

**Tesis en opción al Título Académico de Master en Eficiencia Energética,
V Edición**

**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA EFICIENCIA
ENERGÉTICA EN LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN NO
CENTRALIZADOS**

Autor: Ing. Yoan Tomás Iñiguez Bermúdez

Holguín 2022



**Tesis en opción al Título Académico de Master en Eficiencia Energética,
V Edición**

**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA EFICIENCIA
ENERGÉTICA EN LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN NO
CENTRALIZADOS**

Autor: Ing. Yoan Tomás Iñiguez Bermúdez.

Tutores: Prof. Tít., Ing. Reynaldo Laborde Brown, Dr. C

Universidad de Holguín.

Prof. Tit., Ing. Rigoberto Pastor Sánchez Figueredo, Dr. C.

Universidad de Holguín.

Holguín 2022



AGRADECIMIENTOS

A mi familia y esposa por acompañarme en los buenos y malos momentos con todo el apoyo incondicional.

A mis padres por incitarme a la superación cada día.

A mis tutores por su ayuda y apoyo incondicional.

A Alejandro Peña por iniciarme en esta Maestría y orientación.

A Gabriel Hernández impulsor y amigo.



DEDICATORIA

A mis padres, por ser ejemplo de constancia y perseverancia.

A mis hijos por ser la fuente de inspiración de todas mis metas.

A mis familiares por su ayuda y comprensión.

A mi esposa por siempre confiar en mí y fiel apoyo.

A mis tutores por ser el brazo fuerte y confiar en mí.



RESUMEN

En el presente trabajo investigativo se ha analizado la influencia del inadecuado uso en cuanto a la disposición de las tecnologías de climatización no centralizados, debido al mal manejo de las cargas térmicas por las limitaciones en la estimación del aporte térmico y las insuficiencias presentadas en los sistemas de clima, tanto en el Salón Vip del aeropuerto como en el centro de Nodos de la Universidad de Holguín. Para ello se planteó un procedimiento a partir del análisis de varias metodologías con las que se determinó los factores de mayor aporte térmico y la demanda real necesitada en cuanto a potencia de clima. Se realizó un diagnóstico energético, un análisis eléctrico y se comparó el resultado obtenido en ambos lugares con el calculado por métodos más simples demostrándose su fiabilidad y correcto uso para la determinación de las cargas térmicas, ya que los métodos simples que comúnmente se emplean se alejan de la realidad. En el caso del Salón VIP se obtuvo aproximadamente la necesidad de un 40% de clima menos al instalado mientras que en el centro de Nodos la necesidad de una mayor potencia en el sistema de climatización. Además se aportó información valiosa a través de las cuales se pudieron hacer varias propuestas de mejoras para los lugares desarrollados.



ABSTRACT

In the present investigative work, the influence of the inappropriate use in terms of the provision of non-centralized air conditioning technologies has been analyzed, due to the mismanagement of thermal loads due to the limitations in the estimation of the thermal contribution and the insufficiencies presented in the systems weather conditions, both in the VIP lounge of the airport and in the Node center of the University of Holguín. For this, a procedure was proposed based on the analysis of various methodologies with which the factors of greatest thermal input and the real demand needed in terms of climate power were determined. An energy diagnosis and an electrical analysis were carried out and the result obtained in both places was compared with that calculated by simpler methods, demonstrating its reliability and correct use for determining thermal loads, since the simple methods that are commonly used are far from of reality. In the case of the VIP Lounge, the need for approximately 40% less climate than the one installed was obtained, while in the Node center the need for more power in the air conditioning system. In addition, valuable information was provided through which several proposals for improvements could be made for the developed places.



ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	
DEDICATORIA.....	
RESUMEN.....	
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	8
Introducción	8
1.1 Antecedentes de la investigación	8
1.2 Fundamentación teórica y generalidades de los sistemas de climatización.....	12
1.2.1 Conceptos y definiciones.....	12
1.2.2 Generalidades sobre los sistemas de climatización	14
1.2.3 Principales teorías y métodos para el cálculo de las cargas térmicas	25
1.2.4 Consideraciones a tener en la Climatización.	29
Conclusiones del capítulo.....	31
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN ...	32
Introducción	32
2.1 Caracterización del Salón VIP del Aeropuerto Frank País, Holguín.....	32
2.1.1 Caracterización del centro de Nodos de la Universidad de Holguín	33
2.2 Procedimiento para el diagnóstico de la carga térmica de las instalaciones.....	34
2.2.1 Método de cálculo simplificado por superficie y uso del local	40
2.3 Equipos de medición empleados	41
Conclusiones del capítulo.....	43
CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE PROPUESTAS.	44
Introducción.....	44
3.1 Cálculo de la carga térmica y análisis de resultados del salón VIP.....	44
3.1.1 Interpretación de resultados y propuestas en Salón VIP	52
3.2 Cálculo de la carga térmica y análisis de resultados del centro de nodos en la UH.	56
3.2.1 Interpretación de resultados y propuestas en el Centro de Nodos	66
Conclusiones del capítulo.....	68
CONCLUSIONES GENERALES.....	69
RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXOS	73





Universidad
de Holguín

FACULTAD
DE INGENIERÍA
DPTO. INGENIERÍA MECÁNICA



INTRODUCCIÓN

Todo desarrollo humano va muy ligado al uso y control de la energía y con ello la adquisición y explotación de los recursos energéticos para producirla, actualmente en su mayoría fósiles. Pero la tendencia al agotamiento de estos recursos limitados es cada vez más latente, desfavorecido por el incesante aumento del consumo de energía y su costo actual. Esto lleva a la necesidad imperiosa de buscar alternativas viables, ya sea con el empleo de las energías renovables, la energía nuclear, otras, o con la combinación de varias de ellas, pero lo más importante es el aprovechamiento óptimo de cualquiera de las fuentes que se empleen a cualquier escala, desde un simple hogar hasta la industria más compleja, y con el menor efecto negativo hacia con el medioambiente y el ecosistema.

En el mundo existe una incesante búsqueda de estos recursos energéticos cada vez más escasos, siendo más compleja su adquisición y el costo tecnológico asociado, donde no todos los países cuentan con esos minerales fósiles como reservas, ni con la tecnología suficiente para extraerlos, agravándose aún más cada año los precios de los combustibles en el mercado internacional, y por ende una dependencia del mercado exterior.

Nuestra Cuba de hoy no está exenta a estos problemas, pues como principal fuente de energía, al igual que la mayoría de los países lo constituyen la explotación de los recursos naturales tales como el petróleo y gas en la producción de electricidad; aunque ya se han incorporado en pequeñas cantidades el uso de algunas fuentes de energías renovables, insuficientes, pioneras, pero necesarias.

En la Isla, el alcance de los pozos petrolíferos denota el agotamiento y la limitada disponibilidad de los recursos fósiles, pues en pocos años han duplicado sus profundidades y complejidades al pasar de pozos rectos y cortos (3000 a 4000 metros) a pozos curvos, complejos, más costosos y largos (7000 a 9000 metros). Es por eso, que se hace imprescindible ahorrar energía, acabar con el derroche y emprender programas de ahorro de combustibles, sobre la base de una cultura energética encaminada al logro de un desarrollo independiente, seguro y sostenible, con el máximo ahorro en su uso final y la utilización de tecnologías de alta eficacia.

La eficiencia energética en su concepción más amplia pretende mantener el servicio que presta, reduciendo al mismo tiempo el consumo de energía. Es decir, se trata de reducir las pérdidas que se producen en toda transformación o proceso, incorporando mejores hábitos de uso y mejores tecnologías. Incluso es ir más allá de sólo mantener los servicios que se obtienen de la energía y se demuestra, con múltiples ejemplos, que es posible reducir a la mitad el consumo duplicando los beneficios.

Los equipos de climatización significan un alto porcentaje del gasto total en energía generado a nivel mundial. En cuanto a los aparatos electrodomésticos, la refrigeración representa el 35 por ciento de la energía total consumida, mientras el aire acondicionado significa el 26 por ciento, lo cual representa más del 60 por ciento de la energía consumida.

Es de gran importancia tanto en empresas como en los hogares, poder reducir el consumo de energía no solamente para bajar los costos que resultan del consumo sino también para promover la sustentabilidad de su entorno, porque si se logra ganar en materia de eficacia de consumo de energía será plausible aumentar el rédito económico de una empresa, o en su defecto bajar el costo del consumo en una casa particular (Nordelo, 2006).

Hoy, es absolutamente posible reducir el consumo de energía a partir de la elección de artefactos eléctricos, de iluminación y electrodomésticos eficientes en este sentido y por supuesto logrando que los consumidores modifiquen sus hábitos de consumo, por ejemplo, apagando las luces de aquellos espacios o habitaciones de la casa que no se están utilizando y comprando aquellos aparatos que la autoridad competente haya clasificado como eficientes en materia de ahorro energético (Schneider, 2010).

Los sistemas de climas necesarios en el acondicionamiento del aire se han hecho indispensables en todo local, pues el tratamiento del aire en estos tiempos ya no es un lujo como muchos lo consideran, sino más bien una necesidad, porque está destinado al confort de las personas y a preservar la salud humana. Con ellos, en los espacios cerrados se logran que sus condiciones de habitabilidad, cumplan las exigencias de confort y satisfacción de permanencia en el lugar de sus ocupantes. Por lo tanto, la eficiencia de los

procesos de acondicionamiento del aire conllevara a cuantiosos ahorros de cualquier sociedad (Huanca, 2016).

En Cuba por presentar un clima veraniego todo el año se hace necesario su uso, manifestándose como los mayores consumidores en empresas, hogares e instalaciones hoteleras, en estas últimas con consumos muy por encima del 60 % de la energía total consumida, números que alzan la atención por el gran número de hoteles, y sumándosele el incremento del turismo, factores negativos de deterioro por el mar, condiciones extremas, pocas inversiones en cuanto al cambio tecnológico y sistemas automáticos, escasos mantenimientos, y los malos procedimientos en el cálculo de las cargas térmicas para su instalación correcta y eficiente que será el centro principal de este estudio

Numerosos trabajos han abordado este tema en cuanto a la implementación eficiente de los sistemas de climas en nuestro país. Dejándose bien claro las dificultades, los errores de cálculos térmicos o escasos lugares donde se han abordados con la complejidad requerida no llegando al máximo en la eficiencia de estos sistemas; pero a su vez se han dado disímiles soluciones que aunque aparentemente están recogidas de manera global en diferentes manuales, se saltan en su aplicación o hay que ajustarlas de manera propia en cada lugar, pensando en no sólo el momento de hoy sino con una predicción a más largo plazo, con sistemas más duraderos pero a la vez más eficientes, con planeamientos de mantenimientos y ejecuciones de los mismos, el tiempo vital para el cambio requerido por envejecimiento o simplemente por el cambio tecnológico necesario, la incorporación de sistemas automáticos he inteligentes en las grandes instalaciones de servicio y hotelería, tales como los sistemas inmóticos propuestos por Castro, 2022. Esas y muchas más soluciones urgen. La necesidad imperiosa del ahorro energético está saltando a la vista, siendo los sistemas de clima uno de los más impactantes por su necesidad, impacto ambiental y mal manejo.

Según su tecnología los sistemas empleados en nuestro país son los sistemas de climatización aire – aire, porque consisten en extraer la energía calorífica del aire de un lugar para cedérsela al aire de la otra ubicación, siendo los más comunes: Aires

Acondicionados de Ventana, Aire Acondicionado Split convencional e inverter y los de menor uso el Aire acondicionado por conductos y los portátiles.

Para el manejo de instalación de estos aires es necesario un adecuado cálculo de la demanda térmica del lugar o espacio donde se dispondrá, realizándose de la forma más o menos precisa en dependencia de la importancia del local, la complejidad o el grado de funcionamiento que se requiera, es decir, puede ser de:

- Baja precisión: Se hace el cálculo por metros cuadrados del local, que es lo que comúnmente se utiliza en las habitaciones de viviendas, pequeñas tiendas, oficinas, hasta $100 m^2$.
- Media precisión: Es una hoja de carga simple sin condiciones exteriores para comercios y locales públicos hasta $300 m^2$.
- Alta precisión: Se hace un estudio de carga completa con el calor sensible y latente incluido, generalmente para locales públicos de cualquier tamaño, locales con características especiales, cristalerías y demás.
- Muy alta precisión: Es mediante simulación completa por computadora para grandes locales y de relevada complejidad.

Se es más preciso cuando se toman la mayor cantidad de datos, así estaremos más cerca de tener un ambiente más agradable, por lo que proponemos el empleo del método de cálculo con “alta precisión” para cualquier local, ya que se pueden corregir y determinar con mayor exactitud el grado de pérdidas y eficiencia del clima o instalación, fundamentales en el ahorro energético; rompiendo con los esquemas de montaje de la mayoría de los aires instalados en los locales del país por baja precisión y de algunos otros pocos por media precisión.

La ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and air Conditioning Engineers) define el acondicionamiento del aire como: “El proceso de tratar el aire, de tal manera, que se controle simultáneamente su temperatura, humedad relativa, limpieza y distribución, para que cumpla con los requerimientos del espacio acondicionado”. Huanca (2016)

Situación problemática:

Los sistemas de climatización son cada vez más demandados para mantener el necesario confort en su uso diario y continuo, ya sea desde una oficina, el hogar, espacios públicos o en edificaciones hoteleras. Uno de los problemas fundamentales es su alto consumo energético, aportando en la mayoría de los casos el mayor por ciento del costo eléctrico de una instalación, y aún más cuando la tendencia es a ser dispuestos de manera ineficientes. En la mayoría de las instalaciones donde se utilizan estos sistemas se adoptan medidas para lograr un uso más eficiente de los mismos, sin embargo, pocas veces se logran los resultados esperados debido principalmente a las limitaciones existentes durante la estimación de las cargas térmicas de los locales y a las insuficiencias durante la consideración de las magnitudes eléctricas de los equipos climatizadores.

Problema de la investigación:

Limitaciones en la evaluación de la influencia de los sistemas de climatización no centralizados sobre la eficiencia energética de una entidad.

Objeto de la investigación

Sistemas de climatización no centralizados

Campo de acción

Metodologías para la evaluación de la eficiencia energética de los sistemas de climatización no centralizados.

Objetivo general de la investigación

Evaluar la influencia de los sistemas de climatización no centralizada sobre la eficiencia energética de las entidades, mediante la aplicación combinada de diferentes metodologías, a fin de lograr mayores resultados en el ahorro de energía eléctrica durante la explotación de estos sistemas.

Objetivos específicos

1. Evaluar el uso combinado de las metodologías que conformen los pasos a seguir en la determinación de las cargas térmicas.
2. Evaluar en dos entidades diferentes el método propuesto con las formas de cálculo de menor complejidad.
3. Demostrar las potencialidades de ahorro a partir de esta metodología y su validez en la obtención de los factores que más inciden.

Hipótesis

Si se hace un uso combinado de las metodologías establecidas para el cálculo de las cargas térmica de los locales, con las metodologías establecidas para evaluar el comportamiento energético de los equipos climatizadores, se pueden obtener mejores resultados en el ahorro de energía eléctrica durante la explotación de estos equipos.

Tareas de la investigación

1. Revisión y búsqueda bibliográfica sobre la eficiencia de los sistemas de clima y los métodos de cálculos de carga térmica.
2. Desarrollo del trabajo de campo.
3. Procesamiento y evaluación de los resultados.
4. Análisis de Costo-Beneficios.

Método de la Investigación.

Métodos teóricos:

Análisis y síntesis: permitió llegar a conclusiones concretas con respecto al funcionamiento eficiente de los sistemas de climas.

Histórico-lógico: Se empleó para el estudio de los antecedentes de la investigación.

Hipotético-deductivo: Para definir los aspectos que contiene la hipótesis y comprobar la misma.

Métodos empíricos:

Revisión bibliográfica: se facilita la actualización de la documentación para obtener la información necesaria durante el desarrollo de la investigación y la aplicación del procedimiento del cálculo de las cargas térmicas.

Observación científica: permitió evaluar el problema, determinar limitaciones de la presencia de estudios térmicos.

Auditoría energética: Herramienta fundamental en la evaluación del desempeño energético. Cualquier actuación de mejora, estrategia de optimización o asignación de responsabilidades derivadas del uso de la energía requieren de un análisis profundo de la información disponible, identificando y priorizando alternativas a las prácticas en curso y cuantificando los ahorros potenciales para una toma de decisiones fundamentada. El nivel básico de detalle de una auditoría da lugar a un diagnóstico energético, que sería un primer paso en la evaluación.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

Introducción

En este capítulo se presenta el estado del arte sobre el tema, con las particularidades tratadas por los diferentes autores en diferentes lugares he instalaciones y su análisis crítico; se exponen las principales teorías sobre las que se basa el estudio, así como el conocimiento de definiciones y conceptos en el cálculo de las cargas térmicas.

1.1 Antecedentes de la investigación

En el desarrollo de la investigación se consultaron diferentes trabajos y estudios, la revisión bibliográfica estuvo dirigida en todos los aspectos relacionados con los sistemas de climas, sus tecnologías y las instalaciones eficientes, centrándose en esta última con los diferentes enfoques en el cálculo de las cargas térmicas con los diferentes grados de complejidad desde el punto de vista teórico metodológico y práctico de estudios similares que se han proyectado en los últimos años.

García (1998), realiza el estudio de la carga térmica sobre la batería de enfriamiento, para ello emplea el procedimiento de cálculo para los ciclos con enfriamiento y deshumectación. En el trabajo el autor realiza además el dimensionamiento de los conductos y determina la pérdida de presión en los mismos. De manera significativa expone la selección del equipamiento con las ventajas y desventajas asociadas a los mismos. Otro aporte importante de la investigación es que sintetiza el impacto ambiental asociado a instalaciones de climatización.

Torres (1999) establece los aspectos teóricos fundamentales sobre la climatización y desarrolla su estudio con el objetivo de estimar la carga térmica en los locales del Centro de Proyecto. El método empleado por el autor consiste en determinar las ganancias sensibles y latentes presentes en los locales objeto de estudio y posteriormente evalúa el ciclo de evolución del aire con enfriamiento y deshumectación. Luego realiza la selección

del equipamiento necesario para los locales basado en criterios técnicos y económicos para lo cual consultó las ofertas de precios de dos firmas especializadas con lo cual establece la variante racional para la climatización; las recomendaciones expuestas por el autor se basan en criterios técnicos y contribuyen al ahorro en el consumo de energía de los equipos instalados.

Soriano (2002) dedica su trabajo al cálculo de la carga térmica del local de Servidores de la Empresa Comandante Pedro Soto Alba y determina en función de la misma la capacidad de refrigeración necesaria para mantener las condiciones propicias dentro del mismo, tanto desde el punto de vista del confort humano, como para evitar la corrosión. Además, selecciona y diseña el sistema de conductos que garantiza una correcta distribución del aire dentro del local, una máxima eficiencia económica y una operación tranquila y sin ruidos. Propone el equipamiento y los dispositivos de refrigeración a instalar, así como el refrigerante a utilizar.

Al cálculo verificativo de la carga térmica de climatización del Centro Comercial de Moa dedica su trabajo Durán (2004). En el mismo se evalúa la carga térmica real que se requiere vencer en los locales para lograr las condiciones de confort adecuadas.

Por su parte Valdespino (2004) en su trabajo determina las cargas térmicas y el balance energético de los locales del Sistema de Viviendas en Moa, el cual permite una adecuada selección del equipamiento para la climatización a partir del método de cálculo empleado.

Ruiz (2004) aborda en su estudio las particularidades técnicas que permiten estimar las cargas sobre la batería de enfriamiento en diferentes locales (Politrauma, Laboratorio de Urgencia, Cuerpo de Guardia, Consulta de Cirugía, entre otros) para ello calcula las ganancias sensibles y latentes en cada uno de ellos. De acuerdo con los cálculos realizados por el autor en la instalación existe una capacidad instalada igual a 697 kW y la estimada es de 617.84 kW lo que demuestra que las principales deficiencias existentes en el confort se deben a la mala distribución del aire, debido a que la capacidad instalada es suficiente para satisfacer las demandas. El autor expone además las características del sistema central de climatización y realiza el cálculo de las ganancias de calor en el conducto de

distribución.

Abella (2005), Realiza el estudio de la climatización de las instalaciones hoteleras de Villa Coral y Villa Vigía pertenecientes a la empresa de servicios de la Unión del Níquel. Determinó las cargas térmicas de estas instalaciones, pero solo se limitó a hacer una propuesta de sustitución de los equipos que no satisfacían la carga térmica estimada en su investigación.

Mariño (2005), Realizó el estudio de la climatización del cine de Moa, calculó las diferentes ganancias térmicas que existen en el mismo. Hace una propuesta de los equipos que pueden ser utilizados, para lograr un mayor confort y una estancia agradable de los clientes en la instalación, con la mayor eficiencia posible.

Pérez (2006), Realizó un estudio sobre la situación de los locales climatizados del edificio administrativo de la ECRIN con el objetivo de evaluar el consumo energético por concepto de climatización. En los resultados obtenidos mostró la existencia de equipos sub-utilizados y sobredimensionados. Determinó los costos por concepto de compra y el consumo de energía en la climatización.

Tamayo (2007), desarrolló un estudio en instalaciones hoteleras de la Empresa de Servicios a la Unión del Níquel “Camilo Cienfuegos Gorriarán”, confirmando que el 43% de los equipos están sobredimensionados en alguna medida, el otro 57% se considera correctamente instalado. Los gastos por concepto de consumo de energía eléctrica en la climatización de los locales estudiados es de 126 472.5 CUC/año.

Maresma (2007), hizo un estudio de la climatización de las Instalaciones Hoteleras de la ESUNI (Hotel Caribe, Villa Blanca, La Llanita), determinó las condiciones de diseño exterior y las condiciones de diseño para el interior de los locales, e hizo una propuesta de los diferentes equipos que pueden adquirirse para lograr un mayor confort y una estancia agradable a los clientes de la instalación.

Castro Rodríguez (2022), aborda la gestión inteligente de energía para los hoteles del polo

turístico de Holguín donde se utiliza la inmótica como principal herramienta, con el objetivo de implementar un sistema de control ocupacional que permita lograr un ahorro de portadores energéticos en el Hotel Club Amigo Guardalavaca. Dentro de los resultados comprobó que los sistemas de climatización en las habitaciones representan del 60% del consumo total de la energía eléctrica y se implementó un sistema inmótico basado en el control automático de la ocupación que permitió reducir en más del 40 % el consumo de energía en el hotel.

Monmey (2022), analizo la influencia del inadecuado uso de las tecnologías en los sistemas de iluminación y sistema de climatización en el edificio administrativo de la Empresa Eléctrica de Holguín con respecto al consumo eléctrico, considerando la necesidad de realizar un aprovechamiento óptimo de la energía y de resolver deficiencias en la Gestión energética en la edificación. Demostró que con el uso y aplicación eficiente de las nuevas tecnologías se logra ahorros energéticos en el sistema de iluminación de 57,75MWh en el año y en el sistema de climatización se estima un 39% de ahorro como promedio. El uso eficaz de Fuente Renovable de Energía reduce el consumo energético anual en el horario del día en un 18,7 %. Observando que los sistemas instalados a pesar de ser de tecnologías modernas no se utilizan de manera óptima y eficiente.

Los trabajos consultados excepto el de Castro (2022) que promueve la automatización de los sistemas de clima, muestran la aplicación del método de cálculo para la estimación de la carga térmica, pero el análisis mostrado por los diferentes autores se limita a la selección del equipamiento, solo Pérez (2006), Tamayo (2007) y Maresma (2007) hacen comparaciones acertadas para determinar el estado técnico de los equipos instalados y su impacto sobre los consumos energéticos, Monmey (2022) por su parte hace alusión al mal uso de las tecnologías recayendo sobre las deficiencia de la gestión energética. Aspectos similares a estos serán abordados en esta investigación, pero partiendo de un diagnóstico energético con las cargas térmicas.

1.2 Fundamentación teórica y generalidades de los sistemas de climatización

1.2.1 Conceptos y definiciones

Climatización: Es la acción y el efecto de climatizar, es decir, el dotar a un espacio cerrado de las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y, a veces, también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas.

Sistemas de climatización: Son dispositivos mecánicos que son capaces de modificar la temperatura, la humedad, y la circulación y pureza del aire para establecer un confort térmico y una buena salubridad del aire. (Wikipedia)

Climatización no centralizada: Es aquella donde se emplean equipos de clima unitarios en un local específico donde cada uno puede funcionar independientemente. Por lo tanto, es necesario al menos uno por local a acondicionar.

Sistemas centralizados: Todos sus componentes están ubicados en una sola máquina donde se lleva a cabo el proceso de acondicionamiento de aire.

Sistemas unitarios y semicentralizados: El montaje de los equipos es individual en cada local.

Aire Acondicionado: Es un aparato que a través de su programación permite regular la temperatura de un espacio, ya sea aportando calor o refrigerándolo. Incluso, la mayoría de los equipos permiten regular otras cuestiones como son la humedad ambiental y la renovación del aire.

Potencia de refrigeración: Es la capacidad de enfriamiento y tiene como base el funcionamiento pleno del sistema.

Confort térmico: Es un concepto subjetivo que expresa el bienestar físico y psicológico del individuo cuando las condiciones de temperatura, humedad y movimiento del aire son favorables a la actividad que desarrolla.

Carga térmica: Es la cantidad de energía que un área necesita para conservar o conseguir determinadas condiciones de temperatura y humedad, con el fin último de una aplicación específica, ya sea residencial o propia de una actividad concreta.

Cargas térmicas sensibles: Aquellas que van a originar una variación en la temperatura del aire.

Cargas térmicas latentes: Aquellas que van a originar una variación en la humedad absoluta del ambiente

Carga térmica real o efectiva: Es la cantidad instantánea de calor añadida o eliminada por el equipo de calefacción o climatización, para alcanzar las condiciones de diseño o las deseadas.

Aportación instantánea de calor: Es la cantidad de calor que llega en un momento determinado al local de referencia. Conocida también como ganancia o pérdida de calor.

Infiltración: Intercambio de aire acondicionado con aire exterior a través de puertas abiertas y grietas.

Ventilación: La sustitución controlada de aire acondicionado por aire exterior.

Efecto de choque: Es el cambio de temperatura brusco que se percibe y ocurre con la entrada súbita al local acondicionado o viceversa, y fundamentalmente en los meses de verano, por ser estos los meses de mayor temperatura en el exterior y por tanto mayor diferencia de temperatura entre el interior y el exterior.

Eficiencia energética: Uso eficiente de la energía y se mide en un valor conocido como Relación de Eficiencia Energética (REE), mejor conocido por sus siglas en inglés EER (Energy Efficiency Ratio). Este valor se mide en unidades de potencia térmica (W_t) / unidades de potencia eléctrica (W_e). Entre mayor sea el valor de eficiencia energética más eficiente será el producto, invirtiendo menos potencia eléctrica durante su operación para abatir así una mayor carga térmica de la habitación o espacio que se desea acondicionar.

$$REE = \frac{W_t}{W_e} \quad (1.1)$$

Un sistema aislado: es aquel que no puede intercambiar materia ni energía con su entorno.

Un sistema cerrado: es aquel que sólo puede intercambiar energía con su entorno, pero no materia.

Un sistema abierto: es aquel que puede intercambiar materia y energía con su entorno.

1.2.2 Generalidades sobre los sistemas de climatización

La climatización es más que enfriar o calentar un área determinada, pues consiste en crear las condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para obtener un cierto grado de confort dentro de los espacios habitados. Ésta puede ser natural o artificial y tiene dos vertientes (Tamayo Pupo, 2022):

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

Los sistemas de climatización se clasificarán de diversas formas, ellas definirán como calcularlas según su aplicación:

- A. Por su misión, fundamentalmente para el confort y para procesos industriales.
- B. Por la estación en que actúan, generalmente se toman solo verano, solo invierno y en otros casos todo el año.
- C. Por su instalación.
 - Sistemas centralizados.
 - Sistemas unitarios y semicentralizados.

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

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

- ✓ El aire: Su temperatura, velocidad y humedad relativa.

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

La aportación de calor se dividirá en dos características principalmente, ellas son:

- Carga térmica real o efectiva
- Aportación instantánea de calor

La ganancia y la carga térmica real rara vez serán igual debido a la inercia térmica o efecto de acumulación de calor en las estructuras constructivas, tales como:

- Transmisión a través de paredes, techo, suelo, puertas, conducciones y tuberías.
- Radiación y conducción a través de ventanas.
- Ocupantes.
- Equipos eléctricos (Calor procedente de las luces, motores y otros aparatos).
- Infiltración.
- Ventilación.
- Carga latente.

En el caso de las ganancias sensibles, las fuentes de mayor peso en la generalidad de los casos son:

- Radiación solar.
- Iluminación eléctrica.
- La transmisión de calor producto de la diferencia de temperatura seca del aire exterior e interior del local.
- Ocupantes.

Al analizar detalladamente las ganancias o aportaciones de calor que influyen en la carga de un local se llega a las siguientes conclusiones:

- El uso de dispositivos auxiliares de sombra como cortinas de tela, persianas interiores o exteriores disminuyen el valor de las ganancias por insolación.
- Vidrios distintos al simple u ordinario, absorben una mayor fracción de la radiación solar debido a un mayor espesor o tratamientos especiales. Estos vidrios disminuyen la radiación directa transmitida al espacio acondicionado a expensas del incremento en la radiación absorbida, que luego se transmite por convección al interior y exterior de la superficie acristalada.
- El fenómeno del flujo de calor se complica por el hecho de que la estructura tiene una capacidad térmica de tal forma que una parte del calor que fluye a través de la estructura se almacena, siendo rechazado al interior en un tiempo posterior a la incidencia de los rayos solares.
- En ciertos cálculos de la carga de enfriamiento el calor desprendido por los ocupantes constituye una parte despreciable de la carga. Sin embargo, en otros casos tales como teatros, restaurantes, etc., la carga de enfriamiento de los ocupantes puede ser la más importante.

La acumulación de calor

Este término se establece como resultado del tiempo que demora la superficie interior de las paredes de los locales en incrementar su temperatura o disminuirla con respecto al exterior, esto hace que en horas de la mañana la temperatura interior de la pared sea menor que la del exterior incluso en horas que pueden alcanzar las 11:00 am en Cuba, en el horario de la noche ocurre lo contrario, la temperatura de la pared interior es superior al exterior, experimentándose en este caso un proceso de intercambio térmico pared medio exterior.

Relación hombre/cargas térmicas

El organismo humano como consecuencia de sus procesos metabólicos, produce continuamente cierta cantidad de calor, esta energía es transmitida al exterior por los siguientes procesos de intercambio térmico (Regalado Nuñez, 2016):

- ✓ **Por convección:** El cuerpo pierde calor por convección siempre que su temperatura media sea superior a la temperatura de bulbo seco del ambiente, en este proceso influyen, además de la temperatura de bulbo seco, la velocidad del aire y el vestuario.
- ✓ **Por radiación:** El cuerpo perderá calor por radiación cuando su temperatura es mayor que la temperatura media radiante de las superficies que lo rodean. La cantidad de calor intercambiado dependerá del tipo de ropa usada y de la temperatura de la superficie del local evaluada por la temperatura media de radiación.
- ✓ **Por evaporación:** El cuerpo transfiere calor por evaporación a través del vapor de agua exhalado por las vías respiratorias, de la transpiración a través de la piel y de la sudoración.

La pérdida de calor por evaporación depende de la humedad relativa del aire, velocidad del aire, de la temperatura de bulbo seco, así como del vestuario utilizado.

Se puede resumir que el cuerpo humano mantiene su equilibrio térmico con los alrededores, este puede realizarse desde el hombre al medio o viceversa hasta obtener el equilibrio.

Este intercambio de calor está limitado por varios factores, dentro de los cuales se pueden mencionar la temperatura de bulbo seco (tbs) ambiente, la humedad relativa, la velocidad del aire y la temperatura media radiante de las superficies del local.

Clasificación de las cargas térmicas

Las cargas térmicas pueden clasificarse:

Por su origen, estas pueden ser:

- **Exteriores:** Aportaciones de calor originadas en el exterior del local acondicionado, estas pueden ser debido a la radiación solar a través de los cristales que conforman la habitación; la radiación y transmisión de calor a través de las paredes, techo y ventanas por la diferencia de temperatura entre la superficie interior y la exterior; por la transmisión de calor a través de infiltraciones de aire desde fuera del local

analizado ; por la transmisión de calor a través de tabiques¹, esto ocurre por la diferencia de temperaturas entre las superficies exterior e interior del tabique; por el aire exterior necesario para la ventilación necesario para renovar el interior y suprimir los olores.

¹Se llamará tabique a las paredes que dan a otro local y que no reciben sol.

- **Interiores:** Son aportaciones de calor que se originan en el interior de los locales acondicionados, pueden ser originadas por el calor emitido por los ocupantes del local, por el calor desprendido por la iluminación o por los equipos y motores durante en su funcionamiento dentro del local.

Por su naturaleza, estas pueden ser:

- **Sensibles.** Es una aportación de calor o aumento de la temperatura del local, todas las fuentes son emisoras de calor sensible.
- **Latentes.** Provocan un aumento del contenido de humedad del aire o provoca un aporte de vapor al aire; las fuentes de aporte de calor latente en los locales son: por infiltraciones, por las personas que ocupan el local, por el aire exterior empleado como ventilación y por algunos procesos que pueden originarse en el local.

Por su comportamiento, estas pueden ser:

- **Constantes.** Son aquellas en la que su magnitud es constante durante todo el tiempo como por ejemplo las producidas por la iluminación, los motores o determinados procesos.
- **Variables.** Son aquellas cargas térmicas que varían en el tiempo entre las que se pueden encontrar la radiación solar, la ganancia de calor a través de paredes y techos, etc. (Coronel Toro, 2005).

Con esta clasificación quedan las cargas externas e internas relacionadas con el calor sensible y latente de la siguiente forma:

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



- La radiación solar a través de superficies acristaladas (carga sensible).
- El calor transmitido a través de las estructuras del local a causa de las diferencias de temperaturas entre el aire exterior e interior del local, las que son denominadas ganancias por transmisión (carga sensible).
- Las ganancias térmicas originadas por el aire exterior infiltrado a través de aberturas o grietas del local (carga sensible y latente).

Las fuentes de calor internas al local pueden ser:

- Los ocupantes (carga sensible y latente).
- La iluminación eléctrica (carga sensible).
- Equipos instalados dentro del local (carga sensible y latente).
- Otros (carga sensible y latente).
- Los motores eléctricos (carga sensible).
- Los procesos de trabajo tecnológico (carga sensible y latente).

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

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

Condiciones de diseño interior

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

Hasta este momento no existe ninguna regla para la selección de estas condiciones, pero existen algunos factores que las definen (Regalado Nuñez, 2016):

Por ocupantes del local

- **Clima del lugar:** Generalmente las personas que viven en zonas climáticas más frías se sienten confortables a temperaturas efectivas más bajas que personas que viven en zonas cálidas. De ahí que sí se utilizan normas o valores fijados para zonas frías deberá, para nuestras condiciones, tomarse estos valores con uno o dos grados por encima. También existen algunas variaciones en cuanto a las estaciones, en invierno se prefiere temperaturas más bajas que en verano. Las personas de climas cálidos acostumbrados al uso de ventiladores prefieren un movimiento de aire más perceptible dentro de los locales acondicionados que las personas de zonas frías.
- **Tiempo de utilización del local o tiempo de ocupación:** La experiencia indica que a medida que el tiempo de estancia es menor, las condiciones de confort (temperatura específica) tiendan a alejarse de las correspondientes a un óptimo para estancias por largo tiempo. Cuanto el tiempo de ocupación es corto se prefieren temperaturas más elevadas, algo cercanas al exterior; esta desviación, aunque no es grande es lo suficiente como para considerarla en cuanto al costo por grado de temperatura de enfriamiento en grandes instalaciones, por ejemplo: grandes almacenes de venta, grandes oficinas de atención al público, grandes tiendas por departamentos, entre otros.
- **Ropa que utilizan los ocupantes normalmente (vestuario):** En este caso influye la costumbre que tengan las personas de vestirse, lo cual depende mucho del clima; por ejemplo, en Cuba las personas por lo general gustan de usar ropas ligeras, producto de las altas temperaturas. Depende también del uso que tenga el lugar a climatizar, por ejemplo, a un restaurante las personas acostumbran a ir elegantemente vestidas, a un teatro, etc. Todo esto debe tenerse en cuenta durante el estimado de la carga térmica. Por tanto, la ropa que se utiliza afecta la emisión de calor desde el cuerpo al medio circundante.

- Actividad que se desarrolla: La actividad influye decisivamente en la temperatura efectiva que se desea en el local. Las fábricas donde se realizan trabajos fuertes requieren temperaturas más bajas que un auditorio donde los ocupantes están cómodamente sentados.

Cuando se tienen locales con gran densidad de personas como en cines o auditorios, el efecto del calor por radiación, es suficiente como para que se requiera una leve disminución de la temperatura que se requiere para otra situación. En Cuba generalmente se usan como condiciones de diseño interior en locales de uso común para el confort humano, la tbs de 24 ° C, la humedad relativa del 60 %, la velocidad del aire de 1 a 2 m/s.

Antony (1995) plantea que para satisfacer a la mayoría de las personas que van a un cine deberá mantenerse una temperatura de bulbo seco que oscile entre los 22 y los 23 ° C, pero no deberá ser superior a los 24 ° C.

Las categorías de trabajo son:

- Trabajo ligero: Trabajo que se desarrolla sentado, parado o combinado con marcha, pero sin tensión física sistemática, con un gasto energético de hasta 162 W.
- Trabajo moderado: Trabajo con marcha constante, con marcha y traslado de pesos no mayores de 10 kg, parado o sentado con movimiento sistemático de las extremidades con un gasto energético entre 172 y 293 W.
- Trabajo pesado: Trabajo con tensión física sistemática, con movimiento constante cargando pesos mayores de 10 kg, con un gasto energético mayor que 293 W. Esta medida es aplicable cuando la temperatura de globo (tg) es igual a la temperatura de bulbo seco, (lo cual supone que la temperatura media radiante sea igual a la de bulbo seco), de lo contrario hay que efectuar una corrección a la temperatura de bulbo seco. (Antony, 1995).

Estudios a tener en cuenta para el diseño de interiores

Para el diseño de forma exitosa se tendrán en cuenta los siguientes aspectos.

- Edad y sexo. Experimentalmente se ha demostrado que las mujeres prefieren un grado de temperatura por encima de los hombres, así mismo hombres y mujeres de más de 40 años prefieren un grado más que los menores de esa edad.
- Efecto de choque. Para disminuir este efecto desagradable se deben utilizar vestíbulos o salones de espera con temperaturas intermedias entre la interior y la exterior. Cuando el tiempo de ocupación es corto las condiciones interiores están determinadas por la minimización de este efecto.
- Estudio económico del confort a obtener. Este término está relacionado con las condiciones de confort que se desean y su costo económico de esta forma se distinguen tres grandes grupos: máximo, normal y mínimo.

Condiciones de diseño exterior

Se denominan a los valores de temperatura a bulbo seco y húmedo, humedad relativa, variación diurna de temperatura, velocidad y dirección de los vientos predominantes. Todos estos valores estarán determinados por las condiciones climatológicas del lugar donde está situado el local a climatizar. Siendo necesario el empleo de la herramienta de cálculo, la carta Psicrométrico para obtener los valores restantes en las condiciones de diseño.

Generalmente los sistemas de acondicionamiento de aire se proyectan en Cuba para los meses de junio, julio, agosto y septiembre, por ser estos donde ocurren los picos de temperaturas máximas promedios. En los países del hemisferio sur el cálculo se debe hacer para los últimos meses del año.

La temperatura de bulbo seco y la humedad relativa siguen un comportamiento inverso, alcanzándose los mayores valores de temperatura entre la una y las cuatro de la tarde y los mínimos entre las cuatro y las seis de la mañana. Este comportamiento puede ser afectado por las lluvias, frentes fríos u otros fenómenos atmosféricos (Polaino, Castilla et al. 1987).

Psicrometría

La Psicrometría es la ciencia que trata sobre las leyes físicas de las mezclas de aire – agua.

Para poder diseñar un sistema de aire acondicionado, se debe conocer la temperatura y el contenido de humedad del aire a ser condicionado, así como también las mismas propiedades del aire requerido para producir el efecto deseado de aire acondicionado. Una vez conocidas estas propiedades, se podrá determinar la tarea del aire acondicionado. La carta psicrométrica (Figura 1.1) muestra gráficamente diversas propiedades físicas del aire en un amplio rango de condiciones. Su empleo es universal por que presenta una gran cantidad de información en forma muy sencilla y porque ayuda a estudiar los procesos de acondicionamiento de aire.

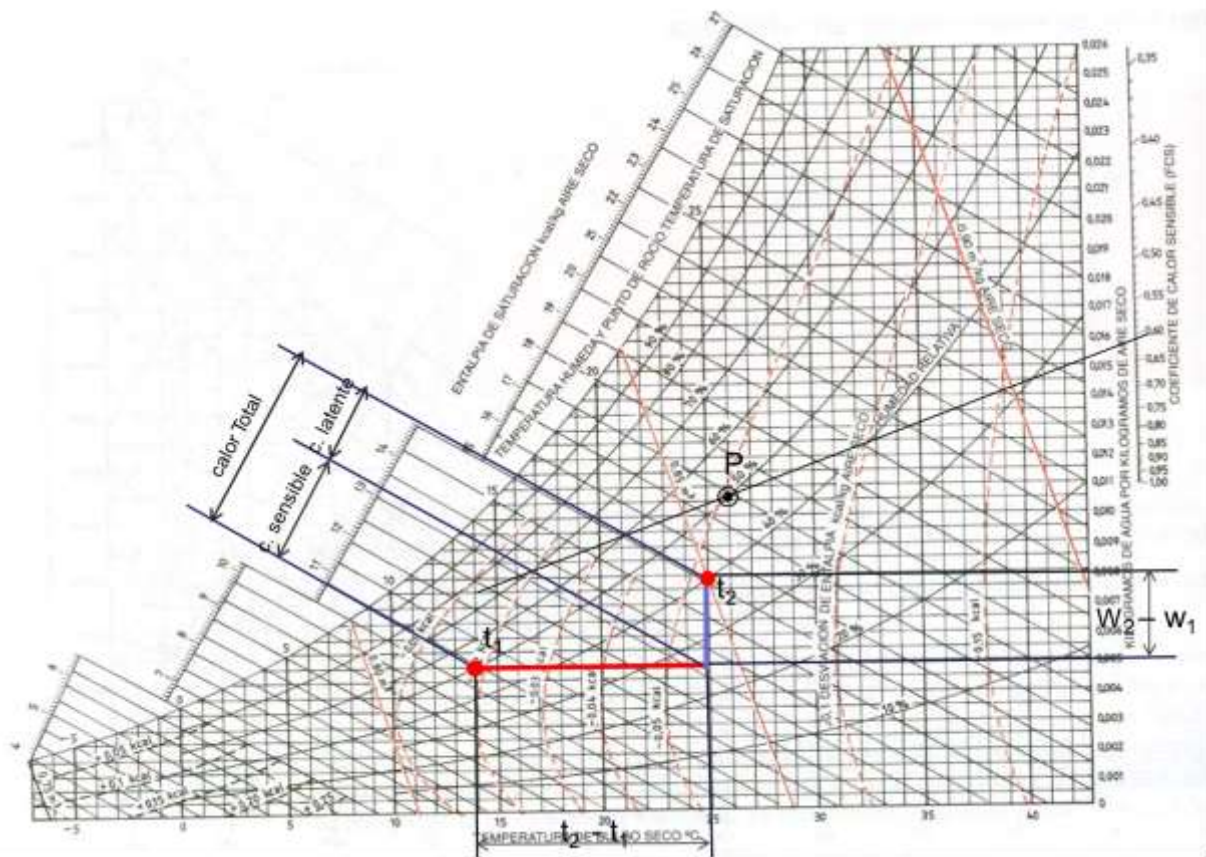


Figura 1.1. Ábaco Psicrométrico

A primera vista, la gráfica psicrométrica aparenta ser una complicada red de líneas entrelazadas. Sin embargo, cuando se utiliza apropiadamente, proporciona valiosa información acerca de las propiedades del aire. Para utilizar la carta psicrométrica, se debe conocer por lo menos 2 de los 7 puntos de la tabla: Temperatura de Bulbo seco (TBS o DB), Temperatura de Bulbo húmedo (TBH o WB), Humedad Relativa (HR), Humedad del aire (W), Volumen específico (v), Entalpía (h) y caída de presión (ΔP o dp) para poder colocar el punto del proceso en la tabla (condición inicial).

Normas para el diseño de exteriores

Para determinar las Condiciones de Diseño Exterior (CDE) existen varias normas que se basan en el estudio estadístico de la variación de las condiciones del aire durante un período de varios años. Entre esas normas existen tres que son las más reconocidas internacionalmente:

- Norma ACRMA (Air Conditioning and Refrigerating Machinery Association). Establece que las temperaturas de diseño exterior son los promedios de 10 años para las más altas temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo que ocurren cada año. Excluyendo aquellas que tengan lugar 10 veces o menos y las de duración de menos de tres horas.
- Norma de la ASHVE (Technical Advisory Committee on Weather Design conditions) conocida como TAC 2 1/2 %. Recomienda que las tbs exterior de diseño sea el promedio de cinco años de las más altas temperaturas de bulbo seco que ocurran el 2 1/2 % o más de las horas de los meses de verano (junio, julio, agosto y septiembre para Cuba).
- Método de la frecuencia de ocurrencia de las temperaturas horarias. Este permite la selección de una temperatura de diseño del aire del ambiente exterior, para una frecuencia de ocurrencia que satisfaga los valores técnicos y económicos de la instalación, de acuerdo con la importancia relativa de cada uno de ellos. “Estos se

dividen en tres rangos de ocurrencia: Para una ocurrencia de un 1 %, para una ocurrencia de un 2 1/2 % y para una ocurrencia de un 5 %” (González, 2009).

1.2.3 Principales teorías y métodos para el cálculo de las cargas térmicas

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.

Métodos para determinar las cargas térmicas

Existen diferentes entidades que han desarrollado diferentes metodologías para el cálculo de carga térmica, debido a la gran cantidad de variables que existe para el desarrollo del cálculo, cada método de cálculo de carga térmica, tienen sus beneficios y limitaciones sin embargo todo se puede agrupar en dos grandes términos, simplicidad y exactitud. La simplicidad y la exactitud del método son dos objetivos que se contraponen. Si se pudiese considerar que un método es simple, su exactitud sería cuestión de interrogante, y viceversa. Sin embargo existe una correlación entre estos métodos estándar para el cálculo de carga térmica; se basan en el cálculo de cada hora de la carga térmica.

En la Figura 1.2 se puede apreciar desde el método de las Cargas Instantáneas con un menor grado de complejidad y precisión hasta todo lo contrario con el método de Balance Térmico, siendo necesario el uso de la computadora (software) para los cálculos.

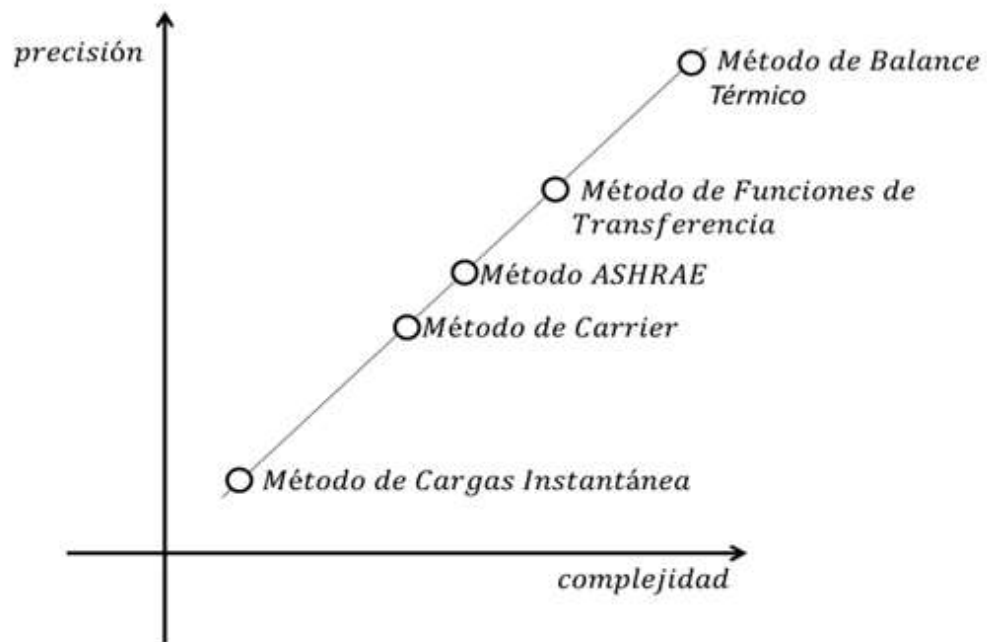


Figura 1.2. Métodos de cálculo de la carga térmica.

Wang (2011) a partir de documentos consultados de la American Society of Heating, Refrigeration and Air- Conditioning Engineers (ASHRAE) reconoce varios métodos para determinar las cargas térmicas de un local:

1. Método de Función de transferencia (Transfer function method or weighting factor method (TFM)).

Es de los procedimientos más utilizados y tiene como fundamento estimar las cargas hora por hora lo que predice en alguna medida las condiciones del espacio interior. Su amplia aplicación se debe fundamentalmente a la relación entre datos de entrada y salida. El mismo es aplicado para el cálculo de flujo unidimensional de transferencia de calor en paredes y techos soleados.

Este método tiene una limitación y es que las cargas térmicas dependen de los valores de los coeficientes de transferencia de calor, así como de las características del espacio y de

como ellos varían en función de los valores usados para determinar los coeficientes de transferencia de calor. Este método asume que la carga térmica total se puede calcular a partir de adición de todos los componentes individualmente, se plantea que esto puede causar algún error.

2. Método de cálculo de cargas por diferencia de temperatura y factores de carga de enfriamiento (The cooling load temperature difference (CLTD)/solar cooling load (SCL)/cooling load factor (CLF) method).

Este método emplea el cálculo de las cargas sensibles basado en el TFM, luego se divide por el coeficiente global de transferencia de calor, por el shading coefficient o por la ganancia de calor sensible para determinar el CLTD, el SCL o el CLF.

El método CLTD/SCL/CLF es uno de los miembros de la familia TFM, además el en el método CLTD/SCL/CLF, el CLTD se usa para calcular las cargas sensibles por el exterior de puertas y de techos. Recientemente, un factor SCL ha sido adicionado y representa el producto de la ganancia solar a una hora y el efecto de la fracción de calor almacenado debido a los varios tipos de materiales de construcción y tipos de piso, quedando el CLF para determinar las cargas sensibles internas del espacio a climatizar. La limitación del método TFM también se arrastra en los resultados del CLTD/SCL/CLF, además de que el agrupamiento del grupo de CLTD/SCL/CLF puede causar errores adicionales.

En 1975 ASHRAE desarrolló un método denominado cálculo de carga por temperatura diferencial/factores de carga de enfriamiento CLTD/CLF que se derivó del TFM (Método de Función de Transferencia), el cual fue introducido en 1967. El método del CLTD/CLF depende de datos tabulados para simplificar su operación para el uso manual. Este método fue sometido a varias revisiones para acomodar los problemas que aumentaron en aproximaciones y limitaciones para cubrir más datos tabulados precisos. Debido a esto, ASHRAE publicó el cálculo de carga por temperatura diferencial/carga solar de enfriamiento/factores de carga de enfriamiento (CLTD/SCL/CLF) (ASHRAE 1993, 1997), el cual es un método revisado del CLTD/CLF. Este método es un método simplificado, más

simple que el método RTS.

3. Método de valores de temperatura diferencial total equivalente y tiempo promedio (Total equivalent temperature difference (TETD)/time-averaging (TA) method).

Este procedimiento es recomendado para usuarios experimentados lo que puede constituir una limitación adicional. Las cargas térmicas internas y el calor transferido por conducción se determinan de la misma manera que en el TFM. Estimando la radiación de calor a partir de la carga horaria y además el diferencial de temperaturas en el tiempo. Es muy importante tener en cuenta la diferencia total de temperaturas equivalentes, que se aplican a paredes y techos; efectos de la radiación solar, efecto de retardo o efecto de almacenamiento y diferencias en la temperatura del aire.

Esta diferencia de temperatura se produce realmente por la acción simultánea de la conducción, radiación y convección, además de que se muestran en tablas. Estas dan las diferencias de temperaturas equivalentes para varios tipos de construcciones en distintos momentos del día para techos y paredes respectivamente y están incluidas en manuales. Este método es de la familia del TFM y fue desarrollada ante todo para cálculo manual. Es el más simple en la conversión de cargas de enfriamiento y ganancias de calor. Tiene la misma limitación que el TFM ya que se basa en su metodología.

4. Método cálculo de cargas térmicas por balance de calor (Heat Balance Method (HB)).

Este método es más entendible y directo que los anteriores. No se requieren suposiciones lineales y los cambios de ciertos parámetros tales como el coeficiente de transferencia de calor por convección pueden ser modelados como se necesita en este tipo de cálculos, resultando más exacto. La limitación de este método es que demanda un trabajo intenso, más tiempo de computadora, programas profesionales que permitan simular estos entornos, así como de usuarios expertos.

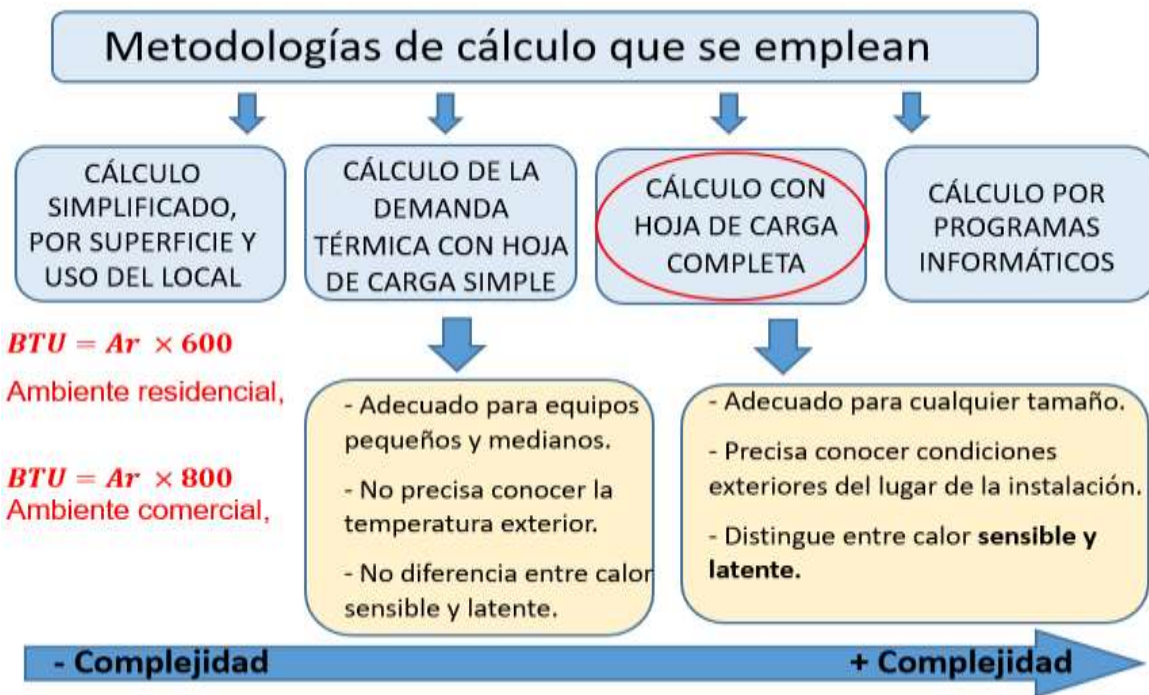


Figura 1.3. Esquema de las metodologías seleccionadas según la complejidad.

A través de la Figura 1.3 y los métodos planteados se decidió elegir la forma de cálculo con la hoja de carga completa de alta complejidad, teniendo en cuenta los criterios por el cálculo de carga por temperatura diferencial y factor de carga de enfriamiento (CLTD/SCL/CLF), aunque siendo una alternativa de procedimiento de cálculo manual, este método se basa en la suposición de que el flujo de calor a través de un techo o pared puede ser obtenido por multiplicar la temperatura diferencial (exterior–interior) por los valores tabulados de K (Coeficiente Global de Transferencia de Calor) de techos, paredes y cristales, respectivamente, siendo un método de alta precisión.

1.2.4 Consideraciones a tener en la Climatización.

- ✓ En los locales climatizados, cada metro cuadrado de ventana y pared de vidrio representa una pérdida muy superior a la energía que se pierde por metro cuadrado de pared convencional. Cuando no se usan marcos o éste es metálico, las pérdidas se incrementan en un 17 %. Las cortinas interiores de tela o las persianas del tipo

veneciana, reducen estas pérdidas en un 35 %. Por eso desde el punto de vista energético el vidrio no debe usarse en los locales climatizados. Cuando se emplee siempre debe ser con moderación y sólo donde sea estrictamente necesario para garantizar los requerimientos visuales.

- ✓ El equipamiento debe ser diseñado adecuadamente. El sobredimensionamiento lleva consigo pérdidas excesivas e innecesarias.
- ✓ El aire exterior que se intercambia constantemente con el del interior del local debe ser refrescado o enfriado. Si es posible debe reducirse apreciablemente su humedad relativa.
- ✓ Una posibilidad de ahorro muy efectiva es la de evitar la duplicidad de energía por enfriamiento y calentamiento. A veces se enfría tanto un local que los ocupantes deben abrigarse bien para no enfermarse. Si se regula la temperatura de un local a 25 ° C, no hay necesidad de abrigarse. Otro caso es cuando se coloca un equipo que genera calor dentro de un local climatizado (motor eléctrico, refrigerador, etc.), pudiéndose colocar en el exterior.
- ✓ Cuando la carga es baja o nula debe desconectarse el equipo (esta medida es aplicable a todo tipo de carga).
- ✓ No deben climatizarse sin antes rediseñarlos, los locales proyectados con excesos de ventanas, paredes finas, sin falso techo, etc.
- ✓ Debe insistirse en el sellado adecuado de puertas y ventanas (para evitar intercambio de temperatura con el medio a través de hendidias o ranuras).
- ✓ Debe prepararse el personal para utilizar la climatización de acuerdo con las condiciones para llevar al mínimo el consumo. También debe mejorarse la eficiencia del sistema (obtener más frío por unidad de energía consumida).
- ✓ Retirar la climatización en los locales que no la necesitan (escaleras, pasillos, sótanos, garajes y otros de tránsito).

- ✓ Reducir la carga térmica del local apagando las luces innecesarias. Cambiar de posición e incluso de local si lo admiten, los equipos que incrementen la carga térmica.
- ✓ Tomar medidas de carácter organizativo que permitan desconectar los equipos en los horarios determinados (unificar horarios de almuerzo, comida, merienda u otros recesos siempre que se pueda).
- ✓ Mejorar las condiciones de aislamiento de los locales. Específicamente aislar los rayos solares directos mediante cortinas u otros métodos similares.
- ✓ Colocar el aislamiento necesario a todas las áreas, partes y superficies que lo requieran (tuberías de agua fría y refrigerante, en paredes y techos que puedan considerarse ligeros desde el punto de vista térmico, en canales o conductores de aire, etc.), y ocuparse de reparar el aislamiento dañado.
- ✓ Emplear siempre que se pueda agua fría o relativamente fresca (que pueda considerarse de desecho) para mejorar las condiciones de operación de los condensadores del sistema.
- ✓ Reconsiderar las temperaturas de operación del sistema y de ser posible utilizar las temperaturas de evaporación más altas aconsejables y las temperaturas de condensación más bajas.
- ✓ Abrir lo menos posible las puertas y ventanas.

Conclusiones del capítulo

Existe abundante material bibliográfico sobre el tema en estudio, tratándose aspectos básicos en el razonamiento a proceder y las metodologías existentes; en la mayoría de los trabajos encontrados se profundizan en varios aspectos relacionados con los estudios térmicos hacia varios lugares con los cuales se decide el camino a seguir y la forma de cálculo a aplicar.

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN.

Introducción

En el presente capítulo se hace la caracterización de los lugares de estudio propuestos: el Salón VIP del aeropuerto Frank País y el Centro de Nodos de la Universidad de Holguín. Luego se plantea la forma en que se realizó el trabajo de campo y los pasos desarrollados para el cálculo térmico quedando conformado el proceder metodológico para esta actividad.

2.1 Caracterización del Salón VIP del Aeropuerto Frank País, Holguín

El Salón VIP de la terminal nacional del aeropuerto internacional Frank País de Holguín está destinado para la recepción, atención y actividades de protocolo de delegaciones, pasajeros o turistas con reservaciones y otras actividades de negocios, dispuesto para funcionar las 24 horas; la ocupación es de 36 personas máximos con un uso regular por las salidas de vuelos distantes tanto de día como de noche (27 en la sala y 9 en el salón reservado); cuenta con tres sistemas de climatización, dos de 4 t en la sala y uno de 3 t en el salón de reservados.

Localización: Está ubicado en la planta baja de la terminal nacional, aledaño al salón de salida con acceso por Rampa a la plataforma de estacionamiento de aeronaves, y a la salida al parqueo de autos.

Composición: Está compuesto por una sala (4) de $76.7 m^2$, un salón reservado (5) de $20 m^2$, un pantry (1) de $7.7 m^2$, un baño para mujeres (3) de $4,65 m^2$ y un baño para hombres (2) de $5.15 m^2$, contando con un área total de $114,2 m^2$ y una altura hacia el falso techo de 2.4 m. Ver **Anexo No.1**.

Materiales de los que está construido: El piso es de Piso Grey cerámico, las paredes de mampostería de bloques de hormigón, falso techo de placa de yeso y la carpintería de aluminio y cristal sencillo de 6 mm de espesor; los colores interiores son claros, usan cortinas igualmente claras en ventanas y puertas.



Orientación geográfica: EL salón está localizado en las coordenadas 20° 786305, - 76.305192.



Figura 2.1. Objetos de estudio, izquierda aeropuerto y derecha la Universidad.

2.1.1 Caracterización del centro de Nodos de la Universidad de Holguín

El centro de Nodos ubicado en la Universidad de Holguín hace función de servidor principal y como el centro de la comunicación entre las instituciones universitarias.

Composición: Está compuesto por dos áreas separadas, una que sirve de Oficina - Servidor compuesto por dos locales uno al lado del otro de $12,615 m^2$ y $12,53 m^2$ respectivamente y abiertos entre sí, y el segundo es el DATA CENTER de $15,44 m^2$; ambos con una altura de 2.66 m.

Materiales de los que está construido: Están contruidos de hormigón y paredes de bloques, con ventanas de tablillas de vidrio y aluminio y otras de madera, plancha de cartón sobre las ventanas, varias aperturas en cuanto al montaje de los elementos y poseen falso techo. Los colores interiores son claros y usan cortinas oscuras o color fuerte en ventanas.

Orientación geográfica: El frente de estos locales coincide con el de la universidad enfocado hacia el Noroeste, pero está ubicado en el interior de otro espacio que colindan

con otros locales por un pasillo, teniendo solamente impacto del sol directamente hacia la pared Sureste de los locales Servidor-Oficina y Data Center en el horario comprendido de la mañana al medio día aproximadamente. Las paredes laterales son comunes a otros locales con condiciones similares y encima hay otros departamentos. Viento 5 Km/h 350°

Localización: Avenida XX Aniversario, Holguín con las condiciones climáticas de la zona.

2.2 Procedimiento para el diagnóstico de la carga térmica de las instalaciones

Para el desarrollo del trabajo se tomaron una serie de datos y mediciones, y se hizo un diagnóstico conjuntamente con un levantamiento de los equipos eléctricos, con el que se propone un procedimiento según los siguientes pasos, realizados de manera ídem tanto para el Salón VIP del aeropuerto como para el Centro de Nodos de la Universidad y terminando con el cálculo de las cargas térmicas.

Paso 1. Condiciones de diseño

Se definieron las condiciones de diseño de la siguiente forma:

- Los valores interiores se tomaron según los criterios de RITE en verano, indicadas en varias normas de acuerdo al uso del local para fijar las condiciones interiores de confort (temperatura y humedad). Ver Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Valores interiores a tener en cuenta.

Estación	Temperatura Interior ° C	Velocidad media aire m/s	Humedad relativa %
Verano	23 a 25	0,18 a 0,24	40 a 60

Fuente: Modelo seis instalaciones de climatización y ventilación U.D.5 Cálculos de carga térmica. [5]

- Los valores exteriores se obtuvieron a partir de la localización geográfica de ambos lugares, con los datos ofrecidos por el Centro Meteorológico Provincial de Holguín y aplicando la norma ASHVE antes mencionada en el capítulo 1, teniéndose en cuenta los meses más calientes: junio, julio, agosto y septiembre y que en una misma

provincia existen zonas más calurosas que otras y diferentes condiciones de exposición del sol, el viento y otras.

- Los datos faltantes de humedad absoluta se obtuvieron con el empleo del diagrama psicrométrico introduciéndole los parámetros anteriores. Así quedan definidas las condiciones de diseño usadas en todo el proceso de análisis.

Paso 2. Las mediciones y otras características

Medición estructural y materiales constructivos

Con el uso de la cinta métrica como instrumento de medición, se hizo un levantamiento en cuanto a las dimensiones estructurales de ambos locales en estudio, tales como: en paredes, ventanas, particiones, puertas, techos, pisos y rendijas entre los elementos que favorecen el intercambio térmico; y a su vez fueron identificadas las características constructivas de las arquitecturas.

Con estos datos (tamaño del local, área o volumen), se realizó un croquis o plano, con información de los elementos que son interiores y exteriores, y la orientación geográfica de la edificación. Otros datos de interés que se tuvieron en cuenta fueron: los colores empleados, las cortinas, falsos de techo, piso y demás con lo que se tomaron los coeficientes.

La cámara fotográfica se empleó como elemento de apoyo en los datos tomados, sirviendo de criterio a la hora de dar una valoración.

Levantamiento del equipamiento eléctrico existente

Se realizó un inventario o levantamiento de todos los equipos eléctricos existentes tanto en el local del aeropuerto como en el de los nodos (Ej.: iluminación, motores, cafeteras, entre otros), y se presentó en una tabla con los respectivos datos (del fabricante) de potencia o tensión y corriente en caso de no tenerlo, y la frecuencia con que se usan (horas de explotación diaria).

Mediciones eléctricas

Para la realización de las mediciones eléctricas se empleó el analizador de redes y el amperímetro de gancho. Se trató de tener sistema montado a mayor carga posible para estar más cerca a la máxima demanda y se midieron las componentes eléctricas de tensión, corriente, potencia activa y factor de potencia en el elemento o interruptor central del área en estudio, y directamente sobre el interruptor de los climas. Se tomaron de 3 a 5 lecturas cada 10 minutos para tener un estimado promedio en el consumo eléctrico, principalmente en los horarios de mayor demanda eléctrica y de mayor incidencia del sol, pudiéndose hacer corridas similares cada 1 hora si no se conocen estos momentos de mayor demanda.

Con estos datos se pudo obtener la información necesaria para conocer:

- Funcionamiento adecuado del sistema de clima (si esta en los parámetros de diseño, funcionamiento adecuado, correcta instalación y necesidad o no de mantenimiento).
- Datos de potencia cuando se hace imposible obtenerlas por chapilla como el caso de una computadora que depende su consumo de muchos factores, o por el número tan grande de equipamiento o por la imposibilidad de desmontarlos para ver los datos de fábrica. Esto puede aportar datos faltantes en el levantamiento de equipos.
- Necesidad o no de corregir el factor de potencia para disminuir el consumo.
- Valoraciones extras.

La ocupación y uso

- En la Ocupación se analizó la cantidad máxima de personas que laboran o interactúan en los locales de estudio, en caso de no tenerlo, se obtuvo por la tabla de densidad de ocupación por m² de local. Ver **Anexo No.2**.
- En el uso, se valoró el nivel de uso de las áreas en estudio teniéndose en cuenta el nivel de actividad de sus ocupantes ya sea sentados, de pie, bailando..., y si es durante el día o de noche, o continuo o intermitente.

En caso de no tener alguno de estos datos, se asimilaron de otros locales parecidos.

Paso 3. Cálculo de la carga térmica

A través de la Ecuación 2.1 se calculó la carga sensible por radiación solar a través de las ventanas o áreas provistas de cristales hacia el interior de los locales.

✓ Carga Sensible por Radiación (Q_{SR}) solar a través de las ventanas

$$Q_{SR} = R \times S \times f \quad (2.1)$$

Donde:

R = Valor unitario de radiación [w/m^2], ver Anexo No.3.

S = Superficie de la ventana [m^2].

f = Factor corrector de atenuación por persianas, cortinas o toldos.

Ver Anexo No.4 y Anexo No.5.

Teniendo en cuenta la propiedad de la transmisión se obtuvo la carga sensible por este concepto, como la suma de las cargas por todos los elementos tanto por el vidrio como por las estructuras, calculadas por la Ecuación 2.2.

✓ Carga Sensible por Transmisión (Q_{ST}) de calor en vidrios y estructuras

$$Q_{ST} = k \times S \times (T_{Ext} - T_{Int}) \quad (2.2)$$

Siendo:

k = Coeficiente de transmisión térmica del cerramiento [$w/m^2 \cdot ^\circ C$], **Anexo No.6**

S = Superficie [m^2].

$(T_{Ext} - T_{Int})$ = Salto térmico exterior e interior del local [$^\circ C$].

Donde los valores de K se tomaron según el material de construcción en la tabla del Anexo No.6 para la conducción y radiación a través de paredes y techos soleados y a la sombra.

Se encontraron paredes interiores o comunes a otros locales con iguales características (climatizados) que no aportan calor significativo siendo despreciadas, igualmente ocurrió con los pisos y techos con construcciones superiores.

✓ **Ganancia sensible (Q_{Sinf}) y latente (Q_{Linf}) por infiltraciones.**

Estas se obtuvieron a partir de las Ecuaciones 2.3 y 2.4, determinando el caudal total de aire infiltrado (V_{inf}) por la longitud de rendijas en dos fachadas consecutivas del local, ya que el viento no actúa simultáneamente sobre todas las fachadas, cuidando que este valor no sea menor que la mitad del total de rendijas en el local.

$$Q_{Sinf} = 1,2 \times V_{inf} \times (T_{Ext} - T_{Int}) \quad (2.3)$$

$$Q_{Linf} = 2970 \times V_{inf} \times (W_{Ext} - W_{Int}) \quad (2.4)$$

Donde

Q_{Sinf} : Ganancia sensible en el local producto del aire infiltrado (kW).

V_{inf} : Volumen de aire infiltrado (m^3/s) ver **Anexo No.7**

T_{Ext} : Temperatura seca del aire exterior del local ($^{\circ}C$).

T_{Int} : Temperatura seca del aire interior del local ($^{\circ}C$).

Q_{Linf} : Ganancia latente en el local producto del aire infiltrado (kW).

W_{Ext} : Contenido de humedad de aire exterior (kgv/kg as).

W_{Int} : Contenido de humedad de aire en el interior del local (kgv/kg as).

✓ **Ganancia sensible (Q_{SV}) y latente (Q_{LV}) por ventilación exterior**

Se calculó este aporte por las Ecuaciones 2.5 y 2.6

$$Q_{SV} = 1,2 \times V_V \times (T_{Ext} - T_{Int}) \quad (2.5)$$

$$Q_{LV} = 2970 \times V_V \times (W_{Ext} - W_{Int}) \quad (2.6)$$

Donde:

Q_{SV} : Ganancia sensible en el local producto del aire exterior (kW)

V_V : Volumen de aire de ventilación exterior (m³/s), **Anexo No.8**

Q_{LV} : Ganancia latente en el local producto del aire exterior (kW)

✓ **Calor sensible (Q_{SE}) y latente (Q_{LE}) por los aparatos eléctricos**

Con el levantamiento antes realizado de los aparatos eléctricos presentes, se obtuvo el calor sensible y latente para ambos lugares. Se montaron en una tabla separando los equipos que aportan calor sensible sumándose los Watios consumidos e igualmente los que aportan calor latente.

En los locales estudiados la iluminación es por lámparas Led siendo su aporte el mismo mostrado en etiqueta. Por eso no se mencionó por separado.

✓ **Carga sensible y latente por ocupantes**

La carga sensible que ocasionan las personas del local depende del nivel de actividad física y se calculó según el Anexo No.9.

Donde:

$$Q_{SO} = n \times I_{SP} \quad (2.7)$$

$$Q_{LO} = n \times I_{LP} \quad (2.8)$$

Siendo:

Q_{SO} = Carga sensible por ocupantes.

Q_{LO} = Carga latente por ocupantes.

n = Número de personas.

I_{SP} = Índice de carga sensible por persona [W/persona].

I_{LP} = Índice de carga latente por persona [W/persona].

Paso 4. Cálculo de la carga total

Llegando a este punto se sumaron todas las cargas sensibles y se multiplicó por un factor de seguridad (Ecuación 2.9), ver Anexo No.10, realizando lo mismo para las cargas latentes según la Ecuación 2.10.

$$Q_{Sensible\ Total} = (Q_{SR} + Q_{ST} + Q_{Sinf} + Q_{SV} + Q_{SE} + Q_{SO}) \times Factor\ de\ seguridad \quad (2.9)$$

$$Q_{Latente\ Total} = (Q_{Linf} + Q_{LV} + Q_{LE} + Q_{LO}) \times Factor\ de\ seguridad \quad (2.10)$$

Luego se determinó la carga total como la suma de las cargas sensibles y latentes (Ecuación 2.11)

$$Q_{Total} = Q_{Sensible\ Total} + Q_{Latente\ Total} \quad (2.11)$$

2.2.1 Método de cálculo simplificado por superficie y uso del local

Luego de calculada la carga térmica por la metodología planteada se procede al cálculo, pero esta vez por el método de cálculo simplificado, metodología que comúnmente se emplea en las instalaciones de clima, así se obtuvo una apreciación en cuanto al grado de exactitud en la demanda térmica de los lugares de análisis, siendo este método simplificado de escasa información en cuanto a los grados de aporte de calor y a los elementos que lo favorecen. En este método solo se tienen en cuenta como plantea su nombre el valor del área del local y del factor, ya sea para un ambiente residencial de 600 y para un ambiente comercial de 800, obteniéndose los BTU en climas necesarios en un cálculo de poca precisión como se muestra en las ecuaciones siguientes:

$$BTU = Ar \times 600 \quad \text{Ambiente residencial, altura promedio de 2,4 m} \quad (2.12)$$

$$BTU = Ar \times 800 \quad \text{Ambiente comercial, altura promedio de 2,4 m} \quad (2.13)$$

Sin embargo, para lograr ese confort térmico en el interior de cualquier edificación de manera eficiente y con el menor consumo eléctrico, deben tenerse en cuenta todos los factores que se abordaran en este trabajo en el cálculo de las cargas térmicas.

2.3 Equipos de medición empleados

Durante el desarrollo de la investigación se realizaron las mediciones de los parámetros necesarios para la evaluación de la carga térmica en los locales analizados. Los parámetros medidos, así como los instrumentos de medición y sus respectivas características técnicas se exponen en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Parámetros medidos y los instrumentos empleados.

Parámetros	Instrumentos	Características técnicas
Dimensiones de: locales, puertas y ventanas	Cinta métrica	Rango de medición (0 a 10 m)
Tensión, corriente, potencia activa y factor de potencia	Pinza Vatimétrica o Analizador de Redes	UT-233 Descripción a continuación.
Orientación de los locales	Brújula	-----

El analizador de redes o pinza Vatimétrica usado fue el modelo UNI-T UT233. Este es un instrumento de gancho para la medición en circuitos monofásicos y trifásicos True RMS, con rango máximo de corriente de 1000 A y función de inspección de secuencia de fases. Monitorea la calidad de la energía de manera efectiva para realizar mediciones puntuales monofásicas en cada fase. El mismo puede medir la tensión, la corriente, la potencia activa, la potencia aparente, la potencia reactiva, el factor de potencia, el ángulo de fase, la frecuencia, la energía activa, entre otras. Éste instrumento de medición está compuesto por una pinza o tenaza en su parte superior con la que se puede medir la intensidad de la corriente, consta además de cuatro conductores y sus respectivas pinzas pertenecientes a la fase 1, la fase 2, la fase 3 y al neutro, de colores rojo, azul, amarillo y negro respectivamente. Dichas pinzas son utilizadas para la medición de la tensión en cada fase

del circuito. El funcionamiento de la pinza o tenaza medidora se basa en la medida indirecta de la corriente circulante por un conductor a partir del campo magnético o de los campos que dicha circulación de corriente genera. Recibe el nombre de tenaza porque consta de un sensor, en forma de tenaza, que se abre y abraza el cable cuya corriente queremos medir. Este método evita abrir el circuito para efectuar la medida, así como las caídas de tensión que podría producir un instrumento clásico. Por otra parte, es sumamente seguro para el operario que realiza la medición, por cuanto no es necesario un contacto eléctrico con el circuito bajo medida ya que, en el caso de cables aislados, ni siquiera es necesario levantar el aislante. Para utilizar la tenaza, hay que pasar un solo conductor a través de la misma, si se pasa más de un conductor a través del bucle de medida, lo que se obtendrá será la suma vectorial de las corrientes que fluyen por los conductores y que dependen de la relación de fase entre las corrientes. En el caso del funcionamiento de las pinzas utilizadas para medir el voltaje se deben colocar mismas en los bornes del circuito a medir o en una sección del cable que no tenga aislante, cumpliendo con estos requisitos en las pinzas y en la tenaza podemos medir la tensión y la intensidad de la corriente respectivamente que pasa por el circuito que se analiza. Teniendo estos datos el mismo equipo nos ofrece potencia activa, reactiva, aparente, etcétera. El medidor de potencia posee un Display: Multi LCD, cuyo máximo valor de medida es 9999 y en el cual se muestran los datos obtenidos durante la medición y un pequeño teclado con el que se pueden elegir las distintas funciones de las que dispone el equipo, que pueden ser: Save (memoria del equipo, con 99 posiciones de memoria máximo, mediciones simples o continuas), máximo y mínimo valor de casi todos los parámetros, posibilidad de iluminación del display (luz blanca), conexión con ordenador a través del puerto USB; con el botón Select se puede obtener el voltaje, la corriente, la frecuencia, la potencia activa, la reactiva y la aparente, el factor de potencia, la energía, el número de fases, etc. El equipo puede realizar 3 muestras por segundo, tiene un diámetro máximo de la pinza o tenaza medidora de 55 mm, posee una barra analógica de medición, se alimenta a través de 4 pilas AA de 1.5 V, sus dimensiones son 303 mm x 112 mm x 39 mm y su peso es de 601 gramos.

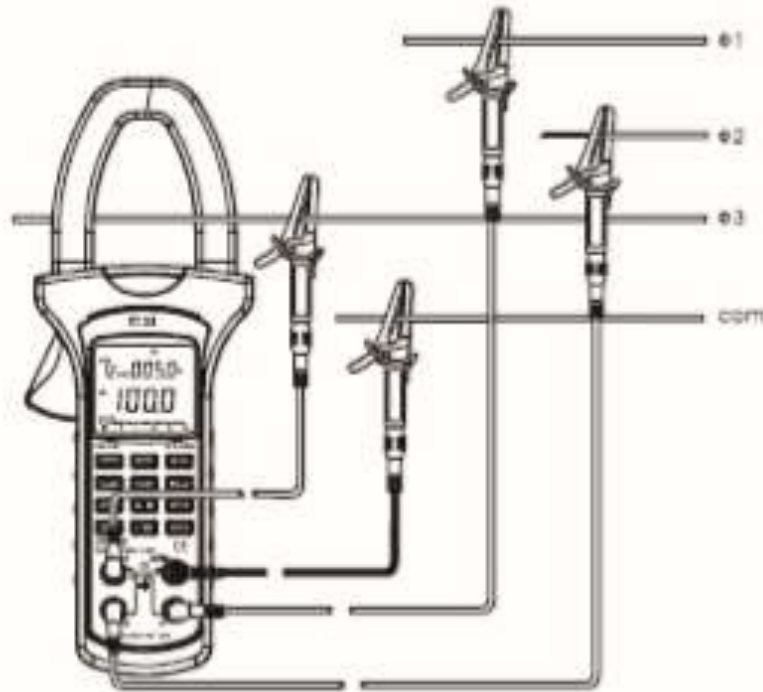


Figura 2.2. Analizador de redes empleado modelo UNI-T UT233.

Conclusiones del capítulo

El cálculo térmico exige tener en cuenta la mayor cantidad de factores que aportan o restan calor en un local, en tal sentido se planteó esta propuesta de análisis como la forma adecuada a proceder. Con su empleo se abarca en un nivel de mayor profundidad y detalle la influencia de todos los factores internos y externos que pueden provocar la insatisfacción en el montaje o disposición de un sistema de aire acondicionado, conllevando a una caracterización lo más completa y al uso de las expresiones de cálculo de la metodología. Así se obtiene las magnitudes para un criterio lo más cercano a las necesidades con el menor gasto en la factura eléctrica que amortigüen los gastos iniciales de la instalación.

CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE PROPUESTAS.

Introducción.

Con el fin de reafirmar la validez de los estudios de las cargas térmicas con el nivel de profundidad mostrado en el capítulo 2, sobre la eficiencia de los sistemas de clima es que se desarrolló este capítulo. Para ello se aplicó este análisis en las dos entidades presentadas evaluando los resultados obtenidos y determinando los puntos vulnerables en cuanto a la eficiencia del clima y las propuestas de mejoras; se estableció además una comparación con los resultados por el método simplificado que es muy común su uso, demostrando la importancia de implementar esta metodología en todos sus aspectos, que es donde se obtendrá más ciencia y una valoración más acertada en el ahorro energético.

3.1 Cálculo de la carga térmica y análisis de resultados del salón VIP.

Condiciones de diseño

Tabla 3.1 Condiciones de diseño Salón VIP.

Condiciones de diseño	Interiores	Exteriores
Temperatura a bulbo seco (°C)	24	32,5
Temperatura a bulbo húmedo (°C)	18	26,5
Humedad relativa (%)	55	75
Humedad absoluta (kga/kgas)	0,0102	0,0233
Variación de temperatura diaria (°C)	8.5	

El sistema de clima de la sala está formado por 2 equipos tipo Split convencional de 4 toneladas c/u con las siguientes características:

- ❖ Marca...TGM Modelo... MTV13NO484
- ❖ Tensión de alimentación... 208 /230 V monofásico
- ❖ Corriente... 25A Frecuencia..... 60HZ

- ❖ Capacidad de refrigeración..... 48000 BTU/Horas Refrigerante.... R.410 A

El sistema de clima del salón de reservados cuenta con 1 equipo tipo Split convencional de 3 toneladas y las siguientes características:

- ❖ Marca...TGM
- ❖ Tensión de alimentación... 208 /230 V monofásico
- ❖ Corriente... 22A Frecuencia..... 60HZ
- ❖ Capacidad de refrigeración..... 36000 BTU/Horas Refrigerante.... R.410 A

Se hizo una simulación de todo el salón con todos los elementos que lo constituyen y la incidencia de la radiación solar a través de las áreas de ventanas con cristales, por su orientación geográfica, figura 3.1.



Figura 3.1. Simulación del salón y su orientación geográfica.

Cabe decir que salón fue analizado en la etapa de la covid en Cuba donde no trabajo las 24 horas del día y se prestó la especial atención al análisis de la sala principal por ser la de mayores cambios térmicos. Este salón está preparado para albergar a 25 personas sentadas y 2 trabajadores en movimiento, contando en su interior con el siguiente inventario de equipos consumidores de energía, ver Tabla 3.2.

En una representación gráfica por grupos de consumo: iluminación, clima y otros se determinó al clima como el de mayor aporte, siendo la razón de este estudio en su correcta instalación, disposición y el análisis térmico, ver Figura 3.2.

Tabla 3.2. Inventario del equipamiento y su consumo.

Equipos en Sala	Cant.	Horas	Potencia real (W)	Consumo (kWh)
Lámpara Led 9 w x 4	22	12	36	9,504
Televisor 32" LG	1	12	60	0,720
Televisor 32"	1	12	60	0,720
Split 4t	2	12	5750	138,000
Nevera	1	24	890	21,360
Equipo de música	1	12	100	1,200
Rayos X	1	12	1210	14,520
Total	29		8106	186,024
Equipos en Salón reservado	Cant.	Horas	Potencia real (W)	Consumo (kWh)
Lámpara Led 9 w x 4	4	12	36	1,728
Split 3t	1	12	5060	60,720
Total	5		5096	62,448



Figura 3.2 Consumo por los diferentes elementos.

Como primera observación en los datos tomados y según la Ecuación 1.2 para el cálculo con poca complejidad en áreas comerciales se determina que:

- Para el área total de ese salón (114.2 m^2) harían falta 91360 BTU en clima, pero se cuenta con dos Split de 4t o 96000 BTU/h y un tercer Split de 3t a 36000 BTU, para un total de 132000 BTU, pasados según este análisis con 40640 BTU, es decir, no hace falta el aire de 3t.
- Pero el salón de reservado esta mayormente cerrada su puerta hacia la sala con lo que se consideró como espacios independientes. En este caso y bajo el mismo análisis para el salón de reservados (20 m^2) harían falta 16000 BTU y dispone de 36000 BTU, sobredimensionado en 20000 BTU; en el caso de la sala, si le sumamos el área de los baños y pantry con 94.2 m^2 necesitaría 75360 BTU pero dispone de 96000 BTU sobredimensionado en 20640 BTU.

Se notó, bajo este primer análisis lo sobre dimensionado del sistema de clima instalado en esta área, y para la continuación de este trabajo se hizo hincapié en el estudio del espacio de la sala. Este método es el que comúnmente se emplea en el proceder por el personal que instala estos sistemas, aparejado con el equipamiento con que se cuenta y que en muchas ocasiones hay que usar sin más remedio, procediendo a seleccionar de entre los que se dispone en irse por encima, dicho de otra forma, para que no falte climatización.

Inventario de problemas térmicos.

Entre los problemas fundamentales detectados en la planificación del salón VIP del aeropuerto internacional Frank País de Holguín, se encontraron los siguientes:

- Exceso de iluminación artificial según lúmenes en el interior.
- La no existencia de elementos estructurales que disminuyan la acción del sol a las paredes y ventanas aumentando el intercambio y mayor consumo de los climas.
- Presencia de equipos de alto consumo de energía para la climatización.
- Colores oscuros en muros y paredes en el interior del salón.
- Bajo apantallamiento de las ventanas de vidrio.

- Aberturas en la canalización de la alimentación eléctrica y del clima que facilitan la entrada y el intercambio, existiendo ganancias térmicas en el salón.
- Carpintería de aluminio con cristales sencillos de 6mm.
- Grandes rendijas entre puertas y piso, sin juntas.
- Mal manejo o control de los aires acondicionados.

Mediciones estructurales y otros datos de interés.

Tabla 3.3 Áreas según ubicación geográfica.

Áreas de vidrios	Orientación	Cant.	Largo (m)	Alto (m)	Área Total(m ²)
Ventanas 1, 2 y 3	SE	3	2.8 m	2.4 m	20.16 m ²
Ventana +Puerta 4	NW	1	4.0 m	2.4 m	9.6 m ²
Puertas interiores	Interior	4	2.10 m	0.90 m	7.56 m ²
Rendijas promedio	-			0.005 m	
Área estructuras	Orientación	Cant.	Largo (m)	Alto (m)	Área Total(m ²)
Pared Sureste	SE	1	3.6 m	2.4 m	8.64 m ²
Pared Noroeste	NW	1	5.6 m	2.4 m	13.44 m ²
Techo	-	1	-	-	94.2 m ²
Piso	Interior	1	-	-	94.2 m ²

En el área de estudio las paredes laterales del NE (Noreste) y SW (Suroeste) colindan a otros locales climatizados, por lo que no se tuvo en cuenta en el cálculo de transmisión térmica. Igualmente se despreció el cálculo con las paredes divisoras de los baños, pantry, y el piso que es sobre el terreno.

Otra área que no se tomó es la de reservados pues la misma posee instalado un clima de 3 toneladas, sobredimensionado para ese local interior de 5,25 m x 3,8 m y se encuentra cerrado la mayor parte del tiempo; Si se sumó el área del pantry y los baños que son climatizados directa e indirectamente al abrir sus puertas y a través de las rendijas.

Carga Sensible por Radiación (Q_{SR}) solar a través de las ventanas.

Para escoger las condiciones de mayor aporte de calor por radiación que afectan el sistema de clima, se seleccionaron las ventanas del Sureste (las de mayor área) según la tabla del Anexo No.3 en el horario a las 10.

➤ Los factores de corrección son:

- $f_1 = 1.17$ Marco de aluminio.
- $f_2 = 0.7$ Altura sobre el nivel del mar (0.7% x cada 1000 PIES).
- $f_3 = 0.41$ Uso de cortinas interiores de color blanco (ver Anexo No.4).

Tabla 3.4 Carga sensible por radiación a través de las ventanas.

Ventanas	R [w/m ²]	S [m ²]	f_1	f_2	f_3	Q_{SR} [W]	Total
V1,2 y 3 SE	466	20.16	1.17	0.7	0.41	3154.60	3315.78 W
V4 NW	50	9.6	1.17	0.7	0.41	161.18	

Carga Sensible por transmisión (Q_{ST}) según Tabla 3.5

Se emplearon los valores del coeficiente K de transmisión térmica tabulados en la tabla del Anexo No.6 para cristal sencillo de 6mm, bloque de hormigón y piso sobre el terreno.

Tabla 3.5 Carga sensible por transmisión.

Áreas	S [m ²]	K [w/m ² . ° C]	ΔT_{bs} [° C]	Q_{ST} [W]	Total [W]
Ventana 1,2 y 3 SE	20.16	6.5	8.5	1113.84	2877.08 W
Ventana 4 NW	9.6	6.5	8.5	530.4	
Pared SE	8.64	2	8.5	146.88	
Pared NW	13.44	2	8.5	228.48	
Techo	94.28	1.07	8.5	857.48	
Piso	94.28	1.1	0	0	

Ganancia sensible (Q_{Sinf}) y latente (Q_{Linf}) por infiltraciones.

Para el cálculo por las infiltraciones se tomó el volumen infiltrado (V_{inf}) a partir de la tabla del Anexo No.7 para rendijas de 5mm y la velocidad del viento de 2, 2 m/s.

Tabla 3.6 Ganancia por infiltraciones.

V_{inf} (m ³ /s.m)	T_{Ext} (°C)	T_{Int} (°C)	W_{Ext}	W_{Int}	Q_{Sinf}	Q_{Linf}
0.0074	32.5	24	0.0233	0.0102	75.48 W	287.91 W

Ganancia sensible (Q_{SV}) y latente (Q_{LV}) por ventilación.

El volumen por ventilación (V_V) se obtuvo según tabla del Anexo No.8 para sala común.

Tabla 3.7 Ganancia por ventilación.

V_V (m ³ /s.ocup)	T_{Ext} (°C)	T_{Int} (°C)	W_{Ext}	W_{Int}	Q_{SV}	Q_{LV}
0.0069	32.5	24	0.0233	0.0102	70.38 W	268.46 W

Carga sensible (Q_{SE}) y latente (Q_{LE}) por los aparatos eléctricos.

Tabla 3.8 Carga por los aparatos eléctricos.

Equipo	Cant	Volt	I (A)	Q_{SE} (W)	Q_{LE} (W)
Nevera Expositora	1	120	4.08	490	-
Luminarias 4 tubos LED 9w c/u	22	120	0.3	792	-
Maquina RX	1	120	6.67	800	-
Equipo de música	1	120	0.83	100	-
TV Toshiba	1	120	0.5	60	-
TV LG	1	120	0.5	60	-
Total				2302 W	0 W

Carga sensible (Q_{SO}) y latente (Q_{LO}) por ocupantes.

La carga sensible (Q_{SO}) y latente (Q_{LO}) que ocasionan las personas del local depende del nivel de actividad física, como se vio en la tabla del Anexo No.9. Por otro lado la sala VIP está preparada para 36 personas en total, pero no siempre está a su máxima capacidad y como habíamos planteado no usar en el cálculo el salón de reservados descontamos las 9 capacidades del mismo, quedando solamente con 27 personas, de ellos:

Tabla 3.9 Carga por los ocupantes.

Personas	C.S	C.L	Q_{SO} [W/persona]	Q_{LO} [W/persona]
25 sentados	58	44	1450	1100
2 trabajadores	58	70	116	140
Total			1566 W	1240 W

Carga total

Se empleó un factor de seguridad de 1,3 por necesidad de gran confort.

$$Q_{Sensible\ Total} = 13\ 268,736\ W \quad \text{Según la Ecuación 2.9}$$

$$Q_{Latente\ Total} = 2\ 335,28\ W \quad \text{Según la Ecuación 2.10}$$

$$Q_{Total} = 15\ 604,02\ W \quad \text{Según la Ecuación 2.11}$$

Tabla 3.10 Resumen de todos los aportes térmicos y total del salón VIP.

Cargas Sensibles y Latentes bajo las condiciones actuales (W).	Watts
Q_{SR} : Carga sensible por radiación solar a través de vidrios	3315,78
Q_{ST} : Carga sensible por transmisión en vidrios (Sencillo de 6 mm)	1644,24
Q_{ST} : Carga sensible por transmisión en muros, paredes, suelo y techo	1232,84
Q_{SE} : Carga sensible interno por los equipos eléctricos y luces	2302

Q_{SO} : Carga sensible por ocupantes		1566
Q_{Sinf} : Carga sensible por Infiltraciones		75,48
Q_{SV} : Carga sensible por ventilación exterior Infiltraciones		70,38
$Q_{Sencible\ Total} \times 1,3 = Total\ de\ Cargas\ Sensibles$		13 268,736
Q_{Linf} : Carga latente por Infiltraciones		287,91
Q_{LO} : Carga latente por ocupantes		1240
Q_{LV} : Carga latente por ventilación exterior Infiltraciones		268,46
$Q_{Latente\ Total} \times 1,3 = Total\ de\ Cargas\ Latentes$		2 335,28
<i>Total de Cargas: Q_{Total} (W).</i>	15,6 kW	15604,02 W

3.1.1 Interpretación de resultados y propuestas en Salón VIP

El sistema clima instalado necesitó contrarrestar la carga total de 15 604,02 W y según datos de conversión: 1W = 3.412128 BTU/h y 1 tonelada = 12000 BTU/h, se obtuvo:

$$Q_{Total} = 15604.02\ W = 53242.914\ BTU/h = \mathbf{4.4369\ toneladas}$$

Primer análisis.

- Con 4,5 t de clima es suficiente.
- Se puede redondear a 5 t y se seguiría ahorrando en 3 t sobredimensionados en el coste de los equipos empleados.
- Aun así la propuesta de este primer análisis es dejar el sistema en 6 toneladas (2 equipos convencionales de 3 t c/u), todavía sobredimensionado en 2 t, y esto es precisamente pensando en un mayor margen por el tipo de local en cuanto a una mayor prestación futura, con mayor equipamiento en el servicio a los clientes, un incremento de las frecuencia de los vuelos (mayor temperatura exterior en la zona

debido a los aportes asociados por la combustión de las aeronaves al despegar) y el incremento de las temperaturas cada año.

Segundo análisis.

Las cargas sensibles por la radiación y la transmisión del sol son de las que más afectaron en las potencialidades del ahorro (en estudio previo se detectó que el 25 % de las áreas del salón VIP se encuentran expuestas), donde:

- ✓ Con la incorporación de un toldo o lona exterior en solo las ventanas de mayor incidencia (sureste), introduce un factor de 0.24, que reduce en **2365.35 W** de calor aportado.
- ✓ Igualmente, en vez de ventanas de cristal sencillas de 6mm (factor $K= 0.65$) se montan ventanas de igual grosor pero con dobles cristales ($K=0.34$), y se ahorran **784.18 W**.

Entre ambas soluciones **3149.53 W**.

Se calculó nuevamente bajo estas nuevas condiciones, con el ahorro de los 3149.5 W y se obtuvo que en este caso con 3.3 t son suficiente (antes 4.5 aproximado), dejándose en 3.5 toneladas, lo que significa una tonelada menos a la obtenida.

Si se realizan las correcciones estructurales planteadas se puede dejar el sistema de clima tal y como se encuentra (dos aires de 4 toneladas convencionales) pero en este caso funcionando solo un aire acondicionado y sirviendo el otro de repuesto.

Tercer análisis

Si se va a modificar a 6 t de clima convencional (dos Split de 3 t) por la opción del primer análisis planteado, sería conveniente evaluar el cambio de hacerse por la tecnología Inverter, la cual representa según el análisis de los expertos en una disminución energética de un 40 %. El cálculo por esta esta nueva variante arrojó que de los 121440 kWh consumidos por el sistema convencional compuesto por los dos split de 3 t, se quedarían

en 72864 kWh con el uso de la tecnología Inverter, teniéndose un gasto energético total de 120888 kWh diario. Es decir:

- ❖ Con las 8 t en sistema de clima convencional actualmente instaladas se consumen 138000 kWh diario, para un total en el local de 186024 kWh.
- ❖ Con la propuesta de 6 t en sistema de clima convencional se consumirían diariamente 121440 kWh, para un total en el local de 169464 kWh (primer análisis)
- ❖ Y con la propuesta de 6 t en este caso con sistema inverter se consumirían diariamente 72864 kWh, para un total en el local de 120888 kWh.

Este análisis quedó reflejado en la Figura 3.3, mostrándose la viabilidad del cálculo planteado con el ahorro de 16560 kWh (el 9 %) para la primer variante (sistema de aire convencional con dos unidades de 3 t c/u), o con el ahorro de 65136 kWh (el 35 %) con la propuesta final o segunda variante de par de unidades iguales de 3 t pero en este caso con la tecnología Inverter.

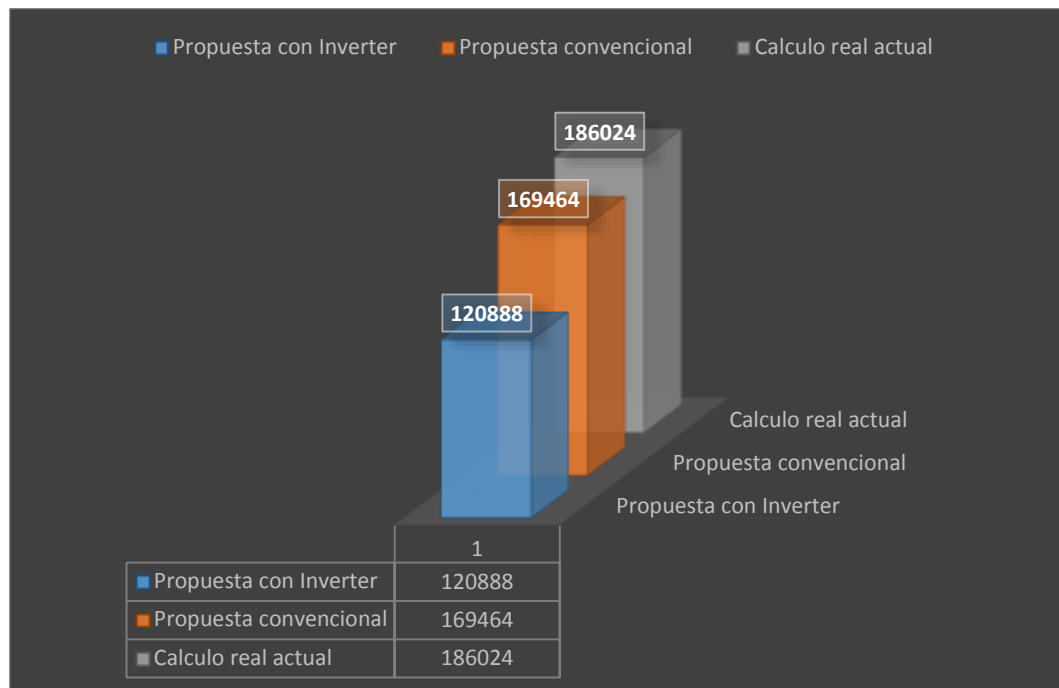


Figura 3.3. Ahorro significativo en dos variantes propuestas según metodología.

Cuarto análisis.

La sala cuenta actualmente con un sistema de clima de 8 t, equivalentes a 96 000 BTU/h, donde:

- Según la forma de cálculo abreviada o con poca complejidad (comúnmente empleada) se determinó que solo es necesario 75360 BTU equivalentes a 6.28 t, quedando sobredimensionado el clima en 20 640 BTU.
- Y a través del cálculo por la propuesta se determinó la necesidad de 4.5 t equivalentes a 54 000 BTU, quedando igualmente sobredimensionado el clima, pero esta vez en 42 000 BTU, es decir, más del doble que por el anterior método.

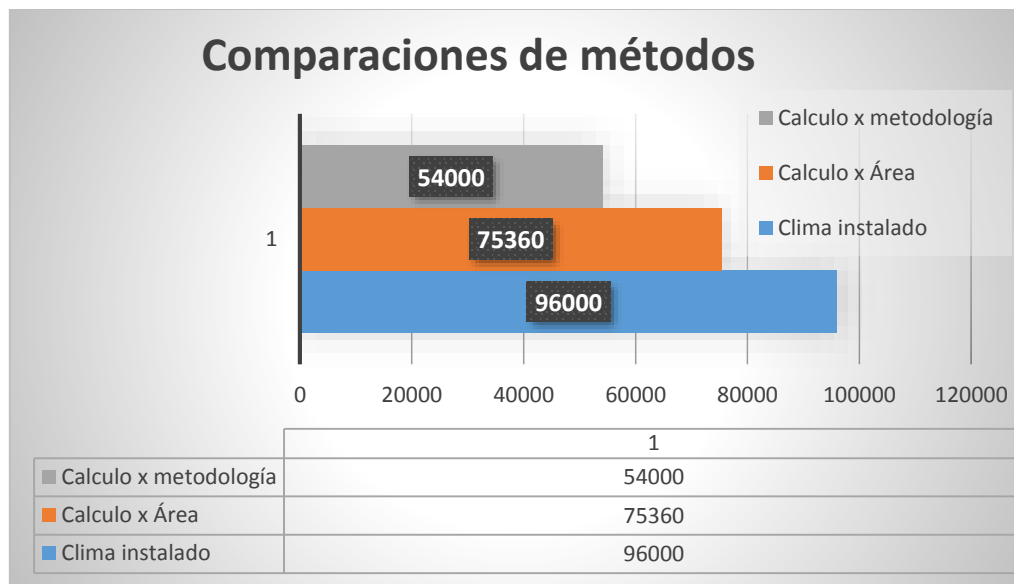


Figura 3.4. Comparación entre métodos.

Este resultado se puede apreciar de forma más clara en las Figuras 3.4 y 3.5, mostrándose un punto más exacto con el cálculo propuesto de 21360 BTU menos con respecto al cálculo simple por área, así queda recogida la validez de este proceder y la importancia de aplicar la metodología descrita en todos sus aspectos y factores implicados.

Según método simple

De 96 000 BTU

Necesita: 75 360BTU = 78,5 %

Sobredimensionado en:

20 640BTU = 21,5%



Según método propuesto con 4.5t

De 96 000 BTU

Necesita: 54 000BTU = 56,25 %

Sobredimensionado en:

42 000BTU = 43,75 %



Figura 3.5. Comparación entre métodos en el local Salón VIP

3.2 Cálculo de la carga térmica y análisis de resultados del centro de nodos en la Universidad de Holguín

Teniendo presente los datos ofrecidos por el Centro Meteorológico Provincial de Holguín, las condiciones ideales de diseño de este tipo de locales para servidores y el cálculo realizado a través del Diagrama Psicométrico se determinaron las condiciones de diseño en la universidad de Holguín.

Condiciones de diseño

Tabla 3.11 Condiciones de diseño para el centro de nodos, Universidad de Holguín.

<u>Condiciones de diseño</u>	<u>Interiores</u>	<u>Exteriores</u>
Temperatura a bulbo seco (°C)	23	33
Temperatura a bulbo húmedo (°C)	18	27
Humedad relativa (%)	50	80
Humedad absoluta (kg/kgas)	0,0088	0,026
Variación de temperatura diaria (°C)	10	

Las características del sistema de clima en estos dos locales son las siguientes:

- Local Oficina-Servidor.
 - ✓ Un Aire de Ventana LG, modelo TWC06GAAA1, capacidad de 6000 BTU/h, voltaje 220V a 60 Hz una fase, corriente 2,5 A, consumo de 560 W y refrigerante R22.
 - ✓ Un Split con tecnología convencional marca EUROM, capacidad de 12000 BTU/h, voltaje de 220 – 240 V a 50 Hz, corriente 7,3 A, consumo 1600 W y refrigerante R410A.

- Local Data Center.
 - ✓ Dos Split con tecnología convencional y capacidad de 12000 BTU/h c/u, voltaje de 220 – 230 V a 60 Hz, corriente nominal 5,8 A, corriente máxima 7,5 A, potencia nominal 1250 W, potencia máxima 1625 W, refrigerante R410A.

En las Tablas 3.11 y 3.12 se recogieron los valores de consumo aportados por los equipos eléctricos instalados según la documentación de los equipos utilizados.

Tabla 3.11. Consumo eléctrico de aparatos en local Oficina Servidor.

Local Oficina Servidor de la Universidad de Holguín					
Equipos	Cant	Horas	Potencia (W)	Demanda (W)	Consumo (kWh)
PC1, 2 y 3 de escritorio (UPS,1speaker, 1CPU, 2 monitores)	3	14	220	660	9.240
PC 4, 5 y 6 de escritorio (1UPS,1speaker, 1CPU, 1 monitor)	3	8	200	600	4.800
Televisor 32"	1	3	50	50	0.15
Switch de red 1	1	24	60	60	1.440
CPU de servidores	7	24	180	1260	30.240
Panel de redes (con 4 Switch)	4	24	200	800	19.200

Lámpara de techo led doble 18 Wx2	2	24	36	72	1.728
Lámpara de techo led sencilla 18 Wx1	1	24	18	18	0.432
Celulares trabajadores	4	8	5	20	0.160
Total	26			3540	67.39
Aire de ventana	1	18	560	560	10.08
Split 1 tonelada	1	18	1600	1600	28.8
Total	2			2160	38.88

Tabla 3.12. Consumo eléctrico de aparatos en local Data Center.

Local Data Center de la Universidad de Holguín					
Equipos	Cant	Horas	Potencia (W)	Demanda (W)	Consumo (kWh)
PC 7 de escritorio	1	24	200	200	4.800
Inversor -cargador	2	off	-	-	-
Switch de red 1	1	24	60	60	1.44
Lámpara de techo led doble 18Wx2	1	24	36	36	0.864
Deshumidificador	1	8	200	200	1.600
UPS	1	12	120	120	1.440
Paneles del Servidor en RACK	30	24	100	3000	72.000
Total	10			3616	82.144
Split 1 tonelada	2	18	1250	2500	45.000
Total	2				45.000

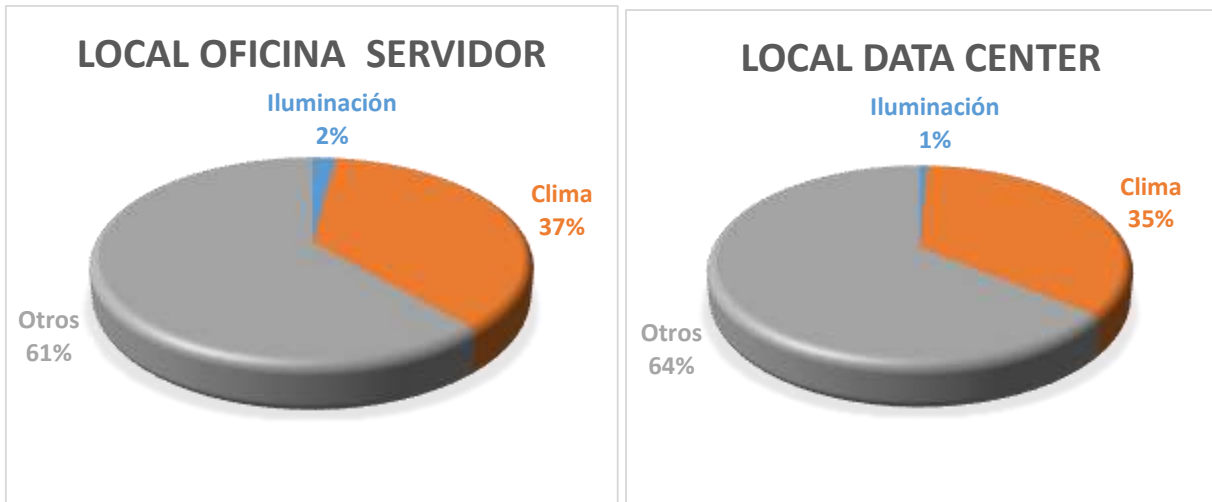


Figura 3.6 Porcentaje de consumo por grupos según Tablas 3.11 y 3.12.

Como se puede apreciar en la Figura 3.6 existe un mayor aporte al consumo por el equipamiento, quedando el clima por debajo. De igual manera al caso anterior se realizó un análisis previo según el cálculo por la ecuación 1.1 con poca complejidad para un ambiente residencial donde:

- Local Oficina Servidor:
 - ❖ Por separado los espacios de Oficina y Servidor se tiene que la Oficina ($12,62 \text{ m}^2$) demandaría 7572 BTU y dispone de solo 6000 BTU no llegando a la demanda por 1572 BTU, mientras el Servidor ($12,53 \text{ m}^2$) demandaría 7518 BTU pero dispone de 12000 BTU sobrepasado en este caso en 4482 BTU.
 - ❖ Tomando los dos espacios juntos ($25,15 \text{ m}^2$) que es la forma de proceder por estar abiertos entre si necesitarían 15009 BTU y disponen de 18000 BTU estando sobredimensionado por 2910 BTU en clima en este primer análisis.
- Local Data Center:
 - ❖ Este local con área de $15,44 \text{ m}^2$ (Volumen = $41,08 \text{ m}^3$) demandaría 9264 BTU y dispone de 24000 BTU por lo que está sobredimensionado en 14736 BTU, es decir, aparentemente hay un Split de esos y algo más sobrantes.

Por otra parte con el uso del analizador de redes se realizaron una serie de mediciones eléctricas mostradas en el Anexo No.11 y Anexo No.12, ya que, como las mediciones de campo fueron puntuales para una situación de explotación momentánea, de no máxima demanda al no tener todo el equipamiento en funcionamiento por la situación y momento en que se realizaron, siendo solamente tomados de referencia y no para el desarrollo del cálculo térmico.

Mediciones estructurales y otros datos de interés.

Tabla 3.13. Área local Oficina Servidor de la Universidad de Holguín.

Áreas de vidrios	Orientación	Cant.	Largo (m)	Alto (m)	Área Total(m ²)
Ventana 1 cristal	NW	1	0.82 m	0.62 m	0.508 m ²
Ventana 2 cristal	SE	1	1.36 m	1.2 m	1.63 m ²
Puerta 1 exterior	NW	1	0.82 m	2.02 m	1.66 m ²
Puerta 2 interior	Interior	1	0.83 m	2.02 m	1.68 m ²
Hueco aire ventana	SE	1	0.8 m	0.7 m	0.56 m ²
Rendijas promedio	-				0.204 m²
Área estructuras	Orientación	Cant.	Largo (m)	Alto (m)	Área Total(m ²)
Pared Sureste	SE	1	5.78 m	2.66 m	13.185 m ²
Pared Noroeste	NW, interior	1	4.96 m	2.66 m	13.194 m ²
Techo	interior	1	5.78 m	5.78 m	25.14 m ²
Piso	Interior	1	5.78 m	5.78 m	25.14 m ²

Tabla 3.14. Áreas del local Data Center.

Áreas de vidrios	Orientación	Cant.	Largo (m)	Alto (m)	Área Total(m ²)
Ventana 3 cristal	NW	1	0.82 m	0.62 m	0.508 m ²
Ventana 4 tabillas madera	NW	1	2.61 m	0.82 m	2.14 m ²
Puerta 3 exterior	NW	1	0.82 m	2.02 m	1.66 m ²
Ventana 5 cristal	SE	1	1.4 m	1.2 m	1.68 m ²

Rendijas promedio	-				0.154 m²
Área estructuras	Orientación	Cant.	Largo (m)	Alto (m)	Área Total(m²)
Pared Sureste	SE	1	3.55 m	2.66 m	7.76 m ²
Pared Noroeste	NW, interior	1	3.55 m	2.66 m	5.13 m ²
Techo	interior	1	3.55 m	4.35 m	15.443 m ²
Piso	Interior	1	3.55 m	4.35 m	15.443 m ²

Carga Sensible por Radiación (Q_{SR}) solar a través de las ventanas.

Los factores de corrección son:

- $f_1 = 1.17$ Marco de aluminio.
- $f_2 = 0.80$ Uso de cortinas interiores de color oscura (Tabla 2.6).
- $f_3 = 0.7$ Uso de cartón para tapar la radiación.

Local Oficina Servidor de la Universidad de Holguín

Tabla 3.15. Carga sensible por radiación a través de las ventanas.

Ventanas	R [w/m ²]	S [m ²]	f_1	f_2	f_3	Q_{SR} [W]	Total
V2 SE	466	1.63	1.17	0.8	0.7	497.68	497.6 W

Local Data Center de la Universidad de Holguín

Tabla 3.16. Carga sensible por radiación a través de las ventanas.

Ventanas	R [w/m ²]	S [m ²]	f_1	f_2	f_3	Q_{SR} [W]	Total
V5 SE	466	1.68	1.17	0.8	0.7	512.94	512.9 W

Carga Sensible por transmisión (Q_{ST}).

Local Oficina Servidor de la Universidad de Holguín

Tabla 3.17. Carga sensible por transmisión.

Áreas	S [m ²]	K [w/m ² . °C]	ΔT_{bs} [°C]	Q_{ST} [W]	Total [W]
-------	---------------------	---------------------------	----------------------	--------------	-----------

Ventana 2 SE	1.63	6.5 Cristal sencillo 6mm	10	105.95	389.25 W
Hueco de aire en pared tapado con cartón de caja	0.56	3.5 Madera ciega	10	19.6	
Pared SE	13.185	2 Bloque de hormigón	10	263.7	

Local Data Center de la Universidad de Holguín

Tabla 3.18. Carga sensible por transmisión.

Áreas	S [m ²]	K [w/m ² . ° C]	Δ Tbs [° C]	Q _{ST} [W]	Total [W]
Ventana 5 SE	1.68	6.5 Cristal sencillo 6mm	10	109.2	264.46 W
Pared SE	7.763	2 bloque hormigón	10	155.26	

Nota: En la transmisión solamente los elementos del sureste, no se tuvo en cuenta las paredes que están fuera de la orientación suroeste, al igual que el techo y el piso por no recibir radiación solar.

Ganancia sensible (Q_{Sinf}) y latente (Q_{Linf}) por infiltraciones.

Estos locales del servidor de la universidad a pesar de tener poca ventilación aparentemente por tener una sola ventana si hay intercambio por infiltración del aire del exterior por el efecto de la presión del viento a través de las rendijas o ranuras en gran medida por varios factores: primero, posee una ventana de cristal pero con modelo de persianas, en este caso de cristal las cuales no cierran herméticamente sino todo lo contrario teniendo varias rendijas a pesar de que se le puso cartón de caja para disminuir ese efecto y unas cortinas encima. Segundo tiene instalado un aire de ventana mucho menor en tamaño que el hueco de la pared

cubierto ese espacio (15 cm x 60 cm) con elementos rústicos como cartón de caja y otros elementos dejando aun varias rendijas. Tercero la existencia de otro hueco de aire de ventana pero cubierto con un cartón por la no presencia del aire de ventana. Por otra parte, queda el accionar de las puertas hacia el local donde hay grandes transferencias de calor del exterior, pero a su vez son importantes para propiciar el cabio de aire interno.

El volumen infiltrado (V_{inf}) se obtuvo a partir de la tabla del Anexo No.7 para rendijas de 5mm y la velocidad del viento de 2,2 m/s en el local DATA Center, que posee menos rendijas que el otro local del servidor. Para el otro local con rendijas de 6.5mm.

Tabla 3.19. Ganancia por infiltraciones en el local Data Center.

$V_{inf}(m^3/s.m)$	$T_{Ext} (°C)$	$T_{Int} (°C)$	W_{Ext}	W_{Int}	Q_{Sinf}	Q_{Linf}
0.0074	33	23	0.026	0.0088	88.8 W	378 W

Tabla 3.20. Ganancia por infiltraciones en el local Oficina Servidor.

$V_{inf}(m^3/s.m)$	$T_{Ext} (°C)$	$T_{Int} (°C)$	W_{Ext}	W_{Int}	Q_{Sinf}	Q_{Linf}
0.0099	33	23	0.026	0.0088	118.8 W	505.7 W

Ganancia sensible (Q_{SV}) y latente (Q_{LV}) por ventilación.

El volumen por ventilación (V_V) según tabla del Anexo No.8 para laboratorio.

Tabla 3.21. Ganancia por ventilación.

$V_V(m^3/s.ocup)$	$T_{Ext} (°C)$	$T_{Int} (°C)$	W_{Ext}	W_{Int}	Q_{SV}	Q_{LV}
0.0095	33	23	0.026	0.0088	114 W	485.3 W

Carga sensible (Q_{SE}) y latente (Q_{LE}) por los aparatos eléctricos.

Este valor se tomó de las Tablas 3.11 y 3.12, donde $Q_{SE} = 3540 W$ para el local Oficina-Servidor y de $Q_{SE} = 3616 W$ para el local Data Center, en ambos casos la carga latente ($Q_{LE} = 0$) fue igual a cero

Carga sensible (Q_{SO}) y latente (Q_{LO}) por ocupantes.

Tabla 3.22. Carga por ocupantes en el local Oficina Servidor del centro de Nodos.

Cantidad de Personas	C.S	C.L	Q_{SO} [W/persona]	Q_{LO} [W/persona]
3 sentados	58	44	174	132
1 movimiento	58	70	58	70
TOTAL			232 W	202 W

Tabla 3.23. Carga por los ocupantes en el local DATA CENTER del centro de Nodos.

Cantidad de Personas	C.S	C.L	Q_{SO} [W/persona]	Q_{LO} [W/persona]
2	58	70	116 W	140 W

Carga total

Tabla 3.24 Resumen de todos los aportes térmicos del local Oficina Servidor.

Carga Total a partir de las Cargas Sensibles y Latentes (W). OFICINA SERVIDOR	Watts
Carga sensible por radiación solar a través de vidrios: Q_{SR}	497.68
Carga sensible por transmisión: Q_{ST}	389.25
Carga sensible interno por los equipos eléctricos y luces: Q_{SE}	3540
Carga sensible por ocupantes: Q_{SO}	232
Carga sensible por Infiltraciones: Q_{Sinf}	118.8
Carga sensible por ventilación: Q_{SV}	114
Total de Cargas Sensibles: $Q_{Sensible\ Total} \times 1,3$	6359.25
Carga latente por Infiltraciones: Q_{Linf}	505.7
Carga latente por ocupantes: Q_{LO}	202

Carga latente por ventilación: Q_{LV}	485.3
Total de Cargas Latentes: $Q_{Latente Total} \times 1,3$	1550.9
Se aplica el coeficiente de seguridad por necesidad de gran confort = 1,3	
Total de Cargas: Q_{Total} (W). 7,9 kW	7910.15 W
Equivalente a: 26 990.44 BTU/h = 2.25 toneladas	

Tabla 3.25. Resumen de todos los aportes térmicos del local Data Center.

Carga Total a partir de las Cargas Sensibles y Latentes (W). DATA CENTER	Watts
Carga sensible por radiación solar a través de vidrios: Q_{SR}	512.9
Carga sensible por transmisión: Q_{ST}	264.46
Carga sensible interno por los equipos eléctricos y luces: Q_{SE}	3616
Carga sensible por ocupantes: Q_{SO}	116
Carga sensible por Infiltraciones: Q_{Sinf}	88.8
Carga sensible por ventilación: Q_{SV}	114
Total de Cargas Sensibles: $Q_{Sensible Total} \times 1,3$	6125.81
Carga latente por Infiltraciones: Q_{Linf}	378
Carga latente por ocupantes: Q_{LO}	140
Carga latente por ventilación: Q_{LV}	485.3
Total de Cargas Latentes: $Q_{Latente Total} \times 1,3$	1304.29

Se aplica el coeficiente de seguridad por necesidad de gran confort = 1,3		
Total de Cargas: Q_{Total} (W)-	7,4 kW	7430.1 W
Equivalente a: 25 352.45 BTU/h = 2.1 toneladas		

3.2.1 Interpretación de resultados y propuestas en el Centro de Nodos

Los resultados se pueden apreciar en las siguientes dos figuras (Figura 3.7 y 3.8) que se muestran a continuación, apreciándose no solo los resultados por cada metodología sino con una comparación entre ellos que alerta sobre la valoración incorrecta e inexacta del método simple.

Según método simple

De 18 000 BTU

Necesita: 15 009 BTU = 83,4 %

Sobredimensionado en :

2 910 BTU = 16,6 %

Según método propuesto

De 18 000 BTU

Necesita: 26 990,44 BTU = 149,9 %

Subdimensionado en:

8 990,44 BTU = 49,9 %



Figura 3.7 Comparación entre métodos en el local Oficina Servidor

Según método simple

De 24 000 BTU

Necesita: 9 224 BTU = 38,5 %

Sobredimensionado en :
14 736 BTU = 61,5%

Según método propuesto

De 24 000 BTU

Necesita: 25 352,45 BTU = 105,6 %

Subdimensionado en:
1 352,45 BTU = 5.6 %



Figura 3.8 Comparación entre métodos en el local DATA CENTER

Resultados:

- El primer resultado que se obtuvo es que ambos locales están subvalorados en cuanto a la potencia de clima que demandan, ya que en el local Servidor-Oficina dispone de 18000 BTU necesitando aproximadamente 27 000 BTU; ocurriendo algo similar en el local DATA CENTER que cuenta con 24 000 BTU pero necesita aproximadamente 26 000 BTU.
- El segundo resultado que se obtuvo fue a través de la comparación entre ambos métodos en la que se obtuvo un criterio completamente opuesto, al proponer por el método simple la necesidad de menor potencia de clima cuando lo que realmente se necesita aún más de lo que se tiene instalado.
- El tercer resultado es el más importante ya se alerta en el incorrecto empleo del método simple que comúnmente es utilizado, cuando se demostró que en algunos

casos tiende a funcionar aparentemente como lo fue en el caso del salón VIP al determinarse lo sobredimensionado del clima, sin embargo, por la metodología propuesta se determinó que esa sobredimensión era aún mayor, resaltando la inexactitud del mismo; y en la Universidad ocurrió todo lo contrario, planteando la necesidad de menor aporte en clima cuando por la metodología se determinó la necesidad de aun más potencia en los sistemas de clima. Así queda demostrado la efectividad del cálculo planteado quedando como propuesta en la aplicación de cálculos térmicos para cualquier local con un grado bastante aceptable en la determinación de las necesidades de climatización.

Conclusiones del capítulo

En el presente capítulo se determinó la demanda real en cuanto a las necesidades climáticas para ambos objetos de estudio, mostrándose el nivel de complejidad y análisis que se debe de tener como mínimo en los estudios de las cargas térmicas para obtener de manera acertada el equipamiento a instalar. Así queda propuesto el empleo de este análisis para la aplicación del tema en sí, alertando la inexactitud en los criterios aportados en la aplicación de los métodos simples.

CONCLUSIONES GENERALES

1. Se demostró la influencia de los sistemas de climatización no centralizada sobre la eficiencia energética en las instalaciones analizadas, por lo no utilización adecuada de estudio de las cargas térmicas.
2. El procedimiento propuesto permite el diagnóstico de los sistemas de climatización a partir de la integración del método de cálculo de cargas por diferencia de temperatura y factores de carga de enfriamiento.
3. Con el método de cálculo propuesto se determina que el salón VIP demanda aproximadamente un 40 % menos de potencia de clima y en las instalaciones de la Universidad se determinó la necesidad de mayor potencia de clima.
4. Se demostró las potencialidades de ahorro a partir de esta metodología y su validez en la obtención de los factores que más incide en consumo de energía.

RECOMENDACIONES

1. Aplicar el procediendo propuesto en la mayoría de las instalaciones del país, y principalmente en aquellas donde los sistemas de climatización sean los principales consumidores de energía para lograr los mayores ahorros.
2. Evaluar el uso de los sistemas de climatización con fuentes de energía renovable.

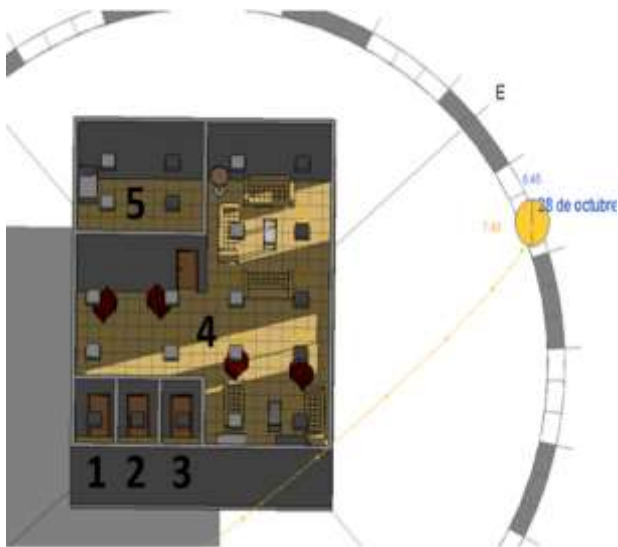
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dr. Schneider. Eficiencia Energética. (Manual de Soluciones)(Schneider Electric S.A.). (2010) www.schneider-electric.com.ar (Revista).
2. Lapido, R. Margarita; J. P. Monteagudo y A. E. Borroto Nordelo (2006). La gestión energética y la competitividad empresarial. (Libro) Disponible en: Cuba solar.
3. García Sánchez, A.P. Estudio de la Climatización en el Hospital Pediátrico de Moa, 1998. Departamento de Mecánica.
4. Torres Rodríguez, J.E. Estudio de la climatización del centro de proyectos de la Unión del Níquel, 1999. Departamento de Mecánica
5. Soriano Hijuelos, A. Cálculo de la carga térmica del local de los servidores de la Empresa Comandante Pedro Sotto Alba. Introducción a los conductos PERSYSTEM. 2002. Departamento de Mecánica.
6. Durán Ramírez, Y. Cálculo verificativo de la carga térmica de Climatización del Centro Comercial Moa, 2004. Departamento de Mecánica.
7. Valdespino Pacheco, I. Estudio de la climatización de los locales del Sistema de la Vivienda en Moa, 2004. Departamento de Mecánica.
8. Ruiz Fernández, A. Cálculo térmico verificativo de la instalación de Climatización del Hospital Guillermo Luis Hernández Fernández Vaquero, 2004. Departamento de Mecánica.
9. Abella Cuba, E. Estimación de la carga térmica de climatización de las instalaciones de Villa Coral y Villa Vigía Páginas 41. 2005. Instituto Superior Minero Metalúrgico
10. Mariño Urgellés, Y. Cálculo térmico de la instalación de climatización del cine Moa. Páginas. 69. 2005. Instituto Superior Minero Metalúrgico.
11. Pérez Pérez, Y. Evaluación del consumo energético por concepto de climatización en el edificio administrativo de la ECRIN, 2006. Trabajo de diploma. Departamento de Mecánica.

12. Tamayo Guides, E. Evaluación de la Carga Térmica de Climatización en instalaciones de la Empresa de Servicios a la Unión del Níquel. E. Góngora Leyva. Trabajo de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2007. 65 h.
13. Maresma Frometa, O. Estudio de consumo eléctrico en distintas áreas de la Empresa de Servicios a la Unión de Nickel. E. Góngora Leyva. Trabajo de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2007. 60 h.
14. Israel Castro Rodríguez. Ahorro Energético en el polo turístico de Holguín mediante Sistema Inmótico. Gabriel Hernández Ramírez. Tesis en opción al Título de Master en Eficiencia Energética. Universidad de Holguín, 2022.
15. María Caridad Monmey Rodríguez. Gestión Energética y Uso de Eficientes Tecnologías para el Ahorro de Energía Eléctrica. Gabriel Hernández Ramírez. Tesis en opción al Título de Master en Eficiencia Energética. Universidad de Holguín, 2022.
16. Tamayo Pupo, Yaideli (2022). Uso eficiente de la energía eléctrica en la proyección del centro de capacitación Empresa Eléctrica Holguín. Ever Góngora Leyva. Tesis en opción al Título de Master en Eficiencia Energética. Universidad de Holguín. [Tesis de Maestría no publicada].
17. Regalado Nuñez, Daniel (2016). Diseño de una herramienta en soporte digital para el cálculo de la carga térmica en locales, neveras y autos: Total Thermal Loads. Tesis en opción del grado de Master en Eficiencia Energética. Pinar del Rio.
18. ANTONY, M. (1995). Transferencia de Calor. España.
19. CORONEL Toro, J. (2005). Transparencias Comentadas de Tecnología. Sevilla, España.
20. GONZÁLEZ, J. (2009). Programa de Ingeniería Térmica. Cuba.
21. POLAINO, L. d., CASTILLA, S. R., & PADRÓN, V. F. (1987). Instalaciones de Climatización. Ciudad de la Habana: Editora ISPJAE.

ANEXOS

Anexo No.1. Elementos por los que está conformado el salón VIP del Aeropuerto



Anexo No.2. Tabla de densidad de ocupación por m^2 en los locales.

Tabla de densidad de ocupación por m^2 de local.	Proporción
Tiendas exposiciones, con poca gente:	1 persona cada 10 m^2 .
Tiendas con mucho público	1 persona cada 10 m^2 .
Restaurantes:	1 persona cada 1,5 m^2 .
Bares y discotecas:	1 persona cada 1 m^2 .
Cines y salones: contar las butacas y añadir	un 10% más

Anexo No.3. Radiación solar según la orientación:

Hora solar	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Horizontal
10	50	98	400	466	217	50	50	50	722
11	54	57	183	356	284	72	54	54	794
12	54	54	59	202	309	202	59	54	816
13	54	54	54	72	284	356	183	57	794
14	50	50	50	50	217	466	400	98	722
15	48	44	44	44	133	511	568	249	593
16	44	37	37	37	57	492	647	407	433

Fuente: Modelo seis instalaciones de climatización y ventilación U.D.5 Cálculos de carga térmica. [5]

Anexo No.4. Factores a través de ventanas de vidrio

Elemento en la ventana	Factor f
Persiana color claro	0,56
Persiana color gris	0,65
Persiana color oscuro	0,75
Toldo o lona exterior	0,25
Cortina interior blanca	0,41
Cortina interior gris	0,63
Cortina interior oscura	0,80
Persiana exterior madera	0,24

Fuente: Modelo seis instalaciones de climatización y ventilación U.D.5 Cálculos de carga térmica. [5]

Anexo No.5. Factores a través de ventanas.

Tipo de vidrio	Sin persiana o cortina	Persianas venecianas exteriores					Toldos exteriores circulación de aire arriba y lateral	
		Listones horizontales o verticales inclinados 45° Cortina de tela			Listones horizontales inclinados 45°			
		Color			Color		Color	
		claro	medio	oscuro	claro	Exterior claro Interior oscuro	claro	medio u oscuro
Vidrio sencillo ordinario	1,00	0,56	0,65	0,75	0,15	0,13	0,20	0,25
Vidrio sencillo 6 mm	0,94	0,56	0,65	0,74	0,14	0,12	0,19	0,24
Vidrio absorbente: Coeficiente de absorción								
0,40 a 0,48	0,80	0,56	0,62	0,72	0,12	0,11	0,16	0,20
0,48 a 0,56	0,73	0,53	0,59	0,62	0,11	0,10	0,15	0,18
0,56 a 0,70	0,62	0,51	0,54	0,56	0,10	0,10	0,12	0,16
Vidrio doble :								
Vidrio ordinario	0,90	0,54	0,61	0,67	0,14	0,12	0,18	0,22
Vidrio de 6mm	0,80	0,52	0,59	0,65	0,12	0,11	0,16	0,20
Vidrio pintado:								
Color claro	0,28							
Color medio	0,39							
Color oscuro	0,50							

Fuente: Modelo seis instalaciones de climatización y ventilación U.D.5 Cálculos de carga térmica. [5]

Anexo No.6. Coeficiente k de transmisión térmica.

	Tipo	Coef. K
Paredes	Simple de ladrillo 9	3,5
	Bloque hormigón	2
	Ladrillo 12 + cámara + ladrillo 4	1,5
	Ladrillo 12 + cámara + ladrillo 7	1,4
	Ladrillo 12 + aislante 4 cm + ladrillo 4	0,7
Tabiques interiores	Tabique 4	3,5
	Tabique 7	3,1
	Pladur sin aislar	4,6
	Pladur aislado	1,4
Techos	Terraza con catalana	1,7
	Terraza asilada	1,3
	Cubierta de teja sin cámara	1,7
	Cubierta con teja y cámara aire	1,3
	Cubierta con teja aislada	1,4
	Techo chapa sin aislar	8,1
	Techo con chapa aislada	2,3
Suelos	Sobre terreno	1,1

	Forjado 15 bovedilla cerámica	1,4
	Forjado 20 bovedilla cerámica	1,3
	Forjado 20 bovedilla hormigón	1,3
Ventanas	Cristal sencillo 6 mm	6,5
	Cristal doble 6+6	3,4
	Cristal doble con cámara	3
Puertas	Madera ciega	3,5
	Madera y cristal	3,9
	Metálica opaca	5,8
	Metálica y cristal doble	4,6

Anexo No.7. Infiltraciones.

Tipo de puerta y ancho de rendija	m ³ /(s*m) lineal de rendija				
	Velocidad del viento (m/s)				
Puerta de vidrio	2.2	4.4	6.6	8.9	11.2
Rendija 3mm	5*10 ⁻³	9.9*10 ⁻³	15.1*10 ⁻³	20.1*10 ⁻³	24.7*10 ⁻³
Rendija 5mm	7.4*10 ⁻³	15.4*10 ⁻³	21.6*10 ⁻³	30.9*10 ⁻³	37.2*10 ⁻³
Rendija 6.5mm	9.9*10⁻³	20*10 ⁻³	29.4*10 ⁻³	40.3*10 ⁻³	40.3*10 ⁻³

Anexo No.8. Caudal de aire exterior para la ventilación (V_V) en locales climatizados.

Aplicación	Números de fumadores	m ³ /s por persona		m ³ /(s·m ²) de piso Mínima
		Recomendada	Mínima	
Apartamento	Pequeño	9,5·10 ⁻³	6,9·10 ⁻³	
Barbería	Grande	6,9·10 ⁻³	4,7·10 ⁻³	
Salón de belleza	Muy pequeño	4,7·10 ⁻³	3,6·10 ⁻³	
Bar	Grande	14,2·10 ⁻³	11,7·10 ⁻³	
Grandes almacenes	Pequeño	3,6·10 ⁻³	2,4·10 ⁻³	2,5·10 ⁻⁴
Sala de consejo	Muy grande	23,6·10 ⁻³	14,2·10 ⁻³	
Farmacia	Pequeño	4,7·10 ⁻³	3,6·10 ⁻³	
Fábrica	Ninguno	4,7·10 ⁻³	3,6·10 ⁻³	5·10 ⁻⁴
Funeraria	Pequeño	4,7·10 ⁻³	3,6·10 ⁻³	
Hospital:				
-Quirófano	Ninguno			
-Habitación	Ninguno	14,2·10 ⁻³	11,7·10 ⁻³	10,2·10 ⁻³
-Sala común	Ninguno	9,5·10 ⁻³	6,9·10 ⁻³	1,7·10 ⁻³
-Laboratorio	Pequeño	9,5·10 ⁻³	6,9·10 ⁻³	
Habitación hotel	Grande	14,2·10 ⁻³	11,7·10 ⁻³	
Restaurante:				
Cafetería	Grande	5,6·10 ⁻³	4,7·10 ⁻³	1,7·10 ⁻³
Comedor	Grande	6,9·10 ⁻³	5,5·10 ⁻³	
Sala conferencia	Muy grande	23,6·10 ⁻³	14,2·10 ⁻³	6,3·10 ⁻³
Despacho:				
Común	Pequeño	6,9·10 ⁻³	4,7·10 ⁻³	
Privado	Ninguno	11,7·10 ⁻³	6,9·10 ⁻³	1,3·10 ⁻³
Privado	Grande	14,2·10 ⁻³	11,7·10 ⁻³	1,3·10 ⁻³
Teatro o cine	Ninguno	3,6·10 ⁻³	2,4·10 ⁻³	
Teatro o cine	Pequeño	6,9·10 ⁻³	4,7·10 ⁻³	
Tienda al detalle	Ninguno	4,7·10 ⁻³	3,6·10 ⁻³	

Anexo No.9. Actividad sensible (W), latente (W)

Actividad	Sensible (W)	Latente (W)
Persona sentada trabajo intelectual	58	44
De pie, paseando (tiendas)	58	70
Comiendo	64	93
Baile moderado	70	174
Marcha rápida	87	204

Fuente: Modelo seis instalaciones de climatización y ventilación U.D.5 Cálculos de carga térmica.

Anexo No.10. Factores de seguridad

Características	Factores de seguridad
Local, zona o edificios muy calurosos	1,2
Locales con muchas variaciones de ocupación:	1,2
Necesidad de gran confort	1,3
Utilización por la tarde	0.7

Anexo No. 11. Mediciones eléctricas de campo en el local Oficina- Servidor.

Mediciones eléctricas en local Oficina Servidor, Universidad de Holguín				
Interruptor Principal		4/oct/2022 10:50 am	4/oct/2022 11:50 am	6/oct/2022 09:20 am
	Parámetros	Medición No.1	Medición No.2	Medición No.3
Fase 1	V1 (Tensión)	122.1 V	122.7 V	116.5 V
	I1 (Corriente)	0	0	0
	P1 (Pot. Activa)	0	0	0
	cosϕ1 (Factor de Potencia)	0	0	0
Fase 2	V2 (Tensión)	123.5 V	126.9 V	119.5 V
	I2 (Corriente)	0.7 A	0.7 A	0.7 A
	P2 (Pot. Activa)	0.07 kW	0.06 kW	0.08 kW
	cosϕ2 (Factor de Potencia)	0.999	0.999	0.987
Fase 3	V3 (Tensión)	119.3 V	120.1 V	120.2
	I3 (Corriente)	4.5 A	4.4 A	4.6 A
	P3 (Pot. Activa)	0.45 kW	0.45 kW	0.49 kW
	cosϕ3 (Factor de Potencia)	0.977	0.967	0.978
Aire de Ventana				
	Parámetros	Medición No.1	Medición No.2	Medición No.3
	V (Tensión)	202.1 V	202.4 V	202.1 V
	I (Corriente)	2.7 A	2.8 A	2.8 A
	P (Pot. Activa)	0.52 kW	0.54 kW	0.56 kW
	cosϕ (Factor de Potencia)	0.982	0.980	0.983

Aire Split				
	Parámetros	Medición No.1	Medición No.2	Medición No.3
	V (Tensión)	215.4 V	203.8 V	204.7 V
	I (Corriente)	3 A	3.5 A	3.5 A
	P (Pot. Activa)	0.46 kW	0.53 kW	0.54 kW
	cosϕ (Factor de Potencia)	0.945	0.945	0.948

Anexo No. 12. Mediciones eléctricas de campo en el local DATA CENTER.

Mediciones eléctricas en local Data Center, Universidad de Holguín				
Interruptor Principal		4/oct/2022 10:50 am	4/oct/2022 11:50 am	6/oct/2022 09:20 am
	Parámetros	Medición No.1	Medición No.2	Medición No.3
Fase 1	V1 (Tensión)	120 V	119.9 V	119.8 V
	I1 (Corriente)	14.8 A	14.6 A	14.3 A
	P1 (Pot. Activa)	1.65 kW	1.7 kW	1.71 kW
	cosϕ1 (Factor de Potencia)	0.999	0.998	0.998
Fase 2	V2 (Tensión)	118.6 V	118.8 V	118.7 V
	I2 (Corriente)	14.8 A	14.7 A	14.9 A
	P2 (Pot. Activa)	0.76 kW	0.85 kW	0.86 kW
	cosϕ2 (Factor de Potencia)	0.443	0.444	0.438
Aire Split 1				
	Parámetros	Medición No.1	Medición No.2	Medición No.3
	V (Tensión)	204.4 V	204.3 V	204.2V
	I (Corriente)	5.5 A	5.6 A	5.6 A
	P (Pot. Activa)	1.11 kW	1.12 kW	1.12 kW
	cosϕ (Factor de Potencia)	0.988	0.987	0.983
Aire Split 2				
	Parámetros	Medición No.1	Medición No.2	Medición No.3
	V (Tensión)	203.7 V	203.6 V	203.5 V
	I (Corriente)	5.2 A	5.3 A	5.4 A
	P (Pot. Activa)	1.05 kW	1.06 kW	1.08
	cosϕ (Factor de Potencia)	0.993	0.994	0.995