máximo rendimiento.

Para ello, es necesario establecer las distintas tecnologías a emplear ya sea agua fría o expansión directa, los tipos de condensación a agua o aire, etc., considerando el diseño de la instalación para la función a que va a ser utilizada.

Debe tenerse en cuenta que instalar equipamientos más eficientes, adoptar aislamientos más eficaces, proyectar edificios que disipen menos energía o proveer instalaciones que recuperen energía, obliga a mayores inversiones económicas que deben retornar con el ahorro que pueda conseguirse, sobre la base del tiempo que se considere necesario establecer como razonable. Para esbozar los lineamientos básicos a adoptar en el proyecto, debe conocerse el problema en su real dimensión, como ser la cantidad y características de los consumos y los ahorros que se pueden obtener, por lo que se hace necesario medir con datos objetivos los procesos energéticos que se producen, para determinar donde es posible y conveniente la aplicación de nuevas tecnologías.

En el caso de edificios existentes el proyecto de mejoras energéticas consiste en actuar sobre cada problema concreto, por ejemplo, controlar los niveles de trabajo de los equipos o set-point de operación, verificar los flujos de aire y agua, analizar la posición de los sensores ambientales, optimizar los consumos mejorando las operaciones de mantenimiento, como la limpieza de los filtros, control del estado de funcionamiento de los equipos, circulación del aire o agua, etc. En muchos casos se trata de problemas por una mala ejecución, como la poca circulación del aire o subdimensionamiento de los equipos, que requieren para su solución, la ejecución de trabajos y de nuevas inversiones.

En las ampliaciones de los edificios, la modificación de las instalaciones de aire acondicionado por aumento de los sistemas instalados, cambios de tecnologías, etc. requieren una estrategia de crecimiento. El agregar nuevas máquinas a las ya existentes para satisfacer necesidades de ampliación no previstas, lleva muchas veces

a resultados finales de instalaciones de distinta técnica, con bajos índices de eficiencia, altos costos de espacio, gestión y mantenimiento, por lo que debe analizarse siempre con mucho detenimiento la posibilidad de adicionar los equipamientos de la manera más racional posible.

Un punto crítico en la fase del diseño lo constituye muchas veces la falta de datos ciertos y significativos sobre las características de las necesidades de acondicionamiento y su programa de desarrollo a corto, medio y largo plazo debido a las continuas innovaciones y modificaciones tecnológicas, por lo que se debe contar con una información completa y lo más actualizada posible, con objeto de prever los futuros cambios en los procesos, que permitan una adecuada planificación del proyecto orientado al ahorro energético.

Existen numerosas tecnologías y medios de aplicación para disminuir el consumo energético, por lo que se deben analizar las características particularidades de cada caso, de modo de aplicar conceptos de diseño en la selección de los sistemas, que permitan obtener menores gastos en la fase de explotación y mantenimiento, pudiéndose considerar para su estudio los siguientes parámetros básicos:

- Disminución de las necesidades de energía
- Utilización de energías gratuitas
- Incremento de la eficiencia energética
- Correcta regulación del sistema

1.7.1 Disminución de las necesidades de energía.

La forma más clara de ahorrar energía es la de buscar todas aquellas soluciones que limiten en forma temporal o cualitativamente los consumos energéticos del sistema. Es indispensable como primera medida en la fase inicial del proyecto, la adopción de soluciones arquitectónicas que tiendan a la reducción del consumo energético mediante un correcto uso del aislamiento térmico, teniendo en cuenta la radiación solar y una adecuada especificación de calidad de las ventanas para reducir ganancias de calor e infiltraciones, ya que ello implica equipos de aire acondicionado más pequeños, con un consumo menor.

Los vidrios de las ventanas actúan como una trampa de calor dado que dejan pasar la luz solar y calientan los elementos del ambiente, pero la radiación calórica invisible que estos emiten a su vez no pasa a través del vidrio, por lo cual el calor almacenado no puede escapar denominándose efecto invernadero, de modo que las reflexiones sucesivas de la radiación calórica en las paredes, pisos y mobiliario de un recinto hacen que éste actúe prácticamente como una caja negra que absorbe toda la radiación incidente. Si bien en invierno este efecto invernadero es sumamente beneficioso, no lo es en verano, debiéndose dotar de una buena protección solar a las ventanas.

Además, es muy importante analizar la automatización de los circuitos de alumbrado en función de los horarios de uso y de acuerdo a los requerimientos. La utilización de lámparas de alto rendimiento constituye un elemento a considerar, así como también reguladores que permitan reducir automáticamente el nivel de iluminación y el eventual apagado, en función de las reales necesidades.

Entre las muchas formas de lograr ahorro energético en instalaciones de aire acondicionado se puede mencionar como la más simple su propio aislamiento térmico y la disminución o aumento de la temperatura de diseño o set-point de los locales según sea invierno o verano respectivamente, que puede suponer un ahorro anual, siempre que ello no implique una reducción substancial de las condiciones de confort.

En diversas instalaciones es común observar que no se satisfacen las condiciones de confort establecidas por las normas, esto puede estar asociado a la incorrecta selección del equipamiento, u otras causas asociadas a condiciones de explotación variables las cuales con el tiempo difieren notablemente de las condiciones iniciales del proyecto trayendo consigo situaciones de insatisfacción de las condiciones de establecidas.

1.8 Conclusiones parciales.

1. Se realiza un análisis detallado en cuanto a los sistemas de refrigeración y climatización, desde el punto de vista de su clasificación, comportamiento energético y equipos más utilizados. Los sistemas más utilizados en la industria, sistemas todo-agua y todo-aire; sus objetivos, condiciones óptimas y estables de temperatura, humedad relativa y calidad del aire.
2. Es necesario realizar cálculos de comprobación en instalaciones de climatización existentes debido a que las condiciones de explotación del equipamiento pueden variar con el tiempo con respecto a las condiciones iniciales del proyecto trayendo consigo situaciones de insatisfacción de las condiciones de establecidas.

Capítulo II.

CAPÍTULO 2. CÁLCULO DE LAS CARGAS TÉRMICAS.

2.1 Carga Térmica.

También nombrada como carga de enfriamiento ^[6], es la cantidad de energía que se requiere vencer en un área para mantener determinadas condiciones de temperatura y humedad para una aplicación específica (ej. Confort humano). Es la cantidad de calor que se retira de un espacio definido, se expresa en Btu, la unidad utilizada comercialmente relaciona unidad de tiempo, **Btu/hr**.

2.2 Sistemas de climatización en edificaciones.

La función principal de los sistemas de climatización de la edificación es mantener, dentro de un espacio determinado, condiciones de confort para sus ocupantes. En función de conseguir este nivel de confort debe instalarse un equipo de acondicionamiento de capacidad adecuada de acuerdo con las exigencias instantáneas de la máxima carga real o efectiva. Generalmente, resulta difícil medir las cargas reales máximas o parciales en un espacio dado, por lo que es preciso hacer un cálculo estimado de dichas cargas. En la estimación de la carga térmica se hace un estudio completo que intenta garantizar la exactitud de evaluación de las componentes de esta carga. Es indispensable en la estimación que el estudio sea preciso y completo, no debiendo subestimar su importancia.

En el estudio de la carga real se cometen más errores en el cálculo de las cargas de enfriamiento por omisión de una fuente que contribuye a la carga, que por ligeras inexactitudes al calcular una fuente. Stocker y Carrier mencionan las siguientes como las mayores fuentes de carga en la edificación ^[7: 8]

- Transmisión a través de paredes, techo, suelo, puertas, conducciones y tuberías: un proceso de conducción.
- Radiación y conducción a través de ventanas
- Ocupantes: calor sensible desprendido por la gente
- Equipo eléctrico: calor procedente de la luces, motores y otros aparatos
- Infiltración: intercambiado de aire acondicionado con aire exterior a través de puertas abiertas y grietas
- Ventilación: la sustitución controlada de aire acondicionado por aire exterior

- Carga latente: condensación por el acondicionador de aire de la humedad procedente de fuentes tales como gente, aparatos de cocina y aire exterior.
- Otros: adición de cargas de enfriamiento originado por condiciones anormales.

Antes se calculaba la carga necesaria para un local de un método manual teniendo en cuenta todas las fuentes de carga. Estas fuentes se estudiaron individualmente en un análisis profundo con la tablas necesarias que llevan consigo. Para realizar un cálculo exhaustivo de un proyecto se necesitan múltiples datos además de ser totalmente fiables, esto en la mayoría de los casos es imposible ya que se desconocen los datos y valores. Este hace que se pierda confiabilidad en el análisis, haciendo que un cálculo resulte interminable. Esto resulta muy trabajoso además requiere largos estudios. Tanto en el mundo como en Cuba, actualmente se utilizan varios programas para resolver la mayor parte de los trabajos de cálculos que se realizan en una instalación, de forma y con el menor número de demanda de datos como Saunier Duval, etc.

Estos programas permiten el estudio detallado del comportamiento de las cargas de enfriamiento de una edificación y permite la planificación energética del mismo, teniendo en cuenta los principales factores de incidencia. También poseen la flexibilidad de poder ser utilizado como herramienta de verificación y diagnóstico en el cálculo de la carga térmica, tomando en cuenta, para el cálculo, tanto los factores constructivos de la edificación como los factores climatológicos que pudieran afectarla. Después de hacer la evaluación de la carga, debe elegirse el equipo cuya capacidad sea suficiente para neutralizar esta carga.

El aire impulsado hacia el espacio acondicionado debe tener las condiciones necesarias para satisfacer las cargas de calor sensible y latente que han sido estimados. Las transmisiones de calor por conducción al interior de un espacio acondicionado a través de las paredes, techos, y suelos son raras veces procesos en régimen permanente. El concepto de un régimen permanente es que no considere el factor de tiempo en la conducción, y por tanto se considera el sistema como un sistema estático. ^[9].

2.3 Fundamento del cálculo de cargas térmicas.

Las cargas térmicas ^[10] que se evalúan en un proyecto de climatización, se dividen en tres grandes grupos:

- Cargas externas: debidas a la conducción y convección a través de las superficies exteriores como paredes, techos y ventanas. También se originan por la radiación solar y la conducción a través de las superficies interiores o particiones.
- Cargas internas: tienen su origen debido a la iluminación que los locales requieren, las personas que ocupan el local y los equipos que operan dentro del sitio a climatizar.
- Cargas por infiltración y ventilación: son ocasionadas por las infiltraciones de aire o por la necesidad de ventilación y renovación del aire interior de los locales a climatizar.

Para realizar el estimado de la carga de enfriamiento requerida con la mayor exactitud posible en espacios y edificios, las siguientes condiciones son de las más importantes para evaluar:

- Datos atmosféricos del sitio.
- La característica de la edificación, dimensiones físicas.
- La orientación del edificio, la dirección de las paredes del espacio a acondicionar.
- El momento del día en que la carga llega a su pico.
- Espesor y características de los aislamientos.
- La cantidad de sombra en los vidrios.
- Concentración de personas en el local.
- Las fuentes de calor internas.
- La cantidad de ventilación requerida.

2.3.1 Cálculo de cargas externas.

Para el cálculo de cargas externas se debe definir:

- Determinación de las áreas a climatizar, áreas y medidas aproximadas, plano descriptivo (ubicación de latitud)

- Posición (horizontal, vertical, pendiente 45°) de las superficies exteriores (techos, muros, ventanas).
- Materiales (frescasa, bloc, ladrillo, cerámica, granito, machimbre, madera, vidrio, yeso, estuco) que componen las áreas a climatizar (material de techos, cielos falsos, paredes, divisiones, ventanas).
- Material exterior que cubre estas superficies, color de las superficies (oscuro, medio, claro).
- Espesores aproximados de estos materiales.
- Temperatura promedio de del ambiente exterior, temperatura mínima y máxima que se presenta durante el día.
- Se tienen parasoles, aleros, superficies que hagan sombra, polarizaciones, áticos o espacios ventilados adyacentes o cercanos a cada pared, techo, cielo falso y ventana en el área a climatizar.
- Cantidad de área que recibe la radiación solar (material de esta área).
- Generalmente que se utiliza en las ventanas (polarizaciones, persianas, cortinas, recubrimiento reflectivo, absorbente de calor).

2.3.2 Cálculo de cargas internas.

Para el cálculo de cargas internas se debe tener en cuenta:

1. Iluminación.

- Tipo de iluminación.
- Capacidad de iluminación (Watt consumidos, Watt instalados)
- Tiempo de luces encendidas.

1. Número de personas.

2. Equipos:

- Para el cálculo de cargas residenciales, definir las capacidades de equipos usualmente utilizados (nevera, estufa, horno microondas, cafeteras, tostadora, TV, equipo de sonido, computadores, secador de pelo).

- Capacidades de los equipos de potencia, qué equipos se utilizan.
- Factor de utilización de los equipos.

2.3.3 Para el cálculo de cargas por infiltración y ventilación:

- Tipo de ventilación (natural, forzada).
- Flujo de aire ventilado (CFM).
- Humedad específica entre el aire ventilado.

2.4 Análisis de cargas térmicas para la climatización ^[10].

El procedimiento de cálculo de las diferentes cargas se realiza de la siguiente manera:

2.4.1 Cálculo de cargas externas.

2.4.1.1 Conducción a través de estructuras exteriores.

Para el cálculo de estas estructuras se conoce que:

$$Q = U \times A \times CLTD_c \times F_c \quad (2.1)$$

Donde:

U: Coeficiente general de transferencia de calor [Btu/ (h.ft². °F)]

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x_1}{K_1} + \frac{x_2}{K_2} + \frac{1}{h_o}} \quad (2.2)$$

h_i : Conductancia en superficies interiores [Btu/(h.ft².°F)](Ver anexo tabla 3 y 4).

h_o : Conductancia en superficies exteriores [Btu/(h.ft².°F)](Ver anexo tabla 3 y 4).

X: Espesor del material (in)

K: Conductividad térmica del material [Btu.in/(h.ft².°F)] (Ver anexo tabla 5).

A: Área de transferencia (ft²)

F_c : Factor de ajuste, calculado mediante la ecuación:

$$F_c = 1 - 0.02K_T \quad (2.3)$$

Donde:

K_T es la unidad de conductancia entre el aire del salón y los alrededores, y está dada por:

$$K_T = (U_w A_w + U_{ow} A_{ow} + U_c A_c) / L_F \quad [\text{Btu}/(\text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F})] \quad (2.4)$$

Donde:

L_F : Longitud de las paredes exteriores del salón, (ft).

U : Coeficiente de transmisión de calor de los elementos considerados. (w ventanas, ow paredes exteriores y c para corredores o pasillos), $[\text{Btu}/(\text{hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F})]$

A : Área de la superficie en particular, (ft^2)

$CLTD_c$: Diferencial de temperatura corregido, calculado como:

2.4.1.1.1 Ganancias de calor por transmisión en techos.

$$CLTD_c = [(CLTD + LM)k + (78 - T_r) + (T_o - 85)]f \quad (2.5)$$

$CLTD$: Diferencial de temperatura de carga de enfriamiento ($^\circ\text{F}$) (Ver anexo tabla 6).

LM : Corrección por latitud y mes. (Ver anexo tabla 7).

k : Factor de ajuste por color. (1,0 en techos de color oscuro, ó claro en zonas industriales. 0.5 si el techo es de color permanentemente claro).

$(78 - T_r)$: Corrección a la temperatura de diseño interior.

T_r : Temperatura de diseño interior, ($^\circ\text{F}$)

$(T_o - 85)$: Corrección a la temperatura de diseño exterior ($^\circ\text{F}$)

T_o : Temperatura promedio exterior, (temperatura de diseño exterior - (Variación diaria de Temperatura)/2). ($^\circ\text{F}$) (Ver anexo tabla 2)

f : Factor de ventilación aplicable a ventiladores, o conductos sobre cielo falso. (1.0 si no existen conductos ni ventilación sobre falso techo, 0.75 en presencia de ventilación positiva, ventiladores entre el cielo falso y techo).

2.4.1.1.2 Ganancias de calor por transmisión en muros.

$$CLTD_c = [(CLTD+LM)k + (78-T_r) + (T_o-85)] \quad (2.6)$$

CLTD: Diferencial de temperatura de carga de enfriamiento (°F) (Ver anexo tabla 8).

LM: Corrección por latitud y mes. (Ver anexo tabla 7).

k: Factor de ajuste por color (1,0 en muros de color oscuro, ó claro en zonas industriales. 0.83 muros de color medio, 0.65 muros de color claro).

(78 - T_r): Corrección a la temperatura de diseño interior.

T_r: Temperatura de diseño interior, (°F)

(T_o - 85): Corrección a la temperatura de diseño exterior (°F)

T_o: Temperatura promedio exterior, (temperatura de diseño exterior - (Variación diaria de Temperatura)/2). (°F) (Ver anexo tabla 2).

2.4.1.1.3 Ganancias de calor por transmisión en ventanas.

$$CLTD_c = [CLTD + (78-T_r) + (T_o-85)] \quad (2.7)$$

CLTD: Diferencial de temperatura de carga de enfriamiento (°F) (Ver anexo tabla 9).

(78 - T_r): Corrección a la temperatura de diseño interior.

T_r: Temperatura de diseño interior, (°F)

(T_o - 85): Corrección a la temperatura de diseño exterior (°F)

T_o: Temperatura promedio exterior, (temperatura de diseño exterior - (Variación diaria de Temperatura)/2). (°F) (Ver anexo tabla 2).

El coeficiente general de transferencia de calor U, puede ser obtenido directamente de (Ver anexo tabla 10).

2.4.1.2 Carga por radiación solar.

El cálculo de este tipo de carga se realiza utilizando la ecuación:

$$Q = SHGF.A.SC.CLF.F_c \text{ (BTU/h)} \quad (2.8)$$

Donde:

SHGF: Factor de ganancia de calor solar [BTU/(h.ft²)] (Ver anexo tabla 11).

A: Área total de radiación (ft²)

SC: Coeficiente de sombreado para vidrio. (Ver anexo tabla 12 y 13).

CLF: Factor de carga de enfriamiento para vidrios. (Ver anexo tabla 14 y 15).

F_c: Factor de ajuste

2.4.1.3 Conducción a través de estructuras interiores.

Para el cálculo de estas estructuras se conoce que:

$$Q = U \times A \times \Delta T \times F_c \quad (2.9)$$

Donde:

U: Coeficiente general de transferencia de calor [Btu/ (h.ft².°F)]

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x_1}{K_1} + \frac{x_2}{K_2} + \frac{1}{h_o}} \quad (2.10)$$

h_i: Conductancia en superficies interiores [Btu/(h.ft².°F)](Ver anexo tabla 3 y 4).

h_o: Conductancia en superficies exteriores [Btu/(h.ft².°F)](Ver anexo tabla 3 y 4).

x: Espesor del material (in)

K: Conductividad térmica del material [Btu.in/(h.ft².°F)] (Ver anexo tabla 5).

A: Área de transferencia (ft²)

F_c: Factor de ajuste

ΔT: Diferencial de temperatura entre las dos zonas, si la temperatura de la división o zona no acondicionada es desconocida, se puede tomar un valor de 5 °F menor que la temperatura exterior.

2.4.2 Cálculo de cargas internas.

2.4.2.1 Cargas por iluminación.

Estas cargas se calculan utilizando la siguiente ecuación:

$$Q = 3.41.W.CLF.F_{ul}.F_{sa}.F_c \text{ (Btu/h)} \quad (2.11)$$

Donde:

W: capacidad total de iluminación (Watt).

CLF: Factor de carga de enfriamiento. (1.0 cuando el equipo de aire acondicionado funciona únicamente cuando las luces están encendidas. También es 1.0 cuando las luces permanecen encendidas durante más de 16 horas).

F_{ul} : Factor de uso de iluminación. (Watt consumidos / Watt total instalado) para aplicaciones comerciales, este factor es generalmente igual a la unidad.

F_{sa} : Factor especial de iluminación. (Aplicable a lámparas fluorescentes y aquellas que son ventiladas o instaladas de tal manera que sólo cierta parte del calor va al espacio acondicionado. En lámparas fluorescentes se debe a las pérdidas por el balasto y su valor es de 2.19 para lámparas sencillas de 32 Watt en circuitos de 230 voltios. En lámparas de rápido arranque, de 40 Watt, el factor varía entre 1.18 para dos lámparas a 230 voltios, y 1.30 para una lámpara a 120 voltios, con un valor recomendado de 1.2 para aplicaciones generales. Para lámparas especiales, diferentes a las fluorescentes, tales como las lámparas de sodio, este factor varía entre 1.04 y 1.37, dependiendo del fabricante.

F_c : Factor de ajuste.

2.4.2.2 Cargas por personas.

Estas cargas se calculan utilizando la siguiente ecuación:

Calor sensible.

$$Q = SHG.N.CLF.F_c \text{ (Btu/h)} \quad (2.12)$$

Donde:

SHG: Ganancia de calor sensible por persona (Btu/h) (Ver anexo tabla 16).

N: Número de personas.

CLF: Factor de carga de enfriamiento para personas, basado en el tiempo de ocupación. (1.0 si el sistema de enfriamiento no opera durante las 24 horas del día. También en auditorios, teatros o sitios donde la densidad de población es alta, y por tanto se reduce la radiación a paredes y objetos. Igualmente cuando el equipo se apaga durante la noche o fines de semana)

F_c: Factor de ajuste.

Calor latente.

$$Q = LHG.N. \text{ (Btu/h)} \quad (2.13)$$

Donde:

LHG: Ganancia de calor latente por persona (BTU/h) (Ver anexo tabla 16).

N: Número de personas.

2.4.2.3 Ganancia de calor por equipos.

Equipos menores.

Estas cargas se calculan utilizando la siguiente ecuación:

$$Q = 3.41W.F_c \text{ (Btu/h)} \quad (2.14)$$

Donde:

W: Potencia nominal del equipo (Watt)

F_c: Factor de ajuste

Equipos de potencia.

Se calculan de acuerdo a:

$$Q = \frac{Hp \text{ Nominal}}{\text{Eficiencia}} \times FI \times 2545 \quad (2.15)$$

Donde:

FI: Factor de carga 0 (apagado) – 1.4 (sobrecarga)

La ecuación anterior se utiliza si el motor del equipo de potencia se encuentra dentro del espacio a climatizar, si el motor del equipo de potencia se encuentra fuera del espacio a climatizar se utiliza:

$$Q = \text{Hp Nominal} \times \text{FI} \times 2545 \quad (2.16)$$

2.4.2.4 Cálculo de cargas: infiltración y ventilación.

Para este cálculo sólo se tiene en cuenta una de las dos cargas, infiltración o ventilación.

La carga térmica por estos aspectos se divide en cargas de carácter sensible y cargas de calor latente

Las ecuaciones correspondientes son:

$$Q_s = 1,1.CFM.\Delta T \text{ (Btu/hr)} \quad (2.17)$$

$$Q_l = 4840.CFM.\Delta W \text{ (Btu/hr)} \quad (2.18)$$

$$Q_{\text{total}} = (Q_s + Q_l) = 4,5.CFM.\Delta h \text{ (Btu/hr)} \quad (2.19)$$

Donde:

CFM = caudal de aire de ventilación, (ft³ /min) (Ver anexo tabla 18).

ΔT = diferencial de temperaturas ($T_{\text{exterior}} - T_{\text{interior}}$), (°F)

ΔW = diferencial de humedad específica (lb. vapor de agua/ lb aire seco).

Δh = diferencial de entalpías ($h_{\text{exterior}} - h_{\text{interior}}$) (Btu/lb._{a.s})

2.4.3 Otras cargas.

Existen otras cargas que deberán considerarse en instalaciones de mayor importancia. Estas son:

2.4.3.1 Ganancias de calor en conductos.

Si el conducto pasa por zonas no acondicionadas, las ganancias se determinan según la ecuación general:

$$Q = U.A.\Delta T \text{ (Btu/hr).} \quad (2.20)$$

Donde,

U = coeficiente de transferencia del material del conducto, (= 0.25 Btu/hr.ft² °F) en conductos aislados.

A = área de transferencia del conducto, (ft²)

ΔT = diferencial de temperatura entre el aire dentro del conducto y el aire de los alrededores, (°F)

2.4.4 Ganancias de calor por infiltración de aire.

Se presentan en las uniones de los conductos, en instalaciones defectuosas. Un trabajo cuidadoso debiera limitar el aire perdido a 5% del caudal suministrado. Por lo general, este es valor que se toma para los cálculos.

2.4.5 Ganancias de calor por bombas y ventiladores.

Muchas veces la ganancia de calor por ventiladores son tenidas en cuenta por el fabricante del equipo, esta información aparece en los catálogos. Si esto no ocurre, la carga adicional se puede estimar en 2.5%, 5% y 10% del total de la carga sensible del local según si las presiones son del orden de 1.0, 2.0, ó 4.0"columna de agua respectivamente.

El calor en bombas de agua fría en sistemas pequeños normalmente se desprecia, pero en grandes sistemas puede llegar a ser de 1 a 2% del calor sensible y se sumará a la carga de refrigeración.

2.5 Metodología de cálculo emplea.

2.5.1 Saunier Duval.

El cálculo de las cargas térmicas en este trabajo, se hace mediante un programa Saunier Duval. El software Saunier Duval es un programa de la empresa Saunier Duval en España que dedica en la manufactura de sistemas de calefacción y climatización, con el fin de facilitar el cálculo estático de cargas térmicas de refrigeración y calefacción además con el propósito de resolver la mayor parte de los trabajos de cálculos que se

realizan en una instalación de climatización, de forma precisa, en el menor de tiempo posible y con el menor número de demandas de datos.

En el software primero se tiene que seleccionar el tipo de ciudad que se va a analizar con sus parámetros (Temperaturas, Humedad relativa, altura sobre el nivel de mar, ubicación.), después se introducen los parámetros específicos de la zona a climatizar con los datos internos y externos del local, que estos parámetros son: área, altura, cantidad de personas, luminarias, equipos que irradian calor, entre otros. Con todos los datos introducidos se va directamente a los cálculos de las cargas térmicas.

En nuestro caso de estudio, el local BTG, se calculó variando la temperatura exterior, con el objetivo de tener los valores reales de las cargas térmicas. En la tabla 3.6 del capítulo 3 se muestran los resultados de las cargas térmicas necesarias. En los anexos del 21 al 25 se puede ver la hoja de cálculo para cada local con una misma temperatura exterior.

En el caso de cálculo de aire acondicionado, este programa tiene algunas ventajas con respecto al método de cálculo manual:

1. La introducción y corrección de los datos es fácil.
2. No hace falta tener al lado una calculadora.
3. Poder realizar el cálculo en cualquier momento.
4. Poder copiar cualquier zona o proyecto.
5. Poder borrar cualquier zona o proyecto
6. Posee ayuda en cada dato y en línea.
7. Posee ayuda por menús en los datos de elección.
8. Se puede crear todo desde un proyecto, por ejemplo crear los datos de una zona tipo.
9. Los cálculos se pueden realizar hora a hora y zona a zona.
10. Se pueden actualizar los datos climáticos hora a hora.
11. Se piden los datos más relevantes, ya que la demanda de muchos datos no significa necesariamente un cálculo más exacto.

En la figura 2.1 y 2.2 se muestra la pantalla de cálculo del software Saunier Duval.

ZONA TIPO	SALONES DE ACTOS
Temp. en VERANO	32.0 °C. 80.0 % HR.
Temp. INVIERNO	26.0 °C.
Nº de PERSONAS	120 [0.6 p/m²]
SENSIBLE PERSONA:	58 Kca.h.persona.
LATENTE PERSONA :	30 Kca.h.persona.
ILUMINACION	9.2 Kw. [43 w/m²]
AIRE EXTERIOR	3,360 m³/h [5.2 re.h]
AIRE por PERSONA:	28 m³/h.
Potencia MOTORES Eléctricos:	0.5 HP.
Otras Cargas SENSIBLES	0.3 Kw.
Otras Cargas LATENTES	0.0 Kw.

Fig. 2.1 Pantalla de cálculo en el Calculair de Saunier Duval

Saunier Duval		CALCULOS AIRE ACONDICIONADO		
ZONA: 1	NOMBRE: TEATRO	Ocupacion de las 8 a las 12 Horas		
Condiciones Externas:		[Verano 26.0 °C. 99.0 % Hr.]	[Invierno 15.0 °C.]	
Hora máxima carga: 12 horas.		SENSIBLE	LATENTE	INVIERNO
106.5 m²	MUROS EXTERIORES ..	-358 F/h	0 F/h	1,405 Kca
37.5 m²	CRISTALES Exterior.	1,171 F/h	0 F/h	2,062 Kca
90.0 m²	PAREDES INTERIORES	0 F/h	0 F/h	0 Kca
216.0 m²	TECHOS y TEJADOS ..	0 F/h	0 F/h	0 Kca
0.0 m²	CLARABOYAS	0 F/h	0 F/h	0 Kca
216.0 m²	SUELO	0 F/h	0 F/h	0 Kca
3,360 m³	AIRE 5.2 Renv/h.	-5,827 F/h	-7,534 F/h	10,710 Kca
120	PERSONAS 0.56 p/m²	6,960 F/h	3,600 F/h	0 Kca
9.2 Kw	LUCES 42.6 w/m²	6,329 F/h	0 F/h	0 Kca
0.5 HP	MOTORES ELECTRICOS	110 F/h	0 F/h	0 Kca
	OTRAS CARGAS	257 F/h	0 F/h	0 Kca
4,708 F/h TOTALES		8,642 F/h	-3,934 F/h	14,185 Kca

Fig. 2.2 Pantalla de cálculo en el Calculair de Saunier Duval

2.6 Conclusiones parciales.

1. Se desarrolla una metodología de cálculo de cargas térmicas de climatización teniendo en cuenta todas las fuentes de cargas que influyen en el cálculo y se exponen las potencialidades del simulador térmico Saunier Duval, utilizado a la postre para desarrollar este trabajo.

Capítulo. III

CAPÍTULO 3. DIMENSIONADO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DE LA SALA DE BTG DE LA CTE "CARLOS MANUEL DE CÉSPEDES".

3.1 Introducción al capítulo.

Se realiza un estudio del local BTG en la CTE "Carlos Manuel de Céspedes" a partir de un grupo de mediciones representativas, con el objetivo de buscar la demanda de frío del local. Para su procedimiento se utiliza un software Saunier Duval como principal herramienta y se determinan las cargas térmicas de la sala de BTG que posteriormente permite dimensionar el equipamiento adecuado a utilizar ante las demandas de cargas reales que impone la instalación.

3.2 Caracterización del local BTG y su sistema de climatización.

La BTG (Boiler, Turbine, Generation) es el control de la unidad, en este local se encuentra todo el equipamiento que asegura el funcionamiento correcto de la planta, se encuentra en el tercer nivel, en el centro de las dos calderas de la unidad, estas son la 3 y 4. En la escalera de salida que toma parte del piso de la BTG se encuentran los calentadores de alta presión. Dentro del local tenemos la oficina del jefe de turno, un salón de reuniones, una sala de control, dos salas de paneles y una estación de ingeniería.

Su sistema de climatización está compuesto por cuatro climatizadores LG de expansión directa de 180000 Btu/h o 15 ton/h cada uno, de tiro por conducto. Cada climatizador está compuesto por dos unidades condensadores exterior por aire, cada una consta de un motocompresor de 7,5 ton/h y la unidad interior consta de dos evaporadores en un mismo mueble uno para cada unidad exterior.

El sistema está controlado por un termostato electrónico que en dependencia de la demanda el modula, las tarjetas del control están dañadas por lo cual el circuito ha sido modificado, en ocasiones el trabajo se hace manual por los operadores de la planta.

3.2.1 Parámetros climatológicos del local BTG.

La demanda de enfriamiento de un local o edificación está estrechamente relacionada con las condiciones climatológicas de una región determinada. Existen una serie de variables que es necesario considerar en el momento de analizar las necesidades de climatización. Estas variables son de gran importancia para el diseño arquitectónico. Entre ellos, tenemos: la intensidad de la radiación solar, la temperatura, la humedad, las precipitaciones, y la presión atmosférica, aspectos importantes para la selección y el diseño de sistemas de aire acondicionado.

La tabla 3.1 muestra las otras variables consideradas para los simuladores térmicos.

Tabla 3.1 Variables climatológicas del local BTG.

Variables Climatológicas	
Ubicación Global	22.14° Lat. & -80.44° Long.
Temperatura Max. Y Min. (anexo Tabla 19)	34.2 °C Y 27.2 °C
Humedad Relativa	70%

3.2.2 Parámetros Constructivos del local BTG.

En el análisis de las cargas térmicas, es necesario saber las características constructivas del local, estas características pueden ser, al área o superficie en metro cuadrado, el espesor de las paredes, dimensiones de las ventanas y puertas, tipo de estructura, elemento que la forma y la orientación solar. El local a analizar es la BTG de la CTE "Carlos Manuel De Céspedes" en Cienfuegos. En el anexo tabla 20 se muestran algunos tipos de materiales y las propiedades que tienen dada por ASHRAE.

La tabla 3.2 muestra algunas características constructivas del local BTG y en la figura 3.1 se muestran las vistas del local a climatizar

Tabla 3.2 Características constructivas de la BTG.

Dimensiones (metros)		Orientación Solar	Ventanas o Puertas				Estruc.
Espesor	Área		Ventanas		Puertas		
			#	Dim.	#	Dim.	
0.28	2.97 x 8.77	S	–	–	–	–	Muro
0.28	2.97 x 13.9	S	–	–	–	–	Muro
0.28	2.97 x 8.77	S	–	–	–	–	Muro
0.28	2.97 x 7.09	E	–	–	–	–	Muro
0.28	2.97 x 3.20	E	–	–	–	–	Muro
0.28	2.97 x 6.00	NE	–	–	–	–	Muro
0.28	2.97 x 2.76	N	1	1.2 x0.83	–	–	Muro
0.28	2.97 x 5.92	N	2	1.2 x0.83	1	0.9 x2.1	Muro
0.28	2.97 x 6.00	NO	–	–	–	–	Muro
0.008	2.97 x 3.20	O	–	–	–	–	Muro
0.1016	2.97 x 7.09	O	–	–	–	–	Muro

3.2.3 Vista superior del local BTG.

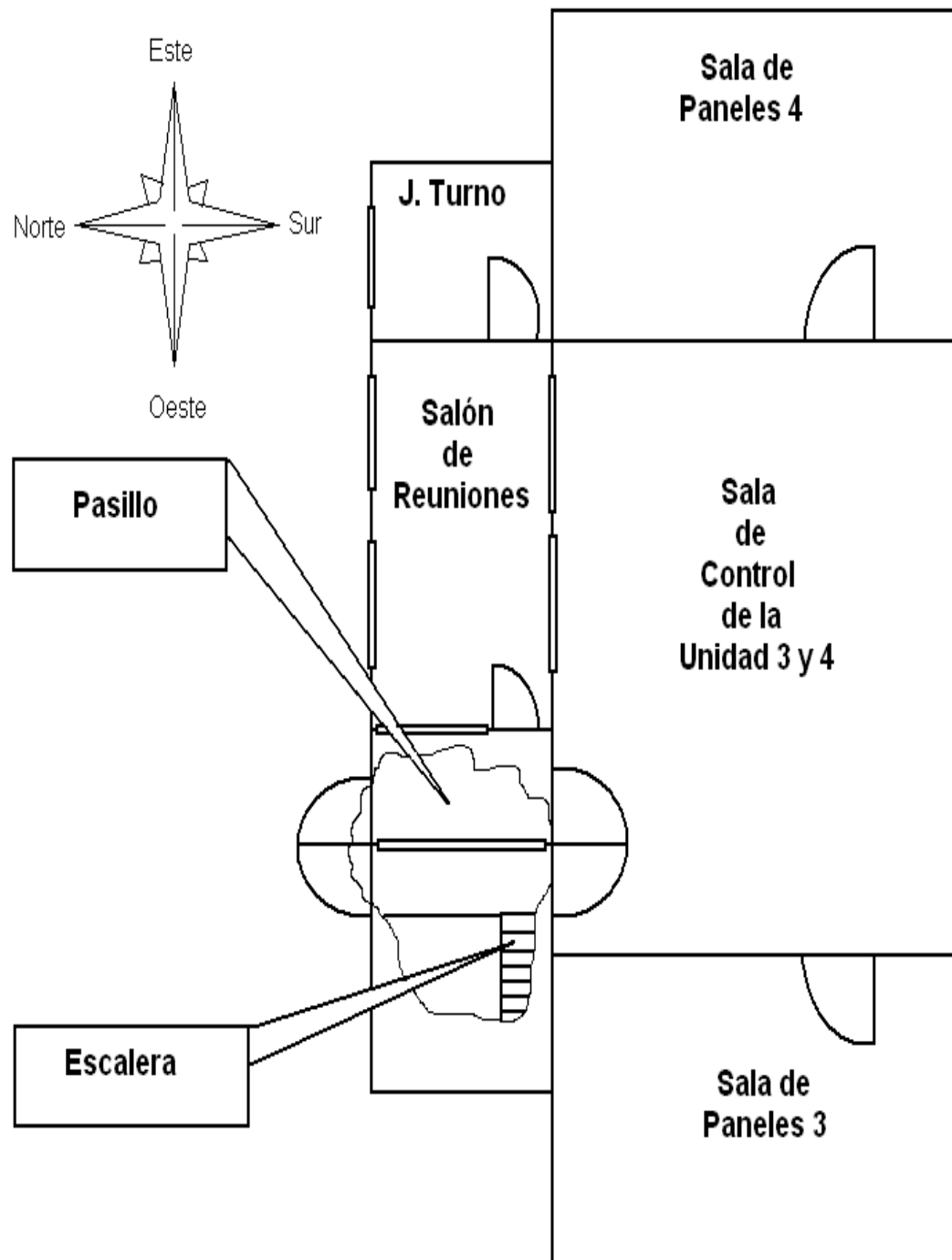


Fig. 3.1 Vista Superior de la BTG

3.2.4 Parámetros auxiliares por locales de la BTG.

3.2.4.1 Sala de Paneles 4

Distribución
de Paneles
en 4TCR

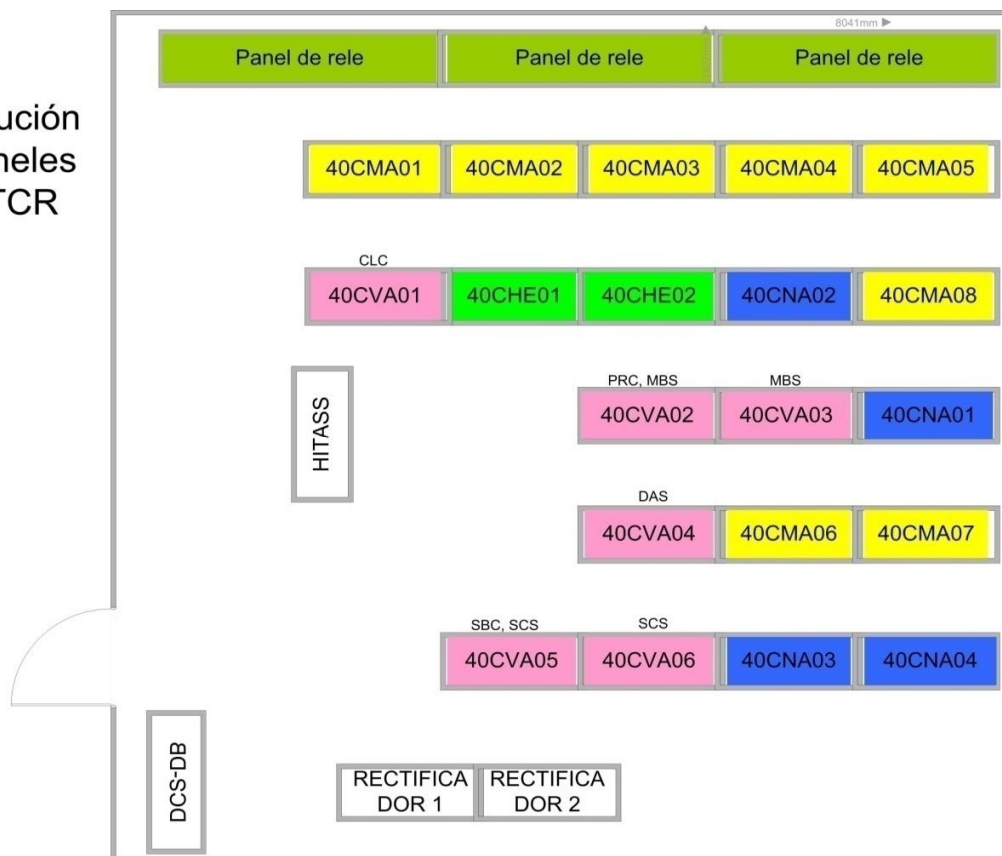


Fig. 3.2 Sala de Paneles 4

La tabla 3.3 muestra los parámetros auxiliares de la sala de paneles 4.

Tabla 3.3 Parámetros Auxiliares

Parámetros Auxiliares	
Ocupación Máxima	4 personas
Actividad	Ligera
Luces	20 (800 W)
Paneles de Control	12(5 kW)

3.2.4.2 Sala de Paneles 3

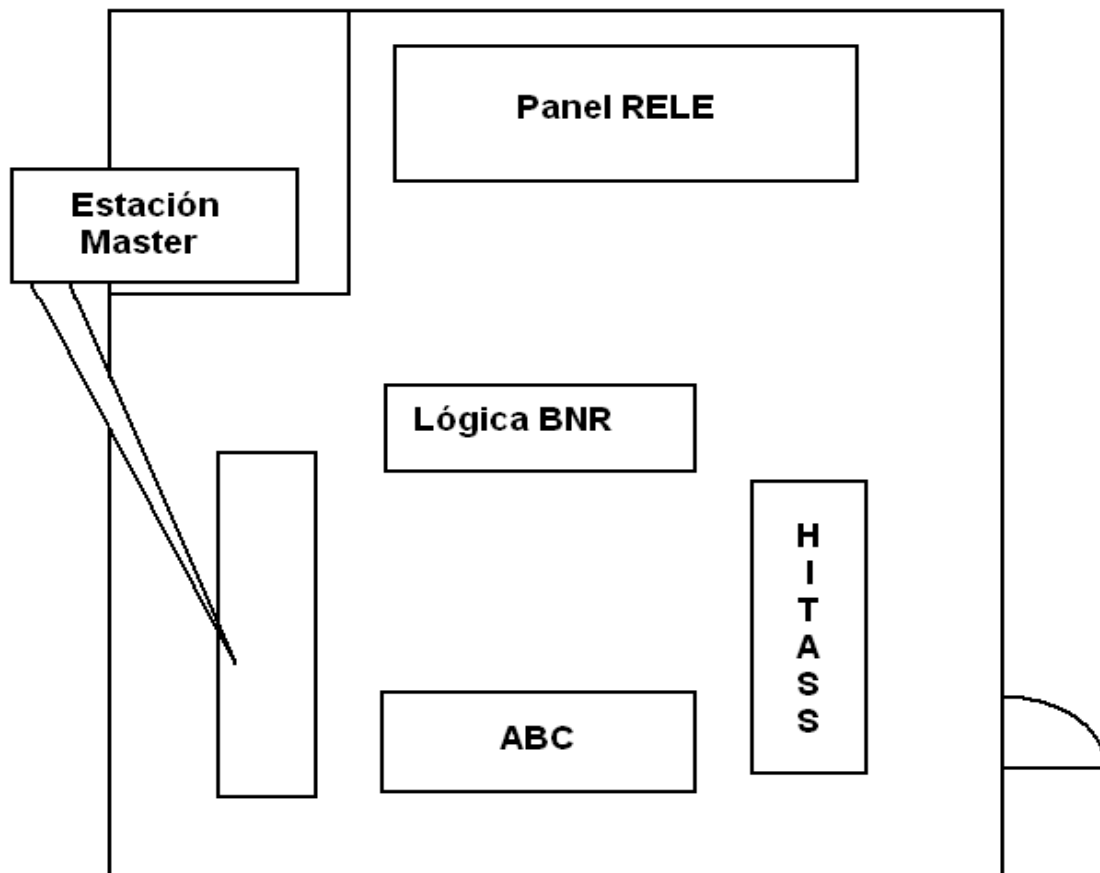


Fig. 3.3 Sala de Paneles 3

La tabla 3.4 muestra los parámetros auxiliares de la sala de paneles 3.

Tabla 3.4 Parámetros Auxiliares

Parámetros Auxiliares	
Ocupación Máxima	4 personas
Luces	30 (1200 W)
Computadoras	7(1750 W)
Paneles de Control	5(3 kW)

3.2.4.3 Sala de Control de la Unidad 3 y 4.

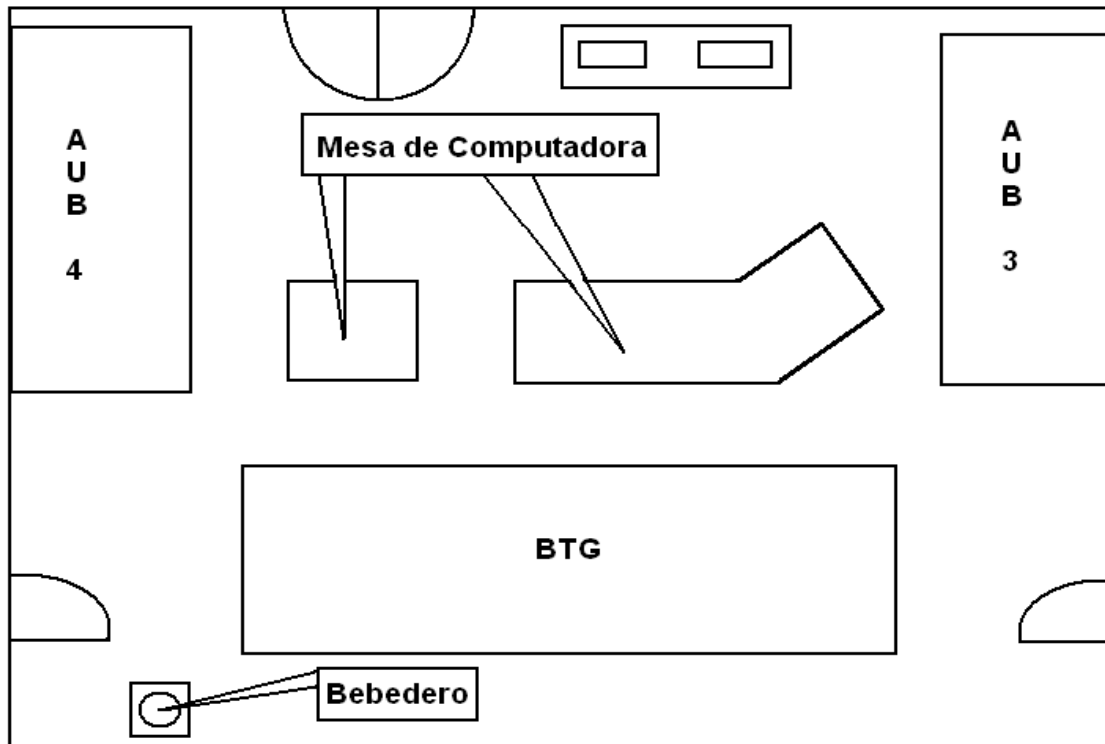


Fig. 3.4 Sala de Control de la Unidad 3 y 4.

La tabla 3.5 muestra los parámetros auxiliares de la sala de paneles 3.

Tabla 3.5 Parámetros Auxiliares

Parámetros Auxiliares	
Ocupación Máxima	15 personas
Luces	54 (2160 W)
Computadoras	7(1750 W)
Impresoras	3(1960 W)
Paneles de Control	3(4 kW)

3.3 Cálculo de las cargas térmicas de la BTG.

Después de haber recopilado todo los datos de los locales a climatizar se llevó a cabo el cálculo de cargas térmicas de climatización de las diferentes áreas, mediante el software Saunier Duval, los resultados se obtienen en la siguiente tabla, teniendo en cuenta la variación de la temperatura exterior, ya que en este lugar la temperatura cambia constantemente a consecuencia de la planta generadora, específicamente las dos calderas del generador y los calentadores de alta presión. En el anexo 27 se encuentran valores de algunas temperaturas exteriores tomadas por el grupo integral de diagnóstico de la CTE.

Tabla 3.6 Parámetros Auxiliares

Resultados del Saunier Duval		
Temp. °C	C.T.Total (F/h)	C.T.Total (ton)
35	59042	19,5244709
36	61446	20,31944444
37	64339	21,27612434
38	67561	22,34160053
39	71184	23,53968254
40	75559	24,9864418
41	80999	26,7853836
42	85182	28,16865079
43	88548	29,28174603
44	92053	30,44080688
45	95714	31,65145503
46	99528	32,91269841
47	103522	34,23346561
48	107692	35,61243386
49	112059	37,05654762
50	116631	38,56845238

3.4 Análisis de resultados.

Según los resultados obtenidos del software Saunier Duval en la tabla 3.6, se puede concluir que la capacidad instalada, 60 ton/h satisface la demanda del local BTG ya que en los cálculos como máximo, demanda 40 ton/h, aunque se puede tomar un valor mayor, ya que por los trabajadores del local en ocasiones han tomado temperaturas mayores que los 50 °C. De los datos obtenidos, también se puede ver que la carga térmica aumenta a un elevado % con el aumento de la temperatura exterior, trayendo como consecuencia un aumento en el trabajo de los equipos instalados, en la figura 3.5 se muestra el aumento de las cargas térmicas con respecto a la temperatura exterior.

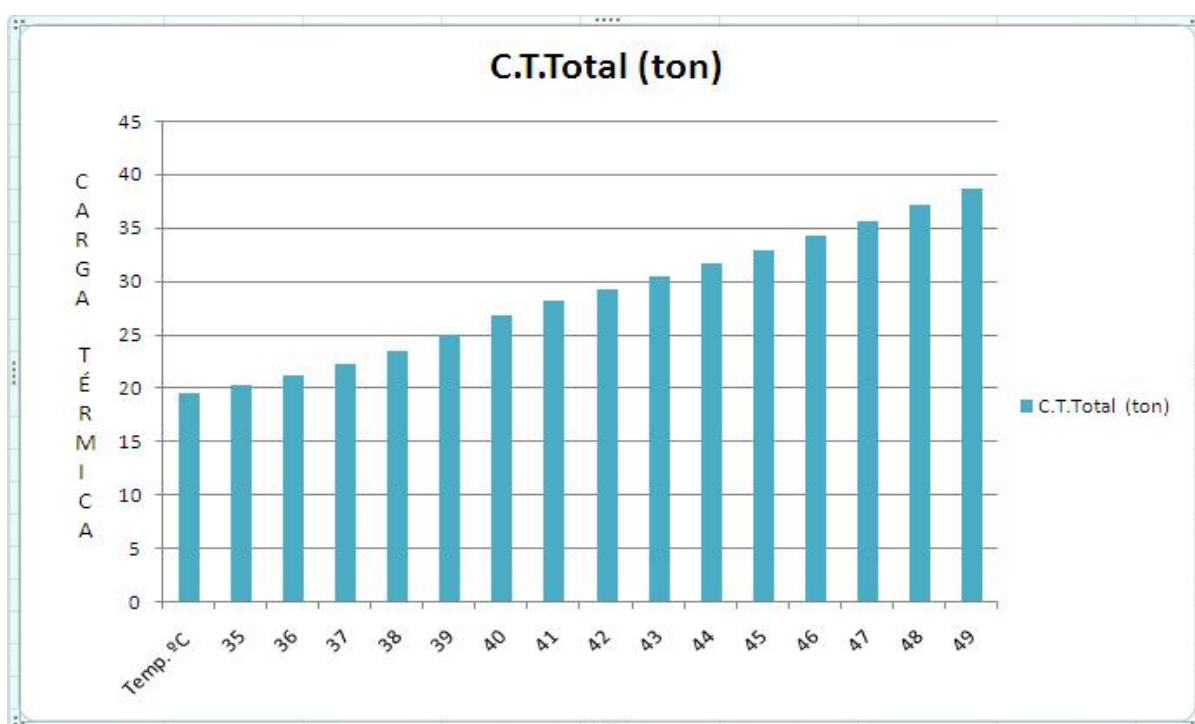


Fig. 3.5 Comportamiento de las cargas térmicas con respecto a la temperatura exterior
Partiendo de los resultados se analiza el problema del no confort de los operadores del local, y se encuentran varios elementos que podrían llevar a este problema.

3.4.1 Condiciones de trabajo de las unidades climatizadoras.

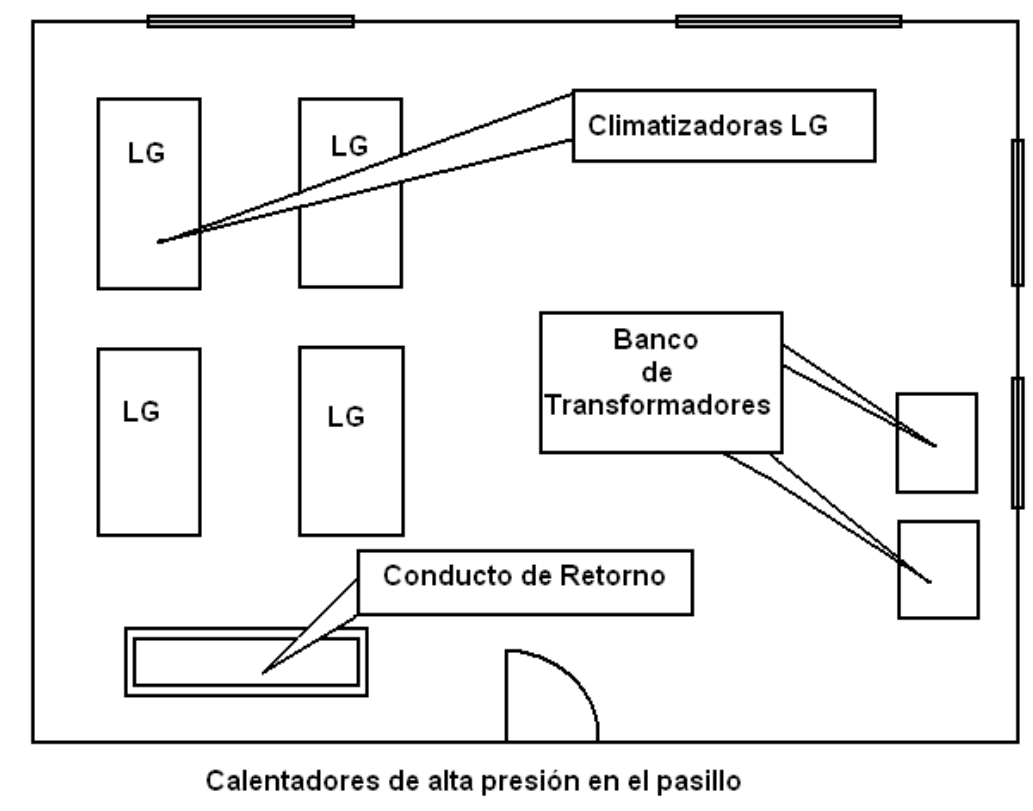


Fig. 3.6 Cuarto de las máquinas climatizadoras.

La figura 3.6 muestra la disposición de las consolas en la sala de máquinas y el banco de transformadores instalado incorrectamente en este local, ya que son grandes portadores de calor, en el anexo 28 se muestran valores de temperaturas actuales en el cuarto de las unidades climatizadoras, estas temperaturas fueron tomadas con la unidad 3 en mantenimiento, ya que en funcionamiento las temperaturas tomadas serán mayores. Se observan imprecisiones en el diseño actual del conducto de retorno que implica un elevado porcentaje de aire de reposición a la sala de BTG con temperaturas ambientes elevadas que provocan una carga térmica adicional al sistema de climatización. El conducto debe solo incorporar un pequeño porcentaje de aire exterior a las unidades climatizadoras y no de forma abierta como está en la actualidad pudiendo ser esta la causa fundamental de la insatisfacción de las demandas de confort, unida a la influencia de las altas temperaturas que generan las calderas de vapor y los calentadores de alta presión.

Partiendo de lo anterior expuesto se hace una propuesta de mejoras en el cuarto de las unidades climatizadoras con el objetivo de que el aire de reposición solo llegue a estas unidades y no el calor generado por la planta y los transformadores instalados ahí. En la figura 3.7 se observa el cuarto aislado.

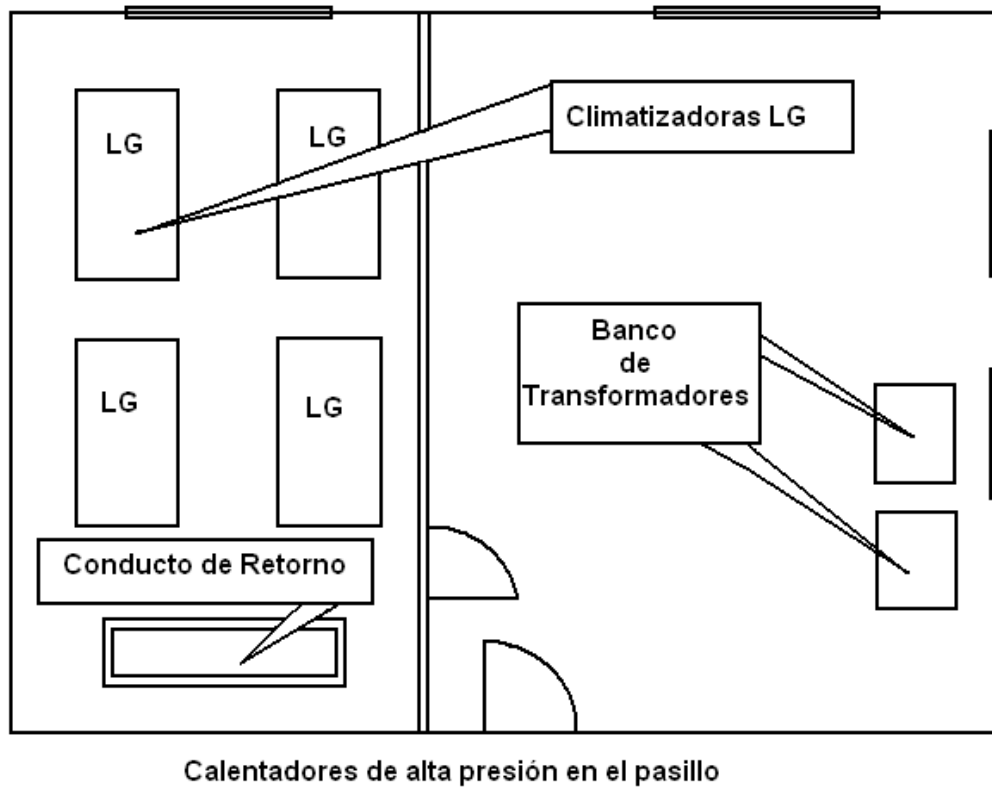


Fig. 3.7 Aislamiento del cuarto de las máquinas climatizadoras

Existen otras imprecisiones que influyen en la insatisfacción de las demandas de confort.

1. El sistema de climatización instalado en el local está compuesto por 4 unidades comerciales, no son para CTE
2. No son unidades para 24 horas de trabajo continuo todo en año.
3. Las unidades no están diseñadas para temperaturas de condensación mayor que 33 °C.
4. El sistema cuando se instaló, se diseñó para un local totalmente abierto y en la actualidad se encuentra con varias divisiones dificultándole la distribución de aire frío.
5. No existen controles de temperatura en el local ya que en el existente las tarjetas de control fueron dañadas
6. Fugas en el sistema de conducto de dicha instalación.

Conclusiones
Generales.

CONCLUSIONES GENERALES

- 1- El sistema de climatización instalado en la sala de BTG de la CTE “Carlos Manuel de Céspedes” posee la capacidad suficiente para satisfacer las demandas de confort” con un total de 40 toneladas de refrigeración por lo que las condiciones de insatisfacción de la carga térmica están relacionadas con otros problemas de instalación y explotación de dichas unidades.
- 2- Las condiciones del ambiente exterior de la sala de BTG de la CTE “Carlos Manuel de Céspedes” imponen las principales ganancias de calor de la sala de BTG, unido la gran cantidad de paneles destinados al control automático de la planta
- 3- Es necesario el rediseño del sistema de conductos y retorno de aire al local de BTG atendiendo a las variaciones de las condiciones originales del proyecto de la sala como vía fundamental de satisfacer las demandas actuales con el equipamiento disponible en la actualidad.

Recomendaciones.

RECOMENDACIONES

1. Rediseñar el sistema de retorno de aire de la sala de BTG en la CTE “Carlos Manuel de Céspedes” en Cienfuegos de acuerdo a las modificaciones que se han realizado en el local para lograr la correcta distribución de aire climatizado.
2. Aislar el cuarto de las máquinas climatizadoras con el objetivo de tener las menores pérdidas por aire de reposición contaminado con el aire exterior del local.
3. Fomentar una conciencia energética en el personal de la sala que ayude a la correcta explotación del sistema de climatización.

*Referencias
Bibliográficas.*

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] "Historia del aire acondicionado," 2011.
- [2] O. Del Valle Martínez, "Cálculos Verificativos del Sistema de Climatización del Teatro de Actos de la Empresa Termoeléctrica," 2011.
- [3] "Clasificación," 2006.
- [4] "Climatización Industrial," 2011.
- [5] "Cómo evitar la corrosión en salas eléctricas," 2011.
- [6] "Definición de Cargas Térmicas," 2005.
- [7] W. Stocker, *Refrigeración y acondicionamiento de aire*, 1985.
- [8] C. Group, *Manual de Aire Acondicionado*.
- [9] M.D. Akeino Reid, "Análisis De La Carga Térmica En Las Edificaciones Con Herramientas De Simulación Computacional," 2009.
- [10] J.E. Granados, "Manual de Cálculo de Cargas Térmicas," 2003.

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M.D. Akeino Reid, "Análisis De La Carga Térmica En Las Edificaciones Con Herramientas De Simulación Computacional," 2009.
- [2] M.I.L. Torres, *Análisis del Aislamiento Térmico de un Edificio mediante el uso de Sistemas Dinámicos*, 2008.
- [3] F. J., *Análisis y selección de sistemas de aire acondicionado*, York: Clima Roca.
- [4] O. Del Valle Martínez, "Cálculos Verificativos del Sistema de Climatización del Teatro de Actos de la Empresa Termoeléctrica," 2011.
- [5] "Clasificación," 2006.
- [6] "Climatización Industrial," 2011.
- [7] "Cómo evitar la corrosión en salas eléctricas," 2011.
- [8] "Definición de Cargas Térmicas," 2005.
- [9] Colectivo de Autores, "El Instalador," *Diseño de un Sistema de Climatización que Consiga la Convivencia entre Fumadores y No Fumadores*.
- [10] P. González y Colectivo de Autores, *Energía y desarrollo sostenible*, La Habana: Editorial Política, 1994.
- [11] "Historia del aire acondicionado," 2011.
- [12] C. Group, *Manual de Aire Acondicionado*.
- [13] J.E. Granados, "Manual de Cálculo de Cargas Térmicas," 2003.
- [14] W. Stocker, *Refrigeración y acondicionamiento de aire*, 1985.
- [15] W. Stocker, *Refrigeración y acondicionamiento de aire*, La Habana: Edición Revolucionaria, 1987.
- [16] Colectivo de Autores, *Temas avanzados de refrigeración y acondicionamiento de aire*, Universidad de Cienfuegos: Universo Sur.

Anexos.

ANEXOS.

Anexo Tabla 1. Factor de diversidad según aplicación.

Tipo de oficinas	Factor de diversidad	
	Personas	Luces
OFICINAS	0,75 - 0.90	0,70 - 0,85
APARTAMENTOS, HOTELES	0,40 - 0.60	0,30 - 0,50
ALMACENES	0,80 - 0,90	0,90 - 1.00
INDUSTRIAS	0,85 - 0,95	0,80 - 0,90

Anexo Tabla 2. Condiciones de diseño de ciudades de Colombia en verano

				Temp. de diseño (db)			Temp. de diseño (wb)			
Ciudad	Lat.	Long	Pies	1%	2.5%	5%	1%	2.5%	5%	ΔT
B/lla	10N	59N/74 48W	44	95	94	93	83	82	82	17
Bogotá	4N	36N/74 05W	8406	72	70	69	60	59	58	19
Cali	3N	25N/76 30W	3189	84	82	79	70	69	68	15
Medellín	6N	13N/75 36W	4650	87	85	84	73	72	72	25

Utilizar el valor a 2.5%

Anexo Tabla 3. Conductancia y resistencia de superficies

Posición de la Superficie	Dirección Flujo de Calor	Emisividad de la Superficie			
		$\epsilon=0,90$ (no reflectiva)		$\epsilon =0,20$ (reflectiva)	
		h_i	R	h_i	R
Aire en reposo					
Horizontal	Hacia arriba	1.63	0.61	0.91	1.32
Pendiente 45°	Hacia arriba	1.60	0.62	0.88	1.37
Vertical	Horizontal	1.46	0.68	0.74	1.70
Pendiente 45°	Hacia abajo	1.32	0.76	0.60	2.22
Horizontal	Hacia abajo	1.08	0.92	0.37	4.55
Aire en movimiento		h_o	R		
7.5 mph velocidad del viento	Cualquiera	4.00	0.25	-	

Anexo Tabla 4. Emisividad de materiales de construcción.

Materiales	Emisividad de la Superficie ϵ
Cuerpo negro (no refleja)	1.0
Agua (no refleja, alta radiación transmitida)	0.95
Acero rústico	0.94
Vidrio claro (Transmite la mayoría de la radiación)	0.94
Asbestos	0.90
Ladrillo rojo (refleja 20%)	0.80
Concreto	0.65
Acero hoja suave	0.55
Pintura de Al (refleja 50% absorbe 50%)	0.50
Lámina galvanizada	0.20
Foil de Al (refleja el 92%)	0.08

Anexo Tabla 5. Conductividades, conductancias y resistencias térmicas para varios materiales.

MATERIALES	Espesor X in	Conductividad K Btu.in/(hr.ft ² .°F)	Conductancia C = K/X	Resistencia R = X/K
Aislam. para techos (frescasa)	1	0.36	0.36	2.78
Bloque de concreto hueco	8	7.2	0.9	1.11
Cerámica				0.05
Cielo falso acústico	¾	0.42	0.562	1.78
Concreto de arena y gravilla	1	10	10	0.1
Espacios aire ε = 0,82. ΔT = 10°F	-	-	-	1
Espuma de plástico	1	0.29	0.29	3.45
Granito pulido	1			0.08
Ladrillo común	4	5	1.25	0.8
Ladrillo fachada	4	9.1	2.27	0.44
Lana mineral	1	0.3	0.3	3.33
Machimbre de madera	¼	0.8	3.2	0.31
Madera dura (arce, roble)	1	1.1	1.1	0.91
Mortero de cemento	1	5	5	0.2
Panel de fibra de vidrio	1	0.25	0.25	4
Piedra caliza	1	12.5	12.5	0.08
Teja de arcilla	¼	4.32	17.28	0.057
Tela asfáltica	-	-	6.50	0,15
Vidrio	¼	-	10	0.1
Yeso y estuco	½	1.57	3.13	0.32

Anexo Tabla 6. Diferencial de temperatura para cargas de enfriamiento en techos (CLTD)

TIPO DE TECHO	Hora Solar												
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Con cielo falso suspendido													
Concreto liviano de 4"	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45
Concreto ligero de 6"	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57
Concreto ligero 8"	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54
Terraza	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46
Concreto 6" (aislamiento 1 – 2")	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44
Sin cielo falso suspendido													
Concreto liviano de 4"	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54
Concreto ligero de 6"	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54
Concreto ligero 8"	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45
Terraza	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33
Concreto 6" (aislamiento 1 – 2")	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34

Anexo Tabla 7. Corrección por latitud y mes para muros y techos (LM)

LAT	MES	NORTE	NE/ NW	E/W	SE/SW	SUR	TERRAZ A
0°	Diciembre	-3	-5	-2	3	9	-1
	Enero/Nov.	-3	-4	-1	2	7	-1
	Feb./Octubre	-3	-2	-1	0	0	0
	Marzo/Sept.	-3	1	-1	-3	-8	0
	Abril/Agosto	5	3	-2	-6	-8	-2
	Mayo/Julio	10	5	-3	-8	-8	-4
	Junio	12	5	-3	-9	-8	-5
8°	Diciembre	-4	-6	-3	4	12	-5
	Enero/Nov.	-3	-6	-2	3	10	-4
	Feb. /Octub.	-3	-3	-1	1	4	-1
	Marzo/Sept.	-3	-1	-1	-2	-4	0
	Abril/Agosto	2	2	-1	-5	-7	-1
	Mayo/Julio	7	4	-2	-7	-7	-2
	Junio	9	4	-2	-8	-7	-2

Anexo Tabla 8. Diferencial de temperatura por cargas de enfriamiento en muros (CLTD).

Latitud	Hora Solar												
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
MUROS GRUPO A													
NORTE	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12
NE	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19
ESTE	19	19	18	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25
SE	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24
SUR	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19
SW	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	19	20	22
OESTE	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22
NW	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17
MUROS GRUPO B													
NORTE	10	9	9	9	8	9	9	9	10	11	12	13	14
NE	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21
ESTE	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27
SE	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26
SUR	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21
SW	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25
OESTE	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25
NW	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19
MUROS GRUPO C													
NORTE	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16
NE	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23
ESTE	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29

SE	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29
SUR	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26
SW	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32
OESTE	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32
NW	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25
MUROS GRUPO D													
NORTE	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19
NE	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24
ESTE	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30
SE	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30
SUR	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29
SW	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38
OESTE	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40
NW	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31

Anexo Tabla 9. Diferencial de temperatura para cargas de enfriamiento por conducción a través de vidrios (CLTD).

Hora solar	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
CLTD, °F	0	-2	-2	0	4	9	13	14	12	8	4	2

Anexo Tabla 10. Coeficiente general de transferencia U para ventanas y claraboyas o tragaluces de vidrio Btu/ (hr.ft² °F)

Tipo de vidrio	Panel Vertical Exterior		Panel Horizontal
	Sin sombreado interior	Con sombreado interior	Domos y Claraboyas
Sencillo	1.04	0.81	0.83
Doble, aislado			
3/16" espacio de aire	0.65	0.58	0.57
1/4" espacio de aire	0.61	0.55	0.54
1/2" espacio de aire			
ε =0.20	0.38	0.37	0.48
ε =0.40	0.45	0.44	0.52
ε =0.60	0.51	0.48	0.56

Anexo Tabla 11. Factor de ganancia de calor solar por radiación solar (SHGF).

Lat.	Mes	NORTE	NE/ NW	EW	SE/SW	SUR	Terraza
0 °	Enero	34	88	234	235	118	296
	Febrero	36	132	245	210	67	306
	Marzo	38	170	242	170	38	303
	Abril	71	193	221	118	37	284
	Mayo	113	203	201	80	37	265
	Junio	129	206	191	66	37	255
	Julio	115	201	195	77	38	260
	Agosto	75	187	212	112	38	276
	Septiembre	40	163	231	163	40	293
	Octubre	37	129	236	202	66	299
	Noviembre	35	88	230	230	117	293
	Diciembre	34	71	226	240	138	288
4 °	Enero	33	79	229	237	141	286
	Febrero	35	123	242	215	88	301
	Marzo	38	163	242	177	43	302
	Abril	55	189	223	126	38	287
	Mayo	93	200	206	89	38	272
	Junio	110	202	196	73	38	263
	Julio	96	197	200	85	38	267
	Agosto	59	184	214	120	40	279
	Septiembre	39	156	231	170	44	293
	Octubre	36	120	234	207	86	294
	Noviembre	34	79	226	232	139	284
	Diciembre	33	62	221	242	160	277
8 °	Enero	32	71	224	242	162	275

Febrero	34	114	239	219	110	294
Marzo	37	156	241	184	55	300
Abril	44	184	225	134	39	289
Mayo	74	198	209	97	38	277
Junio	90	200	200	82	39	269
Julio	77	195	204	93	39	272
Agosto	47	179	216	128	41	282
Septiembre	38	149	230	176	56	290
Octubre	35	112	231	211	108	288
Noviembre	33	71	220	233	160	273
Diciembre	31	55	215	247	179	265

Anexo Tabla 12. Coeficiente de sombreado para ventanas con persianas (SC)

Tipo de Vidrio	Espesor in	Sin sombreado interior	Con sombreado interior			
			Persiana VENECIANA		Persiana ROLLER	
		h _o = 4.0	Media	Ligera	Opaca	Traslúcida
Sencillo						
Claro	3/32- 1/4	1.00	0.64	0.55	0.59	0.39
Claro	1/4 - 1/2	0.94	0.64	0.55	0.59	0.39
Claro	3/8	0.90	0.64	0.55	0.59	0.39
Claro	1/2	0.87	0.64	0.55	0.59	0.39
Tinturado	1/8 - 1/32	0.69	0.57	0.53	0.45	0.36
Absorbente de calor	3/8	0.60	0.54	0.52	0.40	0.32
Con recubrimiento		0.3	0.25	0.23	0.36	0.31
reflectivo		0.4	0.33	0.29	0.36	0.31

Anexo Tabla 13. Coeficiente de sombreado para ventanas con cortinas (SC)

Tipo De Vidrio	Sin Cortinas	Con Cortinas					
		Reflectancia					
		0 - 0.1	0 - 0.15	0.15-0.25	0.25 - 0.3	0.3 - 0.4	0.4 - 0.5
Sencillo							
¼" claro	0.95	0.8	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
½" claro	0.88	0.74	0.70	0.66	0.61	0.56	0.52
¼" absorbente de calor	0.67	0.57	0.54	0.52	0.49	0.46	0.44
Reflectivo	0.60	0.57	0.54	0.51	0.49	0.46	0.43
Reflectivo	0.50	0.46	0.44	0.42	0.41	0.39	0.68

Anexo Tabla 14. Factores de carga de enfriamiento para vidrios sin sombreado interior (CLF)

Orientación	Hora Solar												
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
NORTE	0.46	0.53	0.59	0.65	0.70	0.74	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50
NE	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.21	0.17	0.15
ESTE	0.44	0.50	0.51	0.46	0.39	0.35	0.31	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15
SE	0.38	0.48	0.54	0.56	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18
SUR	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.35	0.29	0.25
SW	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33
OESTE	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33
NW	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.54	0.39	0.32
HORIZON T.	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.56	0.47	0.38	0.32

Anexo Tabla 15. Factores de carga de enfriamiento para vidrios con sombreado interior (CLF)

Orientación	Hora Solar												
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
NORTE	0.65	0.73	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18
NE	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05
ESTE	0.80	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05
SE	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07
SUR	0.23	0.38	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.50	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09
SW	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.16	0.12
OESTE	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12
NW	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12
HORIZONTAL	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12

Anexo Tabla 16. Ganancias de calor por personas.

Grado de Actividad	Aplicación típica	q _{sp} Btu/hr	q _{lp} Btu/hr
Sentados en reposo	Cine, teatros	210	140
Sentados, trabajo ligero	Oficinas, hoteles, apartamentos	230	190
Sentados, comiendo	Restaurantes	255	325
Sentados, escribiendo	Oficinas, hoteles, apartamentos	255	255
Sentados, trabajo ligero o caminando despacio	Bancos, almacenes	315	325
Trabajo ligero en fábricas	Fábricas	345	435
Baile moderado	Salones de baile	405	875
Trabajo pesado en fábricas	Fábricas	565	1035
Ejercicio pesado en gimnasios	Gimnasios	635	1165

Anexo Tabla 17. Ganancias de calor por equipos.

Equipos	Watt	Ganancia de Calor	
		q_s	q_l
Cafetera, 3 galones	2000	2550	880
Esterilizador	1100	650	1200
Estufa mediana (por quemador)		3200	1800
Fotocopiadora	1760	3000	0
Horno microondas	1500	850	150
Máquina de escribir eléctrica	200	350	0
Parrilla eléctrica	2000	2500	1500
Secador de pelo	1580	2300	400
Tostadora, 4 porciones	2540	2230	1970

Anexo Tabla 18. Ventilación requerida por persona según la aplicación.

Aplicación	ft ² / persona	Mínimo CFM/persona	Recomendado CFM/persona
Bancos		5	5
Bares	7	30	40-50
Cafeterías	10	30	35
Cocinas	50	30	35
Gimnasios	14	20	25-30
Hospitales	50	15	20-25
Hoteles	14	20	25-30
Iglesias	7	5	5-10
Museos	14	7	10-15
Oficinas	100	15	15-25
Residencias	200	5	7-10
Teatros	7	5	5-10

Anexo Tabla 19. Temperaturas máximas de Cienfuegos

HORA	Tcalc. (F)
1	81.8
2	81.2
3	80.9
4	81.0
5	81.4
6	82.1
7	83.1
8	84.3
9	85.6
10	86.9
11	88.1
12	89.2
13	90.9
14	92.7
15	91.0
16	93.6
17	90.5
18	89.8
19	88.8
20	87.6
21	86.3
22	85.0
23	83.7
24	82.6

Anexos Tabla 20. Materiales constructivos y sus propiedades dadas por ASHRAE

Código	Descripción	ρ (lb/pie ³)	C_p (Btu/lb·°F)	κ (Btu/h·°F)	Espesor (pies)	R (pie ² ·h/Btu)
A0	Resistencia superficie exterior	0.000	0.00	1	0.333	0.33
A1	Estuco de 1 pulg	116	0.20	0.4	0.0833	0.21
A2	Ladrillo cara 4 pulg	125	0.22	0.77	0.333	0.43
A3	Recubrimiento de acero	480	0.10	26	0.005	0.00
A4	Pedacera ½ pulg	70	0.40	0.11	0.0417	0.38
A5	Resistencia superficie exterior	0	0	1	0.333	0.33
A6	Acabado (½ pulg)	78	0.26	0.24	0.0417	0.17
A7	Ladrillo cara 4 pulg	125	0.22	0.77	0.333	0.43
B1	Espacio de aire (plafón)	0	0	1	0.91	0.91
B2	Aislamiento de 1 pulg	2	0.2	0.025	0.0833	3.33
B3	Aislamiento de 2 pulg	2	0.2	0.025	0.167	6.67
B4	Aislamiento de 3 pulg	2	0.2	0.025	0.25	10
B5	Aislamiento de 1 pulg	5.7	0.2	0.025	0.833	3.33
B6	Aislamiento de 2 pulg	5.7	0.2	0.025	0.167	6.67
B7	Madera de 1 pulg	37	0.6	0.07	0.0833	1.20*
B8	Madera de 2.5 pulg	37	0.6	0.07	0.2083	2.98
B9	Madera de 4 pulg	37	0.6	0.07	0.333	4.76
B10	Madera de 2 pulg	37	0.6	0.07	0.167	2.39
B11	Madera de 3 pulg	37	0.6	0.07	0.25	3.57
B12	Aislamiento de 3 pulg	5.7	0.2	0.025	0.25	10
B13	Aislamiento de 4 pulg	5.7	0.2	0.025	0.333	13.33
B14	Aislamiento de 5 pulg	5.7	0.2	0.025	0.417	16.67
B15	Aislamiento de 6 pulg	5.7	0.2	0.025	0.500	20
B16	Aislamiento de 0.15 pulg	5.7	0.2	0.025	0.0126	0.5
B17	Aislamiento de 0.3 pulg	5.7	0.2	0.025	0.0252	1
B18	Aislamiento de 0.45 pulg	5.7	0.2	0.025	0.0379	1.5
B19	Aislamiento de 0.61 pulg	5.7	0.2	0.025	0.0505	2
B20	Aislamiento de 0.76 pulg	5.7	0.2	0.025	0.0631	2.5
B21	Aislamiento de 1.36 pulg	5.7	0.2	0.025	0.1136	4.5
B22	Aislamiento de 1.67 pulg	5.7	0.2	0.025	0.1388	5.5
B23	Aislamiento de 2.42 pulg	5.7	0.2	0.025	0.2019	8
B24	Aislamiento de 2.73 pulg	5.7	0.2	0.025	0.2272	9
B25	Aislamiento de 3.33 pulg	5.7	0.2	0.025	0.2777	11
B26	Aislamiento de 3.64 pulg	5.7	0.2	0.025	0.3029	12
B27	Aislamiento de 4.54 pulg	5.7	0.2	0.025	0.3786	15
C1	Loseta de arcilla de 4 pulg	70	0.2	0.33	0.333	1.01
C2	Block de concreto ligero 4 pulg	38	0.2	0.22	0.333	1.51
C3	Block de concreto pesado 4 pulg	61	0.2	0.47	0.333	0.71
C4	Ladrillo común de 4 pulg	120	0.2	0.42	0.333	0.79
C5	Concreto pesado de 4 pulg	140	0.2	1	0.333	0.33
C6	Loseta de arcilla de 8 pulg	70	0.2	0.33	0.667	2

C7	Block de concreto ligero 8 pulg	38	0.2	0.33	0.667	2
C8	Block de concreto pesado 8 pulg	61	0.2	0.6	0.667	1.11
C9	Ladrillo común de 8 pulg	120	0.2	0.42	0.667	1.59
C10	Concreto pesado de 8 pulg	140	0.2	1	0.667	0.67
C11	Concreto pesado de 12 pulg	140	0.2	1	1	1
C12	Concreto pesado de 2 pulg	140	0.2	1	0.167	0.17
C13	Concreto pesado de 6 pulg	140	0.2	1	0.5	0.5
C14	Concreto ligero de 4 pulg	40	0.2	0.1	0.333	3.33
C15	Concreto ligero de 6 pulg	40	0.2	0.1	0.5	5
C16	Concreto ligero de 8 pulg	40	0.2	0.1	0.667	6.67
C17	Block conc. ligero 8 pulg (lleno)	18	0.2	0.08	0.667	8.34
C18	Block conc. pesado 8 pulg (lleno)	53	0.2	0.34	0.667	1.96
C19	Block conc. ligero 12 pulg (lleno)	19	0.2	0.08	1	12.5
C20	Block conc. pesado 12 pulg (lleno)	56	0.2	0.39	1	2.56
E0	Resistencia superficial interior	0	0	1	0.69	0.69
E1	Mortero o yeso de ¾ de pulg	100	0.2	0.42	0.0625	0.15
E2	½ pulg de piedra o gravilla	55	0.4	0.83	0.0417	0.05
E3	Felt y membrana de 3/8 de pulg	70	0.4	0.11	0.0313	0.29
E4	Espacio de aire en cielo susp.	0	0	1	1	1
E5	Loseta acústica	30	0.2	0.035	0.0625	1.79

Fuente: ASHRAE, Cooling and Heating Load Calculation Principles, (1998)

Anexo Tabla 21. Hoja de cálculo del software Saunier Duval con temperatura exterior de 35 °C para la sala de paneles 4.

Nombre:	Sala de Paneles 4	Ocupación:	de las 1 horas a las 24 horas		
Condiciones Externas:		Verano:34.5 ⁰ C; 79.1 % Hr ; Invierno: 15 ⁰ C			
Hora máxima de Carga: 18 horas		Sensible	Latente	Invierno	
63.2 m^2 Muros Exteriores		585 F/h	0 F/h	226 Kca	
0 m^2 Cristales Exteriores		0 F/h	0 F/h	0 Kca	
0 m^2 Paredes Interiores		0 F/h	0 F/h	0 Kca	
62.2 m^2 Techo y Tejado		2907 F/h	0 F/h	731 Kca	
0 m^2 Claraboyas		0 F/h	0 F/h	0 Kca	
62.2 m^2 Suelo		751 F/h	0 F/h	324 Kca	
100 m^3 Aire 0.6 Renv/h		362 F/h	1336 F/h	173 Kca	
4 Personas 0.06 p/m^2		232 F/h	120 F/h	0 Kca	
0.8 Kw Luces 12.9 w/m^2		550 F/h	0 F/h	0 Kca	
HP Motores eléctricos		0 F/h	0 F/h	0 Kca	
Otras Cargas		4300 F/h	0 F/h	0 Kca	
Totales		11143 F/h	9687 F/h	1456 F/h	1454 Kca

$Q_t=11143 \text{ F/h}$

$Q_t=3,68 \text{ ton de refrigeración}$

Anexo Tabla 22. Hoja de cálculo del software Saunier Duval con temperatura exterior de 35 °C para la sala de control 3 y 4.

Nombre:	Sala de Control 3 y 4	Ocupación:	de las 1 horas a las 24 horas		
Condiciones Externas:		Verano:34.5 ⁰ C; 79.1 % Hr ; Invierno: 15 ⁰ C			
Hora máxima de Carga: 18 horas		Sensible	Latente	Invierno	
40.3 m^2 Muros Exteriores		440 F/h	0 F/h	145 Kca	
0 m^2 Cristales Exteriores		0 F/h	0 F/h	0 Kca	
0 m^2 Paredes Interiores		0 F/h	0 F/h	0 Kca	
98.6 m^2 Techo y Tejado		5275 F/h	0 F/h	1159 Kca	
0 m^2 Claraboyas		0 F/h	0 F/h	0 Kca	
98.6 m^2 Suelo		1285 F/h	0 F/h	514 Kca	
375 m^3 Aire 1.3 Renv/h		1359 F/h	5010 F/h	622 Kca	
15 Personas 0.15 p/m^2		870 F/h	450 F/h	0 Kca	
2.2 Kw Luces 22.3 w/m^2		1513 F/h	0 F/h	0 Kca	
HP Motores eléctricos		0 F/h	0 F/h	0 Kca	
Otras Cargas		6622 F/h	0 F/h	0 Kca	
Totales		22824 F/h	17364 F/h	5460 F/h	2470 Kca

$Q_t = 22824 \text{ F/h}$

$Q_t = 7.55 \text{ ton de refrigeración}$

Anexo Tabla 23. Hoja de cálculo del software Saunier Duval con temperatura exterior de 35 °C para la sala de paneles 3.

Nombre:	Sala de Paneles 3	Ocupación:	de las 1 horas a las 24 horas		
Condiciones Externas:		Verano:34.5 ⁰ C; 79.1 % Hr ; Invierno: 15 ⁰ C			
Hora máxima de Carga: 18 horas		Sensible	Latente	Invierno	
63.5 m^2 Muros Exteriores		672 F/h	0 F/h	227 Kca	
0 m^2 Cristales Exteriores		0 F/h	0 F/h	0 Kca	
0 m^2 Paredes Interiores		0 F/h	0 F/h	0 Kca	
62.2 m^2 Techo y Tejado		3416 F/h	0 F/h	731 Kca	
0 m^2 Claraboyas		0 F/h	0 F/h	0 Kca	
62.2 m^2 Suelo		810 F/h	0 F/h	324 Kca	
100 m^3 Aire 0.6 Renv/h		353 F/h	1299 F/h	173 Kca	
4 Personas 0.06 p/m^2		232 F/h	120 F/h	0 Kca	
1.2 Kw Luces 13.9 w/m^2		825 F/h	0 F/h	0 Kca	
HP Motores eléctricos		0 F/h	0 F/h	0 Kca	
Otras Cargas		4127 F/h	0 F/h	0 Kca	
Totales		11854 F/h	10435 F/h	1419 F/h	1455 Kca

Qt=11854 F/h

Qt=3,92 ton de refrigeración

Anexo Tabla 24. Hoja de cálculo del software Saunier Duval con temperatura exterior de 35 °C para la oficina del jefe de turno.

Nombre:	Oficina Jefe de Turno	Ocupación:	de las 1 horas a las 24 horas		
Condiciones Externas:		Verano:34.5 ⁰ C; 79.1 % Hr ; Invierno: 15 ⁰ C			
Hora máxima de Carga: 18 horas		Sensible	Latente	Invierno	
16.5 m^2 Muros Exteriores		146 F/h	0 F/h	58 Kca	
0.9 m^2 Cristales Exteriores		112 F/h	0 F/h	27 Kca	
0 m^2 Paredes Interiores		0 F/h	0 F/h	0 Kca	
9 m^2 Techo y Tejado		492 F/h	0 F/h	105 Kca	
0 m^2 Claraboyas		0 F/h	0 F/h	0 Kca	
9 m^2 Suelo		117 F/h	0 F/h	46 Kca	
50 m^3 Aire 1.9 Renv/h		172 F/h	638 F/h	86 Kca	
2 Personas 0.22 p/m^2		116 F/h	60 F/h	0 Kca	
0.2 Kw Luces 22.2 w/m^2		137 F/h	0 F/h	0 Kca	
HP Motores eléctricos		0 F/h	0 F/h	0 Kca	
Otras Cargas		1031 F/h	0 F/h	0 Kca	
Totales	3021 F/h	2323 F/h	698 F/h	322 Kca	

$Q_t=3021 \text{ F/h}$

$Q_t=0,99 \text{ ton de refrigeración}$

Anexo Tabla 25. Hoja de cálculo del software Saunier Duval con temperatura exterior de 35 °C para el salón de reuniones.

Nombre:	Salón de Reuniones	Ocupación:	de las 1 horas a las 24 horas		
Condiciones Externas:		Verano:34.5 °C; 79.1 % Hr ; Invierno: 15 °C			
Hora máxima de Carga: 18 horas		Sensible	Latente	Invierno	
15.2 m^2 Muros Exteriores		121 F/h	0 F/h	54 Kca	
1.9 m^2 Cristales Exteriores		279 F/h	0 F/h	56 Kca	
0 m^2 Paredes Interiores		0 F/h	0 F/h	0 Kca	
19 m^2 Techo y Tejado		1016 F/h	0 F/h	223 Kca	
0 m^2 Claraboyas		0 F/h	0 F/h	0 Kca	
19 m^2 Suelo		225 F/h	0 F/h	99 Kca	
420 m^3 Aire 7.6 Renv/h		1522 F/h	5611 F/h	730 Kca	
15 Personas 0.79 p/m^2		870 F/h	450 F/h	0 Kca	
0.3 Kw Luces 15.8 w/m^2		206 F/h	0 F/h	0 Kca	
HP Motores eléctricos		0 F/h	0 F/h	0 Kca	
Otras Cargas		0 F/h	0 F/h	0 Kca	
Totales		10200 F/h	4139 F/h	6061 F/h	1162 Kca

Qt=10200 F/h

Qt=3,37 ton de refrigeración

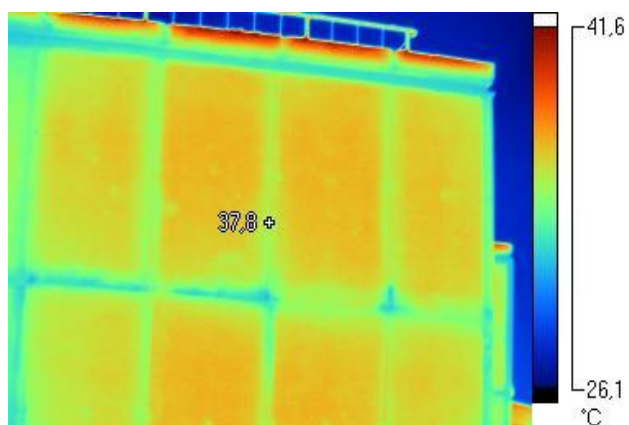
Anexo Tabla 26. Resultados del software Saunier Duval con la temperatura exterior de 35 °C hasta 50 °C por locales de la BTG en la CTE.

Temp. °C	C.T. SP 4 (F/h)	C.T. SC 3 y 4 (F/h)	C.T. SP 3 (F/h)
35	11143	22824	11854
36	11473	23681	12184
37	11851	24716	12555
38	12261	25868	12962
39	12707	27165	13405
40	13273	28711	13917
41	13849	30677	14535
42	14302	32013	14987
43	14721	33220	15400
44	15151	34479	15827
45	15596	35792	16267
46	16055	37163	16721
47	16532	38596	17193
48	17025	40095	17681
49	17536	41664	18186
50	18065	43308	18710

Continuación.

C.T. J Turno (F/h)	C.T. S Reun. (F/h)	C.T.Total (F/h)	C.T.Total (ton)
3021	10200	59042	19,5244709
3137	10971	61446	20,31944444
3274	11943	64339	21,27612434
3426	13044	67561	22,34160053
3599	14308	71184	23,53968254
3807	15851	75559	24,9864418
4073	17865	80999	26,7853836
4272	19608	85182	28,16865079
4436	20771	88548	29,28174603
4605	21991	92053	30,44080688
4785	23274	95714	31,65145503
4968	24621	99528	32,91269841
5164	26037	103522	34,23346561
5365	27526	107692	35,61243386
5577	29096	112059	37,05654762
5799	30749	116631	38,56845238

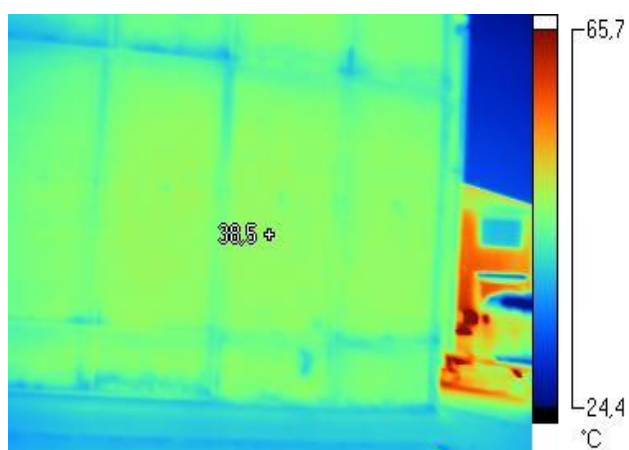
Anexo 27. Temperaturas exteriores de la BTG en la CTE.



08/06/2011 14:27:14



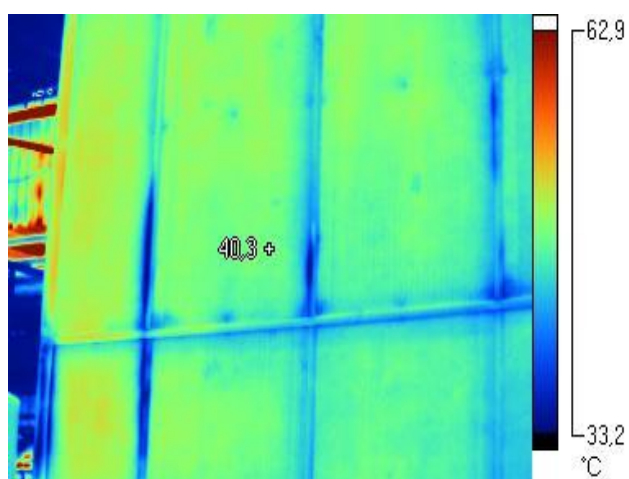
Imagen de luz visible



08/06/2011 14:28:13



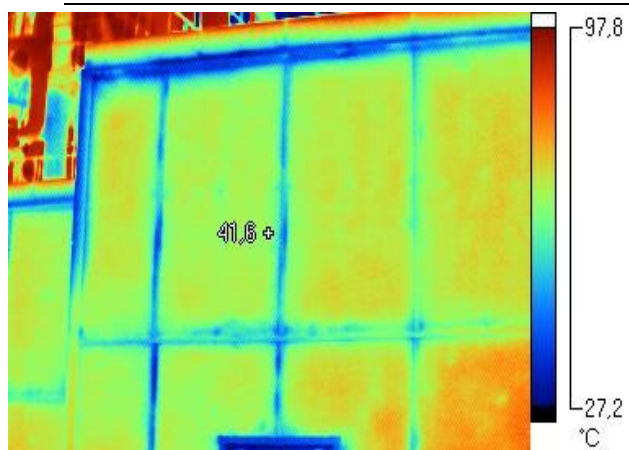
Imagen de luz visible



08/06/2011 14:29:13



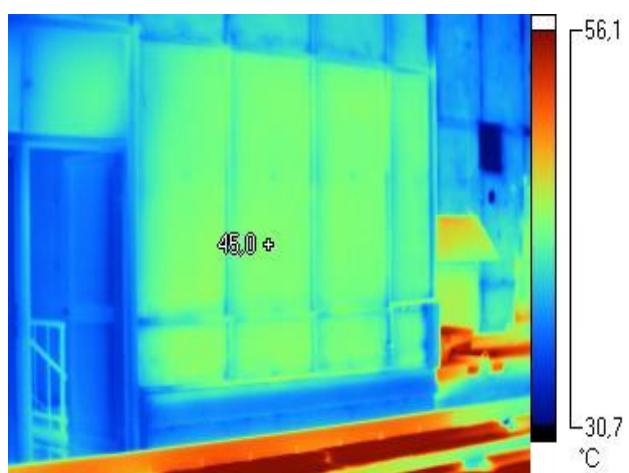
Imagen de luz visible



08/06/2011 14:30:22



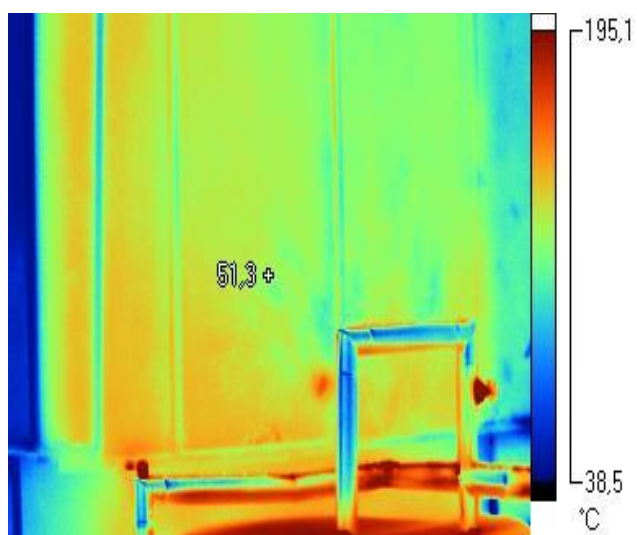
Imagen de luz visible



08/06/2011 14:31:15



Imagen de luz visible



08/06/2011 14:33:05

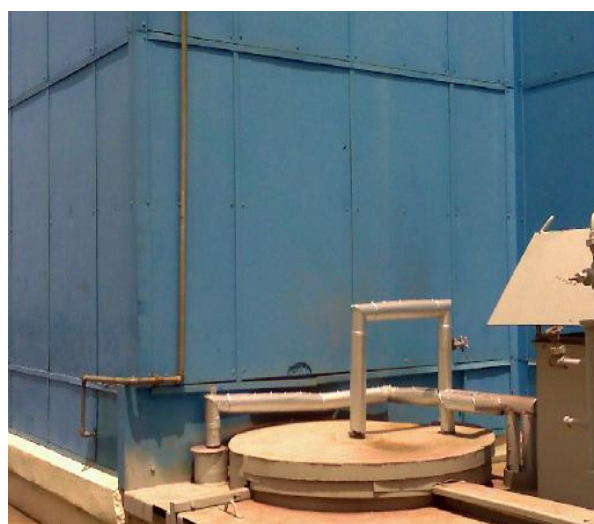
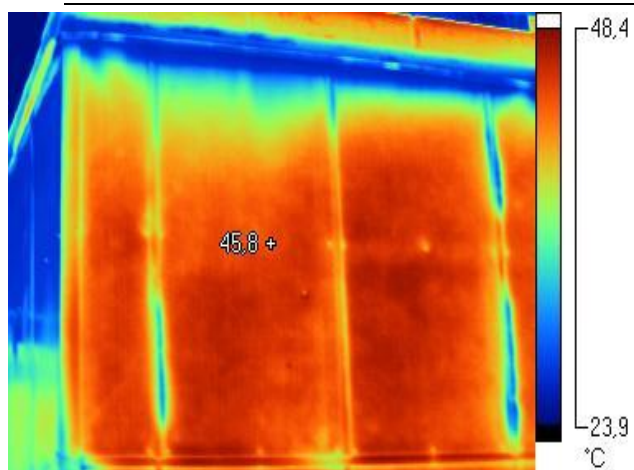


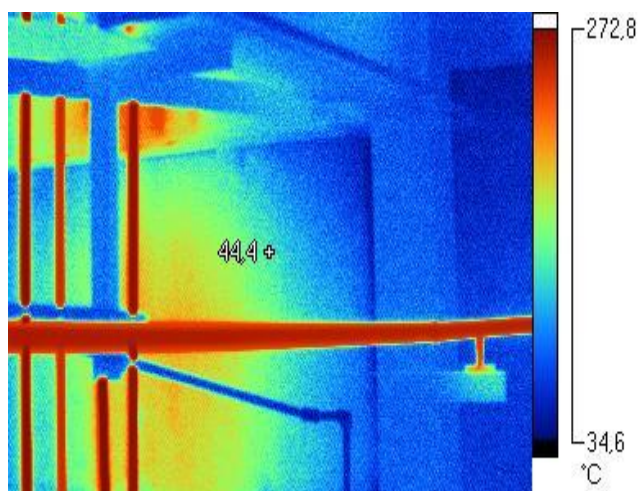
Imagen de luz visible



08/06/2011 14:33:41



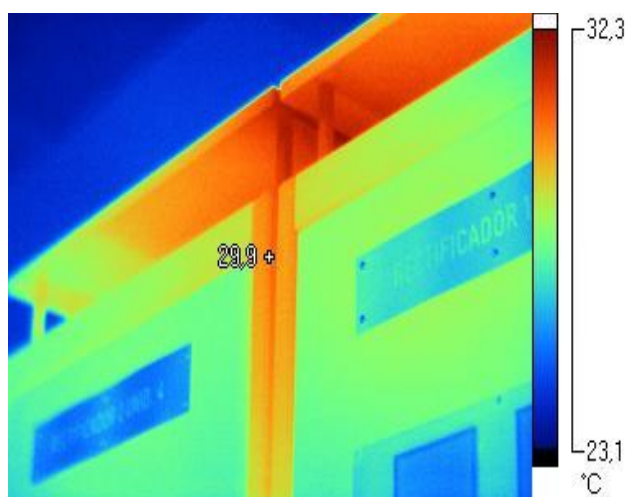
Imagen de luz visible



08/06/2011 14:35:04



Imagen de luz visible

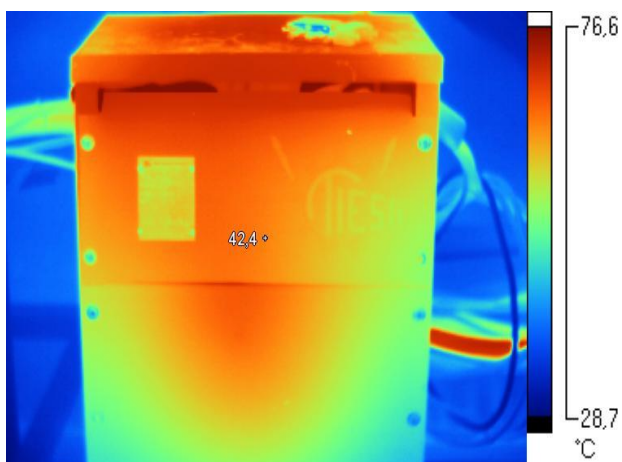


08/06/2011 14:50:00



Imagen de luz visible

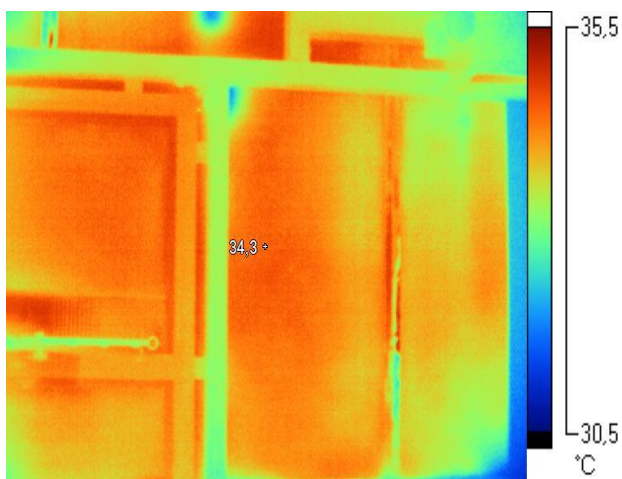
Anexo 28. Temperaturas interiores del cuarto de las máquinas climatizadoras.



16/06/2011 14:03:31



Imagen de luz visible



16/06/2011 14:04:10

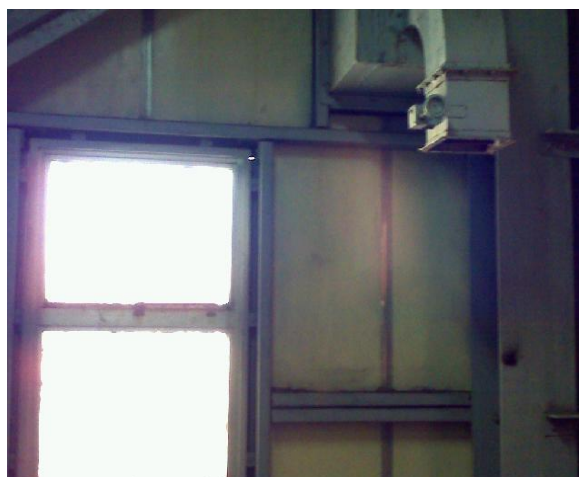


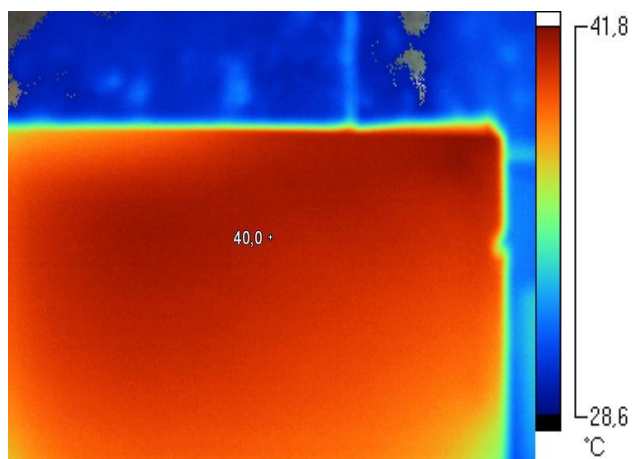
Imagen de luz visible



16/06/2011 14:04:35



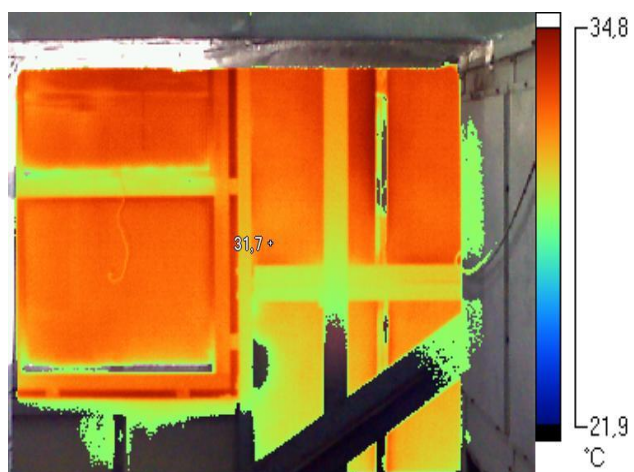
Imagen de luz visible



16/06/2011 14:10:28



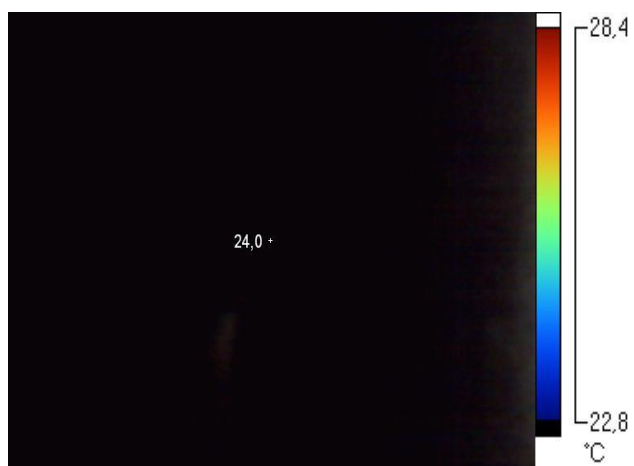
Imagen de luz visible



16/06/2011 14:05:34



Imagen de luz visible



16/06/2011 14:07:10

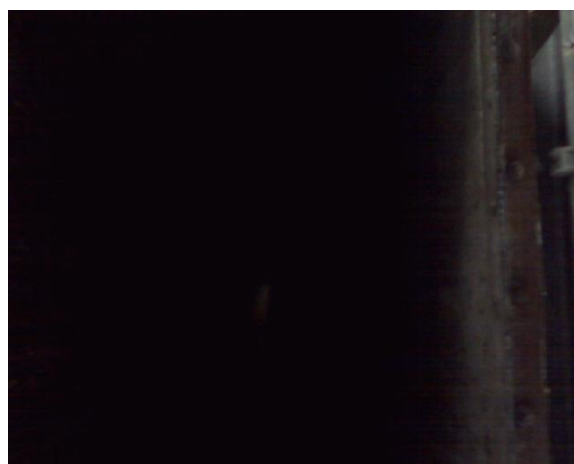


Imagen de luz visible