

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



**ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS DE NUEVA  
GENERACIÓN CON SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN VRF, INVERTER O  
CONVENCIONAL EN AIRES; APLICANDO ANÁLISIS MATEMÁTICO QUE SE  
EJECUTARA A TRAVÉS DE UN SOFTWARE DE CÓDIGO ABIERTO**

PRESENTADO POR:

**MEDARDO ARMANDO JACOBO RAMOS**

**EDGARDO JOSE LARÍN RODRÍGUEZ**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO ELECTRICISTA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE 2021

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR :

**MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

SECRETARIO GENERAL :

**ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCON SANDOVAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

DECANO :

**PhD. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA**

SECRETARIO :

**ING. JULIO ALBERTO PORTILLO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

DIRECTOR :

**ING. ARMANDO MARTÍNEZ CALDERON**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**Trabajo de graduación previo a la opción al Grado de:**  
**INGENIERO ELECTRICISTA**

Título:

**ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS DE NUEVA  
GENERACIÓN CON SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN VRF, INVERTER O  
CONVENCIONAL EN AIRES; APLICANDO ANÁLISIS MATEMÁTICO QUE SE  
EJECUTARA A TRAVÉS DE UN SOFTWARE DE CÓDIGO ABIERTO**

Presentado por:

**MEDARDO ARMANDO JACOBO RAMOS**  
**EDGARDO JOSE LARÍN RODRÍGUEZ**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

**ING. GERARDO MARVIN JORGE HERNÁNDEZ**

SAN SALVADOR, NOVIEMBRE 2021

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

**ING. GERARDO MARVIN JORGE HERNÁNDEZ**

## NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, jueves 11 de noviembre de 2021, en la Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a las 6:30 p.m. horas, en presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

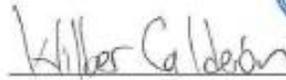
1. Ing. Armando Martínez Calderón  
Director



Firma



2. MSc. José Wilber Calderón Urrutia  
Secretario



Firma

Y, con el Honorable Jurado de Evaluación integrado por las personas siguientes:

- ING. MARVIN GERARDO JORGE HERNANDEZ  
(Docente Asesor)



- MSC. JORGÉ ALBERTO ZETINO CHICAS



Firma

- ING. JOSE ROBERTO RAMOS LOPEZ



Firma

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS DE NUEVA GENERACIÓN CON SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN VRF, INVERTER O CONVENCIONAL EN AIRE; APLICANDO ANÁLISIS MATEMÁTICO QUE SE EJECUTARÁ A TRAVÉS DE UN SOFTWARE DE CÓDIGO ABIERTO

A cargo de los Bachilleres:

- JACOBO RAMOS MEDARDO ARMANDO

- LARIN RODRIGUEZ EDGARDO JOSE

Habiendo obtenido en el presente Trabajo una nota promedio de la defensa final:

8.5

( OCHO . CINCO )

## AGRADECIMIENTOS

Totalmente agradecido con **Dios**, porque sin Dios nada de esto fuera posible. Gracias padre por no desampararme en los momentos difíciles de la vida, por ser mi soporte y fortaleza en momentos de debilidad y no decaer a pesar de las adversidades presentadas durante este gran esfuerzo y dedicación que comprendió mi carrera como Ingeniero Electricista.

Gracias a mi madre, **María Concepción Ramos de Jacobo** por su apoyo incondicional en todo momento y ayudarme en todo lo que estuvo a su alcance para hacer este triunfo posible. Mis triunfos de formación profesional son los resultados de sus enseñanzas, motivación y los buenos valores que me ha inculcado.

También agradezco a mis compañeros, colegas de estudio, en especial a mis amigos, Alonso Vásquez, Estevis Monge, Edwin Majano, Mario Majano, Jimmy Herrera. Los cuales fueron un apoyo fundamental a lo largo de la carrera, también muy agradecido con Reinita Secretaria de la escuela de ingeniería eléctrica por sus consejos, apoyo e interés a lo largo de la carrera para que salgamos adelante como profesionales. Así como también agradecido con nuestro asesor de tesis el ingeniero **Gerardo Marvin Jorge Hernández** por su dedicación y motivación hacía cada uno de nosotros y a los diferentes ingenieros de la carrera de ingeniería eléctrica que influyeron en la enseñanza y formación como buen profesional.

Medardo Armando Jacobo Ramos

## AGRADECIMIENTOS

¿Qué tan exitoso quieres ser?

¿Dónde quieres estar en los próximos 5, 10 o 15 años?

Son preguntas que rondan los pensamientos de muchos, incluida mi persona; también son preguntas que se hacen en la vida ya no estudiantil para cuando uno busca una oportunidad laboral, y sí que son preguntas importantes. Con este trabajo se cierra un ciclo más en mi vida personal, pero que a su vez abre la puerta a más opciones que la vida ira mostrando de a poco.

Agradezco fuertemente a mi madre, **Mirna Rodríguez de Larin**, una persona que a través de valores morales y reprimendas constantes siempre me ha guiado por el buen camino, y me motivo a siempre culminar una carrera universitaria.

Como dijo una vez un tal Aristóteles, «La amistad es un alma que habita en dos cuerpos; un corazón que habita en dos almas.», con esta frase agradezco al apoyo brindado por mi mejor amiga y mi compañera para la vida que en las buenas y en las malas, **Saraí Contreras**; una persona valiosa en muchos aspectos que siempre ha estado pendiente de que yo no caiga; me ha brindado su mano para cuando toca levantarse, poner los pies sobre la tierra y seguir adelante.

Y retomando una frase de Benjamín Franklin, «Un camino de mil millas comienza con un paso.» Y es que así ha sido el camino por obtener este título, en donde he conocido personas valiosas que me apoyaron en mi camino como estudiante, a mis compañeros y amigos **Tony Alvarado** y **Jorge Ventura**, con quienes se dio muchos pasos, y en busca del mismo resultado. Aunque me atrase un poco, les alcance y seguiremos caminando hacia adelante quizá no juntos, pero si revueltos.

Concluyendo con los agradecimientos, cierro con una frase de Henry Kissinger, «La tarea del líder es llevar a la gente desde donde están hasta donde no han estado» y es que con la ayuda y colaboración del Ingeniero **Gerardo Marvin Jorge Hernández**, quien nos asesoró durante este trabajo de graduación, es que hemos logrado cerrar un ciclo más en nuestras vidas que nos contribuye a culminar este proceso de formación académica.

Edgardo José Larin Rodríguez

## INDICE

INTRODUCCION.....	I
DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	II
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	III
JUSTIFICACION.....	IV
OBJETIVOS.....	V
ALCANCES.....	VI
ABREVIATURAS Y ACRONIMOS.....	VII
1. REFERENCIA TEORICA.....	1
1.1 Estudio Del Local.....	1
1.1.1 Características Arquitectónicas Del Espacio A Climatizar.....	2
1.1.2 Orientación del edificio y situación del espacio a acondicionar.....	2
1.2 Equipo Y Servicios.....	3
1.2.1 Para Las Cargas Del Aire Acondicionado.....	4
1.2.2 Tipo De Cargas.....	4
1.2.3 Cargas Exteriores.....	4
1.2.4 Cargas Internas.....	5
1.2.5 Selección Del Equipo Para La Climatización.....	5
1.2.6 Tipos De Aire Acondicionado.....	5
1.2.6.1 Características Generales.....	6
1.2.6.1.1 Sistema De Aire Acondicionado De Ventana.....	6
1.2.6.1.1.1 Componentes Del Aire Acondicionado De Ventana.....	6
1.2.6.1.1.2 Requisitos De Ubicación.....	8
1.2.6.1.1.3 Tipos De Diferencia De Potencial En Los Sistemas De Aire Acondicionado De Ventana.....	8
1.2.6.1.2 Sistema De Aire Acondicionado Tipo Split.....	8
1.2.6.1.2.1 Capacidades y medidas más comunes.....	10
1.2.6.1.3 Sistema De Aire Acondicionado Tipo Central.....	12
1.2.6.1.4 Sistema Tipo Chiller.....	15

1.2.7	Sistema De Climatización – VRF.....	17
1.2.7.1	Características De Un Sistema VRF.....	18
1.2.7.2	Beneficios Que Presenta Un Sistema VRF.....	19
1.2.7.3	Riesgos Que Presenta Un Sistema VRF.....	20
2.	DESARROLLO Y ANALISIS DE EVALUACION DE CARGAS TERMICAS.....	20
2.1	Comportamiento Del Aire.....	20
2.1.1	Sobre El Proyecto Y Condiciones A Evaluar.....	20
2.1.2	Concepto De Climatización.....	22
2.1.3	Conceptos Básicos De Climatización.....	22
2.1.4	Temperatura Y Situación Climática De El Salvador.....	23
2.1.4.1	Humedad Del Aire.....	24
2.1.4.2	Temperatura Del Aire.....	24
2.1.4.2.1	Temperatura Y Escalas De Temperatura.....	24
2.1.4.3	Humedad Y Grado De Humedad.....	25
2.1.4.3.1	Humedad Relativa.....	26
2.1.4.3.2	Propiedades Del Aire Húmedo.....	26
2.1.5	Movimiento Del Aire.....	28
2.1.6	Pureza Y Contaminación Del Aire.....	29
2.2	Niveles De Ruido.....	29
2.3	Presión.....	29
2.4	Convección.....	30
2.5	Evaporación.....	30
2.6	Radiación.....	31
2.7	Calculo De Carga Térmica.....	31
2.7.1	Coefficientes De Carga Sensible.....	31
2.7.1.1	Descripción De Las Tablas.....	31
2.7.1.2	Tipos De Vidrio O Dispositivo De Sombra.....	31
2.7.1.3	Diferencia Equivalente De Temperatura (°C).....	32

2.7.1.4 Diferencia Equivalente De Temperatura (°C) Techo Soleado O En Sombra.....	33
2.7.1.5 Coeficientes De Transmisión Global K. Muros De Mampostería*, verano- Invierno.....	34
2.7.1.6 Coeficiente De Transmisión Global K – Muros De Albañilería Con Paramento *, verano –invierno.....	35
2.7.1.7 Coeficientes De Trasmisión Global K. Muros Construcción Ligera, Tipo Industrial.....	36
2.1.7.8 Coeficientes De Transmisión Global K. Muros De Construcción Ligera, Tipo Cortina.....	37
2.1.7.9 Coeficientes De Transmisión Global K. Tabiques De Albañilería.....	38
2.1.7.10 Coeficientes De Transmisión Global K. Terrazas.....	39
2.1.7.11 Tabla 31 Coeficiente De Transmisión Global K. Con Aislamiento Y Capa O Lamina De Aire.....	40
2.1.7.12 Ganancias Debidas A Los Ocupantes.....	41
2.1.7.13 Ganancia Debidas Al Alumbrado.....	41
2.1.7.14 Coeficiente De Transmisión Global K. Muros Y Pavimentos En Sótanos.....	42
2.2 Calor Sensible Y Latente.....	43
2.3 Cargas De Enfriamiento.....	43
2.3.1 Ganancia De Calor Del Espacio.....	43
2.4 Ganancia De Calor Sensible Y Latente.....	44
2.5 Carga De Refrigeración Del Espacio.....	44
2.6 Ganancia De Calor Por Radiación.....	44
<b>3. SOBRE LA EFICIENCIA ENGERGETICA</b>	
3.1 Eficiencia Energética En Aires Acondicionados Convencionales, Inverter Y Sistemas VRF.....	45
3.1.1 Etiqueta de eficiencia energética.....	45
3.1.2 El nuevo etiquetado energético.....	46
3.1.3 Caducidad de la etiqueta de eficiencia energética.....	48
3.2 Cálculo de consumo de energía.....	48

3.2.1	Calculo de costos monetarios de operación, en la capacidad de 24,000 btu y tres escalas de eficiencia (SEER).....	50
3.2.2	Practica de investigación presión versus corriente nominal. Como afecta una mala instalación al cargar gas refrigerante de una manera inapropiada.....	54
3.2.2.1	Impacto de la eficiencia energética por medio de evaluación de costos monetarios por una inapropiada carga de refrigerante.....	55
3.2.2.2	Descripción de pruebas de medición de laboratorio.....	56
3.2.3	Métodos de ahorro en un aire acondicionado variando la temperatura del termostato.....	58
3.3	Eficiencia Energética En VRF.....	60
3.3.1	Reducción del consumo energético y aumento de la eficiencia estacional.....	61
3.3.2	Ahorro Energético En Las Buenas Practicas De Mantenimiento De Aire Acondicionado.....	61
3.3.3	Mantenimiento preventivo de la evaporadora.....	62
3.3.4	Mantenimiento preventivo de la condensadora.....	62
3.4	Eficiencia Energética En Sobrecalentamiento Y Subenfriamiento De Los Sistemas De Aire Acondicionado.....	66
3.4.1	Subenfriamiento Y Sobre Calentamiento.....	66
3.4.2	Eficiencia del condensador con refrigerante R410a.....	66
3.4.3	Subenfriamiento igual a cero.....	67
3.4.4	Subenfriamiento menor a los 10 °F.....	67
3.4.5	Subenfriamiento mayor a los 15 °F.....	67
3.4.6	Efecto del subenfriamiento en el rendimiento del compresor.....	67
3.4.7	Usando el Subenfriamiento para diagnosticar problemas.....	67
3.4.8	Consideraciones acerca del subenfriamiento.....	68
3.4.8 .1	Proceso de medición de subenfriamiento de una unidad de aire acondicionado refrigerante R 134 <sup>a</sup> .....	68
3.4.8.2	Manifold Electrónico.....	69
3.4.8.3	Instalación de Manifold para realizar mediciones de Sub enfriamiento total.....	70
3.4.9	Sobrecalentamiento.....	71

4. SOBRE EL SOFTWARE.....	75
4.1 Descripción de software.....	75
4.1.1 Registro.....	75
4.1.2 Calculo De Cargas Sensibles.....	76
4.1.3 Calculo De Cargas Latentes.....	78
4.1.4 Reporte De Evaluación De Cargas.....	78
5. CONCLUSIONES.....	80
6. RECOMENDACIONES.....	81
7. ANEXOS.....	82
8. BIBLIOGRAFIA.....	84

## INDICE DE FIGURAS

<b>Fig. 1.</b> Diagrama solar en San Salvador.....	3
<b>Fig. 2.</b> Equipo de aire acondicionado de ventana.....	6
<b>Fig 3.</b> Partes que componen un equipo de ac-ventana.....	8
<b>Fig. 4.</b> Sistemas de equipos mini Split.....	9
<b>Fig. 5.</b> Media mensual de las temperaturas mínimas y máximas diarias.....	23
<b>Fig. 6.</b> Escalas comunes de temperatura.....	25
<b>Fig. 7.</b> Comparación de etiqueta de eficiencia.....	47
<b>Fig. 8.</b> Análisis SEER 13.....	52
<b>Fig. 9.</b> Representación gráfica de costos monetarios de operación para equipos de tipo inverter SEER 16, versus convencional por distinto fabricante.....	53
<b>Fig. 10.</b> Representación gráfica de costos monetarios de operación para equipos de tipo inverter SEER 22, versus convencional – por distinto fabricante.....	54
<b>Fig. 11.</b> Presión (PSI) versus Corriente (Amperaje).....	55
<b>Fig. 12.</b> Condensador enfriado por aire.....	68
<b>Fig. 13.</b> Manifold electrónico.....	69
<b>Fig. 14.</b> Conexión de Manifold.....	72
<b>Fig. 15.</b> Conexión de sub enfriamiento total.....	70
<b>Fig. 16.</b> Evaporador compresor.....	71
<b>Fig. 17.</b> Evaporador, compresor, válvula de expansión.....	71
<b>Fig. 18.</b> Temperatura de evaporador, vapor saturado.....	72
<b>Fig. 19.</b> Mediciones de temperatura en tubería de succión.....	72
<b>Fig. 20.</b> Interfaz gráfica que inicializa el software para capturar datos del proyecto a evaluar.....	76
<b>Fig. 21.</b> Figura de interfaz que representa captura de datos que representan cargas sensibles.....	77
<b>Fig. 22.</b> Interfaz que representa segunda captura de datos que representan cargas sensibles.....	77
<b>Fig. 23.</b> Interfaz que representa captura de datos para iniciar cálculos de carga latente.....	78
<b>Fig. 24.</b> Figura que representa captura de datos para evaluación de cargas, donde sus resultados son arrojados ya en Btu y da la oportunidad al usuario de crear un reporte básico con los resultados de los cálculos y el equipo que se puede utilizar según resultado de cálculo de cargas térmicas hecho.....	79
<b>Fig. 25.</b> Figura que ilustra resultado de archivo *.pdf a obtener una vez el software ha realizado las pruebas solicitadas.....	79

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas de un equipo de aire acondicionado tipo ventana.....	7
Tabla 2. Ventajas y desventajas de un equipo de aire acondicionado tipo mini split.....	12
Tabla 3. Ventajas y desventajas de un equipo de aire acondicionado tipo central.....	15
Tabla 4. Ventajas y desventajas de un equipo de aire acondicionado tipo chiller.....	17
Tabla 5. Promedio anual y temperatura relativa.....	21
Tabla 6. Composición del aire.....	24
Tabla 7. Escalas comunes de temperatura.....	32
Tabla 8. Diferencia equivalente de temperatura en muros.....	33
Tabla 9. Diferencia equivalente de temperatura en techo soleado o sombra.....	33
Tabla 10. Diferencia entre las temperaturas del aire que baña sus caras interior y exterior.....	34
Tabla 11. Coeficientes de muros de albañilería con paramento - verano –invierno.....	35
Tabla 12. Muros construcción ligera tipo industrial.....	36
Tabla 13. Muros de construcción ligera tipo cortina.....	37
Tabla 14. Tabiques de albañilería.....	38
Tabla 15. Coeficientes de transmisión de terrazas.....	39
Tabla 16. Aislamiento Y Capa O Lámina De Aire.....	40
Tabla 17. Temperatura ambiente y del grado de actividad.....	41
Tabla 18. Ganancias debidas al alumbrado.....	42
Tabla 19. Pavimentos y sótanos.....	42
Tabla 20. Modos en que puede ocurrir ganancia de calor.....	43
Tabla 21. Pliego tarifario.....	50
Tabla 22. Análisis de costo monetario de operación sin IVA, para un equipo de 24kBtu – SEER 13.....	51
Tabla 23. Análisis de costo monetario de operación con IVA, para un equipo de 24kBtu – SEER 13.....	51
Tabla 24. Análisis de costo monetario de operación sin IVA, para un equipo de 24kBtu – SEER 16.....	52

Tabla 25. Análisis de costo monetario de operación con IVA, para un equipo de 24kBtu – SEER 16.....	52
Tabla 26. Análisis de costo monetario de operación sin IVA, para un equipo de 24kBtu – SEER 22.....	53
Tabla 27. Análisis de costo monetario de operación sin IVA, para un equipo de 24kBtu – SEER 22.....	53
Tabla 28. Tabla de resultados de pruebas de medición.....	54
Tabla 29. Análisis de costos monetarios de pruebas de laboratorio.....	56
Tabla 30. Descripción de pruebas de medición de laboratorio.....	58
Tabla 31. Cálculo de consumo en kW/h.....	59
Tabla 32. Mantenimiento preventivo.....	66
Tabla 33. Presión temperatura.....	74

## **INTRODUCCION**

En el presente trabajo de graduación se propone mediante un estudio de eficiencia energética que se realizara en edificios de nueva generación con sistemas de climatización VRF, invertir o convencional en aire, el desarrollo matemático el cual brindara alternativas en la optimización de los recursos.

La capacidad del equipo a utilizar, es algo que, a través de cálculos, se puede recomendar, gestionar y proyectar a futuro será de utilidad y rentabilidad, no solo para el préstamo del servicio de la adecuación por medio de acondicionamiento del aire, sino también para los gastos energéticos que estos conllevan, lo cual será seriamente determinado por la carga máxima o real a la cual será sometido para su operación. La manera en la que se presentaran los cálculos, no será para que arrojen un valor exacto de la carga real máxima o parcial en un espacio dado, por lo cual será un cálculo en representación a la estima de las cargas térmicas.

## **DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

Las conclusiones de los diferentes estudios referentes al tema de eficiencia energética en general realizados por la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador nos indican que el sector de acondicionamiento en edificaciones arquitectónicas en el salvador necesita urgentemente un estudio orientado a la eficiencia energética de este, por las razones de que existen muchas causas en los diferentes equipos y marcas que por no existir un ente rector no cumplen con las distintas certificaciones, lo que genera un alto consumo de energía causando un alto cobro en las facturas, la otra causa son las malas prácticas de instalación.

Aun con todo lo anterior mencionado, en la consecución de certificaciones y normativas está casi todo pendiente por corregir y mejorar la eficiencia energética en esa rama de acondicionamiento, con tal de llegar a los estándares que se pretenden para tener una eficiencia óptima.

Esto es una motivación para hacer un estudio del caso particular de las edificaciones arquitectónicas; donde la gran mayoría de las edificaciones tienen más de diez años de haber sido construidas, por lo cual hay mayores posibilidades de lograr una mejora de la eficiencia energética.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La función principal del acondicionamiento del aire en un área a climatizar es generar condiciones de confort ya sea esta para mantener un área de trabajo tolerable o el cuidado de un producto que necesita permanecer a temperaturas bajas para evitar caducidades tempranas.

En la demanda de mejorar la climatización de una zona de trabajo, residencial o comercial, nos encontramos con la existencia de dos tipos de carga térmica, una carga térmica sensible y una carga térmica latente. Para las cargas térmicas sensibles, una manera fácil de conceptualizar es a través de la diferencia de temperatura y la diferencia de radiación térmica. Para las cargas térmicas latentes, podemos atribuirles a aquellas que aporta la humedad del aire. Antes de proceder al cálculo de las cargas, es necesario realizar un estudio en el cual se obtenga exactitud de evaluación de las componentes de las cargas, para ello se realizarán ciertos estudios enfocados al local y a la carga real instantánea, de esta manera la proyección de un sistema económico que cumpla con las condiciones establecida podría plantearse sin problemas.

## **JUSTIFICACION**

El salvador posee diferentes edificaciones la gran mayoría en San Salvador, algunas con mayor tiempo de existencia, otras con menos; En este aspecto es importante considerar que el enfoque del análisis de la eficiencia energética, debe estar puesto en los servicios que presta la energía y no en las fuentes de energía.

El propósito del presente estudio de investigación es estudiar la eficiencia energética de los equipos de aire acondicionado de las edificaciones de los últimos 10 años construidos hasta la fecha como Universidad de El Salvador, buscamos comprobar la hipótesis planteada frente a edificaciones arquitectónicas con funcionamiento de 10 años hasta la fecha.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL:**

Desarrollar un software de código abierto para el análisis matemático a implementar en la ejecución de proyectos de acondicionamiento para sistemas de climatización VRF, convencional e inverter.

### **ESPECIFICOS:**

- Analizar el estado actual del país en el sector de edificaciones de nueva generación arquitectónicas en el país con la implementación de aires acondicionados.
- Desarrollar una propuesta para la implementación de ahorro energético antes y después de un proyecto de acondicionamiento.
- Desarrollar una propuesta para la implementación de buenas prácticas de instalación y certificación del técnico instalador.

## **ALCANCES**

Con este estudio se pretende formular el proyecto para el desarrollo e implementación de un software de análisis matemático, así como lograr que el constructor y ejecutor de proyectos de acondicionamientos sepa de ante mano cómo lograr y mejorar la eficiencia energética de la edificación arquitectónica.

## ABREVIATURAS Y ACRONIMOS

**Java:** Lenguaje de programación y la plataforma de desarrollo

**Btu:** Unidad térmica británica

**AC:** Alternating Current (Corriente Alterna)

**DC:** Direct Current (Corriente Directa)

**C:** Celsius

**K:** Kelvin

**VA :** kiloVolt-Ampere

**kW:** kilowatt

**kWh:** kilowatt-hora

**W:** Watt

**m:** Metros

**AA:** Aire Acondicionado

**Va:** Velocidad de aire a la salida del evaporador

**Aa:** Área en metros del evaporador

**SEER:** Seasonal Energy Efficiency Ratio, en inglés, y Relación de Eficiencia de Energía de Estación en español.

**Patm:** Presión Atmosférica

**hg0:** entalpía específica del vapor de agua

**Cps:** calor específico del vapor de agua a presión constante

**C<sub>p</sub> :** Calor específico a una presión constante, kJ/(kg·K)

**T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>:** Temperatura del gas ideal en las etapas 1 y 2, °C

**hw:** entalpía específica del vapor de agua, kJ/kg

**Ra y R<sub>w</sub>:** son las constantes de los gases para el aire seco y agua respectivamente en [J/(kg·K)].

**na :** número moles de aire seco, mol

**n<sub>w</sub> :** número de moles de vapor de agua en una muestra de aire húmedo, mol

**n<sub>ws</sub> :** número de moles de vapor de agua por partes de aire con vapor saturado, mol

**Q<sub>sen</sub>:** Calor sensible

**Q<sub>lat</sub>:** Calor Latente

**ρ<sub>a</sub>:** densidad del aire

**w<sub>e</sub>:** Relación de humedad específica de entrada

**w<sub>s</sub>:** Relación de humedad específica de salida

**T<sub>e</sub>:** Temperatura de entrada en °C

**T<sub>s</sub>:** Temperatura de salida en °C

**H<sub>e</sub>:** Humedad relativa de entrada

**H<sub>s</sub>:** Humedad relativa de salida

**P<sub>e</sub>:** Potencia de entrada o potencia eléctrica total consumida por la unidad de AA

**RMS:** Root Mean Square

**I<sub>rms</sub>:** Corriente RMS

**V<sub>rms</sub>:** Voltaje RMS

**C<sub>pa</sub>:** Calor específico del aire

**TR:** Tonelada de refrigeración

**P<sub>s</sub>:** Presión de saturación

# 1. REFERENCIA TEORICA

## 1.1 Estudio Del Local

El estudio del local es un estudio del aspecto físico, para lo cual será conveniente el tener disponible los planos, croquis, e incluso fotografías del lugar, esto con el propósito de tener un estudio preciso y completo que presente una estimación realista de las cargas de refrigeración y calefacción, y es por ello que tomar en cuentas todas las cargas y sus componentes del estudio que se va a realizar.

A continuación, se muestra una lista de los aspectos físicos a considerar al momento de llevar a cabo un estudio de cargas térmicas:

- Orientación del edificio, tomando en cuenta lo siguiente:
  - Puntos cardinales: efectos del sol y viento
  - Estructuras permanentes próximas: efectos de sombra.
  - Superficies Reflectantes: agua, arena, lugares de estacionamiento, etc.
- Destino del local: oficina, hospital, centro comercial, fábrica, etc.
- Dimensiones del local o locales: largo, ancho y alto.
- Altura del techo: de suelo a suelo, de suelo a techo, espacio entre el cielo raso y las vigas.
- Columnas y vigas
- Materiales de construcción: materiales y espesor de paredes, techos, suelos y tabiques y su posición relativa en la estructura.
- Condiciones de circu-ambiente: color exterior de las paredes y techumbre, sombra proyectada por edificios adyacentes y la luz solar.
- Ventanas: dimensiones y situación, marcos de madera o metal, cristal simple o múltiple, tipo de persiana, dimensiones de los salientes de las ventanas y distancia del marco de la ventana a la cara exterior de la pared.
- Puertas: situación, tipo, dimensiones y frecuencia de uso.
- Escaleras, escaleras mecánicas y ascensores.
- Ocupantes: numero, tiempo de ocupación, naturaleza de su actividad, alguna concentración especial.

- Alumbrado: potencia en la hora punta, tipo, ya sean incandescente, fluorescente, directo o indirecto.
- Motores: situación, potencia nominal y empleo, siendo esta última la más importante a considerar.
- Maquinaria comercial, equipo electrónico: situación, potencia indicada, consumo de vapor o gas, cantidad de aire extraído o necesario y su empleo.
- Ventilación: metros cúbicos por persona, o por metro cuadrado.
- Almacenamiento térmico: a considerar el horario de funcionamiento del sistema, va desde 6, 8 o 24 horas.
- Estimación del periodo de funcionamiento: continuo o intermitente.

### **1.1.1 Características Arquitectónicas Del Espacio A Climatizar.**

Es muy importante el estudio a detallé de los componentes del espacio que se van a climatizar. Es indispensable que el estudio sea preciso y completo. Forman parte de este estudio los planos arquitectónicos y de detalles, ubicación del terreno.

Existen varios tipos de aire acondicionado con los que se puede climatizar un espacio, dependiendo de cuales sean sus usos y funciones, el diseñador deberá definir el sistema de aire acondicionado más apropiado.

### **1.1.2 Orientación del edificio y situación del espacio a acondicionar.**

La orientación cardinal del edificio o residencia es muy importante ya que de esta dependerá que tanto incídala radiación del sol sobre la edificación, en la que va a incidir directamente en las paredes y vidrios, con orientación Oeste y Sur están expuestas a mayor calor producido por los rayos del sol.

Para el aire acondicionado, la cantidad de BTU que se utilice para diseñar el sistema, dependerá en parte del calor generado por el sol. En nuestro país El Salvador el sol pasa por el cenit dos veces al año: el 21 de abril y el 21 de agosto. Entre estas dos fechas, el sol está al norte a mediodía, y los días siguen creciendo hasta el solsticio de verano, el 21 de junio, que sigue siendo el día más largo del año, aunque ya no es cuando el sol sube más alto.

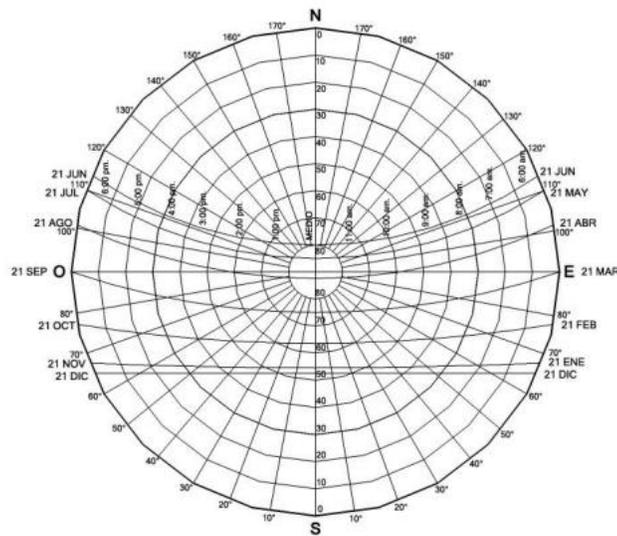


Fig. 1 Diagrama solar en San Salvador.

Referencia ([https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php](https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php))

## 1.2 Equipo Y Servicios

Para situar los equipos, es necesario siempre llevar a cabo el análisis del local ya que esto permitirá la gestión de las tuberías que se usaran para el sistema de distribución de aire y agua.

La planificación de este sistema de distribución depende de:

- Espacios disponibles: espacios como ascensor, espacios de bodega, montacargas, así como también los espacios de ventilación y/o refrigeración.
- Posibles obstrucciones: las obstrucciones parten ya sea de instalaciones eléctricas, o cañerías.
- Ubicación de las entradas de aire exterior: estas conectan con calles, otros edificios, y la dirección de situación con respecto al viento, y también para casos especiales, considerar la exposición a suciedades y desvío de contaminadores nocivos.
- Suministro de energía eléctrica: capacidad y limitaciones de corriente eléctrica, niveles de tensión, número de fases, y el tipo de frecuencia de operación.
- Suministro de agua: ubicar las tuberías de agua es importante, no solo por la obstrucción que podrían generar, sino también por la cantidad de fluidos que transporta, los niveles de presión, y la temperatura máxima.

### **1.2.1 Para Las Cargas Del Aire Acondicionado**

El equipo de acondicionamiento es seleccionado con lo arrojado por la estimación de la carga, será importante tomar en cuenta como fuente principal, el valor máximo que arrojen los termómetros seco y húmedo simultáneamente, ya que el calor que se genere en el interior del local será el mismo calor procedente del exterior en su hora pico.

También es importante tomar en cuenta los agentes externos que minimizan el calor al interior del local, ejemplo de ello es la niebla, ya que esta reduce la radiación solar, siendo esta una capa de insolación en el exterior que contribuye al interior del local.

Para definir la carga máxima, parte del análisis del local, pero la instalación no tiene que estar delimitada a una carga máxima por una hora específica para funcionar todo el día, sino que se tienen que sacar estimaciones en diferentes zonas ya que no siempre todas las cargas alcanzaran su máximo a la misma hora.

### **1.2.2 Tipo De Cargas**

Entiéndase por carga térmica al valor del calor por unidad de tiempo, siendo este el que se genera o entra a un local, entra al mantenerse a una temperatura inferior al exterior generando así una diferencia de calor, y también se tiene el escenario donde se genera una diferencia de humedad entre el exterior y el interior de un local. Cabe destacar que estos efectos se denominan calor sensible y calor latente respectivamente, donde se encuentran más de un factor o agente que de a poco se irá desarrollando.

### **1.2.3 Cargas Exteriores**

Las cargas exteriores se pueden definir como agentes externos que contribuyen a incrementar el calor en el interior de una edificación, ejemplo de estas cargas son:

1. Rayos del sol que entran por las ventanas y puertas.
2. Rayos del sol que inciden sobre las paredes y el techo del local.
3. Temperatura del ambiente exterior.
4. Presión del vapor de agua.
5. Viento que sopla contra las paredes del local.
6. Aire exterior requerido para propósitos de ventilación.

### **1.2.4 Cargas Internas**

Generalmente estas cargas o ganancias internas de calor provienen de algunas fuentes dentro del local mismo, para estas cargas se aplican factores de diversidad y su empleo por tipo, ya que algunas ganancias internas consisten en calor radiado que es parcialmente almacenado reduciendo así la carga al equipo acondicionador. Ejemplo de ganancias internas:

1. Personas
2. Alumbrado
3. Utensilios
4. Maquinas eléctricas
5. Motores eléctricos
6. Tuberías y depósitos de agua caliente
7. Diversas fuentes de calor

Cabe denotar que a estas cargas térmicas, externas e internas; también se pueden agregar las ganancias y pérdidas de calor del mismo equipo de acondicionamiento y del sistema de conducto que colaboran a la climatización del medio ambiente a trabajar.

### **1.2.5 Selección Del Equipo Para La Climatización**

Una vez se han hecho la estimación y evaluación de las cargas, se procede a la selección del equipo que será el encargado de la climatización del local, donde su capacidad sea la necesaria para poder neutralizar las cargas estimadas y evaluadas. Cabe destacar que las cargas de calor sensible y latente que han sido estimadas serán las que se tienen que satisfacer por el aire impulsado hacia el espacio acondicionado.

### **1.2.6 Tipos De Aire Acondicionado**

La variedad con la que los sistemas de aire acondicionado se ofertan, son varias, que van desde la selección de una marca específica y estilo, aunque ofrecen la misma capacidad entre ellas, la variación de tipos es la que lleva a la selección de equipos específicos. Se pueden mencionar los siguientes y que serán objeto de estudio en este proyecto investigativo.

### **1.2.6.1 Características Generales**

Existe una variedad de sistemas de aire acondicionado entre las cuales se pueden especificar por marca, modelos, capacidades, convencional o inverter. Se pueden mencionar los siguientes y que son objeto de estudio en este proyecto.

- Sistema de aire acondicionado ventana.
- Sistema de aire acondicionado tipo Split.
- Sistema de aire acondicionado Central Separado.
- Sistema de aire acondicionado tipo Paquete.
- Sistema de aire acondicionado tipo Chiller.

#### **1.2.6.1.1 Sistema De Aire Acondicionado De Ventana**

Es un equipo unitario, compacto y de descarga directa, es decir el aire enfriado es expulsado directamente al espacio a través de la unidad.

Los sistemas de Aire Acondicionado tipo Ventana son equipos cuya instalación requiere de una abertura en la pared, quedando así, una parte del sistema en el interior de la habitación y otra en el exterior.

##### **1.2.6.1.1.1 Componentes Del Aire Acondicionado De Ventana**

- segmento evaporador.
- segmento condensador.
- Motor-ventilador único, con dos ejes: uno va acoplado a la turbina que mueve el aire que se desea acondicionar; el otro mueve el aire en dirección al condensador.



Fig. 2 Equipo de aire acondicionado de ventana

<b>Forma de operar</b>	<b>Ventaja</b>	<b>Desventaja</b>
<i>El equipo de aire acondicionado compacto consta de una sola unidad, donde se encuentran sus componentes principales que son:</i>	Puede ser instalado en cualquier ventana o pared que dé hacia el exterior.	La vista al exterior es obstruida por el equipo de aire acondicionado, cuando es ubicado en una ventana.
<i>Compresor</i>	Asegura la ventilación del espacio, ya que introduce aire fresco al interior y renueva el aire viciado	Limita el ingreso de luz a través de la ventana al espacio.
<i>Válvula de expansión</i>	Su precio es accesible en comparación con otros equipos de aire acondicionado.	Suelen consumir más electricidad, en comparación a otros equipos de aire acondicionado.
<i>Condensador (Parte externa).</i>	Fácil mantenimiento.	Por lo general son bastante ruidosos
<i>Evaporador (Parte interna)</i>	No requiere instalación eléctrica especializada.	Poco estético.
<i>Dos ventiladores</i>	Bajo costo de instalación.	Su instalación en pared requiere hacer un hueco.
<i>Unidad de control Este equipo toma el aire desde el interior del espacio, siguiendo el funcionamiento básico de refrigeración, para después inyectar aire refrigerado de nuevo a este. Expulsando por la parte que da hacia el exterior el calor removido.</i>		Deben estar protegidos en la parte exterior para evitar el robo del aparato.
		El aparato debe ser instalado de modo que el ruido o el aire caliente procedente de la unidad condensadora no cause molestias a las edificaciones colindantes
		El sistema debe contar con un drenaje para el condensado, ya que en caso contrario estará goteando hacia el exterior.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de un equipo de aire acondicionado tipo ventana.

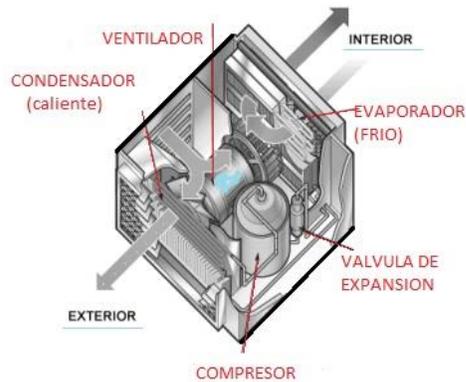


Fig 3. Partes que componen un equipo de ac-ventana

#### 1.2.6.1.1.2 Requisitos De Ubicación.

Se debe instalar en una ventana o muro, siempre y cuando estas den hacia el exterior. La dimensión del hueco se tiene que ajustar a las dimensiones del equipo y debe contar con suficiente espacio en la entrada y salida del aire para que este no sea obstruido.

Su instalación requiere hacer un hueco en la pared y cuando es ubicado en una ventana será necesaria la desinstalación de vidrios. Para mayor eficiencia, el equipo deberá ser colocado de manera estratégica para evitar la incidencia solar sobre el equipo, ya que esta lo puede llegar a dañar.

#### 1.2.6.1.1.3 Tipos De Diferencia De Potencial En Los Sistemas De Aire Acondicionado De Ventana.

El voltaje está en el rango de los 110V 1Ø y 220V 1Ø. No es común encontrar unidades de ventana 220V 3Ø.

#### 1.2.6.1.2 Sistema De Aire Acondicionado Tipo Split

Son equipos de descarga directa llamados también descentralizados. Se diferencian de los de ventana ya que la unidad está formada por el condensador que está situada en el exterior junto con el compresor, mientras que la unidad evaporadora se instala en el interior en la parte que el

cliente lo requiera. Se comunican entre sí por las tuberías de alta presión y baja presión de refrigerante y conexiones eléctricas que dicho cable se le conoce como cable de señal.

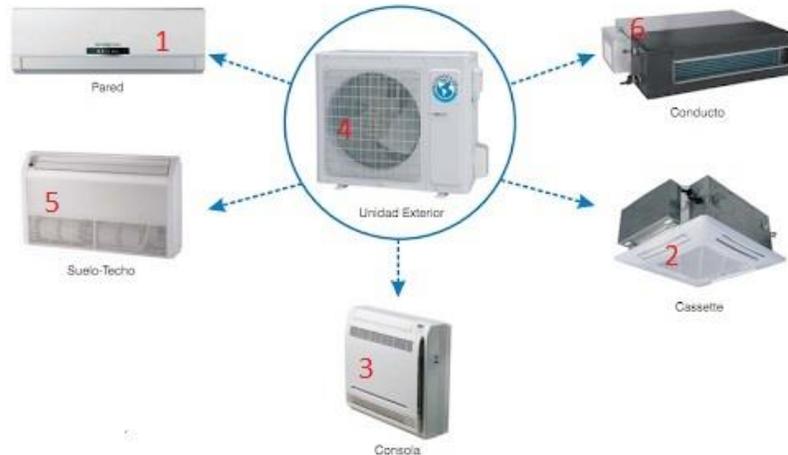


Fig. 4. Sistemas de equipos mini Split.

1. La más común es la que se instala en la parte alta de una pared por lo que se conoce como High Wall (pared alta).

2. La unidad que se instala en el cielo falso de un espacio (tipo cassette).

3. La que se instala en la parte baja de una pared, esta unidad se le conoce como flexiline (piso-techo).

4. Unidad condensadora que puede manejar diferentes tipos de evaporadoras.

5. unidad piso techo se instala colgando del techo.

6. unidad de conducto

También existen equipos Multi-Split y la diferencia está en que puede haber varias unidades evaporadoras manejadas por una sola unidad condensadora. Rangos de capacidad de los equipos Split oscilan entre 7000 y 24000 BTU. A continuación, se exponen las capacidades y medidas más comunes

### 1.2.6.1.2.1 Capacidades Y Medidas Más Comunes.

<i>Ítem</i>		<i>Descripción</i>
1	Formas de Operar	<i>La unidad evaporadora está compuesta por el evaporador, el ventilador, el filtro de aire y el sistema de control, y es la unidad que va dentro del espacio a acondicionar. La unidad condensadora es la que se encarga de rechazar el calor hacia el exterior por lo que el aire que sale es caliente, es por eso que no se debe colocar en un lugar encerrado ya que al no haber ventilación el equipo se puede sobrecalentar. La unidad evaporadora y condensadora deben de estar conectadas entre sí por medio de una tubería de cobre para gas refrigerante, el cable de conexión eléctrica, a la vez se hace la evacuación de los condensados de la evaporadora por una tubería que sale al exterior por la misma línea.</i>
2	Requisitos de ubicación.	<i>Para ambas unidades se debe de elegir el lugar más apropiado, tomando en cuenta lo siguiente: Unidad evaporadora: La unidad deberá estar alejada de cualquier fuente de calor o vapor, se debe instalar en un lugar sin obstáculos frente a ella, tener previsto que la unidad evaporadora se debe drenar hacia el exterior. Sí la unidad está instalada en la pared se debe dejar un espacio mínimo de 10cm entre la unidad y el cielo falso.</i>
3	Unidad condensadora:	<i>La unidad condensadora es ubicada en espacios libres y ventilados ya sea en un patio o azotea, donde pueda recibir sombra al tiempo que se use el equipo. Se debe tomar en cuenta el peso de la unidad, el ruido y las vibraciones que produce para que no causen molestia. El hueco necesario</i>

		<i>para unir la unidad interior y la exterior es muy pequeño, alrededor de diez centímetros de diámetro para pasar los dos tubos del refrigerante, el tubo de condensación de la unidad evaporadora y el cable de conexión eléctrica.</i>
4	La unidad evaporadora	<i>Es instalada en el interior del espacio a acondicionar por medio de un sistema de anclaje a la pared o a la losa en el caso de los de techo, la parte superior del aparato debe tener una distancia mínima al cielo falso de 10cm.</i>
5	La unidad condensadora	<i>Se debe colocar en el exterior porque es la que se encarga de rechazar el calor hacia el exterior el cual puede ser descargado de manera lateral y vertical, tomando en cuenta que esta debe quedar separada unos centímetros del piso. La distancia máxima entre unidad condensadora y unidad evaporadora es de 10m para tipo pared y 15m para tipo piso/techo, ya que estas van conectadas por medio de un agujero de 10 a 15 centímetros hecho en la pared por el que se conectarán las tuberías por las cuales circula el refrigerante. Es necesaria una tubería que debe ser dirigida a un patio o directamente a la tubería de aguas lluvias</i>
6	Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Son unidades fáciles de adaptar a cualquier espacio.</i></li> <li>• <i>Instalación sencilla.</i></li> <li>• <i>Se requiere un simple enlace de la unidad exterior a la unidad interior.</i></li> <li>• <i>Pueden ser manejados por control remoto.</i></li> <li>• <i>Bajo nivel de ruido.</i></li> <li>• <i>Mantenimiento sencillo.</i></li> <li>• <i>Consume menos energía que otros equipos.</i></li> </ul>

7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Modelos que facilitan la colocación en distintos lugares.</i></li> </ul>
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Su instalación conlleva hacer una perforación en la pared.</i></li> <li>• <i>La instalación de la unidad condensadora en el exterior puede generar problemas si no es considerada dentro del diseño.</i></li> <li>• <i>Poco estético en el interior y en el exterior si queda visible.</i></li> <li>• <i>Es difícil de colocar en determinados sitios, como paredes prefabricadas.</i></li> <li>• <i>El aparato debe ser instalado de modo que el ruido o el aire caliente procedente de la unidad condensadora no causen molestias a los colindantes.</i></li> <li>• <i>Si el equipo condensador se ubicara a una distancia mayor a cinco metros implicaría material y costo adicional para hacer la conexión con la unidad evaporadora.</i></li> </ul>

Tabla 2. Ventajas y desventajas de un equipo de aire acondicionado tipo mini split.

### 1.2.6.1.3 Sistema De Aire Acondicionado Tipo Central

Es un equipo de descarga indirecta ya que el aire se distribuye a través de ductos previamente calculados según el caudal de aire, el cual es expulsado en los diferentes espacios por medio de rejillas difusoras, cuenta con una unidad evaporadora y una condensadora, estas dos unidades se conectan entre sí por medio de una tubería de cobre las cuales son alta y baja presión, la primera para llevar el refrigerante y la otra para regresarlo.

Tipo	Concepto
------	----------

<b>Formas de operar.</b>	Son equipos que constan de una unidad condensadora y una unidad evaporadora, el aire es llevado a través de ductos hasta su destino, Expulsado por medio de difusores y retornado a través de rejillas. La temperatura es controlada mediante un termostato que es instalado en la pared y su función es la de mantener la temperatura de forma regular en un punto determinado.
<b>Instalación.</b>	
Instalación de la unidad evaporadora	La unidad evaporadora se ubicará en un espacio amplio para facilitar la instalación, si la unidad evaporadora se instala entre el techo y el cielo falso el equipo debe poseer una estructura suficientemente resistente para sujetarlo a la losa.
Instalación de la unidad condensadora	La unidad condensadora tiene que estar protegida de fuentes de calor, en caso que la instalación del equipo sea en lugares muy altos o con vientos fuertes se debe de instalar la unidad contra la pared para que esta pueda tener un mejor funcionamiento.
Instalación de las tuberías de conexión:	<p>La longitud máxima de tubería es de 25 a 30 metros y la elevación máxima de la tubería es de 15 a 20 metros.</p> <p>La tubería de conexión no debe instalarse hasta no haber fijado las unidades interior y exterior. Es importante mantener seca la tubería de conexión y evitar que entre humedad durante la instalación.</p> <p>Para colocar las tuberías se debe de perforar un orificio en la pared reuniendo las tuberías de conexión y los cables, haciéndolas pasar por dicho orificio desde el exterior, posteriormente se conectan las tuberías y se abre las válvulas de cierre de la unidad condensadora para que la tubería de refrigerante que conecta a las unidades tenga un flujo sin obstáculo.</p>
<b>Requisitos eléctricos.</b>	Las unidades pueden ser bifásicas o trifásicas. Hasta 5 toneladas requiere 240 voltios y arriba de 5 toneladas 360 voltios, ya que así se hace una mejor distribución de la energía. Al requerir mayor voltaje es necesaria una subestación eléctrica para potenciar esta energía y transformarla.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se logra refrigeración en varios espacios al mismo tiempo.</li> <li>- Unidades silenciosas</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se utilizan en acondicionamientos de grandes espacios.</li> <li>- Posibilidad de inyectar aire a uno o varios espacios.</li> <li>- Mejor distribución del aire dentro de un espacio.</li> <li>- Estético en interiores.</li> <li>- Funciona para uso residencial, institucional o comercial.</li> </ul>
Desventaja	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalación especializada.</li> <li>- Requerimiento espacial en los entre techos para la colocación de ductos y unidades evaporadoras.</li> <li>- La temperatura de varios espacios es controlada por un solo termostato, generando diferencias de sensación térmica dependiendo del usuario.</li> <li>- Alto costo de instalación.</li> <li>- La unidad condensadora requiere de una localización estratégica para que no sea visible.</li> <li>- Mantenimiento especializado.</li> </ul>

Tabla 3. Ventajas y desventajas de un equipo de aire acondicionado tipo central.

#### 1.2.6.1.4 Sistema Tipo Chiller

Es un equipo de descarga indirecta, ya que el aire se distribuye a los diferentes espacios por medio de ductos. Se compone por un sistema central que se encarga de enfriar un fluido, generalmente agua, el cual se distribuye a los diferentes equipos de enfriamiento ubicados en las áreas que requieren de climatización.

Los principales dispositivos y controles de un Chiller son:

- Termostatos.
- Presostato de baja presión.
- Presostato de alta presión.
- Filtro deshidratador de succión.
- Filtro deshidratador de líquido.
- Indicador de líquido o cristal mirilla.

<p><b>Formas de operar.</b></p>	<p>El principio de funcionamiento de una unidad tipo Chiller es que utiliza el agua para el cambio de estado, se podría definir como una unidad agua-aire. El agua se hace circular de manera forzada sobre un intercambiador de temperatura en el cual se realiza el cambio de estado utilizando el factor agua y no el factor aire para este. El agua que sale del intercambiador circula por el circuito hidráulico a cada una de las unidades manejadoras de aire o fan coils, las cuales se encargan de distribuir el aire refrigerado a una cierta temperatura, modificando así la temperatura ambiente y luego el agua regresa de nuevo al intercambiador para bajar su temperatura, repitiéndose el ciclo de refrigeración para nuevamente ser distribuido. Condensador y evaporador pueden estar juntos en la misma máquina, en cuyo caso el enfriamiento es por aire o separados la cual debe disponer de una torre de enfriamiento de agua con un circuito secundario de enfriamiento del condensador, esta es más eficiente pero requiere de mucho espacio y especial cuidado con el tratamiento del agua.</p>
<p><b>Requisitos de ubicación.</b></p>	<p>La unidad Chiller se ubica en el exterior del edificio, porque se requiere de buena ventilación de tal forma que el aire pueda circular y descargarse libremente. En el interior del edificio en el entre cielo o en el cuarto de máquinas se ubicará las unidades fan coils o las UMA. Las únicas conexiones entre la unidad interna y la unidad externa es el circuito hidráulico común cerrando un circuito.</p> <p>La distancia entre el Chiller y el muro debe ser de por lo menos 1.80 metros y el espacio entre ellos debe ser entre 1.50 y 3.00 metros para tener un fácil acceso de mantenimiento y ventilación de los Chillers.</p>
<p><b>Ventajas</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Versatilidad en el número de unidades internas: puede ser conectado con varias UMAs o fan coils dependiendo de la potencia de la unidad externa.</li> <li>- Es utilizado para acondicionar grandes instalaciones por su eficiencia.</li> <li>- Bajo nivel de ruido.</li> <li>- La vida promedio de los Chillers varía de 25 a 30 años con buen mantenimiento.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los modelos recientes consumen menos electricidad que los modelos de más de 20 años, ya que cuentan con sistemas que permiten trabajar de acuerdo a la demanda requerida reduciendo la carga y operando solo los compresores necesarios.</li> </ul>
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto costo de instalación.</li> <li>- Unidades de gran tamaño y peso.</li> <li>- Difícil instalación cuando son ubicados en azotea.</li> <li>- Para proyectos pequeños es un gasto muy grande por su alto costo.</li> </ul>

Tabla 4. Ventajas y desventajas de un equipo de aire acondicionado tipo chiller.

### 1.2.7 Sistema De Climatización – VRF

Los sistemas de climatización son importantes en la vida cotidiana dentro de las actividades que contribuyen para el desarrollo de una ciudad o país, teniendo en cuenta la variabilidad de equipos y sistemas disponibles, una solución de aire acondicionado a tomar en cuenta es el sistema de refrigerante variable (VRF) el cual sería una solución con múltiples beneficios y características que lo vuelven eficiente para una mejor adecuación en edificaciones en cuestión de climatización y contribuye a la eficiencia energética en comparación a un sistema de climatización convencional.

Esta tecnología no sólo adapta el consumo energético a la demanda, sino que además es capaz de variar la cantidad de refrigerante que se envía a las unidades interiores en función de la regulación de temperatura de cada una de ellas.

Cada unidad interior recibe únicamente la cantidad de refrigerante necesario para acondicionar el espacio al cual está sirviendo.

- A través de la tecnología inverter el motor del compresor varía su velocidad, incrementando o disminuyendo la capacidad requerida del sistema.

### 1.2.7.1 Características De Un Sistema VRF

Entre las características que destacan para un sistema VRF, podemos mencionar las siguientes:

- **Tecnología inverter:** Los sistemas VRF cuentan siempre con al menos uno de sus compresores inverter, de forma que pueden modular la generación térmica y adaptarla perfectamente a la demanda sin necesidad de depósitos de inercia ni otros elementos intermedios que siempre suponen pérdidas.
- **Sistema de control:** El avanzado sistema de gestión eléctrico de los sistemas VRF permite que la unidad exterior conozca en todo momento el número de unidades interiores en funcionamiento y adapte el sistema según convenga, haciendo funcionar solo un módulo exterior, dos o los necesarios, incluso se llega a detener todo el sistema si no hay ningún equipo interior funcionando.
- **Flujo de energía:** Ya hemos hablado en el punto “el abuelo: las instalaciones de agua” de que el sistema VRF tiene menos conversiones de energía intermedias hasta llegar a enfriar/calentar el aire del local, por lo tanto, menos pérdidas.
- **Sin bombeo:** Al contrario que los sistemas aire-agua, los equipos VRF no necesitan bombas ya que el propio compresor hace circular el gas por la instalación, por lo tanto, un punto menos de consumo de energía. A veces se compara el COP o el EER de una enfriadora de agua con el de un equipo VRF y no se tiene en cuenta que la enfriadora de agua necesita elementos complementarios para funcionar como por ejemplo las bombas de agua.
- **Tienen la capacidad de controlar la cantidad de refrigerante que fluye a través del sistema.**
- **Cada unidad interior recibe únicamente la cantidad de refrigerante necesario para acondicionar el espacio al cual está sirviendo.**
- **A través de la tecnología inverter el motor del compresor varía su velocidad, incrementando o disminuyendo la capacidad requerida del sistema.**

### 1.2.7.2 Beneficios Que Presenta Un Sistema VRF

Eficiencia, confiabilidad y confort; son beneficios directos que se buscan para la óptima funcionalidad de un proyecto de climatización, los sistemas VRF brindan este tipo de beneficios entre otros que se mencionan y detallan a continuación junto con los ya mencionados:

Eficiencia:

- Bajo Consumo de energía (usa solo la energía necesaria).
- Baja corriente de arranque: En algunas tarifas eléctricas esta característica disminuye considerablemente los cargos por demanda.

Confiabilidad:

- Al ser modular permite alternar el uso de sus compresores, extendiendo su vida útil y garantizando tener disponibilidad sustitutiva cuando algún compresor se daña.

Baja corriente de arranque: En algunas tarifas eléctricas esta característica disminuye considerablemente los cargos por demanda.

Mayor Confort:

- Su tecnología Inverter le permite alcanzar la temperatura deseada en poco tiempo y mantenerla dentro de un rango mínimo de variación, sin percibir cambios drásticos de temperatura como sucede en los sistemas convencionales de operación encendido/apagado.
- Satisface los requerimientos de enfriamiento y calefacción en un amplio rango de condiciones exteriores.

Escalabilidad:

- Por su diseño modular, es posible elegir distintas combinaciones de condensadoras para alcanzar la capacidad deseada de acuerdo con las características del área a acondicionar (por niveles, por espacio disponible, por zonas, etc.), lo que lo hace un sistema flexible.

Fácil Instalación y Mantenimiento:

- Los sistemas VRF son equipos de alta tecnología, con componentes electrónicos que permiten el autodiagnóstico para su fácil programación de mantenimiento o reporte puntual del origen de la falla.
- Su instalación de tubería de cobre, soldadura y aislamiento, representan un proceso fácil de realizar por ser ya muy dominado por las empresas instaladoras de sistemas de AA.
- Su proceso de programación es altamente intuitivo y va guiando al programador de manera rápida y sencilla asegurando cada punto de revisión del proceso, garantizando la correcta configuración del sistema, dejándolo listo para operar.

### **1.2.7.3 Riesgos Que Presenta Un Sistema VRF**

EL sistema de climatización VRF podría presentar un inconveniente que no se suele tener en cuenta. Aunque el gas refrigerante normalmente R410A, no es tóxico, en caso de fuga se podría desplazar el aire de una habitación e inundar la misma con gas de forma que no tendríamos oxígeno para respirar y esto podría afectar nuestro sistema respiratorio en gran cantidad.

Por ello el Reglamento de Instalaciones frigoríficas establece un límite entre el gas total de la instalación y el recinto cerrado más pequeño (habitación), de forma que si se escapa todo el gas dentro de la habitación más pequeña no sea tanto que desplace todo el aire de la misma. Esto representa un problema ya que muchas veces esta restricción hace que no sea posible realizar la instalación, aunque existen soluciones basadas en la ventilación, unificación de espacios.

## **2. DESARROLLO Y ANALISIS DE EVALUACION DE CARGAS TERMICAS**

### **2.1 Comportamiento Del Aire**

#### **2.1.1 Sobre El Proyecto Y Condiciones A Evaluar**

Al momento de llevar a cabo un proyecto de climatización, es necesario el establecimiento de las condiciones exteriores e interiores a las cuales se enfrentan los equipos encargados de ellos y que ven su desempeño afectado por estas condiciones, para obtener estas condiciones se tiene que determinar el contenido del calor del aire, del exterior como del interior, ya que esa

diferencia de calor más el calor que ejercen los equipos sobre la estructura, afecta el área a climatizar si estas condiciones no se establecen correctamente.

Las condiciones exteriores, o bien derivadas en condiciones climatológicas dependen del comportamiento de las variables meteorológicas siguientes:

- Comportamiento de la lluvia
- Comportamiento de la temperatura
- Comportamiento de la humedad relativa
- Comportamiento de la radiación, luz solar y nubosidad
- Comportamiento del viento
- Comportamiento de la presión atmosférica
- Comportamiento temporal de las principales variables climáticas

Estas condiciones indicadas permiten el poder seleccionar la temperatura seca y la humedad relativa del ambiente exterior para diferentes tipos de aplicaciones. En la tabla 5 se muestra el promedio anual de temperatura y de humedad relativa.

<i>Departamentos</i>	<b>Temperatura Promedio Anual Máxima (C)</b>	<b>Temperatura Promedio Anual Mínima (C)</b>	<b>Humedad Relativa Promedio Anual (%)</b>
<i>Usulután</i>	30	18	86
<i>Ahuachapán</i>	32	20	84
<i>Cabañas</i>	37	23	78
<i>Chalatenango</i>	34	20	83
<i>La Unión</i>	37	25	75
<i>Morazán</i>	33	23	82
<i>San Miguel</i>	37	24	81
<i>San Vicente</i>	37	23	82
<i>San Salvador</i>	33	21	84
<i>Santa Ana</i>	33	21	81
<i>Sonsonate</i>	33	24	82
<i>La Libertad</i>	32	19	86
<i>La Paz</i>	34	23	85
<i>Cuscatlán</i>	33	21	87

Tabla 5. Promedio anual y temperatura relativa. (<http://www.snet.gob.sv/meteorologia/Perfiles.pdf>)

### **2.1.2 Concepto De Climatización**

La climatización es un proceso de tratamiento del aire que se efectúa a lo largo de todo el año, controlando en los espacios interiores la temperatura, la humedad, la pureza y velocidad del aire, para crear condiciones adecuadas para la comodidad del usuario y lograr el intercambio de aire a los espacios que no pueden ser ventilados de manera natural o que requieran condiciones especiales de temperatura controlada. En El Salvador solo se hace uso de la refrigeración o climatización de verano, ya que la temperatura es cálida durante todo el año.

### **2.1.3 Conceptos Básicos De Climatización**

**Aire:** El aire es un gas incoloro, insípido e inodoro, mezcla de diversos gases. Se divide en dos grupos: el aire seco y el aire húmedo. El seco es, naturalmente, el que carece de humedad; el húmedo, el que la tiene. El aire posee la propiedad de ser un transportador que puede llevar frío, calor, humo, vapor, suciedad, polvo, olores y también sonido. Se puede acondicionar de diferentes maneras, tales como: - Enfriándose. - Calentándose. - Quitando humedad. - Añadiendo humedad al seco o parcialmente seco. - Comprimiéndose.

**Temperatura:** La temperatura es la escala usada para medir la intensidad del calor, también puede definirse como el grado de calor sensible que tiene un cuerpo en comparación con otro. Hay dos escalas de temperaturas que son las más usadas en todo el mundo: Celsius y Fahrenheit. En la primera, el valor 0° queda marcado por el punto de congelación del agua, y el valor de 100° C corresponde al de ebullición (dependiendo de la presión atmosférica, ya que en altitudes superiores esta disminuye, por lo que el agua necesita temperaturas menores para entrar en ebullición). En la segunda, el punto de congelación corresponde a 32° y el de ebullición a 212°. En El Salvador se utiliza la escala de grados Centígrados (Celsius). La temperatura del aire es la primera variable a tomar en consideración en la comodidad. A menudo el calor o el frío percibido por las personas tiene más que ver con la sensación térmica que con la temperatura real, el cual es el resultado de la forma en que la piel percibe la temperatura de los objetos y de su entorno.

### 2.1.4 Temperatura y situación climática de El Salvador

El Salvador está situado en la parte exterior del cinturón de los Tópicos, es por ello que, durante el año, los cambios en las temperaturas son pequeños, en contraste a las lluvias que muestran grandes oscilaciones.

Las condiciones climáticas se presentan en dos épocas, la seca (de noviembre a marzo), en la cual ocurren las máximas temperaturas, específicamente en los meses de marzo y abril. La época lluviosa comprende los meses de mayo a octubre y entre la finalización de una e inicio de la otra existe periodo de transición con una duración aproximada de un mes.

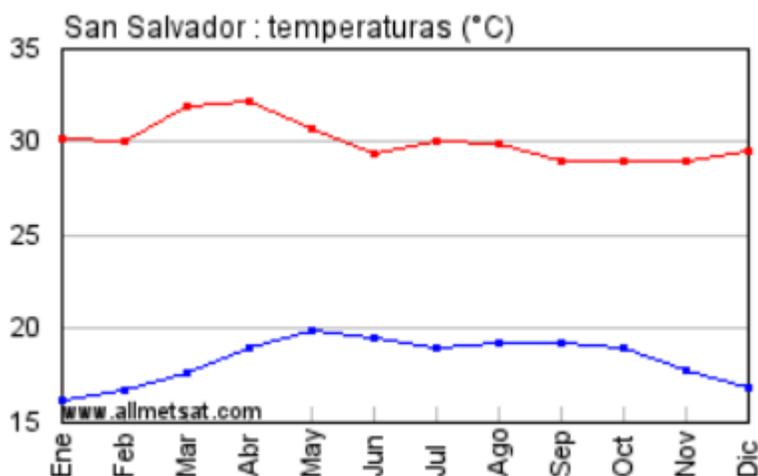


Fig. 5. Media mensual de las temperaturas mínimas y máximas diarias. (Imagen tomada de [www.allmetsat.com](http://www.allmetsat.com))

Los vientos en los trópicos poseen la característica particular es el ingreso de los “vientos alisios”, predominante procedentes del Noreste. Así mismo, el país presenta un buen desarrollo del sistema de brisas de mar en las planicies costeras, moviéndose hacia los valles y planicies internas después del mediodía. Específicamente en Centroamérica, predominan los vientos nortes que transportan masas de aire fresco hacia la región, provenientes del norte, generando los conocidos “vientos nortes”. El comportamiento de la lluvia en el país, es típicamente determinado por el desarrollo de las cantidades máximas de precipitación unas semanas después del paso del sol sobre el cenit (al mediodía el sol brilla perpendicularmente, no proyecta sombra).

El clima de El Salvador está clasificado en las siguientes zonas climáticas: Sabana tropical caliente o tierra caliente con elevaciones desde 0 a 800 metros sobre el nivel del mar; Sabana tropical calurosa o tierra templada con elevaciones desde 800 a 1200 metros sobre el nivel del mar y Tierras frías cuyas elevaciones van de 1200 a 2700 metros sobre el nivel del mar.

#### **2.1.4.1 Humedad Del Aire**

La tierra se encuentra rodeada de una capa de aire que es llamada atmósfera o aire atmosférico que la presión atmosférica sobre el nivel del mar es 760mmHg.

Según la psicrometría, la atmósfera baja es una mezcla de aire seco (incluyendo algunos agentes contaminantes) y vapor de agua, mejor conocido como humedad.

La composición del aire seco es comparativamente estable, puede variar según ubicación geográfica y estación del año.

La composición del aire seco en porcentajes de volumen

<i>Elemento</i>	<b>Porcentaje</b>
<i>Nitrógeno</i>	78,08
<i>Oxígeno</i>	20,95
<i>Argón</i>	0,93
<i>Dióxido de Carbono</i>	0,03
<i>Otros gases</i>	0,01

Tabla 6. Composición del aire.

La cantidad de vapor presente en el aire seco a una temperatura entre un rango de -17,8 a 37,8 °C varía desde 0,05 a 3 por ciento de la masa. Esto tiene una influencia significativa en las características del aire seco.

#### **2.1.4.2 Temperatura del aire**

##### **2.1.4.2.1 Temperatura y escalas de temperatura.**

La temperatura de una sustancia es la medida de cuán fría o caliente se encuentra ésta. Se dice que dos cuerpos se encuentran a una misma temperatura si no se observa ningún cambio en sus características térmicas al ponerlos en contacto.

Existen varias escalas usadas comúnmente para medir la temperatura de varias sustancias. En la figura siguiente se observan de modo gráfico sus equivalencias.

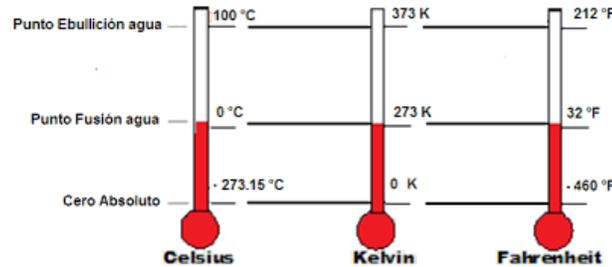


Fig. 6. Escalas comunes de temperatura.

En el sistema internacional, a una presión atmosférica estándar de 101,325 P.a. (14,697 psi), la escala Celsius tiene un punto de solidificación a 0 °C (32 °F), y un punto de evaporación a 100 °C (212 °F). Para el punto triple, con una presión de 611,2 P.a. (0,08864 psi), la magnitud de la escala Celsius es de 0,01 °C (32,018 °F). La conversión de la escala Celsius a la escala Fahrenheit se realiza de la siguiente manera:

$$^{\circ} F = 1,8(^{\circ} C) + 32$$

### 2.1.4.3 Humedad y Grado de humedad.

El grado de humedad del aire  $w$  es la relación que hay entre la masa de vapor  $m_w$  y la masa del aire seco  $m_a$  contenida en la mezcla de aire húmedo.

Puede ser calculado de la forma:  $w = \frac{m_w}{m_a}$

En vista que tanto el aire como el vapor ocupan el mismo volumen y están a la misma temperatura, se pueden aplicar a esta expresión las ecuaciones de gas ideal y leyes de Dalton para cada uno de los distintos componentes y así se vuelve a escribir la relación de la siguiente forma:

$$w \frac{m_w}{m_a} = \frac{P_w V R_a T_R}{P_a V R_w T_R} = \frac{R_a}{R_w} \frac{P_w}{P_{at} - P_w} = \frac{53,352}{85,778} \frac{P_w}{P_{at} - P_w} = 0,62198 \frac{P_w}{P_{at} - P_w}$$

Donde  $R_a$  y  $R_w$  son las constantes de los gases para el aire seco y agua respectivamente en  $[J/(kg \cdot K)]$ .

#### 2.1.4.3.1 Humedad relativa.

La humedad relativa  $\varphi$  del aire, o Hr., se define como la relación de la fracción molar del vapor de agua  $X_w$  en una muestra de aire húmedo, con la fracción molar del vapor de agua en una muestra de aire con vapor saturado  $X_{ws}$  a la misma presión y temperatura. Esta relación se puede escribir como:

$$\varphi = \frac{X_w}{X_{ws}}$$

Y por definición, las siguientes expresiones se pueden escribir de la forma:

$$X_w = \frac{n_w}{n_a + n_w}$$
$$X_{ws} = \frac{n_{ws}}{n_a + n_{ws}}$$

Donde

$n_a$  = número moles de aire seco, mol

$n_w$  = número de moles de vapor de agua en una muestra de aire húmedo, mol

$n_{ws}$  = número de moles de vapor de agua por partes de aire con vapor saturado, mol

El aire húmedo es una mezcla de aire seco y vapor de agua; en tal sentido se consiguió que la suma de las fracciones molares de vapor de agua y de aire seco da como resultado uno, lo que implica:

$$\chi_a + \chi_w = 1$$

#### 2.1.4.3.2 Propiedades del aire húmedo

##### Entalpía.

La diferencia específica de entalpía  $\Delta h$  para un gas ideal en KJ/kg, a una presión constante se define por:

$$\Delta h = C_p (T_1 - T_2)$$

donde

$C_p$  = Calor específico a una presión constante, kJ/(kg·K)

$T_1, T_2$  = Temperatura del gas ideal en las etapas 1 y 2, °C

Como el aire húmedo es prácticamente una mezcla binaria de aire seco y vapor de agua, la entalpía del vapor de agua puede ser considerada como

$$h = h_a + H w$$

donde  $h_a$  y  $Hw$  son, respectivamente las entalpías del aire seco y del vapor de agua en (kJ/kg).

Las siguientes afirmaciones se realizan para calcular la entalpía del aire húmedo:

1. Las ecuaciones de gas ideal y las leyes de Gibbs-Dalton son válidas
2. La entalpía del aire seco es igual a cero a  $-17,8^\circ\text{C}$
3. Todo el vapor de agua contenido en el aire húmedo se vaporiza a  $-17,8^\circ\text{C}$
4. La entalpía del vapor saturado a  $-17,8^\circ\text{C}$  es 2468 kJ/kg
5. Para la conveniencia de cálculo, se puede considerar la entalpía del aire húmedo como una mezcla de aire seco y vapor de agua en donde la cantidad de aire seco es exactamente 0,454 kg (1 lb).

En base a estas consideraciones, la entalpía del aire húmedo

$$h = h_a + wh_w$$

Donde

$h_w$  = entalpía específica del vapor de agua, kJ/kg.

En un rango de temperatura entre  $-17,8$  a  $37,8^\circ\text{C}$  el valor del calor específico para el aire seco es de 1,005 kJ/(kg·K). Entonces la entalpía específica del aire seco  $h_a$  se puede escribir como:

$$h_a = C_{pd} T = 1,005 \cdot T$$

Donde.

$C_{pd}$  = calor específico del aire seco a presión constante, (kJ/kg·K)

$T$  = temperatura del aire seco, °C

La entalpía específica del vapor de agua  $h_w$ , a una presión constante es aproximadamente:

$$h_w = h_{g0} + C_{ps} T$$

Donde

$h_{g0}$  = entalpía específica del vapor de agua a -17,8 °C, se puede asumir este valor como 2468 kJ/kg

$C_{ps}$  = calor específico del vapor de agua a presión constante, (kJ/kg·K)

Dentro de un rango de temperatura comprendido entre -17,8 y 37,8 °C se puede considerar que el valor de esta entalpía es de 1,859 kJ/kg·K. Con lo cual la entalpía del aire húmedo se puede escribir como:

$$h = C_{pd} T + w(h_{g0} + C_{ps} T)$$
$$h = 1,005 \cdot T + w \cdot (2468 + 1,859 \cdot T)$$

La unidad de trabajo que se considera se escribe como *kJ/kg aire seco*, pero por simplificación se denota simplemente como *kJ/kg*.

### 2.1.5 Movimiento Del Aire

En los sistemas de aire acondicionado es necesaria la capacidad de refrigeración y de limpieza del aire, pero si no se realiza una distribución correcta y un movimiento eficaz del aire, no se habrá cumplido el objetivo del acondicionamiento. El movimiento del aire depende de la cantidad que circula y de la dirección en la cual se expulsa; ambos se determinan por el tipo de distribución de aire que se utilice, que puede ser directamente desde el equipo o a través de ductos para poder mantener uniforme la circulación y retorno del sistema de climatización ambiental. El movimiento del aire conduce de una forma definitiva a la sensación de confort. El

sistema en que se expresa el movimiento es en m/s (metro/segundo) y se mide con diversos tipos de anemómetros. La circulación lenta del aire, provoca una sensación de encierro y velocidades excesivas producen sensaciones molestas.

### **2.1.6 Pureza Y Contaminación Del Aire**

La pureza o calidad del aire es controlada mediante la eliminación de partículas contaminantes, de polvo, gérmenes y olores indeseables por medio de filtros u otros dispositivos purificadores. El aire de una ciudad, en condiciones normales, contiene millones de partículas de polvo, polen, humo, vapores y químicos; sus partículas son demasiado pequeñas por lo tanto los sistemas de aire acondicionado cuentan con los filtros necesarios para retener dichas partículas generando la importancia de la limpieza del aire para la salud y para mantener confortable un espacio. La renovación del aire elimina los olores desagradables, humos y vapores, contribuyendo a la mejora del ambiente.

### **2.2 Niveles De Ruido**

Los equipos de aire acondicionado y de ventilación mecánica por su naturaleza producen ruido el cual debe ser controlado, existen niveles de ruidos recomendados que no deberían de ser sobrepasados, para no causar daños al oído. Para un verdadero bienestar en el entorno hay varias necesidades básicas, una de ellas es el silencio, por lo que el control de ruido es importante ya que este es un factor negativo y contaminante, causante de molestias y trastornos fisiológicos. La elección del equipo, con su ventilador y motor, es uno de los puntos más importantes que tiene que resolver el técnico encargado de la elección de acondicionamiento ya que producen ruidos molestos que interfieran con las actividades del usuario.

### **2.3 Presión**

La presión es la fuerza ejercida en una unidad de área. Puede describirse como la medida de intensidad de una fuerza en un punto cualquiera sobre la superficie de contacto. En los sistemas de aire acondicionado, se mide mediante un conjunto de aparatos denominados manómetros. Estos han sido diseñados para medir presiones superiores a la presión atmosférica. Los manómetros están calibrados para que el cero coincida con la presión normal. Las presiones indicadas por los manómetros reciben el nombre de presiones manométricas; un manómetro

mide la diferencia de presión entre la presión total del fluido contenido en un recipiente y la presión atmosférica.

Dentro del circuito de refrigeración de aire acondicionado el fluido (refrigerante) está sometido a cambios de presión, una parte del circuito a alta presión y otra a baja presión; la parte correspondiente a la alta presión está comprendida entre la descarga del compresor y la entrada del dispositivo de expansión la cual es medida por un manómetro, la parte que corresponde a la baja presión, es la comprendida entre la salida del dispositivo de expansión y la entrada del compresor; la instalación dispone de un manómetro de baja presión para conocer su valor.

## **2.4 Convección**

La convección puede entenderse como un proceso de climatización, porque el trabajo de la misma es calentar el aire; este proceso se da de forma natural en nuestro planeta, pero también podemos encontrarlo artificialmente a través de equipos de aire acondicionado. La convección es una de las tres formas principales de transmitir calor de manera natural, el sol se encarga de calentar las aguas, las mismas, luego de absorber dicho calor, cambian rápidamente de estado, de líquido a gaseoso tomando la forma de vapor. De esta forma se realiza un proceso de climatización natural, para poder llevar a cabo un proceso de climatización dentro de un espacio es necesario realizar una convección forzada, en el caso de los países que tienen clima frío se realiza este proceso absorbiendo el aire, filtrándolo y luego insertándolo nuevamente al entorno a mayor temperatura; en climas cálidos se encarga de hacer todo lo contrario, es decir, absorber el aire caliente, filtrarlo e introducirlo nuevamente al espacio pero a una menor temperatura. Este proceso de convección puede ser controlado manualmente por el usuario; es decir, a qué temperatura debe permanecer el aire climatizado dentro de un espacio.

## **2.5 Evaporación**

La evaporación es un proceso por el cual una sustancia en estado líquido pasa al estado gaseoso. Lo que hace el equipo de aire acondicionado es evaporar el aire que contiene alto grado de calor, convirtiéndolo a estado gaseoso mediante el proceso de evaporación, con el fin de introducirlo nuevamente en el espacio a menor temperatura.

## **2.6 Radiación**

La radiación es un proceso por el cual se transmite el calor desde una fuente termógena ya sea el sol, fuego, etc., hasta otro objeto mediante la emisión de rayos calóricos. El principio se basa en que el calor se transmite en el sentido de superficie caliente a superficie fría. La radiación es un proceso independiente de la convección, que no necesita movimiento alguno del aire para realizar la transferencia de calor ni se ve afectada por la temperatura del aire, aunque sí por las superficies circundantes. El cuerpo experimenta rápidamente los efectos de la radiación solar cuando pasa de una zona oscura a otra iluminada. De la misma forma que el calor por radiación del sol o del fuego.

## **2.7 CALCULO DE CARGA TÉRMICA**

### **2.7.1 Coeficientes De Carga Sensible.**

Para el cálculo de cargas térmicas sensibles, se utilizará una serie de tablas en las cuales se tomará según convenga un valor para la constante de transferencia de calor, estas constantes se pueden calcular, o se pueden utilizar valores de tabla ya establecidos, a continuación, detalle de las tablas que se utilizaran para el proyecto de evaluación de cargas térmicas sensibles.

#### **2.7.1.1 Descripción de las tablas**

#### **2.7.1.2 Tipos de vidrio o dispositivo de sombra**

En esta tabla nos brinda el coeficiente de absorción, reflexión y transmisión de los diferentes tipos de vidrios, en los cuales se pueden usar para edificación de paredes, puertas y ventanas. Los vidrios utilizados en ventanas o paredes se le aplica lo que es el factor de sol siempre cuando sea para dispositivo de sombra combinado con vidrio ordinario.

TIPOS DE VIDRIO O DISPOSITIVOS DE SOMBRA *	COEFICIENTES			FACTOR SOLAR **	
	Absorción (a)	Reflexión (r)	Transmisión (t)		
Vidrio ordinario	0.06	0.08	0.86	1	
Placa regular 0,65mm	0.15	0.08	0.77	0.94	
Vidrio absorbente termico	según fabricante	0.05	(1-0,5-a)	--	
Persiana Veneciana, color claro	0.37	0.51	0.12	0.56	***
,color medio	0.58	0.39	0.03	0.65	***
,color obscuro	0.72	0.27	0.01	0.75	
Tela de fibra de vidrio blanquecina (5,72 - 61/68)	0.05	0.60	0.35	0.48	***
tela de algodón, deige (6,18 - 91/32)	0.26	0.51	0.23	0.56	***
Tela de fibra de vidrio, gris claro	0.3	0.47	0.23	0.59	***
Tela de fibra de vidrio, color canela (7,55 - 57/29)	0.44	0.42	0.14	0.64	***
Tela de vidrio blanca con franjas doradas	0.05	0.41	0.54	0.65	***
Tela de fibra de vidrio, gris obscura	0.6	0.29	0.11	0.75	***
Tela Decoralon blanca, (1,8 - 86/81)	0.02	0.28	0.7	0.76	***
Tela de algodón, gris obscura con revestimiento de vinilo (análogo al estator)	0.85	0,15	0	0.88	***
Tela de algodón, gris obscura (6,06-91/36)	0.02	0.28	0.7	0.76	***
* LOS FACTORES CORRESPONDIENTES A LAS DIVERSAS CORTINAS SERAN SOLO A TITULO DE GUIA, YA QUE EL					
** COMPARADO CON EL VIDRIO ORDINARIO					
*** PARA DISPOSITIVO DE SOMBRA COMBINADO CON VIDRIO ORDINARIO					

Tabla 7. Escalas comunes de temperatura.

### 2.7.1.3 Diferencia equivalente de temperatura (°C)

Esta tabla nos ayuda en muros de color oscuro, a 35°C de temperatura exterior, 27°C de temperatura interior, 11 °C de temperatura exterior en 24 h. de la tabla utilizamos la orientación del muro y el peso por kilogramo sobre metro cuadrado en la que no ubicamos en el promedio correspondiente.

ORIENTACION	PESO DEL MURO *** (kg/m <sup>2</sup> )	HORA SOLAR																												
		MAÑANA												TARDE												MAÑANA				
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5					
NE	100	2.5	8.3	12.2	12.8	13.3	10.6	7.6	7.2	6.7	7.2	7.8	7.8	7.8	6.7	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0	-1.1	-1.7	-2.2	-1.1					
	300	-0.5	-1.1	-1.1	2.8	13.3	12.2	11.1	8.3	5.5	6.1	6.7	7.2	7.8	7.2	6.7	6.1	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0.5	0	-0.5					
	500	2.2	1.7	2.8	2.2	2.2	5.5	8.9	8.3	7.8	6.7	5.5	6.1	6.7	6.7	6.7	6.1	5.5	5	4.4	3.9	3.3	3.3	2.8	2.8					
	700	2.8	2.8	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	5.5	7.8	8.9	7.8	6.7	5.5	5.4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5	5	4.4	3.9	3.9					
E	100	0.5	9.4	16.7	18.3	20	19.4	17.8	11.1	6.7	7.2	7.8	7.8	7.8	6.7	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0	-0.5	-1.1	-1.7	-1.7					
	300	-0.5	-0.5	0	11.7	16.7	17.2	17.2	16.6	7.8	7.2	6.7	7.2	7.8	7.2	6.7	6.1	5.5	4.4	2.8	2.2	3.7	0.5	0.5	0					
	500	2.8	2.8	3.3	4.4	7.8	11.1	13.3	13.9	13.3	11.1	10	8.9	7.8	7.8	7.2	6.7	6.1	6.5	5	4.4	3.9	3.9	3.9	3.3					
	700	6.1	5.5	5.5	5.5	4.4	5	5.1	8.3	10	10.6	10	9.4	8.9	7.8	6.7	7.2	7.8	7.8	7.8	7.2	7.3	6.7	6.7	6.7					
SE	100	5.5	3.3	7.2	10.6	14.4	15	15.6	14.4	13.3	10.6	8.9	8.3	7.8	6.7	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0	-0.5	-0.5	-1.1	-1.1					
	300	0.5	0.5	0	7.2	11.1	13.3	15.6	14.4	13.9	11.7	10	8.3	7.2	6.7	6.1	5.5	4.4	3.3	2.8	2.2	1.7	1.7	1.1						
	500	3.9	3.9	3.3	3.3	3.3	6.1	8.9	9.4	10	10.6	10	9.4	7.8	7.2	6.7	6.1	5.5	5.5	5.5	5	5	4.4	4.4	3.9					
	700	5	4.4	4.4	4.3	4.4	3.9	3.3	6.1	7.8	8.3	8.9	10	8.9	8.3	7.8	7.2	6.7	6.7	6.7	6.1	6.1	5.5	5.5	5					
SE	100	-0.5	-1.1	-2.2	0.5	2.2	7.8	12.2	15	16.7	15.6	14.4	11.1	8.9	6.7	5.5	3.9	3.3	1.7	1.1	0.5	0.5	0	0	-0.5					
	300	-0.5	-1.7	-2.2	-1.7	-1.1	3.9	6.7	11.1	13.3	13.9	14.4	12.8	11.1	8.3	6.7	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0.5	0.5	0	-0.5					
	500	2.2	2.2	1.1	1.1	1.1	1.7	2.2	4.4	6.7	8.3	8.9	10	10	8.3	7.8	6.1	5.5	5	4.4	4.4	3.9	3.3	3.3	2.8					
	700	3.9	3.3	3.3	2.8	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	3.9	5.5	7.2	7.8	8.3	8.9	8.9	7.8	6.7	5.5	5.5	5	5	4.4	3.9					
SO	100	-1.1	-2.2	-2.2	-1.1	0	2.2	3.3	10.6	14.4	18.9	22.2	22.8	23.3	16.7	13.3	6.7	3.3	2.2	1.1	0.5	0.5	0	-0.5	-0.5					
	300	0.5	0.5	0	0	0	0.5	1.1	4.4	6.7	13.3	17.8	19.4	20	19.4	18.9	11.1	5.5	3.9	3.3	2.8	2.2	2.2	1.7	1.7					
	500	3.9	2.8	3.3	2.8	2.2	2.8	3.3	3.9	4.4	6.7	7.8	10.6	12.2	12.8	13.3	12.8	12.2	8.3	5.5	5.5	5	5	4.4	3.9					
	700	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	3.9	3.3	3.3	3.3	3.9	4.4	5	5.5	8.3	10	10.6	11.1	7.2	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4					
O	100	-1.1	-1.7	-2.2	-1.1	0	1.7	3.3	7.8	11.1	17.8	22.2	25	26.7	18.9	12.2	7.8	4.4	2.8	1.1	0.5	0	0	-0.5	-0.5					
	300	1.1	0.5	0	0	0	1.1	2.2	3.9	5.5	10.6	14.1	18.9	22.2	22.8	20	15.6	8.9	5.5	3.3	2.8	2.2	1.7	1.7						
	500	3.9	3.9	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.9	4.4	5.5	6.7	9.4	11.1	13.9	15.6	15	14.4	10.6	7.8	6.7	6.1	5.5	5.5	4.4					
	700	6.7	6.1	5.5	5	4.4	4.4	4.4	5	5.5	5.5	5.5	6.1	6.7	7.8	8.9	11.7	12.2	12.8	12.2	11.1	10	8.9	8.3	7.2					
NO	100	-1.7	-2.2	-2.2	-1.1	0	1.7	3.3	5.5	6.7	10.6	13.3	18.3	22.2	20.6	18.9	10	3.3	2.2	1.1	0	-0.5	-0.5	-1.1	-1.1					
	300	-1.1	-1.7	-2.2	-1.7	-1.1	0	1.1	3.3	4.4	5.5	6.7	11.7	16.7	17.2	17.8	11.7	6.7	4.4	3.3	2.2	1.7	0.5	0	-0.5					
	500	2.8	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.8	3.3	5	6.7	9.4	11.1	11.7	12.2	7.8	4.4	3.9	3.9	3.3	3.3	2.8					
	700	4.4	3.9	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.9	4.4	5	5.5	7.8	10	10.6	11.1	8.9	7.2	6.1	5.5	5.0					
N (EN LA SOMBRA)	100	-1.7	-1.7	-2.2	-1.7	-1.1	0.5	2.2	4.4	5.5	6.7	7.8	7.2	6.7	5.4	4.4	3.3	2.2	1.1	0	0	-0.5	-0.5	-1.1	-1.1					
	300	-1.7	-1.7	-2.2	-1.7	-1.1	-0.5	0	1.7	3.3	4.4	5.5	6.1	6.7	6.7	6.7	5.5	4.4	3.3	2.2	1.1	0.5	0	-0.5	-1.1					
	500	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0.5	1.1	1.7	2.2	2.8	2.8	2.8	4.4	3.9	3.3	2.8	2.2	1.7	1.7	1.1	1.1	0.5					
	700	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1.1	1.7	2.2	2.8	3.3	3.9	4.4	3.9	3.3	2.2	1.7	1.1	1.1	0.5					
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5					
		MAÑANA												TARDE												MAÑANA				
		HORA SOLAR																												

Tabla 8. Diferencia equivalente de temperatura en muros.

2.7.1.4 Diferencia equivalente de temperatura (°C) techo soleado o en sombra.

CONDICIONES	PESO DEL TECHO Kg/m <sup>2</sup>	HORA SOLAR																							
		MAÑANA												TARDE											
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
SOLEADO	50	2.2	3.3	3.9	2.8	0.5	3.9	8.3	13.3	17.8	21.1	23.9	25.6	25	22.8	19.4	15.6	12.2	8.9	5.5					
	100	0	0.5	1.1	0.5	1.1	5	8.9	12.6	16.7	20	22.8	23.9	23.9	22.2	19.4	16.7	13.9	11.1	8.3					
	200	2.2	1.7	1.1	1.7	3.3	5.5	8.9	12.8	15.6	18.3	21.1	22.2	22.8	21.7	19.4	17.6	15.6	13.8	11.1					
	300	5	4.4	3.3	3.9	4.4	6.1	8.9	12.2	15	17.2	19.4	21.8	21.7	21.1	20	18.9	17.6	15.6	13.9					
	400	7.2	6.7	6.1	6.1	6.7	7.2	8.9	12.2	14.4	15.6	8.9	19.4	20.6	20.6	19.4	18.9	18.9	17.8	16.7					
Cubierto de agua	100	2.8	1.1	0	1.1	2.2	5.5	8.9	10.6	12.2	11.1	8.3	8.9	7.8	6.7	5.5	3.3	18.9	0.5	0.5					
	200	1.7	1.1	0.5	0.5	0	2.8	5.5	7.2	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	7.8	6.7	5.5	1.1	2.8	1.7					
	300	0.5	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	2.8	3.9	5.5	6.7	8.3	8.3	8.3	8.9	8.3	7.8	6.7	3.9	4.4	3.3				
Rociado	100	2.2	1.1	0	1.1	2.2	4.4	6.7	8.3	10.8	9.4	7.8	8.3	7.8	6.7	5.5	3.3	5.5	0.5	0					
	200	1.1	1.1	0.5	1.1	0	1.1	2.8	5	7.2	7.8	6.7	7.6	7.8	7.2	6.7	5	1.1	2.8	1.7					
	300	0.5	1.1	1.1	1.7	1.1	0	1.1	2.8	4.4	5.5	7.8	7.2	7.8	7.2	6.7	6.1	3.9	4.4	3.3					
(en la sombra)	100	2.8	2.8	2.2	1.1	1.1	1.1	3.3	5	6.7	7.2	6.7	7.2	6.7	5.5	4.4	2.8	5.5	0.5	0					
	200	2.8	2.8	2.2	1.1	1.7	0	1.1	2.8	4.4	5.5	4.4	7.2	6.7	6.1	5.5	4.4	1.1	2.2	1.1					
	300	1.7	2.7	1.1	1.7	1.1	0.5	0	1.1	2.2	3.3	6.7	5	6.5	5.5	5.5	5	3.3	3.3	2.2					

Tabla 9. Diferencia equivalente de temperatura en techo soleado o sombra.

### 2.7.1.5 Coeficientes De Transmisión Global K. Muros De Mampostería\*, verano- invierno

Este coeficiente expresado en kcal/h\*m<sup>2</sup>\*°C, indica la cantidad de calor intercambiada en una hora a través de una pared, por m<sup>2</sup> de superficie y por °C de diferencia entre las temperaturas del aire que baña sus caras interior y exterior.

Estos coeficientes se pueden aplicar sin ninguna corrección en la mayoría de los casos, tanto en verano como invierno.

TABLA 21. COEFICIENTES DE TRANSMISION GLOBAL K. MUROS DE MANPOSTERIA*												
VERANO - INVIERNO												
kcal/h*m <sup>2</sup> *°C												
LOS NUMEROS ENTRE PARENTESIS CORRESPONDEN A PESOS POR M2 ES IGUAL A LA SUMA DE LOS VALORES CORRESPONDIENTES AL MURO Y AL REVESTIMIENTO.												
TIPO DE CONSTRUCCION	ESPESOR (cm) y peso (kg*/m <sup>2</sup> )	REVESTIMIENTO INTERIOR										
		NINGUNO	Revoque de yeso 10mm (10)	Enlucido 15mm		Entramado metalico sobre forro		Yeso 10mm o entramado madera sobre forro		Panel aislante sin enlucido o con enlucido sobre forro		
				De arena (30)	Lijero (15)	Enlucido de arena 20mm (35)	enlucido lijero 20mm (15)	Enlucido de arena 12mm (35)	enlucido lijero 12mm (10)	Panel de 12mm (10)	Panel de 25mm (20)	
<b>LADRILLO MACIZO</b> 	20 (425)	2.34	2	2.2	2	1.51	1.37	1.42	1.32	1.07	0.78	
	30 (600)	1.71	1.52	1.61	1.46	1.22	1.12	1.12	1.07	0.93	0.68	
	40 (846)	1.32	1.22	1.27	1.22	1.02	0.93	0.98	0.93	0.78	0.59	
	20 (391)	2	1.76	1.9	1.71	1.37	1.27	1.27	1.22	1.02	0.73	
	30 (586)	1.51	1.37	1.46	1.32	1.12	1.07	1.07	1.02	0.88	0.68	
	40 (781)	1.22	1.12	1.17	1.12	0.93	0.88	0.88	0.88	0.78	0.59	
<b>ADOQUINES</b> 	20 (485)	3.27	2.68	3.07	2.59	1.9	1.66	1.71	1.56	1.27	0.88	
	30 (732)	2.68	2.29	2.54	2.25	1.66	1.51	1.51	1.42	1.17	0.83	
	40 (976)	2.29	2	2.2	1.95	1.51	1.37	1.37	1.32	1.07	0.78	
	60 (1466)	1.76	1.56	1.71	1.56	1.27	1.17	1.17	1.12	0.93	0.73	
	20 (127)	1.66	1.46	1.56	1.46	1.22	1.12	1.12	1.07	0.88	0.56	
	30 (195)	1.22	1.12	1.17	1.12	0.88	0.88	0.88	0.88	0.73	0.68	
<b>ADOBE O LADRILLO</b> 	15 (342)	3.66	2.68	3.37	2.83	2	1.76	1.81	1.66	1.32	0.88	
	20 (454)	3.27	2.39	3.07	2.59	1.9	1.66	1.71	1.56	1.27	0.83	
	25 (571)	2.98	2.15	2.78	2.39	1.76	1.56	1.61	1.51	1.22	0.83	
	30 (683)	2.68	1.95	2.54	2.2	1.66	1.51	1.51	1.42	1.17	0.78	
	15 (195)	1.51	1.37	1.46	1.32	1.12	1.02	1.07	1.02	0.88	0.68	
	20 (259)	1.22	1.12	1.17	1.12	0.93	0.88	0.88	0.88	0.78	0.59	
	25 (322)	1.02	0.93	0.98	0.93	0.83	0.78	0.73	0.68	0.68	0.54	
	30 (146)	0.88	0.83	0.83	0.73	0.73	0.68	0.68	0.68	0.59	0.49	
	15 (73)	0.63	0.63	0.63	0.63	0.59	0.54	0.54	0.54	0.63	0.44	
	20 (97)	0.49	0.49	0.49	0.49	0.44	0.44	0.44	0.44	0.49	0.34	
	25 (122)	0.39	0.39	0.39	0.39	0.34	0.34	0.39	0.34	0.39	0.29	
	30 (146)	0.34	0.34	0.34	0.34	0.29	0.34	0.29	0.29	0.34	0.29	
<b>HORMIGÓN VERTIDO</b> 	15 (342)	3.66	2.68	3.37	2.83	2	1.76	1.81	1.66	1.32	0.88	
	20 (454)	3.27	2.39	3.07	2.59	1.9	1.66	1.71	1.56	1.27	0.83	
	25 (571)	2.98	2.15	2.78	2.39	1.76	1.56	1.61	1.51	1.22	0.83	
	30 (683)	2.68	1.95	2.54	2.2	1.66	1.51	1.51	1.42	1.17	0.78	
	15 (195)	1.51	1.37	1.46	1.32	1.12	1.02	1.07	1.02	0.88	0.68	
	20 (259)	1.22	1.12	1.17	1.12	0.93	0.88	0.88	0.88	0.78	0.59	
	25 (322)	1.02	0.93	0.98	0.93	0.83	0.78	0.73	0.68	0.68	0.54	
	30 (146)	0.88	0.83	0.83	0.73	0.73	0.68	0.68	0.68	0.59	0.49	
	15 (73)	0.63	0.63	0.63	0.63	0.59	0.54	0.54	0.54	0.63	0.44	
	20 (97)	0.49	0.49	0.49	0.49	0.44	0.44	0.44	0.44	0.49	0.34	
	25 (122)	0.39	0.39	0.39	0.39	0.34	0.34	0.39	0.34	0.39	0.29	
	30 (146)	0.34	0.34	0.34	0.34	0.29	0.34	0.29	0.29	0.34	0.29	
<b>AGROMERADO HUECO</b> 	20 (210)	2.54	2.15	2.34	2.1	1.61	1.42	1.46	1.37	1.12	0.83	
	30 (307)	2.29	2	2.2	1.95	1.51	1.37	1.37	1.32	1.07	0.76	
	20 (180)	1.9	1.71	1.81	1.66	1.32	1.22	1.22	1.17	0.98	0.73	
	30 (259)	1.76	1.61	1.71	1.56	1.27	1.17	1.12	1.12	0.93	0.73	
	20 (156)	1.71	1.56	1.66	1.51	1.27	1.12	1.17	1.07	0.93	0.73	
	30 (200)	1.56	1.42	1.51	1.37	1.17	1.07	1.07	1.02	0.88	0.68	
	<b>ESCAJOLA SOBRE LADRILLO HUECO</b> 	20 (190)	1.76	1.56	1.66	1.56	1.27	1.17	1.17	1.12	0.93	0.73
		25 (216)	1.56	1.42	1.51	1.37	1.12	1.07	1.07	1.02	0.88	0.68
		30 (239)	1.42	1.32	1.37	1.27	1.07	0.98	1.02	0.98	0.83	0.63
		20 (190)	1.76	1.56	1.66	1.56	1.27	1.17	1.17	1.12	0.93	0.73

Tabla 10. Diferencia entre las temperaturas del aire que baña sus caras interior y exterior.

Ecuaciones para utilización de coeficientes de transmisión global K. muros De Mampostería\*,  
verano- invierno

- Ganancias, kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) x coeficiente k x (diferencia de temperatura, tabla 19).
- Perdidas, kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) x coeficiente k x (Temperatura interior – temperatura exterior).
- 

\*En el caso de que estos tipos de construcción sean completados por un aislamiento o una capa o lámina de aire, véase tabla 31.

**Mampostería**, se conoce como el sistema tradicional de construcción que consiste en erigir muros y paramentos, para diversos fines, mediante la colocación manual de los elementos o los materiales que los componen (denominados mampuestos) que pueden ser ladrillos, bloques de cemento prefabricados, piedras talladas

### 2.7.1.6 Coeficiente De Transmisión Global K – Muros De Albañilería Con Paramento \*, verano -invierno

VERANO - INVIERNO kcal/h*m <sup>2</sup> *C													
LOS NUMEROS ENTRE PARENTESIS CORRESPONDEN A PESOS POR M2. EL PESO TOTAL POR METRO CUADRADO ES IGUAL A LA SUMA DE LOS VALORES CORRESPONDIENTES AL MURO Y AL REVESTIMIENTO.													
TIPO DE CONSTRUCCION	CONSTITUCION DEL MURO	ESPESOR (cm) y peso (kg*/m <sup>2</sup> )	REVESTIMIENTO INTERIOR										
			NINGUNO	yeso (10)	Enlucido 15mm		Entramado metalico sobre forro		Yeso 10mm o entramado madera sobre forro		Panel aislante sin enlucido o con enlucido sobre forro		
					De arena (30)	Lijero (15)	Enlucido de arena 20mm (35)	enlucido lijero 20mm (15)	Enlucido de arena 12mm (35)	enlucido lijero 12mm (10)	Panel de 12mm (10)	Panel de 25mm (20)	
 Ladrillo de paramento 10 cm (215) o Adoquín 10 cm (250) o Paneles prefabricados (hormigón o arena) 10 y 15 cm (190) y (290)	Aglomerado escorias	10 (97)	2.00	1.81	1.90	1.71	1.37	1.27	1.27	1.27	1.22	1.02	0.78
		20 (180)	1.61	1.46	1.56	1.42	1.17	1.07	1.12	1.02	1.02	0.88	0.68
		30 (258)	1.51	1.42	1.46	1.37	1.12	1.02	1.07	1.02	1.02	0.88	0.68
	(Ligero)	10 (83)	1.71	1.56	1.66	1.51	1.22	1.12	1.17	1.07	0.93	0.73	
		20 (156)	1.46	1.37	1.42	1.32	1.12	1.02	1.02	0.98	0.83	0.68	
		30 (209)	1.37	1.27	1.32	1.22	1.02	0.98	0.98	0.93	0.83	0.63	
	(Arena y grava)	10 (112)	2.39	2.15	2.25	2.00	1.56	1.42	1.42	1.32	1.07	0.83	
		20 (209)	2.00	1.81	1.91	1.71	1.37	1.27	1.27	1.22	1.02	0.78	
		30 (307)	1.85	1.71	1.81	1.61	1.32	1.22	1.22	1.17	0.98	0.73	
	Ladrillo hueco	10 (78)	2	1.81	1.9	1.71	1.37	1.27	1.27	1.22	1.02	0.78	
		20 (146)	1.51	1.42	1.46	1.37	1.12	1.07	1.07	1.02	0.88	0.68	
		30 (195)	1.27	1.22	1.22	1.17	0.98	0.93	0.93	0.88	0.78	0.63	
	Hormigon ligero 1300 kg/m3	10 (126)	1.71	1.51	1.66	1.51	1.22	1.12	1.17	1.07	0.93	0.73	
		15 (195)	1.32	1.22	1.32	1.22	1.02	0.98	0.98	0.98	0.78	0.63	
		20 (263)	1.07	1.02	1.07	1.02	0.88	0.83	0.83	0.78	0.68	0.59	
	(Arena y grava)	10 (229)	2.93	2.59	2.73	2.39	1.76	1.56	1.61	1.51	1.22	0.88	
		15 (341)	2.68	2.39	2.54	2.2	1.66	1.51	1.56	1.42	1.17	0.83	
		20 (463)	2.49	2.2	2.34	2.05	1.56	1.42	1.46	1.37	1.12	0.83	
Ladrillo ordinario	10 (195)	2.39	2.05	2.25	2	1.56	1.42	1.42	1.32	1.07	0.78		
	20 (390)	1.71	1.51	1.66	1.51	1.22	1.12	1.17	1.07	0.93	0.73		
	30 (500)	1.56	1.42	1.46	1.37	1.12	1.07	1.07	1.02	0.88	0.68		
 Ladrillo ordinario 10 cm (200) o Paneles prefabricados (hormigón o arena) 20 y 25 cm (390) (490) o Aglomerado 10 cm (115) (arena) o Adoquín 20 cm (500)	Aglomerado (escorias)	10 (97)	1.76	1.61	1.71	1.56	1.27	1.17	1.17	1.12	0.93	0.73	
		20 (180)	1.42	1.37	1.42	1.27	1.07	1.02	1.02	0.98	0.83	0.68	
		30 (258)	1.37	1.27	1.32	1.22	1.02	0.98	0.98	0.93	0.83	0.63	
	(Ligero)	10 (83)	1.56	1.42	1.46	1.37	1.12	1.07	1.07	1.02	0.88	0.68	
		20 (156)	1.32	1.27	1.27	1.22	1.02	0.98	0.98	0.93	0.83	0.63	
		30 (209)	1.22	1.17	1.22	1.12	0.98	0.93	0.93	0.88	0.78	0.63	
	(Arena y grava)	10 (112)	2.05	1.85	1.95	1.76	1.42	1.27	1.32	1.22	1.02	0.78	
		20 (209)	1.76	1.61	1.71	1.56	1.27	1.17	1.17	1.12	0.93	0.73	
		30 (307)	1.66	1.56	1.61	1.46	1.22	1.12	1.12	1.07	0.93	0.73	
	Ladrillo hueco	10 (78)	1.76	1.61	1.71	1.56	1.27	1.17	1.17	1.12	0.93	0.73	
		20 (146)	1.37	1.32	1.37	1.27	1.07	0.98	0.98	0.93	0.83	0.63	
		30 (195)	1.17	1.12	1.12	1.07	0.93	0.88	0.88	0.83	0.73	0.59	
	hormigon ligero 1300 kg/m3 (arena y grava)	10 (126)	1.56	1.42	1.46	1.37	1.12	1.07	1.07	1.02	0.88	0.68	
		15 (195)	1.22	1.12	1.22	1.12	0.98	0.88	0.93	0.88	0.73	0.63	
		20 (263)	1.02	0.98	0.98	0.93	0.83	0.78	0.78	0.78	0.68	0.54	
	Ladrillo ordinario	10 (126)	2.44	2.20	2.34	2.05	1.56	1.42	1.46	1.37	1.12	0.83	
		15 (209)	2.29	2.05	2.15	1.9	1.51	1.37	1.42	1.32	1.07	0.83	
		20 (307)	2.1	1.95	2	1.81	1.42	1.32	1.37	1.27	1.02	0.78	
Ladrillo ordinario	10 (195)	2.05	1.81	1.95	1.76	1.42	1.27	1.32	1.27	1.02	0.78		
	20 (390)	1.56	1.42	1.46	1.37	1.12	1.07	1.07	1.02	0.88	0.68		

Tabla 11. Coeficientes de muros de albañilería con paramento - verano -invierno

Ecuaciones para uso de coeficiente de transmisión global  $k$  – muros de albañilería con paramento \*, verano -invierno

- Ganancias,  $\text{kcal/h} = (\text{Área, m}^2) \times \text{coeficiente } k \times (\text{diferencia equivalente de temperatura, tabla 11}).$
- Perdidas,  $\text{kcal/h} = (\text{Área, m}^2) \times \text{coeficiente } k \times (\text{Temperatura interior} - \text{temperatura exterior}).$

\*En el caso de que estos tipos de construcción sean completados por un aislamiento o una capa de aire, véase tabla 11

**Paramento** es cada una de las caras de todo elemento constructivo vertical, como paredes o lienzos de muros. En muchas ocasiones se hace referencia al paramento como la superficie de un muro. La cara que mira al exterior del edificio, o superficie, se denomina paramento exterior.

### 2.7.1.7 Coeficientes De Trasmisión Global K. Muros Construcción Ligera, Tipo Industrial.

Los números entre paréntesis corresponden a peso por metro cuadrado. El peso total por metro cuadrado es igual a la suma de los valores correspondientes al muro y al revestimiento.

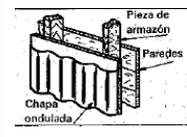
	COEFICIENTES TRANSMISION GLOBAL K - MUROS DE CONSTRUCCION LIGERA, TIPO INDUSTRIAL ***						
	VERANO - INVIERNO						
	kcal/h*m2*oC						
	PAREDES	PESOS (KG/M2)	NINGUNO	CHAPA (5)	Revestimiento interior		
Panel aislante					Madera		
REVESTIMIENTO EXTERIOR				12 mm (10)	20 mm 15	20 mm (10)	
fibrocemento ondulado	Ninguna	(5)	5.66		1.56	1.27	1.76
	Panel aislante 12 mm	(10)	1.66	2.68	0.93	0.83	0.02
	Panel aislante 20 mm	(10)	1.32	1.27	0.83	0.73	0.88
Chapa ondulada 5/10	Ninguna	(5)	6.83	2.93	1.63	1.32	1.85
	Panel aislante 12 mm	(10)	1.76	1.32	0.98	0.83	1.02
	Panel aislante 20 mm	(10)	1.37	1.07	0.83	0.73	0.88
	Madera 20 mm	(15)	2.25	1.61	1.07	0.93	1.17
Planchas 20 mm	Ninguna	10	2.83	1.81	1.22	1.02	1.32

Tabla 12. Muros construcción ligera tipo industrial.

Ecuaciones:

- Ganancias,  $\text{kcal/h} = (\text{Área, m}^2) \times \text{coeficiente } k \times (\text{diferencia equivalente de temperatura, tabla 19}).$

- Perdidas, kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) x coeficiente k x (Temperatura interior – temperatura exterior).

\*En el caso de que estos tipos de construcción sean completados por un aislamiento o una capa de aire, véase tabla 12.

\*\*Estos valores se aplican en el caso en que los intersticios entre los paneles o en la unión con el suelo y el techo estén calafateados. En caso contrario aumentar k en el 10%.

Estos valores se pueden utilizar para los techos en invierno (flujo de calor abajo arriba), multiplicar por 0.8.

### 2.1.7.8 Coeficientes De Transmisión Global K. Muros De Construcción Ligera, Tipo Cortina.

Los números entre paréntesis corresponden a pesos por m<sup>2</sup>. - El peso total por m<sup>2</sup> es igual a la suma de los valores correspondientes al muro y al revestimiento.

	COEFICIENTES DE TRANSMISION GLOBAL K MUROS DE CONSTRUCCION LIGERA, TIPO CORTINA								
	VERANO - INVIERNO								
	kcal/h.m2.oC								
	PESO ESPECIFICO (kg/m3)	REVESTIMIENTO METALICO (15)				REVESTIMIENTO METALICO CON LANA DE VIDRIO DE 6mm (15)			
Espesor del relleno (mm)				Espesor del relleno (mm)					
	25	50	75	100	25	50	75	100	
Fibra de vidrio, madera, algodón	48	1.02	0.59	0.39	0.29	0.93	0.54	0.39	0.29
Papel nido de abeja	80	1.9	1.12	0.83	0.63	1.56	0.98	0.73	0.59
Papel nido de abeja con relleno de perlita	144	1.42	0.83	0.59	0.44	1.22	0.73	0.54	0.44
Panel de fibra	240	1.76	1.02	0.73	0.59	1.42	0.93	0.68	0.54
Heraclite	352	1.51	0.88	0.63	0.49	1.22	0.78	0.59	0.44
Vermiculita Extendida	112	1.66	0.98	0.68	0.54	1.37	0.88	0.63	0.49
Cemento de vermiculita o perlita	320	2.15	1.32	0.93	0.73	1.71	1.12	0.88	0.68
	480	2.49	1.56	1.17	0.93	1.9	1.32	1.02	0.83
	640	2.83	1.85	1.42	1.12	2.1	1.51	1.22	0.98
	960	3.37	2.39	1.85	1.51	2.39	1.85	1.51	1.27

Tabla 13. Muros de construcción ligera tipo cortina.

Ecuaciones:

- Ganancias, kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) x coeficiente k x (diferencia equivalente de temperatura, tabla 19).
- Perdidas, kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) x coeficiente k x (Temperatura interior – temperatura exterior).

\*En el caso de que estos tipos de construcción sean completados por un aislamiento o una capa o lámina de aire.

$$**\text{peso total por } m^2 = \frac{\text{peso específico} \times \text{Espesor de relleno}}{1000} + 15 \text{kg}/m^2.$$

### 2.1.7.9 Coeficientes De Transmisión Global K. Tabiques De Albañilería.

Los números entre paréntesis corresponden a pesos por m<sup>2</sup>. El peso total por m<sup>2</sup> es igual a la suma de los valores correspondientes al muro y al revestimiento.

		COEFICIENTE DE TRANSMISION GLOBAL K - TABIQUES DE ALBANILERIA										
		VERANO - INVIERNO										
		kcal/h.m <sup>2</sup> .oC										
PARED	ESPESOR (cm) y peso (kg/m <sup>2</sup> )	Ningun Revestimiento	Caras con revestimiento	REVESTIMIENTO								
				Revoque de Yeso 10 mm (10)	Enlucido 15 mm		Entramado metalico enlucido sobre forro		Yeso 12 mm o entramado madera enlucido sobre forro		Panel aislante solo o endurecido sobre forro	
					Enlucido de Arena (30)	Enlucido Liger (15)	Enlucido de Arena 20 mm (35)	Enlucido Liger 20 mm (15)	Enlucido de Arena 12 mm (35)	Enlucido Liger 12 mm (10)	Panel de 12 mm (10)	Panel de 25 mm (20)
Aglomerado Hueco	7.5 (83)	2.2	Una	1.9	2.1	1.85	1.46	1.32	1.32	1.27	1.02	0.78
			Dos	1.73	2	1.61	1.12	0.98	0.98	0.88	0.68	0.49
	10 (98)	1.95	Una	1.76	1.9	1.71	1.37	1.27	1.27	1.22	0.98	0.73
			Dos	1.56	1.81	1.51	1.02	0.93	0.93	0.88	0.63	0.54
	20 (181)	1.56	Una	1.42	1.51	1.42	1.17	1.07	1.07	1.02	0.39	0.68
			Dos	1.32	1.46	1.27	0.93	0.83	0.83	0.78	0.59	0.44
30 (259)	1.51	Una	1.37	1.46	1.32	1.12	1.02	1.02	1.02	0.83	0.68	
		Dos	1.27	1.42	1.22	0.88	0.78	0.83	0.73	0.59	0.44	
Ligero	7.5 (73)	1.85	Una	1.66	1.76	1.61	1.32	1.22	1.22	1.17	0.98	0.73
			Dos	1.51	1.71	1.46	1.02	0.88	0.93	0.83	0.63	0.44
	10 (83)	1.71	Una	1.51	1.66	1.51	1.22	1.12	1.17	1.07	0.93	0.73
			Dos	1.42	1.56	1.32	0.98	0.83	0.83	0.78	0.63	0.44
	20 (156)	1.46	Una	1.32	1.42	1.32	1.07	1.02	1.02	0.98	0.83	0.68
			Dos	1.22	1.37	1.17	0.88	0.78	0.78	0.73	0.59	0.44
30 (210)	1.37	Una	1.22	1.32	1.22	1.02	0.98	0.98	0.93	0.78	0.63	
		Dos	1.12	1.27	1.12	0.83	0.73	0.78	0.73	0.59	0.39	
Arena y Grava	20 (210)	1.95	Una	1.76	1.9	1.71	1.37	1.27	1.27	1.22	0.98	0.73
			Dos	1.56	1.81	1.51	1.02	0.93	0.93	0.88	0.63	0.54
	30 (308)	1.85	Una	1.66	1.76	1.61	1.32	1.22	1.22	1.17	0.93	0.73
			Dos	1.46	1.71	1.42	1.02	0.88	0.93	0.83	0.63	0.64

Tabla 14. Tabiques de albañilería.

Ecuaciones:

- Tabique adyacente a un local no acondicionado:
  - Ganancias o pérdidas, kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) x Coeficiente K (Temperatura exterior – Temperatura interior – 3°C).
- Tabique adyacente a una cocina o a una sala de calderas.

- Ganancias, kcal/h = (Área, m<sup>2</sup>) x K x (Diferencia de temperatura) o bien = (Área, m<sup>2</sup>) x K x (Temperatura exterior – Temperatura interior + 8°C a 14°C).

\*En el caso en que estos tipos de construcción estén complementados por un aislante o una capa de aire.

### 2.1.7.10 Coeficientes De Transmisión Global K. Terrazas.

Los números entre paréntesis dan el peso en kg/m<sup>2</sup>. El peso total es igual a la suma de los pesos de los diversos componentes.

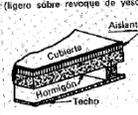
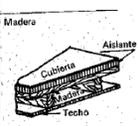
Tabla 27	COEFICIENTES DE TRANSMISION GLOBAL K - TERRAZAS								
	VERANO: FLUJO ASCENDENTE - INVIERNO: FLUJO DESCENDENTE								
	kcal/h*m <sup>2</sup> *oC								
	los numeros entre parentesis dan el peso en kg/m2. El peso total es igual a la suma de los pesos de los diversos componentes								
NATURALEZA DEL PISO O PAVIMENTO	ESPESOR DEL TECHO (cm) y PESO (kg/m2)	TECHO	AISLANTE ENCIMA DEL PAVIMENTO (mm)						
			NINGUNO	13(5)	25(5)	38(10)	50(15)	63(15)	75(20)
 Chapa Aislante Techo	2.5 (24)	Con o sin enlucido (30)	3.27	1.71	1.12	0.88	0.73	0.59	0.49
		Suspendido (ordinario) (25)	1.56	1.07	0.83	0.68	0.59	0.49	0.44
		Suspendido (losas acustida) (10)	1.12	0.88	0.68	0.59	0.54	0.44	0.39
 Paneles prefabricados clase hormigón Cubierta Losa Hormigón Techo	5 (19)	Con o sin enlucido (30)	0.98	0.78	0.63	0.54	0.49	0.46	0.39
		Suspendido (ordinario) (25)	0.73	0.59	0.54	0.44	0.39	0.39	0.34
		Suspendido (losas acustida) (10)	0.63	0.49	0.44	0.39	0.39	0.34	0.29
	7.5 (34)	Con o sin enlucido (30)	0.68	0.54	0.49	0.44	0.39	0.39	0.34
		Suspendido (ordinario) (25)	0.59	0.49	0.44	0.34	0.34	0.29	0.24
		Suspendido (losas acustida) (10)	0.49	0.44	0.39	0.34	0.34	0.29	0.24
Hormigon (Arena y Grava)	10 (229)	Con o sin enlucido (30)	2.49	1.46	1.02	0.78	0.68	0.59	0.49
	15 (341)	Suspendido (ordinario) (25)	1.37	0.98	0.78	0.63	0.59	0.49	0.44
	20 (454)	Suspendido (losas acustida) (10)	1.02	0.78	0.63	0.54	0.49	0.44	0.39
 (ligero sobre revoco de yeso) Cubierta Aislante Hormigón Techo	5 (43)	Con o sin enlucido (30)	1.32	0.98	0.73	0.63	0.54	0.49	0.39
		Suspendido (ordinario) (25)	0.88	0.68	0.59	0.49	0.44	0.44	0.39
		Suspendido (losas acustida) (10)	0.73	0.59	0.54	0.44	0.39	0.39	0.34
	7.5 (63)	Con o sin enlucido (30)	1.02	0.78	0.63	0.54	0.49	0.44	0.39
		Suspendido (ordinario) (25)	0.73	0.59	0.54	0.44	0.39	0.39	0.34
		Suspendido (losas acustida) (10)	0.63	0.54	0.49	0.39	0.39	0.34	0.29
	10 (78)	Con o sin enlucido (30)	0.83	0.68	0.54	0.49	0.44	0.39	0.34
		Suspendido (ordinario) (25)	0.63	0.54	0.49	0.39	0.39	0.34	0.29
		Suspendido (losas acustida) (10)	0.59	0.49	0.44	0.34	0.34	0.29	0.24
 Losa de yeso sobre panel de yeso Cubierta Aislante Losa Hormigón Techo	5 (53)	Con o sin enlucido (30)	1.56	1.07	0.83	0.68	0.59	0.49	0.49
		Suspendido (ordinario) (25)	1.02	0.83	0.63	0.54	0.49	0.44	0.39
		Suspendido (losas acustida) (10)	0.83	0.63	0.59	0.49	0.44	0.39	0.34
	7.5 (73)	Con o sin enlucido (30)	1.32	0.93	0.73	0.63	0.54	0.49	0.39
		Suspendido (ordinario) (25)	0.93	0.73	0.63	0.54	0.49	0.44	0.39
		Suspendido (losas acustida) (10)	0.73	0.59	0.54	0.44	0.39	0.39	0.34
	10 (92)	Con o sin enlucido (30)	1.12	0.83	0.68	0.69	0.49	0.49	0.39
		Suspendido (ordinario) (25)	0.83	0.63	0.59	0.59	0.44	0.39	0.34
		Suspendido (losas acustida) (10)	0.68	0.59	0.54	0.44	0.39	0.39	0.34
 Madera Cubierta Aislante Techo	2.5 (14)	Con o sin enlucido (30)	1.95	1.27	0.93	0.73	0.63	0.54	0.44
		Suspendido (ordinario) (25)	1.17	0.88	0.68	0.59	0.54	0.44	0.39
		Suspendido (losas acustida) (10)	0.93	0.73	0.63	0.54	0.49	0.39	0.34
	5 (24)	Con o sin enlucido (30)	1.37	0.98	0.78	0.63	0.54	0.49	0.39
		Suspendido (ordinario) (25)	0.93	0.73	0.63	0.54	0.49	0.44	0.34
		Suspendido (losas acustida) (10)	0.76	0.63	0.54	0.49	0.44	0.39	0.34
	7.5 (39)	Con o sin enlucido (30)	1.02	0.78	0.63	0.54	0.49	0.44	0.39
		Suspendido (ordinario) (25)	0.78	0.63	0.54	0.44	0.44	0.39	0.34
		Suspendido (losas acustida) (10)	0.63	0.54	0.44	0.44	0.39	0.34	0.29

Tabla 15. Coeficientes de transmisión de terrazas.

Ecuaciones:

- Verano – Flujo descendente – Ganancia kcal/h= (Área, m<sup>2</sup>) x k x (Diferencia equivalente de temperatura).
- Invierno – Flujo ascendente – Perdidas kcal/h= (Área, m<sup>2</sup>) x 1.1 k x (Temperatura exterior – temperatura interior).

\*En el caso que exista una capa de aire o un aislamiento suplementario véase tabla 31.

\*\*Para panel aislante de 12mm suspendido, simple (3) o con enlucido de arena de 12mm (25), tomar los valores de las losas acústicas.

### 2.1.7.11 Coeficiente De Transmisión Global K. Con Aislamiento Y Capa O Lámina De Aire.

tabla 31. COEFICIENTES DE TRANSMISION GLOBAL K CON AISLAMIENTO Y CAPA O LAMINA DE AIRE VERANO - INVIERNO kcal/h * m2 * °C														
Valor de k para muro, techo, techumbre, pavimento antes del aislamiento	Material aislante fibroso			Con lamina de aire de 20 mm o mas	Con chapa pulimentada en la lamina de aire (hoja de aluminio media= 0.05)									
					Direccion de flujo						invierno ascendente			
					Verano - Invierno			Horizontal			verano			
					Descendente			En una o dos caras			Una hoja en lamina de aire			Dos hojas en lamina de aire
25	50	75	En una o dos caras	Una hoja en lamina de aire	Dos hojas en lamina de aire	En una o dos caras	Una hoja en lamina de aire	Dos hojas en lamina de aire	En una o dos caras	Una hoja en lamina de aire	Dos hojas en lamina de aire			
3	0.93	0.54	0.39	1.85	1.66	0.88	0.54	0.59	0.29	0.24	1.76	0.98	0.68	
2.9	0.93	0.54	0.39	1.81	1.61	0.88	0.54	0.59	0.29	0.24	1.76	0.98	0.68	
2.8	0.88	0.54	0.39	1.76	1.56	0.88	0.54	0.54	0.29	0.24	1.71	0.98	0.68	
2.7	0.88	0.54	0.39	1.76	1.51	0.83	0.54	0.54	0.29	0.24	1.66	0.93	0.68	
2.6	0.88	0.54	0.39	1.71	1.46	0.83	0.49	0.54	0.29	0.24	1.61	0.93	0.68	
2.5	0.88	0.54	0.39	1.66	1.42	0.83	0.49	0.54	0.29	0.24	1.56	0.93	0.63	
2.4	0.83	0.54	0.39	1.61	1.37	0.76	0.49	0.54	0.29	0.2	1.51	0.86	0.63	
2.3	0.83	0.49	0.39	1.56	1.37	0.76	0.49	0.54	0.29	0.2	1.46	0.86	0.63	
2.2	0.83	0.49	0.34	1.51	1.32	0.76	0.49	0.54	0.29	0.2	1.42	0.86	0.63	
2.1	0.78	0.49	0.34	1.46	1.27	0.73	0.49	0.54	0.29	0.2	1.37	0.83	0.63	
2	0.78	0.49	0.34	1.42	1.27	0.73	0.49	0.49	0.29	0.2	1.32	0.83	0.59	
1.9	0.78	0.49	0.34	1.37	1.22	0.73	0.44	0.49	0.29	0.2	1.27	0.81	0.59	
1.8	0.73	0.49	0.34	1.32	1.17	0.68	0.44	0.49	0.29	0.2	1.22	0.78	0.59	
1.7	0.73	0.49	0.34	1.27	1.12	0.68	0.44	0.49	0.29	0.2	1.17	0.78	0.59	
1.6	0.73	0.49	0.34	1.22	1.07	0.63	0.44	0.49	0.24	0.2	1.12	0.73	0.54	
1.5	0.68	0.44	0.34	1.12	1.02	0.63	0.44	0.49	0.24	0.2	1.07	0.73	0.54	
1.4	0.68	0.44	0.34	1.07	0.98	0.63	0.39	0.44	0.24	0.2	0.98	0.68	0.49	
1.3	0.63	0.44	0.34	1.02	0.93	0.59	0.39	0.44	0.24	0.2	0.93	0.63	0.49	
1.2	0.63	0.44	0.34	0.98	0.83	0.59	0.39	0.44	0.24	0.2	0.88	0.63	0.49	
1.1	0.59	0.39	0.29	0.88	0.78	0.54	0.39	0.39	0.24	0.2	0.78	0.59	0.44	
1	0.59	0.39	0.29	0.83	0.73	0.49	0.34	0.39	0.24	0.2	0.73	0.54	0.44	
0.9	0.54	0.39	0.29	0.73	0.68	0.49	0.34	0.39	0.24	0.2	0.68	0.54	0.39	
0.8	0.49	0.34	0.29	0.68	0.59	0.44	0.34	0.34	0.24	0.2	0.63	0.49	0.39	
0.7	0.44	0.34	0.24	0.59	0.54	0.39	0.29	0.34	0.2	0.2	0.59	0.44	0.34	
0.6	0.39	0.29	0.24	0.54	0.49	0.39	0.29	0.29	0.2	0.15	0.49	0.29	0.34	
0.5	0.34	0.29	0.24	0.44	0.39	0.34	0.24	0.29	0.2	0.15	0.44	0.34	0.29	
con aislamiento			con lamina de aire			chapa pulimentada en una 2 caras			y chapa pulimentada en lamina de aire			chapa pulimentada en lamina de aire		
Aislamiento			Láminas de aire Tabique			Láminas de aire Chapas pulimentadas			Láminas de aire Chapas pulimentadas			Láminas de aire Chapas pulimentadas		

Tabla 16. Aislamiento Y Capa O Lámina De Aire.

### 2.1.7.12 Ganancias Debidas A Los Ocupantes.

Los valores de la tabla 17 se dan en función de la temperatura ambiente y del grado de actividad, debiendo ser ambas cosas conocidas.

GRADO DE ACTIVIDAD	TIPO DE APLICACIÓN	METABOLIS MOS HOMBRE ADULTO (kcal/h)	METABO LISMO MEDIO* (kcal/h)	TEMPERATURA SECA LOCAL (°C)									
				28		27		26		24		21	
				kcal/h		kcal/h		kcal/h		kcal/h		kcal/h	
				Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes	Sensibles	Latentes
Sentados, en reposo	Teatro, escuela primaria	98	88	44	44	49	39	53	35	58	30	65	23
Sentados, trabajo muy ligero	Escuela secundaria	113	100	45	55	48	52	54	46	60	40	68	32
Empleado de oficina	Oficina, hotel, apartamento, escuela superior	120	113	45	68	50	63	54	59	61	52	71	42
De pie, marcha lenta	Almacenes, tienda	139											
Sentado, de pie	Farmacia	139	126	45	81	50	76	55	71	64	62	73	53
De pie, marcha lenta	Banco	139											
Sentado	Restaurante **	126	139	48	91	55	84	61	78	71	68	81	58
Trabajo ligero en el banco de taller	Fabrica, trabajo ligero	202	189	48	141	55	134	62	127	74	115	92	97
Baile o danza	Sala de baile	227	214	55	159	62	152	69	145	82	132	101	113
Marcha, 5km/h	Fabrica, trabajo bastante penoso	252	252	68	184	76	176	83	169	96	156	116	139
Trabajo penoso	Pista de Bowling *** Fabrica	378	365	113	252	117	248	122	243	132	233	152	213

Tabla 17. Temperatura ambiente y del grado de actividad.

\* El ((metabolismo medio)) corresponde a un grupo compuesto de adultos y de niños de ambos sexos, en las proporciones normales. Estos valores se han obtenido a base de la hipótesis siguiente:

- $\text{Metabolismo mujer adulta} = \text{Metabolismo hombre adulto} * 0.85$   
 $\text{Metabolismo niño} = \text{Metabolismo Hombre adulto} * 0.75$

\*\* Estos valores comprenden una mejora de 13 kcal/h (50% calor sensible y 50% calor latente) por ocupante, para tener en cuenta el calor desprendido por platos.

\*\*\* Bowling - Admitir una persona por pista jugando, y todas las otras sentadas (100 kcal/h) o de pie (139 kcal/h).

### 2.1.7.13 Ganancia Debidas Al Alumbrado

El alumbrado constituye una fuente de calor sensible. Este calor se emite por radiación, convección y conducción. Un porcentaje del calor emitido por los materiales que rodean el local, pudiendo también producirse estratificación del calor emitido por convección.

TABLA. GANANCIAS DEBIDAS AL ALUMBRADO	
TIPO	GANANCIAS SENSIBLES * kcal/h
FLUORESENTE	Potencia util vatios x 1.25 ** x 0.86
INCANDESCENTE	Potencia util vatios x 0.86
LED	Potencia util vatios x 0.86

Tabla 18. Ganancias debidas al alumbrado.

\* Ganancias reales al alumbrado

\*\*

Este 25% suplementario corresponde a la potencia absorbida en la resistencia reguladora

#### 2.1.7.14 Coeficiente De Transmisión Global K. Muros Y Pavimentos En Sótanos.

coeficiente de transmision gloal k. muros y pavimentos en sotanos.	
Muro o pavimento	Coeficiente de transmision k , kcal/h*m2*°C
* Pavimento en sotano	0.24
parte demuro en sub suelo - 2,5 m	0.39

Tabla 19. Pavimentos y sótanos.

Ecuaciones.

- Perdidas por el pavimento:  $\text{kcal/h} = (\text{área del pavimento, m}^2) \times K \times (\text{temperatura del sótano} - \text{temperatura exterior})$ .
- Perdidas por los muros debajo del nivel del suelo – 2.5m:  $\text{kcal/h} = (\text{área del muro por encima del nivel del suelo} - 2.5\text{m}^2) \times K \times (\text{temperatura del sótano} - \text{temperatura exterior})$ .

NOTA. Los valores de la tabla 2.1.7.14, se pueden utilizar en cualquier espesor de muro o del suelo no aislado, acondiciona de que haya contacto entre el suelo y el muro o el pavimento (sin lamina de aire que pueda comunicar con el aire exterior). Se puede disminuir ligeramente el coeficiente periférico si el suelo es arenoso, si está en contacto con un relleno carbonilla o si su coeficiente de transmisión es pequeño.

## 2.2 Calor Sensible y Latente

El Calor Sensible es la energía asociada con el cambio de temperatura del aire. En la ecuación, la entalpía del aire húmedo en un estado definido a  $-17,8^{\circ}\text{C}$  puede dividirse en dos partes:

$$h = (Cpd + wCps) T + hfg0$$

- El primer término del lado derecho de la ecuación denota el calor sensible.
- El segundo término del lado derecho de la expresión  $whg0$ , denota al Calor Latente.

El calor Latente de la vaporización denota los requerimientos del calor latente para vaporizar agua líquida a su estado gaseoso. De esta forma, el Calor Latente en la condensación indica el calor que debe ser removido del vapor de agua para condensarlo y hacerlo líquido. Cuando se aumenta o disminuye la humedad de un espacio o proceso, una cantidad de Calor Latente correspondiente deberá actuar, para vaporizarla o condensarla.

Ambos calores, sensible y latente, se expresan en términos de kJ/kg de aire seco.

## 2.3 Cargas de Enfriamiento

### 2.3.1 Ganancia de Calor del Espacio.

Esta tasa instantánea de ganancia de calor es el modo en el cual el calor entra y/o es generado dentro de un espacio para un instante dado. La ganancia de calor se clasifica por:

- Las formas de ganancia de calor al espacio
- Si es una ganancia de calor sensible o latente.

### Formas de ganancia de calor al espacio.

*Los modos en que puede ocurrir ganancia de calor.*

1	Radiación solar a través de superficies transparentes
2	Conducción de calor a través de paredes y techos exteriores
3	Conducción de calor a través de particiones internas, aislamientos y suelos
4	Calor generado en el espacio por los ocupantes, luces y equipos
5	Energía transferida como resultado de la ventilación o la infiltración de aire externo.
6	Ganancias varias de calor.

Tabla 20. Modos en que puede ocurrir ganancia de calor.

## **2.4 Ganancia de Calor Sensible y Latente.**

La ganancia de calor Sensible se suma directamente al espacio acondicionado por conducción, convección y/o radiación.

La ganancia de Calor Latente ocurre cuando la humedad aumenta en el ambiente. Para mantener una humedad constante, el exceso de vapor debe ser condensado en los aparatos de refrigeración a una tasa igual a la que entra en el espacio. La cantidad de energía requerida para compensar la ganancia de calor latente esencialmente es igual al producto de la tasa de condensación y al calor latente de condensación. En la selección de aparatos de enfriamiento, es necesario distinguir entre la ganancia de calor sensible y latente. Cada aparato de enfriamiento tiene un máximo de capacidad para extraer calor sensible y un máximo para el calor latente según las condiciones de operación particulares.

## **2.5 Carga de refrigeración del espacio.**

Esta es la tasa a la cual el calor debe ser removido del espacio para mantener constantes las condiciones de temperatura del aire. La sumatoria de cada una de las ganancias de calor en cada instante no es necesariamente igual a la carga de refrigeración del espacio para el mismo instante.

## **2.6 Ganancia de Calor por Radiación.**

La ganancia de calor por radiación del espacio, no se convierte de un modo instantáneo en una carga de enfriamiento. La energía de Radiación debe ser primero absorbida por las superficies que encierran el espacio (paredes, pisos y cerramientos) y los objetos en el espacio (mobiliario, adornos, etc.). Tan pronto como estas superficies y objetos se calientan más que el aire del espacio, parte del calor absorbido es transferido al aire por convección. La capacidad de almacenar calor de estas superficies y objetos determinará la tasa a la cual incrementará la temperatura superficial de ellos al someterse a procesos de radiación, y de este modo ocurre la interacción entre la porción de calor por radiación y su correspondencia con parte de la carga de enfriamiento del espacio. Del efecto de almacenamiento térmico es de quien depende la diferenciación entre los instantes de ganancia de calor y de carga de enfriamiento para un instante dado.

### **3. SOBRE LA EFICIENCIA ENERGETICA**

#### **3.1 Eficiencia Energética En Aires Acondicionados Convencionales, Inverter Y Sistemas VRF.**

La eficiencia energética en aires acondicionados lo definimos como la optimización del consumo **energético** para alcanzar unos niveles determinados de confort y de ahorro monetario.

La eficiencia SEER en aires acondicionados es una medida que nos indica la eficiencia energética en un aire acondicionado. Además, nos muestra el rendimiento total de los diferentes tipos de equipos, también nos ayuda a saber cuánta energía consumen durante un año de uso. SEER significa Seasonal Energy Efficiency Ratio, en inglés, y Relación de Eficiencia de Energía de Estación en español.

Es importante conocer la eficiencia SEER porque entre más grande sea el número de SEER, mejor será el desempeño de nuestro aire acondicionado y menor será su consumo de energía. Por otro lado, es necesario aclarar que el valor SEER, no tiene nada que ver con la calidad del equipo. La eficiencia SEER de un equipo de aire acondicionado no indica que un equipo sea mejor que otro eso va a depender del modelo y marca del equipo o según fabricante. Un equipo de aire acondicionado con SEER grande o alto, tiene un costo más alto que uno de menor SEER.

##### **3.1.1 Etiqueta de eficiencia energética.**

La etiqueta de eficiencia energética también nos indica la calificación energética de un electrodoméstico según una escala que evalúa su consumo. De esta manera, podemos diferenciar los aparatos que consumen menos energía de los que consumen más.

Podemos ver la etiqueta de eficiencia siempre en un lugar visible y fácil de reconocer, Cuando compramos un aparato eléctrico como un aire acondicionado, una lavadora o una secadora, podemos ver que la etiqueta energética estará siempre al lado o encima de cada aparato, su objetivo es promover los productos que son más eficientes energéticamente.

Un electrodoméstico muy eficiente normalmente será más caro que uno con un consumo energético más elevado. Sin embargo, un electrodoméstico menos eficiente consumirá más y, por tanto, tendrá un mayor gasto en tu factura de la luz.

De este modo, aunque inicialmente se esté gastando más dinero al adquirir el electrodoméstico, en realidad estás contribuyendo a tu ahorro futuro en energía eléctrica.

### **3.1.2 El nuevo etiquetado energético.**

Las nuevas etiquetas energéticas se catalogan el electrodoméstico en una escala de calificación energética compuesta de siete letras correlativas; de la A a la G, siendo A la mejor calificación y G la peor. Estas 7 clases de eficiencia, identificadas por un código de colores y letras, van desde el color verde y la letra A para los más eficientes, hasta el color rojo y la letra G para los menos eficientes.

En el caso de algunos productos, la etiqueta también indica el consumo de agua, el nivel de ruido y de calor. Desde su creación, en 1994, el etiquetado energético ha sido una pieza clave para impulsar la eficiencia energética de los aparatos eléctricos de uso diario. Estas etiquetas permiten a los usuarios diferenciar los aparatos que consumen menos energía de los que consumen más e incidir en su decisión de compra para ser más eficientes.

Con el fin de simplificar la etiqueta energética de los electrodomésticos, se realizó un nuevo cambio, volviendo a la escala inicial de la A (más eficiente) a la G (menos eficiente). El 1 de marzo de 2021 se realizó oficialmente la introducción de esta escala única que reemplazará de manera progresiva a la actual clasificación, que llega hasta A+++.

El nuevo etiquetado energético, según el Reglamento UE 2017/1369, realizará la eliminación de las subcategorías de la clase A; A+, A++ y A+++. Esto vendrá a realizar que la clasificación se re-escala de la A a la G. El nuevo cambio mantendrá las barras horizontales de colores: la A, la más eficiente, será de color verde y la G, la menor, tendrá color rojo.

Como resultado de este re-escalado, los electrodomésticos más eficientes que antes del cambio pertenecían a la clase A+++, quedarán asignados principalmente a la clase B.

De este modo, se deja a los nuevos productos un espacio de mejora en su eficiencia energética, es decir, la clase A que es la más eficiente, quedará inicialmente desierta.

Además, en el nuevo etiquetado energético no solo se informará del consumo eléctrico, sino que también aportará datos sobre el agua utilizada por ciclo de lavado (con unos criterios nuevamente definidos), la capacidad de almacenamiento o el ruido.

Finalmente cabe destacar que en el nuevo etiquetado energético se contará con un código QR, el cual los usuarios podrán escanear para obtener más información sobre el producto.

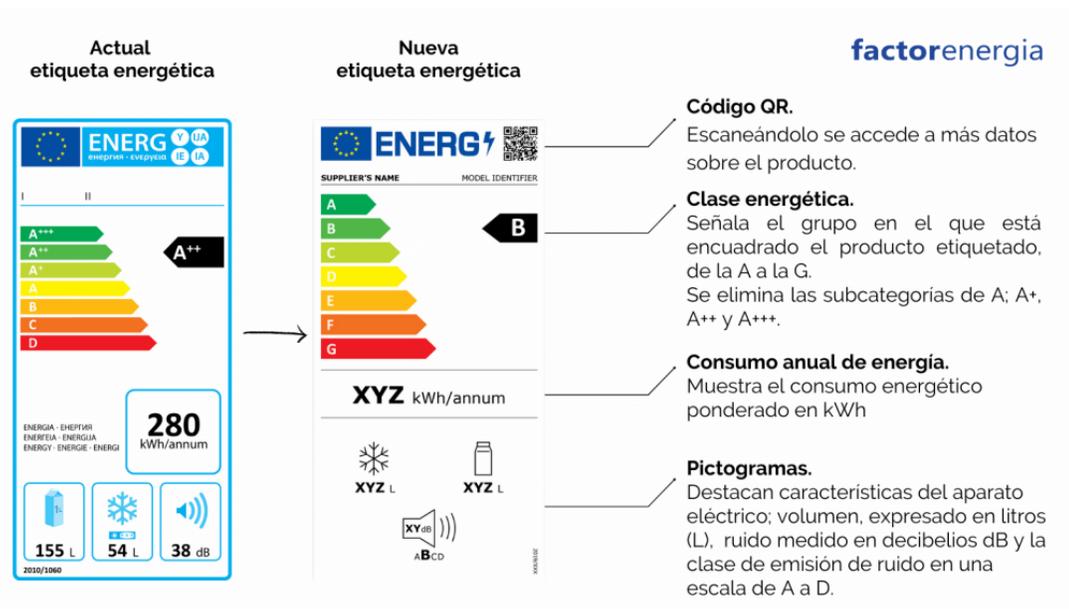


Fig. 7. Comparación de etiqueta de eficiencia.

Frente a las dudas que puede generar un cambio en el etiquetado, el proyecto europeo Belt (Boost Energy Label Take Up) tiene como objetivo facilitar el período de transición a la nueva etiqueta rediseñada.

Pretende también evitar los errores de interpretación y ayudar, por un lado, a los consumidores para que sigan eligiendo productos con mayor eficiencia energética, y por otro, a los fabricantes e investigadores para que produzcan electrodomésticos más eficientes.

### 3.1.3 Caducidad de la etiqueta de eficiencia energética

La etiqueta de eficiencia energética y los certificados energéticos caducan a los 10 años de su emisión. Eso quiere decir que, a poder ser, es recomendable renovar los electrodomésticos una vez pasado ese periodo o, por lo menos, comprobar su estado y funcionamiento.

### 3.2 Cálculo de consumo de energía

Este cálculo se realiza de una manera muy práctica, la mayoría de los equipos indican el número SEER en su empaque, ese dato nos ayuda a aplicarlo en la fórmula.

$$kW/h = \left( \frac{(kW) \text{ potencia eléctrica nominal}}{SEER} \right)$$

### Pliego tarifario vigente en El Salvador 2021

SUPERINTENDENCIA GENERAL DE ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES									
TARIFAS									
PRECIOS MAXIMOS PARA EL SUMINISTRO ELECTRICO									
VIGENTES A PARTIR DEL 15 DE OCTUBRE 2021									
I. PEQUEÑAS DEMANDAS (0 < kW ≤ 10)									
BAJA TENSION									
a) Tarifa Residencial para consumos menores de 99 kWh/mes - BT									
Bloque 1: Primeros 99 kWh/mes									
	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO	
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo US\$/Usuario-mes	0.816923	0.954878	0.748606	0.870470	0.792377	2.272636	0.826874	0.882635	
Cargo de Energía:									
Cargo Variable US\$/kWh	0.152758	0.151513	0.160601	0.159046	0.162646	0.138493	0.148295	0.152480	
Cargo de Distribución:									
Cargo Variable US\$/kWh	0.030689	0.050241	0.063110	0.067449	0.079060	0.065119	0.039357	0.037298	
Bloque 2: Consumos entre 100 kWh/mes y 199 kWh/mes									
	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO	
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo US\$/Usuario-mes	0.816923	0.954878	0.748606	0.870470	0.792377	2.272636	0.826874	0.882635	
Cargo de Energía:									
Cargo Variable US\$/kWh	0.151727	0.150119	0.158772	0.159444	0.162869	0.136706	0.149017	0.151447	
Cargo de Distribución:									
Cargo Variable US\$/kWh	0.033508	0.060188	0.028041	0.034854	0.037378	0.059850	0.034882	0.040825	
Bloque 3: Consumos mayores o iguales a 200 kWh/mes									
	CAESS	DELSUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO	
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo US\$/Usuario-mes	0.816923	0.954878	0.748606	0.870470	0.792377	2.272636	0.826874	0.882635	
Cargo de Energía:									
Cargo Variable US\$/kWh	0.149355	0.148829	0.157309	0.158982	0.162189	0.134704	0.149017	0.150761	
Cargo de Distribución:									
Cargo Variable US\$/kWh	0.042396	0.070608	0.079514	0.075058	0.080671	0.064471	0.036831	0.042499	

Uso General								
	CAESS	DELSUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:								
Cargo Fijo US\$/Usuario-mes	0.816923	0.954878	0.748606	0.870470	0.792377	2.272636	0.826874	0.882635
Cargo de Energía:								
Cargo Variable US\$/kWh	0.148704	0.147763	0.154584	0.154885	0.155902	0.133750	0.140697	0.150149
Cargo de Distribución:								
Cargo Variable US\$/kWh	0.034218	0.041825	0.039799	0.058856	0.061915	0.061011	0.036399	0.033622

Alumbrado Público								
	CAESS	DELSUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:								
Cargo Fijo US\$/Usuario-mes	0.816923	0.954878	0.748606	0.870470	0.792377	2.272636	0.826874	0.882635
Cargo de Energía:								
Cargo Variable US\$/kWh	0.134419	0.127215	0.132564	0.128829	0.129394	0.135321	0.149602	0.149003
Cargo de Distribución:								
Cargo Variable US\$/kWh	0.035665	0.051192	0.063931	0.066396	0.070032	0.059639	0.043155	0.033642

## II. MEDIANA DEMANDA (10 < kW ≤ 50)

### BAJA TENSION CON MEDICIÓN DE POTENCIA

	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:								
Cargo Fijo US\$/Usuario-mes	0.816923	0.954878	0.748606	0.870470	0.792377	2.272636	0.826874	0.882635
Cargo de Energía:								
Cargo Variable US\$/kWh	0.147376	0.147259	0.152936	0.153225	0.153140	0.127863	0.144506	0.149851
Cargo de Distribución:								
Potencia US\$/kW-mes	14.081315	21.598128	22.424130	26.988660	28.455883	30.233598	16.937229	19.887423

### MEDIA TENSION CON MEDICIÓN DE POTENCIA

	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:								
Cargo Fijo US\$/Usuario-mes	0.816923	0.954878	0.748606	0.870470	0.792377	2.272636	0.826874	0.882635
Cargo de Energía:								
Cargo Variable US\$/kWh	0.137017	0.134397	0.141043	0.137476	0.137887	0.120290	0.137353	0.140114
Cargo de Distribución:								
Potencia US\$/kW-mes	6.881023	6.791453	12.712465	17.324019	18.540127	9.410379	10.374532	5.123979

### BAJA TENSION CON MEDIDOR HORARIO

	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:								
Atención al Cliente US\$/Usuario-mes	0.816923	0.954878	0.748606	0.870470	0.792377	2.272636	0.826874	0.882635
Cargo de Energía:								
Energía en Punta US\$/kWh	0.170219	0.170388	0.181786	0.176290	0.183857	0.165071	0.166989	0.153761
Energía en Resto US\$/kWh	0.140144	0.138406	0.143823	0.146955	0.146144	0.119465	0.134327	0.141588
Energía en Valle US\$/kWh	0.157490	0.153724	0.167200	0.162920	0.170035	0.134862	0.154318	0.135567
Cargo de Distribución:								
Potencia US\$/kW-mes	14.081315	21.598128	22.424130	26.988660	28.455883	30.233598	16.937229	19.887423

### MEDIA TENSION CON MEDIDOR HORARIO

	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:								
Cargo Fijo US\$/Usuario-mes	0.816923	0.954878	0.748606	0.870470	0.792377	2.272636	0.826874	0.882635
Cargo de Energía:								
Energía en Punta US\$/kWh	0.157691	0.155973	0.165791	0.157197	0.162962	0.154240	0.158724	0.135890
Energía en Resto US\$/kWh	0.129830	0.126697	0.131168	0.131040	0.129535	0.111626	0.127679	0.125132
Energía en Valle US\$/kWh	0.145898	0.140718	0.152488	0.145276	0.150711	0.126013	0.146680	0.119810
Cargo de Distribución:								
Potencia US\$/kW-mes	6.881023	6.791453	12.712465	17.324019	18.540127	9.410379	10.374532	5.123979

III. GRANDES DEMANDAS (>50 kW)								
BAJA TENSION CON MEDIDOR HORARIO								
	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:								
Atención al Cliente US\$/Usuario-mes	12.253858	14.323192	11.229079	13.057050	11.885648	18.711930	16.400246	6.782011
Cargo de Energía:								
Energía en Punta US\$/kWh	0.170219	0.170388	0.181786	0.176290	0.183857	0.165071	0.166989	0.153761
Energía en Resto US\$/kWh	0.140144	0.138406	0.143823	0.146955	0.146144	0.119465	0.134327	0.141588
Energía en Valle US\$/kWh	0.157490	0.153724	0.167200	0.162920	0.170035	0.134862	0.154318	0.135567
Cargo de Distribución:								
Potencia: US\$/kW-mes	14.081315	21.598128	22.424130	26.988660	28.455883	30.233598	16.937229	19.887423
MEDIA TENSION CON MEDIDOR HORARIO								
	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:								
Cargo Fijo US\$/Usuario-mes	12.253858	14.323192	11.229079	13.057050	11.885648	18.711930	16.400246	6.782011
Cargo de Energía:								
Energía en Punta US\$/kWh	0.157691	0.155973	0.165791	0.157197	0.162962	0.154240	0.158724	0.135890
Energía en Resto US\$/kWh	0.129830	0.126697	0.131168	0.131040	0.129535	0.111626	0.127679	0.125132
Energía en Valle US\$/kWh	0.145898	0.140718	0.152488	0.145276	0.150711	0.126013	0.146680	0.119810
Cargo de Distribución:								
Potencia: US\$/kW-mes	6.881023	6.791453	12.712465	17.324019	18.540127	9.410379	10.374532	5.123979

Tabla 21. Pliego tarifario.

### 3.2.1 Cálculo de costos monetarios de operación, en la capacidad de 24,000 btu y tres escalas de eficiencia (SEER).

Los cálculos que se presentan a continuación, se basan para equipos de diferente fabricante con una capacidad de enfriamiento a 24 kBtu y un valor de eficiencia SEER 13, donde se busca resaltar la ventaja y desventaja de una instalación de un sistema de aire acondicionado de tipo Inverter vs un sistema de aire acondicionado de tipo convencional por medio de la comparación de costos de operación. La fórmula a utilizar para la evaluación de los costos de operación es la siguiente:

$$\text{Costo a pagar (IVA incluido) \$} = (\text{kW/h} * (\text{el total de horas de uso}) * (\text{costo \$ por kW/h}) * (\text{cargo fijo US$/usuario-mes}) + (\text{cargo de distribución US$/kW-mes})) * (1.13)$$

Donde:

- Costo \$ por kW/h: valor obtenido de tabla referente al pliego tarifario de El Salvador vigente a la fecha que se representa como cargo de comercialización

- Cargo fijo US\$/usuario-mes: valor obtenido de tabla referente al pliego tarifario de El Salvador vigente a la fecha que se representa como cargo de energía.
- Cargo de distribución US\$/kW-mes: valor obtenido de tabla referente al pliego tarifario de El Salvador vigente a la fecha que se representa como cargo de distribución.

Los fabricantes seleccionados para la evaluación de costos monetarios de operación son YORK, COMFORT STAR, DAIKIN, y en sus dos tipos; Inverter y convencional, con ellos también se seleccionan tres tipos de eficiencia SEER, 13, 16, y 22.

Las tablas generales muestran el costo de operación a un tiempo promedio de 6 horas, y 8 horas, arrojando así un general mensual de horas uso en los promedios de 180 horas y 240 horas, luego se muestran en tablas separadas, los costos monetarios de operación con el impuesto correspondiente.

ITEM	TIPO	CAPACIDAD BTU	POTENCIA	SEER	cargo de comercialización: cargo fijo. US\$-mes	cargo de energía: cargo variable US\$/kWh	cargo de distribución: potencia US\$/Kw-mes	horas uso 6	horas uso 180	horas uso 8	horas uso 240
1	INVERTER COMFORT STAR	24,000	1,800	13	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.229936	\$ 6.898068	\$ 0.231120	\$ 11.056049
2	CONVENCIONAL COMFORT STAR	24,000	3,124	13	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.232550	\$ 6.976489	\$ 0.234606	\$ 14.192896
3	INVERTER YORK	24,000	1,650	13	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.229639	\$ 6.889183	\$ 0.230725	\$ 10.700666
4	CONVENCIONAL YORK	24,000	3,089	13	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.232481	\$ 6.974416	\$ 0.234513	\$ 14.109973
5	INVERTER DAIKIN	24,000	1,805	13	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.229945	\$ 6.898364	\$ 0.231133	\$ 11.067895
6	CONVENCIONAL DAIKIN	24,000	3,120	13	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.232542	\$ 6.976252	\$ 0.234595	\$ 14.183419

Tabla 22. Análisis de costo monetario de operación sin IVA, para un equipo de 24kBtu – SEER 13.

ITEM	6 horas	6 horas + IVA	180 horas	180 horas + IVA	8 horas	8 horas + IVA	240 horas	240 horas + IVA
1	\$ 0.229936	\$ 0.26	\$ 6.898068	\$ 7.79	\$ 0.231120	\$ 0.26	\$ 11.056049	\$ 12.49
2	\$ 0.232550	\$ 0.26	\$ 6.976489	\$ 7.88	\$ 0.234606	\$ 0.27	\$ 14.192896	\$ 16.04
3	\$ 0.229639	\$ 0.26	\$ 6.889183	\$ 7.78	\$ 0.230725	\$ 0.26	\$ 10.700666	\$ 12.09
4	\$ 0.232481	\$ 0.26	\$ 6.974416	\$ 7.88	\$ 0.234513	\$ 0.27	\$ 14.109973	\$ 15.94
5	\$ 0.229945	\$ 0.26	\$ 6.898364	\$ 7.80	\$ 0.231133	\$ 0.26	\$ 11.067895	\$ 12.51
6	\$ 0.232542	\$ 0.26	\$ 6.976252	\$ 7.88	\$ 0.234595	\$ 0.27	\$ 14.183419	\$ 16.03

Tabla 23. Análisis de costo monetario de operación con IVA, para un equipo de 24kBtu – SEER 13.



Fig. 8. Representación gráfica de costos monetarios de operación para equipos de tipo inverter SEER 13, versus convencional – por distinto fabricante.

ITEM	TIPO	CAPACIDAD BTU	POTENCIA	SEER	cargo de comercialización: cargo fijo. US\$/Kwh	cargo de energía: cargo variable US\$/Kwh	cargo de distribución: potencia US\$/Kw-mes	horas uso 6	horas uso 180	horas uso 8	horas uso 240
1	INVERTER COMFORT STAR	24,000	1,800	16	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.313006	\$ 9.390191	\$ 0.341881	\$ 10.256437
2	CONVENCIONAL COMFOT STAR	24,000	3,124	16	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.376724	\$ 11.301707	\$ 0.426838	\$ 12.805125
3	INVERTER YORK	24,000	1,650	16	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.305788	\$ 9.173629	\$ 0.332256	\$ 9.967688
4	CONVENCIONAL YORK	24,000	3,089	16	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.375039	\$ 11.251176	\$ 0.424592	\$ 12.737750
5	INVERTER DAIKIN	24,000	1,805	16	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.313247	\$ 9.397410	\$ 0.342202	\$ 10.266062
6	CONVENCIONAL DAIKIN	24,000	3,120	16	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.376531	\$ 11.295932	\$ 0.426581	\$ 12.797425

Tabla 24. Análisis de costo monetario de operación sin IVA, para un equipo de 24kbtu – SEER 16.

ITEM	6 horas	6 horas + IVA	180 horas	180 horas + IVA	8 horas	8 horas + IVA	240 horas	240 horas + IVA
1	\$ 0.313006	\$ 0.35	\$ 9.390191	\$ 10.61	\$ 0.341881	\$ 0.39	\$ 10.256437	\$ 11.59
2	\$ 0.376724	\$ 0.43	\$ 11.301707	\$ 12.77	\$ 0.426838	\$ 0.48	\$ 12.805125	\$ 14.47
3	\$ 0.305788	\$ 0.35	\$ 9.173629	\$ 10.37	\$ 0.332256	\$ 0.38	\$ 9.967688	\$ 11.26
4	\$ 0.375039	\$ 0.42	\$ 11.251176	\$ 12.71	\$ 0.424592	\$ 0.48	\$ 12.737750	\$ 14.39
5	\$ 0.313247	\$ 0.35	\$ 9.397410	\$ 10.62	\$ 0.342202	\$ 0.39	\$ 10.266062	\$ 11.60
6	\$ 0.376531	\$ 0.43	\$ 11.295932	\$ 12.76	\$ 0.426581	\$ 0.48	\$ 12.797425	\$ 14.46

Tabla 25. Análisis de costo monetario de operación con IVA, para un equipo de 24kbtu – SEER 16.

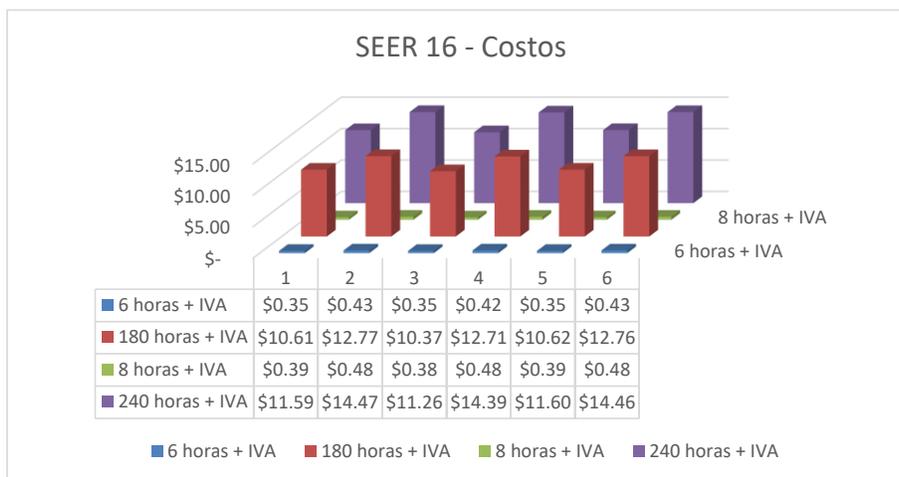


Fig. Representación gráfica de costos monetarios de operación para equipos de tipo inverter SEER 16, versus convencional – por distinto fabricante.

ITEM	TIPO	CAPACIDAD BTU	POTENCIA	SEER	cargo de comercialización: cargo fijo. US\$/Kwh	cargo de energía: cargo variable US\$/KWh	cargo de distribución: potencia US\$/Kw-mes	horas uso 6	horas uso 180	horas uso 8	horas uso 240
1	INVERTER COMFORT STAR	24,000	1,800	22	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.289381	\$ 8.681444	\$ 0.310381	\$ 9.311441
2	CONVENCIONAL COMFOT STAR	24,000	3,124	22	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.335721	\$ 10.071638	\$ 0.372168	\$ 11.165033
3	INVERTER YORK	24,000	1,650	22	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.284131	\$ 8.523945	\$ 0.303381	\$ 9.101442
4	CONVENCIONAL YORK	24,000	3,089	22	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.334496	\$ 10.034888	\$ 0.370534	\$ 11.116033
5	INVERTER DAIKIN	24,000	1,805	22	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.289556	\$ 8.686694	\$ 0.310615	\$ 9.318441
6	CONVENCIONAL DAIKIN	24,000	3,120	22	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.335581	\$ 10.067438	\$ 0.371981	\$ 11.159433

Tabla 26. Análisis de costo monetario de operación sin IVA, para un equipo de 24kbtu – SEER 22.

ITEM	6 horas	6 horas + IVA	180 horas	180 horas + IVA	8 horas	8 horas + IVA	240 horas	240 horas + IVA
1	\$ 0.289381	\$ 0.327001	\$ 8.681444	\$ 9.810032	\$ 0.310381	\$ 0.350731	\$ 9.311441	\$ 10.52
2	\$ 0.335721	\$ 0.379365	\$ 10.071638	\$ 11.380951	\$ 0.372168	\$ 0.420550	\$ 11.165033	\$ 12.62
3	\$ 0.284131	\$ 0.321069	\$ 8.523945	\$ 9.632058	\$ 0.303381	\$ 0.342821	\$ 9.101442	\$ 10.28
4	\$ 0.334496	\$ 0.377981	\$ 10.034888	\$ 11.339423	\$ 0.370534	\$ 0.418704	\$ 11.116033	\$ 12.56
5	\$ 0.289556	\$ 0.327199	\$ 8.686694	\$ 9.815964	\$ 0.310615	\$ 0.350995	\$ 9.318441	\$ 10.53
6	\$ 0.335581	\$ 0.379207	\$ 10.067438	\$ 11.376205	\$ 0.371981	\$ 0.420339	\$ 11.159433	\$ 12.61

Tabla 27. Análisis de costo monetario de operación sin IVA, para un equipo de 24kbtu – SEER 22.

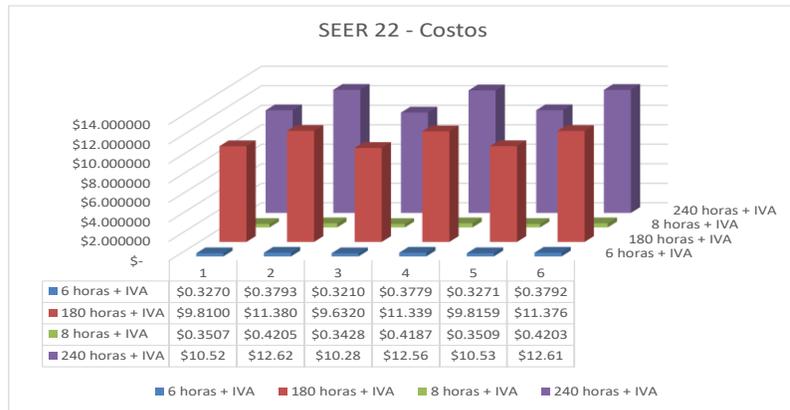


Fig. 10. Representación gráfica de costos monetarios de operación para equipos de tipo inverter SEER 22, versus convencional – por distinto fabricante.

Mediante el análisis de costos de operación monetario para los equipos YORK, COMFORT STAR y DAIKIN, se observa la ventaja de la utilización del equipo tipo inverter como a su vez, la importancia que desempeñan las eficiencias SEER que se seleccionan, ya que al evaluar uno a uno, los equipos del fabricante YORK arrojan mejores resultados que sus contrapartes COMFORT STAR y DAIKIN en el tipo inverter. La parte monetaria considerada es importante ya que a corto plazo permiten recuperar la inversión realizada en los equipos instalados a conveniencia.

### 3.2.2 Practica de investigación presión versus corriente nominal. Como afecta una mala instalación al cargar gas refrigerante de una manera inapropiada.

En la siguiente tabla mostramos los resultados de las distintas pruebas de medición que realizamos con un equipo SEER 13 de 9,000Btu en la que los datos obtenidos son los de presión y corriente nominal.

ITEM	SEER	Voltaje Nominal (V)	Presion (Psi)	Amperaje Medido (A)	Potencia de Operacion (W)
1	13	220	137	4.3	946
2	13	220	130	4.2	924
3	13	220	125	3.8	836
4	13	220	123	3.7	814
5	13	220	120	3.6	792
6	13	220	115	3.5	770
7	13	220	110	3.4	748
8	13	220	100	3.3	726
9	13	220	80	3.1	682
10	13	220	75	2.9	638
11	13	220	65	2.8	616
12	13	220	50	2.6	572
13	13	220	30	2.4	528
14	13	220	27	2.3	506
15	13	220	25	2.2	484
16	13	220	15	2	440
17	13	220	10	1.9	418

Tabla 28. Tabla de resultados de pruebas de medición.

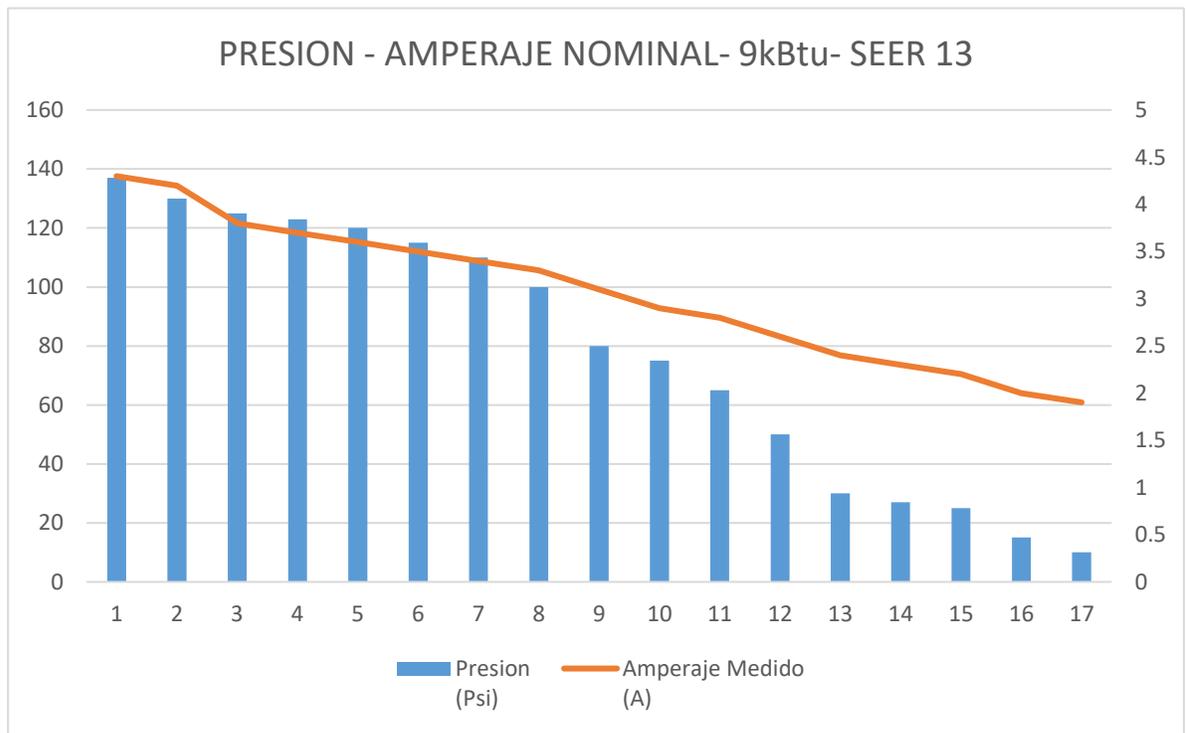


Fig. 11. Presión (PSI) versus Corriente (Amperaje)

La grafica nos muestra como la corriente es directamente proporcional a la presión, por tal razón es necesario conocer los métodos de carga del gas refrigerante ya que según lo analizado en la gráfica una mala carga de gas nos puede afectar en el aumento de consumo de energía eléctrica, y con respecto al equipo se vuelve menos eficiente y aumenta el riesgo de daños en el equipo, como un recalentamiento en el compresor, deterioro de bobinas y desvalorización en los capacitores de marcha de compresor y motor ventilador del equipo condensador

### 3.2.2.1 Impacto de la eficiencia energética por medio de evaluación de costos monetarios por una inapropiada carga de refrigerante.

En la tabla siguiente se describe el costo de operación del equipo sometido a pruebas de eficiencia, se puede observar como el costo monetario incrementa mediante el equipo es sometido a diferentes mediciones de niveles de presión de gas vs los cambios en el amperaje.

ITEM	SEER	Voltaje Nominal (V)	Presion (Psi)	Amperaje Medido (A)	Potencia de Operacion (W)	tiempo de uso del equipo A/C (H)	tiempo de trabajo del equipo A/C (H)	cargo de comercializacion: cargo fijo. US\$/Kwh	cargo de energia: cargo variable: US\$/kWh	cargo de distribucion: potencia US\$/kw-mes	Costo de operacion + IVA
1	13	240	137	4.3	1032	8	4	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.301860
2	13	240	130	4.2	1008	8	4	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.300789
3	13	240	125	3.8	912	8	4	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.296505
4	13	240	123	3.7	888	8	4	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.295434
5	13	240	120	3.6	864	8	4	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.294363
6	13	240	115	3.5	840	8	4	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.293292
7	13	240	110	3.4	816	8	4	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.292222
8	13	240	100	3.3	792	8	6	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.308820
9	13	240	80	3.1	744	8	8	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.322206
10	13	240	75	2.9	696	8	8	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.317923
11	13	240	65	2.8	672	8	8	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.315781
12	13	240	50	2.6	624	8	8	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.311498
13	13	240	30	2.4	576	8	8	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.307214
14	13	240	27	2.3	552	8	8	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.305072
15	13	240	25	2.2	528	8	8	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.302930
16	13	240	15	2	480	8	8	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.298647
17	13	240	10	1.9	456	8	8	0.954878	0.134397	6.791453	\$ 0.296505

Tabla 29. Análisis de costos monetarios de pruebas de laboratorio.

### 3.2.2.2 Descripción de pruebas de medición de laboratorio.

ITEM	CAPTURA DE PRACTICA DE MEDICION EN EQUIPO DE 9kBtu	DESCRIPCION	
1		<p>Equipo y herramientas utilizadas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo de aire acondicionado</li> <li>• Amperímetro marca fluke</li> <li>• Manómetro para refrigerante R410</li> </ul>	
		<b>PRESION (psi)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>
2		<b>137</b>	<b>4.3</b>

3		130	4.2
4		125	3.8
5		123	3.7
5		120	3.6
7		115	3.5

8		25	2.2
9		15	2
10		10	1.9

Tabla 30. Descripción de pruebas de medición de laboratorio.

### 3.2.3 Métodos de ahorro en un aire acondicionado variando la temperatura del termostato.

El termostato de un sistema de aire acondicionado en 24 °C cuando se utilices en modo (cool) refrigeración, puede ayudar a marcar la diferencia. Esto es suficiente para mantener cualquier ambiente con un clima confort y ahorrar energía.

Por cada grado en Celsius que se manipule a la baja, el aparato consumirá entre 5% y 8% más de electricidad para tener un ambiente confort. Por eso es muy importante que se realicen mantenimientos constantes ya que si los filtros están muy sucios el consumo puede aumentar hasta 10% y que no dejar puertas ni ventanas abiertas cuando se esté utilizando un aire

acondicionado. Un equipo de aire acondicionado eficiente con etiqueta clase A, de 9kbtu alcanza para enfriar un dormitorio y consume en torno a 1 kWh.

Esta tabla resume de costos de precios finales orientativos por una hora de uso según la temperatura deseada para un cliente domiciliario promedio.

Temperatura (°C)	Consumo kW/h	Precios del DelSur. kW/h	Precio orientativo por 1 hora.	Precio orientativo por 8 horas.	Precio orientativo por 240 horas.
24	1	0.134397	\$0.230659	\$1.84572	\$55.35816
23	1.065	0.134397	\$0.230937	\$1.847496	\$55.42488
22	1.134	0.34397	\$0.231232	\$1.849856	\$55.49568
21	1.208	0.134397	\$0.231549	\$1.852392	\$55.57176
20	1.286	0.134397	\$0.231882	\$1.855056	\$55.65168
19	1.37	0.134397	\$0.232242	\$1.857936	\$55.73808
18	1.459	0.134397	\$0.232623	\$1.860984	\$55.82952

Tabla 31. Cálculo de consumo en kW/h.

Formula.

- Costo a pagar \$ =  $kW/h * (el\ total\ de\ horas\ de\ uso) * (costo\ \$\ por\ kW/h) * (cargos\ fijos\ US\$/usuario-mes) + (cargos\ de\ distribución\ US\$/kW-mes)$
- Costo a pagar \$ =  $1\ kW/h * (1.000\ hrs) * (0.134397\ kW/h) * (0.954878\ US\$/usuario-mes) / 30 + (6.791453\ US\$/kW-mes)$
- Costo a pagar \$ = \$0.230659
- Costo a pagar \$ =  $1\ kW/h * (8.000\ hrs) * (0.230659\ kW/h)$
- Costo a pagar \$ = \$1.84524
- Costo a pagar + IVA (13%) \$ = \$2.085121
- Costo a pagar utilizando el equipo durante 8 horas en un tiempo de 30 días, eso nos da un total de 240 horas
- Costo a pagar al mes =  $1\ kW/h * (240.0\ hrs) * (0.230659\ kW/h)$
- Costo a pagar al mes = \$55.35744
- Costo a pagar al mes + IVA (13%) = \$62.553907

El precio por hora varía según el tipo de cliente residencial, comercial o industrial que se consigna en el cuadro tarifario, por eso expresamos un promedio estimado en la cual tomamos los datos de la tabla de mediana tensión cobros por medición de potencia. La categoría más baja (BT) cuesta en torno a \$0.151513, mientras que la más alta es grandes demandas con medidor horario con tres tipos de cobro horario, los cuales son punta (18:00 hasta 22:59), valle (23:00 hasta 4:00) y resto (5:00 hasta 17:59).

### **3.3 Eficiencia Energética En VRF**

En la actualidad es muy necesario gestionar y poner en marcha la eficiencia energética en las edificaciones de nueva generación de un modo responsable desde el punto de vista de la energía. Según los datos del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE) el presupuesto destinado a la climatización en el gasto energético total de los edificios se sitúa entre un 40% y un 60%. Por ello, una de las principales prioridades para el sector es poder dar soluciones a los usuarios y garantizar su máximo confort y un mayor control de la temperatura, y así reduciendo el consumo energético.

Los VRF (Sistemas Volumen Refrigerante Variable) cumplen a la perfección este propósito, porque permiten una enorme flexibilidad para climatizar grandes espacios y, a la vez, la máxima eficiencia energética.

Una de las principales ventajas de los sistemas de volumen de refrigerante variable es que son ideales para aplicaciones de carga variable, ya que aseguran que el consumo se ajuste realmente en función de la potencia entregada. Para combinar la capacidad de estos sistemas de climatización a la demanda del edificio, se modifica el caudal de refrigerante, regulado gracias a los compresores inverter y a las válvulas de expansión electrónicas o válvulas de modulación de impulsos. Este sistema permite entregar a cada unidad interior la potencia frigorífica que demanda la zona que climatiza.

Este sistema puede ser utilizado habitualmente en oficinas, hoteles, comercios, residencias, viviendas familiares, condominios de apartamentos, etc. Dada su elevada eficiencia energética,

al poco espacio técnico requerido para el paso del fluido calor portador y fácil instalación, los sistemas VRF son muy comunes en reformas y rehabilitación de edificios.

Los sistemas VRF, la instalación de la parte de control y comunicación entre unidades son más sencilla. Los equipos necesarios de instalación son menores, se exigen menos tuberías y también son de menor peso.

Por otro lado, se trata de sistemas modulares, con sistemas de control propios, reducido coste de mantenimiento y una oferta diversa de unidades para adaptarse a la estética y diseño de los edificios.

La flexibilidad de esta clase de sistemas, que garantizan al mismo tiempo calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, facilita que pueden instalarse en hospitales, colegios, hoteles, oficinas.

Por todo ello, se trata de un concepto de equipo que está en auge. Es un segmento de mercado que lleva varios años en constante crecimiento y los actores que participan en el mismo son muy optimistas sobre su futuro.

### **3.3.1 Reducción del consumo energético y aumento de la eficiencia estacional.**

Los sistemas VRF son equipos que reducen el consumo de energía y aumentan la eficiencia estacional en comparación con otras soluciones. Además, son sistemas que permiten controlar de un modo individualizado la temperatura de las diferentes estancias de un edificio, lo que es una garantía de confort para los usuarios del mismo.

### **3.3.2 Ahorro Energético En Las Buenas Practicas De Mantenimiento De Aire Acondicionado.**

Las oficinas, edificios y residencias cuentan con sistemas de aire acondicionado, estos equipos requieren de un mantenimiento periódico para su correcto funcionamiento. Al realizar revisiones periódicas a los equipos de aire acondicionado se pueden mejorar muchos aspectos.

Con un buen mantenimiento del equipo de aire acondicionado, se puede aumentar su vida útil, ya que de esta manera se evitan fallas en los componentes electrónicos.

Por otro lado, realizar un mantenimiento periódico en el aire acondicionado, tanto del hogar como de la empresa, puede reducir los gastos, ya que si un equipo no funciona de la manera correcta consume mucha más energía eléctrica, lo que aumenta el costo de pago de factura eléctrica.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta es que, con un buen mantenimiento del equipo de aire acondicionado, se pueden evitar problemas de salud, ya que si no funciona correctamente puede provocar bronquitis, rinitis y faringitis. Hay que tener en cuenta que el aire que circula cuando funciona se genera por los filtros, y si estos no están limpios, pueden contener hongos o bacterias.

Un buen mantenimiento del equipo de aire acondicionado es de vital importancia, pues se quiere disponer de un ambiente higiénico que no perjudique a su salud, sin malos olores ni ruidos. Además, un buen mantenimiento ayuda a ahorrar energía, y por lo tanto dinero, un aspecto muy importante en la actualidad.

### **3.3.3 Mantenimiento preventivo de la evaporadora**

El mantenimiento de la evaporadora de un aire acondicionado es sencillo y solo requiere de una limpieza periódica de sus elementos internos para evitar que la suciedad se acumule dentro de la unidad. Así evitarás que produzca malos olores, mejorar el rendimiento del equipo, con menor consumo energético y un aumento en su vida útil.

El mantenimiento preventivo consiste en retirar los elementos internos de la evaporadora para limpiarles de la grasa, polvo y partículas dañinas que puedan tener adheridos. Para lograr este proceso de desinfección en el cual deberás desmontar la unidad, limpiar los filtros con agua y jabón, y, retirar la carcasa para continuar con la limpieza.

### **3.3.4 Mantenimiento preventivo de la condensadora**

La condensadora es una unidad que se instala a la intemperie y está expuesta a diversas situaciones que la pueden dañar, por lo que es conveniente revisar y limpiarla de forma regular

para evitar acumulación de suciedad, y, garantizar que ningún agente externo obstruya el paso del aire ni las rejillas del ventilador.

EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADOS	DESCRIPCION
	<p>Equipo de aire acondicionado tipo ventana de 12kbtu, en el mantenimiento realizado se encontró obstruido el serpentín de dicho equipo con una capa doble de polvo, que afecta la eficiencia del equipo. Aumentando considerablemente el amperaje nominal del equipo ya que este hace un sobre esfuerzo para poder enfriar un área determinada.</p>
	<p>Podemos observar en la imagen con su respectivo mantenimiento, como tiene que estar el serpentín totalmente limpio sin causar obstrucción en el retorno.</p>
	<p>Un equipo de ventana para poder realizarle un buen mantenimiento se tiene que desmontar por completa y hacerle una limpieza profunda en la que cada elemento tiene que ser medido para conocer si se encuentra en sus óptimas condiciones y si fuese lo contrario se tiene que reemplazar.</p>



Equipo de ventana con su respectivo mantenimiento y una limpieza profunda. Y con sus respectivas mediciones en el compresor, klipson. Capacitor de marcha de compresor, capacitor de marcha de ventilador y medición de devanados de motor ventilador.



En la imagen de equipo de aire acondicionado de ventana podemos observar que el serpentín está totalmente limpio sin obstrucción de polvo.



Este equipo que se muestra en la imagen, se puede observar la cantidad de polvo y mota obstruyendo y afectando el buen funcionamiento del equipo de aire acondicionado



Podemos observar el nivel de obstrucción que tiene los filtros, esto afecta de manera directa la eficiencia del equipó de aire acondicionado tipo mini Split, obligando al compresor trabajar arriba de su corriente nominal. Así también afecta los rodamientos del motor de turbina causando un aumento de amperaje.



Al realizar un mantenimiento es de procurar hacer limpieza a la turbina del motor ventilador ya que esta acumula una gran cantidad de polvo y con la humedad del sistema esto se va adhiriendo a la turbina causando un mínimo peso a la turbina y esto puede afectar el motor de turbina de motor haciéndolo deficiente en su funcionamiento.



Podemos observar en la imagen una limpieza profunda a la turbina del motor ventilador, de esta manera podemos asegurar que el equipo no fallara por causa de un mal mantenimiento.

	<p>Equipo mini Split con su mantenimiento, filtros y turbinas totalmente limpios.</p>
---	---

Tabla 32. Mantenimiento preventivo.

### **3.4 Eficiencia Energética En Sobrecalentamiento Y Subenfriamiento De Los Sistemas De Aire Acondicionado.**

#### **3.4.1 Subenfriamiento Y Sobre Calentamiento**

El sobrecalentamiento es el número de grados que un vapor está por encima de su temperatura de saturación, o punto de ebullición, a una determinada presión. Un sobrecalentamiento alto provoca una deficiente refrigeración y un consumo excesivo de energía.

El subenfriamiento es la temperatura que tiene un refrigerante líquido cuando está por debajo de su temperatura de saturación (mezcla de líquido / vapor) a una presión dada.

#### **3.4.2 Eficiencia del condensador con refrigerante R410a.**

El sub enfriamiento debe de estar entre los, 10 °F y los 15 °F de subenfriamiento en la salida del condensador. Esta métrica es uno de los factores que se consideran al establecer una carga de gas refrigerante, pero primero debemos asegurarnos de que el evaporador corresponde adecuadamente al tamaño de la válvula de expansión

Para asegurar que estamos midiendo bien, tenemos que verificar:

- Que el lugar de instalación de la unidad condensadora esté bien ventilado.
- El condensador y el evaporador deben de estar limpios.

- Cuando se agregue o se recupere refrigerante para nivelar la carga se debe de usar una báscula para poder controlar el volumen del refrigerante dentro del sistema.

### **3.4.3 Subenfriamiento igual a cero**

Significa que el refrigerante en la línea de líquido es una mezcla de líquido y vapor. El subenfriamiento negativo existe si la temperatura y la presión de la línea de líquido se toman en el mismo punto. Puede medirse o aparecer cuando se tiene una mala calibración de las herramientas que hacen que un subenfriamiento cero parezca un subenfriamiento negativo.

### **3.4.4 Subenfriamiento menor a los 10 °F**

Es la indicación de que no hay suficiente refrigerante contenido en el condensador. Esto puede deberse a una carga insuficiente, a una mala compresión, a una válvula de expansión demasiado grande.

### **3.4.5 Subenfriamiento mayor a los 15 °F**

Esto puede ser causado por sobrecarga de refrigerante, restricción, como un deshidratador de contaminado o una línea de líquido torcida o doblada, o una válvula de expansión cerrada o de tamaño insuficiente (corta), una válvula dañada (descalibrada).

### **3.4.6 Efecto del subenfriamiento en el rendimiento del compresor**

El volumen del vapor aspirado por el compresor es menor para el ciclo sub-enfriado que para el ciclo saturado. Esto significa un menor desplazamiento del compresor en condiciones de subenfriamiento.

Analizando el calor de compresión requerido para el ciclo sub-enfriado y saturado, se ha observado que es el mismo para ambos ciclos. Por lo tanto, el aumento del efecto frigorífico alcanzado como consecuencia del subenfriamiento se logra sin alterar el suministro de energía al compresor. Como consecuencia de ello, se incrementa el coeficiente de rendimiento del ciclo y se reduce la potencia necesaria.

### **3.4.7 Usando el Subenfriamiento para diagnosticar problemas**

El subenfriamiento es una herramienta que es muy útil para diagnosticar un equipo frigorífico. Un valor incorrecto de subenfriamiento puede ser indicativo de sobrecarga o poca carga de refrigerante, restricción en la línea de líquido, o flujo de aire insuficiente a través del condensador.

Una lectura muy baja de subenfriamiento puede indicar que el refrigerante no ha perdido suficiente calor durante su viaje a través del condensador. Las posibles causas para esta condición incluyen flujo insuficiente de aire a través del condensador, problemas con el dispositivo de expansión (desajuste), o poca carga de refrigerante en el equipo.

Un subenfriamiento excesivo significa que el refrigerante ha sido enfriado más de lo normal. Las posibles explicaciones para esta anomalía pueden ser sistema sobre cargado de refrigerante, restricción en el dispositivo de expansión, o falla en el control de presión de descarga durante condiciones de baja temperatura exterior.

### 3.4.8 Consideraciones acerca del subenfriamiento.

- Un bajo flujo de aire o un evaporador sucio pueden elevar el subenfriamiento. Un condensador sucio puede disminuir el subenfriamiento. Un orificio muy grande (dispositivo de expansión) puede hacer disminuir el subenfriamiento y viceversa.
- Para calcular de manera correcta el subenfriamiento, debe tomarse la temperatura de la línea de líquido y no de la línea de descarga.
- Cuando se mide la temperatura de la línea de líquido, debe asegurarse de que se ha aislado correctamente el sensor del termómetro para obtener una lectura exacta.

#### 3.4.8 .1 Proceso de medición de subenfriamiento de una unidad de aire acondicionado refrigerante R 134a

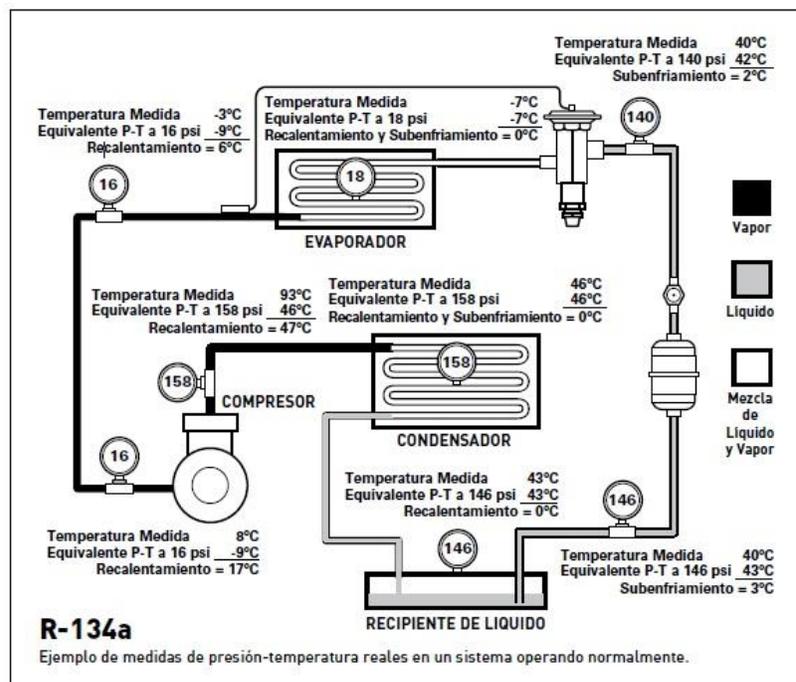


Fig. 12. Condensador enfriado por aire

Cuando se tiene sospecha sobre posible daño del compresor de un aire acondicionado y posiblemente esté fallando por un mal enfriamiento, la manera más segura para determinar esto es realizar las mediciones del subenfriamiento del condensador.

Para realizar la prueba de medición, lo vamos a realizar en la tubería de alta presión, para tener una mejor idea de cuál tubería es, vamos a visualizar 2 tuberías una de menor diámetro y otra de mayor diámetro.

Identificando las dos tuberías vamos a utilizar la tubería de diámetro más delgada, es la tubería de alta presión.

### 3.4.8.2 Manifold Electrónico



Fig. 13. Manifold electrónico.

Este Manifold electrónico sirve para la medida directa del recalentamiento, dispone de dos conectores para la sonda de temperatura y de dos puntos de conexión de mangueras para medir las presiones de succión y descarga del compresor además con el punto de conexión para la manguera de servicio.

De las dos tuberías que llegan ahí cada una tiene un punto de conexión para manómetro o Manifold, es una válvula de  $\frac{1}{4}$  o también llamada fittyn ubicada cerca de los vástagos del aire acondicionado.

Procedemos a conectar el manómetro o Manifold, utilizando la manguera de color rojo, ya que esa es la manguera para medir presiones de en alta presión o descarga, si la caída de presión en la descarga la puedo despreciar y entonces estaré midiendo la presión de condensación, por otro lado, la sonda de temperatura la conectare en la salida del condensador.

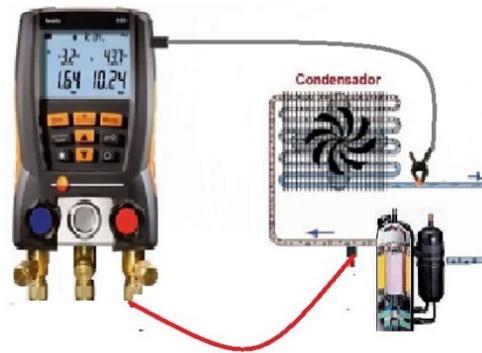


Fig. 14. Conexión de Manifold.

De esta forma de conexión en Manifold sabe la presión de condensación y con la información del refrigerante que previamente tenemos que configurar el Manifold como dato para realizar la medición, conoce cuál es la temperatura de saturación esto es la temperatura de condensación, por lo tanto, con la temperatura de condensación y la temperatura efectuada por la sonda de temperatura a la salida del condensador hace la diferencia para calcular el subenfriamiento.

### 3.4.8.3 Instalación de Manifold para realizar mediciones de Sub enfriamiento total



Fig. 15. conexión de sub enfriamiento total.

*Formula a utilizar*

$$SE \text{ total} = T \text{ condensación} - T \text{ sonda}$$

Donde:

SE: Sub-enfriamiento.

Por lo tanto, con lo que respecta la medida total del subenfriamiento. En la imagen podemos ver las conexiones que debemos hacer del Manifold electrónico para realizar esta medida, la zona

de temperatura la colocaremos a la entrada del dispositivo de expansión para medir la temperatura en ese punto y para medir la temperatura de condensación colocaremos la manguera roja en la salida de alta presión, de esta forma el Manifold conoce la temperatura de condensación y con la temperaturas de la sonda hace la diferencia y nos muestra el subenfriamiento con el que trabaja el equipo de aire acondicionado

### 3.4.9 Sobrecalentamiento

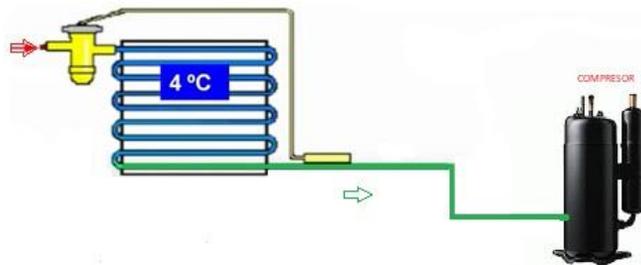


Fig. 16. Evaporador compresor.

El recalentamiento es el aumento de temperatura que experimenta el refrigerante desde que termina de evaporizarse en el evaporador hasta que llega al compresor, por lo tanto, este aumento de temperatura, se produce en el propio evaporador y en la tubería de succión o baja presión al absorber calor sensible

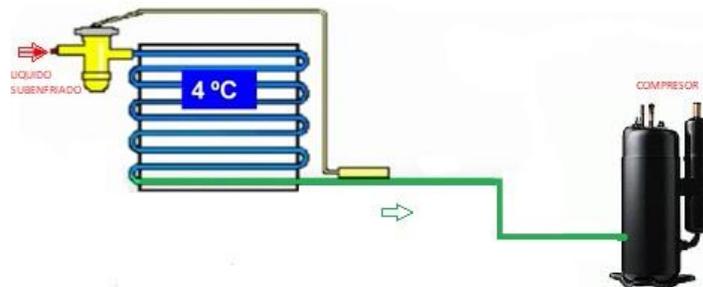


Fig. 17. Evaporador, compresor, válvula de expansión.

El refrigerante en estado líquido sub-enfriado llega al dispositivo de expansión quien le reduce la presión y la temperatura obteniendo a su salida líquido y un poco de vapor, resultado de haber vaporizado su propio líquido para enfriarse, consiguiendo así una expansión adiabática, es decir la válvula no intercambia calor con el ambiente exterior por lo tanto el refrigerante a la entrada del evaporador tiene la temperatura de saturación, en la imagen se muestra 4°C, y comienza a circular por los tubos del evaporador vaporizándose poco a poco por ebullición, aumentando la cantidad de refrigerante de vapor y disminuyendo la cantidad de refrigerante líquido hasta llegar a un punto donde todo el refrigerante se a vaporizado totalmente, obteniendo vapor saturado. hasta el momento el refrigerante en este cambio de líquido a vapor ha absorbido calor

latente que utiliza para cambiar de estado manteniendo constante la temperatura, pero a partir de este punto continuara absorbiendo calor sensible y por tanto lo empleara para aumentar su temperatura de tal forma que a la salida del evaporador abra conseguido el refrigerante una temperatura de 10°C, así pues se abra producido un recalentamiento esto es un aumento de temperatura en el evaporador de 6°C desde 4°C hasta 6°C

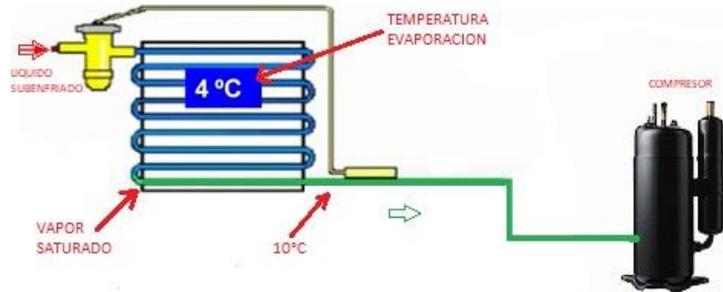


Fig. 18. Temperatura de evaporador, vapor saturado.

A partir de la salida del evaporador el refrigerante en estado de vapor sobrecalentado continuara absorbiendo calor sensible en la tubería de succión del aire de ambiente hasta llegar al compresor momento que su temperatura es de 12°C

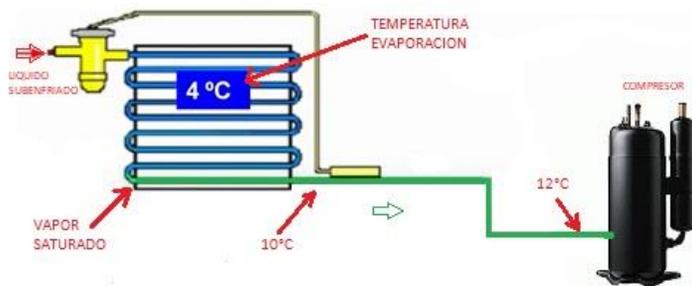


Fig. 19. Mediciones de temperatura en tubería de succión.

Así pues, se ha producido un recalentamiento en la tubería de absorción de 2°C desde 10°C hasta los 12°C.

Resumiendo. Se habla de recalentamiento en la absorción del compresor o recalentamiento total al a aumento de temperatura que experimenta el refrigerante desde que termina de evaporizarse totalmente en el evaporador hasta que llega al compresor

Por otro lado, se habla de recalentamiento en el evaporador o recalentamiento útil al aumento de temperatura que experimenta el refrigerante desde que termina de evaporizarse en el

evaporador hasta que sale de él, los valores de recalentamiento para una maquina frigorífica varían según la válvula de expansión utilizada.

Se puede considerar que aproximadamente que el recalentamiento en el evaporador deberá encontrarse en torno a los 7°C para válvulas de expansión termostáticas y en torno a 3°C para válvulas de expansión electrónicos, en cambio los valores de entrada en el compresor tienen que ser lo menor posible, y esto va a depender de la tubería de absorción y como se haya realizado el aislamiento de dicha tubería.

Usando la tabla T-P podemos determinar la condición del refrigerante en cualquier punto en el sistema midiendo la presión y temperatura y siguiendo estas reglas:

SPORIAN TM		TABLA TEMPERATURA – PRESION						
°C	°F	REFRIGERANTE – psig						
		22 (V)	134a (J)	410A (Z)	502 (R)	507 (P)	404A (S)	407C (N)
-50	-58.0	10.9	21.1	0.4	5.9	4.5	5.5	15.1
-48	-54.4	8.8	20.0	2.1	3.4	1.8	3.0	13.4
-46	-50.8	6.6	18.9	3.9	0.8	0.5	0.2	11.5
-44	-47.2	4.2	17.6	5.8	1.0	2.1	1.3	9.5
-42	-43.6	1.6	16.2	7.9	2.5	3.7	2.9	7.2
-40	-40.0	0.6	14.7	10.1	4.1	5.5	4.6	4.8
-38	-36.4	2.0	13.0	12.5	5.8	7.4	6.4	2.2
-36	-32.8	3.6	11.2	15.1	7.7	9.4	8.3	0.3
-34	-29.2	5.3	9.3	17.9	9.7	11.6	10.4	1.8
-32	-25.6	7.1	7.2	20.8	11.8	13.9	12.6	3.4
-30	-22.0	9.1	4.9	24.0	14.0	16.4	15.0	5.2
-28	-18.4	11.1	2.4	27.4	16.4	19.0	17.5	7.0
-26	-14.8	13.4	0.1	31.0	18.9	21.8	20.1	9.0
-24	-11.2	15.7	1.5	34.8	21.6	24.8	23.0	11.2
-22	-7.6	18.2	3.0	38.8	24.5	28.0	26.0	13.5
-20	-4.0	20.9	4.6	43.1	27.5	31.3	29.2	15.9
-19	-2.2	22.3	5.4	45.4	29.1	33.0	30.9	17.2
-18	-0.4	23.7	6.3	47.7	30.7	34.8	32.6	18.6
-17	1.4	25.2	7.2	50.1	32.4	36.7	34.3	19.9
-16	3.2	26.7	8.1	52.5	34.1	38.5	36.2	21.4
-15	5.0	28.3	9.1	55.0	35.9	40.5	38.0	22.8
-14	6.8	29.9	10.1	57.6	37.7	42.5	39.9	24.3
-13	8.6	31.5	11.1	60.2	39.5	44.5	41.9	25.9
-12	10.4	33.2	12.2	62.9	41.4	46.6	43.9	27.5
-11	12.2	35.0	13.3	65.7	43.4	48.8	46.0	29.1
-10	14.0	36.8	14.4	68.6	45.4	51.0	48.1	30.9
-9	15.8	38.6	15.6	71.5	47.5	53.3	50.3	32.6
-8	17.6	40.5	16.8	74.6	49.6	55.6	52.6	34.4
-7	19.4	42.5	18.0	77.6	51.7	58.0	54.9	36.3
-6	21.2	44.4	19.3	80.8	53.9	60.4	57.3	38.2
-5	23.0	46.5	20.6	84.1	56.2	62.9	59.7	40.2
-4	24.8	48.6	22.0	87.4	58.5	65.5	62.2	42.2
-3	26.6	50.8	23.4	90.8	60.9	68.1	64.7	44.3
-2	28.4	53.0	24.8	94.3	63.4	70.8	67.3	46.4
-1	30.2	55.2	26.3	97.9	65.9	73.6	70.0	48.6
0	32.0	57.5	27.8	101.6	68.4	76.4	72.7	50.9
1	33.8	59.9	29.3	105.3	71.0	79.3	75.5	53.2
2	35.6	62.4	30.9	109.2	73.7	82.3	78.4	55.6
3	37.4	64.9	32.6	113.1	76.5	85.3	81.4	58.0
4	39.2	67.4	34.3	117.1	79.3	88.4	84.4	60.5
5	41.0	70.0	36.0	121.2	82.1	91.6	87.4	63.1
6	42.8	72.7	37.8	125.4	85.1	94.8	90.6	65.8
7	44.6	75.5	39.6	129.8	88.1	98.1	93.8	68.5
8	46.4	78.3	41.5	134.2	91.1	101.5	97.1	71.3
9	48.2	81.2	43.4	138.7	94.2	105.0	100.5	74.1
10	50.0	84.1	45.4	143.3	97.4	108.6	105.5	76.4

SPORIAN TM		TABLA TEMPERATURA – PRESION						
°C	°F	REFRIGERANTE – psig						
		22 (V)	134a (J)	410A (Z)	502 (R)	507 (P)	404A (S)	407C (N)
11	51.8	87.1	47.5	148.0	100.7	112.2	109.1	99.8
12	53.6	90.2	49.5	152.8	104.0	115.9	112.7	103.3
13	55.4	93.3	51.7	157.7	107.4	119.7	116.4	106.8
14	57.2	96.5	53.9	162.7	110.9	123.6	120.2	110.4
15	59.0	99.8	56.1	167.8	114.4	127.5	124.1	114.1
16	60.8	103.2	58.4	173.0	118.0	131.6	128.0	117.9
17	62.6	106.6	60.8	178.4	121.7	135.7	132.1	121.7
18	64.4	110.1	63.2	183.8	125.5	139.9	136.2	125.7
19	66.2	113.7	65.7	189.4	129.3	144.2	140.4	129.7
20	68.0	117.3	68.2	195.0	133.2	148.6	144.7	133.8
21	69.8	121.1	70.8	200.8	137.2	153.1	149.1	138.0
22	71.6	124.9	73.5	206.7	141.2	157.7	153.5	142.3
23	73.4	128.8	76.2	212.8	145.4	162.3	158.1	146.6
24	75.2	132.7	78.9	218.9	149.6	167.1	162.8	151.1
25	77.0	136.8	81.8	225.2	153.9	172.0	167.5	155.7
26	78.8	140.9	84.7	231.6	158.3	176.9	172.3	160.3
27	80.6	145.1	87.7	238.1	162.7	182.0	177.3	165.0
28	82.4	149.4	90.7	244.8	167.3	187.2	182.3	169.9
29	84.2	153.8	93.8	251.5	171.9	192.5	187.4	174.8
30	86.0	158.2	97.0	258.5	176.6	197.8	192.7	179.8
31	87.8	162.8	100.2	265.5	181.4	203.3	198.0	184.9
32	89.6	167.4	103.6	272.7	186.3	208.9	203.4	190.2
33	91.4	172.1	106.9	280.0	191.2	214.6	209.0	195.5
34	93.2	177.0	110.4	287.5	196.3	220.5	214.6	200.9
35	95.0	181.9	113.9	295.0	201.4	226.4	220.4	206.4
36	96.8	186.9	117.5	302.8	206.7	232.5	226.2	212.0
37	98.6	192.0	121.2	310.7	212.0	238.6	232.2	217.8
38	100.4	197.1	125.0	318.7	217.4	244.9	238.3	223.6
39	102.2	202.4	128.8	326.9	222.9	251.4	244.4	229.5
40	104.0	207.8	132.7	335.2	228.5	257.9	250.7	235.6
41	105.8	213.3	136.7	343.7	234.2	264.6	257.2	241.7
42	107.6	218.9	140.8	352.4	240.0	271.4	263.7	248.0
43	109.4	224.5	144.9	361.2	245.9	278.3	270.3	254.4
44	111.2	230.3	149.2	370.1	251.9	285.4	277.1	260.9
45	113.0	236.2	153.5	379.3	258.0	292.6	284.0	267.5
46	114.8	242.2	157.9	388.6	264.2	299.9	291.0	274.2
47	116.6	248.3	162.4	398.0	270.5	307.4	298.1	281.0
48	118.4	254.5	167.0	407.6	276.9	315.0	305.3	288.0
49	120.2	260.8	171.7	417.5	283.4	322.8	312.7	295.0
50	122.0	267.2	176.4	427.4	290.1	330.7	320.2	302.2
52	125.6	280.3	186.2	447.9	303.6	347.0	335.6	317.0
54	129.2	293.9	196.4	469.2	317.7	364.0	351.5	332.2
56	132.8	307.9	206.9	491.2	332.2	381.5	368.0	347.9
58	136.4	322.5	217.8	514.0	347.1	399.8	385.0	364.2
60	140.0	337.5	229.2	537.6	362.6	418.7	402.6	380.9
62	143.6	353.0	240.9	562.0	378.6	438.4	420.8	398.2
64	147.2	369.0	253.1	587.3	395.1	458.8	439.5	416.1
66	150.8	385.5	265.7	613.5	412.2	480.1	458.9	434.5
68	154.4	402.5	278.7	640.6	429.9	502.1	479.4	453.4
70	158.0	420.1	292.2	668.7	448.2	524.9	500.8	472.9
72	161.6	438.2	306.2	**	467.2	**	523.2	493.1
74	165.2	456.9	320.7	**	486.9	**	**	513.7

Tabla 33. Presión temperatura.

A. Están presentes juntos líquido y vapor cuando la temperatura medida corresponde a la relación P-T (en teoría, en estas condiciones es posible tener “líquido saturado” o “vapor saturado,” pero en términos prácticos para un sistema en operación normal debe asumirse que algún líquido y algún vapor está presente en estas condiciones).

**B.** Vapor recalentado está presente si la temperatura medida es superior a la correspondiente en la relación P-T. La diferencia de temperaturas es la cantidad de recalentamiento.

**C.** Está presente líquido subenfriado cuando la temperatura medida es inferior a la de la relación P-T. La diferencia representa la cantidad de subenfriamiento.

## **4. SOBRE EL SOFTWARE**

### **4.1 Descripción de software**

Mediante el uso de lenguaje de programación Java, debido a su simplicidad y siendo este un lenguaje de programación de alto nivel; se ha desarrollado un software de código abierto el cual permite mediante la evaluación de datos que son proveídos por un usuario del software, la obtención de las cargas térmicas Sensibles y Latentes que son necesarias para comprender la climatización necesaria para un espacio específico.

El software tiene como finalidad el cálculo de cargas térmicas ya estas sean para uso familiar, comercial e industrial; esto debido a que se encuentran comprendidos en su desarrollo.

La interfaz gráfica del software desarrollado comprende 4 etapas en 5 ventanas:

- Registro.
- Calculo de cargas sensibles.
- Calculo de cargas latentes.
- Evaluación de cargas, siendo esta ultima la que nos arroja además del resultado total de las cargas térmicas evaluadas, un reporte en formato \*.pdf con los detalles del proyecto y como sus resultados con su respectiva recomendación técnica.

#### **4.1.1 Registro**

La pantalla registró, es el primer paso a tomar del lado del usuario del programa desarrollado, en este paso el usuario provee de datos necesarios para empezar el proceso de evaluación de cargas, ya que serán importantes en el sentido de ubicación y localización del proyecto a trabajar.

La información requerida para esta pantalla es importante para la ubicación del proyecto, primero se debe de proveer de un ID que servirá como un puntero al proyecto que se empezará a construir ya que por medio de este ID se podrá acceder a la realización del cálculo de las cargas

según la información proveída. Para la creación de un ID ordenado y con sentido lógico, se utiliza el formato fecha del día en que se crea el proyecto, ejemplo de este serio año/mes/día/numero correlativo (según convenga). Luego se procede seleccionar la opción de guardar, para que así se empiece a generar un registro del proyecto que se dará comienzo, esto se alojara en las tablas dentro de la base de datos tbgbeta.

The image shows a software window titled "Design Preview [Registro]". Inside, there is a form titled "Registro de Proyecto" with a green header. The form is divided into a section labeled "Información requerida" which contains four input fields: "ID" with a placeholder "Inserte ID", "Nombre de Proyecto" with a placeholder "Inserte Nombre de Proyecto", "Infraestructura" with a placeholder "Ingrese infraestructura", and "Zona" which is a dropdown menu currently showing "-----". Below these fields is a large empty rectangular box. At the bottom of the form are three buttons: "Guardar", "Siguiete", and "Cancelar".

Fig. 20. interfaz gráfica que inicializa el software para capturar datos del proyecto a evaluar.

#### 4.1.2 Calculo De Cargas Sensibles

La sección de cálculo de cargas sensibles, se divide en dos secciones, en ambas secciones se busca identificar las cargas que generan una carga al sistema de climatización por medio de la transferencia de calor, tomando como datos de importancia, las orientaciones, el área que se cubre y el tipo de material o tipo de construcción realizado por sección a evaluar. Al utilizar estas secciones, es importante denotar que, si no se ingresara una orientación, no será necesario seleccionar el botón radial, y para las secciones donde se pide que se ingrese el valor de área, o el valor de carga en Watts utilizada, y se pretenda dejarlas sin un valor nulo, bastara con llenar las cajas de texto con un valor 0, de esta manera el programa podrá proceder de manera correcta a guardar la información brindada en ese momento por el usuario del programa.

Una vez ya se han ingresado los valores que se requieren, se debe de ingresar en la caja de texto que pide el ID del proyecto, el número que se asignó al proyecto como ID y seleccionar con el puntero el botón guardar, y de esta manera el programa comenzará a ejecutar el llenado de las tablas que se encuentran alojadas en la base de datos tbgbeta,

The screenshot shows a software window titled "Design Preview [Calculocargassensibles]". The main heading is "Calculo de cargas sensibles". Under "Datos Requeridos", there are several sections:

- Paredes (Transferencia de calor):** Includes orientation options (Norte, Sur, Este, Oeste) with radio buttons, "Inserte Area" text boxes, and "Material no Seleccionado" dropdown menus. A "Peso Estimado (kg/m2)" dropdown is also present.
- Ventanas acristaladas (Transferencia de calor):** Similar to walls, with orientation options and "Inserte Area" text boxes.
- Puertas y Aberturas (Transferencia de calor):** Includes orientation options and "Inserte Area" text boxes, along with "Puerta Tipo no Seleccionado" dropdown menus.
- Techo:** Options for "Sin aislar", "5 mm de aislante termico", and "Con camara superior", each with a radio button and "Inserte Area" text box. A "Peso Techo (kg/m2)" dropdown is also included.
- Suelo o Piso:** Options for "Sobre cuartos ocupados", "Sobre sótanos", and "Sobre tierra", each with a radio button and "Inserte Area" text box.

At the bottom, there is a "Valide con ID de proyecto" text box with "Inserte ID" and three buttons: "Guardar", "Siguiente", and "Cancelar".

Fig. 21. Figura de interfaz que representa captura de datos que representan cargas sensibles.

The screenshot shows the same software window, but with different data requirements:

- Ventanas y Puertas (Radiante):** Includes orientation options (Norte, Sur, Este, Oeste, NorEste, NorOeste, Suroeste, SurEste) with radio buttons, "Inserte Area" text boxes, and four radio buttons for "Soleado", "Sombra", "Toldo", and "Toldo".
- Ganancias debidas a los ocupantes:** Includes activity levels (Grado de actividad) such as "Sentados en reposo", "Sentado, trabajo muy ligero", "De pie, marcha lenta", and "Sentado / De pie". Each has a "No Tipo de Aplicacion" dropdown and radio buttons for "Adulto" and "Medio".
- Calor Interno:** Includes input fields for "Luminaria", "Motores", "Ventiladores", "Ganancia de calor por conducto", and "Calor por otros", each with "Inserte valor total de carga" and "kW" labels. A "Horas de funcionamiento" dropdown is also present.

At the bottom, there is a "Valide con ID de proyecto" text box with "Inserte ID" and three buttons: "Guardar", "Siguiente", and "Cancelar".

Fig. 22. interfaz que representa segunda captura de datos que representan cargas sensibles.

### 4.1.3 Calculo De Cargas Latentes

La sección de cálculo de cargas latentes es de las secciones más cortas del software desarrollado, para este caso, los datos requeridos serán el número de personas que se estima ocuparan el local que se estará sometiendo a evaluación de cargas térmicas, y en base a eso se estará eligiendo el caudal de infiltración estimado, los parámetros a tomar en cuenta son,  $72 \text{ m}^3/\text{h}$  para un numero promedio mayor a 30 ocupantes, de  $45 \text{ m}^3/\text{h}$  para un numero promedio entre 25 y 30 ocupantes; de  $28.8 \text{ m}^3/\text{h}$  para un promedio entre 18 y 25 ocupantes, y para un promedio menor a 15 ocupantes seria de  $18 \text{ m}^3/\text{h}$ . Una vez se ha ingresado el número total de ocupantes del local sujeto a evaluación, y seleccionado el caudal de flujo de aire exterior infiltrado, se procede a seleccionar la opción guardar y acción seguida, seleccionar el botón siguiente; para proceder a la acción de evaluación de cargas totales.

The screenshot shows a software window titled "Calculo de Cargas Latentes". The interface is divided into a header and a main content area. The header is green with the title in white. The main content area has a light green background and is titled "Datos Requeridos". It contains several input fields and buttons. On the left, there is a label "Ocupacion del local" with a sub-label "Cantidad" and an empty text input field. Below it is a label "Factor" with a dropdown menu showing "0.65". On the right, there is a label "Infiltracion de aire exterior (m3/h)" with a sub-label "Caudal infiltrado" and a dropdown menu. The dropdown menu is open, showing options: "Flujo Volum...", "Flujo Volumetrico", "72", "45", "28.8", and "18". Below the dropdown is a label "Valide con ID de proyecto" and a button "Inserte ID". At the bottom of the window, there are three buttons: "Guardar", "Siguiente", and "Cancelar".

Fig. 23. interfaz que representa captura de datos para iniciar cálculos de carga latente.

### 4.1.4 Reporte De Evaluación De Cargas

La sección de reporte de evaluación de cargas, es la pantalla final del programa, en esta pantalla podemos obtener el resultado final buscado, y es que acá se obtiene el valor total de las cargas a sustraer por medio del sistema de climatización a elegir de acuerdo a la estimación obtenida. Para proceder con el cálculo, será necesario tener siempre disponible el código del proyecto que se desea evaluar, puede ser este uno que se ha creado previamente, o el que se ha ingresado en

el momento de la prueba del programa, ya que esta última pantalla tendrá acceso a todas las tablas de proyectos guardados anteriormente y así proceder a brindar una estimación de cargas totales ya evaluadas según datos previamente guardados.

La información de la carga total estimada se estará mostrando en esta pantalla y como acción seguida, se puede seleccionar un equipo de climatización basándose en la estimación ya obtenida; con ello también se puede generar un reporte básico en formato PDF con datos del proyecto y de resultados obtenidos para una mejor visualización, y de esta manera proceder al dimensionamiento eléctrico de la instalación a utilizar como la elaboración de una tabla de costos según la eficiencia energética del equipo seleccionado.

Fig. 24. Figura que representa captura de datos para evaluación de cargas, donde sus resultados son arrojados ya en Btu y da la oportunidad al usuario de crear un reporte básico con los resultados de los cálculos y el equipo que se puede utilizar según resultado de cálculo de cargas térmicas hecho.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA  
FIA-UES

Datos generales del proyecto:

Código de Registro	Nombre del Proyecto	Zona	Tipo de Infraestructura
123456	Prueba X	Central	Escuela

Reporte con recomendaciones de eficiencia energética.  
En la tabla siguiente, se muestra los resultados de las cargas totales en Btu:

Código de Proyecto	Valor Carga - Sensible1	Valor Carga - Sensible2	Valor Carga - Latente	Carga Total (Btu)
123456	2227.08	14789.4	91.5	17088.0

Elección de equipo recomendada es la siguiente: 18kBTU - DAIKIN Inverter

Fig. 25. Figura que ilustra resultado de archivo \*.pdf a obtener una vez el software ha realizado las pruebas solicitadas.

## CONCLUSIONES

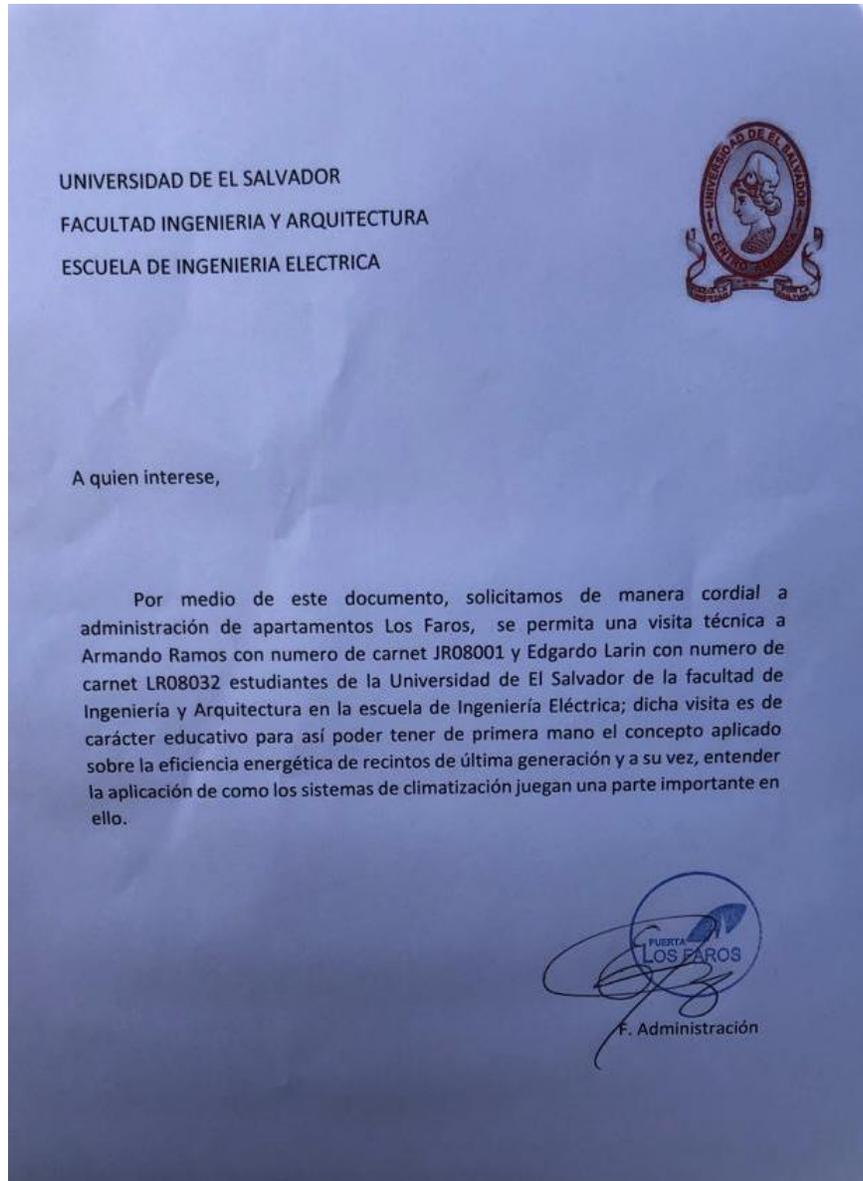
- Mediante la creación del software de cálculo de cargas térmicas, se obtiene un reporte de la carga térmica total a climatizar según el tipo de estructura que se requiere a evaluar, contribuyendo en la reducción de costos para la realización de este tipo de proyectos, para que esto se lleve a cabo se hace uso de métodos matemáticos simplificados para dicho proceso mediante la codificación de las fórmulas matemáticas necesarias para dicha actividad, mediante el uso de lenguaje de programación Java y manejo de datos mediante el uso de lenguaje de programación SQL.
- Mediante la obtención de una recomendación técnica, al analizar las cargas térmicas de “X” zona o área a evaluar, se denota que la selección de los sistemas de climatización VRF (Volumen de refrigerante variable) son una mejor opción debido a su eficiencia debido a la modulación individual de cada aparato interior y por su tecnología de recuperación del calor.
- Mediante la implementación de un sistema VRF (Volumen de refrigerante variable), aspecto positivo que se debe de tomar en cuenta fuertemente, es la contribución económica de los costes de operación del equipo, esto debido a que la caja de control envía a cada unidad el volumen de refrigerante necesario, haciendo así que el compresor, opere con menor potencia mejorando así la eficiencia energética de la instalación.

## RECOMENDACIONES

- Ante la ausencia de una normativa promovida por SIGET que sirva de referencia o manual a seguir para el técnico instalador de sistemas de climatización, se presenta este trabajo como una propuesta de consideraciones a tomar en cuenta al momento de llevar a cabo un estudio de climatización; ya que se basa en un resumen específico que contempla aspectos climatológicos del país que no son considerados al momento de realizar una instalación de aires acondicionados afectando así de manera severa la eficiencia energética de un área específica.
- Al realizar el estudio de investigación y al darnos cuenta que un buen porcentaje de eficiencia energética se pierde ante la mala manipulación e instalación del equipo, en la gran mayoría el instalador de aire acondicionado no está certificado como electricista y comete el error de dimensionamiento de conductor eléctrico del equipo de aire acondicionado, ante esta problemática recomendamos que SIGET dentro de sus categorías de electricista incluya esta rama de instalación de aires acondicionados y dimensionamiento eléctrico según capacidad de equipo.
- Dentro de las buenas prácticas de instalación de aire acondicionado recomendamos trabajar con las tablas presión temperatura, para evitar deficiencia y un alto consumo de energía que puede ser causado por subenfriamiento y sobre calentamiento.

## ANEXOS

- Carta presentada en la administración del edificio apartamentos Los Faros.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



Á quien interese,

Por medio de este documento, como área administrativa de edificio 123 San Benito Drive, se permitió visita técnica a estudiantes en calidad de egresado de la Universidad de El Salvador, Armando Ramos con numero de carnet JR08001 y Edgardo Larin con numero de carnet LR08032, ambos estudiantes de la facultad de Ingeniería y Arquitectura en la Escuela de Eléctrica; en dicha visita con carácter educativo ambos estudiantes tuvieron la oportunidad de primera mano observar el concepto aplicado sobre eficiencia energética en recintos de última generación y a su vez, entender la aplicación de como los sistemas de climatización juegan un parte importante en ello al tener acceso a nuestras instalaciones.

GRUPO RIVERA. S.A. DE C.V.

F. Área Administrativa

## BIBLIOGRAFÍA

- (AEE ahorro y eficiencia energética) [Online]. Disponible: <http://www.eficienciaenergetica.es/que-es-la-eficiencia-energetica/>
- (GREENPYME- eficiencia energética) [Online]. Disponible: <http://greenpyme.iic.org/es/>
- (Consejo Nacional de Energía. –CNE Gobierno de El Salvador) [Online]. Disponible: <http://www.cne.gob.sv>
- (Activa energías renovables) [Online]. Disponible: <http://www.activaenergia.es/blog/item/la-importancia-de-la-eficiencia-energetica>
- Organización Internacional de Normalización, Secretaría Central de ISO “Gana el desafío de la energía con ISO 50001” [Online]. Disponible: [www.iso.org](http://www.iso.org)
- Consejo Nacional de Energía, “Manual de Recomendaciones para el uso eficiente de la energía en el gobierno central” [Online]. Disponible: [www.cne.gob.sv](http://www.cne.gob.sv)
- (Manual de diseño pasivo y eficiencia energética en edificios Públicos) [Online]. Disponible: [www.iconstruccion.cl](http://www.iconstruccion.cl)
- Climas De El Salvador: <https://es.allmetsat.com/clima/guatemala-belice-el-salvador-honduras.php?code=78663>
- REGLAMENTO (UE) 2017/1369 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 4 de julio de 2017 por el que se establece un marco para el etiquetado energético y se deroga la Directiva 2010/30/UE. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R1369&from=EN>