

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO DE DIPLOMA

Propuesta de equipo de clima a instalar en el local “Fuentes Renovables de Energía” en la Universidad de Holguín

Autores: Jorge A. Peña Ramírez
Arian A. Fajardo Caceres

Tutor: Ing. Rubén Roch Alberteris



UNIVERSIDAD
DE HOLGUÍN
OSCAR LUCERO MOYA

Holguín, 2011

PENSAMIENTO

No hay cosas imposibles, sino hombres incapaces

Fidel Castro Ruz

AGRADECIMIENTOS

A todos aquellos que de una forma u otra han brindado su ayuda y apoyo en la realización de este trabajo, en especial:

- A mis padres por su apoyo y dedicación diaria
- Agradezco la colaboración de nuestras esposas.
- A todos mis amigos y familiares.
- A mi tutor Ing. Rubén Roch Alberteris que me enseñó el camino a seguir para realizar el trabajo.

DEDICATORIA

A nuestra familia, en especial a la revolución cubana por darnos la oportunidad de superarnos en la vida.

RESUMEN

El presente trabajo trata sobre la selección de un equipo de clima que garantice las condiciones de confort en el local de Fuentes Renovables de Energía en la Universidad de Holguín, se aborda el desarrollo de la climatización, tipos de climas empleados y sus características, la importancia de usar fuentes renovables de energía, los métodos que existen para determinar la carga térmica de un recinto empleándose en los cálculos una hoja de cálculo que utiliza la empresa ECME basada en la metodología de Carrier. Se obtiene como resultado un equipo de clima doméstico de 6,9 kW y se trata el impacto medio ambiental de los gases refrigerantes.

SUMMARY

This work deals with the selection of a climate equipment that guarantees the conditions of comfort in the local of Renewable Sources of Energy in the University of Holguín, it is approached the development of the air conditioning, types of used climates and its characteristics, the importance of using renewable sources of energy, the methods that exist to determine the thermal load of an enclosure. Was used a program of the company ECME based on the methodology of Carrier. It is obtained an equipment of domestic climate of 6,9 kW as a result and the environmental impact was analyzed.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
1.1. Breve reseña del surgimiento de la climatización	5
1.2. Objetivos de la climatización en un recinto	8
1.3. Propiedades de los refrigerantes primarios	11
1.4. Campos de aplicación de los refrigerantes primarios	13
1.5. Tipos de compresores empleados para la climatización	16
1.6. Condiciones de diseño para la climatización	17
1.7. Determinación de las cargas térmicas.....	18
1.8. Equipos de Clima. Características.....	24
2. PROPUESTA DE EQUIPO DE CLIMA A INSTALAR EN EL LOCAL “FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA” EN LA UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN	28
2.1. Características del local “Fuentes Renovables de Energía”	28
2.2. Determinación de la carga térmica del local	29
2.3. Selección del equipo de clima idóneo para este local.....	32
2.4. Análisis de propuesta.....	32
2.5. Valoración económica.....	32
2.6. Impacto medio ambiental	33
CONCLUSIONES	34

RECOMENDACIONES	35
BIBLIOGRAFIA	36
<i>Anexos</i>	38

INTRODUCCIÓN

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

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

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

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

La humedad se refiere a la cantidad de agua contenida en el aire y está directamente relacionada con la sensación de bienestar. El aire ambiente se controla para mantener la humedad relativa preestablecida mediante la humidificación o deshumidificación del aire ambiente. Para obtener el confort deseado, es necesario que el aire sea distribuido y circule uniformemente por todo el recinto, sin producir corrientes desagradables. Por último, la eliminación de las partículas de polvo es fundamental para la salud. Conseguir un adecuado filtrado de aire es una labor básica de un equipo de aire acondicionado.

Además de la comodidad que disfrutamos con el aire acondicionado en un día cálido y húmedo de verano, actualmente muchos productos y servicios vitales en nuestra sociedad dependen del control del clima interno, como los alimentos, la ropa y la biotecnología para obtener químicos, plásticos y fertilizantes.

El aire acondicionado juega un rol importante en la medicina moderna, desde sus aplicaciones en el cuidado de bebés y las salas de cirugía hasta sus usos en los laboratorios de investigación. Sin el control exacto de temperatura y humedad, los microprocesadores, circuitos integrados y la electrónica de alta tecnología no podrían ser producidos. Los centros computacionales dejarían de funcionar.

Muchos procesos de fabricación precisa no serían posibles. El vuelo de aviones y de naves espaciales sería solo un sueño. Minerales valiosos no podrían ser extraídos desde la profundidad de la tierra y los arquitectos no podrían haber diseñado los enormes edificios que han cambiado la cara de las ciudades más grandes del mundo. El aire acondicionado inventado por Willis Haviland Carrier ha

hecho posible el desarrollo de muchas áreas tropicales y desérticas del mundo, que dependen de la posibilidad de controlar su medio ambiente.

Cuba al poseer altas temperaturas, pues se encuentra situada cercana al ecuador, en el trópico de cáncer, constar con una humedad ambiente relativamente alta, está grandemente afectada por estas condiciones climáticas, por lo que la introducción del aire acondicionado mejora las condiciones de vida.

Debido a la crisis del petróleo y el bloqueo a que está sometido nuestro país ha implementado una revolución energética dirigida fundamentalmente a la utilización de las fuentes renovables de energía.

La Universidad de Holguín, dando respuesta a esta tarea ha creado un local para que los estudiantes se sientan estimulados en la carrera y adquieran de forma práctica los conocimientos necesarios en su formación profesional. Además, poder brindar cursos de superación a personal no solamente de la Universidad sino a aquellas instituciones que así lo requieran, en cuanto a la promoción y desarrollo de las Fuentes Renovables de Energía. Las condiciones climáticas que hoy en día vivimos hacen adverso su buen uso, para ello debe de ser climatizado este, siendo lo antes expuesto la **situación problemática**.

De aquí que tenemos como **problema de investigación**: ¿Cómo seleccionar un equipo de clima que mantenga las condiciones de confort en el local de Fuentes Renovables de Energía?

El **objeto de investigación** es las condiciones de confort estables en dicho local.

Como **campo de investigación** tenemos los equipos de clima.

Para dar solución al problema nos planteamos la siguiente **Hipótesis**: Al seleccionar el equipo de clima idóneo podremos mantener las condiciones de confort estable en el local de Fuentes de Energía Renovable.

El **Objetivo de la investigación** es seleccionar el equipo de clima que mantenga las condiciones de confort estable.

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

- 1- Realizar un análisis bibliográfico que permita el establecimiento del estado del arte sobre la temática tratada.
- 2- Determinar la carga térmica a partir de la evaluación de diferentes metodologías de cálculo.
- 3- Seleccionar el equipo de clima que cumpla con las condiciones de confort.
- 4- Proponer una alternativa momentánea.
- 5- Realizar una valoración económica y medio ambiental.
- 6- Elaborar el documento final.

Métodos empíricos:

- **Consulta a expertos:** que permitió consolidar conocimientos y esclarecer dudas acerca del estado actual electro-energético de la entidad.
- **Revisión de documentos:** la consulta de varios documentos lo cual aportó elementos para la elaboración del trabajo.

Métodos teóricos:

- **Análisis – síntesis:** para el procesamiento de la información obtenida, interpretar y analizar los resultados, hacer una valoración del estado de los diferentes indicadores en los momentos actuales.
- **Inducción – deducción:** llegar a conclusiones generales válidas.

Resultado esperado: Seleccionar el equipo de clima que garantice el confort adecuado en el local de Fuentes Renovables de Energía.

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. Breve reseña del surgimiento de la climatización

Un aparato de aire acondicionado sirve, tal y como indica su nombre, para el acondicionamiento del aire. Éste es el proceso más completo de tratamiento del ambiente en un local cerrado y consiste en regular la temperatura, ya sea calefacción o refrigeración, el grado de humedad, la renovación o circulación del aire y su limpieza, es decir, su filtrado o purificación.

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

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

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

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

Aunque Willis Haviland Carrier es reconocido como el “padre del aire acondicionado”, el término “aire acondicionado” fue utilizado por primera vez por el

ingeniero Stuart H. Cramer, en la patente de un dispositivo que enviaba vapor de agua al aire en las plantas textiles para acondicionar el hilo.

Las industrias textiles del Sur de los Estados Unidos fueron las primeras en utilizar el nuevo sistema de Carrier. Por ejemplo, la fábrica de Algodón Chronicle Mill en Belmont, Carolina del Norte, que tenía un gran problema. Debido a la ausencia de humedad, se creaba un exceso de electricidad estática, haciendo que las fibras de algodón se deshilaran y fuera difícil tejerlas. El sistema Carrier elevó y estabilizó el nivel de humedad para acondicionar las fibras, resolviendo así la cuestión.

Debido a su calidad, un gran número de industrias se interesaron por el aparato de Carrier. La primera venta que realizó al extranjero fue en 1907, para una fábrica de seda en Yokohama, Japón.

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

El inventor dijo que recibió su “chispa de genialidad” mientras esperaba un tren. Era una noche brumosa y él estaba repasando mentalmente el problema del control de la temperatura y la humedad. Para cuando llegó el tren, ya había comprendido la relación entre temperatura, humedad y punto de condensación.

Las industrias florecieron con la nueva habilidad para controlar la temperatura y los niveles de humedad durante la producción. Películas, tabaco, carnes procesadas, cápsulas medicinales y otros productos obtuvieron mejoras significativas en su calidad gracias al aire acondicionado.

En 1915, entusiasmados por el éxito, Carrier y seis amigos ingenieros reunieron 32,600 dólares para formar la Compañía de Ingeniería Carrier, dedicada a la innovación tecnológica de su único producto, el aire acondicionado.

Durante aquellos años, su objetivo principal fue mejorar el desarrollo de los procesos industriales con máquinas que permitieran el control de la temperatura y la humedad. Por casi dos décadas, el uso del aire acondicionado estuvo dirigido a las industrias, más que a las personas.

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

Las máquinas anteriores usaban compresores impulsados por pistones para bombear a través del sistema el refrigerante, a menudo amoníaco, tóxico e inflamable. Carrier diseñó un compresor centrífugo similar a las paletas giratorias de una bomba de agua. El resultado fue un enfriador más seguro y eficiente.

El nuevo sistema se estrenó en 1924 en la tienda departamental Hudson de Detroit, Michigan. Los asistentes a la popular venta de sótano se sentían mareados por el calor debido al pésimo sistema de ventilación, por lo que se instalaron tres refrigerantes centrifugados Carrier para enfriar el piso. Una multitud de compradores llenó “el almacén con aire acondicionado” y poco tiempo después fueron instalados aparatos en toda la tienda.

Su uso pasó de las tiendas departamentales a las salas de cine. La prueba de fuego se presentó en 1925, cuando el Teatro Rivoli de Nueva York solicitó a la joven empresa instalar un equipo de enfriamiento. Se realizó una gran campaña de publicidad, que provocó que se formaran largas colas de personas en la puerta del cine. Casi todas llevaban sus abanicos, por si acaso.

La película que se proyectó aquella noche fue olvidada, pero no el refrescante confort del aire acondicionado. La industria creció rápidamente. Muchos estadounidenses disfrutaron por primera vez la experiencia de no tener que sufrir en los cines por el calor, ya que los propietarios instalaron los equipos para incrementar la asistencia durante los cálidos y húmedos días de verano.

La industria creció rápidamente y cinco años después, alrededor de 300 salas de cine tenían instalado ya el aire acondicionado. El éxito fue tal, que inmediatamente se instalaron este tipo de máquinas en hospitales, oficinas, aeropuertos y hoteles.

El calor y el frío que sienten las personas no sólo dependen de la temperatura ambiental, sino también de la humedad y de la apropiada distribución del aire.

La climatización es el proceso de tratamiento del aire que controla simultáneamente su temperatura, humedad, limpieza y distribución para responder a las exigencias del espacio climatizado.

El calor es una forma de energía relacionada directamente con la vibración molecular. Cuando calentamos una sustancia, sus moléculas se mueven rápidamente, generando así una energía, el calor. Si la enfriamos, el movimiento molecular se detiene, bajando la temperatura.

1.2. Objetivos de la climatización en un recinto

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

a) Calidad del Ambiente Térmico

El bienestar térmico se define como la condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico. Debido a su subjetividad, se precisa de relaciones empíricas que relacionen la percepción de bienestar de diferentes tipos de personas y sus sensaciones térmicas con los diferentes posibles valores de las variables que intervienen en el confort térmico. El índice de confort térmico depende de las variables que afectan sobre el intercambio de calor de la persona con el entorno que le rodea y así se refleja en la norma ISO 7730. Este índice de confort térmico es función de variables tales como el metabolismo, la vestimenta, la velocidad y humedad relativa del aire y la temperatura media radiante.

b) Calidad de Aire Interior. Ventilación

En los edificios modernos las personas están expuestas a un amplio espectro de sustancias polucionantes, todas ellas presentes en muy baja concentración y procedentes de materiales de construcción, mobiliario, elementos de decoración, equipos de oficina, metabolismo humano, humo de tabaco, aire exterior o incluso, los componentes del mismo sistema de climatización. Por lo tanto, en líneas generales, la calidad del aire en los recintos debe obedecer a dos requisitos fundamentales: los riesgos para la salud de los seres humanos deben ser mínimos y el aire no debe proporcionar una sensación olfativa desfavorable.

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

c) Consumo energético

Los consumos de energía en un edificio se centran básicamente en cuatro grandes grupos: acondicionamiento térmico (calefacción y refrigeración), agua caliente sanitaria, iluminación, aplicaciones (electrodomésticos, sistemas, etc.). Estudios publicados recientemente señalan que en el conjunto del Estado Español, el consumo en los sectores residenciales y de servicios supone cerca de un 30 % del consumo total de energía.

Si consideramos el total de los países de la Unión Europea, este porcentaje sube hasta alcanzar alrededor del 40 %. Estamos, por tanto, hablando de unos consumos de energía muy elevados y cualquier medida de ahorro o recuperación de energía, multiplicado por muchos miles o millones de edificios se convierte en

un potencial de ahorro nada despreciable. El impacto de los costes de energía en la selección, diseño y mercado de los equipos de acondicionamiento de aire ha sido complicado; y aún una mayor incertidumbre se ha manifestado durante los últimos años a partir de los estudios acerca del impacto medioambiental de estas tecnologías.

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

Los proyectos deben realizarse en función de la característica de la instalación y estructurados de manera coherente, debiéndose efectuar un balance energético con un análisis económico para definir la solución más conveniente. Deben fraccionarse la capacidad de los equipamientos a fin de adaptar la producción de aire acondicionado a la demanda de calor del sistema en la magnitud y momento que se produce, con objeto de conseguir en cada instante, el régimen de potencia más cercano al de máximo rendimiento.

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

Debe tenerse en cuenta que instalar equipamientos más eficientes, adoptar aislamientos más eficaces, proyectar edificios que disipen menos energía o proveer instalaciones que recuperen energía, obliga a mayores inversiones económicas que deben retornar con el ahorro que pueda conseguirse, sobre la base del tiempo que se considere necesario establecer como razonable. Para esbozar los lineamientos básicos a adoptar en el proyecto, debe conocerse el

problema en su real dimensión, como debe ser la cantidad y características de los consumos y los ahorros que se pueden obtener, por lo que se hace necesario medir con datos objetivos los procesos energéticos que se producen, para determinar donde es posible y conveniente la aplicación de nuevas tecnologías.

1.3. Propiedades de los refrigerantes primarios

Para que un refrigerante sea apropiado y pueda ser utilizado en un ciclo de refrigeración, debe poseer ciertas propiedades físicas, químicas y termodinámicas que lo hagan seguro durante su uso. No existe un refrigerante “ideal” ni que pueda ser universalmente adaptable a todas las aplicaciones. Entonces, un refrigerante se aproximará al “ideal”, solo en tanto que sus propiedades satisfagan las condiciones y necesidades de la aplicación para la que va a ser utilizado. Estas son:

1. **Baja temperatura de ebullición:** Un punto de ebullición por debajo de la temperatura ambiente, a presión atmosférica.
2. **Fácilmente manejable en estado líquido:** El punto de ebullición debe ser controlable con facilidad de modo que su capacidad de absorber calor sea controlable también.
3. **Alto calor latente de vaporización:** Cuanto mayor sea el calor latente de vaporización, mayor será el calor absorbido por kilogramo de refrigerante en circulación.
4. **No inflamable, no explosivo, no tóxico:** El código ASHRAE clasifica a los refrigerantes en función de su toxicidad y su inflamabilidad (ver Tabla 1). Los refrigerantes se dividen en dos grupos: A para los de baja toxicidad y B para los de elevada. El número que sigue a la letra indica la inflamabilidad del refrigerante. Mientras menor sea ese número, menor será la inflamabilidad. La mayoría de los refrigerantes usados en el mundo son A1, menos el amoníaco que es tipo B2 y por tanto necesita medidas de seguridad específicas (sólo usado en refrigeración industrial).

Tabla 1. Clasificación de seguridad de refrigerantes.

	Baja Toxicidad	Alta Toxicidad
Alta Inflamabilidad	A 3 (Propano, ...)	B 3
Moderada Inflamabilidad	A 2 (R 142a, R 152 ^a , ...)	B 2 (R 717, ...)
Baja Inflamabilidad	A 1 (R 22, R 134 ^a , ...)	B 1 (R 123, ...)

5. **Químicamente estable:** A fin de tolerar años de repetidos cambios de estado.
6. **No corrosivo:** Para asegurar que en la construcción del sistema puedan usarse materiales comunes y la larga vida de todos los componentes.
7. **Moderadas presiones de trabajo:** Las elevadas presiones de condensación (mayores a 25-28 kg/cm²) requieren un equipo muy pesado. La operación en vacío (menor a 0 kg/cm²) introduce la posibilidad de penetración de aire en el sistema.
8. **Fácil detección y localización de pérdidas:** Las pérdidas producen la disminución del refrigerante y la contaminación del sistema.
9. **Inocuo para los aceites lubricantes:** La acción del refrigerante en los aceites lubricantes no debe alterar la acción de lubricación. Históricamente se han utilizado los siguientes tipos de lubricantes: Aceites minerales (MO): R-22; Aceites alquilbencénicos (AB); Aceites Polialquiliglicoles (PAG); Aceites Polioli-Ester (POE): R-134a, R- 407C, R-410^a.

Los nuevos refrigerantes no se disuelven en aceites minerales, luego es necesario utilizar aceites POE, estos aceites son mucho más higroscópicos (con una breve exposición al ambiente absorben la suficiente agua como para dejarlos inservibles), debe colocarse un filtro secador en la línea de líquido. Si el grado de humedad es alto puede producirse corrosión, fango, alcohol y ácido. Los aceites POE tienen además un efecto limpiador (arrastra todas las partículas metálicas y polvo presente en el circuito). Las instalaciones con este aceite deben hacerse mucho más cuidadosamente.

10. **Bajo punto de congelación:** La temperatura de congelación tiene que estar muy por debajo de cualquier temperatura a la cuál pueda operar el evaporador.
11. **Alta temperatura crítica:** Un vapor que no se condense a temperatura mayor que su valor crítico, sin importar cuál elevada sea la presión. La mayoría de los refrigerantes poseen críticas superiores a los 93°C.
12. **Moderado volumen específico de vapor:** Para reducir al mínimo el tamaño del compresor.
13. **Bajo costo:** A fin de mantener el precio del equipo dentro de lo razonable y asegurar el servicio adecuado cuando sea necesario.

Aparte de las propiedades mencionadas resulta necesario considerar otros aspectos de carácter ambiental:

- Influencia de la sustancia refrigerante en áreas biológicas y genéticas.
- Efectos de sus productos de descomposición.
- En caso de que sean explosivos, a que concentración.
- Impacto directo al calentamiento global de la atmósfera (GWP).
- El consumo energético durante la producción y utilización, además de sus impactos sobre la producción y emisión de CO₂ (impacto indirecto)

1.4. Campos de aplicación de los refrigerantes primarios

Los agentes más empleados como sustancia de trabajo en los ciclos de refrigeración son:

- Amoníaco (R-717): Se emplea en máquinas frigoríficas de compresión, para temperatura de ebullición de hasta -30 – 40 °C. Este es uno de los mejores fluidos frigoríficos, posee buenas propiedades termodinámicas y de transferencia de calor, el coeficiente de rendimiento es uno de los mejores, no

se disuelve en aceite y no es sensible a la presencia de humedad, es fácil detectar en caso de fugas. Aunque presenta algunos inconvenientes por ser tóxico, algo inflamable y explosivo bajo ciertas condiciones, sus excelentes propiedades térmicas lo hacen ser un refrigerante ideal para fábricas de hielo, para grandes almacenes de enfriamiento, etc., donde se cuenta con los servicios de personal experimentado y donde su naturaleza tóxica es de poca consecuencia.

- R-12: Durante años este refrigerante fue el más solicitado en comparación con otros, debido principalmente a su empleo en gran diversidad de equipos, incluyendo refrigeradores domésticos, con buen rendimiento. Pertenece a la familia de los CFC, tiene un alto ODP y por tanto deberá ser reemplazado. El mejor sustituto a mano parece ser el R-134a.
- R-22: Muy empleado en sistemas de aire acondicionado domésticos y en sistemas de refrigeración comerciales e industriales incluyendo: cámaras de conservación e instalaciones para el procesado de alimentos: refrigeración y aire acondicionado a bordo de diferentes transportes; bombas de calor para calentar aire y agua. Se puede utilizar en compresores de pistón, centrífugo y de tornillo. Posee una capacidad frigorífica volumétrica más alta que el R-12. Pertenece a la familia de los HCFC, por lo que tiene un ODP bajo (0.05).
- R-134a: Refrigerante fluorado, libre de cloro, diseñado para reemplazar al R-12. Tiene un ODP nulo, cumpliendo con los requisitos medioambientales necesarios. Es adecuado para su uso en refrigeradores domésticos, aire acondicionado automotriz y aplicaciones comerciales en temperaturas medias y altas.

La Tabla 2 resume las principales aplicaciones y características de los refrigerantes primarios más comunes.

Tabla 2. Características de los refrigerantes más comunes.

Refrigerante	Uso	Como Requisitos	Cumple	Reemplazo
CFC-11	Para sistemas centrífugos de agua fría. Recipiente naranja.	No cumple requisitos ecológicos. ODP = 1.0		R-123
CFC-12	Para refrigeración domestica y A/A automotriz. Recipiente blanco.	No cumple requisitos ecológicos. ODP = 1.0		R-134a R-401a R-401b
HCFC-22	A/A para comodidad y algún uso como refrigerante y remplazo de baja temperatura. Recipiente verde.	Utilizado como refrigerante interino; será eliminado en el periodo de 2010 a 2030. ODP = 0.05		R-407c R-410a R-717
HCFC-123	Utilizado para enfriadores centrífugos. Recipiente gris claro.	Utilizado como refrigerante interino para remplazar el R-11. Factor de toxicidad de B1, se advierte contra su uso sin capacitación adicional. ODP = 0.02.		
HCFC-502	Para sistemas de baja temperatura. Recipiente orquídea (lila).	Esta siendo eliminado por poseer un componente CFC. ODP = 0.28		R-402a,b R-404a R-407c R-410a
HFC -134a	Para refrigeradores y congeladores domésticos y A/A automotriz. Recipiente azul cielo.	Si cumple con los requisitos. Contribuye al calentamiento global. ODP = 0		
Mezclas de HCFC R-401a	Para refrigeradores congeladores y A/A domésticos y refrigeración comercial. Recipiente coral.	ODP = 0.22		
Mezclas de HCFC R-401b	Reemplazo de R-12 en sistemas que operen a una temperatura de evaporación por debajo de -10 °F. Recipiente mostaza.	ODP = 0.24		R-401a
R-717 (Amoniaco)	Para temperaturas bajas comerciales.	Compuesto con propiedades inorgánicas excelentes para		

		procesamientos y refrigeración, con alto contenido de calor latente de almacenamiento. Es tóxico e inflamable (B2). ODP = 0	
--	--	--	--

1.5. Tipos de compresores empleados para la climatización

Existen cuatro tipos de compresores usados en la industria de la refrigeración y el aire acondicionado: reciprocante, scroll (espiral), helicoidal-rotatorio (tornillo), y centrífugo.

El compresor reciprocante tradicional se ha utilizado en la industria por décadas, sin embargo los compresores scroll y de tornillo han llegado a ser más comunes en la mayoría de las aplicaciones debido a su confiabilidad y eficacia mejoradas.

Estos tres tipos de compresores (reciprocante, scroll y helicoidal-rotatorio) trabajan según el principio de encerrar el vapor refrigerante y comprimirlo gradualmente contrayendo el volumen del refrigerante. Por tanto, se llaman compresores de desplazamiento positivo. En contraste, los compresores centrífugos utilizan el principio de la compresión dinámica, que implica el convertir energía de una forma a otra para aumentar la presión y la temperatura del refrigerante (Figura 1).

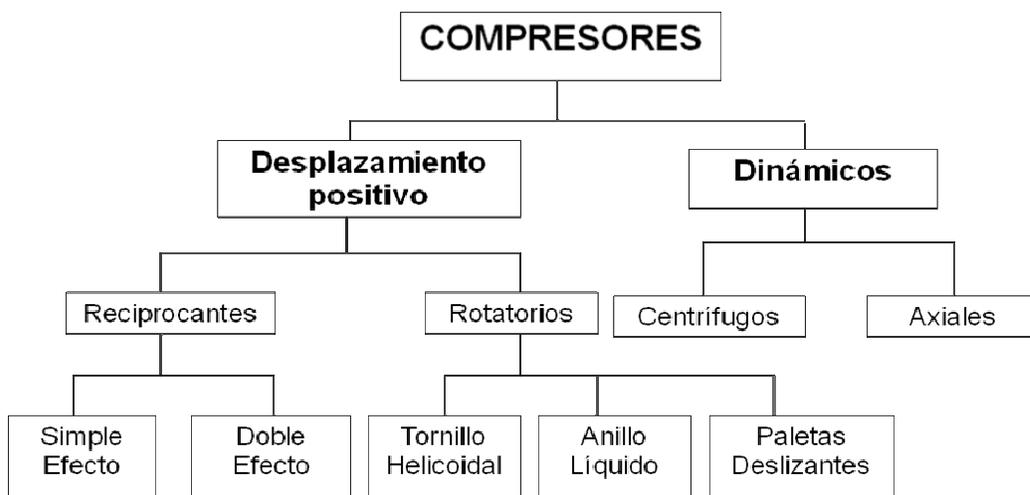


Figura 1. Clasificación de los compresores.

1.6. Condiciones de diseño para la climatización

Es necesario tener las informaciones de diseño de la edificación y climáticas, las condiciones del lugar donde se encuentra situado y para ello se deben tener presente los siguientes aspectos:

a) Características de la edificación: Consiste en determinar la ubicación geográfica de la misma y su orientación a partir de los planos, teniendo en cuenta las especificaciones de tipo constructivo, materiales de construcción utilizados, tamaños de sus componentes, colores de fuentes externas y su forma.

b) Condiciones de diseños exteriores: Se denominan a los valores de temperatura a bulbo seco y húmedo; humedad relativa, variación diurna de temperatura, velocidad y variación de los vientos predominantes.

Todos estos valores estarán determinados por las condiciones climatológicas del lugar donde está situado el local a climatizar.

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

En Cuba la legislación recoge la norma cubana NC Aire en la zona de trabajo. Requisitos higiénico-sanitarios, aplicable a locales donde existen sistemas de acondicionamiento de aire. La Tabla 3 muestra la temperatura de bulbo seco en °C que debe mantenerse para que la mayor cantidad de personas se sientan bien desde el punto de vista térmico, según la velocidad del aire, la categoría de trabajo y el vestuario.

Tabla 3. Condiciones microclimáticas óptimas para $30 \% < \varphi < 70 \%$ y $t_{\text{globo}} = t_{\text{bs}}$.

Temperatura de bulbo seco [°C]						
Vestuario	0,5 clo			1,0 clo		
Velocidad del aire [m/s]	Categoría de trabajo			Categoría de trabajo		
	ligero	moderado	pesado	ligero	moderado	Pesado
1,5	28,5	24,0	18,8	25,2	19,0	12,8
0,5	27,5	22,0	16,6	24,5	18,2	10,3
0,2	26,0	20,5	14,8	24,0	16,2	8,5
0,1	25,4	19,5	13,5	23,3	15,3	7,5

1.7. Determinación de las cargas térmicas

Históricamente los métodos de cálculo empleados para la determinación de la carga térmica de un edificio han evolucionado como se muestra en la Figura 2, teniendo en cuenta la complejidad y precisión de cada uno. Como es de esperar la precisión aumenta al aumentar la complejidad.

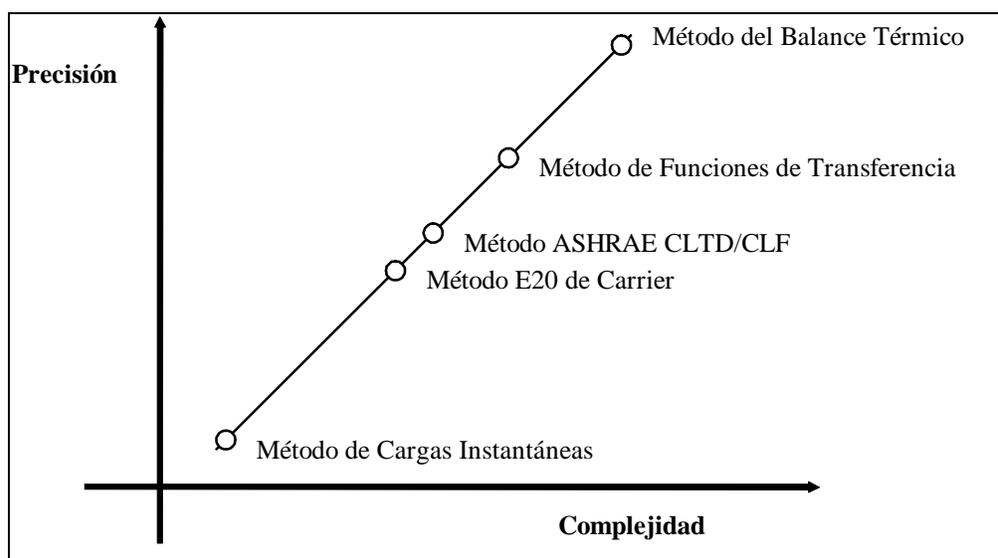


Figura 2. Comparación de diversos métodos de cálculo de la carga térmica.

A continuación se resumen brevemente las principales características de cada uno de ellos:

Método de Cargas Instantáneas

Fue por su sencillez uno de los primeros en emplearse. En este método los conceptos de carga térmica y aportación de calor significan físicamente lo mismo, cualquier calor ganado por el local debe ser retirado instantáneamente para que no cambien las condiciones interiores. Dicho de otro modo, no considera el almacenamiento de calor debido a los elementos implicados en el proceso térmico. Este método es poco preciso en los casos en que la acumulación de calor es significativa, es decir, cuando la ganancia de calor no coincida con la carga térmica.

Método del Balance Térmico

En cuanto a precisión y complejidad este método aparece en el extremo opuesto de la escala, considerando los tres mecanismos de transmisión de calor (conducción, convección y radiación) y la acumulación de calor. Para todas las superficies y volúmenes incluidos en el local se plantea un balance de energía con las leyes fundamentales de la transmisión de calor. Las ecuaciones que resultan se resuelven simultáneamente ya que en general estarán acopladas.

Las pocas suposiciones y simplificaciones incluidas en este modelo matemático le acercan a lo que sucede realmente en los fenómenos naturales, por eso el método es muy exacto, pero con la desventaja de la complejidad de los cálculos que hacen imprescindible la utilización de herramientas informáticas. Además es necesaria información precisa de todos los materiales utilizados en el edificio y de las condiciones de operación. Este hecho hace que la labor de introducir datos sea larga y que el método no se emplee en los diseños habituales.

Métodos E20 de Carrier y CLTD/CLF de ASHRAE

Entre los dos métodos comentados previamente hay otros muchos métodos de complejidad y precisión intermedias. Dos de ellos son los métodos E20 y CLTD/CLF, que son distintos pero conceptualmente similares.

En ambos se emplean tablas de factores de carga precalculados para unas condiciones estándar o de referencia. En ellas se considera la temperatura exterior y radiación solar propias de un día del mes de Julio en una localidad a 40° de latitud norte. Estas condiciones de referencia son también aplicables a unas características de los edificios.

Con estos datos se obtiene una carga térmica que luego hay que corregir, recalculando con tablas de temperatura exterior, latitud, e incluyendo las características constructivas propias del edificio objeto de nuestro diseño, que permiten corregir los efectos de acumulación de calor, proporcionando factores de cargas transitorias y no sólo las cargas estacionarias.

El método E20 de Carrier incluye tablas con la Diferencia Equivalente de Temperaturas (ETD), que evalúan la carga debida a muros y techos, y tablas con Factores de Acumulación de Carga (SLF), que cuantifican la carga transitoria debida a radiación solar e iluminación. Para emplear el método se obtiene la ETD (tabulada), evaluando las cargas por transmisión de calor en muros y techos como:

$$\dot{Q} = KA (ETD)$$

El método de la ASHRAE define factores similares llamados *Diferencia de Temperatura para Carga de Refrigeración* (CLTD) y *Factores de Carga para Refrigeración* (CLF).

En ambos métodos se han calculado de antemano las cargas en las condiciones de referencia, y se nos proporcionan factores de corrección para nuestro caso

concreto. Las correcciones son a menudo imprecisas porque no tienen en cuenta todas las situaciones específicas (por ejemplo, sólo se pueden considerar regímenes de funcionamiento de los equipos de 12, 16 ó 24 horas y no casos intermedios). Este hecho disminuye la precisión de los resultados.

Antes de que estuviese extendido el uso de los ordenadores los dos métodos eran muy empleados por su fácil manejo. Hoy en día se suele recurrir a otros procedimientos informáticos con resultados más exactos. Aun así se siguen empleando el E20 de Carrier y el Método ASHRAE ya que sus tablas y factores de corrección han sido implementados en prácticos programas informáticos.

Método de las Funciones de Transferencia

También está ubicado entre el del Balance Térmico y el de las Cargas Instantáneas. A diferencia de los dos anteriores, proporciona mayor precisión y es más flexible pues no calcula las cargas en condiciones de referencia, sino que éstas se calculan como resultado de secuencias concretas de aportaciones de calor para cada aplicación específica.

El método se desarrolla a partir del Balance Térmico y persisten muchos conceptos de él, empleando ciertos procedimientos matemáticos y suposiciones que permiten simplificar el problema original formulado en el Balance Térmico. Las funciones de transferencia pueden completar los cálculos de algunos programas informáticos de fácil utilización, proporcionando resultados bastante precisos.

Para la realización de un proyecto de refrigeración o acondicionamiento de aire hay, por tanto, que seleccionar cuidadosamente el método de cálculo a emplear para el cálculo de carga térmica. En este trabajo se utiliza como herramienta para el cálculo de la carga térmica la hoja de cálculo que utiliza el departamento de proyecto de la ECME y VERTICE (Tabla 4).

Tabla 4. Herramienta utilizada para el cálculo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1			HOJA DE CALCULO DE CARGA DE AIRE ACONDICIONADO									
2												
3												
4												
5												
6	Universidad Holguin					Condic.	B.S	B.H	%HR	TR	Gr/Lb	
7	Facultad de Ing. Mecanica					Exterior						
8	Local : Fuentes Renovables de Energia					Local						
9	Dimensión					Diferenc						
10	Concepto	Area o Cantid.	Gan. Sol. Dif.Temp	Factor	BTU/H	Selecc.						
11												
12	CARGA SOLAR EN VIDRIOS					VENTILACION						
13	Vidrios SE					Pers.			pcm/p		pcm	
14	Vidrios NO					Area			pcm/p2		pcm	
15	Vidrios SO					Camb/h			vol/60		pcm	
16	Vidrios NE					Ventilación pcm					pcm	
17	Claraboya											
18	CARGA SOLAR Y TRANS. EN PAREDES Y TECHO					INFILTRACIONES						
19	Pared SE					Puertas oscil.			pers.			
20	Pared NO					Puertas abiert.			puert			
21	Pared SO					Extractores						
22	Pared NE					Ranuras			p² x pcm/p²			
23	Tejado al Sol					Infiltraciones pcm						
24	Tejado Somb.											
25	TRANSMISION EXCEPTO PAREDES Y AZOTEA					AIRE EXTERIOR DEL EQUIPO						
26	Total Vidrios					SHF EFECTIVO						
27	Tabiques											
28	Techo					CSEL / CTEL =						
29	Piso											
30	Infiltración					DETERMINACION DEL ADP						
31	Ganancia de calor solar total						ADP ENCONTRADO					

32	CALOR SENSIBLE INTERNO				ADP SELECCIONADO	50 °F
33	Personas				CANTIDAD DE AIRE DESHUMEDECIDO	
34	Potencias				Dif. Temp. °F (1-BF)x TL - ADP	-45,27
35	Luces				PCM	
36	Almacenaje				Calor Sensible Efect. local	
37	<i>Calor sensible interno subtotal</i>				=	pcm
38	Factor de Seg.				1.08 x Dif. Temp.	
39	<i>Calor sensible interno total</i>				Calor Sensible local	
40	CALOR SENSIBLE LOCAL				Dif.T. sal. °F	#####
41	Pérdidas y escape en conductos				1.08 x PCM Trat.	
42	HP Ventilación				CANTIDAD DE AIRE DE SUMINISTRO	
43	Ganan. cal. cond. de impulsión				PCM SUMINISTRADO	
44	Aire exterior				Calor Sensible Efect. local	
45	<i>Calor sensible del Local subtotal</i>				=	##### pcm
46	<i>Calor Sensible Efectivo del local</i>				1.08 x Dif. Temp.	
47	CALOR LATENTE INTERNO				PCM DE RETORNO	
48	CALOR LATENTE LOCAL				Tbsl + _____ x Dif.Tbs =	#####
49	Pérdidas filtración cond. de impuls.				A. Tot.	
50	Aire exterior				TEMP. DE SALIDA (Ts)	##### °F
51	<i>Calor Latente Local subtotal</i>				ADP + BF(Te - ADP) =	#####
52	<i>Calor Latente Efectivo Local total</i>				RESUMEN	
53	<i>Calor Total Efectivo del Local</i>				Aire Total cfm	#####
54	CALOR DEL AIRE EXTERIOR				Calor Sens.	
55	Sensible				Aire Ext.	Calor Lat.
56	Latente				Aire Ret.	Calor Total
57	COMPROBACIONES					
58	<i>Calor Aire Exterior Total</i>				PCM/Ton	#####
59	Ganan. calor cond. ret. fugas, etc.				p ² /Ton	#####
60	GRAN CALOR TOTAL BTU/Lb				Ton/p ²	#####
61	TONELADAS DE REFRIGERACION				W/p ²	#####
62					CALCULADO POR:	
63					Jorge Peña y Arian Fajardo	

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

Los vidrios de las ventanas actúan como una trampa de calor dado que dejan pasar la luz solar y calientan los elementos del ambiente, pero la radiación calórica

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

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

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

1.8. Equipos de Clima. Características

En el mercado existen multitud de tipos de sistemas de aire acondicionado, aquí trataremos los más comunes explicando su forma y funcionamiento, intentando detallar cuales pueden ser sus ventajas e inconvenientes. Esta descripción no debe tomarse como absoluta ya que para cada tipo existen diferentes variantes y siempre depende del lugar donde se vaya a realizar la instalación.

DOMÉSTICOS

De ventana: Una caja cuadrada contiene todas las partes funcionales del sistema. Debe colocarse en un boquete practicado a la pared de tal forma que quede una mitad del aparato en el exterior y la otra mitad en el interior. Ventajas: Bajo costo

de instalación. Fácil mantenimiento. Inconvenientes: Suelen consumir un poco más de electricidad. Son, por lo general, ruidosos y en algunas comunidades no se permiten al tener que hacer un gran boquete en la pared del edificio.

Split (de pared): Son los equipos que más se están instalando en la actualidad ya que presentan muchas ventajas frente a los de ventana y son relativamente económicos. La unidad que contiene el compresor se encuentra en el exterior del edificio y se comunica con la unidad interior (evaporador - condensador) mediante unos tubos por lo que el agujero que hay que practicar en la pared es relativamente pequeño. La variedad de potencias ofertada es muy amplia. Ventajas: Los niveles de ruido son muy bajos y son muy estéticos, sobre todo los de última generación. El mantenimiento es sencillo. Inconvenientes: La instalación es más complicada que en los modelos de ventana por lo que su coste es mayor. Es difícil de colocar en determinados sitios, como paredes prefabricadas.

Split (consola de techo): Su funcionamiento es similar a los de pared aunque suelen ser de mayor capacidad. Su instalación es más costosa y compleja. Ventajas: Elevada capacidad en un solo equipo (desde 36000 hasta 60000 BTU) muy indicados para grandes espacios. Inconvenientes: Elevado coste de instalación. Suelen ser algo más ruidosos.

Portátil: Incorporan todo el sistema en una caja acoplada con ruedas de tal forma que se puede transportar fácilmente de una estancia a otra. Dispone de una manguera flexible que expulsa el aire caliente hacia el exterior. Ventajas: No requiere de instalación. Se transportan con facilidad y emiten muy poco ruido. Inconvenientes: Suelen ser bastante caros si tenemos en cuenta la relación calidad-precio. No son muy potentes.

Centrales (compacto o tipo split usando fancoils): La idea es la misma que en los de tipo Split pero la instalación es mucho mayor. Se utiliza en acondicionamiento completo de edificios. Su coste es muy alto pero ofrecen un alto nivel de confort. Ventajas: Agrega mucho valor a la vivienda que cuenta con

ellos. El mantenimiento es sencillo y espaciado en el tiempo. Inconvenientes: Alto coste de instalación, utilización de conductos, plafones y techos rasos.

COMERCIALES

Split (consola de pared): Este modelo resuelve necesidades en comercios y locales pequeños como cibern-cafés, peluquerías, barberías, locales pequeños, etc. Ventajas: fácil instalación y relativamente bajo costo de la misma. Mantenimiento mas espaciado y relativamente fácil. Desventajas: Se deben aplicar en locales con pocas separaciones pues no cuentan con un tiro de aire muy fuerte. los locales deben tender a ser cuadrados en vez de muy "rectangulares" (un pasillo muy largo por ejemplo). Baja capacidad.

Split (consola de techo): Es ideal en pequeños locales y comercios, como panaderías, comercios con alta rotación de clientes y ambientes abiertos. Ventajas: Instalación relativamente sencilla y de bajo costo para el tipo de aplicación. Silencioso, y si queda bien instalado ayuda a la decoración de muchos ambientes comerciales. Generalmente se puede aplicar en lugares que ya se encuentran decorados sin afectar demasiado la apariencia del local. Inconvenientes: Mantenimiento tiende a ser mas periódico y frecuente en aplicaciones de ambientes de alta rotación de personas.

Centrales (compacto o tipo split usando fancoils): Este diseño se aplica con mucha frecuencia en locales donde se requiere de un confort extra y de un mayor nivel de decorado. Ventajas: Da imagen de alto valor y diseño costoso. Alta estabilidad térmica y mantenimiento relativamente espaciado en el tiempo. Inconvenientes: Altísimo costo de instalación inicial, requiriendo de decoración y uso de plafones y techo rasos de alto costo de instalación. Uso obligado de conductos.

Roof-Top: Las unidades Roof-Top destacan por su fácil instalación. Al tratarse de una unidad compacta, se elimina el trabajo de conexiones frigoríficas, y proporciona la máxima flexibilidad al permitir seleccionar entre la desembocadura de los conductos lateral e inferior (ver Anexo 4).

2. PROPUESTA DE EQUIPO DE CLIMA A INSTALAR EN EL LOCAL “FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA” EN LA UNIVERSIDAD DE HOLGUÍN

2.1. Características del local “Fuentes Renovables de Energía”

La Universidad en la Acreditación de la Carrera (año 2005) y su reacreditación (año 2010), los inspectores nos hicieron referencia a la posibilidad de poder contar con locales adecuados para que nuestro estudiantado se sienta estimulado en la carrera y adquiera de forma práctica los conocimientos necesarios en su formación profesional, además poder brindar cursos de superación a personal no solamente de nuestra Universidad sino a aquellas instituciones que así lo requieran , contribuyendo al desarrollo de nuestro país y dando respuesta a una de las líneas de investigación de la carrera, lo cual elevará el prestigio de nuestro centro.

Por otro lado, como apoyo a la docencia se constaría con otro local, los estudiantes y profesores se sentirán estimulados pues las condiciones climáticas que hoy día vivimos son muy irregulares y dando respuesta a las necesidades actuales del país, en cuanto al uso de las fuentes renovables de energía, la Universidad de Holguín, construyo un local destinado a la promoción y uso de las Fuentes Renovables de Energía (ver Anexo 1)

El local “Fuentes Renovables de Energía”, está situado dentro del área comprendida del laboratorio MAIT, con una longitud de 5.7 m, un ancho de 4,9 m y un alto de 2,4 m para un área total 28 m²; sus paredes son de ladrillo de barro, las cuales tienen terminación final, es decir acabado liso, donde una pared del lado suroeste (5,7m x 2,4m) presenta una estructura de madera de 2,6 m x 0,8 m y una de yeso de 1,9 m x 0,9 m y otra del lado noroeste (2m x 2,4m) están expuestas al sol. En la pared este (5,7m x 2,4m) está situado una puerta de panel samwish (ver anexo 2) de 40 mm de espesor con 2 m de alto y 0,9 m de ancho, además se encuentra una persiana de madera de 1m x 1m.

Dentro del local se encuentran 2 lámparas de 40 Watt, una PC y se estima un total de 29 personas que solo harán trabajo de oficina, el piso es de baldosa con techo de prefabricado sin recibir radiación solar.

2.2. Determinación de la carga térmica del local

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

Los sistema de aire acondicionado, deben contrarrestar las fuerzas del tiempo cuando la temperatura del aire exterior o humedad se mueven en un rango aceptable a favor de la seguridad y el confort, un entendimiento claro del comportamiento del tiempo; es útil para diseñadores y operadores de estos sistemas. Limitaciones en esa comprensión son a menudo la raíz de los problemas existentes en la cantidad del aire interior y deterioro prematuro de la edificación y del equipo.

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

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

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

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

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

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

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

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

Si Tomamos como referencia los aspectos antes expuestos se establecen las condiciones de diseño como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Condiciones de diseño empleadas en los cálculos.

Condiciones de diseños	Valores asumidos y medidos respectivamente	
	Interiores	Exteriores
Temperatura a bulbo seco(°C)	24	32
Temperatura a bulbo húmedo(°C)	17	26
Humedad relativa (%)	50	78
Humedad absoluta (Kg/Kgas)	0,020	0,021
Presión Atmosférica		760 mm H ₂ O
Velocidad del viento		15 Km/h

Para el cálculo se tuvo en cuenta los datos ofrecidos por el Centro Meteorológico Provincial de Holguín (Tabla 6).

Tabla 6. Temperaturas y humedad relativa ocurrida en Holguín en los últimos tres años, meses más calientes.

	T Máx	T Mín	T MEDIA	HR Media	HR Máx	HR Mín
Julio 2009	33,5	24,5	28,2	73	91	50
Agosto 2009	33,8	23,3	27,7	79	95	53
sep-09	33,1	23,2	27	79	95	53
Dic 2009	30,2	21,1	24,6	77	93	51
Enero 2010	28,1	18,8	22,7	74	90	50
feb-10	28,8	18,5	22,7	74	91	49
Julio 2010	32,8	23,6	27,5	78	94	55
Agosto 2010	33,8	23,3	27,7	79	95	53
sep-10	32,1	22,7	26,8	81	95	58
Dic 2010	25,9	15,2	20,2	76	93	51
Enero 2011	28,5	18,7	22,9	79	95	53
febrero 2011	29,2	18,9	23,4	74	92	48

Con la utilización de la hoja de cálculo mencionado en el epígrafe 1.5, se obtiene como resultado los siguientes datos (Tabla 7):

Tabla 7. Resultados obtenidos.

Local	Sistema de Climatización	
	kW	
FRE	6,9	Aire acondicionado de ventana

2.3. Selección del equipo de clima idóneo para este local

El equipo de clima seleccionado es un aire de ventana de 6,9 kW.

2.4. Análisis de propuesta

Teniendo en cuenta que en estos momentos la universidad no cuenta con este equipo y se constaba con un aire acondicionado domestico LG de 8000 BTU, nacionalidad Koreano, consume 4 Amp, 220 V, presión de trabajo en alta de 260 lb/in² y en baja 65 lb/in², refrigerante R22, válvula de expansión capilar, este fue reparado en casi su totalidad, es decir cambio de condensador, cojinetes del moto ventilador, del filtro deshidratador y del motocompresor, reparación del sistema eléctrico, mantenimiento a partes restantes y se le dio puesta en marcha (ver Anexo 3).

2.5. Valoración económica

El análisis económico que a continuación se muestra, tiene en cuenta los gastos por compra de equipos para la climatización del local (Tabla 8).

Tabla 8. Selección del equipo para la climatización del local.

Local	Equipo a instalar	Capacidad (kW)	Precio (MN)	Precio (USD)
Fuentes Renovables de Energía	Aire de ventana	6,9	150.17	333.19

2.6. Impacto medio ambiental

Los graves problemas causados por los compuestos halogenados de los hidrocarburos saturados, entre ellos los fluidos frigorígenos, han sido uno de los temas de más impacto social y en consecuencia, uno de los que más ha impulsado la conservación ambiental. Es conocido que muchos sistemas de acondicionamiento de aire o, para ser más precisos, muchos elementos de refrigeración dentro de estos sistemas, utilizan refrigerantes clorofluorcarbonados (CFCs) o hidrógeno-cloro-fluorocarbonados (HCFCs). Su emisión en la atmósfera tiene dos efectos perjudiciales para el medio ambiente: la **destrucción de la capa de ozono** y el **efecto invernadero**.

Podemos señalar que cuando estos gases llegan a la altura de la capa de ozono, reaccionan con los rayos ultravioletas y liberan el cloro que contienen, el que a su vez reacciona con el ozono y lo descompone. Se produce además la particularidad de que el cloro queda intacto y con capacidad para destruir más moléculas, de modo que un sólo átomo de cloro es capaz de disociar hasta 100 000 moléculas de ozono antes de que finalmente desaparezca

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

CONCLUSIONES

- El equipo que cumple las condiciones de confort estable en el local Fuentes Renovables de Energía es un equipo de ventana de 6,9 kW.
- Desde el punto de vista de contaminación medio ambiental el equipo cumple con los requisitos establecidos.
- Con el confort idóneo se disminuyen las condiciones climáticas adversa que hoy en día vivimos.

RECOMENDACIONES

- Implementar los resultados obtenidos durante la investigación en el proceso de inversiones de la Universidad, esto hará posible la adquisición del equipo seleccionado, garantizando el confort del local estudiado.
- Que el trabajo sirva como guía para estudios posteriores.

BIBLIOGRAFIA

1. Air Conditioning Company, 2^{da} reimpresión, MARCOMBO, SA. de Boisareu, Barcelona, España, 1972.P-244.
2. Apuntes propios de asignaturas de la universidad, ISH; Oscar Lucero Moya.
3. Cabrera, O. Evaluación de dos sistemas de climatización en el grupo empresarial de la construcción de la ciudad de Santi Espíritus, 2205.
4. Catálogos: Productos técnicos, Distribuidora CIMEX.S.A.45p.
5. Coeficientes de transferencia de calor en materiales. www.caloryfrio.com, Junio 2206.
6. C.Dr. Laert Ogenesian. Ing. Alexis Delgado, Refrigeración, Ventilación, Acondicionamiento de aire. Camaguey 1987.
7. Catálogos de Climatización / ventilación y tarifas de precios de Salvador Escoda (extraído de pagina www.salvadorescoda.es).
8. Catálogos de climatización de Panasonic.
9. Catálogos climatización Roca – York (WWW.roca-york.com)
10. De Andrés y Rodríguez-Pamotto Juan A: Climatización II.2^{da} edición, Madrid, España, 1992. 546 p.
11. Diccionario Técnico, técnica de la Refrigeración y de la climatización. Español – Inglés – Alemán - Francés – Ruso .Editorial Científico – Técnica, La Habana.1988.
12. Manual de Aire Acondicionado: Estimación de la carga térmica. Carrier

13. Manual de, Buenas Prácticas de Refrigeración. Una vía eficaz para proteger la capa de Ozono. Oficina Técnica de Ozono, Playa, Ciudad de la Habana, Cuba.2000.
14. Polaino de los Santos. Lazara: Instalaciones de climatización, Roberto Fuente. Ciudad de la Habana, ISPJAE, 1987.
15. Problemática ambiental de los refrigerantes [www.enebc.org/castellano/bomba/capitulo,htm](http://www.enebc.org/castellano/bomba/capitulo.htm), Junio de 2006.
16. Fajardo, A. "Titulo del articulo" Disponible en: WWW.Climagate.com. (Consulado Mayo/2010).
17. Stoecker, W.F. "Refrigeración y climatización" ed. " Pueblo y educación". Cuba. 1988.

Anexos

Anexo 1



Figura A.1. Local Fuentes Renovables de Energía.

Anexo 2

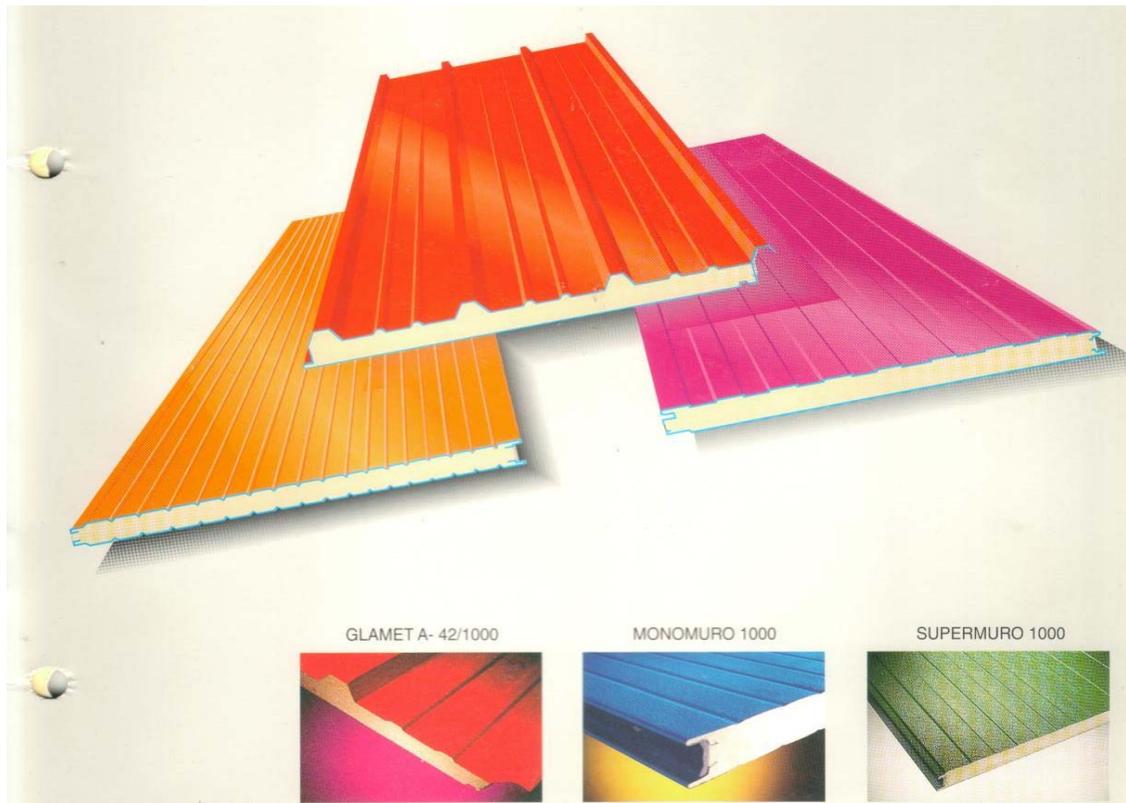


Figura A.2. Estructuras sandwich.

Anexo 3



Figura A.3. Local con el equipo de clima (recuperado).

Anexo 4.



Figura A.4. Equipo de clima de ventana.



Figura A.5. Equipo de clima split (de pared).



Figura A.6. Equipo de clima split (de Techo).



Figura A.7. Equipo de clima portátil.

Anexo 4 (continuación).



Figura A.8. Centrales (compacto o tipo split usando fancoils).