

Informe Técnico de Residencia Profesional

Estudio de eficiencia y adaptación de aires acondicionados convencionales a tipo inverter

Marc Claes López
Ingeniería Mecatrónica

Asesor:
Marco Aurelio Vázquez Olvera

Villa de Álvarez, Col., 21 de Mayo de 2016



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	1
OBJETIVOS	3
PROBLEMAS A RESOLVER	3
PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	4
MOVIMIENTO Y CIRCULACIÓN DEL AIRE	4
EL CONTROL DE LA HUMEDAD	4
FILTRADO, LIMPIEZA Y PURIFICACIÓN DEL AIRE	5
CICLO DE REFRIGERACIÓN	5
I. EXPANSIÓN	5
II. EVAPORACIÓN	5
III. COMPRESIÓN	5
IV. CONDENSACIÓN	5
AIRE ACONDICIONADO INVERTER	6
DIFERENCIAS ENTRE UN AIRE ACONDICIONADO CONVENCIONAL E INVERTER	7
RESULTADOS	21
AISLAMIENTO TÉRMICO	23
PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DE AISLANTE TÉRMICO EN TECHOS	23
CÓDIGO FUENTE DE LA APLICACIÓN	25
MÉTODO DE PROYECCIÓN – GUÍA DE CÁLCULO Y REANUDACIÓN	28
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS O VIRTUALES	32

INTRODUCCIÓN

Deluxe TechnoAir es una empresa dedicada a la venta, mantenimiento y reparación de aires acondicionados comerciales, industriales y residenciales ubicada en Avenida Constitución #1837, en la colonia Lomas Verdes, Colima.

El estado de Colima, debido a su localización geográfica cuenta con temperaturas considerablemente elevadas durante la mayoría del transcurso del año; Actualmente el uso de aires acondicionados está relativamente limitado para cierto sector socio-económico. Hay equipos que son baratos pero el costo que generan en el recibo de luz eléctrica debido a su funcionamiento es demasiado elevado, y como consecuencia, se descartan como una opción viable. Los aires acondicionados tipo Inverter ahorran aproximadamente de un 50% a un 70% de consumo eléctrico, dependiendo de la marca y calidad en comparación a su contraparte, pero el costo de estos equipos, al igual, es aun más elevado.

Uno de los principales objetivos de la tecnología e ingeniería es hacer facilitar la vida cotidiana de los seres humanos. Al mejorar la eficiencia de los aires acondicionados y posiblemente hacer una adaptación a tipo Inverter, se estaría cumpliendo dicho objetivo, además de apoyar el medio ambiente; Los aires acondicionados consumen demasiada energía eléctrica, y por ende la contaminación que generan es elevada. Al aumentar la eficiencia y/o disminuir el consumo de energía eléctrica estamos contribuyendo a contaminar menos por un lujo de la vida diaria.

Al inicio de dicho proyecto, se contempló como un proyecto de ingeniería eléctrica y electrónica, pero durante el desarrollo del mismo, este evolucionó a ser primordialmente un proyecto de ingeniería mecánica con algunos aspectos mínimos de ingeniería civil, no obstante, se utilizaron conocimientos básicos de dichas ramas mencionadas con anterioridad. Los conocimientos no *estudiados* durante la estancia en el Instituto Tecnológico de Colima se tuvieron que desarrollar para concluir el proyecto de una manera satisfactoria bajo las pautas de la empresa.

El proyecto está constituido por un pequeño estudio de eficiencia y consumo de un aire acondicionado tipo inverter en un área comercial (la oficina principal de Deluxe TechnoAir) y un aire acondicionado convencional en una habitación de tipo residencial. Se consideraron todas las variables que fueron posibles para estudiar la eficiencia y marcar las pautas necesarias para mejorarla y *hacer* la adaptación a Inverter.

JUSTIFICACIÓN

La aprobación de este proyecto, principalmente, fue una experiencia de aprendizaje sobre como se lleva a cabo un proyecto de investigación en una empresa en la *vida real*. Durante la estancia de estudios en el Instituto Tecnológico de Colima se realizaron varios proyectos de investigación dirigidos por maestros docentes del mismo, pero es diferente tener a una

persona hasta cierto grado desconocida dirigiendo el proyecto, donde existe la incertidumbre que tal vez resultados negativos no sean aceptables y donde es necesario una inversión de dinero para obtener mejores resultados.

Otro aspecto importante de la aprobación de este proyecto es que es un requisito necesario para egresar como alumno del Instituto Tecnológico de Colima.

Este tipo de proyecto es importante para todo tipo de empresas de rubro similar a Deluxe TechnoAir, y no estrictamente para esta. Una empresa que se dedica a la venta, mantenimiento y reparación de equipos de climatización debe apoyar a los clientes con asesoramiento para que estos tengan el mejor rendimiento posible del equipo que van a comprar. En muchas ocasiones personas compran un equipo, porque a primera vista parece algo sencillo controlar o mejorar las variables climáticas de una determinada habitación, pero concluyen con malos resultados de climatización, reducción de la vida útil del equipo o con un incremento extremadamente elevado en su recibo de luz eléctrica.

Cuando una empresa tiene un estudio y conoce los factores que reducen la eficiencia de un equipo, no solo beneficia a los clientes, también beneficia al medio ambiente. Por ejemplo, cuando un equipo de climatización está trabajando por encima de su capacidad este consume más energía eléctrica, por ende, contamina más indirectamente por el trabajo que deben realizar los generadores en las plantas eléctricas. Este es solo un ejemplo de todos los factores que influyen en la eficiencia de un equipo de climatización.

La realización de este proyecto fue de importancia porque se adquirieron conocimientos de un tema que es relativamente común en un estado como Colima que requiere de este servicio en diferentes sectores, debido a sus condiciones geográficas y meteorológicas durante el transcurso del año. Con los conocimientos adquiridos se podría brindar apoyo en futuros lugares laborales y dentro de la vida cotidiana para mejorar la eficiencia de los equipos y en caso de ser necesario brindar mantenimiento preventivo y correctivo.

El tipo de climatización aplicable depende estrictamente del sector y aplicación necesaria, pero las pautas existentes de mejora de eficiencia son aplicables en un alto grado en cualquier sector y aplicación.

La climatización trabaja en función de *contrarrestar* una variable dentro de la habitación en cuestión, la carga térmica.

La carga térmica es usualmente expresada en BTU's (British Thermal Units – Unidades Térmicas Británicas) y los factores que influyen en su cálculo y valor son los siguientes:

- Radiación solar sobre la habitación.
- Transmisión y conducción de calor a través de paredes y techos.
- Iluminación de la habitación (focos, lámparas etc.)
- Número de personas en la habitación y actividad realizada (si una persona se encuentra haciendo actividad física, esta desprende más calor al medio ambiente)

- Aparatos electrónicos en utilización (computadoras, televisores, etc.)

Al calcular la carga térmica se deben considerar los valores más extremos de los puntos mencionados anteriormente. En el caso de la radiación solar, este valor depende de la época del año, la hora del día, la orientación de las paredes respecto al sol y sombras que pudieran aparecer durante el día. El estudio se realizó mayoritariamente en invierno y un periodo inicial de primavera. Estas estaciones no son favorables para obtener valores extremos, por lo tanto, se seleccionó un horario comprendido entre las 12 p.m y 3 p.m para obtener resultados más precisos.

OBJETIVOS

- Realizar la conversión de un aire acondicionado convencional a tipo inverter.

Durante el desarrollo de este objetivo hubo dificultades con el mismo, Se discutió la situación con la empresa y se modificó el objetivo a **crear una guía de posibles pasos a seguir con costos aproximados para realizar la conversión**, por cuestiones económicas (inversión necesaria), de tiempo y disponibilidad de técnicos con mayor experiencia que pudieran brindar apoyo con el proyecto. Se brindarán más detalles en la sección de resultados.

- Estudiar la eficiencia y consumo de un aire acondicionado convencional y un aire acondicionado inverter.

El objetivo se concluyó de manera satisfactoria para la empresa, más detalles se especificarán en la sección de resultados.

- Crear una aplicación móvil para hacer cálculos de BTU y evaluar los recintos a ser refrigerados.

Este objetivo se cumplió de manera satisfactoria.

- Crear una *mini-guía* para la empresa, en la cual técnicos y agentes de ventas pudiesen consultar maneras de mejorar la eficiencia en diferentes situaciones o brindar asesoramiento a clientes.

Este objetivo fue sugerido por la empresa después de la modificación del primer objetivo y se concluyó de manera satisfactoria. Los resultados se mostrarán en su respectiva sección.

PROBLEMAS A RESOLVER

El problema principal a resolver era encontrar una manera de adaptar los aires acondicionados convencionales a tipo Inverter para reducir drásticamente su consumo energético. El problema no se resolvió completamente, de cierta manera se *detuvo*. La empresa cambió el enfoque de este objetivo a simplemente reducir el consumo energético por medio de optimización térmica.

El segundo problema a resolver fue realizar un estudio de consumo y eficiencia de ambos tipos de aire acondicionado que fuera propio de la empresa, ya que no contaban con uno. Se informó de varios reportes que los AC's inverter no ahorran como indicaban los fabricantes.

El tercer problema a resolver fue la necesidad de calcular de una manera rápida y sencilla los BTU's necesarios para refrigerar cualquier recinto en cuestión.

El último *problema* a resolver fue la creación una mini-guía para facilitar y agilizar el trabajo del personal de la empresa, ya sea de los técnicos, o agentes de ventas que estén tratando de informar correctamente a los clientes.

PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

Durante el inicio del proyecto se investigó teóricamente el funcionamiento de un aire acondicionado convencional y un aire acondicionado inverter.

La climatización es el proceso del tratamiento del aire en el cual se controla simultáneamente la temperatura, humedad, limpieza y distribución del aire.

La temperatura del aire está directamente relacionada con el intercambio de calor entre dos cuerpos, y en este caso, entre el aire que rodea a una persona y su piel. Un adecuado control de la temperatura genera en un ser humano una sensación de bienestar.

MOVIMIENTO Y CIRCULACIÓN DEL AIRE

Las corrientes de aire intervienen directamente en la sensación de las personas, de modo que en cuanto es mayor la velocidad del aire, es mayor la capacidad de transmisión de calor que tenemos, también aumentando nuestra capacidad de sudoración.

EL CONTROL DE LA HUMEDAD

Una gran parte del calor del cuerpo humano se disipa a través de la evaporación por medio de la piel (sudor). Si la humedad del ambiente supera determinados niveles no habrá sensación de confort.

FILTRADO, LIMPIEZA Y PURIFICACIÓN DEL AIRE

Es necesario filtrar impurezas del aire para evitar posibles alergias o enfermedades respiratorias causadas por polvo, especialmente si hay personas jóvenes o adultos mayores en la habitación a tratar.

CICLO DE REFRIGERACIÓN

En el ciclo de refrigeración circula un refrigerante cuya función es reducir o mantener la temperatura de una determinada habitación por debajo de la temperatura del entorno. Para ello, se debe extraer calor del espacio que deseamos enfriar y transferirlo a otro cuerpo cuya temperatura sea inferior que pasa por diversos estados o condiciones.

El refrigerante comienza en un estado y pasa por una serie de procesos definidos y vuelve a su estado inicial. Este conjunto de pasos se denomina "ciclo de refrigeración". El ciclo de refrigeración simple se compone de cuatro pasos fundamentales.

I. EXPANSIÓN:

Al principio, el refrigerante está en estado líquido en la unidad exterior a alta presión. Es necesario enviarlo a la unidad interior y para conseguir el efecto de refrigeración, se manda a través de un elemento de expansión. Con ello se consiguen dos cosas: reducir la presión y la temperatura del líquido, dejándolo en condiciones óptimas para el enfriamiento.

II. EVAPORACIÓN

En el evaporador (dentro de la unidad interior), el líquido se evapora, cediendo frío al aire de la habitación a climatizar (impulsado por un ventilador). Todo el refrigerante se evapora en el evaporador y como resultado se obtiene gas.

III. COMPRESIÓN

Este gas vuelve a la unidad exterior para convertirse de nuevo en líquido. El primer paso es comprimir el gas para elevar su temperatura y así asegurar que tenga una mayor temperatura al exterior en cualquier momento. Este paso se efectúa en el compresor obteniendo gas a alta presión.

IV. CONDENSACIÓN

El vapor a alta presión circula a través del condensador y es expulsado al exterior obteniendo de nuevo el refrigerante en estado líquido.

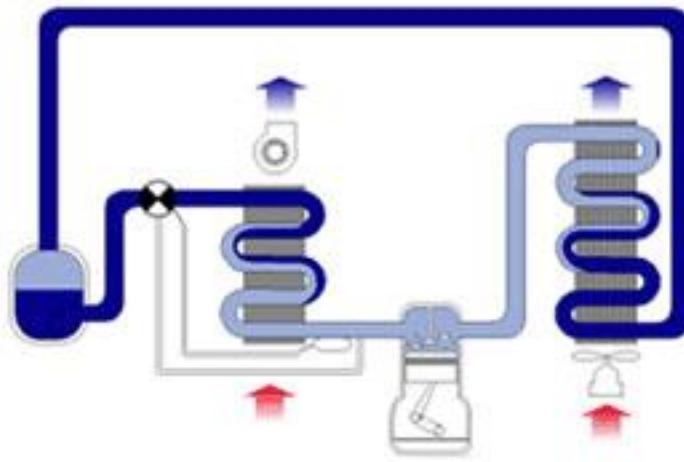


Figura 1. Ciclo de refrigeración

Recuperado de:

<http://www.absorsistem.com/sites/default/files/static/tecnologia/compresion/ciclo-de-compresion-big.jpg>

AIRE ACONDICIONADO INVERTER

A diferencia de los sistemas convencionales, la tecnología Inverter adapta la velocidad del compresor a las necesidades de cada determinado momento, permitiendo consumir únicamente la energía necesaria.

Gracias a un dispositivo electrónico sensible a los cambios de temperatura, los equipos Inverter varían las revoluciones del compresor para proporcionar la potencia demandada. Y así, cuando están a punto de alcanzar la temperatura deseada, los equipos disminuyen la potencia para evitar los picos de arranque del compresor; De esta manera se reduce el ruido y el consumo es siempre proporcional.

El sistema Inverter hace posible que el compresor trabaje un 30% por encima de su potencia para conseguir más rápido la temperatura deseada y, por otro lado, también puede funcionar hasta un 15% por debajo de su potencia; Esto da como resultado una significativa reducción de ruido y consumo.

DIFERENCIAS ENTRE UN AIRE ACONDICIONADO CONVENCIONAL E INVERTER

Inverter significa que puede regular el voltaje, la corriente y la frecuencia de un dispositivo eléctrico o electrónico, de modo que es un circuito conversor de energía. Si aplicamos este concepto al contexto de la climatización podemos entender la diferencia entre un equipo Inverter y uno convencional. Los compresores de los aires acondicionados convencionales trabajan con un compresor individual, mientras que los Inverter trabajan con un compresor gemelo que puede variar dependiendo de la marca y modelo del aire acondicionado.

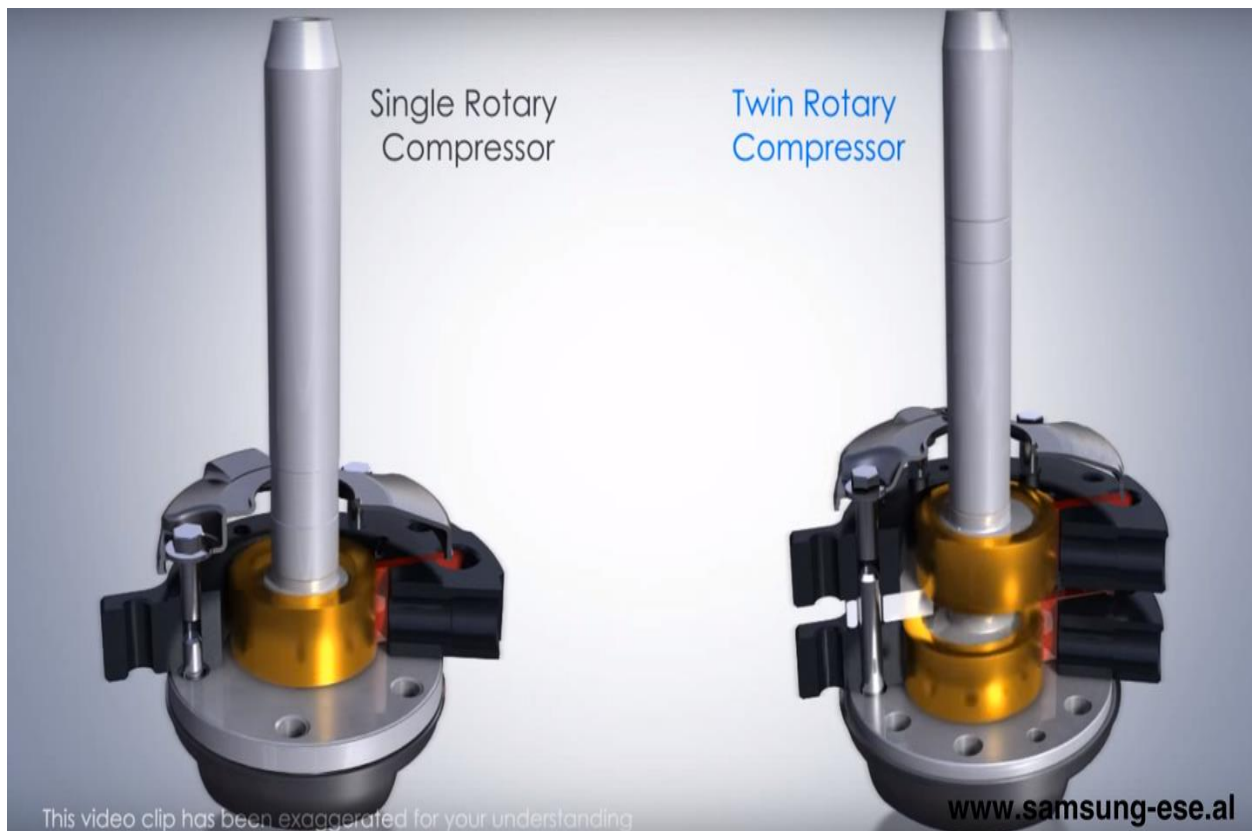


Figura 2. Compresor convencional – Compresor inverter.

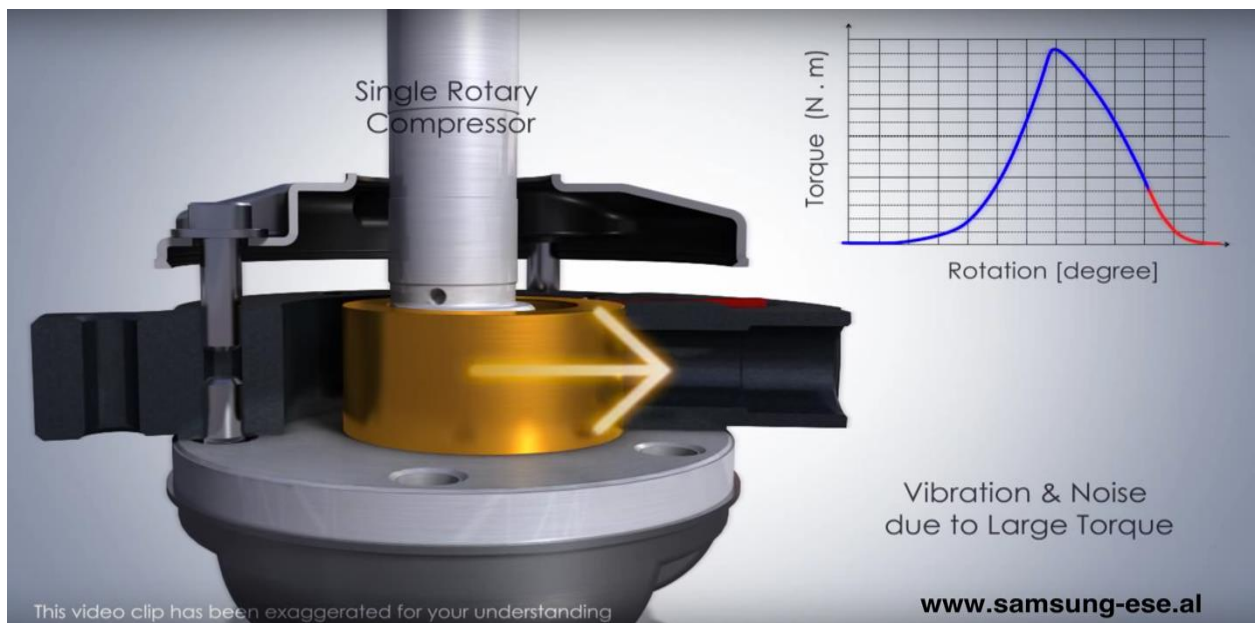


Figura 3. Compresor Individual.

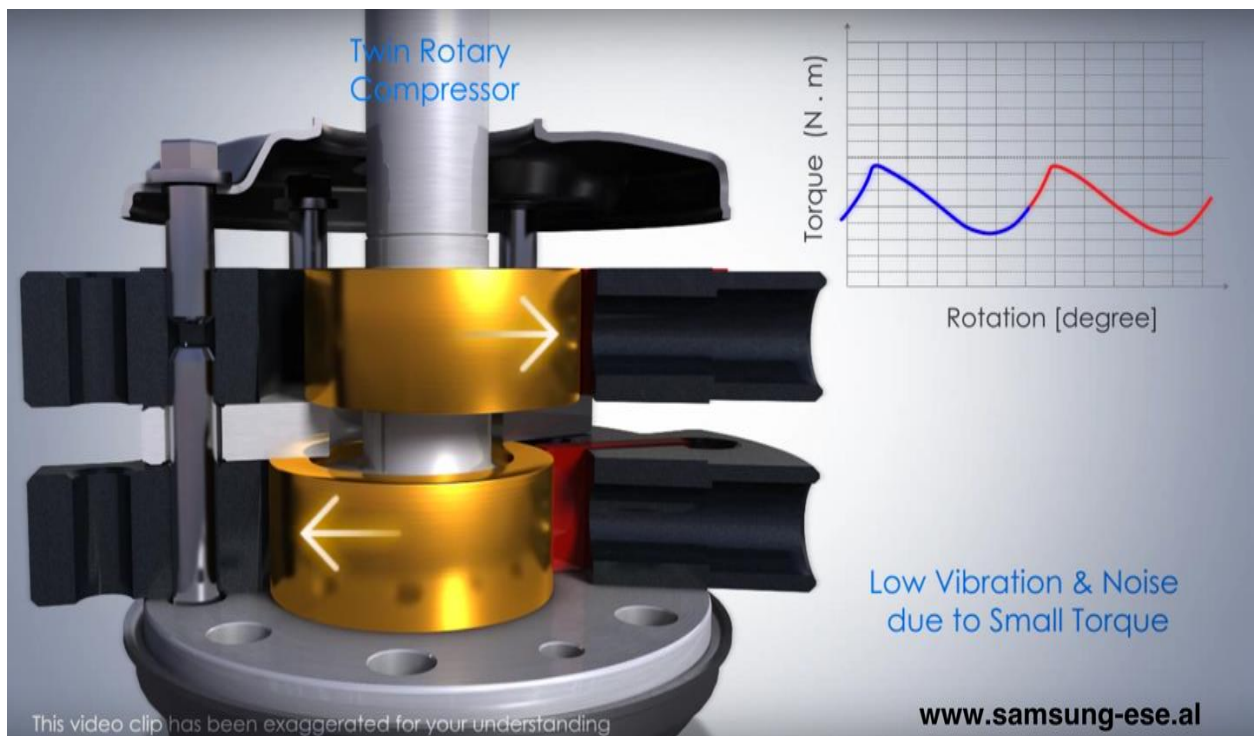


Figura 4. Compresor Gemelo.



Figura 5. Distintos tipos de compresor Gemelo.

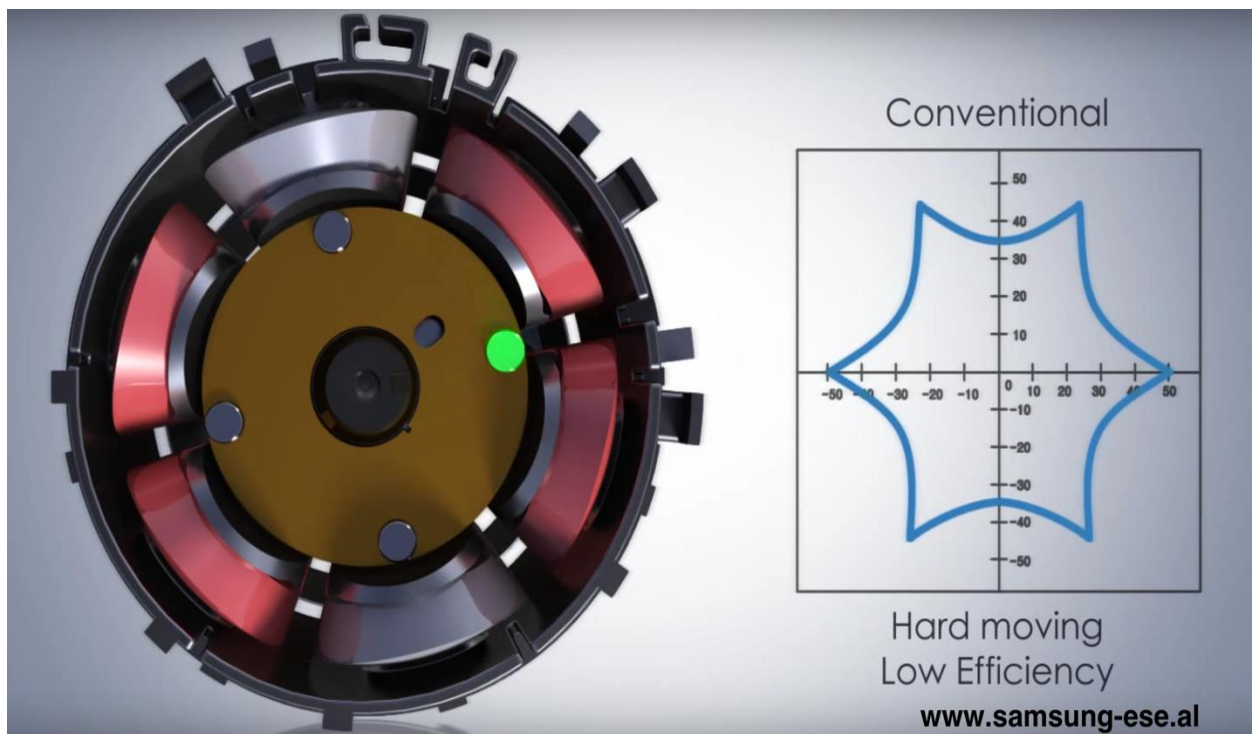


Figura 6. Compresor gemelo convencional.

Al inicio de la investigación se desconocían estas diferencias entre los aires acondicionados. Se tenía pensado que simplemente era cuestión de desarrollar una tarjeta electrónica inversora de corriente alterna a corriente directa que regulara el voltaje dependiendo de la necesidad requerida.

Los aires acondicionados tipo Inverter funcionan con compresores que están diseñados para ser regulados durante su uso y una gran parte de ellos están ensamblados con ventiladores que funcionan con corriente directa, a comparación de su contraparte, que trabajan con corriente alterna.



Figura 7. Oficina Deluxe TechnoAir con Aire Acondicionado Inverter Mitsubishi Mr. Slim.

La imagen que se muestra en la parte superior es la oficina de la empresa Deluxe TechnoAir donde se realizó el estudio de eficiencia y cálculo de carga térmica con un aire acondicionado Inverter Mitsubishi mini-split.

Por razones de privacidad, no se permitió tomar fotos en la habitación donde se realizó el estudio de eficiencia con el aire acondicionado convencional ya que era la residencia del dueño de la empresa.

La oficina de la empresa Deluxe TechnoAir tiene un área de 10 m^2 .

1 BTU es una unidad de energía del sistema inglés que se utiliza ampliamente en aplicaciones de refrigeración. 1 BTU es la cantidad necesaria de calor para elevar 1 libra (0.454 kg) de agua 1 grado Fahrenheit (0.55 grados Celsius)

Es necesario recordar que el aire caliente pesa menos que el aire frío, y el húmedo más que el aire seco. Utilizando la ley del gas ideal:

$$P \times V = n \times R \times T$$

Donde P es igual a presión, V es igual a volumen, n el número de moléculas, R la constante del gas y T la temperatura.

Se sustituyó la densidad sobre la ecuación de la ley del gas ideal.

$$P = \frac{n}{V \times D} \therefore D = \frac{P}{R \times T}$$

Donde D es igual a densidad, P es igual a presión, R la constante de gas ($\frac{287 \text{ J}}{\text{K}}$) y T la temperatura.

Utilizando valores estándares de la Atmósfera Estándar Internacional:

$$P = 101,325 \text{ Pa}$$

$$T = 23 \text{ grados Celsius (se transformará a grados Kelvin)}$$

$$D = \frac{101,325}{287.02 \times (23 + 273.15)} = 1.19 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Tomando en cuenta las condiciones climáticas promedio del estado de Colima, se estableció para el cálculo la reducción de 30 grados a 15 grados.

Fórmula de cantidad de calor necesario:

$$Q = M \times C \times \Delta T$$

Donde Q es la cantidad de calor, M es la masa en cuestión, C el coeficiente de calor específico y ΔT la diferencia de temperatura.

El coeficiente de calor específico del aire es de $0.48 \frac{\text{cal}}{^\circ\text{C}}$

$$Q = 1.19 \times 0.48 \times (30 - 15) = 9,228 \text{ calorías}$$

Finalmente, transformamos las calorías en BTU's.

$$1 \text{ BTU} = 252 \text{ calorías} \therefore = 36.61 \text{ BTU's}$$

Podemos redondear y concluir que se necesitan aproximadamente 40 BTU's para reducir la temperatura de $1.19 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ de aire desde 30°C hasta 15°C.

Para obtener un valor promedio de BTU's necesarios por m^2 se deben considerar varios factores que influyen como el material de la superficie de las paredes (coeficiente de transferencia de calor), la orientación respecto al sol de las paredes, la temperatura exterior, la temperatura interior (ya que no hay la misma densidad de aire ni humedad en todos los puntos) y en la realidad no hay solamente aire en una habitación.

Se trató de realizar un cálculo propio, donde se perdieron algunos días de tiempo y debido a la complejidad del mismo se decidió acudir a la página **Energy Star**. Esta organización es un programa de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos que promueve los productos eléctricos con consumo eficiente de electricidad, reduciendo de esta forma la emisión de gases de efecto invernadero por parte de las centrales eléctricas. Una gran parte de los electrodomésticos y aires acondicionados en venta en México cuentan con la certificación por parte de Energy Star .

Area To Be Cooled (square feet)	Capacity Needed (BTUs per hour)
100 up to 150	5,000
150 up to 250	6,000
250 up to 300	7,000
300 up to 350	8,000
350 up to 400	9,000
400 up to 450	10,000
450 up to 550	12,000
550 up to 700	14,000
700 up to 1,000	18,000
1,000 up to 1,200	21,000
1,200 up to 1,400	23,000
1,400 up to 1,500	24,000
1,500 up to 2,000	30,000
2,000 up to 2,500	34,000

*Figura 8. Tabla de Energy Star BTU's por pie cuadrado.
Recuperado de:
http://www.energystar.gov/index.cfm?c=roomac.pr_properly_sized*

- Se debe hacer un ajuste de -10% a los BTU's si la habitación cuenta con mucha sombra.
- Se debe hacer un ajuste de +10% a los BTU's si la habitación está demasiado expuesta al sol.
- Una persona genera aproximadamente $600 \frac{BTUs}{h}$

Hay, intermitentemente, 1 ó 2 personas dentro de la oficina, por lo que se contemplaron 2 personas para obtener los valores más críticos posibles $\therefore 1,200 \frac{BTUs}{h}$

El cálculo de cuantos BTU's genera una ventana por metro cuadrado es aún más complejo que por metro cuadrado. Se consultó de nuevo la página de la Agencia Energy Star.

La luz solar que impacta directamente la superficie de la tierra transporta $\pm 4,500 \frac{BTUs}{m^2}$. Este valor aumenta más en Enero que en Julio, por ejemplo. Es mayor en el Ecuador que en los polos, mayor con cielo despejado que con cielo nublado, mayor a medio día que en el amanecer y el anochecer.

Hemisferio Sur en verano:

- $486 \frac{BTUs}{hr}$ a 15 grados latitud sur en Enero.
- $425 \frac{BTUs}{hr}$ a 65 grados latitud sur en Enero.

Hemisferio Norte en verano:

- $442 \frac{BTUs}{hr}$ a 15 grados latitud norte en Enero.
- $430 \frac{BTUs}{hr}$ a 65 grados latitud norte en Enero.

Todas estas variables en todas las posibles combinaciones simplemente hacen la complejidad del cálculo sumamente alta, se requiere de un estudio detallado en el transcurso de un año completo específicamente diseñado para Colima para poder obtener valores precisos.

No se encontraron cálculos sobre radiación solar a través de ventanas que hayan sido realizados por alguna organización mexicana. Se acudió a la página de la organización americana **Cold Climate Housing Research Center** (<http://www.cchrc.org/>) donde ellos

Estudio de eficiencia y adaptación de aires acondicionados convencionales a tipo Inverter.

proveen una calculadora para aproximar cuantos BTU's son generados por pie cuadrado de ventana en los 12 meses del año por día.

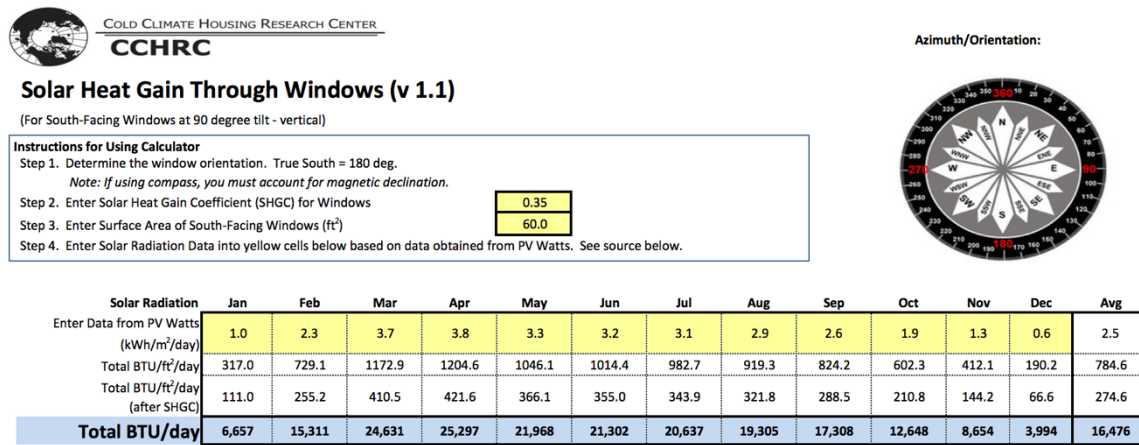


Figura 9. Calculadora de BTUs por día de la CCHRC.

Se realizó una simplificación y estandarización de valores para nuestra aplicación con los valores más extremos por cada $10.73ft^2$ (equivalente a $1m^2$, siendo estos los del mes de Abril.

La generación de BTU's en el transcurso de 24 horas no es estrictamente lineal, se definió el dato como una aproximación a $1,000 \frac{BTUs}{h}$.

El siguiente paso a considerar es cuantos watts se están consumiendo aproximadamente en la habitación que requiere el tratamiento de climatización.

$$1,000 \text{ watts} = 3,414 \frac{BTUs}{h} \therefore 1 \text{ watt} = 3.414$$

El dato de cuantos watts existen en una habitación es fácil de calcular, simplemente se deben consultar los manuales de cualquier aparato en cuestión y ver su amperaje.

$$\text{Volts (110 – 127)} \times \text{Amperaje} = \text{Watts de Potencia}$$

Podemos medir el voltaje recibido por la CFE en un enchufe con un multímetro, pero si simplemente no se desea realizar esto o se requiere realizar un cálculo rápido la página del departamento de energía de los Estados Unidos ofrece una calculadora de consumo de aparatos eléctricos domésticos más comunes.

<http://energy.gov/energysaver/estimating-appliance-and-home-electronic-energy-use>

Dependiendo del tipo de aire acondicionado a instalarse, por ejemplo, hay aires acondicionados que climatizan edificaciones enteras por medio de ductos y no específicamente una sola habitación, se agregó como variable los m^2 que posiblemente pudieran ser cocina. Las parrillas y hornos varían dependiendo de la capacidad de producción que sea necesaria, hay modelos que van desde $5,000 \frac{BTUs}{h}$, un rango intermedio de $9,000 \frac{BTUs}{h}$ y cantidades gigantescas para aplicaciones industriales de $18,000 \frac{BTUs}{h}$.

Ya es un procedimiento estándar la instalación de ventilaciones que puedan contrarrestar la generación de calor producida por dichos aparatos, pero a diferencia de la climatización en general, estos no contemplan otros aparatos en uso y el calor generado por las mismas personas, como consecuencia las habitaciones que son utilizadas como cocina usualmente tienen temperaturas elevadas aun con dichas ventilaciones.

Por cada metro cuadrado de cocina se requieren aproximadamente $800 \frac{BTUs}{h}$; pero al momento de contemplar esta variable se debe considerar como una cocina activa o de uso continuo, por ejemplo la de un restaurante. Una cocina de una residencia común puede ser enfriada mientras exista una holgura dentro de la capacidad requerida y la capacidad máxima que puede ser entregada por el equipo de climatización.

Finalmente se suman todos los $\frac{BTUs}{h}$ generados por todas las diferentes variables y se realiza una corrección del $\pm 10\%$ si se llega a la conclusión que la habitación en cuestión está demasiado expuesta a la radiación solar.

Se necesitan aproximadamente $12,000 \frac{BTUs}{h}$ (con holgura) para enfriar la oficina principal de Deluxe TechnoAir con dos personas adentro en condiciones extremas de radiación solar [Abril - Verano]

La oficina principal de la Empresa DeluxeTechnoAir cuenta con un aire acondicionado inverter “Mitsubishi Mr. G Slim” con una capacidad de $12,000 \frac{BTUs}{h}$ [1 tonelada de refrigeración, dato recuperado del manual] que cumple con las necesidades requeridas con un margen de $2,000 \frac{BTUs}{h}$.

Se realizó exactamente el mismo procedimiento en la habitación residencial que cuenta con un área de $19.6m^2$.

METROS CUADRADOS	5	2700
PERSONAS EN LA HAB.	2	1200
METROS CUADRADOS DE VENTANAS	5	5000
WATTS EN LA HABITACIÓN	200	682.8
HAY COCINA? M^2		
SI	0	0
NO	IGNORAR	
EXPOSICIÓN AL SOL	SI	10541.08
	NO	
BTU'S TOTALES		10541.08

Figura 10. Cálculo de BTUs con herramienta de cálculo para carga térmica diseñada para la empresa Deluxe TechnoAir.

La habitación residencial cuenta con un aire acondicionado de la marca Carrier Up con una capacidad de refrigeración de 1.5 toneladas $\approx 18,000 \frac{BTUs}{h}$.

En la subsiguiente parte se mostrará el cálculo realizado para la carga térmica de la habitación residencial, donde se podrá ver que se seleccionaron dos aires acondicionados que cumplen perfectamente con las necesidades requeridas en los puntos más críticos de funcionamiento.

METROS CUADRADOS	17.68	9547.2
PERSONAS EN LA HAB.	2	1200
METROS CUADRADOS DE VENTANAS	1.92	1920
WATTS EN LA HABITACIÓN	1340	4574.76
HAY COCINA? M^2		
SI	0	0
NO	IGNORAR	
EXPOSICIÓN AL SOL	SI	
	NO	15517.764
BTU'S TOTALES		15517.764

Figura 11. Cálculo de BTUs con herramienta de cálculo para carga térmica diseñada para la empresa Deluxe TechnoAir.

La habitación residencial requiere aproximadamente $17,000 \frac{BTUs}{h}$ con holgura para enfriar la habitación en cuestión tomando valores extremos como el caso anterior.

Fue fácil inferir al momento de realizar el cálculo de la carga térmica que un estudio de eficiencia en dos habitaciones donde las variables y requerimientos son completamente diferentes, donde la estación del año, la localización, los metros cuadrados de ventana y la radiación solar son factores de gran importancia no brindaría resultados claros y más que nada precisos, pero aun así se realizaron las mediciones de voltaje, amperaje, cálculos de potencia y se sacaron conclusiones generales.

Para hacer un estudio de este tipo se requiere una habitación donde exista la posibilidad de probar un aire acondicionado convencional y un aire acondicionado inverter bajo las mismas condiciones.

La empresa no pudo brindar estas condiciones y se trabajó con la disponibilidad existente.



Figura 12. Página 1 de manual de usuario de aire acondicionado Carrier Up.

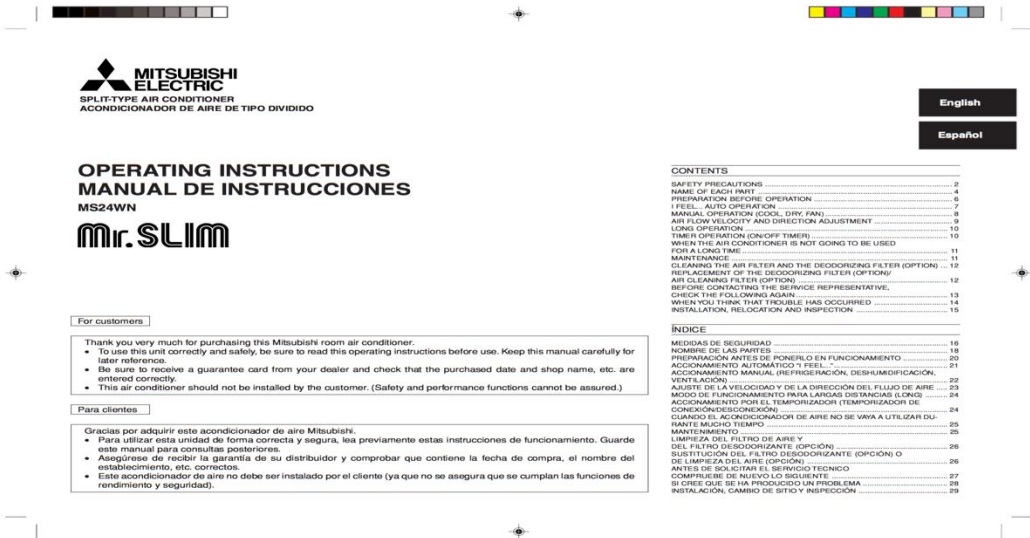


Figura 13. Página 1 de manual de usuario de aire acondicionado Mitsubishi Mr. Slim.

- La empresa contaba con los manuales en formatos PDF, no fue necesaria su búsqueda.

A continuación se mostrarán dos tablas con los datos más importantes de ambos aires acondicionados.

Equipo	Mitsubishi Mr. Slim
Ubicación	Oficina TechnoAir
Capacidad	1 TR
Voltaje	220 V
Amperaje	5 Amp
Frecuencia	60 Hz

Tabla 1. Especificaciones principales de AC Mitsubishi Mr. Slim.

Equipo	Carrier Up
Ubicación	Residencia
Capacidad	1.5 TR
Voltaje	220 V
Amperaje	8.5 Amp
Frecuencia	60 Hz

Tabla 2. Especificaciones principales de AC Carrier Up.

El estudio se realizó de la siguiente manera:

- 1) Mediciones de voltaje y amperaje a las 12:00 – 12:30 – 1:00 – 1:30 – 2:00 – 2:30 y 3:00 de la tarde durante 20 días; 10 días para cada aire acondicionado. Se decidió no brindar más tiempo a este punto debido a que en el primer paso se confirmó que ambos aires acondicionados están trabajando bajo requerimientos que no exceden su capacidad de refrigeración. Bajo estas condiciones se infirió que el consumo real va a ser similar al descrito en los manuales.
- 2) Ya que ambos aires acondicionados utilizan 220 V, se realizaron mediciones de voltaje entre las dos fases para ver el voltaje recibido.
- 3) Después de obtener las tablas de datos, se sacó por medio de un proceso estadístico la media de kW consumidos en cada tiempo de medición y se realizó una gráfica.
- 4) La empresa declaró como objetivo la investigación de maneras de aumentar la eficiencia de los aires por medio de métodos de tratamiento aplicable a las habitaciones.

	Voltaje	Amperaje	Watts	SEER
12:00	220	5.1	1,112	10
12:30	220	5.1	1,112	10
1:00	219	5.2	1,138.80	10
1:30	220	5.1	1,122	10
2:00	220	5	1,100	10
2:30	218	5.4	1,177.20	10
3:00	218	5.5	1,199	10

Figura 14. Tabla de resultados del 21 de Febrero en AC Mitsubishi.

	Voltaje	Amperaje	Watts	SEER
12:00	219	8.8	1,927	30.1
12:30	218	8.7	1,897	30.1
1:00	219	8.7	1,905.3	30.1
1:30	219	8.9	1,949	30.1
2:00	218	8.8	1,918.4	30.1
2:30	217	8.9	1,931.3	30.1
3:00	218	9	1,962	30.1

Figura 15. Tabla de resultados del 4 de Marzo en AC Carrier.

La columna de Watts en la tabla está en “Volts-Ampers”. Ambos aires acondicionados funcionan con motores de alta eficiencia; Esto significa que tienen un factor de potencia cercano a 0.95 y que el 95% de la energía se utiliza en forma de trabajo. Con esto se concluyó que las mediciones y cálculos obtenidos son muy cercanos a la realidad y es posible llegar a conclusiones válidas con dichos datos.

Durante el periodo de residencia se *supervisaron* instalaciones y se realizaron algunos mantenimientos preventivos/correctivos de aires acondicionados de diferentes toneladas de refrigeración en Colima y Tecomán.

Durante los mantenimientos se siguieron en general los siguientes pasos:

1. Se bajaron las pastillas conectadas al equipo.
2. Levantamiento del panel frontal.
3. Limpieza del filtro.

4. Recolocación del filtro.
5. Se desarmaba la unidad exterior y se realizaba una limpieza al ventilador.
 - a. En caso de ser mantenimiento correctivo se solicitaba un posible diagnóstico al cliente.
 - b. Los casos más comunes fueron filtros demasiado dañados y sucios por falta, y en algunos casos nulidad de mantenimiento preventivo.
 - c. En casos menos graves, la unidad exterior estaba *tapada* por suciedad y se sobrecalentaba por la lenta expulsión del aire caliente por parte del compresor, como consecuencia aumentaba un poco el consumo.
 - d. En casos especiales las instalaciones eléctricas tenían cableado muy delgado con tendencia a sobrecalentarse, aumentando el consumo sin ser el equipo el culpable.
 - e. Muy pocos equipos requirieron cambios de compresor o de tarjeta electrónica.

Antes de hacer instalaciones para algún cliente, se preguntaba por la aplicación necesaria. El siguiente paso era ir al lugar en cuestión y hacer el cálculo de la carga térmica para recomendar posibles equipos que pudieran cubrir las necesidades del cliente. Finalmente si se lograba concretar la venta se programaba una fecha para la instalación.

Una instalación digna de mencionar por parte de la empresa Deluxe TechnoAir fue la de un equipo de climatización con capacidad de 9 toneladas de refrigeración a las salas de cine ubicadas en Plaza Country. No se acudió a dicha instalación, pero fue realizada durante el periodo de residencias.

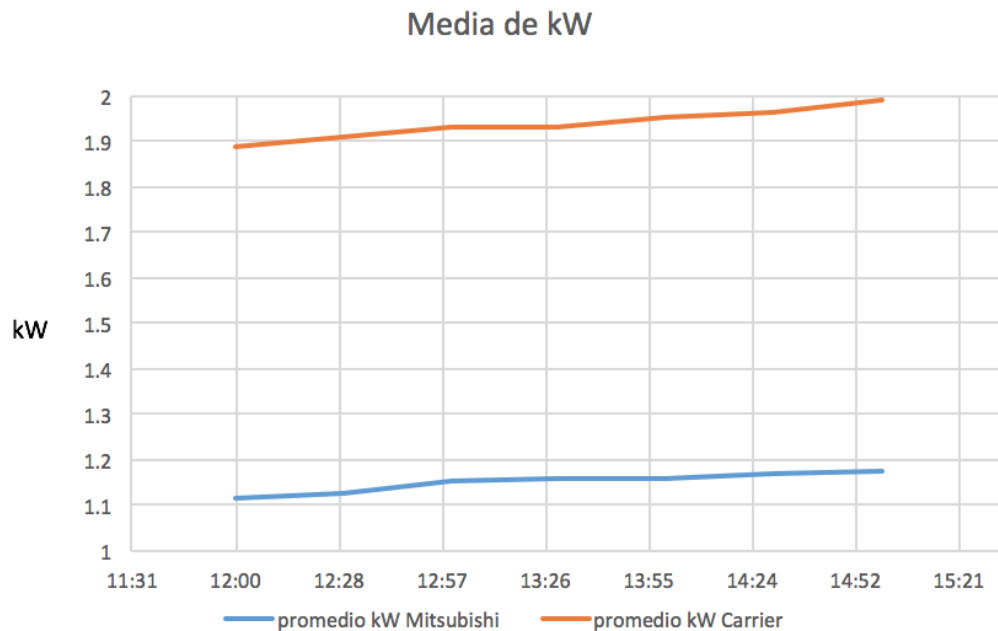
Para la investigación sobre métodos y tratamientos aplicables para mejorar la eficiencia térmica en una habitación se consultó el documento del curso - taller impartido por la FIDE (Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica en México) y la CNEE (Comisión Nacional de Energía Eléctrica de Guatemala).

La información referente a la mejora de eficiencia térmica en una habitación fue recuperada de:

[http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/005%20M%C3%B3dulo%20V%20\(AEE%20Aire%20Acondicionado\).pdf](http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/005%20M%C3%B3dulo%20V%20(AEE%20Aire%20Acondicionado).pdf)

El resultado se mostrará en la siguiente sección y fue con el objetivo de apoyar este estudio y a la empresa Deluxe TechnoAir.

RESULTADOS



Gráfica 1. Promedio de kW's en horarios de medición.

Después de analizar las líneas de la gráfica, se puede concluir que el aire acondicionado inverter tiene un ligero levantamiento en su consumo cuando se pone en funcionamiento en condiciones *críticas* pero mantiene relativamente un consumo similar dentro de un determinado rango.

El aire acondicionado Carrier consume más en relación a la carga de trabajo que se exige casi con una relación lineal. Esto se debe a dos razones, el aire acondicionado Carrier apaga su compresor cada vez que la temperatura llega a la deseada.

Cuando la temperatura vuelve a subir el compresor vuelve a arrancar generando un pico de voltaje, y en condiciones extremas, donde la eficiencia térmica es mala, el aire frío escapa fácilmente y además de recibir radiación térmica constantemente, el compresor arranca y se apaga en intervalos de tiempo más cortos, por consecuencia consumiendo mucha más energía eléctrica.

El aire inverter cuando llega a la temperatura deseada no se apaga, la tarjeta electrónica baja la velocidad del compresor a la mínima posible, es por esto que a la larga, aun cuando se tiene una carga exigente el consumo no se eleva demasiado.

También se descubrió un detalle que resultó ser de bastante importancia en el estudio. Ambos aires exigen 220 V para funcionar, al iniciar lo que coloquialmente se conoce como *la hora de la comida*, una hora pico del día donde hay más demanda energética, se empezó

a recibir menos voltaje por parte de la CFE en ambas habitaciones, forzando a ambos equipos a consumir un poco más. Esto se logra apreciar en las ligeras subidas de amperaje entre las 2:00 y 3:00 de la tarde. Otro factor que afecta de manera importante dentro de este horario es que son de los puntos más calientes del día.

De cierta manera se puede concluir que el aire Inverter consume menos, pero como se mencionó con anterioridad, se requiere de un estudio más extenso para que los resultados sean aún más confiables.

AISLAMIENTO TÉRMICO

Para mejorar la eficiencia térmica de una habitación es posible aplicar en el techo:

- Poliestireno expandido.
- Poliestireno extruido.
- Espuma de poliuretano.
- Lana de roca.
- Landa de vidrio.

Estos materiales también pueden ser aplicados entre las paredes, pero un grave problema es que la mayoría de las personas que desean climatizar alguna determinada habitación ya tienen la habitación construida. Este tipo de aislamiento térmico en paredes debe ser solicitado al arquitecto encargado de una construcción para obtener la mayor eficiencia posible.

Un factor que no es tomado en cuenta en la mayoría de las construcciones modernas por cuestiones de estética.

La espuma de poliuretano es considerado el mejor aislante térmico ya que soporta temperaturas entre los 30°C y 100°C. Así mismo, se puede aplicar espuma de poliuretano de baja densidad, así evitando generar cargas extras en los muros; pero también puede ser aplicado como refuerzo en estructuras poco estables para brindar soporte.

PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DE AISLANTE TÉRMICO EN TECHOS

1. Aplicar en un día con cero probabilidades de lluvia durante las próximas 48 horas y niveles de humedad más bajos que sean posibles.
2. Retirar recubrimientos deteriorados.
3. Limpiar la superficie a recubrir.

4. Dejar secar el recubrimiento de poliuretano durante 24 horas.
 5. Recubrir el poliuretano con pintura elastomérica blanca.
 6. Dos días después se debe aplicar una segunda capa de pintura elastomérica.
- ❖ Si no se desea aplicar recubrimiento de pintura, se puede substituir con un recubrimiento de plancha de mortero.

Se puede reducir la carga térmica en ventanas [si se desea también en paredes aunque por cuestiones estéticas talvez no sea deseado] con la implementación de toldos; Existen películas reflejantes que se pueden aplicar directamente en el vidrio de la ventana que reducen significativamente el calor absorbido en la habitación por medio conducción y radiación.

Cristal 1/8"	Producto Aplicado	Reflección	Absorción	Transmisión
Claro	Ninguno	8%	5%	87%
Claro	3M con Tinte	12%	13%	75%
Claro	Performance Films con Tinte	7%	38%	55%
Claro	Performance Films Metalizado	43%	35%	22%

Tabla 3. Diferencias de reflexión, absorción y transmisión en algunas películas reflejantes.

Recuperado de:

[http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/005%20M%C3%B3dulo%20V%20\(AEE%20Aire%20Acondicionado\).pdf](http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/005%20M%C3%B3dulo%20V%20(AEE%20Aire%20Acondicionado).pdf)

La aplicación móvil se realizó en Java Script para obtener el mayor grado de compatibilidad posible, de esta manera la aplicación puede correr en cualquier tipo de computadora (Windows, Mac etc.), smartphones con Android e aparatos de la compañía Apple (iPad, iPhone)

La herramienta con la que se realizaron los cálculos mostrados en la sección anterior era simplemente una primera versión desarrollada rápidamente en Excel para efectos de prueba. A petición de la empresa, a la versión final se le agregó un factor de corrección del -30% utilizando las fórmulas y valores obtenidos, en base a su experiencia comentaron que los valores obtenidos eran acertados pero en función de valores críticos que no son

Estudio de eficiencia y adaptación de aires acondicionados convencionales a tipo Inverter.

constantes durante el día. A continuación se mostrará la versión final desarrollada en Java Script.

Calculo de carga térmica

Metros cuadrados:	5
Metros cuadrados de ventana:	5
Personas en la habitación:	2
Watts en la habitación:	200
¿Hay cocina?	No
¿Alta exposición a radiación solar?	Si

>_ Calcular

Figura 16. Interfaz de la aplicación final.

CÓDIGO FUENTE DE LA APLICACIÓN

A continuación se mostrará por medio de imágenes el código fuente de la aplicación.

```
14 </head>
15 <body>
16 <div class="container-fluid">
17
18     <h3 class="col-md-offset-3">Calculo de carga térmica</h3>
19
20
21     <div class="row col-md-offset-3">
22         <div class="form-group">
23             <div class="col-md-3">
24                 <label>Metros cuadrados: </label>
25             </div>
26             <div class="col-md-3">
27                 <input type="number" id="m2" ></input>
28             </div>
29         </div>
30     </div>
31
32
33     <div class="row col-md-offset-3">
34         <div class="form-group">
35             <div class="col-md-3">
36                 <label>Metros cuadrados de ventana: </label>
37             </div>
38             <div class="col-md-3">
39                 <input type="number" id="m2v" ></input>
40             </div>
41         </div>
42     </div>
43
44
45
46     <div class="row col-md-offset-3">
47         <div class="form-group">
48             <div class="col-md-3">
49                 <label>Personas en la habitación: </label>
50             </div>
51             <div class="col-md-3">
52                 <input type="number" id="per" ></input>
53             </div>
54         </div>
55     </div>
```

Figura 17. Código fuente.

```
60
61
62 <div class="row col-md-offset-3">
63   <div class="form-group">
64     <div class="col-md-3">
65       <label>Watts en la habitación: </label>
66     </div>
67     <div class="col-md-3">
68       <input type="number" id="w" ></input>
69     </div>
70   </div>
71 </div>
72
73 <div class="row col-md-offset-3">
74   <div class="form-group">
75     <div class="col-md-3">
76       <label for="cliente">¿Hay cocina?</label>
77     </div>
78     <div class="col-md-3">
79       <select id="cocina" >
80         <option value="y" selected>Si</option>
81         <option value="n">No</option>
82       </select>
83     </div>
84   </div>
85 </div>
86
87 <div id="tcocina">
88   <div class="row col-md-offset-3">
89     <div class="form-group">
90       <div class="col-md-3">
91         <label>Metros cuadrados de cocina: </label>
92       </div>
93       <div class="col-md-3">
94         <input type="number" id="vcocina" ></input>
95       </div>
96     </div>
97   </div>
98 </div>
```

Figura 18. Código fuente.

```
101
102
103 <div class="row col-md-offset-3">
104   <div class="form-group">
105     <div class="col-md-3">
106       <label for="exp">¿Alta exposición a radiación solar?</label>
107     </div>
108     <div class="col-md-3">
109       <select id="exp" >
110         <option value="y" selected>Si</option>
111         <option value="n">No</option>
112       </select>
113     </div>
114   </div>
115 </div>
116
117 <button type="button" onclick="BTU()" class=" col-md-offset-6 btn btn-danger ">
118 <span class="glyphicon glyphicon-console" aria-hidden="true"></span> Calcular</button>
119
120 <br>
121 <br>
122 <br>
123
124 <div class="row col-md-offset-3" id="target">
125
126 </div>
127
128 </div>
```

Figura 19. Código fuente.

Esta primera parte del código simplemente es para crear el texto y las casillas donde el usuario introduce los datos. La siguiente parte muestra el script que hace los cálculos y despliega los resultados.

```
140 <script>
141
142
143     function row(a, b){
144
145         return "<tr><td>" + a + "</td><td>" + b + "</td></tr>";
146
147     }
148
149     document.getElementById('cocina').addEventListener('change', function (event) {
150         c = (document.getElementById("cocina").value == 'y')?true:false;
151         if(!c){
152             document.getElementById("tcocina").innerHTML = '';
153         }else{
154             document.getElementById("tcocina").innerHTML = "\
155                 <div class=\"row col-md-offset-3\">\
156                     <div class=\"form-group\">\
157                         <div class=\"col-md-3\">\
158                             <label>Metros cuadrados de cocina: </label>\
159                             \
160                             <div class=\"col-md-3\">\
161                                 <input type=\"number\" id=\"vcocina\" ></input>\
162                             </div>\
163                         </div>\
164                     </div>\
165                 ";
166         }
167     }, false);
168
169
170     function BTU(){
171
172         ss = "<table>";
173
```

Figura 20. Código fuente.

```
175
176
177     m2 = document.getElementById("m2").value; // metros cuadrados
178     m2v = document.getElementById("m2v").value; // metros cuadrados de ventana
179
180     btu0 = 540 * (m2 - m2v);
181
182     ss += row("BTU0" , btu0.toFixed(2));
183
184     btu1 = m2v * 1000;
185
186     ss += row("BTU1" , btu1.toFixed(2));
187
188     per = document.getElementById("per").value; //personas en habitación
189     btu2 = per * 600;
190
191     ss += row("BTU2" , btu2.toFixed(2));
192
193     w = document.getElementById("w").value; // watts en la habitación
194
195     btu3 = w * 3.414;
196
197     ss += row("BTU3" , btu3.toFixed(2));
198
199     cocina = (document.getElementById("cocina").value == 'y')?true:false;
200
201
202     btu4 = 0;
203     if (cocina)
204     {
205         m2c = document.getElementById("vcocina").value; // metros cuadrados de cocina
206         btu4 = ((m2 - m2v) - m2c) * 800;
207
208         ss += row("BTU4" , btu4.toFixed(2));
209
210     }
211
212
213
```

Figura 21. Código fuente.

```

213     }
214
215     exp = (document.getElementById("exp").value == 'y')?true:false; // alta exposicion a la radiacion solar
216
217     ZBtu = btu0 + btu1 + btu2 + btu3 + btu4;
218
219
220     ss += row("ZBTU", ZBtu.toFixed(2));
221
222
223     ZBtu += (exp)? ZBtu * .1 : - (ZBtu * .1);
224
225     ss += row("Carga térmica", ZBtu.toFixed(2));
226
227     document.getElementById("target").innerHTML = ss + "</table>";
228
229 }
230
231
232
233 </script>
234 </body>
235 </html>

```

Figura 22. Código fuente.

La información que se mostrará a continuación fue entregada a la empresa en un archivo de Word *externo* a este informe el cual puede ser impreso por el personal de la empresa para su utilización.

MÉTODO DE PROYECCIÓN – GUÍA DE CÁLCULO Y REANUDACIÓN

1. Medir metros cuadrados de superficie = _____.
2. Medir metros cuadrados de ventana = _____.
3. Restar m^2 superficie – m^2 ventana = _____.
- En caso de haber cocina, restar metros cuadrados de cocina al punto # 3.
 - m^2 finales con cocina = _____.
4. m^2 finales de superficie con proyección de ventanas y cocina:
 _____ x $540 \frac{BTU's}{h}$ = _____.
5. m^2 de ventana:
 _____ x $1000 \frac{BTU's}{h}$ = _____.
6. m^2 de cocina:
 _____ x $800 \frac{BTU's}{h}$ = _____.
7. Número de personas en la habitación:
 _____ x $600 \frac{BTU's}{h}$ = _____.

8. Watts activos en la habitación:

2. En caso de que cuenten con aires acondicionados inverter, investigar si tienen refacciones de compresores y ventiladores en venta de similares dimensiones a los del aire acondicionado convencional en cuestión.
3. Diseñar una tarjeta que regule el voltaje del compresor, dado que las tarjetas de los aires acondicionados convencionales solo mandan un pulso de *on/off*.
 - Se podría optar por investigar si los fabricantes venden tarjetas electrónicas de control inverter y adaptarlas al aire acondicionado convencional, se estaría cumpliendo el factor de *transformación*, pero no el factor de *economización*. Con el simple hecho de que es necesario reemplazar el compresor y los ventiladores se pone en cuestión si vale la pena la inversión por la transformación o es simplemente mejor comprar un equipo inverter nuevo.
4. En caso de que el fabricante no tenga una línea de aires acondicionados inverter, se deberá buscar un tercer fabricante que tenga refacciones con especificaciones iguales y dimensiones similares a las requeridas.
5. En un caso de que exista una inversión fuerte y un gran deseo por culminar con un proyecto decisivo sobre el tema, se podría diseñar un pequeño compresor que pueda ser utilizado en la gran mayoría de los aires acondicionados convencionales. Esto es muy difícil debido a todas las distintas capacidades existentes en el mercado (1 tonelada, 2 toneladas, 3 toneladas de refrigeración etc.) pero es una posible solución. La segunda parte es mandar a diseñar aletas para los ventiladores con las especificaciones requeridas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La principal conclusión es que a simple vista parece un tema sencillo, fácil de abordar y realizar por todos los avances tecnológicos que ha habido dentro del área de la refrigeración; Pero el área de la refrigeración/climatización resulta ser un tema profundo y complicado cuando uno lo estudia detalladamente, pero al no tener experiencia con el uno lo toma por sencillo y realmente se pasa por alto todas las variables que se deben tomar en cuenta.

Solamente después de tener experiencia de primera mano con el tema se transforma en algo sencillo. Técnicos y dueños de empresas realmente pueden brindar asesoramiento relativamente acertado sin la necesidad de herramientas después de ver las necesidades de diferentes entornos a climatizar y como diversos factores lo afectan. Sin embargo, la precisión en este tema es de suma importancia ya que se puede apoyar a la conservación del medio ambiente.

Con la realización de esta residencia se apoyó a la eficiencia del trabajo de la empresa y la precisión de la información generada y brindada, ya sea, por ejemplo, el cálculo de la carga térmica de algún entorno en cuestión o simple asesoramiento a posibles clientes.

Hasta el punto de finalización de este proyecto también podemos concluir, en base a la información que se obtuvo, que no es totalmente viable hacer la transformación desde un punto de vista económico, y talvez imposible de un punto de vista técnico. Las refacciones necesarias para la conversión pueden llegar a tener un costo de hasta $\frac{3}{4}$ del valor de un equipo **nuevo**. Si se quiere mejorar la eficiencia drásticamente es mejor optar por la optimización del entorno por medio de tratamientos térmicos aplicables, que resulta definitivamente más barato, brinda notables beneficios económicos a largo plazo y se puede conservar cualquier equipo con el que se cuente.

Algo que definitivamente mejoraría este proyecto sería un mayor intervalo de tiempo para el estudio; Se requiere estudiar un mismo entorno durante todo un año, y no solamente hablando en términos de aires acondicionados, si no que también se genere la información específica para el estado de Colima de transmisión de calor para ventanas y paredes en base a su orientación geográfica (norte, sur, este, oeste) y por metro cuadrado, como lo aporta Energy Star y la CCHRC para los Estados Unidos.

La herramienta que se diseñó en Java Script se podría diseñar específicamente como aplicación de Android e iOS para hacerla más estética. En la computadora se podría compilar como un paquete de mac o un ejecutable para Windows; Esto no es más que un lujo ya que el script se guarda como un ícono el escritorio y se utiliza normalmente con el navegador.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O APLICADAS

- Fundamentos de Investigación: Se utilizó metodología aprendida en dicho curso sobre como realizar una investigación estructuradamente.
- Ciencia e Ingeniería de los materiales: Se utilizó conocimiento aprendido durante este curso para poder interpretar y corroborar los datos recuperados en la investigación de mejora de eficiencia térmica.
- Mantenimiento: Gracias al conocimiento adquirido durante el curso se mantenimiento fue posible entender de una mejor manera porque es realmente

importante el mantenimiento preventivo en cualquier tipo de aparato, no solo en los aires acondicionados.

- Programación básica y avanzada: Aunque en ninguno de ambos cursos se aprendió a utilizar java script, gracias a los fundamentos sobre programación adquiridos sobre los lenguajes de alto nivel fue más sencillo desarrollar la herramienta de cálculo de carga térmica.
- Análisis de circuitos electrónicos: Se utilizó en los cálculos de energía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS O VIRTUALES

- Fang Lin Luo; Hong Ye. *Advanced DC/AC inverters “Applications in renewable energy”*. CRC Press. ISBN-13: 978-1466511354
- Hernández, G. Eduardo. (2005). *Fundamentos de Aire Acondicionado y Refrigeración*. México, D.F.
- ¿Qué es inverter?. Toshiba. <<http://www.toshiba-aire.es/toshiba-inventa/30-aniversario/que-es-inverter-2/>>
- Samsung Twin Rotary DC Inverter Compressor. ESE Samsung. <<https://www.youtube.com/watch?v=diY6teQ34Ss>>