





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA  
INGENIERIA MECÁNICA**

**TÍTULO**

Rediseño de un sistema de climatización en las instalaciones del edificio de operaciones de Momotombo Power Company en base al análisis energético.

**AUTORES**

Br. Orlando David Avendaño Benavidez  
Br. Abner Azael Ríos García.  
Br. Daniel Gonzalo Salinas Ruiz.

**TUTOR**

MSc. Johana Guadalupe Blanco García.

**Managua, 21 de octubre del 2021.**





SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA hace constar que:

AVENDAÑO BENAVIDEZ ORLANDO DAVID

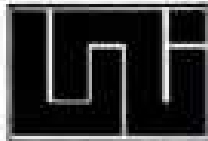
Carne: 2016-0934U Turno Diurno Plan de Estudios 2015 de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es EGRESADO de la Carrera de INGENIERÍA MECANICA.

Se extiende la presente CARTA DE EGRESADO, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los dieciseis días del mes de marzo del año dos mil veinte y uno.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez  
Secretario de Facultad





*Lider en Ciencia y Tecnología*

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA**

**SECRETARÍA DE FACULTAD**

**F-8: CARTA DE EGRESADO**

El Suscrito Secretario de la FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA hace constar que:

**RIOS GARCÍA ABNER AZAEL**

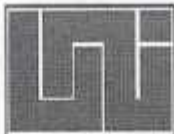
Carne: 2016-0948U Turno Diurno Plan de Estudios 2015 de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es EGRESADO de la Carrera de INGENIERÍA MECÁNICA.

Se extiende la presente CARTA DE EGRESADO, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los dieciseis días del mes de marzo del año dos mil veinte y uno.

Atentamente,

  
Ing. Wilmer José Román Velásquez  
Secretario de Facultad





SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA hace constar que:

SALINAS RUIZ DANIEL GONZALO

Carne: 2016-0320U Turno Diurno Plan de Estudios 2015 de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es EGRESADO de la Carrera de INGENIERÍA MECANICA.

Se extiende la presente CARTA DE EGRESADO, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte y tres días del mes de febrero del año dos mil veinte y uno.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez  
Secretario de Facultad





## DECANATURA

Managua, 12 de marzo de 2021

Brs. Orlando David Avendaño Benavidez

Abner Azael Ríos García

Daniel Gonzalo Salinas Ruiz

Por este medio hago constar que el protocolo de su trabajo monográfico titulado **Rediseño de un sistema de climatización en las instalaciones del edificio de operaciones de Momotombo Power Company en base al análisis energético**, para obtener el título de **Ingeniero Mecánico** y que contará con la **MSc. Johana Guadalupe Blanco García** como tutor, ha sido aprobado por esta Decanatura

Cordialmente,

  
  
**MSc. Lester Antonio Artoja Chavarria**  
Decano

MSc. Lester Artola Chavarría

Decano F.T.I.

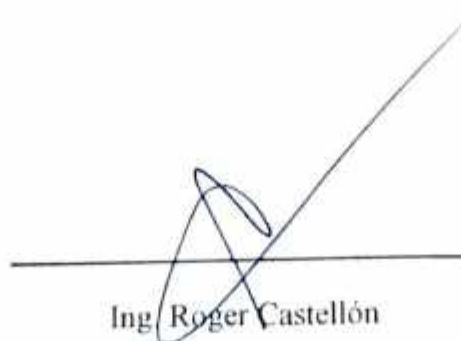
Facultad de Tecnología de la Industria

Sus manos,

La gerencia de planta tiene conocimiento que los Br. Orlando David Avendaño Benavidez, Br. Abner Azael Ríos Garcia y Br. Daniel Gonzalo Salinas Ruiz, actualmente se encuentran elaborando el protocolo de tesis que lleva como título: **“Rediseño de un sistema de climatización en las instalaciones del edificio de operaciones de Momotombo Power Company en base al análisis energético”**, lo cual servirá como tema de monografía para que ellos obtengan su título de Ingeniero Mecánico.

Toda medición eléctrica y/o acceso a áreas específicas de la planta serán previa consulta y autorización al respecto. Nuestra institución se compromete a brindar la información necesaria para llevar a cabo el estudio antes mencionado.

Saludos,



Ing. Roger Castellón

Gerente de Operaciones MPC



### **Agradecimiento**

Agradezco a mi madre **Carmen Lorena Benavidez Orozco**, por apoyarme y persistir en seguir mis sueños y metas, por serme de soporte emocional. Por impulsarme para seguir adelante y nunca darme por vencido, a su vez por su amor incondicional.

A mi padre **José Gerardo Avendaño Benavidez**, por darme el mejor regalo que es la educación, por permitirme y apoyarme en estudiar lo que me apasiona y siempre brindarme esa mano amiga en los momentos de dificultad. Por siempre aconsejarme y ayudarme por todo este proceso y por todo el sacrificio que has hecho para que logre esta meta.

A mi hermana mayor **Erika Lorena Avendaño Benavidez**, por servirme como guía e inspiración durante todo el trayecto de mi vida, además de todo el apoyo brindado hacia mi persona.

Br. Orlando David Avendaño Benavidez

### **Agradecimiento**

Agradezco a **Dios** principalmente, porque me ha brindado la fuerza, la sabiduría e inteligencia para salir adelante. Infinitamente gracias por todas las bendiciones en mi vida, gracias porque me permites cumplir este sueño que tanto anhelaba.

A mi madre **Rosalba Ruiz Ruiz**, siempre ha estado ahí para apoyarme incondicionalmente un amor incomparable e irremplazable muchas veces padre y madre, me impulsa a salir adelante brindándome mucho amor, cariño y consejos.

A mi padre **Daniel Gonzalo Salinas Centeno**, siempre ha estado apoyándome en todo lo que necesite, me ha inculcado las ganas de triunfar y salir adelante en la vida, para ser una persona de bien ante la sociedad.

A mis hermanos, **Juan Carlos Salinas Ruiz**, gracias porque ha sido mi segundo padre a lo largo de mi vida para que pueda salir adelante y cumplir mis sueños. **Guillermo Ramon Salinas**, se ha convertido como mi segundo hermano, gracias por su incondicional apoyo que me brinda para poder triunfar en mi vida.

A mi novia y amiga, **Claudia Fernanda Delgado Pérez** ha estado conmigo en momentos malos y buenos para apoyarme incondicionalmente dándome ánimos de luchar en momentos decisivos de mi vida.

Agradezco a la **Ing. Johana Blanco**, por servir de tutora de esta tesis monográfica y poder cumplir nuestro objetivo de ser ingeniero, a los **docentes en general**, que han sido parte de mi formación profesional en el día a día con sus enseñanzas, y me han preparado para poder afrontar nuevos retos como profesional.

Agradezco a todos mis **amigos y colegas** que se convirtieron como un hermano con quienes siempre nos apoyamos y compartimos para nuestro crecimiento. En fin, muchas gracias a todos ellos que han estado para apoyarme.

Br. Daniel Gonzalo Salinas Ruiz.

### **Agradecimiento**

Primeramente, agradezco a Dios, quien ha sido mi fuerza en los momentos difíciles, quien me brindó la sabiduría e inteligencia para culminar mi carrera. Gracias a él por poner todo en mi camino y por las experiencias que me permitió vivir, las mismas que me han ayudado a crecer como persona y como profesional.

A mi madre **Mary Aydalina García**, mi consejera, quien siempre estuvo al pendiente de mi bienestar, quien me daba aliento cuando sentía que ya no podía, mi motor para salir adelante, gracias a ella por siempre creer en mí y tenerme siempre en sus oraciones.

A mi padre **Jorge Anibal Ríos**, quien siempre me ha apoyado en todo, mi ejemplo a seguir y de quién he aprendido las cosas de la vida, la persona cuyo enfoque siempre ha sido el bienestar de la familia y me ha inculcado todo lo que soy y lo que quiero ser.

Agradezco a todos mis docentes, quienes aportaron parte de su conocimiento para mi formación, a todos aquellos docentes que tuvieron la paciencia para explicar a detalle todas mis dudas que hoy son de mucha utilidad en mi lugar de trabajo, gracias especialmente a la **Ing. Johana Blanco** por servir de tutora de esta tesis monográfica y ser parte de este proceso de culminación de estudios.

Agradezco a todos mis **amigos y ahora colegas** por vivir tantas experiencias que quedan en el recuerdo y siempre irán conmigo a donde vaya, gracias a todos ellos que siempre me apoyaron cuando lo necesité y siempre me daban palabras de ánimo.

Br. Abner Azael Ríos García

## Dedicatoria

*Br. Orlando David Avendaño Benavidez*

Dedico esta tesis monográfica primeramente a mi padre, **José Gerardo Avendaño Galeano** y a mi madre **Carmen Lorena Benavidez Orozco**; quienes fueron los promotores principales para poder lograr esta meta. A su vez, como muestra de agradecimiento por todo el sacrificio y esfuerzo que me han brindado para lograr ser el profesional que soy ahora. Por servirme de apoyo y guía durante tantos años, aconsejándome durante los momentos difíciles y compartiendo los momentos alegres.

También agradezco a mi hermana mayor **Erika Lorena Avendaño Benavidez**, por servirme como fuente de inspiración y guía durante todo este trayecto.

*Br. Daniel Gonzalo Salinas Ruiz.*

Dedico esta tesis monográfica especialmente a **Dios**, porque a pesar de muchas dificultades y sacrificio sin ti nada sería posible señor. A mi **familia** (madre, padre y hermano) nunca me han dejado solo con mucho amor y sacrificio me ha apoyado incondicionalmente, aunque mi padre no esté conmigo en este momento de mi vida también es de él todo lo que soy y he logrado con mucha humildad y sacrificio para que yo pueda salir adelante. Les dedico esta tesis monográfica con mucho amor y sacrificio.

*Br. Abner Azael Ríos García.*

En primer lugar, agradezco a Dios Todopoderoso que me ha concedido vida para lograr llegar hasta este momento luego de tan gran travesía, Dedico esta monografía a mis padres **Jorge Anibal Ríos** y **Mary Aydalina García**, quienes han sido pilar importante durante toda mi vida con sus consejos y apoyo, quienes con mucho esfuerzo lograron darme todo lo que necesité para alcanzar mis metas. A todas aquellas personas que me brindaron la mano cuando lo necesité y siempre estuvieron para mí con su apoyo, sus consejos y sus oraciones.

## **Resumen**

El presente proyecto monográfico se realiza para proponer un rediseño en el sistema de climatización en las instalaciones del edificio de operaciones de Momotombo Power Company, con el objetivo de lograr mantener el confort requerido para realizar sus actividades laborales.

Para realizar ese rediseño se utiliza el método de diferencia de temperatura de la carga de enfriamiento/ factor de carga de enfriamiento (CLTD/CLF). Con el cual, se determina el total de las cargas térmicas de todo el edificio de operaciones, dando como resultado, 929,321,52 Btu/h (77.44 Ton).

Para poder satisfacer la demanda del edificio de operaciones se propone la instalación de una unidad centralizada de 525,000 Btu/h (45 Ton). Esta unidad, estará en paralelo con los equipos actualmente instalados, los cuales son 2 unidades centralizadas de 230,000 Btu/h (20 Ton) cada una.

Se aprovecha el diseño arquitectónico del lugar, ya que el edificio presenta las condiciones estructurales para el rediseño de sistema de ductos. Para el diseño de ductería se utiliza el software CYPE el cual presenta diversas herramientas de diseño: IFC Builder, Cypetherm Loads y Cypetherm HVAC.

Para calcular el costo total energético y determinar la viabilidad de adquisición del equipo debido a una mayor eficiencia energética, se realiza un análisis técnico-económico basándose en los equipos ya instalados, a su vez la instalación de la nueva unidad centralizada para cubrir la demanda.

## Abreviatura y significado

<b>A:</b> área	<b>HR:</b> humedad relativa
<b>FB:</b> factor de derivación	<b>h:</b> entalpía específica
<b>BH:</b> temperatura de bulbo húmedo	<b>hf:</b> entalpía específica del líquido saturado
<b>Btu:</b> unidad térmica británica	<b>hfg:</b> calor latente de evaporación
<b>BS:</b> temperatura de bulbo seco	<b>hg:</b> entalpía específica del vapor saturado
<b>°C:</b> grados Celsius	h: horas
<b>C:</b> coeficiente de pérdida	in: pulgadas
<b>C:</b> coeficiente térmico	<b>J:</b> Joules
<b>Cp:</b> factor de corrección para grados día	<b>K:</b> conductancia por unidad de longitud
<b>Cf:</b> factor de corrección para eficiencia de equipo a carga parcial	<b>K:</b> factor de corrección por color de superficie
<b>CFM:</b> ft <sup>3</sup> /min	<b>K:</b> grados Kelvin
<b>CLF:</b> factor de carga de enfriamiento	<b>KW:</b> kilowatt
<b>CLTF:</b> diferencia de temperatura de carga de enfriamiento	<b>k:</b> conductancia térmica
<b>CLTDe:</b> diferencia de temperatura de carga de enfriamiento, corregida	<b>kg:</b> kilogramos
c: calor específico	<b>L:</b> longitud
<b>TC:</b> cambio de temperatura	<b>LM:</b> factor de corrección por latitud y mes
d: densidad	<b>lb:</b> libras
<b>DT:</b> diferencia de temperatura	<b>m:</b> masa
<b>E:</b> eficiencia	<b>m:</b> metros
<b>EER:</b> relación de eficiencia energética	<b>N:</b> newtons
<b>ETD:</b> diferencia de temperatura equivalente	<b>N:</b> velocidad, revoluciones por minuto
<b>°F:</b> grados Fahrenheit	<b>NC:</b> criterio de ruido
<b>Fc:</b> factor de corrección para transferencia de calor a los alrededores	<b>NPSH:</b> carga neta positiva de succión
<b>FC:</b> factor de contacto	<b>N:</b> número de personas
<b>f:</b> factor de fricción	<b>p:</b> potencia
<b>f:</b> factor de corrección para ventilación de cielo raso	<b>Pa:</b> pascal
<b>ft:</b> pie	<b>p:</b> presión
<b>GPM:</b> galones por minuto	<b>Pabs:</b> presión absoluta
<b>g:</b> aceleración de la gravedad	<b>Patm:</b> presión atmosférica
<b>Hf:</b> pérdida de fricción	<b>Pg:</b> presión manométrica
<b>Hp:</b> carga de bomba o ventilador	<b>Pvac:</b> presión de vacío
<b>HP:</b> caballos de fuerza	<b>psia:</b> libras por pulgada cuadrado, presión absoluta
	<b>psig:</b> libras por pulgada cuadrada, presión manométrica

**Q:** calor, velocidad de transferencia de calor  
**Ql:** calor latente  
**Qs:** calor sensible  
**Qt:** calor total  
**R:** grados Rankine  
**R:** resistencia térmica  
**R:** constante de los gases  
**R:** factor de recuperación  
**RLHG:** ganancia de calor latente del recinto  
**RSHG:** ganancia de calor sensible del recinto  
**RSHR:** relación de calor sensible para el recinto  
**RTHG:** ganancia de calor total del recinto  
**SC:** coeficiente de sombra  
**SEER:** coeficiente de eficiencia energética

**SHGF:** factor de ganancia de calor solar  
**SHR:** relación de calor sensible  
**SPR:** recuperación de presión estática  
**s.g.:** gravedad específica  
**s.:** segundos  
**T:** temperatura absoluta  
**t:** temperatura  
**U:** coeficiente general de transferencia de calor  
**V:** volumen  
**v:** velocidad  
**VFR:** flujo volumétrico  
**W:** trabajo  
**W:** watts  
**W:** relación de humedad absoluta  
**w:** peso  
**w.g.:** columna de agua

## Índice

I.	Introducción.....	1
II.	Antecedentes.....	2
III.	Objetivos.....	4
3.1	Objetivo General:.....	4
3.2	Objetivos Específicos: .....	4
IV.	Marco Teórico.....	5
4.1	¿Quién inventó el aire acondicionado?.....	5
4.2	Definiciones Generales de Refrigeración.....	6
5.3	Funcionamiento del ciclo de refrigeración.....	6
5.3.1	Válvula de expansión.....	7
5.3.2	Evaporador.....	7
5.3.3	Compresor.....	8
5.3.4	Condensador.....	8
5.4	Mecanismos de transferencia de calor.....	8
5.4.1	Conducción.....	8
5.4.2	Convección.....	9
5.4.3	Radiación.....	9
5.5	Cálculos de cargas de enfriamiento.....	10
5.6	Refrigerantes.....	12
5.7	Psicrometría.....	16
5.8	Tipos de sistemas de aire acondicionado.....	19
5.9	Sistema de distribución de aire- Cálculos de conductos.....	21
5.10	Tecnologías Modernas y Eficiencia Energética en Aire Acondicionado.....	23
5.11	Criterios necesarios para seleccionar un Aire Acondicionado.....	25
5.12	La estandarización del confort.....	26
V.	Hipótesis y Variables.....	27
VI.	Diseño Metodológico.....	28
VII.	Análisis y presentación de resultados.....	30
7.1	Condiciones de diseño.....	30
7.1.1	Parámetros las condiciones de diseño exterior.....	30
7.1.2	Parámetros las condiciones de diseño interior.....	34
7.2	Características del local a acondicionar.....	36



7.3	Memoria de cálculo de cargas térmica.....	37
7.3.1	Ganancia de calor por paredes.....	37
7.3.2	Ganancia de calor por conducción de entepiso superior.....	43
7.3.3	Ganancia de calor por conducción de vidrios.....	43
7.3.4	Ganancia de calor por radiación a través de vidrio .....	45
7.3.5	Ganancia de calor por iluminación.....	47
7.3.6	Ganancia de calor por personas .....	47
7.3.7	Ganancia de calor por equipo.....	48
7.3.8	Ganancia de calor por infiltración (Método de cambio de aire) .....	49
7.3.9	Transferencia de calor a los alrededores .....	51
7.4	Factor de seguridad para la carga térmica de enfriamiento .....	53
7.5	Cálculo de ganancia de calor total del recinto.....	53
7.6	Tabla 23. Resumen de las cargas térmicas totales de la planta 1, después del factor de corrección, también considerando el factor de seguridad. ....	54
7.7	Tabla 27. Resumen de las cargas térmicas totales de la planta 2, después de los factores de corrección, también considerando el factor de seguridad.....	60
7.8	Tabla 33. Resumen de las cargas térmicas totales de la planta 3, después de los factores de corrección, también considerando el factor de seguridad.....	69
7.9	Tabla 34. Resumen de las cargas térmicas totales del Edificio de Operaciones Momotombo Power Company (Planta 1, Planta 2 y Planta 3). ....	69
VIII.	Cálculo de ductos.....	71
8.1	Flujo de ventilación – CFM (ft <sup>3</sup> /min) .....	71
8.2	Niveles de ruido.....	71
8.3	Velocidad del aire por ductos.....	73
8.4	Caudal de Impulsión .....	73
8.5	Caudal de retorno .....	74
8.6	Método de igual fricción para dimensión de ductos.....	74
8.7	Dimensionamiento de ductos CCM.....	74
8.7.1	Flujo de ventilación CCM.....	74
8.7.2	Niveles de ruido CCM.....	75
8.7.3	Velocidad del aire por ductos CCM.....	75
8.7.4	Caudal de impulsión CCM .....	75
8.7.5	Caudal de retorno CCM.....	76
8.7.6	Dimensiones de ductos CCM .....	76

8.8	Dimensionamiento de ductos Recintos .....	77
8.8.1	Flujo de ventilación Recintos .....	77
8.8.2	Niveles de ruido Recintos .....	78
8.8.3	Velocidad del aire por ductos Recintos .....	78
8.8.4	Caudal de impulsión Recintos .....	79
8.8.5	Caudal de retorno Recintos .....	79
8.8.6	Dimensiones de ductos Recintos.....	79
8.9	Dimensionamiento de conductos con Software CYPE .....	80
8.9.1	Interfaz de inicio .....	80
8.9.2	Interfaz IFC Builder.....	81
8.9.3	Interfaz Cypetherm Loads.....	82
8.9.4	Interfaz Cypetherm HVAC .....	84
9.10.	Costo de materiales e instalación de ductos.....	86
IX.	Selección del sistema y equipo de aire acondicionado.....	86
9.1	RSHR o línea de condiciones .....	88
9.2	Análisis psicométrico completo del diseño.....	88
9.3	Consumo energético del equipo instalado .....	94
9.4	Factor de utilización.....	95
9.5	Propuesta para el proyecto presente .....	96
X.	Análisis técnico-económico del proyecto .....	97
XI.	Manual de instalación, operación y mantenimiento .....	103
11.1	Puntos de verificación preliminar .....	104
11.2	Instalación .....	104
11.3	Conexiones.....	105
11.4	Instalación de las piezas de la bancada de soporte.....	107
11.5	Puesta en marcha.....	113
11.6	Diagrama del cableado.....	119
11.7	Códigos de seguridad y de error.....	140
XII.	Conclusiones.....	141
XIII.	Recomendaciones .....	142
XIV.	Bibliografía .....	143
XV.	Anexos.....	145



## I. Introducción

En la actualidad, el acondicionamiento del aire ha evolucionado en cuanto al confort humano, conforme a los cambios climáticos que presenta nuestro planeta; y Nicaragua no es la excepción, en donde hay un recalentamiento y altas temperaturas en tiempo de verano, siendo la región del pacífico con mayor intensidad. A la misma vez, el consumo de energía se vuelve mayor; siendo así, los nuevos prototipos de unidades climatizadoras tienen el reto de disminuir este consumo y mejorar la eficiencia.

El presente proyecto se enfoca en Rediseñar el Sistema de climatización en las instalaciones del edificio de operaciones de Momotombo Power Company, cuyo principal propósito es brindar a la empresa una posible solución, en cuanto a la problemática de distribución uniforme del flujo de aire climatizado para mejorar las condiciones de trabajo.

En el documento se encuentra la evolución histórica de este, además se describen 3 estudios referentes a sistemas de climatización, los cuales sirven como base para la elaboración del presente. Establece la importancia y el propósito por el cual se realiza este estudio, que conlleva a mejorar las condiciones del entorno laboral.

Seguidamente se plantean los alcances a los que se pretende llegar con este proyecto mediante análisis de cálculos y selección de equipos; con bases técnicas y teóricas para el análisis y selección de sistemas de climatización.

Se plantean las posibles soluciones y beneficios que tendrá la empresa si llegase a implementar el proyecto propuesto. Al final se describen los pasos a realizar en la elaboración del proyecto, estos partiendo desde el levantamiento en el edificio, cálculos de cargas térmicas hasta el dimensionamiento de la red de ductería para el rediseño del sistema de climatización, garantizando la satisfacción y comodidad a los usuarios que hagan uso de este edificio.



## II. Antecedentes

La Planta Momotombo Power Company está ubicada en las faldas del volcán Momotombo, lado sur; la cual fue fundada en el año 1983. El edificio de operaciones cuenta con 16 locaciones; las cuales están divididas de la siguiente manera: el primer y segundo piso dispone de 5 zonas y el tercer piso 6 zonas.

Cuando la planta inició a ser construida, instalaron una unidad climatizadora en el edificio de operaciones la cual satisfacía las necesidades del local. Al paso del tiempo, esta unidad presentó diversos problemas técnicos y fue sustituida por una más moderna seleccionada de forma empírica.

Actualmente, el edificio cuenta con dos unidades climatizadora RoofTop Lennox, Modelo LCH240H4B. Estas unidades presentan problemas en el sistema de ductería, también existen fallos en el diseño del sistema de climatización, puesto que hay ciertas áreas donde el ambiente no se encuentra regulado por las unidades, este cuenta con locaciones donde se encuentran equipos eléctricos y estos deben mantenerse bajo una temperatura regulada y el diseño actual no presta las condiciones adecuadas.

Investigando objetos de estudios similares el Ing. Marcelo Herrero Aragón (2007) del Instituto Tecnológico de Costa Rica, propone a través del proyecto: “Diseño de un sistema de aire acondicionado para las oficinas administrativas”, una propuesta y la evaluación de un sistema de aire acondicionado para las Oficinas Administrativas de la empresa H.A. Paper & Board.

Durante ese estudio encontró que la alta temperatura en horas laborales, inciden en el rendimiento del personal de oficinas, y el riesgo de un sobrecalentamiento en los equipos de cómputo, es por ello que se realizó dicho proyecto para estimar la carga térmica del recinto, la unidad de acondicionamiento más adecuada para el lugar, la red de ductos y las condiciones idóneas de confort por alcanzar con un sistema de aire acondicionado.

Moreno, González y Tórrez (2019), de la Universidad Nacional de Ingeniería, realizaron su monografía: “Diseño de un sistema de climatización en las instalaciones de la empresa Cero Grados Nicaragua S.A.”, en la cual plantearon que a través de la correcta estimación de carga térmica y adecuada selección de



los equipos, les permitió mantener condiciones de confort, en el nuevo edificio de la empresa Cero Grados Nicaragua S.A., dicho estudio da una pauta para el análisis de los cálculos de cargas térmicas presentes en el edificio de operaciones de la Planta Momotombo Power Company.

La Ing. Alaiga Saldaña (2000), de la Universidad Nacional de Ingeniería de Perú, realizó un proyecto titulado: "Rediseño e instalación de aire acondicionado para un hotel de 1,200 ton de refrigeración" en el cual justificó que este proyecto nace como consecuencia del menester de cubrir las necesidades del confort humano.

Este trabajo establece una referencia hacia el diseño de ductos y diseño de sistema de tuberías. Además, enfatiza que la importancia de este sistema radica en que se bombea la cantidad necesaria de agua para el enfriamiento en vez de otro tipo de refrigerante, a la unidad terminal, de acuerdo a la carga térmica que tenga que eliminar. De esta manera, pudo cubrir todas las necesidades del lugar y establecer todas las condiciones de control.



### III. Objetivos

#### 3.1 Objetivo General:

- ) Rediseñar un sistema de climatización en las instalaciones del edificio de operaciones de Momotombo Power Company en base al análisis energético.

#### 3.2 Objetivos Específicos:

- ) Estimar las cargas térmicas a través el método de diferencia de temperatura para cargas de enfriamiento que conlleva a la correcta selección de los equipos de climatización.
- ) Representar a través de planos el dimensionamiento de la red de ductería con el fin de la distribución uniforme de flujo de aire climatizado.
- ) Comparar el rendimiento de los equipos actualmente instalados con respecto al propuesto mediante el análisis de consumo energético, con el propósito de la viabilidad del proyecto.



#### IV. Marco Teórico

Durante miles de años el hombre advirtió que las corrientes de aire mitigaban el calor, pero era incapaz de hacer algo al respecto. Llegó un día, en que comenzó a pensar cómo podría disminuir la temperatura del ambiente a su antojo. (CurioSfera, 2020).

El primer acondicionador fue idea de un mercader de Babilonia que hace cuatro mil años se fijó en que la baja humedad del aire da lugar a una rápida evaporación que enfría el ambiente.

Varias civilizaciones antiguas enfriaron sus palacios de esa manera: al ponerse el sol, los criados regaban el suelo y las paredes para que la evaporación resultante, combinada con el enfriamiento de la noche, aliviara el calor. (CurioSfera, 2020).

##### 4.1 ¿Quién inventó el aire acondicionado?

En 1859, Edmundo y Fernando Carré abrieron la posibilidad del acondicionador de aire moderno o aparato productor de frío por absorción. (CurioSfera, 2020).

En 1884, Lord Kelvin, invento el principio del aire acondicionado con el objetivo de conseguir un ambiente agradable y sano, el científico creo un circuito frigorífico hermético, basado en la absorción del calor a través de un gas refrigerante (Báez, 2006). Sin embargo, Willis H. Carrier, fue el gran precursor del aire acondicionado. Carrier, que hizo realidad el sueño americano, tras haber sido mozo de granja consiguió una beca para estudiar en la Universidad de Cornell, donde se sintió fascinado por la posibilidad de manipular la temperatura, dedicándose a experimentar en los acondicionadores de aire, y demostrando que la refrigeración podía introducirse en las casas y mitigar los estragos del calor. (CurioSfera, 2020).

En 1902, sentó las bases de la refrigeración moderna y al encontrarse con los problemas de la excesiva humidificación del aire enfriado, desarrollo el concepto de climatización de verano en 1911, Carrier, reveló su fórmula racional Psicométrica básica, a la Asociación Americana De Ingenieros Mecánicos, la formula hoy en día sigue siendo la base de todos los cálculos fundamentales para la industria del aire acondicionado. En 1928 desarrollo el primer equipo que enfriaba, calentaba, limpiaba y hacia circular el aire para casas y departamentos (Báez, 2006).



## 4.2 Definiciones Generales de Refrigeración

**5.2.1 Aire Acondicionado:** Es aquel equipo cuya función es procesar y regular las condiciones del aire en cuanto a temperatura se refiere (calefacción o refrigeración), humedad, limpieza (renovación y filtrado) y controlando el flujo de aire en un local. (Ecured, 2015).

**5.2.2 Climatización:** Creación de condiciones de temperatura, humedad e higiene del aire adecuadas para conseguir el confort y comodidad dentro de un hábitat determinado. (Construmatica, 2015).

**5.2.3 Calor:** Se define como la forma de energía que se transfiere entre dos sistemas (o entre un sistema y el exterior) debido a una diferencia de temperatura. (Cengel, 2012, pág. 60).

**5.2.4 Calor sensible:** Es el calor utilizado por el refrigerante para aumentar su temperatura, ya sea que esté en fase líquida o de vapor; es decir, por abajo o arriba de su temperatura de saturación. Cuando está en forma de vapor, este calor le ocasiona el sobrecalentamiento al refrigerante (VALYCONTROL, S.A. DE C.V, S.F, pág. 55).

**5.2.5 Calor latente de evaporación:** Cantidad de calor requerido por un kg de sustancia, para cambiar su estado de líquido a vapor (VALYCONTROL. S.A. DE C.V, S.F, pág. 265).

**5.2.6 Presión:** La fuerza normal que ejerce un fluido por unidad de área y tiene como unidad newton por metro cuadrado ( $N/m^2$ ), también conocida como pascal (Pa). (Cengel, 2012, pág. 21).

**5.2.7 Temperatura:** Es una medida de la actividad térmica en un cuerpo. Esta actividad depende de la velocidad de las moléculas y demás partículas de las cuales se compone toda materia (Pita E. G., 1994, pág. 28).

## 5.3 Funcionamiento del ciclo de refrigeración

El ciclo de refrigeración consiste, gracias un conjunto de elementos, en absorber calor del medio que deseamos que sea refrigerado y transferir este calor posteriormente al ambiente mediante la circulación de un fluido refrigerante, generado mediante un trabajo. (Ver figura 1 *Ciclo de refrigeración*). Este fluido refrigerante consta de unas características u otras en función del seleccionado, lo



que le transfiere unas cualidades más o menos ventajosas a la hora de transmitir energía en unas determinadas condiciones de presión y temperatura. (Inditer, 2020).

El ciclo de refrigeración simple se compone de cuatro procesos fundamentales, que son: control y expansión, evaporación, compresión, condensación (Balladares F., Balladares L. y Jarquín H., 2016, pág. 10).



**Figura 1:** Ciclo de Refrigeración. Nota: Tomado de Inditer, 2020

Se presentará una breve explicación de los equipos que forman parte de un ciclo de refrigeración básico.

### 5.3.1 Válvula de expansión

Su función es la de generar una caída de presión entre el condensador y el evaporador. A la válvula de expansión únicamente le puede llegar líquido, por lo que es habitual encontrar un recipiente de líquido a la salida del condensador para asegurarse que no existe presencia de gas en la entrada de dicha válvula. (Inditer, 2020).

### 5.3.2 Evaporador

En la etapa de evaporación, el refrigerante absorbe el calor del espacio que lo rodea y por consiguiente lo enfría. Esta etapa tiene lugar en un componente denominado evaporador, el cual es llamado así debido a que en el refrigerante se evapora, cambia de líquido a vapor (Balladares F., Balladares L. y Jarquín H., 2016, pág. 11).

### 5.3.3 Compresor

Su función es la de comprimir los gases provenientes del evaporador, elevando con ello su presión y por tanto su temperatura. A la salida del compresor, el refrigerante estará a una presión elevada y con una temperatura por encima del foco caliente, por lo tanto, apto para entrar en el condensador. (Inditer, 2020).

### 5.3.4 Condensador

La etapa de condensación del ciclo se efectúa en una unidad llamada “condensador” que se encuentra localizado en el exterior del espacio refrigerado. Aquí el gas refrigerante a alta presión y alta temperatura, rechaza calor hacia el medio ambiente (es enfriado por una corriente de agua o de aire), cambiando de gas a líquido frío y a una alta presión (Balladares F., Balladares L. y Jarquín H., 2016, pág. 11).

### 5.4 Mecanismos de transferencia de calor

Un análisis termodinámico se interesa en la cantidad de transferencia de calor conforme un sistema pasa por un proceso, de un estado de equilibrio a otro. La transferencia de energía como calor siempre se produce del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja, y la transferencia de calor se detiene cuando los dos medios alcanzan la misma temperatura.

El calor se puede transferir en tres modos diferentes: conducción, convección y radiación. (Cengel, 2007, pág. 17).

#### 5.4.1 Conducción

La conducción es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre esas partículas. La conducción puede tener lugar en los sólidos, líquidos o gases. (Cengel, 2007, pág. 17).

La razón de la conducción de calor a través de una capa plana es proporcional a la diferencia de temperatura a través de ésta y al área de transferencia de calor, pero es inversamente proporcional al espesor de esa capa; es decir,

$$R_{\text{conducción}} \propto \frac{(Área)(Diferencia\ de\ temperatura)}{E}$$

o bien,

$$\dot{Q}_{\text{con}} = k \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} = -k \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (W)$$



### Ecuación 1.

En donde la constante de proporcionalidad  $k$  es la conductividad térmica del material, que es una medida de la capacidad de un material para conducir calor. (Cengel, 2007, pág. 18).

#### 5.4.2 Convección

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección. (Cengel, 2007, pág. 25).

A pesar de la complejidad de la convección, se observa que la rapidez de la transferencia de calor por convección es proporcional a la diferencia de temperatura y se expresa,

$$\dot{Q}_c = hA_s(T_s - T_\infty) \quad (W)$$

### Ecuación 2.

En donde  $h$  es el coeficiente de transferencia de calor por convección, en  $W/m^2 \cdot ^\circ C$  o  $Btu/h \cdot ft^2 \cdot ^\circ F$ ,  $A_s$  es el área superficial a través de la cual tiene lugar la transferencia de calor por convección,  $T_s$  es la temperatura de la superficie y  $T_\infty$  es la temperatura del fluido suficientemente alejado de esta superficie. (Cengel, 2007, pág. 26).

#### 5.4.3 Radiación

La radiación es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones) como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de calor por radiación no requiere la presencia de un medio interventor. (Cengel, 2007, pág. 27).

La razón máxima de la radiación que se puede emitir desde una superficie a una temperatura termodinámica  $T_s$  (en K o R) es expresada por la ley de Stefan-Boltzmann como:

$$\dot{Q}_e, \text{ máx} = \sigma A_s T_s^4 \quad (W)$$

### Ecuación 3.



donde  $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ , o bien,  $0.1714 \times 10^{-8} \text{ Btu/h} \cdot \text{ft}^2 \cdot \text{R}^4$  es la constante de Stefan-Boltzmann. La superficie idealizada que emite radiación a esta razón máxima se llama cuerpo negro y la radiación emitida por éste es la radiación del cuerpo negro. La radiación emitida por todas las superficies reales es menor que la emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura (Cengel, 2007, pág.28) y se expresa como:

$$\dot{Q}_e = \varepsilon A_s T_s^4 \quad (W)$$

**Ecuación 4.**

### **5.5 Cálculos de cargas de enfriamiento**

El interior de un edificio gana calor debido a varias fuentes. Si la temperatura y humedad del aire en los recintos se deben mantener a un nivel confortable, se debe extraer calor para compensar las ganancias mencionadas. (Pita E. G., 1994, pág. 133)

#### **5.5.1 Ganancias de calor en recintos**

Los componentes que contribuyen a la ganancia de calor en el recinto son los siguientes:

1. Conducción a través de paredes, techo y vidrios al exterior.
2. Conducción a través de divisiones internas, cielos rasos y pisos.
3. Radiación solar a través de vidrios.
4. Alumbrado.
5. Personas.
6. Equipos.
7. Infiltración del aire exterior a través de aberturas.

Conviene agrupar en dos partes esas ganancias de calor: las que proceden de fuentes externas al recinto, y las que se generan internamente. Según la descripción anterior se ve que los puntos 1 a 3 son ganancias de calor externo, y los puntos 4 a 6 son ganancias de calor interno. Se puede considerar que la infiltración es una clase separada.

También conviene agrupar las ganancias de calor en dos grupos distintos: ganancias de calor sensible y de calor latente. Los puntos 1 a 4 solo son ganancias de calor sensible. Los puntos 5 y 7 son ganancias en parte de calor sensible y en



parte de calor latente, y el punto 6 puede entrar en cualquiera de las categorías o en ambas, dependiendo del tipo de equipo (Pita E. G., 1994, pág. 135).

### 5.5.2 Conducción de calor a través de estructura exterior

Las ganancias de calor por conducción a través de paredes, techo y vidrios que dan al exterior se calculan con la siguiente ecuación:

$$Q_E = U * A * D \quad E_e$$

**Ecuación 5.**

(Pita E. G., 1994, pág. 136)

### 5.5.3 Conducción a través de estructura interior

El calor que pasa desde los espacios interiores sin acondicionamiento hasta los espacios acondicionados a través de divisiones, pisos y cielos rasos se puede calcular con la ecuación.

$$Q_{Ei} = U * A * D$$

**Ecuación 6.**

(Pita E. G., 1994, pág. 142)

### 5.5.4 Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento

Es una diferencia de temperatura que toma en cuenta el efecto de almacenamiento de calor. Se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$D = [(D_{ext} + L)] * K + (78 - t_R) + (t_0 - 85) * f$$

**Ecuación 7.**

(Pita E. G., 1994, pág. 136)

### 5.5.5 Radiación Solar a través de vidrios

La energía radiante del sol pasa a través de materiales transparentes como el vidrio y se transforma en ganancia de calor al recinto. Su valor varía con la hora, la orientación, el sombreado y el efecto de almacenamiento. La ganancia neta de calor se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q = F_{solar} * A * C * F$$

**Ecuación 8.**

(Pita E. G., 1994, pág. 142)

### 5.5.6 Ganancia de calor por alumbrado

La ecuación para calcular la ganancia debida al alumbrado es:



$$Q = 3.412 * W * F * F$$

**Ecuación 9.**

(Pita E. G., 1994, pág. 149)

### 5.5.7 Ganancia de calor por personas

La ganancia de calor debida a las personas se compone de dos partes: el calor sensible y el calor latente que resulta de la transpiración. Algo del calor sensible se puede absorber por el efecto de almacenamiento de calor, pero no el calor latente. Las ecuaciones para las ganancias de calor sensible y latente originado en las personas son:

$$Q_s = q_s * n * F$$

**Ecuación 10**

$$Q_l = q_l * n * F$$

**Ecuación 11**

(Pita E. G., 1994, pág. 151)

### 5.5.8 Ganancia de calor por equipos

La ganancia de calor debida al equipo se puede calcular en ocasiones en forma directa consultando al fabricante o a los datos de placa, tomando en cuenta si su uso es intermitente. Algunos equipos producen tanto calor sensible como latente (Pita E. G., 1994, pág. 151).

### 5.5.9 Ganancia de calor por infiltración

La infiltración de aire a través de fisuras en las ventanas o puertas ocasiona una ganancia de calor, tanto sensible como latente, en el recinto. La mayor parte de los sistemas de acondicionamiento de aire en el verano tienen ventilación mecánica que emplea algo de aire del exterior, con lo cual se reduce o se elimina la infiltración, porque se crea una presión positiva de aire dentro de la construcción. En este caso, el aire de ventilación no es una carga en el recinto, sino una carga para el equipo central de enfriamiento (Pita E. G., 1994, pág. 156).

## 5.6 Refrigerantes

### 5.6.1 Definición

De manera general, un refrigerante es cualquier cuerpo o sustancia que actúe como agente de enfriamiento, absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia. Desde el



punto de vista de la refrigeración mecánica por evaporación de un líquido y la compresión de vapor, se puede definir al refrigerante como el medio para transportar calor desde donde lo absorbe por ebullición, a baja temperatura y presión, hasta donde lo rechaza al condensarse a alta temperatura y presión.

Los refrigerantes son los fluidos vitales en cualquier sistema de refrigeración mecánica. Cualquier sustancia que cambie de líquido a vapor y viceversa, puede funcionar como refrigerante, y dependiendo del rango de presiones y temperaturas a que haga estos cambios, va a tener una aplicación útil comercialmente. (VALYCONTROL, S.A. DE C.V, S.F, pág. 136).

### 5.6.2 Identificación de refrigerantes

Los refrigerantes se identifican por números después de la letra R, que significa "refrigerante". El sistema de identificación ha sido estandarizado por la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers). Es necesario estar familiarizado con los números, así como con los nombres de los refrigerantes. (VALYCONTROL, S.A. DE C.V, S.F, pág. 139).

En la *Tabla 1* se presentan los nombres de los refrigerantes:

**Tabla 1.** Designación de números a los principales refrigerantes. (VALYCONTROL S.A, DE C.V, S.F, pág. 140).

No.	NOMBRE QUÍMICO	FORMULA QUÍMICA			
	<b>Serie Metano</b>		<b>Hidrocarburos</b>		
10	Tetraclorometano (tetracloruro de carbono)	CCl <sub>4</sub>	290	Propano	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
11	Tricloromonofluorometano	CCl <sub>3</sub> F	600	Butano	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
12	Diclorodifluorometano	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	600a	2-Metilpropano (isobutano)	CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
13	Clorotrifluorometano	CClF <sub>3</sub>		<b>Compuestos Inorgánicos</b>	
20	Triclorometano (clorocloroformo)	CHCl <sub>3</sub>	702	Hidrógeno	H <sub>2</sub>
21	Diclorofluorometano	CHCl <sub>2</sub> F	709	Helio	He
22	Clorodifluorometano	CHClF <sub>2</sub>	717	Argón	Ar
23	Trifluorometano	CHF <sub>3</sub>	718	Aguá	H <sub>2</sub> O
30	Diclorometano (cloruro de metileno)	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	723	Neón	Ne
40	Clorometano (cloruro de metilo)	CH <sub>3</sub> Cl	725	Nitrogeno	N <sub>2</sub>
50	Metano	CH <sub>4</sub>	732	Oxígeno	O <sub>2</sub>
	<b>Serie Etano</b>		744	Bóxido de Carbono	CO <sub>2</sub>
110	1,1-Dicloroetano	CCl <sub>2</sub> CCl <sub>3</sub>	764	Bóxido de Azufre	SO <sub>2</sub>
113	1,1,2-Triclorotrifluoroetano	CCl <sub>2</sub> FCClF <sub>2</sub>		<b>Mezclas Zeotrópicas</b>	
115	Cloropentafluoroetano	CClF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	400	R-12(114)(60/47)	
123	2,2-Dicloro-1,1,1-Trifluoroetano	CHCl <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	401A	R-22(152a)(124)(53)(1334)	
134a	1,1,1,2-Tetrafluoroetano	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	401B	R-22(152a)(124)(61)(1123)	
141b	1,1-Dicloro-1-fluoroetano	Cl <sub>2</sub> CCl <sub>2</sub> F	402A	R-72(125)(30)(36)(602)	
150a	1,1-Dicloroetano	CH <sub>3</sub> CHCl <sub>2</sub>	402D	R-22(125)(290)(30)(362)	
152a	1,1-Difluoroetano	CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub>	404A	R-125(143a)(134a)(49)(524)	
160	Cloroetano (cloruro de etilo)	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> Cl	407A	R-32(125)(134a)(20)(40)(47)	
170	Etano	CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	407B	R-32(125)(134a)(13)(70)(20)	
			407C	R-32(125)(134a)(23)(25)(54)	
			408A	R-125(143a)(22)(74)(64)(71)	
			408A	R-22(124)(142b)(60)(26)(15)	
			410A	R-32(125)(52)(57)	
				<b>Mezclas Azeotrópicas</b>	
			600	R-12(152a)(73)(9)(26)(2)	
			502	R22(115)(46)(51)(2)	
			503	R-22(115)(40)(15)(3)	
			507	R-125(143a)(50)(50)	



## **5.6.3 Propiedades termodinámicas**

### **5.6.3.1 Presión**

Las presiones que actúan en un sistema de refrigeración, son extremadamente importantes. En primer término, se debe operar con presiones positivas; es decir, las presiones tanto en el condensador como en el evaporador, deben ser superiores a la presión atmosférica. (VALYCONTROL, S.A. DE C.V, S.F, pág. 141).

### **5.6.3.2 Temperatura**

Hay tres temperaturas que son importantes para un refrigerante y que deben ser consideradas al hacer la selección. Estas son: la de ebullición, la crítica y la de congelación. La temperatura de ebullición de un refrigerante, siempre es referida a la presión atmosférica normal de 101.3 kPa (0 psig). Se puede decir, que el punto de ebullición de cualquier líquido, es la temperatura a la cual su presión de vapor es igual a la atmosférica.

El punto de ebullición de un refrigerante debe ser bajo, para que, aun operando a presiones positivas, se pueda tener una temperatura baja en el evaporador.

Por otra parte, la temperatura de congelación de un refrigerante, debe ser más baja que la temperatura del evaporador. No se puede utilizar un refrigerante que se congele a la temperatura de trabajo del evaporador. (VALYCONTROL, S.A. DE C.V, S.F, pág. 141).

### **5.6.3.3 Volumen**

El volumen específico de un refrigerante en fase vapor, no es otra cosa, que el volumen en metros cúbicos ( $m^3$ ) o en litros (l) que ocupará un kilogramo de refrigerante a condiciones normales.

Debe tener un valor bajo de volumen específico en fase vapor, y un valor alto de volumen en fase líquida. (VALYCONTROL, S.A. DE C.V, S.F, pág. 144).

### **5.6.3.4 Entalpia**

Es la propiedad que representa la cantidad total de energía térmica o contenido de calor, en un fluido. Sus unidades son kcal/kg. Para la mayoría de los refrigerantes, se considera que su entalpia es cero a una temperatura de saturación de  $-40^{\circ}C$ . Entonces, el calor agregado o sustraído de un refrigerante, desde ese punto, se considera que es su entalpia total, por lo tanto, se refiere que un refrigerante debe





tener un valor alto de calor latente de vaporización. (VALYCONTROL, S.A. DE C.V, S.F, pág. 147).

#### **5.6.3.5 Densidad**

La densidad de un fluido, puede definirse como su peso por unidad de volumen. Las unidades en que se expresa esta propiedad, son comúnmente  $\text{kg/m}^3$  o puede utilizarse también  $\text{kg/l}$ . (VALYCONTROL, S.A. DE C.V, S.F, pág. 149).

#### **5.6.3.6 Entropía**

La entropía es un término de ingeniería, aplicado generalmente al proceso de compresión. Un proceso de compresión ideal, seguiría una línea de entropía constante en el diagrama de presión - entalpía (diagrama de Mollier).

El cambio de entropía es una medida de la energía no disponible, que resulta del cambio de propiedades de un refrigerante.

El cambio de entropía, es la suma de todos los incrementos diferenciales de calor ( $\text{kcal/kg}$ ), divididos por la temperatura absoluta ( $^{\circ}\text{C} + 273 = \text{K}$ ) existente, en el momento que cada incremento diferencial se haya añadido o removido, de aquí que sus unidades son  $\text{kcal}/(\text{kg})(\text{K})$ . (VALYCONTROL, S.A. DE C.V, S.F, pág. 151).

#### **5.6.4 Propiedades ambientales globales**

“Clorofluorocarbonos (CFCs) e hidroc fluorocarbonos (HCFCs) ambos afectan el ozono estratosférico y los cambios climáticos, mientras los hidrofluorocarbonos (HFCs) solo afectan los cambios climáticos” (ASHRAE, 2013).

#### **5.6.5 Refrigerantes alternativos**

El Reglamento Europeo 517/2014 contempla una reducción gradual (Phase Down), desde 2015, en el uso de refrigerantes HFC por parte de los fabricantes de equipos de refrigeración.

Esta reducción establecida por la legislación deberá ser del 37% durante el presente año, mientras que el descenso más pronunciado, hasta el 45%, deberá alcanzarse antes de 2020. No obstante, estamos presenciando una aceleración espectacular del proceso Phase Down, debido en mayor parte a la dificultad para obtener los refrigerantes HFC más comunes y del consiguiente aumento repentino y drástico de los precios, de acuerdo con las habituales reglas del mercado de la oferta y la demanda (Arnabat I., 2018).

### **5.6.5.1 Fluidos refrigerantes alternativos a R-134a**

La alternativa a este refrigerante, a la que se hace referencia de forma unánime como la favorita es la familia de los HFOs denominados R1234. Existen dos tipos el R1234yf y el R1234ze. Por otro lado, se tienen los hidrocarburos R600a y R270 (Arnabat I., 2018).

### **5.6.5.2 Fluidos refrigerantes alternativos a R404a**

Hay dos posibles planteamientos: el primero implica fluidos naturales, principalmente el propano (R290), mientras que el segundo incluye nuevas mezclas con un PCA definitivamente inferior del R404a como es el R454c, R454a, R452a, R448a/R449a y el sector minorista alimenticio parece inclinarse al CO<sub>2</sub> R744. (Arnabat I., 2018).

### **5.6.5.3 Fluidos refrigerantes alternativos a R410a**

“Uno de los sectores que está teniendo mayores dificultades debido a esta revolución de los refrigerantes es el aire acondicionado. Algunas alternativas que se están implementando son el ya conocido R32 y el R452b”. (Arnabat I., 2018).

## **5.7 Psicrometría**

### **5.7.1 Definición**

Es la parte de la meteorología que estudia las propiedades físicas y termodinámicas de la atmósfera. La humedad atmosférica es la cantidad de vapor de agua contenida en el aire y varía según las condiciones climatológicas. (Ecured, 2018).

### **5.7.2 Carta Psicrométrica**

Una carta psicrométrica, es una gráfica de las propiedades del aire, tales como temperatura, hr, volumen, presión, etc. Las cartas psicrométricas se utilizan para determinar, cómo varían estas propiedades al cambiar la humedad en el aire (VALYCONTROL, S.A. DE C.V, S.F, pág. 180).

En una carta psicrométrica se encuentran todas las propiedades del aire, de las cuales las de mayor importancia son las siguientes:

1. Temperatura de bulbo seco (bs).
2. Temperatura de bulbo húmedo (bh).
3. Temperatura de punto de rocío (pr)
4. Humedad relativa (hr).

5. Humedad absoluta (ha).
6. Entalpía (h).
7. Volumen específico.

#### **5.7.2.1 Temperatura de Bulbo Seco:**

Es la temperatura del aire, tal y como lo indica un termómetro. Las palabras temperatura y temperatura de bulbo seco se emplean para designar lo mismo tratándose del aire. (Pita E. G., 1994, pág. 178).

Esta escala es la horizontal (abscisa), en la parte baja de la carta, según se muestra en la figura 6. Las líneas que se extienden verticalmente, desde la parte baja hasta la parte alta de la carta, se llaman líneas de temperatura de bulbo seco constantes, o simplemente «líneas de bulbo seco» (VALYCONTROL, S.A. DE C.V, S.F, pág. 182).

#### **5.7.2.2 Temperatura de Bulbo Húmedo:**

Es la temperatura que indica un termómetro cuyo bulbo está envuelto en una mecha empapada en agua, en el seno de aire en rápido movimiento. (Pita E. G., 1994, pág. 178).

La escala de temperaturas de bulbo húmedo, es la que se encuentra del lado superior izquierdo, en la parte curva de la carta psicrométrica, como se muestra en la figura 6. Las líneas de temperatura de bulbo húmedo constantes o líneas de bulbo húmedo, corren diagonalmente de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, en un ángulo de aproximadamente  $30^\circ$  de la horizontal (VALYCONTROL, S.A. DE C.V, S.F, pág. 182).

#### **5.7.2.3 Temperatura de Punto de Rocío:**

Es la temperatura a la cual el vapor de agua en el aire se comienza a condensar si se enfría el aire a presión constante. (Pita E. G., 1994, pág. 178).

La escala para las temperaturas de punto de rocío es idéntica que la escala para las temperaturas de bulbo húmedo; es decir, es la misma escala para ambas propiedades. Sin embargo, las líneas de la temperatura de punto de rocío, corren horizontalmente de izquierda a derecha, como se ilustra en la figura 6, no en forma diagonal como las de bulbo húmedo (VALYCONTROL, S.A. DE C.V, S.F, pág. 182).



#### **5.7.2.4 Humedad Relativa:**

Es la relación de la presión real de vapor de agua en el aire con la presión de vapor de agua si el aire estuviera saturado a la misma temperatura de bulbo seco. (Pita E. G., 1994, pág. 178).

En una carta psicrométrica completa, las líneas de humedad relativa constante son las líneas curvas que se extienden hacia arriba y hacia la derecha. Se expresan siempre en porciento, y este valor se indica sobre cada línea (VALYCONTROL, S.A. DE C.V, S.F, pág. 183).

#### **5.7.2.5 Humedad Absoluta:**

La humedad absoluta, es el peso real de vapor de agua en el aire. También se le conoce como humedad específica. La escala de la humedad absoluta es la escala vertical (ordenada) que se encuentra al lado derecho de la carta psicrométrica, como se indica en la figura 6. Los valores de esta propiedad se expresan, en gramos de humedad por kilogramo de aire seco (g/kg), en el sistema internacional, y en granos por libra (gr/lb), en el sistema inglés. Las líneas de humedad absoluta, corren horizontalmente de derecha a izquierda, y son paralelas a las líneas de punto de rocío y coinciden con éstas. (VALYCONTROL, S.A. DE C.V, S.F, pág. 183).

#### **5.7.2.6 Entalpía:**

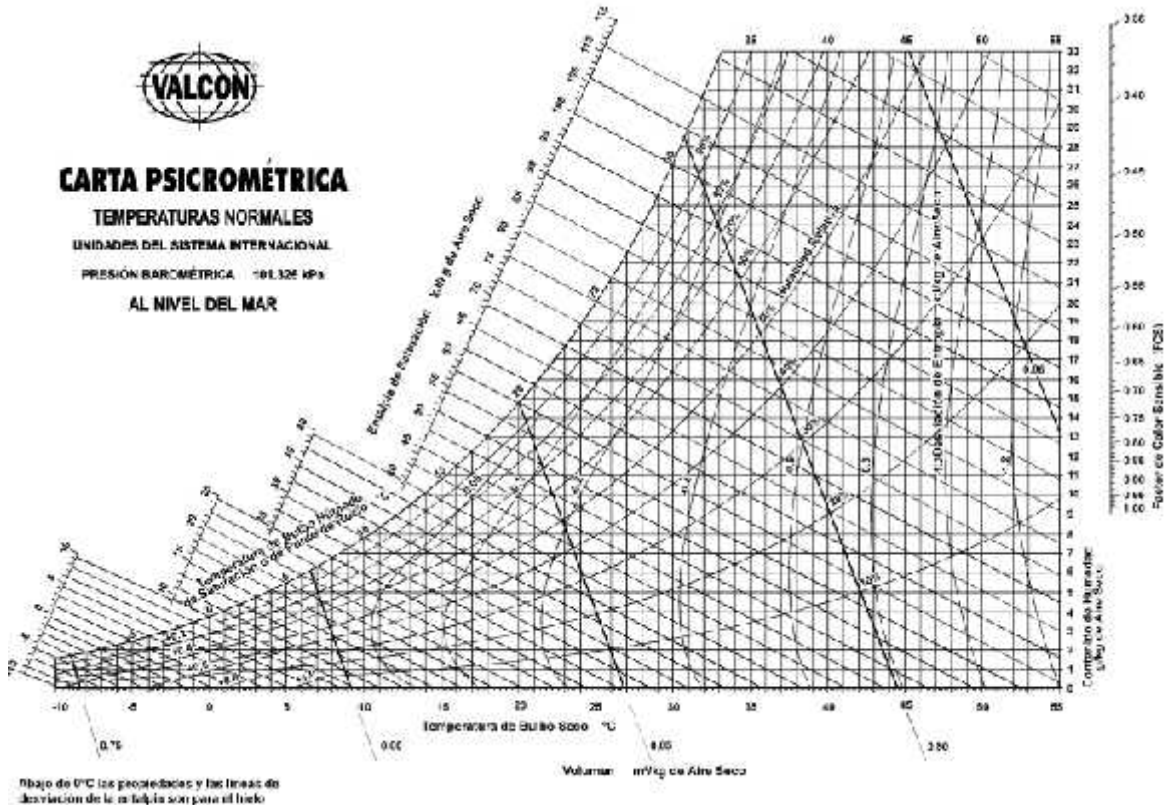
Es el contenido de calor por unidad de peso. (Pita E. G., 1994, pág. 178).

Las líneas de entalpía son las que se muestran en la figura 6. Debe notarse que estas líneas, son meramente extensiones de las líneas de bulbo húmedo; puesto que el calor total del aire, depende de la temperatura de bulbo húmedo. La escala del lado izquierdo lejana a la línea curva, da el calor total del aire en kJ/kg de aire seco, en el sistema internacional o en Btu/lb de aire seco, en el sistema inglés (VALYCONTROL, S.A. DE C.V, S.F, pág. 185).

#### **5.7.2.7 Volumen Específico:**

Es el volumen de aire por unidad de peso de aire seco. (Pita E. G., 1994, pág. 178).

Estas líneas están en un ángulo aproximado de 60° con la horizontal, y van aumentando de valor de izquierda a derecha. Por lo general, el espacio entre cada línea, representa un cambio de volumen específico de 0.05 m<sup>3</sup>/kg (VALYCONTROL, S.A. DE C.V., S.F, pág. 185).



**Figura 2.** Carta Psicrométrica a Temperaturas normales y presión barométrica (SI) (VALYCONTROL, S.A. DE C.V., S.F)

## 5.8 Tipos de sistemas de aire acondicionado

### 5.8.2 Sistemas de aire acondicionado compacto de Ventana

Comúnmente conocido como sistema ventana o autónomo. Es un equipo unitario, compacto y de descarga directa, es decir el aire enfriado es expulsado directamente al espacio a través de la unidad. Generalmente se utilizan para acondicionar espacios pequeños e individuales (Pérez K., Gaitán C., 2019, pág. 26).

### 5.8.2 Sistemas de aire acondicionado compactos Portátil

Es un equipo unitario, compacto de descarga directa, es decir el aire acondicionado enfriado es expulsado directamente al espacio a través de la unidad y es transportable de un espacio a otro. La mayoría de estos equipos poseen una salida

al exterior a través el cual es colocado en ventanas para la expulsión del aire. (Pérez K., Gaitán C., 2019, pág. 26).

### **5.8.3 Sistema de acondicionamiento tipo Split**

Son equipos de descarga directa llamados también descentralizados. Se diferencian de los compactos ya que la unidad formada por el compresor y el condensador está situada en el exterior, mientras que la unidad evaporadora se instala en el interior. Se comunican entre sí por líneas de refrigerantes y conexiones eléctricas (Pérez K., Gaitán C., 2019, pág. 27).

### **5.8.4 Sistema central separado**

Es un equipo de descarga indirecta ya que el aire se distribuye a través de ductos el cual es expulsado en os diferentes espacios por medio de difusores, cuenta con una unidad evaporadora y una condensadora, estas dos unidades se conectan entre sí por medio de una tubería de cobre de dos líneas, la primera para llevar el refrigerante y la otra para regresarlo (Colocho López, et al, 2011, pág. 64).

Requisitos de ubicación: La ubicación de la unidad condensadora debe ser en el exterior y la descarga de aire deber estar libre” (Pérez K., Gaitán C., 2019, pág. 29).

### **5.8.5 Sistema tipo paquete**

Estos aires acondicionados son del tipo central, donde sus unidades están auto contenidas, es decir el condensador y el evaporador se encuentran en el mismo sistema y el aire se distribuye a los distintos espacios a través de ductos. Estos equipos se instalan en el exterior, generalmente en losas de techos; las dimensiones de estas unidades varían de acuerdo a la capacidad, las más usadas son de 3.0 TR a 30.0 TR (Pérez K., Gaitán C., 2019, pág. 32).

### **5.8.6 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 climatización. El agua helada pasa desde la unidad exterior a través de tuberías (PVC, PE, Cobre o Acero) hacia las unidades manejadoras de aire (UMA) o unidades denominadas fan coils (Pérez K., Gaitán C., 2019, pág. 33).



## 5.9 Sistema de distribución de aire- Cálculos de conductos

### 5.9.1 Redes de conductos

“La misión de un sistema de conductos es transportar el aire desde la unidad de tratamiento de aire (UTA) hasta el recinto a climatizar y suele comprender los conductos de impulsión y los de retorno” (Carrier, 1996).

### 5.9.2 Elementos de distribución de aire

Dentro de los elementos que constituyen el sistema podemos distinguir los conductos y los elementos terminales.

#### 5.9.2.1 Clasificación

Estos sistemas se clasifican en función de la velocidad y de la presión en los conductos. En función de la velocidad del aire se tienen:

- a) Conductos de baja velocidad (<12 m/s, entre 6 y 12 m/s).
- b) Conductos de alta velocidad (>12 m/s).

En función de la presión del aire en el conducto, se clasifican en baja, media y alta presión. Esta clasificación corresponde a la misma que utilizan los ventiladores:

- Baja presión (clase I): Hasta 90 mm.c.a.
- Media presión (clase II): Entre 90 y 180 mm.c.a.
- Alta presión (clase III): Entre 180 y 300 mm.c.a. (Pérez K., Gaitán C., 2019, pág. 34).

### 5.9.3 Conceptos básicos

La red de conductos se diseña para conseguir llevar un determinado caudal de aire a los puntos de impulsión deseados. Antes de entrar en el diseño de la red de conductos, es necesario introducir las propiedades físicas del aire, el concepto de diámetro equivalente y el cálculo de pérdidas de carga (ASHRAE, 2013).

### 5.9.4 Propiedades físicas del aire

“Las propiedades físicas del aire van a depender de la temperatura y de la presión. En el diseño de conductos, las propiedades más utilizadas son la densidad y la viscosidad. La densidad se puede aproximar como” (Pérez K., Gaitán C., 2019, pág. 34).

$$\rho = \frac{P}{287T}$$

### Ecuación 12.

En cuanto a la viscosidad del aire, se puede obtener mediante la expresión:

$$\mu = 1.724 * 10^{-5} \left( \frac{T}{273.16} \right)^{0.7}$$

### Ecuación 13.

#### 5.9.5 Diámetro equivalente

Los conductos utilizados en la distribución del aire pueden ser circulares o rectangulares. Debido a que la mayoría de las tablas y expresiones se dan para conductos circulares, resulta muy útil el concepto de diámetro equivalente.

Para determinar el diámetro equivalente de un conducto rectangular puede utilizarse la expresión (Kuehn, Ramsey, & Threlked, 1998):

$$D = 1.3 \frac{(H.W)^{0.6}}{(H+W)^{0.2}}$$

### Ecuación 14.

#### 5.9.6 Pérdidas de carga

“Dentro del conducto el fluido experimenta una pérdida de presión por rozamiento, denominándose esta pérdida de carga. Estas pérdidas de carga se dividen en pérdidas en el conducto y pérdidas en singularidades” (ASHRAE, 2013).

##### 5.9.6.1 Pérdidas en conducto

“Se produce una pérdida de carga por el paso del aire en el conducto, la cual suele expresarse por metro de longitud como” (ASHRAE, 2013):

$$\frac{\Delta P}{L} = f \frac{\rho * v^2}{2 D_e}$$

### Ecuación 15.

##### 5.9.6.2 Pérdidas en singularidades

Habitualmente estas pérdidas se miden de forma experimental y se determinan por expresiones del tipo:

$$\Delta P = K * \rho * \frac{v^2}{2}$$

### Ecuación 16.



### 5.9.6.3 Recuperación estática

En una instalación de redes de conductos de aire, si avanzamos en el sentido del flujo, el caudal disminuye en cada derivación. Un menor caudal exige una menor sección, por lo que los conductos van estrechándose cada vez que aparece una derivación. Se tiene que la recuperación estática en conductos tras una derivación se puede aproximar como (Kuehn, Ramsey, & Threlked, 1998):

$$\Delta P = 0.75 * \rho * \frac{v^2 - v_2^2}{2}$$

**Ecuación 17.**

Así pues, las pérdidas totales se obtienen según la expresión:

$$\Delta P_T = \sum \Delta P_C + \sum \Delta P_{S n} - \sum \Delta P_R$$

### 5.9.7 Métodos de diseño

Existen varios métodos que nos permiten diseñar las redes de conductos de aire. Entre ellos, encontramos: ❖ Método de reducción de velocidad. ❖ Método de pérdida de carga constante. ❖ Método de recuperación estática. ❖ Método T. Los más empleados suelen ser el método de pérdida de carga constante y el método de recuperación estática (Fontanals, 1997).

#### 5.9.7.1 Método de pérdida de carga constante

"Este método se utiliza en conductos de impulsión, retorno y extracción de aire. Consiste en calcular los conductos de forma que tengan la misma pérdida de carga por unidad de longitud a lo largo de todo el sistema" (Fontanals, 1997).

#### 5.9.7.2 Método de recuperación estática

Este método consiste en dimensionar el conducto de forma que el aumento de presión estática en cada rama o boca de impulsión compense las pérdidas por rozamiento en la siguiente sección del conducto. De esta forma, la presión estática en cada boca y al comienzo de cada rama será la misma (Fontanals, 1997).

## 5.10 Tecnologías Modernas y Eficiencia Energética en Aire Acondicionado

### 5.10.1 Tecnología Moderna en equipos de Refrigeración

La mayoría de instalaciones de aire acondicionado funcionan hoy en día con la tecnología Inverter. La tecnología o sistema Inverter regula el mecanismo del aire acondicionado mediante el cambio de la frecuencia de ciclo eléctrico. En lugar de



arrancar y parar frecuentemente como es el caso de los aires acondicionados convencionales eficiencia estándar, el compresor gira de forma continua, lo que ayuda a mantener constante la temperatura del local.

Se asegura un gasto energético directamente proporcional a la capacidad de refrigeración requerida, evitando así consumos innecesarios y prolongando la vida del compresor. Un sistema de climatización tradicional que quiera, por ejemplo, enfriar una habitación a una determinada temperatura (24°C), lo hará repitiendo continuamente ciclos de encendido/apagado, mientras que uno con Inverter llevará más rápidamente la habitación a la citada temperatura sin necesitar después esos ciclos.

### **5.10.2 Aire acondicionado y su nivel de eficiencia energética (EER y COP, SEER y SCOP)**

Eficiencia energética: Este concepto está relacionado con la cantidad de energía necesaria para el funcionamiento del sistema y el rendimiento energético que proporciona. Un buen cociente entre ambos es lo que determinara si un aparato es más o menos eficiente desde el punto de vista energético. Una normativa de la Unión Europea (UE) obliga al etiquetado de electrodomésticos según su nivel de eficiencia. Este se califica con letras desde la “A” a la “G”, siendo el primero el nivel más eficiente y el ultimo el menos eficiente. La característica fundamental de los equipos de aire acondicionado para determinar su eficiencia energética viene determinada por los coeficientes EER y COP (Pérez K., Gaitán C., 2019, pág. 38).

El primero siglas del término inglés Energy Efficiency Ratio, es el índice de eficiencia energética de una máquina frigorífica en la modalidad de refrigeración y expresa la relación entre la potencia frigorífica total que genera el equipo y la potencia eléctrica consumida. La segunda abreviatura también derivada del término inglés Coefficient Of Performance, es el coeficiente de rendimiento de una máquina frigorífica en la modalidad de calefacción y se refiere a la relación entre la potencia calorífica total y la potencia eléctrica consumida (Pérez K., Gaitán C., 2019, pág. 38).

Estos índices miden la energía que se produce con la energía invertida en el funcionamiento del equipo, es decir un EER o un COP con un valor de 1 significa que por cada unidad de energía utilizada se produce una unidad de energía, un EER



o COP 5, quiere decir que el equipo produce cinco veces más energía que la electricidad que consume. Lo que quiere decir, cuanto mayor sean estos valores tanto de EER como de COP mayor será la eficiencia energética del equipo (Pérez K., Gaitán C., 2019, pág. 39).

### **5.10.3 Aires Acondicionados de Eficiencia Estándar Vs Alta Eficiencia**

La alta eficiencia en Aires Acondicionado viene definida hoy en día por dos factores importantes a tener en cuenta al momento de elegirlos: el SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) y el EER (Energy Efficiency Ratio). Ambos factores se encargan de medir que tan bien las unidades de aire enfrían el área destinada y la cantidad de energía necesaria para este propósito. Con la aplicación del Reglamento delegado 626/2011 de la Comisión europea, desde el 1 de enero de 2013 los nuevos equipos introducidos en el mercado deben tener una nueva etiqueta energética en la que los índices EER y COP serán sustituidos por el Factor de eficiencia energética estacional (SEER) y el Coeficiente de Rendimiento Estacional (SCOP), con los que se pretende tener una estimación más realista de la eficiencia energética de estos sistemas. SEER y SCOP, nuevos y mejores: Estos nuevos ratios pretenden ser más realistas y adecuados al uso que se le da a un equipo de aire acondicionado. Hay dos parámetros importantes que no se consideraban para el EER y COP:

1. Consumo del equipo cuando está apagado, desactivado por termostato o espera.
2. Funcionamiento del equipo con carga parciales (100%, 74%, 47%, 21%).

De todo se deduce que estos nuevos parámetros son muchos más fiables a la hora de comparar equipos que los anteriores EER y COP, aunque utilizarlos para estimar el consumo anual de un equipo todavía puede llevarnos a error (Pérez K., Gaitán C., 2019, pág. 39).

### **5.11 Criterios necesarios para seleccionar un Aire Acondicionado**

Para elegir un aire acondicionado es preciso detallar algunos aspectos o características.

Potencia del equipo: Esto nos permite saber cuál es la capacidad o potencia frigorífica necesaria para climatizar adecuadamente nuestro local.



Consumo energético: A la hora de elegir un aire acondicionado, es importante tener en cuenta el consumo energético, lo que se traducirá en la factura energética a final de mes.

Prestaciones del sistema: Los equipos de aire acondicionado cada vez se presentan con más prestaciones complementarias a la única función "sólo aire", como es el caso de los filtros purificadores de aire o los nuevos sistemas ionizadores, con filtros que depuran el aire de bacterias y polvo, ideal para los casos de alergias.

## **5.12 La estandarización del confort**

En su trabajo diario los ingenieros y técnicos siguen las normativas nacionales o se apoyan en estándares nacionales para diseñar sus espacios. Así que son finalmente estas normalizaciones que determinan la manera en la que se diseñan los espacios (Pérez K., Gaitán C., 2019, pág. 41).

### **5.12.1 ASRHAE 55:2004**

"Thermal environmental conditions for human occupancy" "El propósito de este estándar, tal y como en el mismo se indica, es especificar la combinación de factores térmicos ambientales y personales que producirán condiciones ambientales térmicas aceptables a la mayoría de los ocupantes en un espacio" (Pérez K., Gaitán C., 2019, pág. 42)

La norma cuantifica como seis los factores ambientales que influyen en las condiciones de confort térmico. Por este motivo los usuarios de los edificios diseñados a partir de esta norma podrían no sentir la percepción de confort térmico inmediatamente ocupan el espacio, puesto que las exposiciones previas o actividades puede afectar a las percepciones de confort durante aproximadamente una hora. (Pérez K., Gaitán C., 2019, pág. 42)



## V. Hipótesis y Variables

El proyecto del rediseño del sistema de climatización a partir del conocimiento científico-práctico de refrigeración y aire acondicionado con una base sólida de cálculos de las cargas térmicas, permitirá instalar los equipos adecuados y notablemente mejoraría el confort en todas las áreas del edificio.

Si la empresa llegase a concretar este proyecto conforme al correcto estudio y cálculos, se permitiría instalar equipos que mejor se adecuen a la necesidad del rediseño mediante red de ductos con una distribución uniforme de flujo de aire climatizado.

Al sustituir los equipos de eficiencia estándar por equipos con tecnología moderna podría permitirle a la empresa reducir costos energéticos ocasionados por los componentes del sistema de climatización.

### **Variables de diseño**

En el presente estudio se tomarán en cuenta las siguientes variables:

1. Calor.
2. Presión.
3. Temperatura.
4. Humedad Relativa.
5. Consumo energético.



## VI. Diseño Metodológico

Para el desarrollo del presente trabajo se requiere comprender el comportamiento de las variables: temperatura, presión, humedad relativa, calor y consumo energético; las cuales están estrechamente relacionadas al campo de la climatización y la eficiencia energética.

Usando técnicas de investigación tales como; recolección de datos, revisiones bibliográficas, levantamientos de planos y visitas de campo. Se plantean los siguientes pasos para llevar a cabo la elaboración del rediseño del sistema de climatización:

1. Se considera las condiciones laborales, propiedades del material y distribución arquitectónica mediante la recolección de datos, las cuales permitirán sentar bases sólidas para la implementación del presente proyecto.
2. Se calcularán las cargas térmicas presentes en el recinto debido a los diferentes tipos de ganancia de calor (conducción, convección, radiación), además de considerar las modificaciones a dicha ganancia de calor mediante paredes exteriores e interiores, techos, pisos, puertas, personas, equipos, iluminación, ventanas e infiltración.
3. Se implementará el análisis psicrométrico del aire que entra y sale del serpentín de enfriamiento del evaporador, de esta manera, se obtendrá el valor del calor que deberá eliminar el equipo de aire acondicionado del ambiente.
4. Con la ayuda de catálogos y software de selección de equipos de acondicionamiento de aire, se elegirá la opción que traiga mayores beneficios al cliente.
5. Se propondrá una nueva distribución del sistema de ductos, el cual suplirá las necesidades de confort, así como la reducción de los costos energéticos.

La metodología CLTD empleada en el proyecto, es basada en normas de la ASHRAE, técnicas y uso de tablas, gráficas, catálogos de equipos de acondicionamiento de aire, sin olvidar las mediciones realizadas para sentar como inicio los pertinentes datos del problema.



En términos de las técnicas e instrumentos de análisis, se tiene que, se contó con el plano arquitectónico, datos de condiciones climatológicas de la zona y otros que no se especifican. Las técnicas de análisis de datos utilizadas fueron: el cálculo del sistema de aire acondicionado según los textos de ingeniería mecánica relacionados a dicha área, teniendo previo conocimiento de los materiales, medidas, condiciones y suposiciones pertinentes al caso y la aplicación de la normativa vigente por parte de la ASHRAE.

En conclusión, se señala brevemente que el material presentado en el trabajo, sirve para la implementación de equipos de aire acondicionado, por lo que tiene aplicación como guía o referencia para el aula de seminario.

## VII. Análisis y presentación de resultados

### Edificio de operaciones de Momotombo Power Company



#### 7.1 Condiciones de diseño

##### 7.1.1 Parámetros las condiciones de diseño exterior

Las condiciones de diseño exterior, fueron tomadas a partir de datos proporcionados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER); correspondientes al departamento de León (estación León), para el año 2020. (Ver anexos, Tablas INETER)

##### Ubicación geográfica de León:

León está posicionada geográficamente a una Latitud  $12^{\circ}25'36''$  N, Longitud  $86^{\circ}54'48''$  y tiene altitud de 60 msnm. Lo cual nos permite usar la carta psicométrica que abarca hasta los 1000 msnm.

Las propiedades psicométricas para León son las siguientes:

##### a) Temperatura de Bulbo Seco:

Para seleccionar la temperatura de bulbo seco se realizó un análisis a los datos obtenidos por el INETER, para esto se toman en cuenta las temperaturas más altas que transcurren durante el año, enfocados a los meses críticos de la estación de verano (marzo, abril), donde se determina que las temperaturas máximas son durante el mes de abril.





En el departamento de León la temperatura más alta corresponde específicamente al día 29 de abril del año 2020, con una temperatura máxima de 39.4°C que es equivalente a 102.92 °F, se toma este grado de temperatura considerando las condiciones más críticas a las que estará sometida el equipo de climatización.

**b) Humedad Relativa:**

Para seleccionar la humedad relativa se consideró que los datos brindados por INETER son de una medición diaria, es decir que la temperatura máxima puede o no corresponder a la humedad relativa máxima de ese día, para el departamento de León se tiene una humedad relativa máxima del 98% correspondiente a los meses de junio y agosto del año 2020, sin embargo; bajo las condiciones críticas de diseño la humedad relativa correspondiente a la temperatura máxima es de 58%. A partir de la temperatura máxima de bulbo seco y la humedad relativa podemos determinar las condiciones adicionales.

**c) Temperatura de Bulbo Húmedo:**

La temperatura de bulbo húmedo se obtiene a partir de la carta psicrométrica o del software Psychrometric Diagram Viewer 3.2.0, a partir de una temperatura de bulbo seco de 39.4°C y un porcentaje de Humedad Relativa del 58%, se obtiene un valor de temperatura de bulbo húmedo de 31.6°C.

**d) Temperatura de Punto de Rocío:**

El parámetro de punto de Rocío se puede obtener a partir de la carta psicrométrica o del software Psychrometric Diagram Viewer 3.2.0, a partir de una temperatura de bulbo seco de 39.4°C y un porcentaje de humedad relativa del 58%, se obtiene un valor de temperatura de punto de rocío de 29.6 °C.

De la misma manera con los datos de temperatura de bulbo seco y humedad relativa, se obtiene automáticamente los valores de contenido de humedad, volumen, entalpía y presión barométrica; los cuales son necesarios para el cálculo de carga térmica del recinto.

Tabla 1. Condiciones de Diseño Exterior

Descripción	°C	°F
Temperatura de Bulbo Seco (BS)	39.4	102.92
Temperatura de Bulbo Húmedo (BH)	31.6	88.88
Temperatura de punto de Rocío (PR)	29.6	85.28
Humedad Relativa (HR) %	58	
Contenido de Humedad (W) GPP	185.5	
Volumen (V) m <sup>3</sup> / kg	0.923	
Entalpia (h) kJ/kg	107.8	
Presión Barométrica (kPa)	101.325	
CFM	353.1	

Para una mejor apreciación de los datos se muestra del software Psychrometric Diagram Viewer 3.2.0.

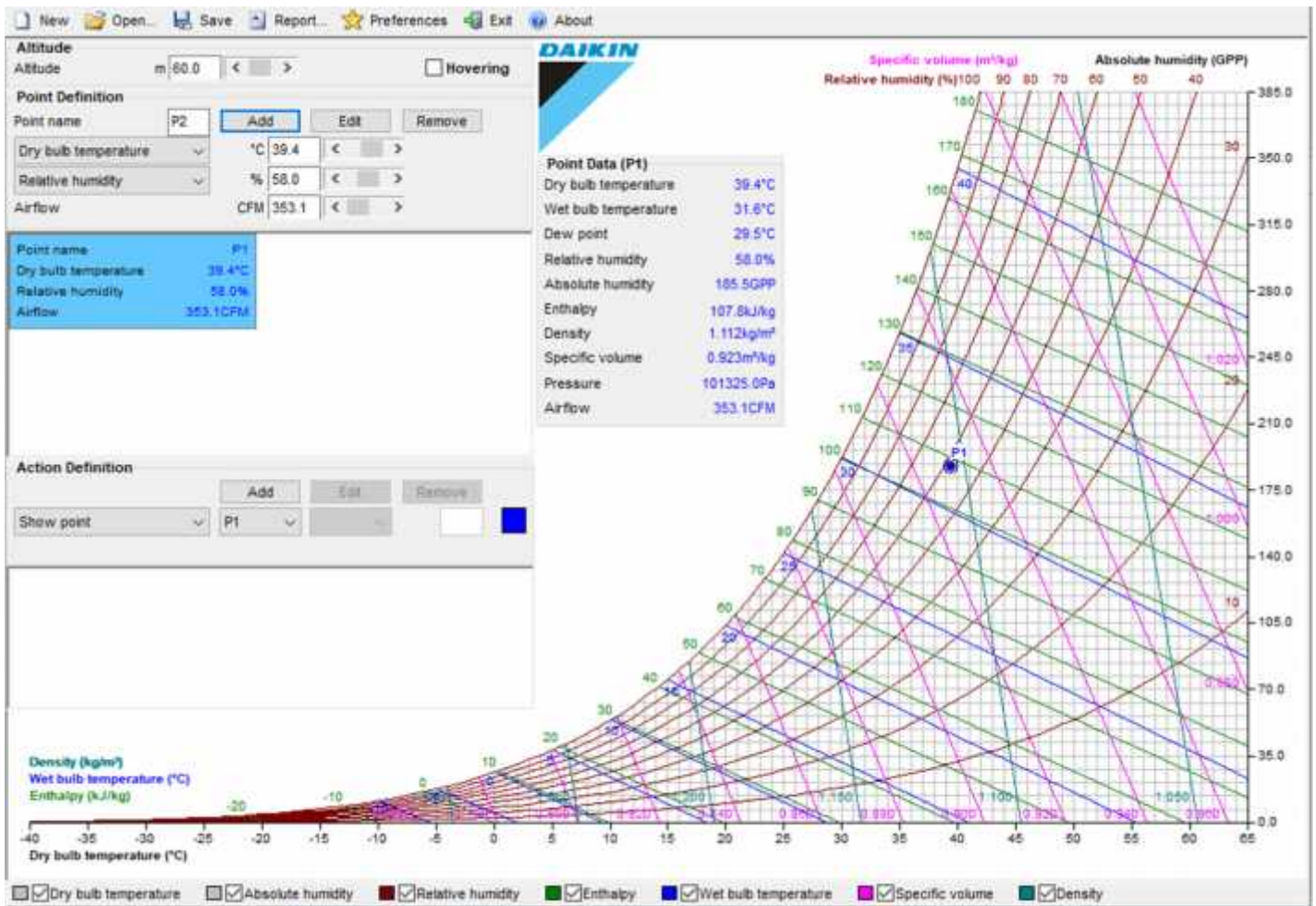


Figura 3. Software Psychrometric Diagram Viewer 3.2.0



**e) Rango diario:**

El rango diario no es más que una variación entre temperatura máxima y mínima durante el transcurso del día. Para poder obtener un valor más preciso se realiza el estudio para los 30 días del mes de abril, que es el mes más caliente para la ciudad de León, esto se demuestra a través de la siguiente tabla:

**Tabla 2.** Registro de temperatura más alta en el departamento de León, INETER 2020.

Para el año 2020 del mes de abril, día 29 que registro la temperatura mas alta el departamento de Leon.									
TEMPERATURA °C			RANGO	TEMPERATURA °F			RANGO	HUMEDAD RELATIVA	
Día	Max	Min		Día	Max	Min		Día	HR(%)
1	36.5	23.2	13.3	1	97.7	73.76	23.94	1	70
2	36.1	22.9	13.2	2	96.98	73.22	23.76	2	78
3	36.6	23.6	13	3	97.88	74.48	23.4	3	66
4	36.5	22.8	13.7	4	97.7	73.04	24.66	4	70
5	37.8	24.4	13.4	5	100.04	75.92	24.12	5	65
6	37.6	24.3	13.3	6	99.68	75.74	23.94	6	53
7	38	22.9	15.1	7	100.4	73.22	27.18	7	53
8	37.6	25.5	12.1	8	99.68	77.9	21.78	8	51
9	37.7	25.5	12.2	9	99.86	77.9	21.96	9	60
10	36.2	24	12.2	10	97.16	75.2	21.96	10	69
11	36.8	23.7	13.1	11	98.24	74.66	23.58	11	62
12	38.1	24.6	13.5	12	100.58	76.28	24.3	12	63
13	36.6	25.6	11	13	97.88	78.08	19.8	13	71
14	38	26.6	11.4	14	100.4	79.88	20.52	14	67
15	37.7	24.6	13.1	15	99.86	76.28	23.58	15	61
16	38	24.7	13.3	16	100.4	76.46	23.94	16	46
17	38.6	25.4	13.2	17	101.48	77.72	23.76	17	42
18	38.2	24.1	14.1	18	100.76	75.38	25.38	18	52
19	37.9	25.6	12.3	19	100.22	78.08	22.14	19	58
20	36.6	24.3	12.3	20	97.88	75.74	22.14	20	68
21	35	23.4	11.6	21	95	74.12	20.88	21	69
22	35.1	24.6	10.5	22	95.18	76.28	18.9	22	70
23	37.7	24.6	13.1	23	99.86	76.28	23.58	23	64
24	37.7	25.7	12	24	99.86	78.26	21.6	24	66
25	37.8	25.3	12.5	25	100.04	77.54	22.5	25	68
26	38.6	22.7	15.9	26	101.48	72.86	28.62	26	58
27	38.6	25.7	12.9	27	101.48	78.26	23.22	27	48
28	38.8	26.1	12.7	28	101.84	78.98	22.86	28	50
29	39.4	25.6	13.8	29	102.92	78.08	24.84	29	58
30	38.6	25.9	12.7	30	101.48	78.62	22.86	30	65
Promedio	37.48	24.59667	12.88333	Promedio	99.464	76.274	23.19	Promedio	61.36667
Max	39.4	25.9	15.9	Max	102.92	78.62	28.62	Max	78
Min	35	22.8	10.5	Min	95	73.04	18.9	Min	42

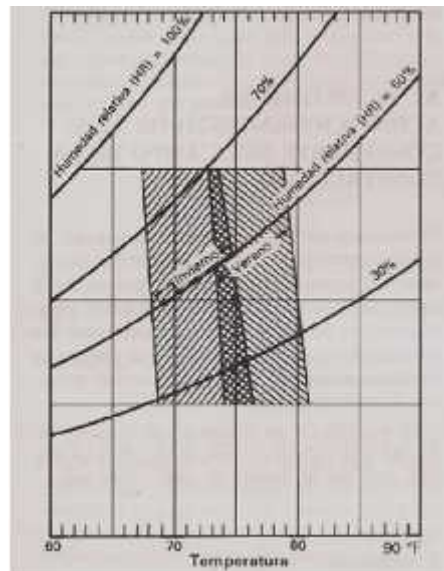
Así obtenemos un valor para el rango diario máximo de 15.9°C (28.62 °F).

### 7.1.2 Parámetros las condiciones de diseño interior

Los parámetros recomendados de las condiciones de confort humano en el diseño de interiores, según el Pita es:

**Tabla 3.** Condiciones de confort humano recomendadas en el diseño de interiores (Pita E. G., 1994, pag.10)

Verano:	78 – 80° F BS	y 50% HR
Invierno:	68 – 72° F BS	> 25% HR



**Figura 4 - Zonas de confort de temperatura y humedad de aire en interiores Tomada de ASHRAE HANDBOOK De 1985.**

Las zonas sombreadas de la figura se llaman zonas de confort y señalan combinaciones de efecto según las cuales, al menos 80% de los ocupantes opinaría que el medio ambiente es confortable. (Pita E. G., 1994, pág. 9).

A partir de las condiciones de diseño de confort requerido por la empresa es 24 °C (75.2 °F) temperatura de bulbo seco y humedad relativa de 50%, se obtienen los datos adicionales mediante el software Psychrometric Diagram Viewer 3.2.0.

Tabla 4. Condiciones de diseño interior

Descripción	°C	°F
Temperatura de Bulbo Seco (BS)	24	75.2
Temperatura de Bulbo Húmedo (BH)	17.1	62.78
Temperatura de punto de Rocío (PR)	13	55.4
Humedad Relativa (HR) %	50	
Contenido de Humedad (W) GPP	65.1	
Volumen (V) m <sup>3</sup> / kg	0.854	
Entalpia (h) kJ/kg	47.8	
Presión Barométrica (Kpa)	101.325	
CFM	353.1	

Para una mejor apreciación de los datos se muestra del software Psychrometric Diagram Viewer 3.2.0.

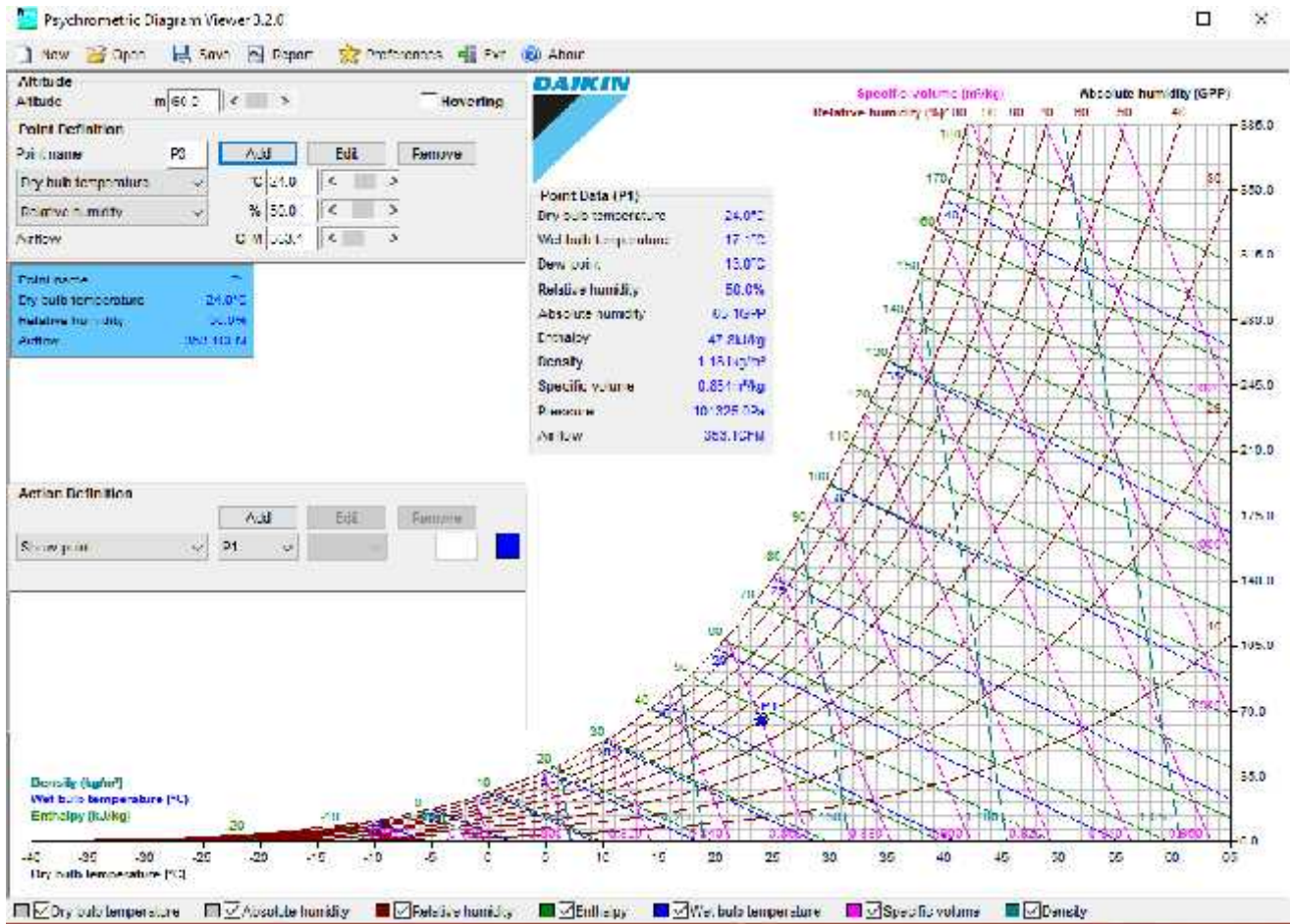


Figura 5. Software Psychrometric Diagram Viewer 3.2.0



## 7.2 Características del local a acondicionar

### PRIMER PLANTA

#### **CCM (Cuarto de Control de Máquinas)**

##### **a) Área (Paredes, piso, techo)**

Paredes: 8m de ancho x 20 m de largo x 3.75 m de alto.

Piso: 7.6 de ancho x 19.6 de largo.

Entrepiso: 7.6 de ancho x 19.6 de largo.

##### **b) Ventana**

La sección cuenta solamente con una ventana de vidrio ubicada en la parte Sur (0.78 m x 0.56 m).

##### **c) Paredes**

-Latitud norte

Material: Lámina de metal con espacio de aire + 2 in de aislamiento.

Color: gris por fuera, gris por dentro.

-Latitud sur

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

-Latitud Este

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: blanco hueso por fuera, blanco por dentro.

-Latitud Oeste

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

##### **d) Piso**

Loseta 2 in + cerámica, color blanco.

##### **e) Entrepiso superior**

Lámina de metal, color oscuro.

##### **f) Puertas**

Lado Este: Entrada principal, puerta de vidrio (2.13 m de alto x 0.98 m de ancho).

##### **g) Personas**



Actualmente al cuarto ingresan al menos 2 personas y 3 como máximo las cuales solo ingresan a dar mantenimiento a los equipos.

#### **h) Equipos**

2 compresores, 3 transformadores, e interruptores que no generan calor.

#### **i). Iluminación**

Al ser una sala de control, se tiene que contar con buena iluminación debido que son equipos muy delicados y para su mantenimiento el técnico necesita visualizar muy bien todos los componentes.

Luminarias Led 32 Watts. (22 unidades)

### **7.3 Memoria de cálculo de cargas térmica**

Dada la configuración del edificio se procede a calcular las cargas térmicas, de los elementos que conforman cada planta. Para fines prácticos se presenta el desarrollo completo de los cálculos de ganancia de calor de todos los elementos de la primera planta (cuarto de control de máquinas), demostrando el procedimiento con sus respectivos detalles; para la segunda y tercera planta se mostrarán los datos obtenidos en forma tabulada respecto a las características de cada área bajo sus respectivas condiciones de diseño y cálculo.

#### **7.3.1 Ganancia de calor por paredes**

Para el cálculo de la ganancia de calor por paredes utilizamos la siguiente ecuación:

$$Q = U \times A \times D$$

Donde:

**Q:** Ganancia neta del recinto a través de techo, paredes o vidrio. (Btu/h)

**U:** Coeficiente global de transferencia de calor, Btu/h\*ft<sup>2</sup>\*°F; (Ver tablas 51, 52 en anexos)

**A:** Área en pies cuadrados, (ft<sup>2</sup>)

**DTCEe:** Diferencial de temperatura de carga de enfriamiento corregido, °F

(Ver tabla 53 en anexos)

En este cálculo es necesario tomar mediciones de temperatura en horas críticas, a las paredes internas que no están expuesta al sol y tampoco comparte área climatizada, se debe tomar la temperatura de esta, afuera del recinto a climatizar.

Se toma mediciones de los últimos cinco días del mes de abril del año 2021, partiendo del lunes 26 de abril hasta el viernes 30 de abril, las cuales se tomaron a las 14 horas. En la siguiente tabla se muestran los valores registrados:

**Tabla 5.** Temperaturas promedios primera planta

PARED	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Valor prom. de T °C Pared	Valor de T °F Pared
	26/4/2021	27/4/2021	28/4/2021	29/4/2021	30/4/2021		
A	39.4	39.4	39.4	39.4	39.4	39.4	102.92
B	39.4	39.4	39.4	39.4	39.4	39.4	102.92
C (Este ext.)	33.6	34.2	34.6	34.2	34.6	34.24	93.632
D	39.4	39.4	39.4	39.4	39.4	39.4	102.92



**Figura 10** – Nomenclatura de paredes del Edificio de Operaciones

Para calcular la ganancia de calor a través de estructuras es necesario recurrir a las propiedades psicrométricas de diseño exterior e interior, calculadas inicialmente mediante software Psychrometric Diagram Viewer 3.2.0.

### -Cálculo de DTCEe

El valor del diferencial de temperatura de carga de enfriamiento corregido se obtiene de la fórmula.

$$D = [D + L] * K[(78°F - t_r) + (t_o - 85°F)]$$

Donde:

t<sub>r</sub>: Temperatura de recinto 75.2°F

t<sub>o</sub>: Temperatura media de diseño exterior

LM: Corrección para latitud al color y mes, (ver tabla 54 en anexos)

K: Corrección debido al color de la superficie.





Para las paredes Norte, Sur y Oeste, se toma como T. ext. el valor brindado por INETER; debido a que están expuesta al sol.

Calculando la temperatura de diseño exterior, (Pared Sur y Pared Oeste):

$$t_{ce} = T - \frac{R \cdot d \cdot m}{2} = 102.92^{\circ}F - \frac{28.62^{\circ}F}{2}$$

$$t_{ce} = 8.6^{\circ}F$$

Para la pared Este, se toma como T. ext. el valor promedio que resulta de las mediciones de temperatura de las paredes internas que no están expuesta al sol y no comparten área climatizada. Ver tabla 5

Calculando la temperatura de diseño exterior, (Pared Este):

$$t_{ce} = T - \frac{R \cdot d \cdot m}{2} = 93.632^{\circ}F - \frac{28.62^{\circ}F}{2} = 79.322^{\circ}F$$

$$t_{ce} = 7.3^{\circ}F$$

**Tabla 6.** Cálculo LM: Corrección para latitud al color y mes

Tabla 6.1		Corrección de la DTCE por latitud y mes, para aplicar a paredes y techos, latitudes Norte. °F			
Latitud	Mes	N	E / W	S	Hora
8	Abril	2	-1	-7	-1
12	Abril	0.5	-1	-6.5	-0.5
16	Abril	-1	-1	-6	0

En la tabla anterior se muestran la corrección de LM, en la tabla del Pita se encuentran solamente las latitudes de 8° y 16°, por ello fue necesario hacer una interpolación de los datos. Se usa la columna hora a 12° latitud norte a la cual está ubicada León.

La corrección para LM=1 °F para el mes de abril, está dado por la tabla 6.4 del libro Edward G. Pita. (Página 140). (Ver tabla 54 en anexos)

**K:** Corrección debido al color de la superficie.

Se utilizará un factor de corrección debido al color de la superficie K = 0.65 para pared color claro.



**Tabla 7.** Corrección de calor debido a superficie (K). Extraído del libro Edward G. Pita, página 137.

K	1	Superficies oscuras o áreas industriales
k	0.5	Para techos de color, claro en zonas rurales
K	0.65	Paredes de color claro en zonas rurales

Para obtener el valor **DTCE** para cálculo de paredes al sol 1°F se hará uso de la tabla 9 (del libro Edward G. Pita, página 138).

Antes de esto, se debe considerar el material de las paredes por el cual se hará uso de la tabla 8 (del libro Edward G. Pita, pág. 139). Para determinar el tipo de grupo de pared a utilizar para el cálculo de DTCE.

**Tabla 8.** Descripción de grupo de construcción de paredes

Grupo	Descripción de la construcción	Peso (Lbf/Ft <sup>2</sup> )	Valor de U (Btu/h*ft <sup>2</sup> *°F)
E	Bloque de 8 in	41 - 57	0
G	Pared de lamina	5 - 6	0.091 - 0.230

Los grupos de la pared de bloque es **E** y el grupo de la pared de lámina es **G**.

**Tabla 9.** Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento (DTCE) para el cálculo de carga de paredes al sol, 1°F

Hora Solar, H- 14 horas				
Paredes (Grupo)	Norte	Sur	Este	Oeste
E	0	24	37	14
G	23	0	0	0

Valor de DTCE, tabla 9 del libro (Edward G. Pita, pág. 138).

### Diferencial de temperatura de carga de enfriamiento corregido

) **Pared Norte:**

$$D = (D + L) * K + [(78°F - t_r) + (t_c - 85°F)]$$

$$D = (23 + 0.5)(0.65) + [(78°F - 75.2°F) + (88.61°F - 85°F)] = 21.685°F$$

) **Pared Sur:**

$$D = (D + L) * K + [(78°F - t_r) + (t_c - 85°F)]$$

$$D = (24 - 6.5)(0.65) + [(78°F - 75.2°F) + (88.61°F - 85°F)] = 17.785°F$$

) **Pared Este:**

$$D = (D + L) * K + [(78°F - t_r) + (t_c - 85°F)]$$



$$D = (37 - 1)(0.65) + [(78^{\circ}F - 75.2^{\circ}F) + (79.322^{\circ}F - 85^{\circ}F)] = 20.522^{\circ}F$$

) **Pared Oeste:**

$$D = (D + L) * K + [(78^{\circ}F - t_r) + (t_o - 85^{\circ}F)]$$

$$D = (14 - 1)(0.65) + [(78^{\circ}F - 75.2^{\circ}F) + (88.61^{\circ}F - 85^{\circ}F)] = 14.86^{\circ}F$$

**Tabla 10.** Cálculo de DTCEe

DTCEe=[DTCE+LM] *K+[(78°F-tr) +(to-85°F)]				
Latitud	LM	DTCE	K	DTCEe
Norte	0.5	23	0.65	21.685
Sur	-6.5	24	0.65	17.785
Este	-1	37	0.65	20.522
Oeste	-1	14	0.65	14.86

**Tabla 11.** Área de pared de la planta 1

Latitud	Área Pared (m <sup>2</sup> )	Ventana (m <sup>2</sup> )	Puerta (m <sup>2</sup> )	Área Util (m <sup>2</sup> )	Área Util (Ft <sup>2</sup> )
Norte	30	0	0	30	322.917
Sur	30	0.4368	0	29.5632	318.215328
Este	75	0	2.0874	72.9126	784.823935
Oeste	75	0	0	75	807.2925

Como método de conversión de m<sup>2</sup> a ft<sup>2</sup> se tiene que 1 m<sup>2</sup> = 10.7639 ft<sup>2</sup>.

En esta área de la planta solo se tiene la pared Norte, Sur y Oeste expuesta a la radiación solar, la pared Este es una pared interna no expuesta a la radiación solar. En la sección de anexos (planos) se añadieron los planos del edificio, las medidas utilizadas para el cálculo del área están plasmadas en ellos.

Se calcula el valor de **U**: Coeficiente global de transferencia de calor. Btu/h\*ft<sup>2</sup>\*°F, debido a que las paredes Este, Oeste y Sur son de bloque se determina mediante la sumatoria de sus valores de resistencia, los cuales son los siguientes:

**Tabla 12.** Valores de R pared de concreto

Tipo	P. Aire Int.	P. Rep. Fin	Pared 8 in	P. Rep. Ext	P. Aire int.	R total
R Pared concreto	0.68	0.2	2.16	0.2	0.25	3.49

Los valores de resistencia de (película aire interior, pared 8 in, película aire exterior) se muestran en la Tabla 64, (ver anexos) Propiedades Térmicas código de número de capas usadas en paredes y techos. (ASHRAE, 2017, pág. 18.37).



El valor de película repello fino se muestra en la tabla 63 (ver anexos) del libro Edward G. Pita, página 522.

Calculando el coeficiente global de transferencia de calor es:

$$U = 1/\Sigma R$$

$$U = \frac{1}{R + R + R + R + R + R}$$

$$U = \frac{1}{0.6 + 0.2 + 2.1 + 0.2 + 0.2}$$

$$U = \frac{1}{3.4 \frac{ft^2 * °F * h}{B}}$$

$$U = 0.2 \frac{B}{ft^2 * °F * h}$$

Se calcula el valor de **U**: Coeficiente global de transferencia de calor. Btu/h\*ft<sup>2</sup>\*°F, para la pared Norte de lámina. Valores tabla 53 del libro (Edward G. Pita, pág. 139).

$$U_{promedio} = \frac{0.091 + 0.230}{2} = 0.1 \frac{B}{(h * f^2 * °F)} \rightarrow A \text{ ali p d la}$$

$$U_{lamina} = 0.1 \frac{B}{(h * f^2 * °F)}$$

Se procede a calcular la ganancia neta del área a través de la conducción de paredes, una vez calculado todos los valores de Coeficiente global de transferencia de calor, Área en pies cuadrados y el Diferencial de temperatura de carga de enfriamiento corregido.

**Para el lado Norte:**

$$Q = U * A * D$$

$$Q = 0.1605 \frac{B}{ft^2 * °F * h} * 322.917 ft^2 * 21.685 °F$$

$$Q = 1.18 B /h$$

**Para el lado Sur:**

$$Q = U * A * D$$

$$Q = 0.2865 \frac{B}{ft^2 * °F * h} * 318.2153 ft^2 * 17.785 °F$$

$$Q = 1.6 B /h$$



Para el lado Este:

$$Q = U * A * D$$

$$Q = 0.2865 \frac{B}{ft^2 * ^\circ F * h} * 784.8239 ft^2 * 20.522 ^\circ F$$

$$Q = 4.9 B /h$$

Para el lado Oeste:

$$Q = U * A * D$$

$$Q = 0.2865 \frac{B}{ft^2 * ^\circ F * h} * 807.2925 ft^2 * 14.86 ^\circ F$$

$$Q = 3.3 B /h$$

$$Q = 1.8 B /h$$

### 7.3.2 Ganancia de calor por conducción de entrepiso superior

Para el cálculo de ganancia de calor por techos se utilizó la siguiente ecuación:

$$Q = U * A * D$$

Donde:

Q: ganancia neta del área por conducción a través de techos.

U: coeficiente general de transferencia de calor para el techo Btu/h\*ft<sup>2</sup>\*°F.

A: área total para techos ft<sup>2</sup>.

DTCEe: diferencia de temperatura para carga de enfriamiento.

$$Q = 0$$

La ganancia de calor generada en el techo de la primera planta del edificio, será obviada; debido a que es entrepiso y la segunda planta está climatizada a la misma temperatura de climatización de la primera planta.

### 7.3.3 Ganancia de calor por conducción de vidrios

$$Q = U * A * D$$

Donde:

Q: ganancia de calor por conducción de vidrios

U: coeficiente general de transferencia de calor para el vidrio, Btu/h\*ft<sup>2</sup>\*°F.



A: área total para vidrios ft<sup>2</sup>.

DTCEe: diferencia de temperatura para carga de enfriamiento.

El área cuenta solamente con una ventana y una puerta de vidrio ubicada en la parte Sur y Este, respectivamente.

Se obtiene el coeficiente general de transferencia de calor para el vidrio de la tabla 62 (ver anexos) del libro Edward G. Pita, pág. 531.

**Tabla 13.** Coeficiente global U de transferencia de calor para el vidrio Btu/h\*ft<sup>2</sup>\*°F

Paneles verticales			
Vidrio aislante-doble espacio de aire 1/4"	Invierno	Exterior Verano	Interior
	0.58	0.61	0.49

Se obtiene la diferencia de conducción de carga de enfriamiento a través de un vidrio de la tabla 55 (ver anexos) del libro Edward G. Pita, pág. 142.

**Tabla 14.** Diferencias de conducción de carga de enfriamiento a través de un vidrio, °F

Hora	14
CLTD, F	13

### Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento

Para la ventana:

$$D = D + [(78^{\circ}F - t_r) + (t_0 - 85^{\circ}F)]$$

$$D = 13 + [(78^{\circ}F - 75.2) + (88.61 - 85^{\circ}F)]$$

$$D = 1.4 \text{ } ^{\circ}F$$

Para la puerta:

$$D = D + [(78^{\circ}F - t_r) + (t_0 - 85^{\circ}F)]$$

$$D = 13 + [(78^{\circ}F - 75.2) + (79.322 - 85^{\circ}F)]$$

$$D = 1.1 \text{ } ^{\circ}F$$

Las medidas del área en ventana según las latitudes para las estructuras de vidrios son:

Latitud	Cantidad	Ventana (m <sup>2</sup> )	Area Total (m <sup>2</sup> )	Area Total (Ft <sup>2</sup> )
Norte	0	0	0	0
Sur	1	0.4368	0.4368	4.70167152



Este	0	0	0	0
Oeste	0	0	0	0

Tabla 15. Área de ventanas de vidrio de la planta 1

Tabla 16. Área de puertas de vidrio de la planta 1

Latitud	Cantidad	Puerta (m <sup>2</sup> )	Area Total (m <sup>2</sup> )	Area Total (Ft <sup>2</sup> )
Norte	0	0	0	0
Sur	0	0	0	0
Este	1	2.0874	2.0874	22.4685649
Oeste	0	0	0	0

### -Cálculo de la ganancia de calor por conducción de vidrios:

Lado Sur:

$$Q = U * A * D$$

$$Q = 0.61 \frac{B}{ft^2 * ^\circ F * h} * 4.7017 ft^2 * 19.41 ^\circ F$$

$$Q = 5.6 B /h$$

Lado Este:

$$Q = U * A * D$$

$$Q = 0.49 \frac{B}{ft^2 * ^\circ F * h} * 22.4685 ft^2 * 10.122 ^\circ F$$

$$Q = 1.4 B /h$$

$$Q = 5.6 B /h + 1.4 B /h$$

$$Q = 1.1 B /h$$

### 7.3.4 Ganancia de calor por radiación a través de vidrio

$$Q = F * A * C * F$$

Donde:

Q: ganancia neta por radiación solar a través de vidrio, Btu/h.

FGCS: factor de ganancia máxima de calor solar, Btu/h\*ft<sup>2</sup>.

A: área de vidrio, ft<sup>2</sup>.

CS: coeficiente de sombreado.

FCE: factor de carga de enfriamiento para el vidrio.

Para obtener el FGCS se hizo uso de la tabla 56 (ver anexos) del libro Edward G. Pita, pág. 143.

**Tabla 17.** Radiación solar a través de vidrio, factores de ganancia máxima de calor solar para vidrio.

Btu/h\*ft<sup>2</sup> latitudes norte

Latitud	Mes	Norte	Sur	Este	Oeste
16	Abril	39	45	227	227
12	Abril	41.5	42	226	226
8	Abril	44	39	225	225

En la tabla anterior se encuentran solamente las latitudes de 8° y 16°, por ello fue necesario hacer una interpolación de los datos. Se usa la columna hora a 12° latitud norte a la cual está ubicada León, para determinar los valores de FGCS.

Para obtener el CS se hizo uso de la tabla 57 (ver anexos) del libro Edward G. Pita, pág. 145.

**Tabla 18.** Coeficiente de sombreado para vidrio con o sin sombreado interior por persianas venecianas enrollables

Tipo de vidrio		Espesor	Sin sombreado Interior
Vidrio Aislante	Doble* Absorbente de calor afuera	1/4"	0.55

Para obtener el factor de carga de enfriamiento para el vidrio se utilizó la tabla 59 (ver anexos) del libro Edward G. Pita, pág. 147.

**Tabla 19.** Factor de carga de enfriamiento para vidrio sin sombreado interior (incluye vidrio reflector y absorbente de calor)

Ventana viendo hacia el	Construcción del recinto	FCE	Hora solar
Norte	-	0	-
Sur	H	0.67	14
Este	H	0.21	14
Oeste	-	0	-

### Cálculo de la ganancia de calor por radiación solas a través de vidrios:

Lado sur:

$$Q = F \quad * A * C \quad * F$$

$$Q = 42 \frac{B}{h * ft^2} * 4.7017 ft^2 * 0.55 * 0.67$$





$$Q = 7.7 \text{ B /h}$$

Lado este:

$$Q = F * A * C * F$$

$$Q = 226 \frac{\text{B}}{\text{h} * \text{ft}^2} * 22.4685 \text{ ft}^2 * 0.55 * 0.21$$

$$Q = 5.4 \text{ B /h}$$

$$Q = 7.7 \text{ B /h} + 5.4 \text{ B /h}$$

$$Q = 6.2 \text{ B /h}$$

### 7.3.5 Ganancia de calor por iluminación

$$Q = 3.4 * W * F * N * F$$

Donde:

**Q:** ganancia neta de calor por alumbrado, Btu/h.

**W:** capacidad de alumbrado, W.

**FB:** factor de balastro = 1.25 se toma en base al alumbrado fluorescente.

**N:** número de lámparas.

**FCE:** factor de carga de enfriamiento por persona = 1.

#### -Calculo

Tipo: Lámparas philips

Potencia: 32 W

N: 22

$$Q = 3.4 * W * F * N * F$$

$$Q = 3.4 * 32 \text{ W} * 1.25 * 22 * 1$$

$$Q = 2 \text{ B /h}$$

### 7.3.6 Ganancia de calor por personas

$$Q_s = q_s * n * F$$

$$Q_l = q_l * n * F$$

Donde:

n: número de personas

qs: calor sensible

ql: calor latente

FCE: factor de carga de enfriamiento por persona.



El factor de carga de enfriamiento se aplica a la ganancia de calor debido a las personas. Teniendo en cuenta que el sistema de acondicionamiento de aire no se apaga por las noches; se hizo uso de la tabla 61 (ver anexos) del libro Edward G. Pita, pág. 153. Obteniendo:

$$F = 0.75$$

N: Capacidad de personas es de 3, en el recinto como máximo.

Ganancia de calor sensible t calor latente, respecto al tipo de actividad y la aplicación del área a climatizar, se hizo uso de la tabla 60 (ver anexos) del libro Edward G. Pita, pág. 152.

**Tabla 20.** Tasas de ganancia de calor debido a los ocupantes del recinto acondicionado

Actividad	Aplicaciones Típicas	QL (Btu/h)	QS (Btu/h)
Parado	Industria	325	315

Se determina el calor sensible:

$$Q_s = q_s * n * F$$

$$Q_s = 315 \text{ Btu/h} * 3 * 0.75$$

$$Q_s = 708.75 \text{ Btu/h}$$

Se determina el calor latente:

$$Q_l = q_l * n * F$$

$$Q_l = 325 \text{ Btu/h} * 3 * 0.75$$

$$Q_l = 732.25 \text{ Btu/h}$$

$$Q_p = Q_s + Q_l$$

$$Q_p = 732.25 \text{ Btu/h} + 708.75 \text{ Btu/h}$$

$$Q_p = 1,441 \text{ Btu/h}$$

### 7.3.7 Ganancia de calor por equipo

Para el cálculo de los equipos eléctricos se extrajo los parámetros de la ficha técnica de cada equipo y así determinar la capacidad en watts de cada uno que se utiliza en el área estudiada, posteriormente se realizó la conversión para obtener las unidades en BTU/h.



$$Q = N * W * 3.412$$

### Cálculo de Compresor (Marathon)

N:2

Potencia: 2 200 W

$$Q = N * W * 3.412$$

$$Q = 2 * 2\,200\,W * 3.412$$

$$Q = 1\,508.8\,B /h$$

### Cálculo de Transformador (Westinghouse)

N:1

Potencia: 60 000 W

$$Q = N * W * 3.412$$

$$Q = 1 * 60\,000\,W * 3.412$$

$$Q = 2\,047.2\,B /h$$

### Cálculo de Transformador (Saicem s.p.a)

N:2

Potencia: 69 120 W

$$Q = N * W * 3.412$$

$$Q = 2 * 69\,120\,W * 3.412$$

$$Q = 4\,716.8\,B /h$$

$$Q = 15\,012.8\,B /h + 204\,720\,B /h + 4\,716.88\,B /h$$

$$Q = 6\,934.48\,B /h$$

### 7.3.8 Ganancia de calor por infiltración (Método de cambio de aire)

$$Q_s = 1.1 * C_l * D$$

$$Q_l = 0.68 * C_l * (W - W_e)$$

Donde:

**Qs:** calor sensible necesario para la infiltración, Btu/h.

**CFM:** Es equivalente del valor de CFM que ingresa por las ranuras de puertas, ventanas, etc., ft<sup>3</sup>/min.

**DT:** diferencia de temperatura de aire interior y exterior.

**Ql:** calor latente necesario para infiltración, Btu/h.



**We y Wi:** Son relaciones de humedad mayor (exterior), menor (interior), GPP granos de agua sobre aire seco.

Se escogió el método de cambio de aire, debido a que este es el que se usa principalmente en estimaciones de construcciones, el que se supone calcular el número de cambios de aire por hora.

**El cálculo de las CFM viene dado por la siguiente ecuación:**

$$C_i = C.A * V/60$$

El cambio de aire viene dado por el volumen del recinto, este dato se obtiene de las mediciones del plano arquitectónico del edificio.

$$V = a * b * h$$

$$V = 8 \text{ m} * 20 \text{ m} * 3.75 \text{ m}$$

$$V = 600 \text{ m}^3$$

Como método de conversión de m<sup>3</sup> a ft<sup>3</sup> se tiene que 1 m<sup>3</sup> = 35.3147 ft<sup>3</sup>.

$$V = 21188.82 \text{ ft}^3$$

El número de cambio por horas en el área (C.A) se obtiene a través de la tabla 58 (ver anexos) del libro Edward G. Pita, pág. 60.

**Tabla 21.** Cambios de aire por hora que se presentan bajo condiciones promedio en residencias, excluyendo el aire de ventilación. C.A

Tipo de recinto	Guardaventana o con cinta hermética
Puertas o ventanas exteriores en dos lados	1

Resolviendo:

$$C_i = 1 * \frac{21,188.82 \text{ ft}^3}{60}$$

$$C_i = 353.147 \frac{\text{ft}^3}{\text{m}}$$

**Diferencia de temperatura de aire interior y exterior:**

$$D = T_e - T_i$$

$$D = 102.92 \text{ °F} - 75.2 \text{ °F}$$

$$D = 27.72 \text{ °F}$$



**-Contenido de Humedad**

**Wi:**185.5 GPP

**We:** 65.1 GPP

Las ganancias de cargas por infiltración se dividen en dos grupos: ganancia de calor sensible y ganancia de calor latente.

**Ganancia de calor sensible por infiltración:**

$$Q_s = 1.1 * C_l * D$$

$$Q_s = 1.1 * 353.147 \frac{ft^3}{m} * 27.72^\circ F$$

$$Q_s = 1,781 B /h$$

**Ganancia de calor latente por infiltración:**

$$Q_l = 0.68 * C_l * (W - W_e)$$

$$Q_l = 0.68 * 353.147 \frac{ft^3}{m} * (185.5 - 65.1)$$

$$Q_l = 2,981 B /h$$

$$Q_{in} = Q_s + Q_l$$

$$Q_{in} = 2,981 B /h + 1,781 B /h$$

$$Q_{in} = 4,762 B /h$$

**Tabla 22.** Resumen de las cargas térmicas totales de la planta 1, antes del factor de corrección.

Cargas Térmicas totales antes del Fc			
Parámetros	Qs (Btu/h)	Ql (Btu/h)	QT(Btu/h)
Paredes	10797.81	0	10797.81
Techo	0	0	0.00
Vidrio (Conducción)	167.11	0	167.11
Vidrio (Radiación solar)	659.26	0	659.26
Alumbrado	2992	0	2992.00
Personas	708.75	731.25	1440.00
Equipos	691407.68	0	691407.68
Infiltración	10768.16	28912.85	39681.01

**7.3.9 Transferencia de calor a los alrededores**

$$F = 1 - 0.02 K$$



$$K = \frac{(U_w * A_w + U_g * A_g)}{L}$$

Donde:

**Fc:** factor para corregir cada ganancia de calor sensible en el recinto

**K:** conductancia de la unidad de longitud, Btu/h\*ft\*\*°F.

**L:** longitud de la pared exterior, ft.

**Uw, Ug:** coeficiente de transferencia de calor, w = pared; g = vidrio, Btu/h\*ft<sup>2</sup>\*°F.

**Aw, Ag:** área de pared o del vidrio, ft<sup>2</sup>.

### Coefficiente de transferencia de calor total de Paredes y Vidrios

$$U_w = P.B + P.Lc$$

$$U_w = 0.2865 \frac{B}{ft^2 * °F * h} + 0.1605 \frac{B}{(h * f^2 * °F)}$$

$$U_w = 0.4 \frac{B}{ft^2 * °F * h}$$

$$U_g = U.E + U.I1$$

$$U_g = 0.61 \frac{B}{ft^2 * °F * h} + 0.49 \frac{B}{(h * f^2 * °F)}$$

$$U_g = 1.1 \frac{B}{ft^2 * °F * h}$$

### Áreas totales de Paredes y Vidrios

$$A_w = P.N + P.S + P.E + P.O$$

$$A_w = 322.917 f^2 + 318.2153 f^2 + 784.8239 f^2 + 807.2925 f^2$$

$$A_w = 22.2 f^2$$

$$A_g = P.N + P.S + P.E + P.O$$

$$A_g = 0 f^2 + 4.7016 f^2 + 22.4685 f^2 + 0 f^2$$

$$A_g = 2.1 f^2$$

### Longitud total de paredes

$$L_{total} = L.N + L.S + L.E + L.O$$

$$L_{total} = 26.2467 f + 26.2467 f + 65.6168 f + 65.6168 f$$



$$\text{Lotal} = 1.7 f$$

Resolviendo la ecuación de conductancia de la unidad de longitud, se tiene:

$$K = \frac{(0.4470 \frac{B}{ft^2 * ^\circ F * h} * 2233.24 f^2) + (1.1 \frac{B}{ft^2 * ^\circ F * h} * 27.17 f^2)}{183.727 f}$$

$$K = 5.5$$

Se determina el factor para corregir las ganancias de calor sensible en el recinto;

$$F = 1 - 0.02 * 5.5964$$

$$F = 0.8$$

Las ganancias de calor se deben multiplicar por 0.89 cada una de ellas, es decir las cargas sufren una reducción del 11%.

#### **7.4 Factor de seguridad para la carga térmica de enfriamiento**

Se emplea un factor de seguridad del 10% sobre la carga térmica de la planta 1 del recinto acondicionar (seguridad adicional o reserva que puede estar disponible desde el funcionamiento del compresor y la carga promedio). El factor de seguridad aumenta la carga sensible y latente. Además, este factor lo utilizamos con el fin de asegurarnos contra condiciones inciertas o desconocidas, ejemplo de ello: Mayor número de personas en el recinto de las que fueron calculadas genera una mayor cantidad de carga térmica.

#### **7.5 Cálculo de ganancia de calor total del recinto**

La suma de cada una de las ganancias netas de calor corregidas para el recinto, considerando el factor de seguridad del 10% de la suma total de calor sensible como calor latente. Se usarán abreviaturas RSHG (calor sensible total), RLHG (calor latente total) y RTGH (carga total).



**7.6 Tabla 23.** Resumen de las cargas térmicas totales de la planta 1, después del factor de corrección, también considerando el factor de seguridad.

CALCULOS DE GANANCIAS TOTALES				
Parámetros	Qs (Btu/h)	Ql (Btu/h)	QT(Btu/h)	%
Paredes	9589.22	0.00	9589.22	1.45
Techo	0.00	0.00	0.00	0.00
Vidrio (Conducción)	148.40	0.00	148.40	0.02
Vidrio (Radiación solar)	585.47	0.00	585.47	0.09
Alumbrado	2657.11	0.00	2657.11	0.40
Personas	629.42	649.40	1278.82	0.19
Equipos	614018.82	0.00	614018.82	92.54
Infiltración	9562.88	25676.65	35239.54	5.31
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>637191.33</b>	<b>26326.05</b>	<b>663517.38</b>	<b>100</b>
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>				<b>10%</b>
<b>RSHG</b>				<b>700910.46</b>
<b>RLHG</b>				<b>28958.66</b>
<b>RTHG</b>				<b>729869.12</b>

$$R = 637,191.33 \frac{B}{h} + 10\%$$

$$R = 7,9.4 B /h$$

$$R = 26,326.05 \frac{B}{h} + 10\%$$

$$R = 2,9.6 B /h$$

$$Q_{total} = R = R + R$$

$$Q_{total} = R = (700,910.46 + 28,958.66) B /h$$

$$Q_{total} = R = 7,8.1 B /h$$

Para fines práctico se desarrolló los cálculos completos de ganancia de calor de todos los elementos de la primera planta (Cuarto de control de máquinas), son los siguientes:

1. Ganancia de calor por conducción en paredes.
2. Ganancia de calor por conducción en entepiso.
3. Ganancia de calor por conducción en vidrio.





4. Ganancia de calor por radiación a través de vidrio.
5. Ganancia de calor por Iluminación.
6. Ganancia de calor por personas.
7. Ganancia de calor por Equipo.
8. Ganancia de calor por Infiltración (Método de cambio de aire).
9. Factor de corrección (transferencia de calor a través de alrededores).

De la misma manera se calcula la segunda y tercera planta, solo se mostrarán los datos obtenidos en forma tabulada respecto a las características de cada área.

### **SEGUNDA PLANTA**

#### **1. Sala de Relés**

##### **a) Área (Paredes, piso, techo)**

Paredes: 8 m de ancho x 15.94 m de largo x 3.75 m de alto.

Entrepiso inferior y superior: 7.6 m de ancho x 15.50 m de largo.

##### **b) Ventana**

La sección no tiene ventanas.

##### **c) Paredes**

-Latitud norte

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

-Latitud sur

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

-Latitud Este

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

-Latitud Oeste

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

##### **d) Entrepiso inferior**

Loseta 2 in + cerámica, color blanco,

##### **e) Entrepiso superior**



Lámina de metal, color oscuro.

#### f) Puertas

-Lado Este: Entrada principal, puerta de vidrio (2.13 m de alto x 1.50 m de ancho).

#### g) Personas

Actualmente al cuarto ingresan 2 personas a dar mantenimiento a los equipos.

#### h) Equipos

Relés Térmicos

#### i) Iluminación

Luminarias Led 32 Watts. (23 unidades)

**Tabla 24.** Cálculo de ganancia de calor totales corregido de la Sala de Relé.

Cálculos de Ganancias de calor después del Fc				0.94
CALCULOS DE GANANCIAS TOTALES (Sala de Relé)				
Parámetros	Qs (Btu/h)	Ql (Btu/h)	QT(Btu/h)	%
Paredes	6252.312	0	6252.312	15.28441
Techo	0	0	0	0
Vidrio (Conducción)	99.15102	0	99.15102	0.242385
Vidrio (Radiación solar)	847.2757	0	847.2757	2.071251
Alumbrado	2952.3	0	2952.3	7.217198
Personas	445.9597	460.1172	906.0769	2.214997
Equipos	0	0	0	0
Infiltración	8100.159	21749.19	29849.35	72.96976
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>18697.16</b>	<b>22209.31</b>	<b>40906.46</b>	<b>100</b>
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>				<b>10%</b>
<b>RSHG</b>				<b>20566.87</b>
<b>RLHG</b>				<b>24430.24</b>
<b>RTHG</b>				<b>44997.11</b>

## 2. Laboratorio Químico.

### a) Área (Paredes, piso, techo)

Paredes: 8 m de ancho x 4.21 m de largo x 3.75 m de alto

Entrepiso inferior y superior: 7.6m de ancho x 3.80 m de largo.



### **b) Ventana**

La sección cuenta solamente con una ventana de vidrio ubicada en la latitud este (0.78 m x 0.56 m).

### **c) Paredes**

-Latitud norte

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

-Latitud sur

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

-Latitud Este

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

-Latitud Oeste

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

### **d) Entrepiso inferior**

Loseta 2 in + cerámica, color blanco.

### **e) Entrepiso superior**

Cielo raso, color blanco.

### **f) Puertas**

-Latitud sur: Entrada principal, puerta de vidrio (2.13 m de alto x 1.50 m de ancho).

### **g) Personas**

Permanecen 2 personas sentadas realizando pruebas químicas.

### **h) Equipos**

Computadora de escritorio (200 w), Refrigeradora (1000 w) y Microondas(700w).

### **i) Iluminación**

Luminarias Led 32 Watts. (23 unidades)



**Tabla 25.** Cálculo de ganancia de calor totales corregido del Laboratorio Químico.

Cálculos de Ganancias de calor después del Fc				0.95
CALCULOS DE GANANCIAS TOTALES (Laboratorio Químico)				
Parámetros	Qs (Btu/h)	QI (Btu/h)	QT(Btu/h)	%
Paredes	2687.793	0	2687.793	12.47395
Techo	0	0	0	0
Vidrio (Conducción)	117.3191	0	117.3191	0.544474
Vidrio (Radiación solar)	625.0911	0	625.0911	2.901027
Alumbrado	2985.204	0	2985.204	13.85423
Personas	486.7181	486.7181	973.4362	4.517685
Equipos	6186.855	0	6186.855	28.71299
Infiltración	2163.221	5808.317	7971.538	36.99564
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>15252.2</b>	<b>6295.036</b>	<b>21547.24</b>	<b>100</b>
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>				<b>10%</b>
<b>RSHG</b>				<b>16777.42</b>
<b>RLHG</b>				<b>6924.539</b>
<b>RTHG</b>				<b>23701.96</b>

### 3. Sala de Instrumentos.

#### a) Área (Paredes, piso, techo)

Paredes: 6.55 m de ancho x 3.50 m de largo x 3.75 m de alto.

Entrepiso inferior y superior: 6.10 m de ancho x 3.10 m.

#### b) Ventana

La sección no tiene ventanas.

#### c) Paredes

-Latitud norte

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

-Latitud sur

Material: Madera

Color: café.

-Latitud Este

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.



Color: gris por fuera, blanco por dentro.

-Latitud Oeste

Material: Madera

Color: café.

#### d) Entrepiso inferior

Loseta 2 in + cerámica, color blanco.

#### e) Entrepiso superior

Cielo raso, color blanco.

#### f) Puertas

Latitud Oeste: Entrada principal, puerta de vidrio (2.13 m de alto x 1.50 m de ancho).

#### g) Personas

Permanecen 4 personas sentadas realizando pruebas químicas.

#### h) Equipos

Computadora de escritorio (200 w).

#### i) Iluminación

Luminarias Led 32 Watts. (6 unidades)

**Tabla 26.** Cálculo de ganancia de calor totales corregido de Sala de Instrumento.

Cálculos de Ganancias de calor después del Fc				0.92
CALCULOS DE GANANCIAS TOTALES (Sala de instrumento)				
Parámetros	Qs (Btu/h)	Ql (Btu/h)	QT(Btu/h)	%
Paredes	1931.976	0	1931.976	15.85958
Techo	0	0	0	0
Vidrio (Conducción)	96.36129	0	96.36129	0.79103
Vidrio (Radiación solar)	1215.549	0	1215.549	9.97844
Alumbrado	748.4958	0	748.4958	6.1444
Personas	1155.766	1192.456	2348.222	19.27655
Equipos	625.9479	0	625.9479	5.138405
Infiltración	1415.24	3799.964	5215.204	42.81159
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>7189.335</b>	<b>4992.42</b>	<b>12181.76</b>	<b>100</b>
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>				<b>10%</b>
<b>RSHG</b>				<b>7908.269</b>
<b>RLHG</b>				<b>5491.662</b>
<b>RTHG</b>				<b>13399.93</b>



**7.7 Tabla 27.** Resumen de las cargas térmicas totales de la planta 2, después de los factores de corrección, también considerando el factor de seguridad.

CALCULOS DE GANANCIAS TOTALES (Toda la planta 2)				
Parámetros	Qs (Btu/h)	Ql (Btu/h)	QT(Btu/h)	%
Paredes	10872.08	0.00	10872.08	14.57
Techo	0.00	0.00	0.00	0.00
Vidrio (Conducción)	312.83	0.00	312.83	0.42
Vidrio (Radiación solar)	2687.92	0.00	2687.92	3.60
Alumbrado	6686.00	0.00	6686.00	8.96
Personas	2088.44	2139.29	4227.74	5.66
Equipos	6812.80	0.00	6812.80	9.13
Infiltración	11678.62	31357.47	43036.09	57.66
SUB-TOTAL	41138.69	33496.76	74635.46	100
FACTOR DE SEGURIDAD				10%
RSHG				45252.56
RLHG				36846.44
RTHG				82099

**TERCERA PLANTA**

**1. Cuarto de Operaciones**

**a) Área (Paredes, piso, techo)**

Paredes: 8 m de ancho x 8 m de largo x 3.75 m de alto.

Entrepiso inferior: 7.6 m de ancho x 7.6 m de largo.

Techo: 7.6 m de ancho x 7.6 m de largo.

**b) Ventana**

-Latitud Norte: (5 m x 2.14 m)

-Latitud Oeste: (1.10 m x 1.56 m)

**c) Paredes**

-Latitud norte

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, gris por dentro.

-Latitud sur

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.



Color: gris por fuera, blanco por dentro.

-Latitud Este

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: blanco hueso por fuera, blanco por dentro.

-Latitud Oeste

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

#### d) Entrepiso inferior

Loseta 2 in + cerámica, color blanco.

#### e) Techo

Cielo raso yeso, concreto.

#### f) Puertas

-Lado Norte: Puertas de vidrio interna. Por ende, solo una influye una para el cálculo de transferencia de calor (2.13 m de alto x0.90 m de ancho).

-Lado Este: Entrada principal, puerta de vidrio (2.13 m de alto x0.90 m de ancho).

#### g) Personas

Actualmente al cuarto ingresan 10 personas, operación de los equipos.

#### h) Equipos

- 5 computadoras de escritorio
- 1 televisor
- 2 cargadores de radio
- 1 dispensador automático de alcohol

#### i) Iluminación

Luminarias Led 32 Watts. (10 unidades)

**Tabla 28.** Cálculo de ganancia de calor totales corregido del Cuarto de Operaciones.

Cálculos de Ganancias de calor después del Fc				0.94
CALCULOS DE GANANCIAS TOTALES (Cuarto de Operaciones)				
Parámetros	Qs (BTU/h)	Ql (BTU/h)	QT(BTU/h)	%
Paredes	1976.42844	0	1976.42844	5.27079902
Techo	4195.3027	0	4195.3027	11.1881599



Vidrio (Conducción)	1759.17516	0	1759.17516	4.69142142
Vidrio (Radiación solar)	3638.55456	0	3638.55456	9.70340715
Alumbrado	1273.66122	0	1273.66122	3.3966382
Personas	2950.02416	3043.67572	5993.69988	15.9841798
Equipos	3796.1248	0	3796.1248	10.1236202
Infiltración	4033.81933	10830.9345	14864.7539	39.6417743
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>23623.0904</b>	<b>13874.6103</b>	<b>37497.7006</b>	<b>100</b>
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>				<b>10%</b>
<b>RSHG</b>				<b>25985.3994</b>
<b>RLHG</b>				<b>15262.0713</b>
<b>RTHG</b>				<b>41247.4707</b>

## 2. Oficinas lado sur

### a) Área (Paredes, piso, techo)

Paredes: 8 m de ancho x 6.10 m de largo x 3.75 m de alto.

Entrepiso inferior: 7.6 m de ancho x 5.7 m de largo.

Techo: 7.6 m de ancho x 5.7 m de largo.

### b) Ventana

-Latitud Sur: (3.5 m x 1 m)

(2 m x 1 m)

### c) Paredes

-Latitud norte

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

-Latitud sur

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

-Latitud Este

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

-Latitud Oeste

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.





Color: gris por fuera, blanco por dentro.

**d) Entrepiso inferior**

Loseta 2 in + cerámica, color blanco.

**e) Techo**

Cielo raso yeso, concreto.

**f) Puertas**

-Lado Este: Entrada principal (2.13 m de alto x0.98 m de ancho).

**g) Personas**

Actualmente al cuarto ingresan 2 personas, 8 hora al día.

**h) Equipos**

- 2 computadoras
- 1 Impresora
- 2 teléfonos

**i) Iluminación**

Luminarias Led 32 Watts. (4 unidades)

**Tabla 29.** Cálculo de ganancia de calor totales corregido de la Oficina Lado Sur.

Cálculos de Ganancias de calor después del Fc				0.94
CALCULOS DE GANANCIAS TOTALES (Oficina lado sur)				
Parámetros	Qs (BTU/h)	QI (BTU/h)	QT(BTU/h)	%
Paredes	3167.48492	0	3167.48492	14.0503199
Techo	3141.83818	0	3141.83818	13.9365561
Vidrio (Conducción)	708.175983	0	708.175983	3.14132485
Vidrio (Radiación solar)	1405.28126	0	1405.28126	6.2335423
Alumbrado	508.713387	0	508.713387	2.25654928
Personas	430.162055	355.351263	785.513318	3.48437756
Equipos	1509.19178	0	1509.19178	6.69446824
Infiltración	3071.25261	8246.41197	11317.6646	50.2028617
<b>SUB-TOTAL</b>	13942.1002	8601.76323	22543.8634	100
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>				10%
<b>RSHG</b>				15336.3102
<b>RLHG</b>				9461.93955



### 3. Sala de descanso

#### a) Área (Paredes, piso, techo)

Paredes: 4 m de ancho x 5.9 m de largo x 3.75 m de alto.

Entrepiso inferior: 3.6 m de ancho x 5.5 m de largo.

Techo: 3.6 m de ancho x 5.5 m de largo.

#### b) Ventana

No hay ventana

#### c) Paredes

-Latitud norte

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

-Latitud sur

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

-Latitud Este

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

-Latitud Oeste

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

#### d) Entrepiso inferior

Loseta 2 in + cerámica, color blanco.

#### e) Techo

Cielo raso Yeso, Concreto.

#### f) Puertas

-Lado Sur: (2.13 m de alto x 0.95 m de ancho).

#### g) Personas



Actualmente al cuarto ingresan 4 personas, utilizan el local para comer o tomar café y descansar.

#### h) Equipos

- 1 refrigeradora
- 1 televisor
- 1 microondas
- 1 dispensador de agua

#### i) Iluminación

Luminarias Led 32 Watts. (5 unidades)

**Tabla 30.** Cálculo de ganancia de calor totales corregido de la Sala de descanso.

Cálculos de Ganancias de calor después del Fc				0.98
CALCULOS DE GANANCIAS TOTALES (Sala de descanso)				
Parámetros	Qs (Btu/h)	Ql (Btu/h)	QT(Btu/h)	%
Paredes	698.010273	0	698.010273	3.88565313
Techo	1507.55993	0	1507.55993	8.39221882
Vidrio (Conducción)	53.6237919	0	53.6237919	0.29851058
Vidrio (Radiación solar)	330.938993	0	330.938993	1.84225675
Alumbrado	667.57061	0	667.57061	3.71620295
Personas	1001.35592	1276.23793	2277.59385	12.6788101
Equipos	6682.51925	0	6682.51925	37.1999566
Infiltración	1559.27153	4186.69416	5745.96569	31.9863911
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>12500.8503</b>	<b>5462.9321</b>	<b>17963.7824</b>	<b>100</b>
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>				<b>10%</b>
<b>RSHG</b>				<b>13750.9353</b>
<b>RLHG</b>				<b>6009.22531</b>
<b>RTHG</b>				<b>19760.1606</b>

#### 4. Biblioteca

##### a) Área (Paredes, piso, techo)

Paredes: 2.05 m de ancho x 2.9 m de largo x 3.75 m de alto.

Entrepiso inferior: 1.65 m de ancho x 2.50 m de largo.

Techo: 1.65 m de ancho x 2.50 m de largo.

##### b) Ventana



No hay ventana

**c) Paredes**

-Latitud norte

Material: Madera

Color: Café

-Latitud sur

Material: Madera

Color: Café

-Latitud Este

Material: Madera

Color: Café

-Latitud Oeste

Material: Madera

Color: Café

**d) Entrepiso inferior**

Loseta 2 in + cerámica, color blanco.

**e). Techo**

Cielo raso Yeso, Concreto.

**f) Puertas**

-Lado Sur: (2.13 m de alto x0.98 m de ancho).

**g) Personas**

Actualmente al cuarto ingresan 1 o 2 personas, de ser necesario durante el día ingresan.

**h) Equipos**

No hay

**i) Iluminación**

Luminarias Led 32 Watts. (1 unidad)



**Tabla 31.** Cálculo de ganancia de calor totales corregido de la Biblioteca.

Cálculos de Ganancias de calor después del Fc				0.97
CALCULOS DE GANANCIAS TOTALES (Biblioteca)				
Parámetros	Qs (Btu/h)	Ql (Btu/h)	QT(Btu/h)	%
Paredes	243.294016	0	243.294016	2.79148844
Techo	310.321025	0	310.321025	3.56053784
Vidrio (Conducción)	54.656	0	54.656	0.62710787
Vidrio (Radiación solar)	337.309262	0	337.309262	3.87019343
Alumbrado	131.918304	0	131.918304	1.51359423
Personas	3055.46071	3152.45946	6207.92017	71.2279638
Equipos	0	0	0	0
Infiltración	388.096261	1042.05093	1430.14719	16.4091144
<b>SUB-TOTAL</b>	4521.05558	4194.5104	<b>8715.56597</b>	100
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>				10%
RSHG				4973.16113
RLHG				4613.96144
RTHG				9587.12257

**5. Oficina lado Norte.**

**a) Área (Paredes, piso, techo)**

Paredes: 4.85 m de ancho x 8.90 m de largo x 3.75 m de alto.

Entrepiso inferior y techo: 4.45 m de ancho x 8.50 m de largo.

**b) Ventana**

Lado Este: (0.78 m x 1 m)

**c) Paredes**

-Latitud norte

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

-Latitud sur



Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

-Latitud Este

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

-Latitud Oeste

Material: Bloque de concreto de 8 in + acabado a ambos lados.

Color: gris por fuera, blanco por dentro.

#### d) Entrepiso inferior

Loseta 2 in + cerámica, color blanco.

#### e) Techo

Cielo raso, PVC, Concreto.

#### f) Puertas

-Lado Sur: (2.13 m de alto x0.98 m de ancho).

#### g) Personas

Actualmente al cuarto ingresan 3 personas, 8 horas al día

#### h) Equipos

- 2 computadoras
- 2 teléfonos
- 1 impresora

#### i) Iluminación

Luminarias Led 32 Watts. (3 unidades)

**Tabla 32.** Cálculo de ganancia de calor totales de la Oficina lado Norte.

Cálculos de Ganancias de calor después del Fc				0.96
CALCULOS DE GANANCIAS TOTALES (Oficina Lado Norte)				
Parámetros	Qs (Btu/h)	Qi (Btu/h)	QT(Btu/h)	%
Paredes	3040.84146	0	3040.84146	15.2316286
Techo	2813.85038	0	2813.85038	14.0946263
Vidrio (Conducción)	149.39711	0	149.39711	0.74833277
Vidrio (Radiación solar)	543.762743	0	543.762743	2.72371719
Alumbrado	391.346208	0	391.346208	1.96026007



Personas	661.835498	546.733672	1208.56917	6.05374434
Equipos	1548.00062	0	1548.00062	7.75396246
Infiltración	2786.46865	7481.75788	10268.2265	51.4337282
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>11935.5027</b>	<b>8028.49155</b>	<b>19963.9942</b>	<b>100</b>
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>				<b>10%</b>
<b>RSHG</b>				<b>13129.0529</b>
<b>RLHG</b>				<b>8831.34071</b>
<b>RTHG</b>				<b>21960.3936</b>

**7.8 Tabla 33.** Resumen de las cargas térmicas totales de la planta 3, después de los factores de corrección, también considerando el factor de seguridad.

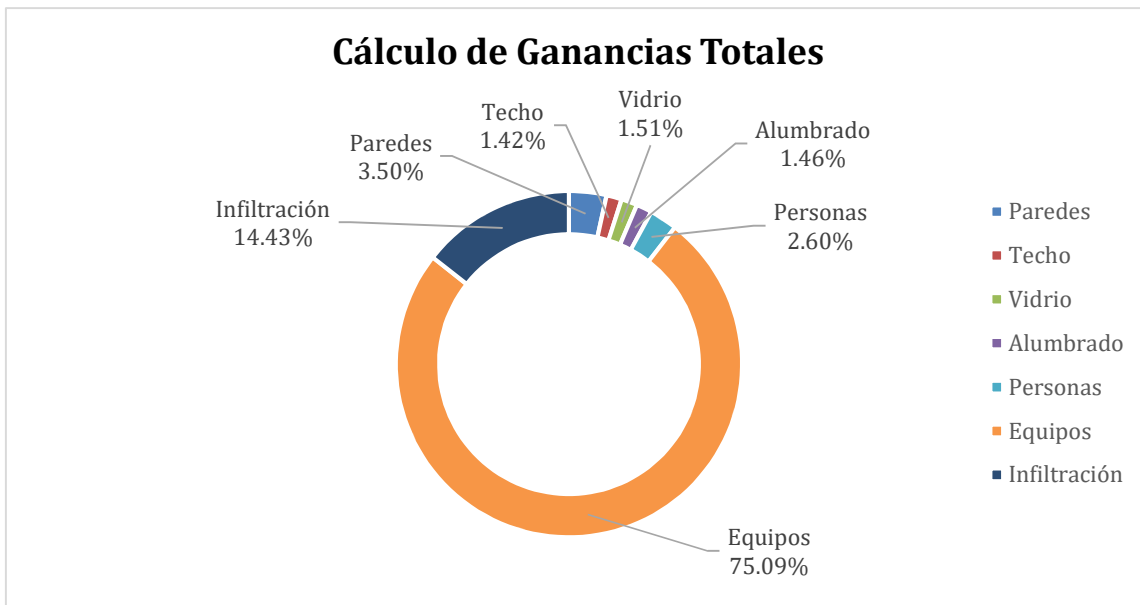
<b>CALCULOS DE GANANCIAS TOTALES</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Qs (Btu/h)</b>	<b>Ql (Btu/h)</b>	<b>QT(Btu/h)</b>	<b>%</b>
Paredes	9126.05911	0	9126.05911	8.55421765
Techo	11968.8722	0	11968.8722	11.2188993
Vidrio (Conducción)	2725.02804	0	2725.02804	2.55427701
Vidrio (Radiación solar)	6255.84682	0	6255.84682	5.86385368
Alumbrado	2973.20973	0	2973.20973	2.78690756
Personas	8098.83834	8374.45805	16473.2964	15.4410749
Equipos	13535.8364	0	13535.8364	12.6876771
Infiltración	11838.9084	31787.8495	43626.7579	40.8930928
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>66522.5991</b>	<b>40162.3075</b>	<b>106684.907</b>	<b>100</b>
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>				<b>10%</b>
<b>RSHG</b>				<b>73174.859</b>
<b>RLHG</b>				<b>44178.5383</b>
<b>RTHG</b>				<b>117353.397</b>

**7.9 Tabla 34.** Resumen de las cargas térmicas totales del Edificio de Operaciones Momotombo Power Company (Planta 1, Planta 2 y Planta 3).

<b>CALCULOS DE GANANCIAS TOTALES (Carga Total Edificio)</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Qs (Btu/h)</b>	<b>Ql (Btu/h)</b>	<b>QT(Btu/h)</b>	<b>%</b>
Paredes	29587.36	0.00	29587.36	3.50
Techo	11968.87	0.00	11968.87	1.42
Vidrio (Conducción)	3186.26	0.00	3186.26	0.38
Vidrio (Radiación solar)	9529.24	0.00	9529.24	1.13
Alumbrado	12316.32	0.00	12316.32	1.46



Personas	10816.70	11163.15	21979.85	2.60
Equipos	634367.46	0.00	634367.46	75.09
Infiltración	33080.41	88821.97	121902.38	14.43
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>744852.62</b>	<b>99985.12</b>	<b>844837.75</b>	<b>100.00</b>
<b>FACTOR DE SEGURIDAD</b>				<b>0.10</b>
<b>RSHG</b>				<b>819,337.89</b>
<b>RLHG</b>				<b>109,983.63</b>
<b>RTHG</b>				<b>929,321.52</b>



**Grafico 1.** Calculo de Ganancias Totales





## VIII. Cálculo de ductos

### 8.1 Flujo de ventilación – CFM (ft<sup>3</sup>/min)

El flujo de ventilación expresado en CFM se calcula por el método de cambio de aire, que implica el número de renovaciones mínimas definidas en la norma ASHRAE para condiciones de bienestar e higiene y el volumen del recinto.

$$CFM = CA * \frac{V}{60} \quad (\text{Ec.18})$$

Donde,

**CFM**= Velocidad de infiltración de aire al recinto.

**CA**= Número de cambios de aire por hora para el recinto.

**V**= Volumen del recinto, ft<sup>3</sup>

El número de renovaciones de aire o cambio de aire por hora de un recinto se determina mediante la figura 26 (ver anexos). Robalino, 2018

El volumen de los locales se determina por las dimensiones del recinto, el cual viene dado por la siguiente expresión.

$$V_i = a \times b \times h \times l \quad [m^3] \quad (\text{Ec.19})$$

Para calcular la cantidad de CFM según la Ec. 18 se debe convertir el volumen de m<sup>3</sup> a ft<sup>3</sup>, para ello se debe utilizar la siguiente expresión

$$1 \text{ m}^3 = 3.2808 \text{ f}^3 \rightarrow (1 \text{ m})^3 = (3.2808 \text{ f})^3 = 35.315 \text{ f}^3$$

### 8.2 Niveles de ruido

Además de asegurar el confort térmico en un lugar, el sistema de aire acondicionado también debe brindar confort acústico. Para elegir el rango en el que debe fluctuar el nivel de ruido, se deben considerar los siguientes factores: tipo ocupacional, sonido ambiental, respuesta del oído humano al sonido, el volumen de cada habitación y el nivel de sonido emitido por el equipo, estos son parámetros que



deben tenerse en cuenta a la hora de diseñar conductos y seleccionar difusores y rejillas para la distribución del aire.

**Tabla 35.** Valores de intensidad del sonido para diferentes aplicaciones (ASHRAE, 2007)

Tipo de habitación	RC (N)	Tipo de habitación	RC (N)
<b>Residencias, apartamentos, condominios, hoteles / moteles</b>	25 a 35	<b>Artes escénicas Espacios</b>	
Habitaciones individuales o suites	25 a 35	Teatros dramáticos, conciertos y salas de recitales	25
Salas de reuniones / banquetes	25 a 35	Estudios de enseñanza musical	25
Pasillos, lobbies	35 a 45	Salas de ensayo de música	30 a 35
Áreas de servicio/soporte	35 a 45		
<b>Edificaciones con oficinas</b>		<b>Laboratorios (con campanas de extracción)</b>	
Oficinas ejecutivas y privadas	25 a 35	Exámenes / investigación, comunicación mínima expresión	45 a 55
Salas de conferencias	25 a 35	De Investigación, de uso extensivo de teléfono	40 a 50
Salas de teleconferencias	< 25	Enseñanza a grupos	35 a 45
Oficinas abiertas	< 40	<b>Iglesia, Mezquita, Sinagoga</b>	
Pasillos y lobbies	40 a 45	Asamblea general con programación musical	35 a 35
<b>Hospitales y Clínicas</b>		<b>Escuelas</b>	
Cuartos privados	25 a 35	Aulas	25 a 30
Salas destinadas a un grupo de pacientes	30 a 40	Grandes salas de lectura	25 a 30
Quirofanos o salas de cirugía	25 a 35	Sin amplificación del habla	<25
Pasillos y las zonas comunes	30 a 40	bibliotecas	30 a 40
<b>Salas de audiencias</b>		<b>Estadios, gimnasios interiores</b>	
Sin amplificar el habla	25 a 35	Gimnasios y piscinas cubiertas	40 a 50
Habla amplificada	30 a 40	Grandes espacios - espacios de gran capacidad con amplificación del habla	45 a 55

En la tabla anterior se recomienda algunos valores de intensidad del sonido para diferentes aplicaciones. ASHRAE generalmente evalúa el nivel de ruido dentro de un lugar basándose en RC (estándar de habitación) y NC (estándar de ruido), que se utilizan para seleccionar diferentes accesorios y equipos en el sistema HVAC. Los valores equivalentes de RC y NC en decibelios se pueden configurar de la siguiente manera:  $1NC = 10dB$ .

### 8.3 Velocidad del aire por ductos

La causa del sonido en conductos y accesorios como rejillas y difusores es la velocidad a la que circula el aire y la velocidad a la que estos accesorios entran en contacto con la superficie.

**Tabla 36.** Valores de velocidad máximas para los distintos tipos de arreglos de ductos (ASHRAE, 2007)

Localización del ducto principal	DISEÑO RC	Máxima velocidad del aire (FPM)	
		Ducto rectangular	Ducto circular
Por encima del cielo raso o paneles de yeso	45	3500	5000
	35	2500	3500
	25	1700	2500
Por encima de techo acústico suspendido	45	2500	4500
	35	1750	3000
	25	1200	2000
Conducto situado dentro del espacio ocupado	45	2000	3900
	35	1450	2600
	25	950	1700

### 8.4 Caudal de Impulsión

Es la cantidad de aire que se debe inyectar a cada habitación para garantizar que se cumpla el STD 62/99 ASHRAE, éste caudal está constituido tanto por el aire de renovación como el aire de recirculación, a continuación, se muestra la expresión para calcular el caudal de aire de impulsión teórico:

$$V_i = \frac{Q}{\rho \cdot C_p \cdot (T_i - T_o)} \quad (\text{Villega Alzate, 2016, pág. 139}) \quad (\text{Ec. 20})$$

El caudal de aire real se define como:

$$V_i = \frac{Q}{\rho \cdot C_p \cdot (T_i - T_o)} * \frac{1}{1-E} \quad (\text{Villega Alzate, 2016, pág. 139}) \quad (\text{Ec. 21})$$



Para condiciones estándar, es decir a nivel del mar, la ecuación toma la siguiente forma:

$$\forall i = \frac{Q [B / h]}{1,0 *(T -T ) [°F]} * \frac{1}{1-B} \quad (\text{Villega Alzate, 2016, pág. 139}) \text{ (Ec. 22)}$$

### 8.5 Caudal de retorno

Teniendo en cuenta que el caudal de aire de recirculación o retorno está dado por la siguiente ecuación:

$$\forall L = \forall i - \forall E \quad (\text{Villega Alzate, 2016, pág. 139}) \text{ (Ec. 23)}$$

Donde  $\forall E$  es el caudal de aire exterior o renovación.

### 8.6 Método de igual fricción para dimensión de ductos

La base del método de dimensionamiento de ductos es que se selecciona un valor para la pérdida de presión por fricción, por longitud de ducto, y se mantiene constante para todas las secciones de ducto del sistema. El valor que se selecciona se basa generalmente en la velocidad máxima permisible en el ducto.

Se deben sumar los CFM que el tramo de ductería debe suministrar en dependencia de cada recinto, luego de ello se selecciona la velocidad permisible para los diferentes tipos de recintos.

Se trazan las líneas que se interceptan y proporcionan el diámetro de tubería circular obtenido de la figura 27 (ver anexos). Pita, 1994

Una vez obtenido el diámetro circular se procede a usar la figura 28 (ver anexos) para determinar las dimensiones para ducto rectangular. Pita, 1994

A continuación, se presenta el ejemplo de cálculo de dimensionamiento de ductos para el Cuarto de Control de Máquinas (CCM).

### 8.7 Dimensionamiento de ductos CCM

#### 8.7.1 Flujo de ventilación CCM.

Calculando el flujo del aire según la ecuación

$$C_i = CA * \frac{V}{60}$$

La siguiente tabla muestra las dimensiones del recinto, las cuales servirán para encontrar el volumen.

**Tabla 37.** Dimensiones de CCM, fuente: Propia

Lugar	Alto	Ancho	Largo	Volumen m <sup>3</sup>
-------	------	-------	-------	------------------------



CCM	3.75	8	20	600
-----	------	---	----	-----

Este valor es calculado en m<sup>3</sup>, ahora se debe convertir a ft<sup>3</sup>.

Lugar	Volumen m <sup>3</sup>	Volumen ft <sup>3</sup>	Renova/hr	CFM (Ve)
CCM	600	21189	6	2118.9000

El valor de CFM calculado será el valor de caudal de recinto que servirá para el cálculo de caudal de retorno.

El valor de renovaciones de aire que se tomarán en consideración será el propuesto para Oficinas y despachos, el cual está en el rango de 5 a 8 renovaciones por hora

$$C = 6 \frac{V}{ho}$$

Calculando el flujo de caudal:

$$C = 6 * \frac{21189 \text{ ft}^3}{60} = 2118.9 \frac{\text{ft}^3}{\text{m}}$$

### 8.7.2 Niveles de ruido CCM

De acuerdo con la tabla 35, se tomará el nivel de ruido para el recinto “Oficinas ejecutivas y privadas”, cuyo nivel de ruido está entre los 25 y 35 RC, el valor que se tomará par este recinto será el máximo, debido a que es un local con poca cantidad de personas y cuya carga térmica es mayor, por ende, se necesitará mayor flujo de caudal.

### 8.7.3 Velocidad del aire por ductos CCM

En la tabla 36 refleja valores de velocidad máximas para los distintos tipos de arreglos de ductos, la locación del ducto que será seleccionada para este recinto será el ducto “Por encima del cielo raso o paneles de yeso.

$$V_{\text{máxi}} = 2500 \text{ f /m}$$

### 8.7.4 Caudal de impulsión CCM

Calculando la ecuación 22:

$$\dot{V}_i = \frac{Q \left[ \frac{B}{h} \right]}{1,08 * (T - T_{\text{ext}}) [^{\circ}F]} * \frac{1}{1 - B}$$

La siguiente tabla muestra los datos anteriormente calculados

**Tabla 38.** Caudal de impulsión CCM, fuente: Propia

Lugar	Qs	TI	Tsa	BF	Caudal de impulsión. (Vi) CFM
CCM	637191	75.2	53.6	0.05	28752.0305

$$\dot{V}_i = \frac{637191 \frac{B}{h}}{1,08 * (75.2 - 53.6)^\circ F} * \frac{1}{1 - 0.05} = 2 \quad .0 \quad ct$$

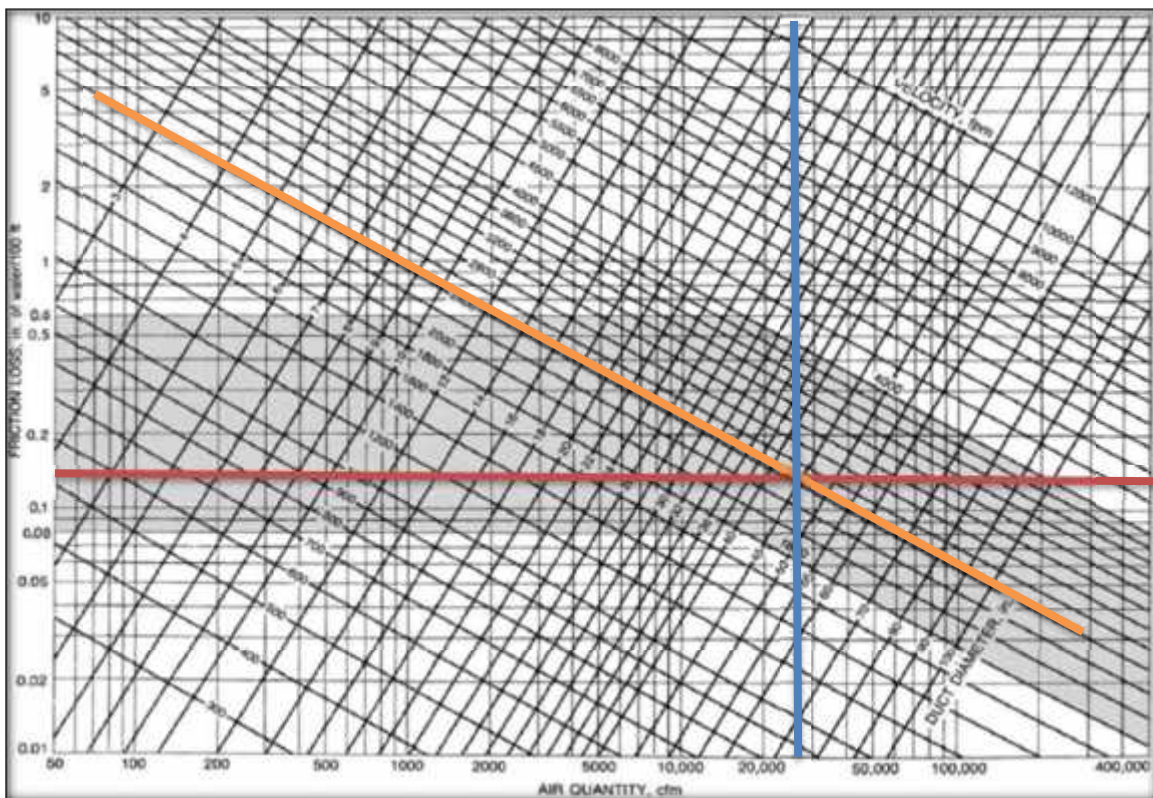
### 8.7.5 Caudal de retorno CCM

$$\dot{V}_L = \dot{V}_i - \dot{V}_E$$

$$\dot{V}_L = 28752.0305 \text{ ct} - 2118.9 \text{ ct} = 2 \quad .1 \quad ct$$

### 8.7.6 Dimensiones de ductos CCM

Con los datos ya obtenidos se procede a usar la figura 11 para obtener las dimensiones del ducto.



**Figura 11.** Pérdida de fricción vs Calidad de aire

Una vez intersecadas todas las líneas se tiene el diámetro hidráulico de un ducto circular y las pérdidas por fricción de dicho tramo de sección

Trazando una línea que intercepte la curva del diámetro hidráulico en la figura 12 se obtendrán dimensiones equivalentes de dicho ducto con uno de forma rectangular.

Es importante tener en cuenta que las dimensiones del ducto deben ser tales que su geometría sea acorde al espacio que brinda la estructura arquitectónica del edificio.

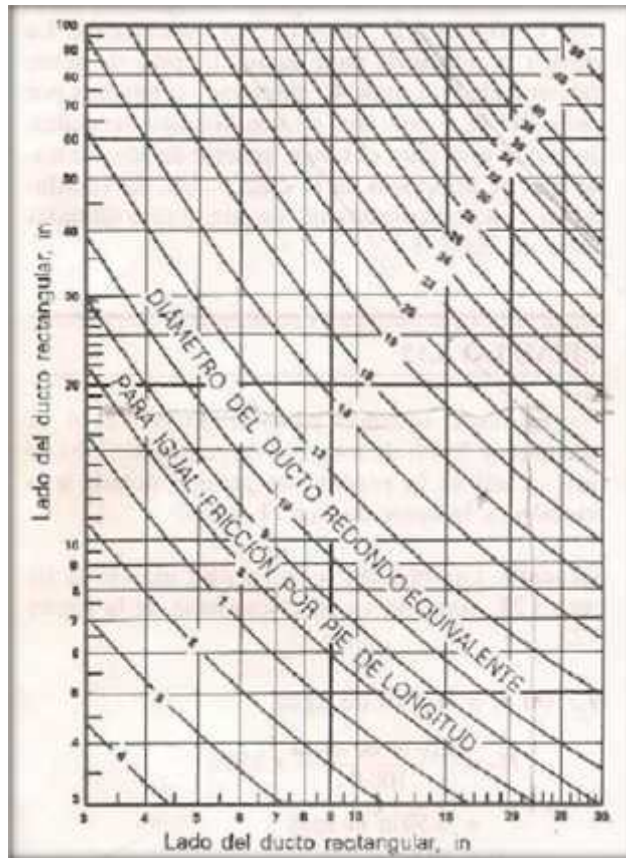
Como se puede observar, el ducto rectangular equivalente a los 45” de diámetro circular que se obtuvo con la figura anterior es de aproximadamente 60” x 30”, dichas dimensiones se encuentran fuera del área permisible por la estructura del edificio.

Por esta razón se procede a dividir el caudal de impulsión en 3 secciones, para lograr formar un arreglo en paralelo de dicha tubería y de esta manera lograr disminuir estas dimensiones.

Por lo tanto, anteriormente se tenía un caudal de impulsión de 28,752.0305 cfm. Al dividirse en 3 secciones, se tiene un caudal de impulsión de 9,584.0101 cfm.

Se procede a realizar nuevamente el dimensionamiento de la ductería y se obtiene que:

**Figura 12.** Diámetros de ductos redondos equivalentes



**Tabla 39.** Dimensiones de ductos, fuente: propia

Lugar	Cfm impulsión	Ppfricción	D (in)	Rectangular (in)
CCM	9584.0101	0.25	26	28 x 20

## 8.8 Dimensionamiento de ductos Recintos

### 8.8.1 Flujo de ventilación Recintos

Calculando el flujo del aire según la ecuación

$$C_1 = C * \frac{V}{60}$$



La siguiente tabla muestra las dimensiones del recinto, las cuales servirán para encontrar el volumen.

**Tabla 40.** Dimensiones de Recintos, fuente: Propia

Lugar	Alto	Ancho	Largo	Volumen m <sup>3</sup>
Sala de Relés	3.75	8	15.4	462
Laboratorio	3.75	4.21	8	126.3
Instrumentos	3.75	3.5	6.55	85.96875
Cuarto de operaciones	3.75	8	8	240
Sala de descanso	3.75	4	5.9	88.5
Biblioteca	3.75	2.05	2.9	22.29375
Oficinas Sur	3.75	8	6.1	183
Oficinas Norte	3.75	4.85	8.9	161.86875

Este valor es calculado en m<sup>3</sup>, ahora se debe convertir a ft<sup>3</sup>.

**Tabla 41.** Flujo de ventilación de Recintos, fuente: Propia

Lugar	Volumen m <sup>3</sup>	Volumen ft <sup>3</sup>	Renovaciones/ hr	CFM (Ve)
Sala de Relés	478.2	16887.633	3	844.3817
Laboratorio	126.3	4460.2845	6	446.0285
Instrumentos	85.96875	3035.986406	6	303.5986
Cuarto de operaciones	240	8475.6	6	847.5600
Sala de descanso	88.5	3125.3775	6	312.5378
Biblioteca	22.29375	787.3037813	6	78.7304
Oficinas Sur	183	6462.645	6	646.2645
Oficinas Norte	161.86875	5716.394906	6	571.6395

### 8.8.2 Niveles de ruido Recintos

**Tabla 42.** Flujo de ventilación de Recintos, fuente: Propia

Lugar	Nivel de ruido RC
Sala de Relés	25
Laboratorio	25
Instrumentos	25
Cuarto de operaciones	25
Sala de descanso	25
Biblioteca	25
Oficinas Sur	25
Oficinas Norte	25

### 8.8.3 Velocidad del aire por ductos Recintos

**Tabla 43.** Velocidad del aire en ductos de Recintos, fuente: Propia

Lugar	Velocidad del aire (ft/min)
Sala de Relés	1700
Laboratorio	1700





Instrumentos	1700
Cuarto de operaciones	1700
Sala de descanso	1700
Biblioteca	1700
Oficinas Sur	1700
Oficinas Norte	1700

### 8.8.4 Caudal de impulsión Recintos

Tabla 44. Caudal de impulsión Recinto, fuente: Propia

Lugar	Qs	TI	Tsa	BF	Caudal de impulsión (Vi) cfm
Sala de Relés	20566.87	75.2	53.6	0.05	928.040845
Laboratorio	16777.42	75.2	53.6	0.05	757.04913
Instrumentos	7908.269	75.2	53.6	0.05	356.84558
Cuarto de operaciones	25985.3994	75.2	53.6	0.05	1172.54167
Sala de descanso	13750.9353	75.2	53.6	0.05	620.484771
Biblioteca	4973.1611	75.2	53.6	0.05	224.404425
Oficinas Sur	15336.3102	75.2	53.6	0.05	692.021794
Oficinas Norte	13129.0529	75.2	53.6	0.05	592.423512

### 8.8.5 Caudal de retorno Recintos

Tabla 45. Caudal de impulsión Recinto, fuente: Propia

Lugar	Caudal de retorno (VI)
Sala de Relés	83.6592
Laboratorio	311.0207
Instrumentos	53.2469
Cuarto de operaciones	324.9817
Sala de descanso	307.9470
Biblioteca	145.6740
Oficinas Sur	45.7573
Oficinas Norte	20.7840

### 8.8.6 Dimensiones de ductos Recintos

Tabla 46. Caudal de impulsión Recinto, fuente: Propia

Lugar	Cfm impulsión	Ppfricción	D (in)	Rectangular (in)
CCM	28,752.0305	0.25	26	28 x 20



Sala de Relés	928.0408	0.22	11.5	9 x 11
Laboratorio	757.0491	0.28	10	7 x 12
Instrumentos	356.8455	0.41	7	10 x 4.5
Cuarto de operaciones	1,172.5416	0.2	12.5	10 x 14
Sala de descanso	620.4847	0.3	9.3	8 x 10
Biblioteca	224.4044	0.58	5.5	4.5 x 5.5
Oficinas Sur	692.0217	0.28	10	7 x 12
Oficinas Norte	592.4235	0.31	9	7x 10

### **8.9 Dimensionamiento de conductos con Software CYPE**

Haciendo uso del software CYPE, el cual es una herramienta de arquitectura, ingeniería y construcción, dentro de sus muchos alcances se encuentra el diseño de sistemas de climatización.

#### **8.9.1 Interfaz de inicio**

En la figura 13 se encuentra la interfaz de inicio del software, el cual cuenta con las herramientas que se usarán para el diseño del sistema de ductería.

Dentro de estas herramientas se encuentran: IFC Builder, Cypetherm Loads y Cypetherm HVAC.



Figura 13. Interfaz de Inicio CYPE Software para Arquitectura, Ingeniería y Construcción

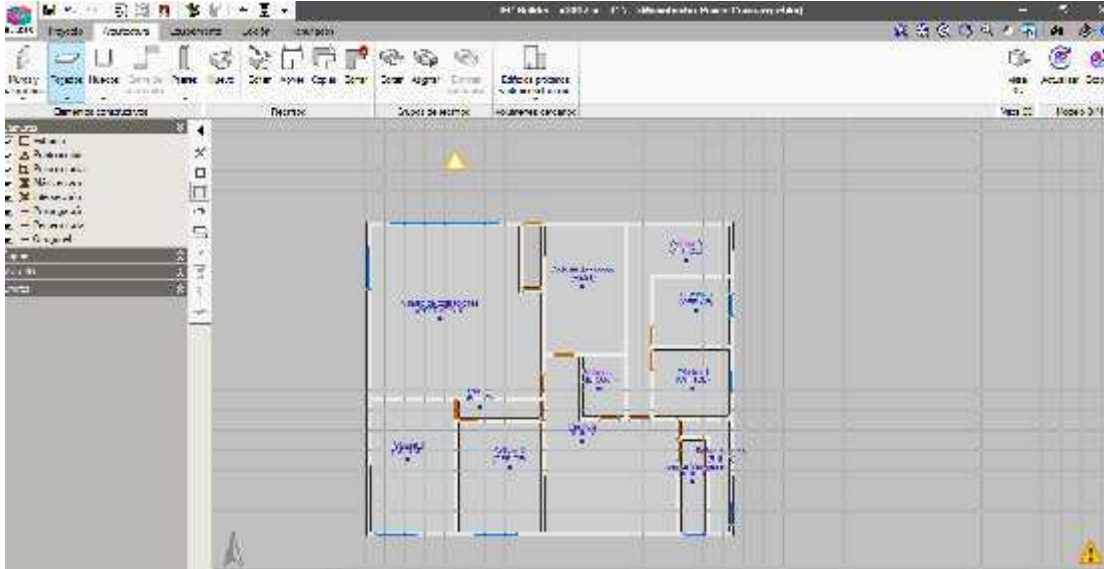
### 8.9.2 Interfaz IFC Builder

La primera herramienta a utilizar es IFC Builder, en la figura 14 se muestra la interfaz del mismo, su propósito es realizar un bosquejo y/o plano arquitectónico del lugar en estudio.



Figura 14. Interfaz de inicio de IFC Builder.

En la figura 15 se muestra la distribución de los recintos, lo cuales fueron elaborados de acuerdo a dimensiones recopiladas en el levantamiento del sitio. Una vez completadas las tres plantas, se procede a guardar el proyecto creado, esto con el fin de conectar estos planos con las demás herramientas.



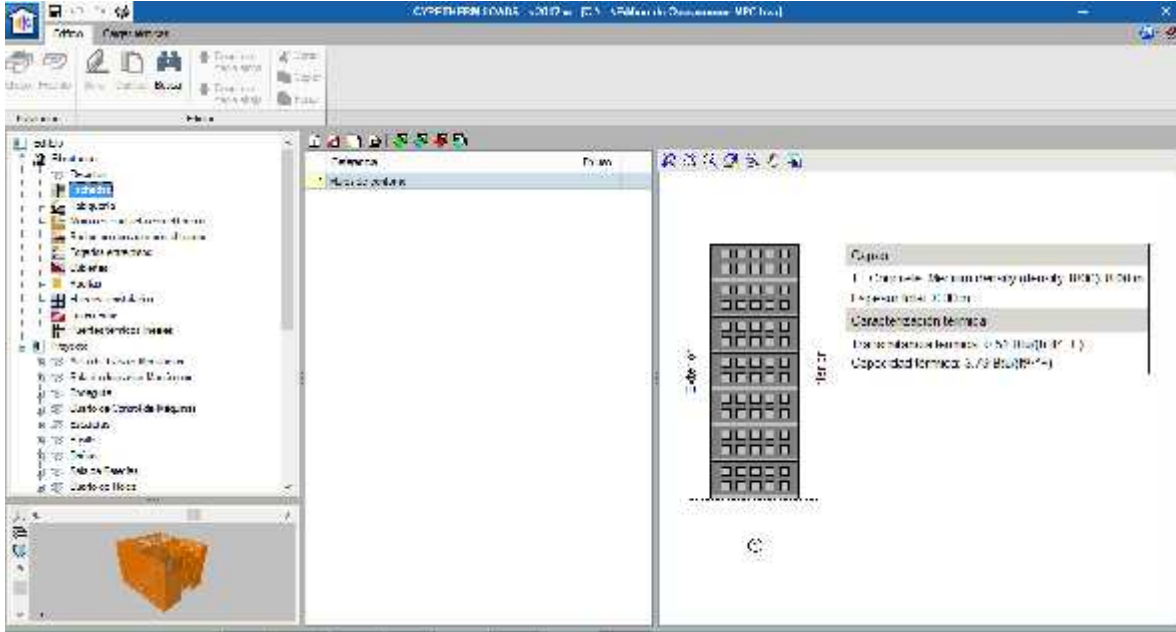
**Figura 15.** Distribución de planta- IFC Builder

### 8.9.3 Interfaz Cypetherm Loads

Se enlaza el proyecto anteriormente creado con IFC Builder a la herramienta de Cypetherm Loads, la cual sirve para establecer materiales y cargas anteriormente calculadas de los diferentes recintos (Cargas térmicas).

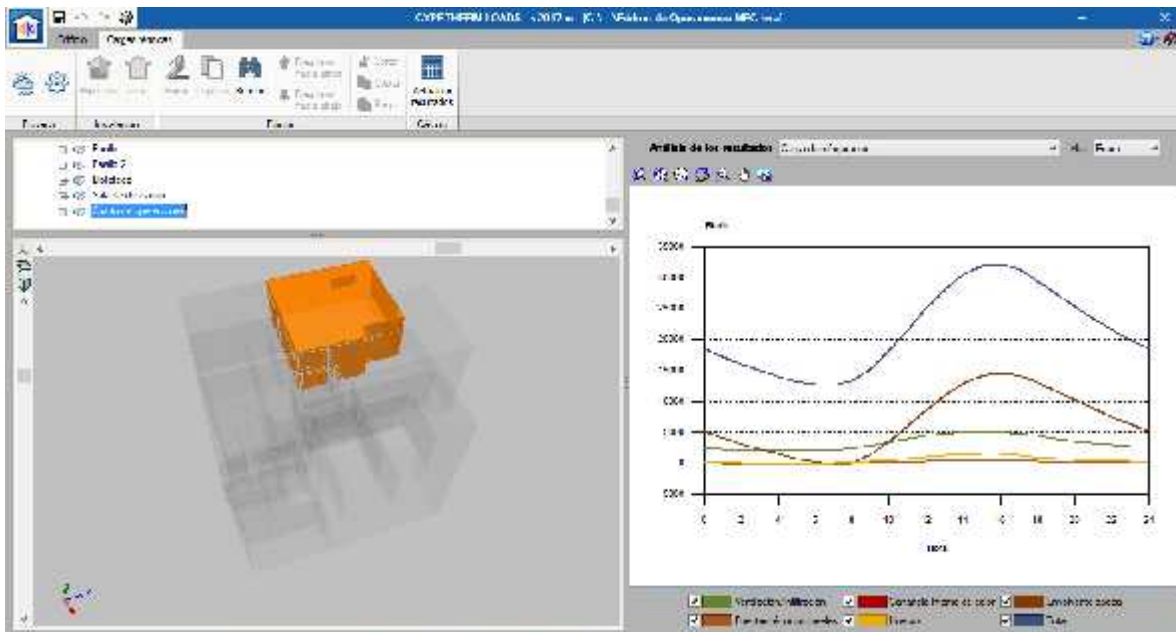
La figura 16 muestra un esquema donde por cada elemento del plano tales como: fachadas, tabiques, ventanas, puertas, techos, etc. Pueden seleccionarse los diferentes materiales y propiedades térmicas de dichos materiales tales como resistencia térmica, conductividad, radiación, etc.

Se debe tener claro que para que el programa logre tomar un análisis certero, se debe contar con cálculos de cargas térmicas que sean confiables. Uno de los puntos clave en este punto es la introducción del calor sensible en cada recinto, ya que ello permitirá que el software logre proponer las dimensiones de la ductería.



**Figura 16.** Interfaz de Cypetherm Loads.

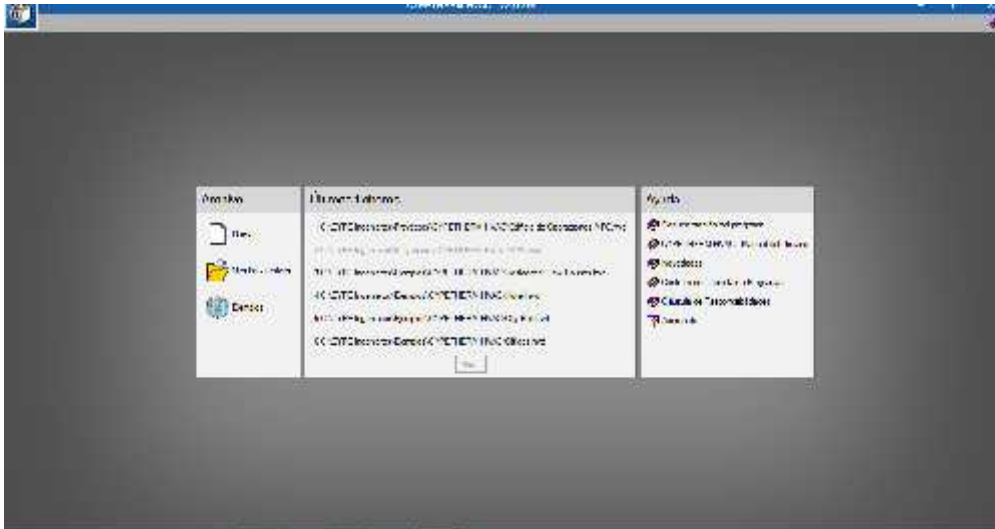
La figura 17 presenta otra de las facilidades de Cypetherm Loads y es un gráfico que muestra de manera individual el comportamiento de las cargas térmicas a lo largo del día y dónde se encuentran las horas pico de demanda de carga de enfriamiento.



**Figura 17.** Gráfico de comportamiento de cargas de enfriamiento

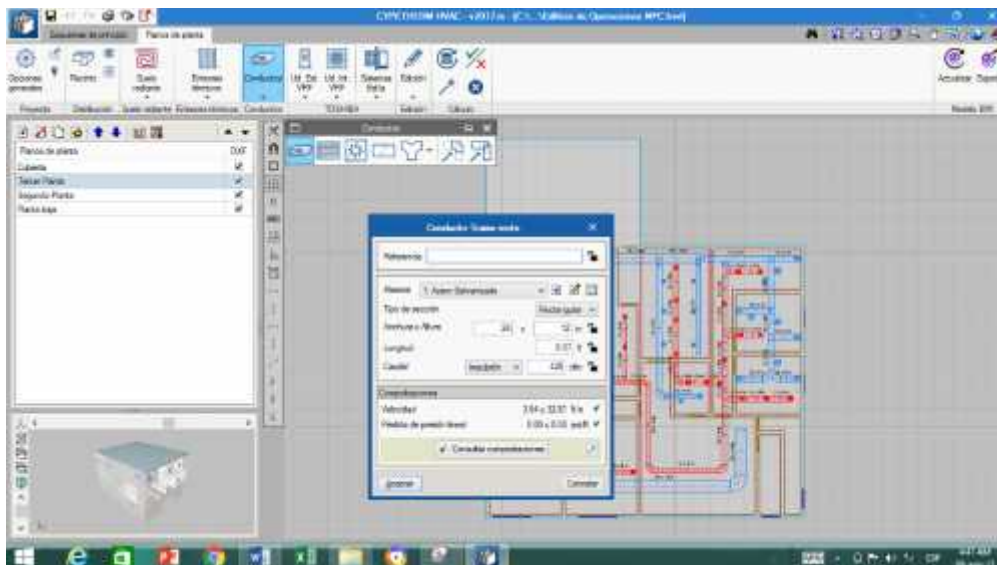
### 9.9.4. Interfaz Cypetherm HVAC

Una vez realizado el análisis de cargas, se procede a enlazar el proyecto creado a la interfaz de Cypetherm HVAC, en cual es una herramienta de Cype para el cálculo de ductería.



**Figura 18.** Interfaz de inicio Cypetherm HVAC

En la barra de herramientas aparecerá la opción conductos, se selecciona dicha opción y despliega una cinta de opciones de conductos para seleccionar, ya sea rejillas, conductos, tramos de ductería, difusores, bifurcaciones, etc.



**Figura 19.** Cinta de opciones de conductos

En la cinta de opciones se despliega el cuadro donde se ingresarán los datos de caudal de ventilación o CFM necesarios. Con este dato el programa calculará las dimensiones del ducto.

**Figura 20** – Cuadro de introducción de datos.

En la sección caudal se introduce el valor de CFM que se necesitan en el local, en la parte inferior derecha se tiene el símbolo de una varita, el cual permite que el programa genere los cálculos a partir de los CFM introducidos.

**Figura 21.** Dimensiones de ducto propuesta por Cypetherm HVAC.

Se logra apreciar que el programa hace una verificación de las condiciones velocidad y pérdidas de presión que se reflejan en este tramo de ductería.



### **9.10. Costo de materiales e instalación de ductos.**

Se realizó un análisis de costos con asesoría de Ingeniería SENNRICH para determinar la cantidad de materiales a utilizarse en este proyecto, dicho resumen se refleja en la figura 11 de anexos.

## **IX. Selección del sistema y equipo de aire acondicionado**

En este proyecto se estudió de manera teórica las diversas opciones de equipo de aire acondicionado, los cuales engloban diferentes ventajas y desventajas en el sistema, y de todos ellos en esta parte se eligió una opción más adecuada.

En la rama de climatización existe una variedad de sistemas de aire acondicionado para edificios; se pueden mencionar los sistemas tipo Split, centralizados, sistemas de absorción, chillers, etc. La elección de uno u otro va en dependencia de algunos factores que se relacionan en sí, como por ejemplo el factor económico de operación y mantenimiento, el tiempo de instalación y el espacio físico disponible.

En el proceso de diseñar un proyecto de aire acondicionado en particular podrían ser muchas las consideraciones para seleccionar el sistema que cumpla con los requerimientos; para este caso hemos seleccionado un sistema de aire acondicionado centralizado.

Según los cálculos de carga térmica realizados en cada área del edificio de operaciones, se requieren 929,321.52Btu/h, para cumplir las necesidades de confort deseadas.





En busca de la correcta selección del equipo, este tiene que presentar la capacidad de cubrir las necesidades de cargas de refrigeración en el edificio, a la vez dar las condiciones de confort en cada área. Para la selección de un sistema de refrigeración se debe de cumplir ciertos parámetros, como lo son: Eficiencia energética, confort requerido y costos del sistema.

Se deben de cubrir las necesidades establecidas por el lugar a climatizar, tomando en cuenta la aplicación y el tiempo de utilización del equipo. Una ventaja presente en el proyecto es que el edificio presenta el espacio necesario, para la instalación del sistema de climatización centralizado.

El sistema centralizado presenta beneficios propios como lo son: al ser un único equipo el que va a climatizar el edificio, los costos energéticos se reducen, estéticamente tan solo se ven las rejillas en cada área en vez de una unidad split de techo, pared o suelo, se consigue un mayor confort en todo el edificio y con ello mayor uniformidad en la climatización, menor ruido puesto que el equipo comúnmente se encuentra fuera del local.

Las unidades centralizadas permiten controlar cada área, imponiendo la temperatura en cada una de ellas de forma independiente, además de poder aislar las áreas que no necesiten climatización y parar el equipo cuando la zona alcanzan la temperatura que se haya configurado, de esta manera se tiene un ahorro de energía significativo.

Una de las desventajas más significativa, es que cuando el equipo presente alguna falla, lo que conlleva que todo el edificio se quede sin climatización. Para evitar estos casos se recomienda seguir el programa de mantenimiento establecido por el fabricante de la unidad.

El equipo que se va a utilizar en este proyecto será una unidad de aire acondicionado tipo Rooftop.

### **Análisis psicométrico del sistema**

Para elaborar el análisis psicométrico se debe de definir primero la curva del serpentín. Esta será de mucha utilidad a la hora de seleccionar el equipo; por ende, se debe de calcular la línea de factor de calor sensible.

### **Relación de calor sensible**



A la relación RSHG/RTHG se le conoce como la relación de calor sensible del edificio, RSHG. (También se le llama factor de calor sensible del recinto, RSHF), (Pita E. G., 1994, pág. 201)

$$R = \frac{R}{R}$$

### 9.1 RSHR o línea de condiciones

Se define a la línea RSHR a la que se traza a través de las condiciones del edificio y que tiene la pendiente de la relación de calor sensible RSHG/RTHG. En la mayor parte de las cartas psicrométricas se muestra en una escala para pendientes de relación de calor sensible, con el fin de facilitar el trazado de líneas con esa pendiente.

Determinando el factor de calor sensible se tiene:

$$R = \frac{R}{R} = \frac{819,337.89 \text{ Btu/h}}{929,321.52 \text{ Btu/h}}$$

$$R = 0.8$$

### 9.2 Análisis psicrométrico completo del diseño

Para realizar el análisis psicrométrico completo del proyecto, se debe recurrir a los siguientes datos, que ya fueron calculados con anterioridad.

Condiciones de Diseño Exterior			Condiciones de Diseño Interior		
Descripción	°C	°F	Descripción	°C	°F
T° de Bulbo Seco (BS)	39.4	102.92	T° de Bulbo Seco (BS)	24	75.2
T° de Bulbo Húmedo (BH)	31.6	88.88	T° de Bulbo Húmedo (BH)	17.1	62.78
RSHG	819,337.89 Btu/h		Factor de calor sensible	0.88	
RLHG	109,983.63 Btu/h		CFM	353.1 ft <sup>3</sup> /min	

**Tabla 47.** Factores de conversión

$1 T = 12,000 \frac{B}{h}$	$1 \frac{B}{h} = 0.2519 \frac{K}{h}$	$1 m^3 = 35.3146 f^3$	$1 \frac{B}{lb} = 2.326 \frac{k}{K}$
----------------------------	--------------------------------------	-----------------------	--------------------------------------

#### ) Paso 1

Se determina el factor de desvío (FD), o bien llamado factor de bypass, para el cual se hace el empleo de la siguiente tabla. (Valycontrol, pág. 200)

**Tabla 48.** Factor de desvío de serpentín



Factor de desvío del serpentín	Tipo de aplicación	Ejemplo
0.03 a 0.50	Una carga total pequeña o una carga que es algo más grande con un factor de calor sensible bajo (alta carga latente).	Residencial.
0.20 a 0.30	Típica aplicación de confort con una carga total relativamente pequeña o un bajo factor de calor sensible con una carga algo más grande.	Residencial, tiendas pequeñas y fábricas.
0.10 a 0.20	Típica aplicación de confort.	Tiendas departamentales, bancos y fábricas.
0.05 a 0.10	Aplicaciones con altas cargas internas sensibles o que requieren una gran cantidad de aire exterior para la ventilación.	Tiendas departamentales, restaurantes y fábricas.
0.00 a 0.10	Todas las aplicaciones de aire exterior.	Sala de operaciones de un hospital y fábricas.

Se escoge la última opción porque es el tipo mejor relacionado de acuerdo a la aplicación que se le está dando a este proyecto, debido a que el factor de calor sensible es elevado y la carga total es alta, se tomó un factor de desvío promedio en el rango elegido, es decir:

$$F_{d d i o} = 0.05$$

## Paso 2

Se tiene que determinar la  $T_{pra}$  (Temperatura del punto de rocío del aparato), que será la temperatura teórica a la que debería de salir el aire del serpentín, para ello se debe de hacer uso de la carta psicrométrica como se indica en los siguientes pasos:

- 1) Se grafican el **punto 1** (CDE<sub>Ex</sub>) y el **punto 2** (CDI<sub>Int</sub>) en la carta psicrométrica que serán las condiciones de diseño tanto interior como exterior.
- 2) Empleando la escala de factor de calor sensible (FCS) que se encuentra en la parte derecha de la carta psicrométrica, localizamos el FCS de 0.88 y se traza una paralela que intercepte con el **punto 2**, es decir que la paralela se



intercepte con el punto generado a partir de la condición de diseño interior a la que se deberá mantener el edificio.

- 3) Una vez interceptada esta línea se prolonga hasta la curva de saturación de la carga psicrométrica, en el punto de intercepción con la línea de saturación se tendrá el valor de la  $T_{pra} = 12^{\circ}\text{C}$ .

La temperatura del punto de rocío se determina con las condiciones dentro del espacio y el FCSE.

### ) Paso 3

Se procede a clasificar las cargas sensibles generadas tanto en el interior como las del exterior del edificio.

#### Calor sensible del interior

$$Q_{s\ i} = Q_{s\ a} + Q_{s\ p} + Q_{s\ e} + Q_{s\ i} \text{ ón}$$

$$Q_{s\ i} = 12,316.32 \frac{B}{h} + 10,816.70 \frac{B}{h} + 634,367.46 \frac{B}{h} + 33,080.41 \frac{B}{h}$$

$$Q_{s\ i} = 690,580.89 \frac{B}{h} \approx 1,690.58 \frac{K}{h}$$

#### Calor sensible del exterior

$$Q_{s\ e} = Q_{s\ p} + Q_{s\ t\ no} + Q_{s\ v\ c} + Q_{s\ v\ r}$$

$$Q_{s\ e} = 29,587.36 \frac{B}{h} + 11,968.87 \frac{B}{h} + 3,186.26 \frac{B}{h} + 9,529.24 \frac{B}{h}$$

$$Q_{s\ e} = 54,271.73 \frac{B}{h} \approx 1,630.3 \frac{K}{h}$$

### ) Paso 4

Se determina el calor sensible efectivo del cuarto (CSEC), que es la suma del calor sensible del mismo (CSC), más el calor sensible del aire exterior (CSAE), el cual se considera que es desviada inalterada a través del equipo acondicionador.

El CSEC viene dado por la siguiente fórmula:

$$C = C + F (C)$$

Donde el CSC es el mismo valor de  $Q_{s\ interior}$ , solo se utiliza esa nomenclatura para un mejor entendimiento con la abreviatura.

Despejando los valores en la ecuación, se tiene:

$$C = 690,580.89 \frac{B}{h} + 0.88 \left( 54,271.73 \frac{B}{h} \right)$$



$$C = 7,3 \cdot 0 \frac{B}{h} = 1,1 \cdot 0 \frac{K}{h}$$

) **Paso 5**

Se determina el flujo de aire deshumidificado, se puede determinar la cantidad de aire requerido de una manera simple, empleando la siguiente fórmula:

$$\frac{m^3}{m} = \frac{C}{16.75 * (t_i - t_e) * (1 - F)}$$

$$\frac{m^3}{m} = \frac{186,183.06 \text{ K/h}}{16.75 * (24^\circ\text{C} - 12^\circ\text{C}) * (1 - 0.05)} = 9 \cdot 0 \frac{m^3}{m}$$

Convirtiendo el flujo de aire deshumidificado a CFM se tiene un valor de:

$$C_i = 3,4 \cdot 8 \frac{f^3}{m}$$

Esta cantidad de CFM son los totales que toma la unidad evaporadora del aire interior del recinto que está recirculando.

) **Paso 6**

Se procede a determinar la temperatura de bulbo seco del aire, a la entrada del evaporador ( $t_{ae}$ ):

$$t_a = \frac{\left(\frac{m^3}{m} * t_1\right)_e + \left(\frac{m^3}{m} * t_i\right)_r}{\left(\frac{m^3}{m}\right)_{al}}$$

Donde:

$t_1$ : Temperatura de bulbo seco en condiciones de diseño exterior.

$t_i$ : Temperatura del cuarto, es decir la temperatura de bulbo seco a condición de diseño interior.

Resolviendo la ecuación se tiene:

$$t_a = \frac{\left(10 \frac{m^3}{m} * 39.4^\circ\text{C}\right)_e + \left(965.03 \frac{m^3}{m} * 24^\circ\text{C}\right)_r}{\left(975.03 \frac{m^3}{m}\right)_{al}}$$

$$t_a = 2 \cdot 1^\circ\text{C} \approx 7 \cdot 4^\circ\text{F}$$

Esta temperatura se grafica de tal manera que intercepte con la pendiente obtenida de las condiciones de diseño interior y exterior, generándose el **punto 3** en la



gráfica, como es de observarse la temperatura de entrada al serpentín es mayor que la condición a que se va a mantener el local.

Nota: La cantidad de metros cúbicos por minutos del aire de retorno resulta de la resta del flujo de aire por infiltración menos el flujo de aire deshumidificado.

### ) Paso 7

Se procede a determinar la temperatura de bulbo seco del aire, a la salida del evaporador ( $t_a$ ):

$$t_a = t_p + F (t_a - t_p)$$
$$t_a = 12 \text{ }^\circ\text{C} + 0.05(24.16 \text{ }^\circ\text{C} - 12 \text{ }^\circ\text{C})$$
$$t_a = 1.6 \text{ }^\circ\text{C} \approx 5.6 \text{ }^\circ\text{F}$$

Esta temperatura se intercepta con la línea de calor sensible generando el **punto 4**, que representa el aire de salida del evaporador, como se debe de apreciar, la temperatura de salida del evaporador debe ser menor que la de diseño interior del local, esto a fin que se logre el confort requerido del local.

### ) Paso 8

Una vez obtenido el punto 3 y punto 4 quienes representan la línea del serpentín, se procede a determinar las entalpías de los estados 3 y 4, antes mencionados haciendo el uso de la carta psicrométrica.

$$h_3 = 4.8 \frac{\text{K}}{\text{K}} \approx 2.4 \frac{\text{B}}{\text{lb}}$$
$$h_4 = 3 \frac{\text{K}}{\text{K}} \approx 1.0 \frac{\text{B}}{\text{lb}}$$

### ) Paso 9

Con todos los parámetros calculados y descritos en los pasos anteriores se procede a la construcción de la línea del serpentín, haciendo uso de la carta psicrométrica, en la cual se plasman las condiciones del diseño interior y exterior, la entrada y salida del aire en el serpentín, la línea del factor sensible y así como también la condición de mezcla de aire.

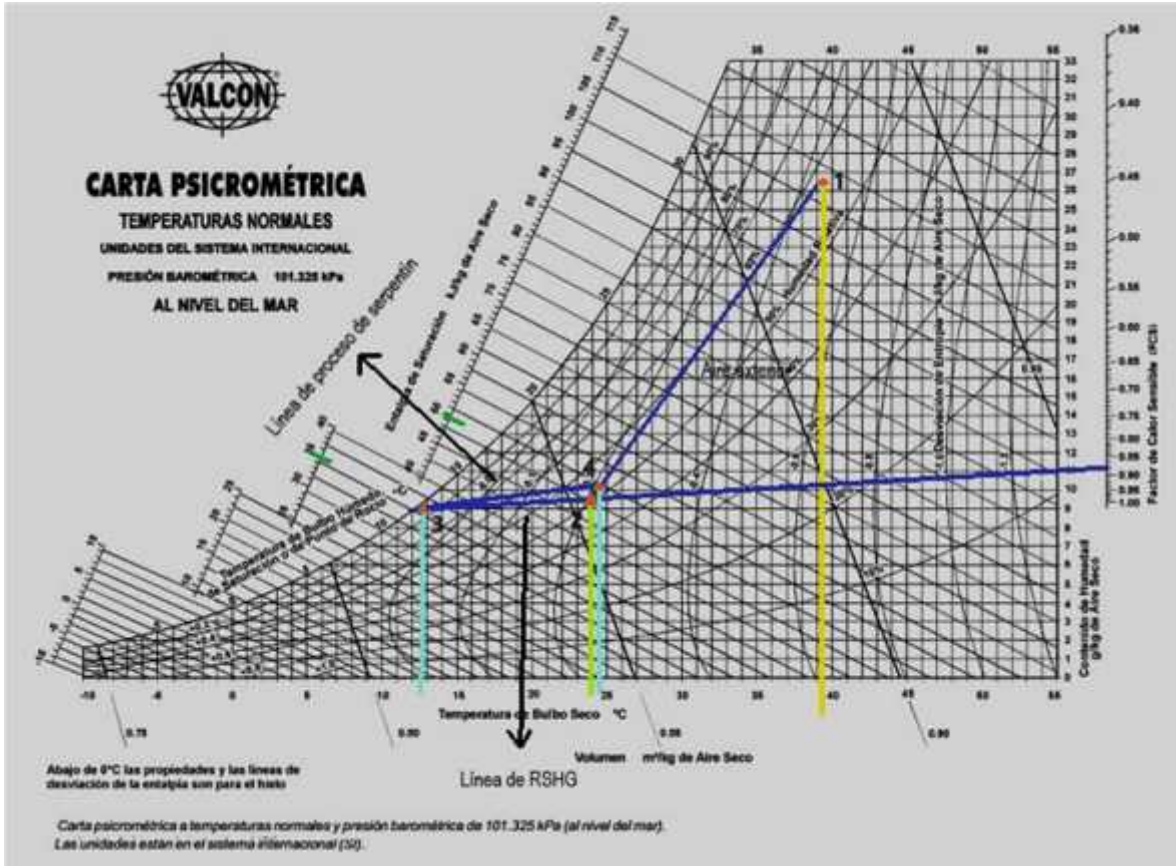


Figura 22. Carta psicrométrica

### Paso 10

Finalmente se determina la capacidad del serpentín, con el fin de seleccionar un equipo que sea capaz de neutralizar la carga calculada, la fórmula empleada para el cálculo de la capacidad del serpentín es la siguiente:

$$Q_T = 4.5 * C_l * (h_4 - h_3)$$

Sustituyendo los valores se tiene:

$$Q_T = 4.5 * 34,432.08 \frac{f^3}{m} * \left( 21.41 \frac{B}{lb} - 15.05 \frac{B}{lb} \right)$$

$$Q_T = 9,41 \frac{B}{h} \approx 8 T \quad d r \quad ó n$$

Esta va a ser la capacidad requerida del serpentín a partir de este cálculo se determina la selección del equipo.



### 9.3 Consumo energético del equipo instalado

En el edificio de operaciones, actualmente se encuentran instaladas 2 unidades centralizadas de 230,000 Btu/h cada una. En conformidad con los cálculos realizados con anterioridad, se presenta el consumo energético que generan estas unidades.

Tabla 49. Descripción del equipo

Lugar	Cantidad	Modelo	Capacidad
Edificio de Operaciones	2	LCH240H4B	230,000 Btu/h
<b>Total</b>			<b>460,000 Btu/h</b>

Las ecuaciones que se utilizaron para el cálculo del consumo de energía kW de las unidades son las siguientes:

$$E = \frac{C \quad d \quad q}{kW_e}$$

$$kW_e = \frac{C \quad d \quad e}{(S \quad ) (0.9)}$$

$$S = \frac{E}{0.9}$$

Para determinar el costo de la energía se hizo uso de la siguiente ecuación:

$$C \quad d \quad e \quad ía = kW_e * \left( \frac{H}{d} \right) * \left( \frac{dic}{m} \right)$$

Se asume que el equipo estará en uso durante las 24 horas del día por un período de 31 días/mes en kWh/mes

Para determinar el costo de la energía se emplea la siguiente fórmula:

$$C \quad p \quad c_i = \left( \frac{k \quad h}{m} \right) * (C \quad p \quad kWh)$$

El presente proyecto se está realizando en una Planta de Generación de Energía Eléctrica, por lo ende el costo por kWh se obtiene a través del contrato de generación suscrito entre MPC y Disnorte-Dissur. (ver figura 33 en anexos)

Determinando los kW de energía para ambas unidades:

$$kW_e = \frac{230,000 \frac{B}{h}}{(13)(0.9)} = 19,658.12 \text{ W}$$

$$kW_e = 19,658.12 \text{ W} * \frac{1 \text{ k}}{1000 \text{ W}} = \mathbf{1.6 \text{ k}}$$





Calculando el índice de Eficiencia Energética:

$$E = \frac{230,000 \text{ Btu/h}}{19,658.12 \text{ W}} = 11.7$$

Recalculando el índice estacional de eficiencia energética en cada unidad:

$$S = \frac{11.7}{0.9} = 13$$

#### 9.4 Factor de utilización

El factor de utilización de un sistema de distribución es la relación entre la demanda máxima y la carga total conectada. El factor de utilización es adimensional, por tanto, la demanda máxima y la carga total conectada se deberán expresar en las mismas unidades. Se puede decir entonces que mientras el factor de demanda expresa el porcentaje de potencia instalada que está siendo alimentada, el de utilización establece qué porcentaje de la capacidad del sistema de distribución está siendo utilizado durante el pico de un factor de uso del equipo de 67% ya que son equipos de refrigeración que tienen pausas en su operación normal para mantener la temperatura programada.

Determinando el consumo de energía mensual con las 2 unidades:

$$C_{de} = 19.66 \text{ kW} \left( \frac{24 \text{ h}}{\text{d}} \right) \left( \frac{31 \text{ d}}{\text{m}} \right) \quad (0.67)$$

$$C_{de} = 9,800.12 \frac{\text{kWh}}{\text{m}}$$

Determinando el costo por consumo

$$C_{pc} = \left( 9,800.12 \frac{\text{kWh}}{\text{m}} \right) \left( 3.1817 \frac{\text{C\$}}{\text{kWh}} \right) = 31,180.66 \frac{\text{C\$}}{\text{m}}$$

Capacidad Btu/h	SEER	kWe	Horas /mes	Factor de utilización	kWh/mes	kWh/año	Cargo por energía C\$/kWh	Costo por consumo C\$/mes
230,000	13	19.66	744	0.67	9,800.12	117,601.44	3.1817	31,180.66

El costo total del consumo energético es el resultado de multiplicar el costo total de energía por mes, por la cantidad de equipos de aire acondicionado que ya se encuentra instalado, como se detalla en la siguiente tabla:

Capacidad Btu/h	Cantidad	Consumo de energía C\$/mes	Costo total de la energía C\$/mes
-----------------	----------	----------------------------	-----------------------------------



230,000	2	31,180.66	C\$ 62,361.32
<b>Total</b>			<b>C\$ 62,361.32</b>

Como se aprecia en la tabla anterior, las 2 unidades instaladas en el edificio de operaciones tienen un costo por consumo energético de **C\$ 62,361.32** por mes.

### 9.5 Propuesta para el proyecto presente

Se propone la instalación de otra unidad centralizada para poder cubrir la demanda de carga térmica del edificio. Esta unidad tendrá la capacidad de 525,000 Btu/h. A su vez, se van aprovechar las 2 unidades que ya están instaladas; esto para minorar los costos de inversión en el proyecto, además que las unidades actuales aún están dentro de su vida útil.

Lugar	Cantidad	Modelo	Capacidad
Edificio de Operaciones MPC	1	LCH540S4B	525,000 Btu/h
	2	LCH240H4B	460,000 Btu/h
<b>Total</b>			<b>985,000 Btu/h</b>

Determinando los kW de energía para la unidad:

$$kW_e = \frac{525,000 \frac{B}{h}}{(18)(0.9)} = 32,407.41 W$$

$$kW_e = 32,407.41 W \quad \frac{1 k}{1000 W} = 3.24 k$$

Calculando el índice de Eficiencia Energética:

$$E = \frac{525,000 B/h}{32,407.41 W} = 1.2$$

Recalculando el índice estacional de eficiencia energética en la unidad:

$$S = \frac{16.2}{0.9} = 1$$

Determinando el consumo de energía mensual en las unidades:

$$C_{de} = 32.40 k \left( \frac{24 H}{d} \right) \left( \frac{31 d}{m} \right) \quad (0.67)$$

$$C_{de} = 1,177 \frac{k}{m}$$

Determinando el costo por consumo

$$C_{pc} = (16,150.75) \left( 3.1817 \frac{C\$}{k h} \right) = 5,138 \frac{C\$}{m}$$



Capacidad BTU/h	SEER	kWe	Horas /mes	Factor de utilización	kWh/mes	kWh/año	Cargo por energía C\$/kWh	Costo por consumo C\$/mes
525,000	18	32.40	744	0.67	16,150.75	193,809	3.1817	51,386.84
230,000	13	19.66	744	0.67	9,800.12	117,601.44	3.1817	31,180.66

El costo del consumo energético es el resultado de multiplicar el costo total de energía por mes, por la cantidad de equipos de aire acondicionado centralizado que se instalarán en el edificio, como se muestra a continuación:

Capacidad BTU/h	Cantidad	Consumo de energía C\$/mes	Costo total de la energía C\$/mes
525,000	1	51,386.84	C\$ 51,386.84
470,000	2	31,180.66	C\$ 62,361.32
<b>Total</b>			<b>C\$ 113,748.16</b>

### X. Análisis técnico-económico del proyecto

El cálculo efectuado anteriormente se realizó en base al equipo instalado con un índice de eficiencia SEER 13, además del propuesto con un SEER 18; a continuación, se procederá a recalcular nuevamente los costos energéticos con un SEER distinto al calculado.

Esto se hace con el objeto de minimizar los costos energéticos y tener un mejor rendimiento de los equipos. Recalculando para 2 unidades centralizadas con SEER 18.

En base a la minimización de costos, en vez de mantener las 2 unidades de 230,000 Btu/h; se hace la propuesta de instalar una unidad centralizada de 470,000 Btu/h y mantener la otra unidad de 525,000 Btu/h. De esta manera, se estaría trabajando solo con 2 unidades para la alimentación del edificio.

Determinando los kW de energía para ambas unidades:

$$1) kW_e = \frac{525,000 \frac{B}{h}}{(18)(0.9)} = 32,407.41 W$$



$$kW_e = 32,407.41 W \quad \frac{1 k}{1000 W} = 3.4 k$$

$$2) kW_e = \frac{470,000 \frac{B}{h}}{(18)(0.9)} = 29,012.34 W$$

$$kW_e = 29,012.34 W \quad \frac{1 k}{1000 W} = 2.9 k$$

Calculando el índice de Eficiencia Energética:

$$1) E = \frac{525,000 B / h}{32,407.41 W} = 1.6$$

$$2) E = \frac{470,000 B / h}{29,012.34 W} = 1.6$$

Recalculando el índice estacional de eficiencia energética en cada unidad:

$$1) S = \frac{16.2}{0.9} = 1.8$$

$$2) S = \frac{16.2}{0.9} = 1.8$$

Determinando el consumo de energía mensual en las unidades:

$$1) C_{de} \text{ ía} = 32.40 k \left( \frac{24 H}{d} \right) \left( \frac{31 d}{m} \right) \quad (0.67)$$

$$C_{de} \text{ ía} = 1,177 \frac{k}{m}$$

$$2) C_{de} \text{ ía} = 29.01 k \left( \frac{24 H}{d a} \right) \left( \frac{31 d}{m} \right) \quad (0.67)$$

$$C_{de} \text{ ía} = 1,409 \frac{k}{m}$$

Determinando el costo por consumo

$$1) C_{p c} = (16,150.75) \left( 3.1817 \frac{C\$}{k h} \right) = 5,138 \frac{C\$}{m}$$

$$2) C_{p c} = \left( 14,460.90 \frac{k}{m} \right) \left( 3.1817 \frac{C\$}{k h} \right) = 4,602 \frac{C\$}{m}$$

Capacidad BTU/h	SEER	kWe	Horas /mes	Factor de utilización	kWh/mes	kWh/año	Cargo por energía C\$/kWh	Costo por consumo C\$/mes
525,000	18	32.40	744	0.67	16,150.75	193,809	3.1817	51,386.84
470,000	18	29.01	744	0.67	14,460.90	173,530.8	3.1817	46,010.26



El costo del consumo energético es el resultado de multiplicar el costo total de energía por mes, por la cantidad de equipos de aire acondicionado centralizado que se instalarán en el edificio, como se muestra a continuación:

Capacidad BTU/h	Cantidad	Consumo de energía C\$/mes	Costo total de la energía C\$/mes
525,000	1	51,386.84	C\$ 51,386.84
470,000	1	46,010.26	C\$ 46,010.26
<b>Total</b>			<b>C\$ 97,397.1</b>

Como se aprecia en la tabla anterior, las 2 unidades a instalar en el edificio de operaciones tendrían un costo por consumo energético de **C\$ 97,397.1** por mes.

- Con un SEER 13 y 18 el costo total energético por mes es de **C\$ 113,748.16**
- Con un SEER 18 el costo total energético por mes es de **C\$ 97,397.1**

La diferencia mensual sería de C\$ 16,351.06 mensuales, lo que significa en costos energéticos del 14.37%, si sacamos esa diferencia de forma anual sería de C\$ 196,212.72

Si se traduce este gasto en 10 años que es la vida útil del equipo, se tiene un ahorro energético de C\$ 1,962,127.2 equivalente a \$55,742.25 a una tasa de cambio de 35.20 córdobas netos por dólar.

Este ahorro económico debe de analizarse para realizar la compra del equipo, comparando las proyecciones en costos por consumo energético y el costo por adquisición del equipo.

De la cotización que se realizó en la empresa Ingeniería Senrich S.A, se puede apreciar que el costo por adquisición de la unidad centralizada de 525,000 Btu/h con índice de eficiencia SEER 18 es de \$45,000.

Nota: Las especificaciones técnicas de cada unidad centralizada se encuentran reflejadas en la **figura 34 y 35** (Ver anexos).

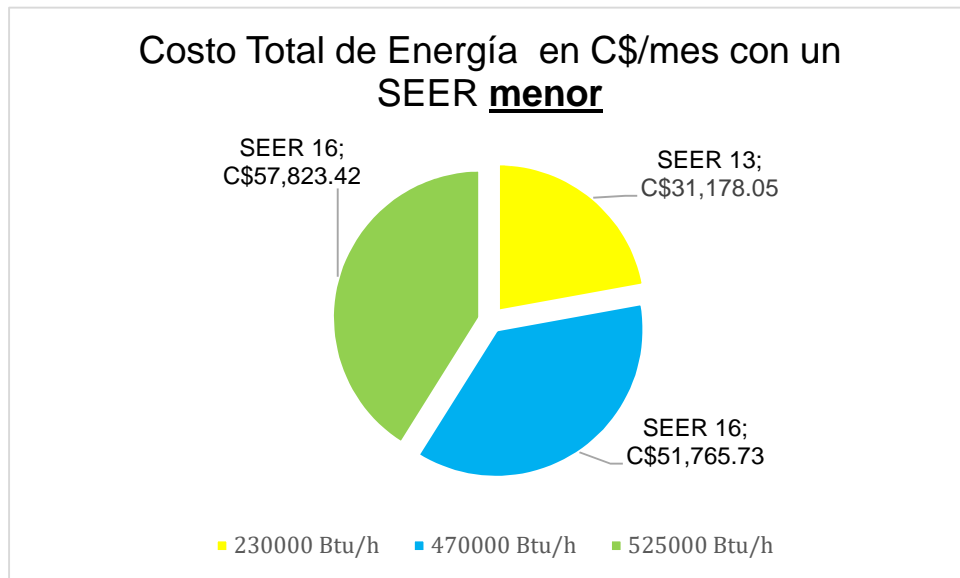
Como medida de demostración, en el siguiente gráfico de pastel se muestra como el índice estacional de eficiencia energética (SEER) influye en gran medida con el costo energético, a su vez se da el ahorro de energía que se traducirá en términos monetarios:

En el **gráfico 2** se representa el costo total de energía con un SEER menor, donde se demuestra como el índice estacional de eficiencia energética influye con respecto

al consumo energético del equipo. A su vez, en el **gráfico 3** se presenta el costo total de energía con un SEER mayor.

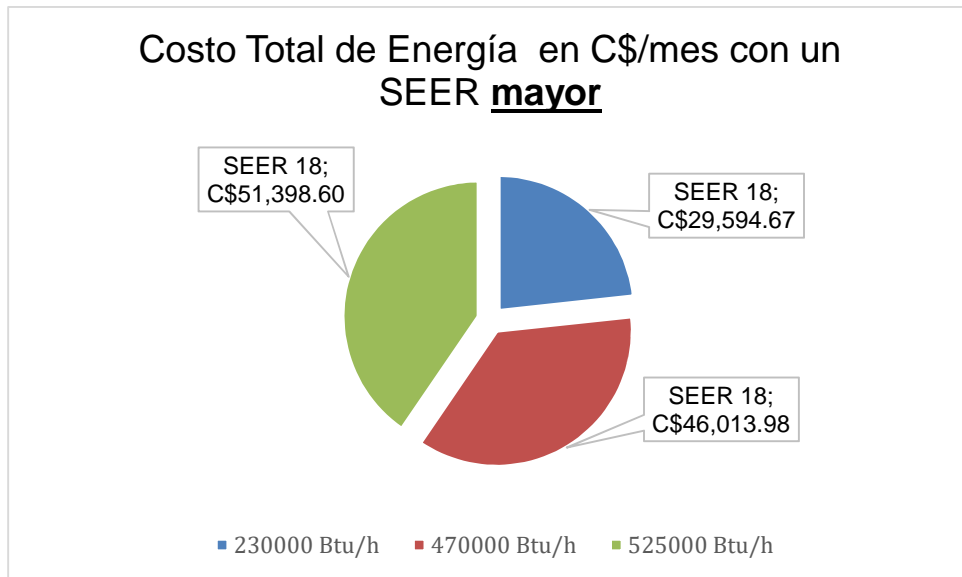
Mostrando la comparativa de ambos índices de SEER, se tiene que para una unidad de 230,000 BTU/h con un SEER 13 se tiene un costo por consumo energético mayor; mientras que, para la misma unidad, pero con un SEER 18 el costo sería de menor.

Demostrándose de esa manera la influencia del SEER con respecto al costo de energía.

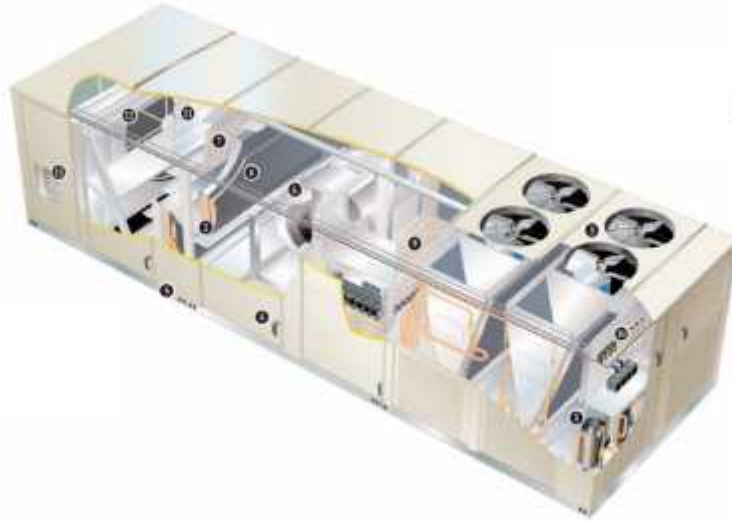


**Gráfico 2.** Costo total de Energía con SEER menor

**Gráfico 3.** Costo total de energía con SEER mayor



**Descripción de la unidad centralizada**



### 1. Sistema de refrigeración

Alta eficiencia (modelos de 35 a 40 toneladas)

Compresores scroll: montados elásticamente sobre arandelas de goma.

Calentadores del cárter del compresor: protegen contra la migración de refrigeración.

Construcción de la bobina: tubo de cobre con aletas de aluminio de borde ondulado mejoradas.

**2. Serpentin del evaporador:** división en filas para modelos de volumen de aire variable, división frontal para modelos de volumen de aire constante.

Bandeja de drenaje de condensado: extraíble, polipropileno, reversible.

**3. Motores de ventilador para exteriores:** rodamientos de bolas cerrados, protegidos contra sobrecargas térmicas y lubricados permanentemente.

**Válvula de expansión térmica:** aseguran un rendimiento óptimo.

**Filtros/ secadores de alta capacidad:** protegen el sistema de la suciedad y la humedad.

**Interruptores de alta presión:** protegen al compresor de condiciones de sobrecarga.

**4. Paneles de acceso:** bisagras de acero inoxidable con sellos y manijas de cierre de cuarto de vuelta.

**5. Entrada de energía:** a través de la base de la unidad u orificios ciegos de acceso horizontal.





6. **Soplador.** Motor de transmisión por correa: Protegido contra sobrecarga, equipado con rodamientos de bolas.
7. **Filtros de aire:** 8 filtros MERV de 2 in.
8. **Recalentamiento de gas caliente.** Solo para modelos CAV. Proporciona deshumidificación a pedido utilizando el método recomendado para recalentar con control de humedad de acondicionamiento comfortable.
9. **Calefacción eléctrica**
10. **Controlador de unidad:** Tarjeta de control basada en microprocesador que proporciona un control flexible de todas las funciones de la unidad.
11. **Economizador:** Ventilación de aire fresco que controla automáticamente las compuertas de aire exterior. Proporciona una mejor calidad del aire exterior al tiempo que reduce los costos de energía.
12. **Rueda de recuperación de energía:** reduce los costos de energía mediante el uso de energía reciclada para acondicionar el aire exterior antes de que ingrese al edificio, mejorando el confort.
13. **Ventiladores de escape de potencia:** expulsan el aire viciado al exterior, mejorando la calidad del aire exterior.

## XI. Manual de instalación, operación y mantenimiento



### 11.1 Puntos de verificación preliminar

Antes de instalar el equipo, se deben verificar los siguientes puntos:

- ¿Existe suficiente espacio para el equipo?
- ¿La superficie donde se colocará el equipo es lo suficientemente sólida para soportar su peso? Se debe de realizar previamente un estudio detallado de la estructura.
- ¿Las aberturas de los conductos de impulsión y retorno debilitan excesivamente la estructura?
- ¿Existen objetos que puedan dificultar el funcionamiento del equipo?
- ¿La energía eléctrica disponible corresponde a las especificaciones eléctricas del equipo?
- ¿La intensidad de ruido del equipo cumple con la especificación respectiva?
- ¿Se ha suministrado un dispositivo de evacuación para el los condensados?
- ¿Existe acceso suficiente para el mantenimiento?
- La instalación del equipo puede requerir diferentes métodos de elevación los cuales pueden variar según la instalación (helicóptero o

grúa). ¿Ha evaluado estas posibilidades?

- Asegúrese de que la unidad sea instalada de acuerdo con las instrucciones de instalación y los reglamentos de aplicación.
- Verifique que las líneas de refrigerantes no friccionen con el armario o líneas de refrigerante.

En general, asegúrese de que no existen obstáculos (paredes, árboles o vigas) que obstruyan o impidan el ensamblaje o el acceso para mantenimiento.

### 11.2 Instalación

La superficie sobre la cual se instalará el equipo debe estar limpia y libre de cualquier obstáculo que impida el flujo del aire a los condensadores:

- Evite las superficies irregulares.
- Evite instalar dos unidades cara a cara o muy cerca una de la otra ya que esto podría limitar el flujo de aire a través de los condensadores.

Antes de instalar una unidad rooftop embalada, es importante conocer:

- La dirección y la posición de los flujos de aire.
- Las dimensiones externas de la unidad y las dimensiones de las

conexiones de aire de impulsión y de retorno.

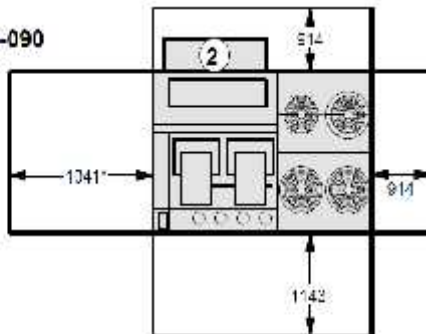
- La disposición de las puertas y el espacio requerido para abrirlas y acceder a los diversos componentes.

### 11.3 Conexiones

Asegúrese de que las tuberías que pasan por las paredes y cubiertas estén sujetas fijamente y aisladas para evitar problemas de condensación.

Nota: Antes de poner en marcha la unidad, se deben retirar la cubierta AQUILUX que protegen las superficies aleteadas.

MODELOS  
055-065-075-090



2 Ventilador

\* Se recomienda un margen de separación para poder extraer la cubierta del ventilador

Nota: No deben existir obstáculos encima de la unidad.  
La base de la unidad necesita un soporte perimetral si se instala por encima de la superficie de instalación

### Instalación sobre cubierta

Nota: Algunas unidades están equipadas con una abrazadera para el ventilador que debe extraerse para instalar algunos accesorios o en el caso de que la unidad se utilice en

aplicaciones de flujo horizontal. Sin embargo, no es obligatorio extraer esta abrazadera a menos que sea necesario.

Nota: Asegure la bancada en la cubierta según la normativa local.

### Aplicación de flujo vertical

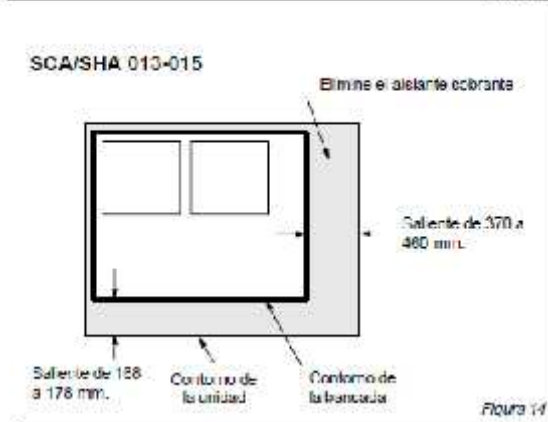
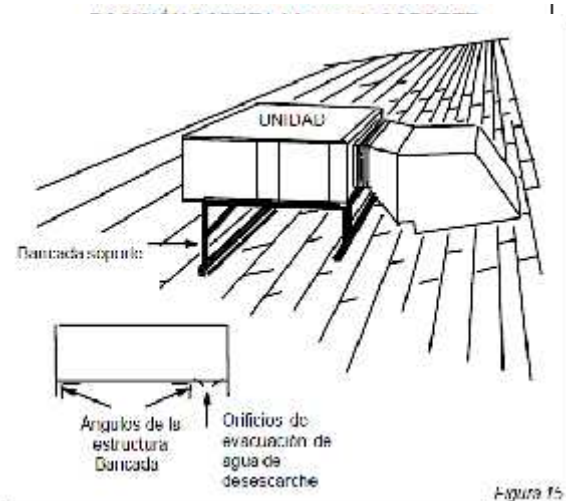
1. La bancada debe instalarse, impermeabilizarse con vierteaguas y sellarse de acuerdo con las instrucciones proporcionadas junto con la bancada.
2. La bancada soporte debe estar alineada y nivelada con una tolerancia de 5mm. por metro en cualquier dirección.
3. El conducto o la envolvente del conducto deben acoplarse a la bancada soporte y no a la unidad SCA/SHA. Los plenums de aire de impulsión y de retorno deben instalarse antes de fijar la unidad.
4. Coloque la unidad en la estructura según las instrucciones de la bancada soporte. El extremo del orificio de evacuación de agua de desescarche debe sobresalir de la bancada soporte.
5. Corte el aislante sobrante de la parte inferior de las unidades.

### Instalación sobre cubierta con bancada del instalador

Según las diferentes estructuras, se pueden utilizar varios tipos de bancadas o soportes para cubierta para instalar la unidad. Remítase a la figura 16 para una bancada soporte típica fabricada in situ. Al fabricar las bancadas o soportes, se deben considerar los siguientes puntos:

1. La bancada debe ser más pequeña que el armario para que los orificios de evacuación de agua de desescarche sobresalgan en 76mm.
2. Verifique que la bancada o soportes estén rectos, nivelados y no torcidos.
3. La bancada o soportes deben estar lo suficientemente elevados para evitar la entrada de humedad en la unidad. La altura recomendada de la bancada es 356mm.
4. Instale la unidad a al menos 102mm. por encima de la cubierta para permitir el drenaje adecuado del agua durante el desescarche (unidades SHA).
5. Las unidades de descarga horizontal instaladas sobre cubierta requieren soportes a lo

largo de los lados más largos de la base de la unidad. El soporte debe fabricarse con acero o materiales de madera adecuadamente tratados.



### **Instalación sobre placa de hormigón**

1. Al instalar las unidades de las series SCA/SHA, se deben mantener los márgenes de separación específicos.
2. Instale la unidad sobre una placa nivelada a una altura suficiente de

la superficie (102 mm) para permitir que el agua evacue adecuadamente durante el desescarche. La parte superior de la placa debe estar ubicada de tal manera que el agua de las lluvias provenientes de superficies más altas no se acumule alrededor de la unidad. Nota: La elevación de la unidad puede realizarse construyendo una bancada con materiales adecuados. Si se construye una bancada, ÉSTA NO DEBE BLOQUEAR LOS ORIFICIOS DE EVACUACIÓN EN LA BASE DE LA UNIDAD.

3. Sostenga la unidad a partir de los costados largos de la base de la unidad. Se dispone de un juego de seis niveladores plásticos (altura, 152 mm).
4. Cuando se instala la unidad en áreas con temperaturas ambiente

bajas, debe colocarse de tal manera que los vientos dominantes en invierno no soplen directamente en la batería exterior.

5. Coloque la unidad lejos de aleros de tejados que puedan permitir que el agua o el hielo caigan encima o enfrente de la batería.

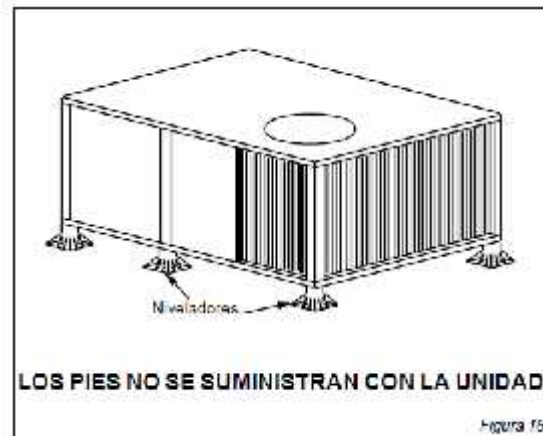


Figura 15

#### 11.4 Instalación de las piezas de la bancada de soporte

Ver la figura 19 para la identificación de las piezas.

##### Utilización

Las bancadas para cubierta proporcionan soporte cuando las unidades se instalan en aplicaciones de flujo vertical.

El LC/LG/LD/LH tiene 356mm de alto.

La bancada soporte puede instalarse directamente sobre una cubierta que tenga una fuerza estructural adecuada o sobre soportes bajo cubierta.

Nota: La bancada debe de instalarse nivelada con una desviación menos de 5mm por metro en cualquier dirección.

**IDENTIFICACIÓN DE LAS PIEZAS**

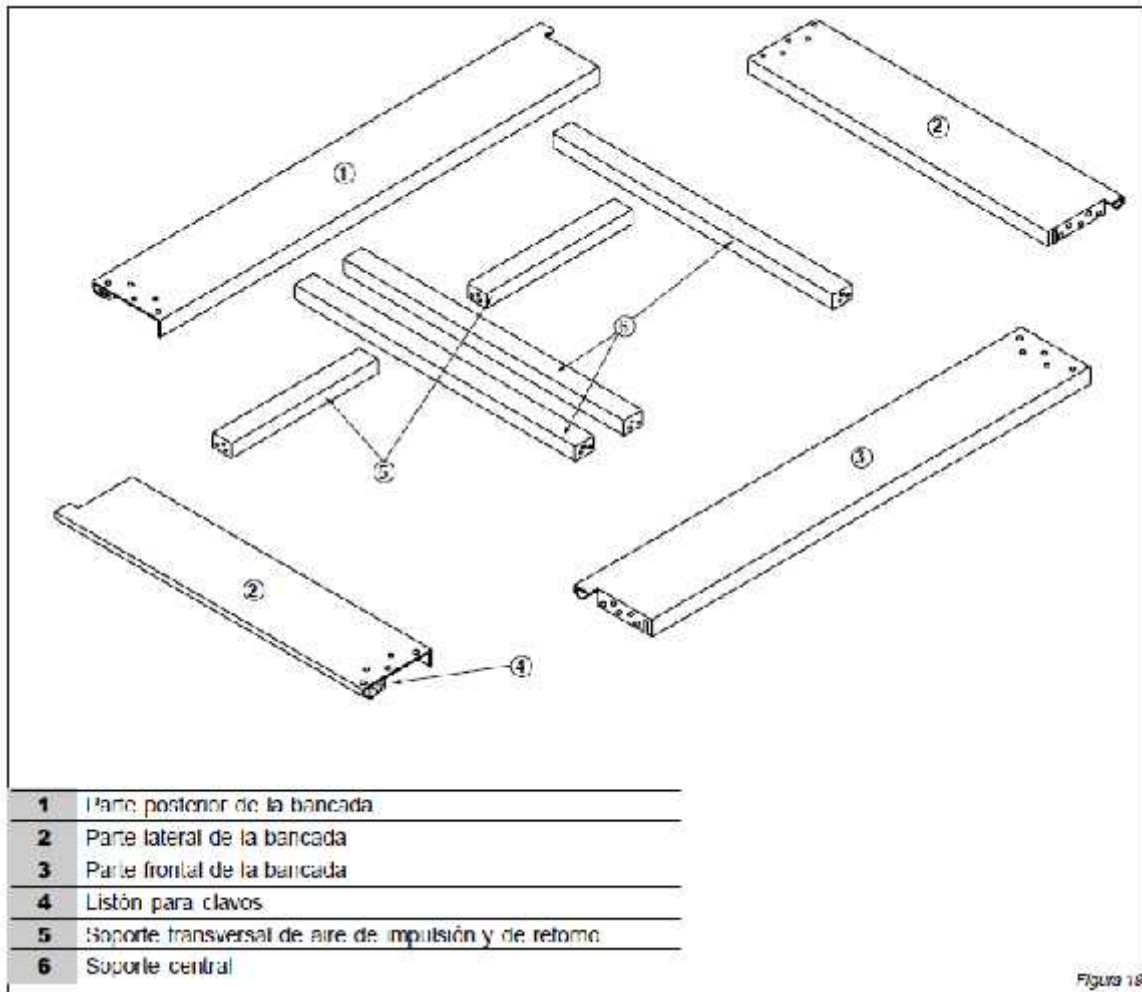
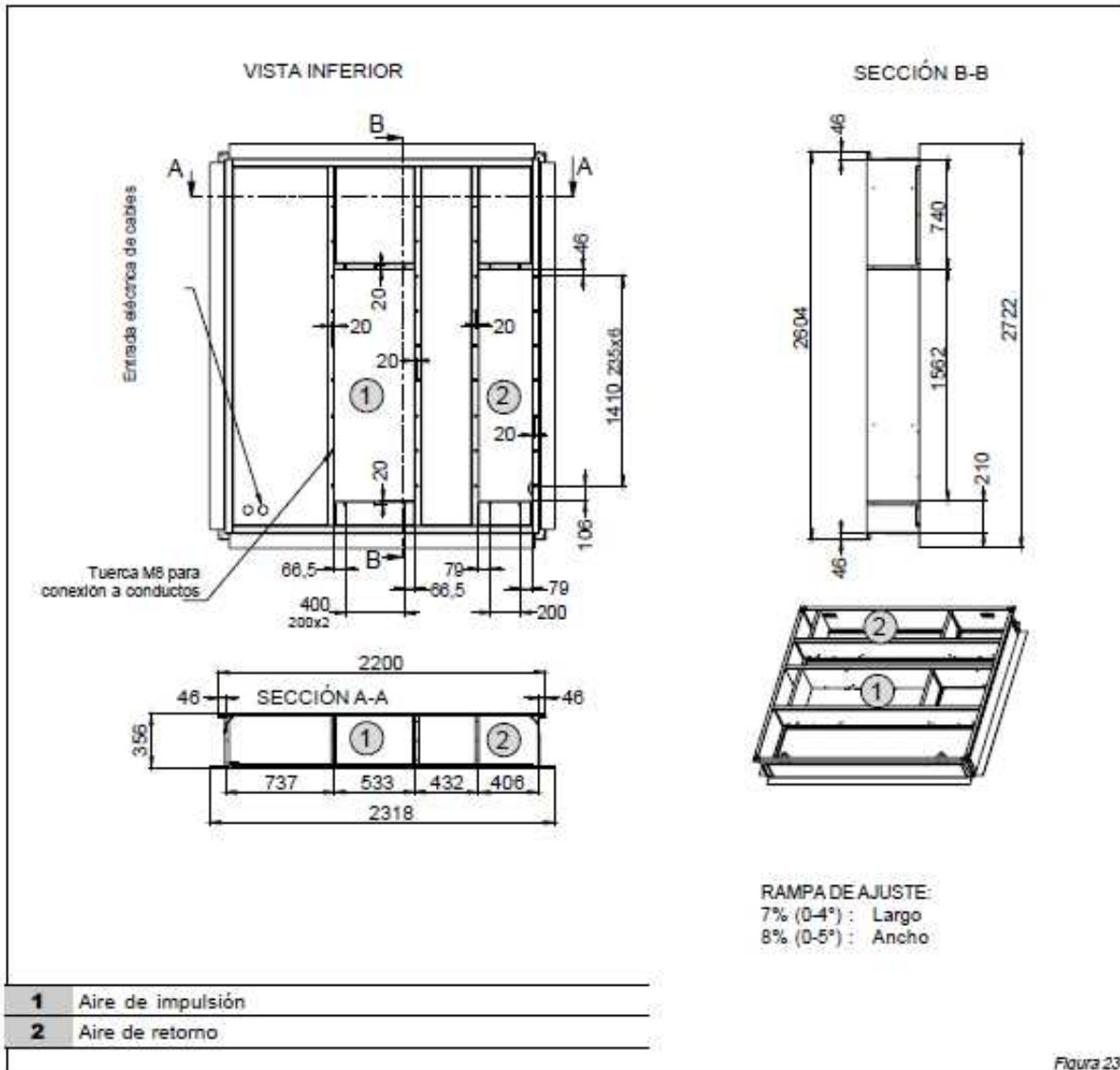


Figura 18

**BANCADA AJUSTABLE SOBRE CUBIERTA,  
LÍNEA 055 - 065 - 075 - 090**



**Asegurando la bancada**

Para asegurar el acoplamiento perfecto con las unidades es obligatorio que la bancada cuadre con la estructura como sigue:

1. Con la bancada situada sobre la posición deseada sobre la cubierta, clave las esquinas de la bancada.

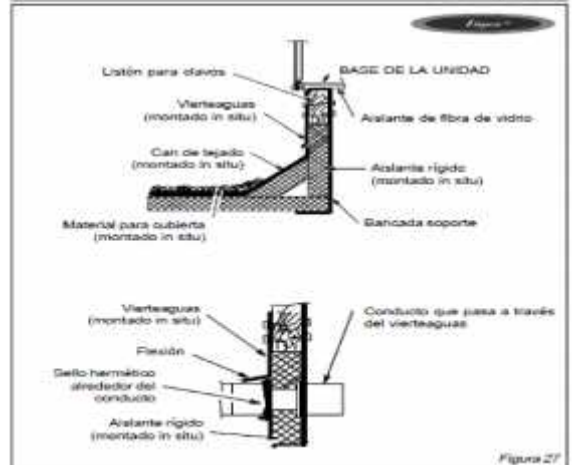
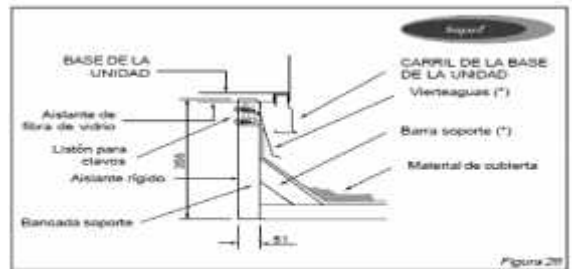
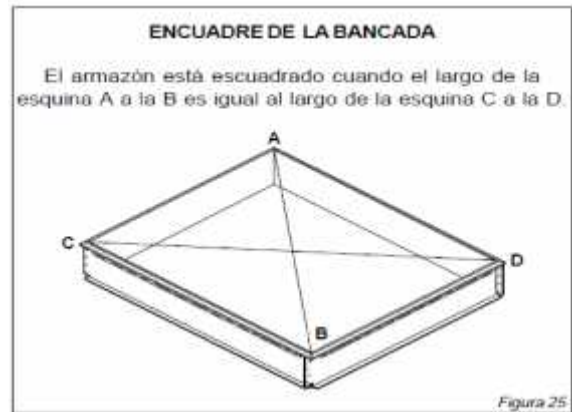
2. Mida las diagonales de la bancada como se muestra en la figura 25. Las medidas deben ser idénticas para que la bancada cuadre.

3. Es extremadamente importante observar la bancada desde cada extremo para asegurarse de que no está doblada o curvada por arriba. Rellenar el terreno bajo las aristas inferiores. La máxima tolerancia permitida es de 5mm de inclinación por cada metro en cualquier dirección.
4. Una vez que la bancada ha sido cuadrada, asegurada y soportada, debe quedar soldada o clavada con seguridad a la estructura de la cubierta.

Nota: Asegure la carcasa para techo de acuerdo a los códigos locales.

### Base y vierteaguas

1. La parte exterior de la bancada debe aislarse con un aislante rígido, preferentemente de 51mm de grosor. No utilice materiales combustibles para el relleno alrededor de la bancada.
2. Proteja con vierteaguas doble y selle el área alrededor de la bancada, tal y como se indica en la figura 26.
3. Si toma la alimentación eléctrica de la parte inferior, corte el vierteaguas para pasar la manguera y aplique un sello



hermético alrededor del paso a través del vierteaguas (ver figura 27).

Importante: Si la cubierta es de material poroso, como el hormigón, verifique que la parte interna de la bancada esté reforzada para garantizar su nivelación y encuadre.

4. La bancada soporte contiene dos pasacables pretaladrados de 7/8".



Uno de ellos se encuentra por debajo de la acometida eléctrica de la unidad. El otro está ubicado por debajo de la acometida eléctrica de bajo voltaje de la unidad. Estos pasacables permiten traer la alimentación de bajo y alto voltaje desde debajo de la unidad. El pasacable que se encuentra por debajo de la acometida eléctrica podría necesitar ser agrandado en función de los requerimientos de

energía de la unidad y del tamaño del conducto requerido.

### Otros

1. Cuando las tuberías y la manguera eléctrica se prolongan por la cubierta, el vierteaguas debe cumplir con las normas locales concernientes a los materiales para cubiertas.
2. Alrededor del equipo sobre cubierta deber proveerse pasos personales para facilitar los trabajos de mantenimiento.

### Plénium de aire de impulsión y de retorno

Importante: El sistema de plénium debe instalarse antes de fijar la unidad en la bancada de soporte. Los pléniums deben fabricarse con acero galvanizado y aislantes de fibra de vidrio revestida aplicada en el interior. Se recomienda utilizar un aislante de fibra de vidrio de 13mm de espesor y de 48kg/m<sup>3</sup> de densidad.

Sin embargo, si se utiliza un aislante de 24kg/m<sup>3</sup> de densidad, éste debe ser asegurado con pinzas mecánicas. Instale los pléniums tal como se muestra en la figura 29.

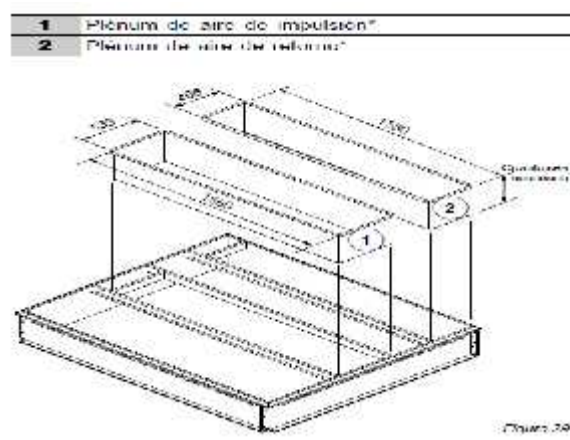
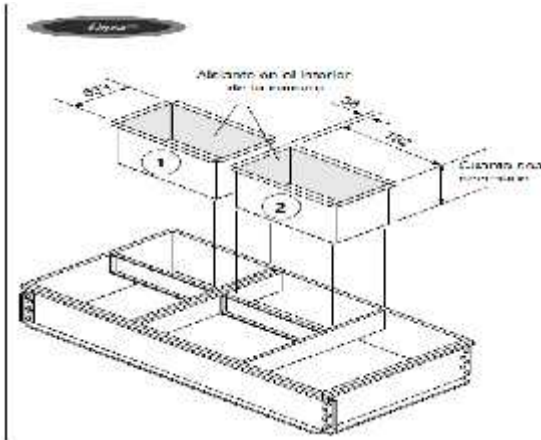
EVACUACIÓN DE CONDENSADOS TÍPICA (\*)



(\*) - Provisto con la unidad  
Figura 30

### Evacuación de condensados

Se recomienda realizar los siguientes procedimientos para garantizar la extracción de condensados. Antes de la instalación, revise los códigos locales con respecto a la extracción de condensados. Remítase a la figura 30 concerniente a la tubería típica para condensados.



1. La tubería de evacuación no debe ser más pequeña que la conexión de evacuación de la batería.
2. Cuando la evacuación se encuentra en la parte negativa del ventilador del sistema, se recomienda colocar un sifón en la línea de evacuación. Esto permitirá que el agua evacue la bandeja de drenaje. También es aconsejable colocar un sifón cuando la línea de evacuación se encuentra en el sistema positivo del ventilador del sistema. Esto evitará que el aire acondicionado escape por el conducto de drenaje.
3. En la mayoría de casos, el sifón será lo suficientemente profundo para compensar la diferencia de presión estática entre el recipiente de recepción y la atmósfera. Si éste no es el caso, se necesitarán más sifones.

Nota: después de haber instalado el drenaje, la abertura del tubo de evacuación de condensados debe sellarse herméticamente.

4. Los recorridos horizontales deben estar inclinados 25mm cada 3 metros para compensar la fricción del tubo.
5. Algunas veces se requerirán un purgador debido a la longitud de la línea, la fricción y la presión estática.
6. Se recomienda construir el drenaje de tal manera que se facilite su futura limpieza.
7. En las aplicaciones en las que no se requiere una línea de evacuación, instale un codo de 90° en la conexión de evacuación para dirigir el condensado hacia abajo.

**11.5 Puesta en marcha**  
**Solo técnico frigoristas**  
**capacitados pueden realizar este**  
**trabajo.**

**Antes de conectar la alimentación**  
**del equipo:**

- Asegúrese de que la alimentación entre el edificio y la unidad cumpla con las normas locales y que la especificación de cableado cumpla con las condiciones de puesta en marcha y funcionamiento.
- Verifique que las condiciones eléctricas en el panel de control y en los motores estén sólidamente fijadas.
- Asegúrese de que todos los motores de accionamiento estén sujetos.
- Con la ayuda del diagrama de instalación eléctrica, verifique la conformidad de los dispositivos eléctricos de seguridad (parámetros de los disyuntores, presencia y calibre de los fusibles).

Al llegar a este punto, coloque los manómetros en el circuito frigorífico.

**Alimentación del sistema**

- Asegúrese de que el termostato esté ubicado en un área donde no sea afectado por la luz solar,

corrientes de aire o vibraciones. Es conveniente que se encuentre a una distancia de 1,5 metros del suelo, cerca del centro de la estructura. Conecte el cableado de control de 24VCA clase II al termostato y la unidad.

- Conecte la alimentación de voltaje de línea desde el interruptor general hasta la parte inferior del contactor del compresor de la unidad.
- La unidad está equipada con un tornillo de conexión a tierra. Conecte la unidad a tierra adecuadamente bien a través del cableado de alimentación de la unidad, bien mediante una conexión a tierra.
- Terminado el cableado, las tomas abiertas de tensión de la unidad deben sellarse para protegerlas de la intemperie.

**Prueba de cambio de ciclo:**

En las unidades reversibles, esta prueba se realiza para revisar el accionamiento de las válvulas de cuatro vías. Inicie el ciclo inverso de acuerdo con los intervalos de temperatura fría o caliente según las



condiciones climáticas en el momento de la prueba.

### **Puesta en marcha y ajuste en refrigeración**

#### **Calentadores del cárter**

Antes de intentar arrancar los compresores, se deben alimentar durante 24 horas los calentadores trifásicos del cárter. Ajuste el termostato de modo que no exista demanda para evitar el ciclo del compresor. Suministre energía a la unidad.

#### Revisión preliminar

1. Verifique que las líneas del refrigerante no rocen con el armario o entre ellas mismas.
2. Revise toda la instalación eléctrica, tanto la instalada en fábrica como la instalada in situ, para detectar los cables flojos.
3. Revise la tensión en el seccionador. El voltaje debe encontrarse dentro del rango indicado en la placa de datos de la unidad. Si no es el caso, consulte con la empresa suministradora y haga modificar el voltaje antes de poner en marcha la unidad.
4. Revise nuevamente el voltaje con la unidad en funcionamiento. Si la

potencia no se encuentra dentro del rango indicado en la placa de datos, detenga la unidad y consulte con la empresa suministradora. Revise el amperaje de la unidad. Remítase a la placa de datos de la unidad para conocer los amperios de funcionamiento correctos.

5. Asegúrese de que el filtro está en su lugar antes de poner en marcha la unidad.

#### Puesta en marcha en refrigeración

1. Coloque el interruptor del termostato en la posición «Cool», el interruptor del ventilador en «On» o «Auto» y regule el termostato de ambiente en un parámetro inferior a la temperatura ambiente.
2. Cierre el interruptor general de la unidad.
3. El compresor se pondrá en marcha y trabajará en ciclos de acuerdo a la demanda del termostato y su funcionamiento.

#### Rotación del compresor trifásico

Los compresores en espiral trifásicos deben ponerse en fase de forma secuencial para garantizar la rotación y el funcionamiento correcto del compresor.

Cuando el compresor se pone en marcha, un aumento en la presión de descarga y una baja en la presión de aspiración indican una adecuada puesta en fase del compresor. Si las presiones de descarga y de aspiración no funcionan normalmente, siga los siguientes pasos:

1. Desconecte la alimentación del compresor y de la unidad.
2. Invierta cualquiera de las dos conexiones de alimentación a la unidad.
3. Reconecte la alimentación al compresor y la unidad.

Las presiones de descarga y de aspiración deben estar en sus rangos normales de puesta en marcha.

Nota: La intensidad de ruido del compresor aumentará significativamente cuando la puesta en fase no sea correcta y no enfriará cuando funcione a la inversa.

#### Carga

No es recomendable cargar el sistema a una temperatura inferior a 15°C. Si se necesita cargar el sistema por debajo de 15°C o si el sistema está vacío de refrigerante, el método recomendado y más apropiado de carga, es por peso según la cantidad

indicada en la placa de datos de la unidad.

#### **Puesta en marcha en modo de calefacción**

Ciclo de calefacción-Bomba de calor

- 1) Regule el interruptor del termostato en la posición "Heat" y el interruptor del ventilador en la posición "On" o "Auto". Regule el termostato por encima de la temperatura ambiente. Cierre el interruptor general de la unidad.
- 2) El compresor trabajará en ciclos según se requiere desde el termostato de ambiente y el ventilador de la batería exterior trabajará en ciclos con el compresor. El ventilador funcionará según la posición de su interruptor en el termostato.
- 3) Se emplea un dispositivo de control de desescarche para evitar la formación excesiva de hielo en la batería exterior. Cuando se inicia un ciclo de desescarche, la válvula inversora se activa, llevando calor a la batería exterior. El ventilador exterior se detiene durante este proceso.

Calefacción (Calor eléctrico opcional)



1. Cuando las necesidades de calor exceden la capacidad de la bomba de calor, el termostato activa automáticamente la calefacción eléctrica opcional.
2. En los termostatos equipados con esta función, el calor de emergencia (calefacción eléctrica auxiliar) puede activarse manualmente colocando el interruptor del termostato en la posición "Emergency Heat".
3. Remítase a la sección sobre el funcionamiento del termostato para conocer los detalles concernientes a las funciones de las luces indicadoras.

#### Funcionamiento y ajuste del ventilador

La unidad está equipada con un ventilador interior de accionamiento directo y múltiples velocidades. Vea el diagrama eléctrico de la unidad para conocer la configuración de fábrica.

#### Funcionamiento del ventilador

1. El funcionamiento del ventilador se regula manualmente desde su interruptor de en la subbase. Cuando el interruptor del ventilador se encuentra en la posición "On", el ventilador funciona de continuo.

2. Cuando el interruptor del ventilador se encuentre en la posición «Auto», el ventilador trabajará en ciclos según la demanda. Los ventiladores y toda la unidad se apagarán cuando el interruptor del sistema se encuentre en la posición "Off".

#### Ajuste de la velocidad del ventilador

Los cables del motor del ventilador se redirigen hasta el cuadro de control de la unidad. Es posible modificar la velocidad del motor del ventilador modificando las posiciones de los terminales de conexión.

Importante: Para evitar el quemado del motor, nunca conecte más de un cable del motor a un mismo conector. Con velocidades medias o bajas, los terminales negro y azul deben conectarse juntos. Ponga cinta aislante separadamente en los cables del motor que no se utilicen.

Velocidad mínima del ventilador (con calefacción eléctrica)

Remítase a las instrucciones de instalación ECH16 para conocer la velocidad mínima admisible para el ventilador cuando se utiliza la calefacción eléctrica.

#### Funcionamiento del termostato

Algunos termostatos de bombas de calor incluyen contactos de aislamiento y una función de calor de emergencia (con una luz indicadora de color ámbar). Esta característica es de aplicación en algunos sistemas que utilizan el calor eléctrico auxiliar.

Cuando se ajusta el termostato ambiente en la posición de calor de emergencia, se bloquea el compresor y la calefacción proviene completamente de la resistencia eléctrica de emergencia. Una luz indicadora de color ámbar se enciende para recordar al usuario que el interruptor del sistema está operando en el modo de calor de emergencia.

El calor de emergencia se utiliza comúnmente durante una parada de la bomba de calor, pero también puede emplearse tras un fallo de la alimentación si ésta no ha funcionado durante más de una hora y la temperatura externa es inferior a 10°C. Se debe dejar el sistema en el modo de emergencia durante al menos seis horas para que el calentador del cárter (si fuera el caso) tenga el tiempo suficiente para evitar la llegada de líquido al compresor.

Controles del compresor

Presostato de alta

El circuito frigorífico está protegido por un presostato de lata que abre a 28,27 bares y se rearma manualmente.

Calentadores del cárter

Las unidades trifásicas SCA/SHA cuentan con un calentador de cárter con autorregulación que debe estar siempre alimentado para evitar daños en el compresor por la migración del refrigerante.

Termostato antihielo (unidades comerciales únicamente)

Los modelos comerciales cuentan con un termostato antihielo que impide el funcionamiento del compresor si la temperatura de la batería exterior disminuye por debajo de  $-2^{\circ}\text{C}+1.6$  y se restablece automáticamente a  $14^{\circ}\text{C} + 2$ .

Sistema de desescarche

El ciclo de desescarche se inicia según la temperatura y finaliza según el tiempo/presión.

Control de desescarche

Este control exige desescarche cada 90 minutos y si el termostato de desescarche detecta temperaturas inferiores a  $2^{\circ}\text{C}$ , la unidad comienza el ciclo. Se puede ajustar in situ el control de desescarche de un intervalo de 90

minutos a uno de 60 o 30 minutos si las condiciones climáticas lo justifican. El ciclo de desescarche finalizará cuando el presostato de desescarche detecte presiones superiores a 19 bares. El control impedirá que el ciclo de desescarche dure más de 14 minutos.

#### Termostato de desescarche

El termostato de desescarche se instala en línea entre el distribuidor externo y la válvula anti-retorno/secador. La unidad no desescarchará a menos que el termostato detecte que la línea esté a una temperatura de 2°C o menos.

#### Filtros

Todas las unidades cuentan con filtros. En las aplicaciones de flujo de aire horizontal, los filtros se instalan externamente al sistema. En las aplicaciones de descarga de aire vertical, instale los filtros de la siguiente manera.

1. Extraiga el tornillo que sujeta el soporte de transporte del ventilador. Deslice el soporte hacia el frente e inclínelo hacia adelante para extraerlo.
2. **SHA010** – Vea figura 31

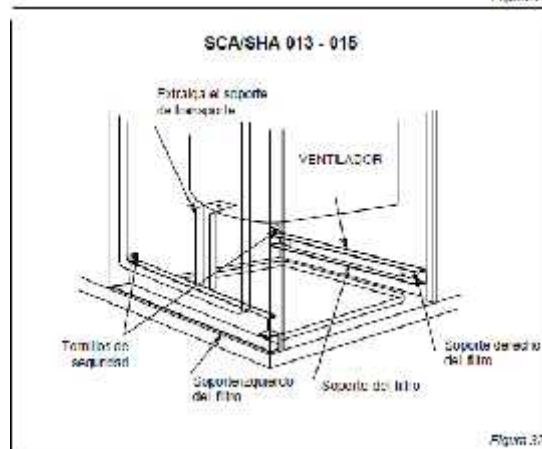
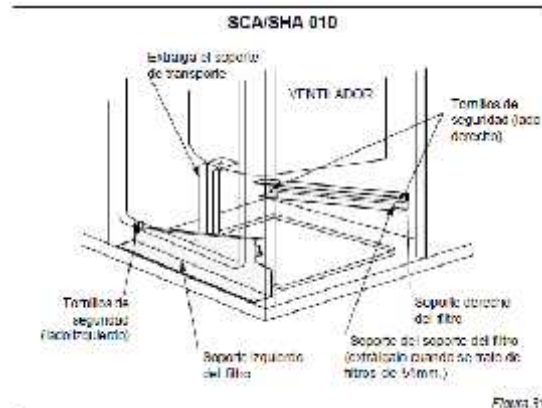
Extraiga el filtro detrás de la cubierta de aire de impulsión horizontal.

Deslice el filtro por las guías en el compartimiento del ventilador.

Haga coincidir las flechas indicadoras del sentido del aire en el filtro con el flujo real de aire.

**SHA013, 015 unidades** – Vea la figura 32.

Extraiga el filtro desde la parte izquierda del compartimiento del



ventilador y deslícelo por las guías.

Haga coincidir las flechas indicadoras del sentido del flujo de aire en el filtro con el flujo de aire real.



3. Coloque nuevamente los paneles y selle herméticamente.

Nota: Al instalar los filtros de 51mm, extraiga el soporte de cada soporte.

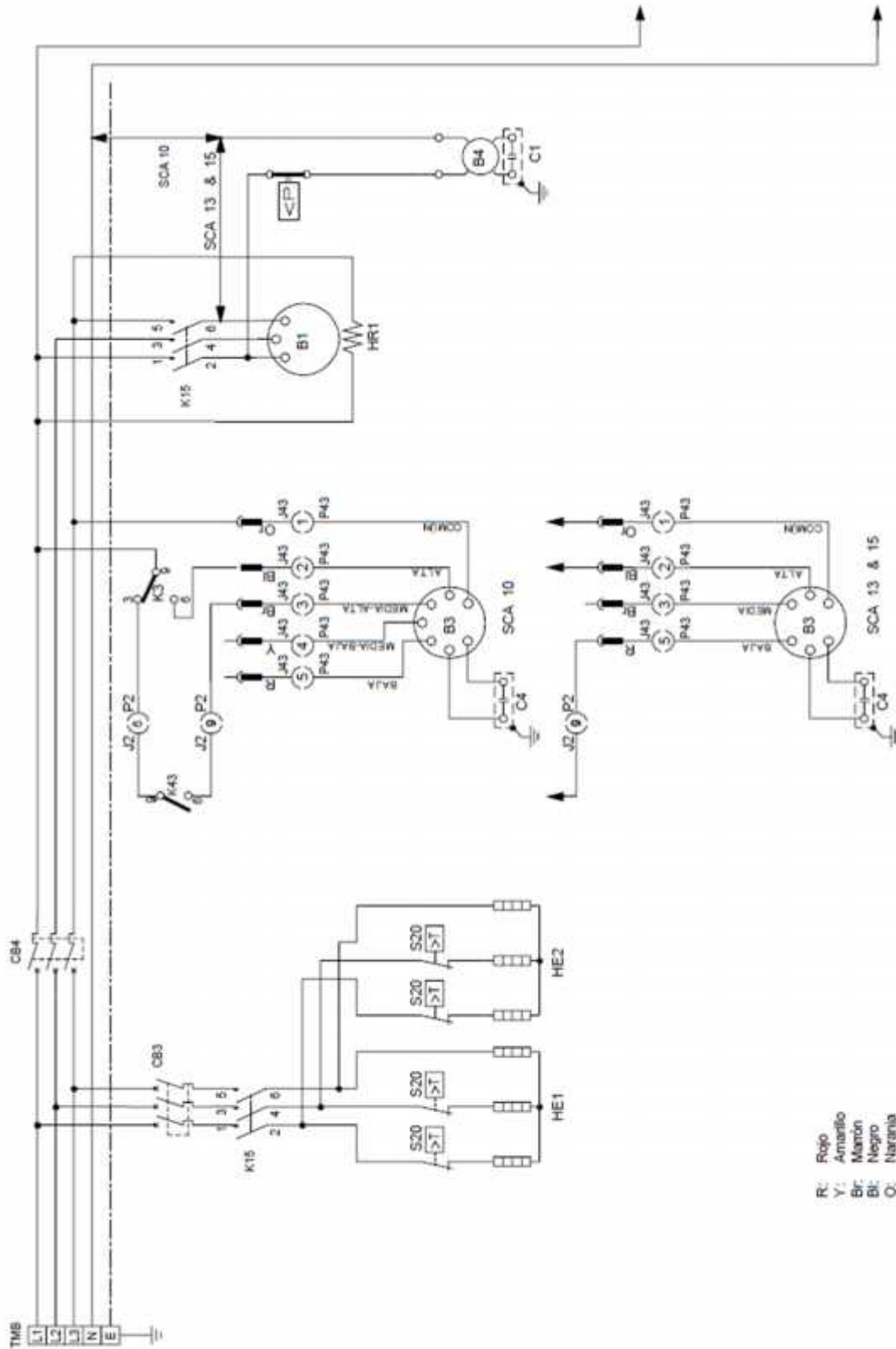
Nota: En las configuraciones de flujo de aire horizontal, extraiga los soportes y el filtro.

## 11.6 Diagrama del cableado

B1	Compresor 1	K1	Contactador del compresor
B3	Motor del ventilador centrífugo de aire de impulsión	K3	Contactador del ventilador centrífugo
B4	Motor del ventilador del condensador	K11	Relé del modo noche
C1	Condensador del motor del ventilador del condensador	K15	Batería eléctrica
C4	Condensador del motor del ventilador centrífugo de aire de impulsión	K43	Relé - Calor económico
CB3	Disyuntor - batería eléctrica	S4	Límite del presostato de Alta presión
CD4	Disyuntor - unidad	S11	Presostato de baja temperatura
F1	Transformador de fusible T1	S15	Interrupción - Batería eléctrica límite
HR1	Calentador del cárter del compresor 1	S24	Pérdida de carga Presostato
HE1	Elemento - Batería eléctrica 1	T1	Control 24V del transformador
HE2	Elemento - Batería eléctrica 2	TB1	Bloque de terminales de baja tensión (24V)
		TBM	Bloque de terminales de alimentación con 5 polos

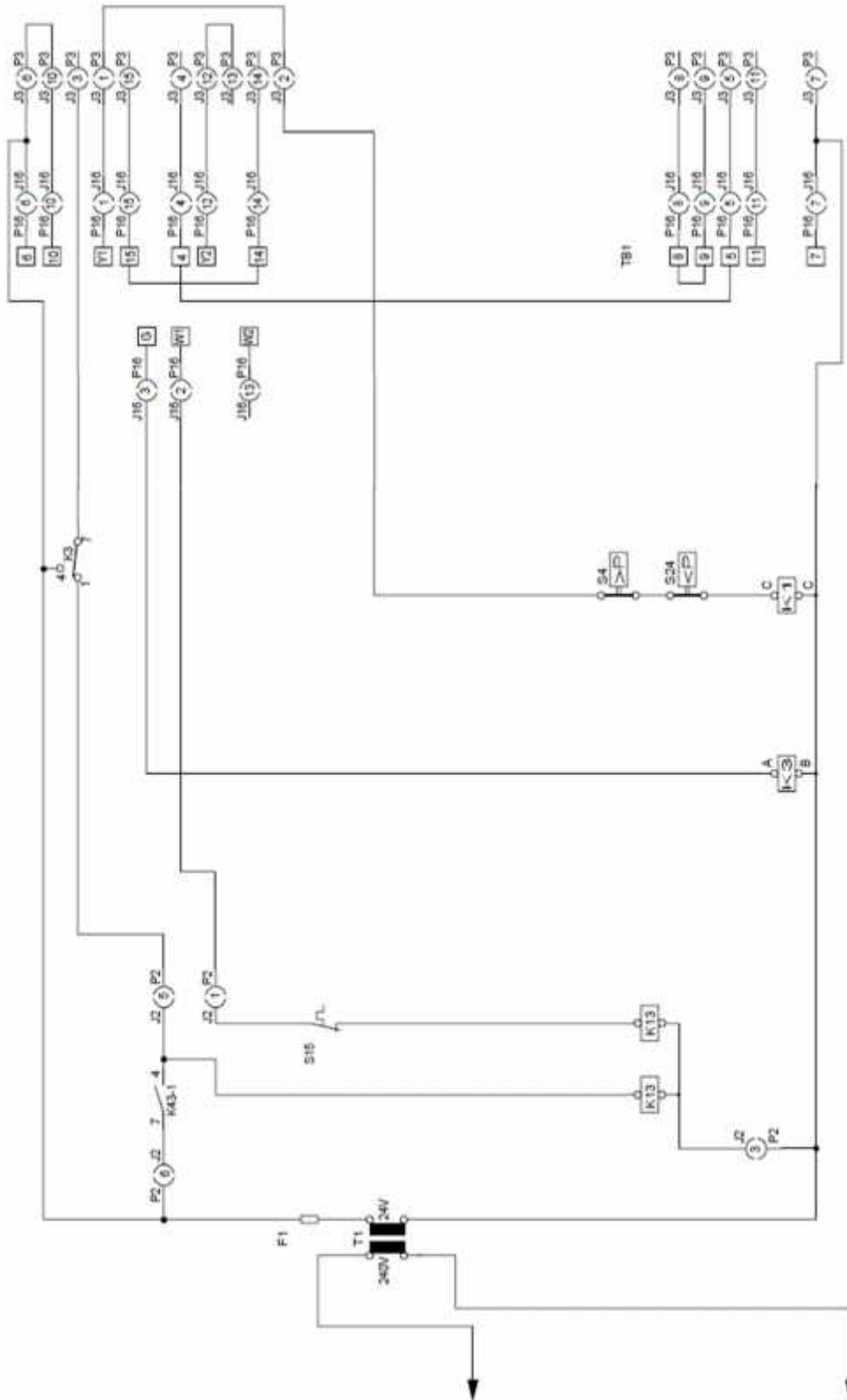


### Cableado de alta tensión





### Cableado de control 24V





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD TECNOLÓGICA DE LA INDUSTRIA**

**"Rediseño de un sistema de climatización en las instalaciones del Edificio de Operaciones de Momotombo Power Company en base al**

**LEYENDA DE REFERENCIA DEL DIAGRAMA**

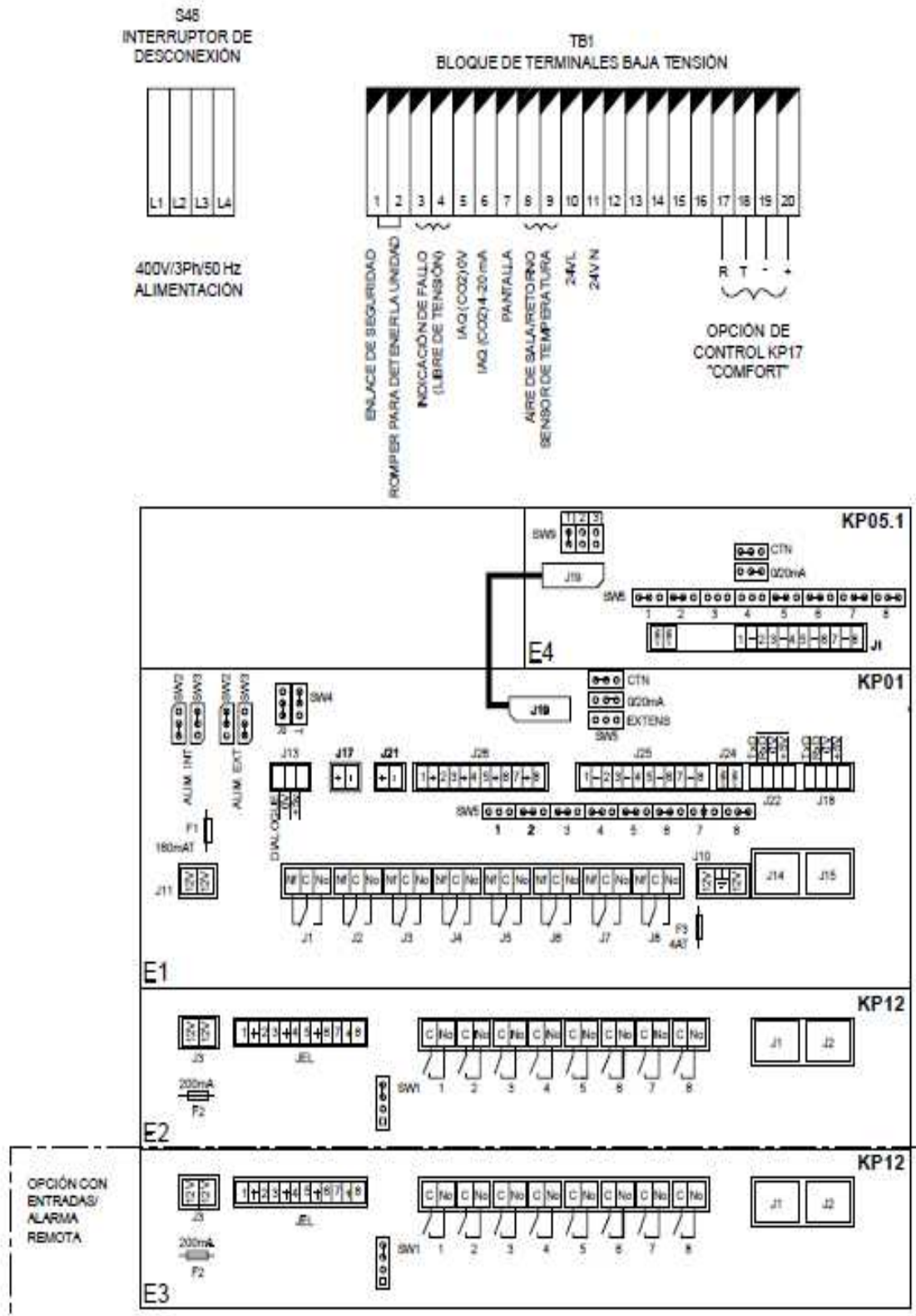
A3	Control - quemador 1
A12	Control - quemador 2
A17	Control - Detector de humo DAD
B1	Compresor 1
B2	Compresor 2
B3	Motor - ventilador interior
B4	Motor - ventilador exterior 1
B5	Motor - ventilador exterior 2
B6	Motor - ventilador de aire de combustión 1
B7	Motor - actuador del economizador (opción)
B10	Motor - ventilador de extracción 1
B11	Motor - ventilador de extracción 2
B13	Compresor 3
B15	Motor - ventilador de aire de combustión 2
B20	Compresor 4
B21	Motor - ventilador exterior 3
B22	Motor - ventilador exterior 4
C1	Condensador - ventilador exterior 1
C2	Condensador - ventilador exterior 1
C3	Condensador - ventilador de aire de combustión 1
C5	Condensador - ventilador de extracción 1
C8	Condensador - ventilador de extracción 2
C11	Condensador - ventilador de aire de combustión 2
C18	Condensador - ventilador exterior 3
C19	Condensador - ventilador exterior 4
CB1	Disyuntor - compresor 1
CB2	Disyuntor - compresor 2
CB3	Disyuntor - ventilador interior
CB8	Disyuntor - transformador T1
CB10	Disyuntor - ventiladores exteriores
CB14	Disyuntor - compresor 3
CB146	Disyuntor - compresor 4
E1	Control - módulo maestro KP01
F2	Control - módulo entrada/salida digital KP12
F3	Control - módulo entrada/salida opcional KP12
E1	Control - módulo de entrada analógica KP05
F1	Fusible - T1 21V, 10A
F2	Fusible - T1 12V, 2,5A
F3	Fusible - T1 12V, 0,5A
F4	Fusible - T1 230V, 0,25A
GV1	Válvula - quemador de gas 1
GV3	Válvula - quemador de gas 2
HE1	Elemento - Batería eléctrica 1
HE2	Elemento - Batería eléctrica 2
HE3	Elemento - Batería eléctrica 3
HE4	Elemento - Batería eléctrica 4
HE5	Elemento - Batería eléctrica 5
HE6	Elemento - Batería eléctrica 6
HR1	Calentador de cárter - Compresor 1
HR2	Calentador de cárter - Compresor 2
HR3	Calentador de cárter - Compresor 3
HR4	Calentador de cárter - Compresor 4
K1	Contacto - compresor 1
K2	Contacto - compresor 2
K3	Contacto - motor del ventilador interior
K10	Contacto - ventiladores exteriores 1 & 2
K12	Relé - detección de la válvula de gas, quemador 1
K13	Relé - ventilador de combustión 1
K14	Contacto - compresor 3
K15	Contacto - Batería eléctrica 1
K16	Contacto - Batería eléctrica 2
K17	Contacto - Batería eléctrica 3
K18	Contacto - Batería eléctrica 4
K19	Relé - ventilador de combustión 2
K20	Relé - detección de la válvula de gas, quemador 2

K65	Contacto - ventilador de extracción 1 & 2
K66	Contacto - ventiladores exteriores 3 & 4
K146	Contacto - compresor 4
L1	Solenoides - Válvula de Inversión 1
L2	Solenoides - Válvula de Inversión 2
PS1	Sensor - presión ventilador filtro (opción)
RH1	Sensor - entalpía de aire exterior
RH2	Sensor - entalpía de aire de retorno
RI6	Sensor - temperatura de aire de descarga
K116	Sensor - temperatura de aire de espacio/corona
RT17	Sensor - temperatura de aire exterior
RT46	Sensor - deshielo, compresor 1
RT 49	Sensor - congelación, compresor 1
RT 50	Sensor - congelación, compresor 2
RT 53	Sensor - congelación, compresor 3
RT 55	Sensor - congelación, compresor 4
RT107	Sensor - deshielo, compresor 2
SD1	Sensor - detector de humo
S4	Interruptor - alta presión, compresor 1
S5	Interruptor - alta temperatura, compresor 1
S7	Interruptor - alta presión, compresor 2
S8	Interruptor - alta temperatura, compresor 2
S10	Interruptor - límite primario, quemador 1
S11	Interruptor - baja presión de ambiente, compresor 1
S15	Interruptor - límite primario, Batería eléctrica 1
S16	Interruptor - detección de aire de combustión, quemador 1
S20	Interruptor - límite secundario, Batería eléctrica
S21	Interruptor - límite secundario, quemador 2
S28	Interruptor - alta presión, compresor 3
S29	Interruptor - alta temperatura, compresor 3
S45	Interruptor - detección de aire de combustión, quemador 2
S47	Interruptor - eyector de llama 1
S46	Interruptor - desconexión principal
S69	Interruptor - eyector de llama 2
S84	Interruptor - baja presión de ambiente, compresor 2
S85	Interruptor - baja presión de ambiente, compresor 3
S87	Interruptor - baja presión, compresor 1
S88	Interruptor - baja presión, compresor 2
S88	Interruptor - alta temperatura, compresor 4
S94	Interruptor - baja presión de ambiente, compresor 4
S96	Interruptor - alta presión, compresor 3
S97	Interruptor - baja presión, compresor 4
S98	Interruptor - baja presión, compresor 3
S99	Interruptor - límite primario, quemador 2
S100	Interruptor - límite secundario, quemador 2
S107	Interruptor - límite primario, Batería eléctrica 2
T1	Transformador - controles
T10	Transformador - ventiladores de aire de combustión
TB1	Bloque de terminales, controles de cliente
TR34	Bloque de terminales, transformador T1

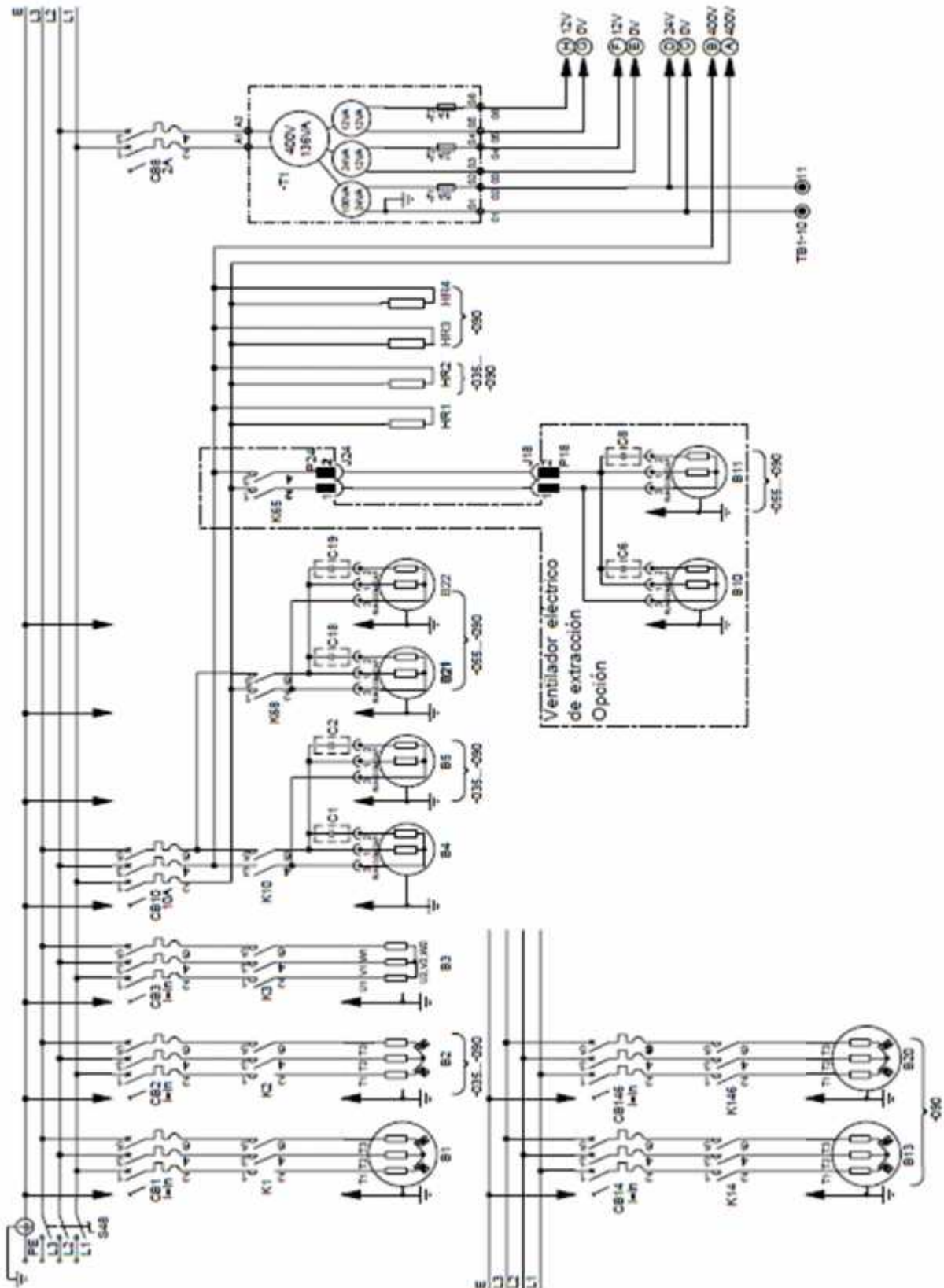
**CONECTORES JACK-PLUG DE LA UNIDAD**

J11/P1	Jack/plug - ventilador de combustión 1
J10/P3	Jack/plug - motor del regulador (opción)
J15/P13	Jack/plug - ventilador de combustión 2
J15/P15	Jack/plug - quemador 1
J26/P28	Jack/plug - quemador 2
J56/P35	Jack/plug - baja temperatura de ambiente 1
J56/P36	Jack/plug - baja temperatura de ambiente 2
J64/P64	Jack/plug - sensor de presión ventilador filtro (opción)
J101/P101	Jack/plug - opción de detector de humo
J105/P105	Jack/plug - quemador 1 de límite secundario
J141/P141	Jack/plug - quemador 2 de límite secundario

### Cableado del instalador



## Compresor y ventilador





## 11.7 Códigos de seguridad y de error

000	No hay error
Pb com	Error de comunicación
001	Fallo del flujo de aire
004	Filtros sucios
005	Filtros ausentes
011	Fallo de las baterías de calefacción eléctricas
012	Temperatura de aire de impulsión elevada
013	Temperatura demasiado baja
014	Fallo del quemador de gas no 1
015	Fallo del quemador de gas no 2
022	Temperatura de impulsión demasiado baja
023	Temperatura de ambiente elevada
031	Fallo del humidificador
032	Humedad ambiente demasiado baja
033	Temperatura de ambiente elevada
041	Fallo de la bomba
081	Fallo del sensor de temperatura ambiente o de aire de retorno
082	Fallo del sensor de humedad relativa ambiente o de aire de retorno
083	Fallo del sensor de temperatura exterior
084	Fallo del sensor de humedad relativa exterior
085	Fallo del sensor de temperatura de aire de impulsión
086	Fallo del sensor de temperatura de agua fría del bucle
087	Fallo del sensor de temperatura de agua de salida del condensador
091	Fallo del ventilador centrifugo
092	Fallo del condensador: sistema 1 o 2
093	Fallo del condensador: sistema 3 o 4
094	Error de cliente
096	Temperatura de agua del condensador demasiado baja
097	Temperatura de agua del condensador elevada
098	Fallo de flujo de agua
099	Error: humo
111	Fallo del sensor no 1 de temperatura del condensador
112	Fallo del transmisor de presión no 1
113	Fallo del sensor no 1 de temperatura de escarcha
115	Fallo de alta presión o en el compresor eléctrico no 1
117	Fallo en el transmisor de baja presión no 1
121	Fallo en el sensor no 2 de temperatura del condensador
122	Fallo en el transmisor de presión no 2
123	Fallo en el sensor no 2 de temperatura de escarcha
125	Fallo de alta presión o en el compresor eléctrico no 2
127	Fallo del transmisor de baja presión no 2
131	Fallo del sensor no 3 de temperatura del condensador
132	Fallo del transmisor de presión no 3
133	Fallo del sensor no 3 de temperatura de escarcha
135	Fallo de alta presión o del compresor eléctrico no 3
137	Fallo de baja presión del compresor no 3
141	Fallo del sensor no 4 de temperatura del condensador
142	Fallo del transmisor de presión no 4
143	Fallo del sensor no 4 de temperatura de escarcha
145	Fallo de alta presión o del compresor eléctrico no 4
147	Fallo de baja presión del compresor no 4



## XII. Conclusiones

- ) El método que se utilizó para la realización de este proyecto es la de diferencia de temperatura de la carga de enfriamiento/ factor de carga de enfriamiento (CLTD/CLF). Este método se implementó en los 3 niveles del edificio de operaciones con un total de 9 habitaciones, el total de las cargas térmicas de todo el edificio, da como resultado la carga de enfriamiento la cual corresponde a, **929,321.52 Btu/h (77.44 Ton)**.
- ) De acuerdo a la capacidad de enfriamiento requerida en el edificio de operaciones, se hizo la selección de una unidad centralizada de **525,000 Btu/h (45 Ton)**. Esta unidad, estará en paralelo con los equipos ya instalados en el edificio, los cuales son 2 unidades centralizadas de **230,000 Btu/h (20 Ton)** cada una.
- ) Conforme a las condiciones estructurales del edificio y la demanda de enfriamiento se determinó, que el tipo de sistema de climatización es centralizado. Debido a la alta demanda del edificio, a su vez el aprovechamiento de ductería ya instalada.
- ) De acuerdo a los cálculos de eficiencia energética se tomó la decisión de instalar unidades no menores de SEER 18.
- ) Se realizó un análisis técnico-económico basándose en los equipos ya instalados, a su vez la instalación de la nueva unida centralizada para cubrir la demanda. Esto para determinar el costo total por consumo energético y determinar la viabilidad de adquisición del equipo debido a una mayor eficiencia energética.
- ) Se presentó un plan de instalación, operación y mantenimiento basado en el manual del fabricante de la unidad, esto con el objetivo de ser una guía al momento de la instalación del equipo, además de dar la pauta para el mantenimiento.

La inversión total estimada para este proyecto es aproximadamente de **U\$ 73,401.00**, tomando como referencias las cotizaciones realizadas con la empresa de STRONG INTERNATIONAL, a su vez con la compra e instalación del sistema de ductería, dato proporcionado por INGENIERIA SENNRICH, esto no incluye costo de instalación de acometida eléctrica, costo que deberá calcularse en base a los requerimientos que al momento de la realizar la instalación del nuevo equipo deban tomarse en cuenta.





### XIII. Recomendaciones

- J La carga térmica total del edificio supera la capacidad de los equipos actualmente instalados, por lo que se recomienda la instalación de una unidad de 45 Toneladas de refrigeración para lograr suplir las necesidades de confort térmico de las áreas a climatizar.
- J Realizar mantenimientos periódicos a los equipos para alargar su vida útil, se recomienda realizar el plan de inspecciones al menos una vez cada 2 semanas.
- J En caso que la empresa tenga la intención de incorporar locales a climatizar los cuales no estén contemplados en este estudio, se deberá recalcular la capacidad térmica necesaria para evitar forzar los equipos.
- J Al momento de realizar intervenciones preventivas o correctivas del equipo, deberá contar con la ejecución de las mismas por un personal calificado.
- J Instalar puertas de vidrio a los accesos de oficinas y/o áreas a climatizar, esto para reducir las ganancias de calor por infiltración.
- J Al ser un equipo cuyo uso será constante, se recomienda tener dentro de stock repuestos críticos para su funcionamiento.
- J Realizar un análisis costo-beneficio para evaluar la viabilidad económica del proyecto, además, se incluya el impacto social y ambiental.



#### XIV. Bibliografía

- J Arnabat I. (08 de junio de 2018). CALORYFRIO.COM. Recuperado el 02 de Enero de 2021, de <https://www.caloryfrio.com/refrigeracion-frio/el-reto-de-los-nuevos-refrigerantes-de-bajo-pca.html>
- J ASHRAE. (2013). ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS. EEUU: ASHRAE.
- J Báez, C. G. (2006). *Historia del Aire Acondicionado*.
- J Balladares F., Balladares L. y Jarquín H. (2016). "Diseño De Un Sistema De Climatización Del Edificio "Julio Padilla". Managua.
- J Cengel, Y. A. (2007). *Transferencia de Calor y Masa 2da Ed.* México: Mc Grall Hill.
- J Cengel, Y. A. (2012). *Termodinámica 7ma Ed.* México: Mc Grall Hill.
- J Construmática. (2015). *Climatización*.
- J CurioSfera Historia. (2020). *Historia del aire acondicionado*.
- J Ecured. (2015). *Aire Acondicionado*.
- J Ecured. (2018). *Psicrometría*.
- J Fontanals. (1997). *Cálculo de conductos de aire*. CEAC.
- J Inditer. (2020) *¿Cómo funciona el ciclo de refrigeración industrial?*
- J Kuehn, T., Ramsey, J., & Threlked, J. L. (1998). *Thermal Environmental Engineering*. Prentice Hall.
- J LENNOX, (2001). Manual de instalación, operación y mantenimiento.
- J Moreno J., Gonzales A., Torres R. (2019). "Diseño de un sistema de climatización en las instalaciones de la empresa Cero Grados Nicaragua S.A.". Managua
- J Pérez K. y Gaitán C. (2019). "Diseño de un sistema de climatización para la residencia estudiantil del Recinto Universitario Simón Bolívar de la Universidad Nacional de Ingeniería". Managua.
- J Pita, E. G. (1994). *ACONDICIONAMIENTO DE AIRE Principios y sistemas*. México



- ) VALYCONTROL, S.A.DE C.V. (S.F). *MANUAL TÉCNICO VALYCONTROL*. México.
- ) Herrero Aragón Marcelo (2007). "Diseño un sistema de aire acondicionado para las oficinas administrativas, y diseño de una base de datos para la bodega del Departamento de Mantenimiento". Cartago, Costa Rica.
- ) Saldaña Alaiga (2000). "Rediseño e instalación del sistema de aire acondicionado para un hotel de 1200 ton de refrigeración". Perú.
- ) Software Psychrometric Diagram Viewer 3.2.0.
- ) Software CYPE para Ingeniería, Arquitectura y Construcción, 2017
- ) Software AutoCAD 2019



## **XV. Anexos**

### **PLAN DE MANTENIMIENTO**

Un técnico de mantenimiento cualificado debe revisar la unidad al menos una vez al año.

#### Lubricación

Todos los rodamientos del motor están prelubricados. No se requiere lubricación posterior.

#### Filtros

Se deben revisar los filtros mensualmente y limpiarlos o reemplazarlos.

#### Batería Externa

1. Revise y limpie la batería si fuera necesario.
2. Revise las líneas para detectar fugas de aceite

#### Batería Interior

1. Revise y limpie la batería si fuera necesario.
2. Revise las líneas para detectar fugas de aceite.
3. Revise la tubería y la bandeja de condensados y límpielos si fuera necesario.

#### Instalación Eléctrica

1. Revise toda la instalación eléctrica, tanto la instalada en fábrica como la instalada en el sitio, para detectar los cables sueltos o flojos.
2. Verifique que la unidad funcione con la tensión adecuada (con la unidad en funcionamiento).
3. Revise el amperaje del motor del ventilador externo y del motor del ventilador centrífugo.

El mantenimiento regular de su Rooftop prolongará su vida operativa y reducirá los fallos de funcionamiento. Es recomendable que un técnico calificado realice los trabajos de mantenimiento de la unidad.

Mantener un libro de registro cerca del equipo indicando el trabajo realizado, por quién y en qué fecha, es una herramienta de gran ayuda para el diagnóstico.

#### Conjunto Motor-Ventilador

Después de 50 horas de funcionamiento, revise la tensión de la correa y que los tornillos de la polea estén ajustados.



Realice esta revisión cada dos meses. Los ventiladores contienen rodamientos "lubricados de por vida", pero es recomendable reemplazarlos cada 10 000 horas de funcionamiento.

Durante esta inspección, revise la condición de los apoyos anti-vibratorios, buscando grietas o signos de desgaste anormal.

#### Filtros

Los filtros instalados de serie son de material lavable y reciclable. El CLIMATIC indica si están sucios. La frecuencia de limpieza se relaciona directamente con el ambiente en el que funciona el equipo. Sin embargo, es recomendable realizar una limpieza mensual. Un filtro sucio reduce el rendimiento y la fiabilidad de la Rooftop.

Después de extraer los filtros, retire el polvo y lávelos en una solución de agua tibia con un poco de detergente líquido. Después de enjuagarlos con agua fresca, déjelos secar. Tome todas las precauciones necesarias durante el funcionamiento para evitar dañar o perforar los medios ya que esto podría requerir el cambio del filtro dañado.

NOTA: Nunca se debe hacer funcionar el equipo sin los filtros. Para evitar una parada prolongada, guarde siempre un grupo de filtros de repuesto.

#### Quemadores

1. Examinar periódicamente la apariencia de las llamas del quemador durante la temporada de calefacción.
2. Antes de cada temporada de calefacción, revise los quemadores para verificar que no se hayan producido depósitos u obturaciones.
3. Limpie los quemadores de la siguiente manera:
  - a. Desconecte la alimentación eléctrica y de gas de la unidad.
  - b. Abra el panel de acceso al compartimento del quemador.
  - c. Extraiga el quemador retirando el soporte de retención y levantándolo de los orificios.
  - d. Limpie si es necesario y coloque nuevamente los quemadores. Reajuste los soportes de retención.

Asegúrese de que las cabezas de los quemadores estén alineadas correctamente. El espacio de chispa en el electrodo de ignición debe ser regulado correctamente. Remítase a la sección de "regulación de la calefacción". Coloque nuevamente el panel de acceso.



Restablezca la alimentación eléctrica y de gas. Siga las instrucciones de encendido incluidas en la unidad y utilice el visor de inspección en el panel de acceso para revisar la llama.

#### Ventilador De Aire De Combustión

Un interruptor de detección en el ventilador del aire de combustión verifica el funcionamiento de este ventilador antes de encender el controlador de gas. El controlador de gas no funcionará si el ventilador está obstruido.

En condiciones normales de funcionamiento, se debe revisar y limpiar el rodete del ventilador de aire de combustión antes de la temporada de calefacción. Sin embargo, se debe examinar periódicamente durante la temporada de calefacción con el fin de establecer una frecuencia de limpieza adecuada. Se puede determinar el estado del rodete del ventilador desconectando la alimentación y mirando a través de la abertura del respiradero.

Limpie el ventilador de aire de combustión de la siguiente manera:

1. Desconecte la alimentación eléctrica y de gas de la unidad.
2. Desconecte el tubo de aire del presostato de la toma del ventilador de aire de combustión.
3. Extraiga y guarde los tornillos que aseguran el ventilador de aire de combustión a la caja de humos. Extraiga y guarde dos tornillos del soporte del conector del respiradero.
4. Limpie los álabes del ventilador con un cepillo pequeño y retire el polvo de la estructura del ventilador.
5. Limpie el polvo acumulado en la parte delantera de la cubierta de la caja de humos.
6. Coloque el motor del ventilador de aire de combustión y el conector del respiradero en su ubicación original y asegúrelos con los tornillos que guardó. Se recomienda reemplazar la junta del ventilador de aire de combustión durante el ensamblaje.
7. Limpie con un cepillo pequeño las compuertas de entrada de aire de combustión en el panel de acceso de calefacción.

#### Intercambiadores De Calor

El rendimiento de su equipo depende directamente del estado de los intercambiadores de calor y por ello es importante limpiarlos regularmente.



### Batería Evaporadora (Interior)

Se debe conservar limpia en todo momento el área de intercambio protegida por los filtros. Si los filtros reciben un buen mantenimiento, la batería sólo requerirá una limpieza general ocasional.

Al realizar el mantenimiento de los filtros, se debe llevar a cabo una breve revisión.

### Batería Condensadora (Exterior)

Los filtros no protegen a la batería condensadora. La frecuencia de limpieza se relaciona directamente con el ambiente en el que trabaja el equipo. Al realizar el mantenimiento de la máquina, se debe llevar a cabo una breve revisión. Se puede realizar la limpieza con aire comprimido o con un cepillo suave. Se debe ser extremadamente cuidadoso ya que las aletas de aluminio son relativamente frágiles.

Sin embargo, este tipo de limpieza resulta a veces difícil y relativamente ineficaz ya que la obstrucción es producida por una mezcla de grasa y polvo. Por ello, es recomendable limpiar con “PRESTOSOL”, un agente desengrasante con toxicidad muy leve, no inflamable y que no corroe los metales normales.

En general, basta con aplicar el producto en las aletas, de arriba a abajo y de izquierda a derecha (como si estuviera pintando). Si la batería está muy bloqueada es posible que sea necesario esperar unos minutos después de aplicar el producto y luego continuar.

Se debe realizar esta limpieza mientras la máquina esté apagada. Además, antes de rearmar la máquina, es recomendable esperar que la batería esté completamente drenada y que el disolvente se haya evaporado en su totalidad.

### Rotor del Ventilador de Aire de Impulsión

Revise una vez al año el rotor del ventilador de aire de impulsión para retirar la suciedad o el polvo acumulado.

Desconecte la energía antes de intentar extraer el panel de acceso o limpiar la rueda del ventilador.

### Batería de Agua Caliente

Al comenzar la temporada de calefacción, revise lo siguiente:

- ) Hay suficiente agua en el sistema.
- ) La batería ha sido drenada correctamente.



- ) El porcentaje de proporción anticongelante es suficiente para el grado de protección requerido.

#### Bandeja de Condensados y Sifón de Evacuación

La bandeja no debe tener restos de sedimentos o de suciedad que podrían bloquear el movimiento de los condensados. Verifique que el sifón no esté obstruido.

La revisión se debe realizar al menos una vez al año, preferentemente al inicio de la temporada de aire acondicionado.

#### Terminales Eléctricos

Al menos una vez al año:

- ) Apague la máquina, sople el polvo del interior de la unidad y revise las conexiones apretándolas si fuera necesario.
- ) Encienda la máquina, evalúe los mecanismos de seguridad.
- ) Analizar el terminal en modo de funcionamiento puede ayudar a explicar cualquier ruido extraño proveniente de los contactores o de otras unidades. Los cuerpos extraños pueden alterar el funcionamiento de los componentes y causar vibraciones ruidosas.

Para evitar accidentes, recuerde que este tipo de mantenimiento requiere conocimientos de electricidad.

#### Circuitos De Refrigeración

Al menos una vez al año, realice una revisión profunda de los circuitos de refrigeración. Asimismo, antes de empezar cada temporada (o cada 3 meses si se utiliza la unidad permanentemente), se deben llevar a cabo las tareas indicadas en el contrato de mantenimiento, es decir, revisar el cambio de refrigerante, las temperaturas de evaporación y condensación, etc.

Sólo un técnico frigorista cualificado puede llevar a cabo este trabajo. Por lo tanto, es recomendable conservar información detallada sobre los trabajos y tipos de revisiones a efectuar.

La ley estipula que se deben recuperar los fluidos refrigerantes quedando prohibida su emisión a la atmósfera. frecuencia de mantenimiento.



Tabla 50. Planilla de mantenimiento preventivo

Equipo	50 horas	2 meses	3 meses	6 meses	Anualmente
Equipo motor-ventilador	x (1)				
Quemador de gas					x
Unidad terminal					x
<b>Solo aire acondicionado</b>					
Filtros y batería interna		x			
Batería externa					x
Batería agua caliente					x
Bandeja de condensados					x
Sistema de refrigeración					x
<b>Funcionamiento permanente</b>					
Filtros y batería exterior		x			
Batería exterior				x	
Bandeja de condensados				x	
Sistema de refrigeración				x	

## CLÁUSULA SEGUNDA: ANTECEDENTES

2.1 Mediante Escritura Pública Numero Treinta y Ocho (38) de Contrato de Suministro y Compra de Energía suscrito el día treinta de abril del mil novecientos noventa y nueve; entre la Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL) representada por Edgar Quintana Romero y Ormat International Inc representada por el señor Amichai Yarimi; se regulo todo lo concerniente al suministro y compra de energía del campo geotérmico Momotombo el cual sería operado y administrado por la empresa Ormat International Inc. En dicho contrato se estableció que el comprador (ENEL) pagaría a favor de Ormat un precio o cargo unitario de US\$0.0458 por KWH con un ajuste anual del 3%. Se estableció que el plazo de duración de dicho contrato sería de quince años; los cuales se iniciarían a contabilizar a partir de la fecha inicial de servicios de la Planta por parte de Ormat; es decir, el mes de junio de 1999.

Figura 23. Contrato de generación suscrito entre MPC y Disnorte-Dissur



## RE: LENNOX GLOBAL - Model L'



**egomez@sica.co.cr**

para mí, Erick ▾

Don Orlando buenos días,

Ver precios abajo para opción entregadas FOB MIAMI, USA en este caso ustedes se encargan de mover estos equipos a Managua por su cuenta y opción 2 entregadas en Managua ya desaduanadas y facturadas localmente entregadas en almacén nuestro.

Opción 1 entrega FOB Miami ustedes se encargan de mover el equipo a Managua:

Unidad de paquete marca LENNOX modelo LCH540S4B, precio FOB Miami: 39,000 US\$ entregada en Miami en cualquier embarcador de preferencia.

Opción 2 entrega en Managua ya desaduanado el equipo y facturado localmente con factura Nicaragüense:

Unidad de paquete marca LENNOX modelo LCH540S4B, precio Managua: 45,000 US\$ cada una MAS IVA

Saludos,

-----Mensaje original-----

De: [egomez@sica.co.cr](mailto:egomez@sica.co.cr) <[egomez@sica.co.cr](mailto:egomez@sica.co.cr)>

Enviado el: Wednesday, July 14, 2021 12:29 PM

Para: '[orlandoavendano767@gmail.com](mailto:orlandoavendano767@gmail.com)' <[orlandoavendano767@gmail.com](mailto:orlandoavendano767@gmail.com)>

Figura 24. Proforma de la Empresa Strong International



Tabla 51. Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento (DTCE) para calcular cargas debidas a techo planos

Techo No.	Descripción de la construcción	Hora Feso, lb/ft <sup>2</sup>	Valor de U, BTU/h Ft <sup>2</sup> ·°F	Hora solar, h																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
				Sin cielo raso suspendido																							
1.	Lámina de metal con aislamiento de 1 o 2 in	7 (8)	0.213 (0.124)	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	8	0.170	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9
3.	Concreto ligero de 4 in	18	0.213	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13
4.	Concreto pesado de 2 in con aislamiento de 2 in	29	0.206 (0.122)	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	19	0.109	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7
6.	Concreto ligero de 6 in	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28
7.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34
8.	Concreto ligero de 8 in	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	52 (52)	0.200 (0.120)	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	13	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35
11.	Sistema de terrazas de techo	75	0.106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	45	45	43	40	37
12.	Concreto pesado de 6 in con aislamiento de 1 o 2 in	75 (75)	0.192 (0.117)	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	17 (18)	0.106 (0.078)	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40
				Con cielo raso suspendido																							
1.	Lámina de acero con aislamiento de 1 o 2 in	9 (10)	0.134 (0.092)	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	10	0.115	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	58	51	44	37	30	37	25
3.	Concreto ligero de 4 in	20	0.134	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24
4.	Concreto pesado de 2 in con aislamiento de 1 in	30	0.131	28	25	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	10	0.083	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29
6.	Concreto ligero de 6 in	26	0.109	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54	51	47	42	37
7.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 1 in	15	0.096	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37
8.	Concreto ligero de 8 in	33	0.093	39	36	33	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	45	44	42
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	53 (54)	0.128 (0.090)	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38	38	38	37	36	34	33
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	15	0.072	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37
11.	Sistema de terrazas de techo	77	0.082	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	33	32
12.	Concreto pesado con aislamiento de 1 a 2 in	77 (77)	0.125 (0.088)	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	31
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	19 (20)	0.082 (0.064)	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36

Reproducido con permiso del 1985 Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD TECNOLÓGICA DE LA INDUSTRIA

"Rediseño de un sistema de climatización en las instalaciones del Edificio de Operaciones de Momotombo Power Company en base al análisis energético"

Tabla 52. Diferencias de temperatura para carga de enfriamiento (DTCE) para cálculo de carga de paredes al sol, 1°F.

	Hora solar, h																								Hora de la DTCE máxima	DTCE mínima	DTCE máxima	Diferencia de DTCE	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
<b>Paredes grupo A</b>																													
N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	2	10	14	4	
NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20	22	15	20	5	
E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	24	25	25	25	25	22	18	25	7	
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	22	18	24	6	
S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	23	14	20	6	
SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25	24	17	25	8		
W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26	1	18	27	9		
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	1	14	21	7	
<b>Paredes grupo B</b>																													
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	8	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	24	8	15	7	
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20	21	12	21	9	
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24	20	15	27	12	
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	21	14	26	12	
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21	23	11	22	11	
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28	24	13	28	15	
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30	24	14	30	16	
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23	24	11	23	12	
<b>Paredes grupo C</b>																													
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16	22	7	17	10	
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	23	23	23	23	23	22	21	20	20	10	23	13	
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	30	30	30	29	28	27	26	24	18	12	30	18		
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	29	28	27	26	24	19	12	29	17	
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	24	22	20	9	26	17		
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31	22	11	33	23	
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	33	22	12	35	22		
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	26	22	10	27	17		
<b>Paredes grupo D</b>																													
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	8	10	12	13	15	17	18	19	19	10	18	16	21	6	19	13
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18	19	7	25	18	
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	16	8	33	25	
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	17	8	32	24	
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22	19	6	29	23	
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	21	8	38	30	
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	21	9	41	32	
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	22	7	32	25	
<b>Paredes grupo E</b>																													
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	20	3	22	19	
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	16	4	26	22		
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	13	5	38	33	
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	32	37	36	34	33	31	28	26	23	20	17	15	5	37	32	
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	17	3	34	31	
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	19	5	45	40	
W	26	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	20	6	49	43	
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	20	5	38	33	
<b>Paredes grupo F</b>																													
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	19	1	24	23	
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	11	1	30	29	
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	12	2	45	43	
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	13	2	43	41	
S	10	8	6	4	3	2	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	16	1	39	38		
SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18	18	2	53	51	
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	19	3	60	57	
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	19	2	46	44	
<b>Paredes grupo G</b>																													
N	3	2	1	0	-1	-2	-3	-8	-9	-12	-15	-18	-21	-23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	18	-1	26	27	
NE	3	2	1	0	-1	-1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	-1	39	40
E	4	2	1	0	-1	1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	10	-1	55	56
SE	4	2	1	0	-1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	11	-1	51	52	
S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	14	-1	46	47	
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	16	0	63	65	
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	17	1	72	71	
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7	18	0	55	55	

Reproducido con permiso del 1985 Fundamentals, ASHRAE Handbook & Product Directory.



Tabla 53. Descripción de grupos de construcción de paredes

Grupo No.	Descripción de la construcción	Peso, lb/ft <sup>2</sup>	Valor de U, BTU/(h-ft <sup>2</sup> -°F)	Capacidad calorífica, BTU/(ft <sup>2</sup> -F)
<b>Ladrillo de vista de 4 in + (Ladrillo)</b>				
C	Espacio de aire + ladrillo de vista de 3 in	83	0.358	18.3
D	Ladrillo común de 4 in.	90	0.415	18.4
C	Aislamiento de 1 in o espacio de aire + ladrillo común de 4 in	90	0.174-0.301	18.4
B	Aislamiento de 2 in + ladrillo común de 4 in	88	0.111	18.5
B	Ladrillo común de 8 in	130	0.302	26.4
A	Aislamiento o espacio de aire + ladrillo común de 8 in	130	0.154-0.243	26.4
<b>Ladrillo de vista de 4 in + (Concreto pesado)</b>				
C	Espacio de aire + concreto de 2 in	94	0.350	19.7
B	Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	97	0.116	19.8
A	Espacio de aire o aislamiento + concreto de 8 in o más	143-190	0.110-0.112	29.1-38.4
<b>Ladrillo de vista de 4 in + (bloque de concreto ligero o pesado)</b>				
E	Bloque de 4 in	62	0.319	12.9
D	Espacio de aire o aislamiento + bloque de 4 in	62	0.153-0.246	12.9
D	Bloque de 8 in	70	0.274	15.1
C	Espacio de aire o aislamiento de 1 in + bloque de 6 u 8 in	73-89	0.221-0.275	15.5-18.5
B	Aislamiento de 2 in + bloque de 8 in	89	0.096-0.107	15.5-18.6
<b>Ladrillo de vista de 4 in + (azulejo de barro)</b>				
D	Azulejo de 4 in	71	0.381	15.1
D	Espacio de aire + azulejo de 4 in	71	0.281	15.1
C	Aislamiento + azulejo de 4 in	71	0.169	15.1
C	Azulejo de 8 in	96	0.275	19.7
B	Espacio de aire o aislamiento de 1 in + azulejo de 8 in	96	0.142-0.221	19.7
A	Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	97	0.097	19.8
<b>Pared de concreto pesado + (acabado)</b>				
E	Concreto de 4 in	63	0.585	12.5
D	Concreto de 4 in + aislamiento de 1 o 2 in	63	0.119-0.200	12.5
C	Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	63	0.119	12.7
C	Concreto de 8 in	109	0.490	21.9
B	Concreto de 8 in + aislamiento de 1 o 2 in	110	0.115-0.187	22.0
A	Aislamiento de 2 in + concreto de 8 in	110	0.115	21.9
E	Concreto de 12 in	156	0.421	31.2
A	Concreto de 12 in + aislamiento	156	0.113	31.3
<b>Bloque de concreto ligero y pesado + (acabado)</b>				
F	Bloque de 4 in + espacio de aire o aislamiento	29-36	0.161-0.263	5.7-7.2
E	Aislamiento de 2 in + bloque de 4 in	29-37	0.105-0.114	5.8-7.3
E	Bloque de 8 in	41-57	0.294-0.402	6.3-11.3
D	Concreto de 8 in + espacio de aire o aislamiento	41-57	0.149-0.173	8.3-11.3
<b>Azulejo de barro + (acabado)</b>				
F	Azulejo de 4 in	39	0.419	7.8
F	Azulejo de 4 in + espacio de aire	39	0.303	7.8
E	Azulejo de 4 in + aislamiento de 1 in	39	0.175	7.9
D	Aislamiento de 2 in + azulejo de 4 in	40	0.110	7.9
D	Azulejo de 8 in	63	0.296	12.5
C	Azulejo de 8 in + espacio de aire o aislamiento de 1 in	63	0.151-0.231	12.6
B	Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	63	0.099	12.6
<b>Pared de lámina (cortina metálica)</b>				
G	Con o sin espacio de aire + 1, 2 o 3 in de aislamiento	5-6	0.091-0.230	0.7
<b>Pared de bastidor</b>				
G	Aislamiento de 1 a 3 in	16	0.081-0.178	3.2

Reproducido con permiso de 1985 *Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory*



Tabla 54. Corrección de la DTCE por la latitud y mes, para aplicar a paredes y techos, latitudes norte, °F

Latitud	Mes	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	HORA
0	Dic	-3	-5	-5	-5	-2	-0	3	6	9	-1
	Ene/Nov	-3	-5	-4	-4	-1	-0	2	4	7	-1
	Feb/Oct	-3	-2	-2	-2	-1	-1	0	-1	0	0
	Mar/Sept	-3	0	1	-1	-1	-3	-3	-5	-8	-1
	Abr/Ago	5	4	3	0	-2	-5	-6	-8	-8	-2
	May/Jul	10	7	5	0	-3	-7	-8	-9	-8	-4
	Jun	12	9	5	0	-3	-7	-9	-10	-8	-5
8	Dic	-4	-6	-6	-6	-3	0	4	8	12	-5
	Ene/Nov	-3	-5	-6	-5	-2	0	3	6	10	-4
	Feb/Oct	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-1
	Mar/Sept	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-2	-3	-4	0
	Abr/Ago	2	2	2	0	-1	-4	-5	-7	-7	-1
	May/Jul	7	5	4	0	-2	-5	-7	-9	-7	-2
	Jun	9	6	4	0	-2	-6	-8	-9	-7	-2
16	Dic	-4	-6	-8	-8	-4	-1	4	9	13	-9
	Ene/Nov	-4	-6	-7	-7	-4	-1	4	8	12	-7
	Feb/Oct	-3	-5	-5	-4	-2	0	2	5	7	-4
	Mar/Sept	-3	-3	-2	-2	-1	-1	0	0	0	-1
	Abr/Ago	-1	0	-1	-1	-1	-3	-3	-5	-6	0
	May/Jul	4	3	3	0	-1	-4	-5	-7	-7	0
	Jun	6	4	4	1	-1	-4	-6	-8	-7	0
24	Dic	-5	-7	-9	-10	-7	-3	3	9	13	-13
	Ene/Nov	-4	-6	-8	-9	-6	-3	3	9	13	-11
	Feb/Oct	-4	-5	-6	-6	-3	-1	3	7	10	-7
	Mar/Sept	-3	-4	-3	-3	-1	-1	1	2	4	-3
	Abr/Ago	-2	-1	0	-1	-1	-2	-1	-2	-3	0
	May/Jul	1	2	2	0	0	-3	-3	-5	-6	1
	Jun	3	3	3	1	0	-3	-4	-6	-6	1
32	Dic	-5	-7	-10	-11	-8	-5	2	9	12	-17
	Ene/Nov	-5	-7	-9	-11	-8	-4	2	9	12	-15
	Feb/Oct	-4	-6	-7	-8	-4	-2	4	8	11	-10
	Mar/Sept	-3	-4	-4	-4	-2	-1	3	5	7	-5
	Abr/Ago	-2	-2	-1	-2	0	-1	0	1	1	-1
	May/Jul	1	1	1	0	0	-1	-1	-3	-3	1
	Jun	1	2	2	1	0	-2	-2	-4	-4	2
40	Dic	-6	-8	-10	-13	-10	-7	0	7	10	-21
	Ene/Nov	-5	-7	-10	-12	-9	-6	1	8	11	-19
	Feb/Oct	-5	-7	-8	-9	-6	-3	3	8	12	-14
	Mar/Sept	-4	-5	-5	-6	-3	-1	4	7	10	-8
	Abr/Ago	-2	-3	-2	-2	0	0	2	3	4	-3
	May/Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Jun	1	1	1	0	1	0	0	-1	-1	2
48	Dic	-6	-8	-11	-14	-13	-10	-3	2	6	-25
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-13	-11	-8	-1	5	8	-24
	Feb/Oct	-5	-7	-10	-11	-8	-5	1	8	11	-18
	Mar/Sept	-4	-6	-6	-7	-4	-1	4	8	11	-11
	Abr/Ago	-3	-3	-3	-3	-1	0	4	6	7	-5
	May/Jul	0	-1	0	0	1	1	3	3	4	0
	Jun	1	1	2	1	2	1	2	2	3	2
56	Dic	-7	-9	-12	-16	-16	-14	-9	-5	-3	-28
	Ene/Nov	-6	-8	-11	-15	-14	-12	-6	-1	2	-27
	Feb/Oct	-6	-8	-10	-12	-10	-7	0	6	9	-22
	Mar/Sept	-5	-6	-7	-8	-5	-2	4	8	12	-15
	Abr/Ago	-3	-4	-4	-4	-1	1	5	7	9	-8
	May/Jul	0	0	0	0	2	2	5	6	7	-2
	Jun	2	1	2	1	3	3	4	5	6	1

Reproducido con permiso del 1979 ASHRAE Load Calculations Manual



Tabla 55. Diferencias de conducción de carga de enfriamiento a través de un vidrio

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

Reproducido con permiso del 1985 Fundamentals, ASHRAE Handbook Product Directory.

Tabla 56. Radiación solar a través de vidrio factores de ganancia máxima de calor solar para vidrio

0 Grados											16 Grados										
	NNE/ NE/ ENE/ E/ ESE/ SE/ SEE/								S	HOR	NNE/ NE/ ENE/ E/ ESE/ SE/ SEE/								S	HOR	
	N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW			N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW			
En.	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296	30	30	55	147	21	244	251	223	199	248	
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275	
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291	
Abr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284	39	99	172	216	227	204	150	77	45	289	
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282	
Jun.	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277	
Jul.	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277	
Agos.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282	
Sept.	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282	
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270	
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246	
Dic.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288	29	29	41	132	198	241	254	233	212	234	

8 Grados											24 Grados										
	NNE/ NE/ ENE/ E/ ESE/ SE/ SEE/								S	HOR	NNE/ NE/ ENE/ E/ ESE/ SE/ SEE/								S	HOR	
	N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW			N	NNW	NW	WNW	W	WSW	SW	SSW			
En.	32	32	71	163	224	250	242	203	162	275	27	27	41	128	190	240	253	241	227	214	
Feb.	34	34	114	193	239	248	219	165	110	294	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249	
Mar.	37	67	156	215	241	230	184	110	55	300	34	45	124	195	234	237	214	168	137	275	
Abr.	44	117	184	221	225	195	134	53	39	285	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283	
May	74	146	198	220	209	167	97	39	38	277	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282	
Jun.	90	155	200	217	200	141	82	39	39	269	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279	
Jul.	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278	
Agos.	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277	
Sept.	38	66	149	205	230	219	176	107	56	290	35	42	119	185	222	225	206	163	134	266	
Oct.	35	35	112	187	231	239	211	160	108	288	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244	
Nov.	33	33	71	161	220	245	233	200	160	273	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213	
Dic.	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265	26	26	29	112	180	234	247	247	237	199	

**Tabla 57.** Coeficientes de sombreado para vidrio con o sin sombreado interior por persianas venecianas enrollables

	Tipo de vidrio	Espesor nominal de cada vidrio claro <sup>a</sup>	Transmisión solar <sup>b</sup>	Sin sombreado interior		Tipo de sombreado interior				
						Persianas venecianas		Persianas enrollables		
						Medio	Claro	Opacas	Translúcidas	Claro
				$h_s = 4.9$						
VIDRIO SENCILLO	Sencillo									
	Claro	3/32 a 1/4	0.87-0.80	1.00						
	Claro	1/4 a 1/2	0.80-0.71	0.94						
	Claro	3/8	0.72	0.90	0.64	0.55	0.59	0.25	0.39	
	Claro	1/2	0.67	0.87						
	Claro con figuras	1/8 a 9/32	0.87-0.79	0.83						
	Absorbente de calor, con figuras <sup>c</sup>	1/8		0.83						
	Absorbente de calor <sup>c</sup>	3/16 a 1/4	0.46	0.69						
	Absorbente de calor, con figuras	3/16 a 1/4		0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36	
	Coloreado	1/8 a 7/32	0.59-0.45	0.69						
	Absorbente de calor, o con figuras		0.44-0.30	0.60	0.54	0.52	0.40	0.28	0.32	
	Absorbente de calor <sup>c</sup>	3/8	0.34	0.60						
	Absorbente de calor, o con figuras	1/2	0.44-0.30	0.53	0.42	0.40	0.36	0.28	0.31	
	Vidrio recubierto reflector			0.30	0.25	0.23				
			0.40	0.33	0.29					
			0.50	0.42	0.38					
			0.60	0.50	0.44					
VIDRIO AISLANTE	Doble <sup>d</sup>									
	Claro afuera	3/32, 1/8	0.71 <sup>e</sup>	0.88	0.57	0.51	0.60	0.25	0.37	
	Claro adentro									
	Claro afuera	1/4	0.61 <sup>e</sup>	0.81						
	Claro adentro									
	Absorbente de calor afuera	1/4	0.36 <sup>e</sup>	0.55						
	Claro adentro				0.39	0.36	0.40	0.22	0.30	
Vidrio recubierto reflector			0.20	0.19	0.18					
			0.30	0.27	0.26					
			0.40	0.34	0.33					
Triple	Claro	1/4		0.71						
	Claro	1/8		0.80						
	Claro									

Reproducido con permiso del 1985 *Fundamentals*, ASHRAE Handbook & Product Directory

**Tabla 58.** Cambios de aire por hora que se presentan bajo condiciones promedio en residencias, excluyendo el aire de ventilación

Tipo de recinto	Vidrio sencillo sin cinta hermética	Guardaventana o con cinta hermética
Sin ventanas ni puertas exteriores	0.5	0.3
Puertas o ventanas exteriores de un lado	1	0.7
Puertas o ventanas exteriores en dos lados	1.5	1
Ventanas o puertas exteriores en tres lados	2	1.3
Vestibulos de entrada	2	1.3





Tabla 59. Continuación

Latitud norte.		Hora solar, h																							
Ventana hacia él	Construc- ción del recinto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
		N	L	0.07	0.05	0.04	0.04	0.05	0.70	0.65	0.65	0.74	0.81	0.87	0.91	0.91	0.88	0.84	0.77	0.80	0.92	0.27	0.19	0.15	0.12
	M	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.18	0.15	0.13	0.11	0.09
	H	0.09	0.09	0.08	0.07	0.09	0.75	0.67	0.66	0.74	0.80	0.86	0.89	0.88	0.85	0.80	0.73	0.76	0.88	0.23	0.17	0.14	0.13	0.11	0.10
NE	L	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.55	0.76	0.75	0.60	0.39	0.31	0.28	0.27	0.25	0.23	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02
	M	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
	H	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.57	0.77	0.74	0.58	0.36	0.28	0.26	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
E	L	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.45	0.71	0.80	0.77	0.64	0.43	0.29	0.25	0.23	0.20	0.17	0.14	0.10	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02
	M	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.80	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
	H	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.48	0.72	0.80	0.75	0.61	0.40	0.25	0.22	0.21	0.19	0.16	0.14	0.10	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
SE	L	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.29	0.56	0.74	0.82	0.81	0.70	0.52	0.35	0.30	0.26	0.22	0.18	0.13	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
	M	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.30	0.56	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
	H	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.31	0.57	0.74	0.81	0.79	0.67	0.48	0.31	0.27	0.23	0.20	0.17	0.13	0.07	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05
S	L	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.08	0.15	0.22	0.37	0.58	0.75	0.84	0.82	0.71	0.53	0.37	0.29	0.20	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04
	M	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.22	0.38	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.50	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
	H	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.11	0.17	0.24	0.39	0.59	0.75	0.82	0.79	0.67	0.49	0.33	0.26	0.18	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05
SW	L	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.06	0.10	0.13	0.16	0.18	0.22	0.38	0.59	0.76	0.84	0.83	0.72	0.48	0.18	0.13	0.11	0.08	0.07	0.06
	M	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.38	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
	H	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.08	0.12	0.15	0.18	0.20	0.23	0.39	0.59	0.75	0.82	0.80	0.68	0.43	0.14	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06
W	L	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.05	0.08	0.11	0.13	0.14	0.15	0.17	0.30	0.53	0.72	0.83	0.83	0.63	0.19	0.14	0.11	0.08	0.07	0.06
	M	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
	H	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.07	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.31	0.54	0.71	0.81	0.80	0.59	0.15	0.11	0.09	0.07	0.06	0.06
NW	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.06	0.10	0.13	0.16	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.83	0.71	0.19	0.13	0.10	0.08	0.07	0.05
	M	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12	0.09	0.08	0.07	0.06
	H	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.08	0.12	0.15	0.18	0.20	0.21	0.22	0.23	0.30	0.52	0.73	0.81	0.67	0.15	0.11	0.08	0.07	0.06	0.05
HORA	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.10	0.26	0.43	0.59	0.72	0.81	0.87	0.87	0.83	0.74	0.60	0.44	0.27	0.15	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
	H	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.13	0.29	0.45	0.60	0.72	0.81	0.85	0.84	0.79	0.70	0.56	0.40	0.23	0.13	0.11	0.09	0.08	0.08	0.07

L = Construcción ligera: Pared exterior de bastidores, losa de piso de concreto de 2 in, con aprox. 30 lb de material/ft<sup>2</sup> de piso.

M = Construcción media: Pared exterior de concreto de 4 in, losa de piso de concreto de 4 in, con aprox. 70 lb de material de construcción por ft<sup>2</sup> de piso.

H = Construcción pesada: Pared exterior de concreto de 6 in, losa de piso de concreto de 6 in, con aprox. 130 lb de material de construcción por ft<sup>2</sup> de piso.

Reproducido con permiso del 1985 Fundamentals, ASHRAE Handbook & Product Directory

Tabla 60. Tasa de ganancia de calor debida a los ocupantes del recinto acondicionado

Actividad	Aplicaciones típicas	Calor total por adulto masculino			calor total ajustado <sup>b</sup>			Calor sensible			Calor latente		
		Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h	Watts	Btuh	kcal/h
Sentado en reposo	Teatro, cine	115	400	100	100	350	90	60	210	55	40	140	30
Sentado, trabajo muy ligero, escritura	Oficinas, hoteles, apartamentos	140	480	120	120	420	105	65	230	55	55	190	50
Sentado, comiendo	Restaurante	150	520	130	170	580 <sup>c</sup>	145	75	255	60	95	325	80
Sentado, trabajo ligero, mecanografía	Oficinas, hoteles, apartamentos	185	640	160	150	510	130	75	255	60	75	255	65
Parado, trabajo ligero o camina despacio	Tiendas minoristas, bancos	235	800	200	185	640	160	90	315	80	95	325	80
Trabajo ligero de banco	Fábricas	255	880	220	230	780	195	100	345	90	130	435	110
Caminando 3 mph trabajo ligero	Fábricas	305	1040	260	305	1040	260	100	345	90	205	695	170
trabajo con máquinas pesadas	Fábricas	350	1200	300	280	960	240	100	345	90	180	615	150
Bolicho		350	1200	300	280	960	240	100	345	90	180	615	150
Baile moderado	Salón de baile	400	1360	340	375	1280	320	120	405	100	255	875	220
Trabajo pesado, trabajo con máquinas pesadas, levantar pesas	Fábricas	470	1600	400	470	1600	400	165	565	140	300	1035	260
Trabajo pesado, ejercicios atléticos	Gimnasios	585	2000	500	525	1800	450	185	635	160	340	1165	290

<sup>a</sup> Nota: Los valores de la tabla se basan en una temperatura de bulbo seco de 78°F. Para 80°F BS, el calor total queda igual, pero el valor del calor sensible se debe disminuir en aproximadamente 8% y los valores del calor latente se deben aumentar proporcionalmente.

<sup>b</sup> La ganancia total ajustada de calor se basa en el porcentaje normal de hombres, mujeres y niños en la aplicación que se menciona, bajo la hipótesis de que la ganancia por mujer adulta representa un 85% de la del hombre adulto, y la de un niño el 75%.

<sup>c</sup> Calor total ajustado para comer en un restaurant, que incluye 60 BTU/h del alimento por individuo (30 BTU sensibles y 30 BTU latentes).

<sup>d</sup> Para el bolicho, se considera una persona por pista tirando y las demás sentadas (400 BTU/h) o paradas y caminando lentamente (970 BTU/h)

Reproducido con permiso del 1985 *Fundamentals. ASHRAE Handbook & Product Directory.*



Tabla 61. Factores de calor sensible para cargas de enfriamiento debido a personas

	Horas totales en el recinto				Horas después de cada entrada al recinto																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
2	0.49	0.58	0.17	0.13	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.49	0.59	0.66	0.71	0.27	0.21	0.16	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01
6	0.50	0.60	0.67	0.72	0.76	0.79	0.34	0.26	0.21	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
8	0.51	0.61	0.67	0.72	0.76	0.80	0.82	0.84	0.38	0.30	0.25	0.21	0.18	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
10	0.53	0.62	0.69	0.74	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.42	0.34	0.28	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06
12	0.55	0.64	0.70	0.75	0.79	0.81	0.84	0.86	0.88	0.89	0.91	0.92	0.45	0.36	0.30	0.25	0.21	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.08
14	0.58	0.66	0.72	0.77	0.80	0.83	0.85	0.87	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.47	0.38	0.31	0.26	0.23	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11	0.11
16	0.62	0.70	0.75	0.79	0.82	0.85	0.87	0.88	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.95	0.96	0.49	0.39	0.33	0.28	0.24	0.20	0.18	0.16	0.16
18	0.66	0.74	0.79	0.82	0.85	0.87	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.50	0.40	0.33	0.28	0.24	0.21	0.21

Reproducido con permiso de 1985 Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory.

Tabla 62. Coeficiente global U de transferencia de calor para el vidrio (Btu/hr\*ft<sup>2</sup>\*°F)

Paneles verticales (ventanas exteriores, puertas corredizas de vidrio y particiones) Vidrio plano, tragaluz y lámina de plástico				Paneles horizontales — vidrio plano, tragaluz y domos de plástico			
Descripción	Invierno	Exterior Verano	Interior	Descripción	Invierno	Exterior Verano	Interior
Vidrio plano vidrio sencillo	1.10	1.04	0.73	Vidrio plano vidrio sencillo	1.23	0.83	0.96
vidrio aislante - doble espacio de aire de 1/4"*	0.58	0.61	0.49	vidrio aislante — doble espacio de aire de 1/4"*	0.85	0.54	0.59
espacio de aire de 1/2" espacio de aire de 1/2", recubrimiento de baja emisión <sup>†</sup>	0.49	0.56	0.46	espacio de aire de 1/2"*	0.59	0.49	0.56
e = 0.20	0.32	0.38	0.32	recubrimiento de baja emisión <sup>†</sup>	0.48	0.36	0.39
e = 0.40	0.38	0.45	0.38	e = 0.40	0.42	0.42	0.45
e = 0.60	0.43	0.51	0.42	e = 0.60	0.56	0.46	0.50
Vidrio aislante - triple <sup>‡</sup>				Tragaluz* 11 x 11 x 3 in espesor con divisor de cavidad	0.53	0.35	0.44
Espacio de aire de 1/4"*	0.39	0.44	0.38	12 x 12 x 4 in espesor con divisor de cavidad	0.51	0.34	0.42
espacio de aire de 1/2"*	0.31	0.39	0.30	Domos de plástico/ de pared sencilla	1.15	0.60	--
ventanas dobles espacio de aire de 1" a 4"*	0.50	0.50	0.44	de pared doble	0.70	0.46	--
Lámina de plástico sencilla				Factores de ajuste para paneles verticales y horizontales			
1/8" espesor	1.06	0.98	--		Vidrio sencillo	Vidrio doble o triple	Ventanas dobles
1/4" espesor	0.98	0.89	--	Descripción			
1/2" espesor	0.81	0.76	--	Ventanas Todas de vidrio	1.00	1.00	1.00
unidad aislante - doble				Marco de madera - 80% vidrio	0.90	0.95	0.90
espacio de aire de 1/4"*	0.55	0.56	--	Marco de madera - 60% vidrio	0.80	0.85	0.80
espacio de aire de 1/2"*	0.43	0.45	--	Marco de metal - 80% vidrio	1.00	1.20 <sup>‡</sup>	1.20 <sup>‡</sup>
Tragaluz*				Ventanas y puertas corredizas de vidrio	0.95	1.00	--
6 x 6 x 4 in espesor	0.60	0.57	0.46	Marco de madera	1.00	1.10 <sup>‡</sup>	--
8 x 8 x 4 in espesor	0.56	0.54	0.44	Marco de metal			
— con divisor del hueco	0.49	0.46	0.38				
12 x 12 x 4 in espesor	0.52	0.50	0.41				
— con divisor del hueco	0.44	0.42	0.36				
12 x 12 x 2 in espesor	0.60	0.57	0.46				



Tabla 63. Continuación

Descripción	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Resistencia (R)	
		Por pulgada	Por espesor nominal
<b>Tablas y losas</b>			
Vidrio celular	8.5	2.60	--
Fibra de vidrio aglomerada con sustancias orgánicas	4.8	4.00	--
Hule expandido	4.5	4.55	--
<b>Poliestireno expandido y estruido</b>			
Superficie celular	1.8	4.00	--
Poliestireno expandido y estruido			
Superficie lisa de piel (S, R-4.3)	2.2	5.00	--
Poliestireno expandido y estruido			
Superficie lisa de piel	2.5	5.25	--
Poliestireno expandido, perlas molibdeno	1.0	3.57	--
Pulvurano expandido (R-11 esp.)	1.5	6.25	--
Capas de 1 in. o mayores	2.5		
Fibra mineral con aglomerado de resina	15	3.45	--
<b>Tablero de fibra mineral, fuerte húmedo</b>			
Asiámetro de núcleo o de techo	15-17	2.54	--
Loseta acústica	18	2.85	--
Loseta acústica	21	3.70	--
<b>Tablero de fibra mineral, núcleo húmedo</b>			
Loseta acústica	23	3.38	--
<b>Tablero de fibra de madera o bagazo</b>			
Loseta acústica 0.5 in.	--	--	1.25
Loseta acústica 0.75 in.	--	--	1.85
Acabado superior fibrosa, lisa	15	2.40	--
Madera asilada (convertida en losas prefabricada)	22	1.07	--
<b>RELLENO SUELTO</b>			
Asiámetro celular tipo papel o pulpa de madera suelta	2.3 - 3.2	3.15-3.70	--
Aserrín o repuladuras de madera	6.0 - 15.0	2.22	--
Fibra de maderas suaves	2.0 - 3.5	3.33	--
Perla, expandida	5.0 - 8.0	2.70	--
Fibra mineral (roca, escoria o vidrio)			
aprox. 1.75 a 2 in.	0.6 - 2.0		11
aprox. 2.5 a 3.75 in.	0.6 - 2.0		19
aprox. 7.5 a 10 in.	0.6 - 2.0		22
aprox. 10.25 a 13.75 in.	0.6 - 2.0		30
Vermiculita en bloques 4.0 - 6.0	7.0 - 8.2	2.13	--
	2.27	--	--
<b>Asiámetro de techo</b>			
Preformado, para uso sobre cubierta			
Se consiguen diferentes asiámetros de techo en diferentes espesores para llegar a los valores C que se mencionan. Consultar con los fabricantes para conocer el espesor real de su material.			1.30
			8.33
<b>MATERIALES DE MAESTRÍA</b>			
Concreto	116	0.20	--
Mortero de cemento			
Concreto (con yeso y fibra: 67.5% de yeso y 12.5% de asfalta de madera)	51	0.60	--
Agregado de peso ligero, incluyendo gisano expandido, arena o grava normal, escoria expandida, cenizas, piedra pómez, vermiculita, también los concretos celulares	120	0.19	--
	100	0.28	--
	90	0.40	--
	80	0.59	--
	40	0.88	--
	30	1.11	--
	20	1.43	--
	40	1.08	--
perla, expandida	30	1.41	--
	20	2.00	--
De arena y grava o agregado de piedra (secado al horno)	140	0.11	--
De arena y grava o agregado de piedra (no secado)	140	0.08	--
Estuco	116	0.20	--



**Tabla 64** – Propiedades térmicas y números de códigos de las capas utilizadas en las descripciones de paredes y techos

Layer ID	Description	Thickness, in.	Conductivity, Btu·in/h·ft <sup>2</sup> ·°F	Density, lb/ft <sup>3</sup>	Specific Heat, Btu/lb·°F	Resistance R, ft <sup>2</sup> ·°F·h/Btu	Mass, lb/ft <sup>2</sup>	Thermal Capacity, Btu/ft <sup>2</sup> ·°F	Notes
F01	Outdoor surface resistance	—	—	—	—	0.25	—	—	1
F02	Indoor vertical surface resistance	—	—	—	—	0.68	—	—	2
F03	Indoor horizontal surface resistance	—	—	—	—	0.92	—	—	3
F04	Wall air space resistance	—	—	—	—	0.87	—	—	4
F05	Ceiling air space resistance	—	—	—	—	1.00	—	—	5
F06	EIFS finish	0.375	5.00	116.0	0.20	0.08	3.63	0.73	6
F07	1 in. stucco	1.000	5.00	116.0	0.20	0.20	9.67	1.93	6
F08	Metal surface	0.030	314.00	489.0	0.12	0.00	1.22	0.15	7
F09	Opaque spandrel glass	0.250	6.90	158.0	0.21	0.04	3.29	0.69	8
F10	1 in. stone	1.000	22.00	160.0	0.19	0.05	13.33	2.53	9
F11	Wood siding	0.500	0.62	37.0	0.28	0.81	1.54	0.43	10
F12	Asphalt shingles	0.125	0.28	70.0	0.30	0.44	0.73	0.22	
F13	Built-up roofing	0.375	1.13	70.0	0.35	0.33	2.19	0.77	
F14	Slate or tile	0.500	11.00	120.0	0.30	0.05	5.00	1.50	
F15	Wood shingles	0.250	0.27	37.0	0.31	0.94	0.77	0.24	
F16	Acoustic tile	0.750	0.42	23.0	0.14	1.79	1.44	0.20	11
F17	Carpet	0.500	0.41	18.0	0.33	1.23	0.75	0.25	12
F18	Terrazzo	1.000	12.50	160.0	0.19	0.08	13.33	2.53	13
G01	5/8 in. Gyp. Board	0.625	1.11	50.0	0.26	0.56	2.60	0.68	
G02	5/8 in. plywood	0.625	0.80	34.0	0.29	0.78	1.77	0.51	
G03	1/2 in. fiberboard sheathing	0.500	0.47	25.0	0.31	1.06	1.04	0.32	14
G04	1/2 in. wood	0.500	1.06	38.0	0.39	0.47	1.58	0.62	15
G05	1 in. wood	1.000	1.06	38.0	0.39	0.94	3.17	1.24	15
G06	2 in. wood	2.000	1.06	38.0	0.39	1.89	6.33	2.47	15
G07	4 in. wood	4.000	1.06	38.0	0.39	3.77	12.67	4.94	15
I01	R-5, 1 in. insulation board	1.000	0.20	2.7	0.29	5.00	0.23	0.07	16
I02	R-10, 2 in. insulation board	2.000	0.20	2.7	0.29	10.00	0.45	0.13	16
I03	R-15, 3 in. insulation board	3.000	0.20	2.7	0.29	15.00	0.68	0.20	16
I04	R-11, 3 1/2 in. batt insulation	3.520	0.32	1.2	0.23	11.00	0.35	0.08	17
I05	R-19, 6 1/4 in. batt insulation	6.080	0.32	1.2	0.23	19.00	0.61	0.14	17
I06	R-30, 9 1/2 in. batt insulation	9.600	0.32	1.2	0.23	30.00	0.96	0.22	17
M01	4 in. brick	4.000	6.20	120.0	0.19	0.65	40.00	7.60	18
M02	6 in. LW concrete block	6.000	3.39	32.0	0.21	1.77	16.00	3.36	19
M03	8 in. LW concrete block	8.000	3.44	29.0	0.21	2.33	19.33	4.06	20
M04	12 in. LW concrete block	12.000	4.92	32.0	0.21	2.44	32.00	6.72	21
M05	8 in. concrete block	8.000	7.72	50.0	0.22	1.04	33.33	7.33	22
M06	12 in. concrete block	12.000	9.72	50.0	0.22	1.23	50.00	11.00	23
M07	6 in. LW concrete block (filled)	6.000	1.98	32.0	0.21	3.03	16.00	3.36	24
M08	8 in. LW concrete block (filled)	8.000	1.80	29.0	0.21	4.44	19.33	4.06	25
M09	12 in. LW concrete block (filled)	12.000	2.04	32.0	0.21	5.88	32.00	6.72	26
M10	8 in. concrete block (filled)	8.000	5.00	50.0	0.22	1.60	33.33	7.33	27
M11	4 in. lightweight concrete	4.000	3.70	80.0	0.20	1.08	26.67	5.33	
M12	6 in. lightweight concrete	6.000	3.70	80.0	0.20	1.62	40.00	8.00	
M13	8 in. lightweight concrete	8.000	3.70	80.0	0.20	2.16	53.33	10.67	
M14	6 in. heavyweight concrete	6.000	13.50	140.0	0.22	0.44	70.00	15.05	
M15	8 in. heavyweight concrete	8.000	13.50	140.0	0.22	0.48	93.33	20.07	
M16	12 in. heavyweight concrete	12.000	13.50	140.0	0.22	0.89	140.0	30.10	
M17	2 in. LW concrete roof ballast	2.000	1.30	40	0.20	1.54	6.7	1.33	28

**FICHA DE PRODUCTO**  
CONTRIBUCIÓN A LA CERTIFICACIÓN  
EDIFICIO SUSTENTABLE (CES)  
[www.portalverdechilegbc.cl](http://www.portalverdechilegbc.cl)

Luis Cármaco  
Jefe Área Técnica  
Dirección: Agustinas 1357, piso 10 - Santiago, C  
Teléfono: 8003992000  
  
email: [lcarmaco@volcan.cl](mailto:lcarmaco@volcan.cl)  
<http://www.volcan.cl>  
  
Abril 2020

**VOLCANITA® ST – PLANCHA ESTÁNDAR, PARA SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS DE CIELOS Y TABIQUES**

Se fabrica en diferentes espesores, anchos y largos, con borde biselado o borde rebajado (para terminación con junta visible). Se utilizan para la conformación de tabiques divisorios, cielos, revestimiento de muros, etc. Las planchas se reconocen por su color de papel gris y su tape lateral azul-negro.



**Composición**  
Mezcla de yeso y aditivos especiales, revestido en ambas caras por cartón de alta resistencia.

**Presentación**

Categoría	Tipo	Borde	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	Peso (Kg/m <sup>2</sup> )	N° Planchas/paquete
Volcanita®	ST	BB/BR	8,0	1,20	2,40 / 3,00	6,5	70 unidades
	ST	BB/BR	10,0	1,20	2,40 / 3,00	7,5	70 unidades
	ST	BB/BR	12,5	1,20	2,40 / 3,00	9,5	50 unidades
	ST	BB/BR	15,0	1,20	2,40 / 3,00	12,0	40 unidades

**ST Estándar**  
BR: Borde Rebajado  
BB: Borde Biselado  
Nota: Se pueden fabricar planchas de largos especiales. Para mayor información consultar con el departamento técnico comercial. Los pesos informados son estimativos.

**Certificaciones**  
Cumple con Norma Chilena NCh 146/1/2 Of. 2000 "Planchas o placas de yeso-cartón – parte 1 – Requisitos".

**Usos**  
Tabiques, cielos rasos, muros cortafuegos, revestimientos interiores, y enchape muros.

**Propiedades ST 8 mm:**  
Resistencia Térmica (R): 0,033 (m<sup>2</sup>K/W)  
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 30 (W/m<sup>2</sup> K)  
Conductividad Térmica (A): 0,24 (W/mK), de acuerdo a la NCh 850 Of.83.

**Propiedades ST 10 mm:**  
Resistencia Térmica (R): 0,042 (m<sup>2</sup>K/W)  
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 24 (W/m<sup>2</sup> K)  
Conductividad Térmica (A): 0,24 (W/mK), de acuerdo a la NCh 850 Of.83.

**Propiedades ST 12,5 mm:**  
Resistencia Térmica (R): 0,052 (m<sup>2</sup>K/W)  
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 19 (W/m<sup>2</sup> K)  
Conductividad Térmica (A): 0,24 (W/mK), de acuerdo a la NCh 850 Of.83.

**Propiedades ST 15 mm:**  
Resistencia Térmica (R): 0,063 (m<sup>2</sup>K/W)  
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 16 (W/m<sup>2</sup> K)  
Conductividad Térmica (A): 0,24 (W/mK), de acuerdo a certificado 417.335-1 de IDIEM

**VOLCANITA® XR / XR-RH – PLANCHA EXTRA RESISTENTE, PARA SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS**

Diseñada para proyectos que solicitan una alta exigencia en cuanto al impacto, resistencia al fuego, comportamiento acústico y resistencia a la humedad. Es propia para la conformación de tabiques en zonas de alto tráfico de personas o de equipamiento, que se encuentran altamente exigidas a fuerzas de impacto, ya sea, de cuerpos pesados o elementos que provoquen puzonzamiento. Las planchas XR se reconocen por su cinta lateral amarillo-negro, mientras que las XR-RH se reconocen por su cinta lateral amarillo-verde.



**Composición**  
Mezcla de yeso bi-hidratado, reforzado con fibras y aditivos especiales, revestido en ambas caras por cartón de alta resistencia.

**Presentación**

Categoría	Tipo	Borde	Espesor (mm)	Ancho (m)	Largo (m)	Peso (Kg/m <sup>2</sup> )	N° Planchas/paquete
Volcanita®	XR	BR	12,5	1,20	2,40 / 3,00	12,5	50 unidades
	XR/RH	BR	12,5	1,20	2,40 / 3,00	12,5	50 unidades
	XR	BR	15,0	1,20	2,40 / 3,00	15,0	40 unidades
	XR/RH	BR	15,0	1,20	2,40 / 3,00	15,0	40 unidades

**XR Extra Resistente**  
XR-RH: Extra Resistente y Resistente a la Humedad  
BR: Borde Rebajado  
Nota: Se pueden fabricar planchas de largos especiales. Para mayor información consultar con el departamento técnico comercial. Los pesos informados son estimativos.

**Certificaciones**  
Cumple con Norma Chilena NCh 146/1/2 Of. 2000 "Planchas o placas de yeso-cartón – parte 1 – Requisitos".

**Usos**  
Volcanita® XR y XR-RH es un producto para tabiques altamente exigidos como espacios de circulación de hoteles, hospitales, colegios, universidades, industrias y toda edificación que exija altos estándares para su tabiquería interior. Se pueden conformar tabiques Volcanita® XR o XR-RH con Volcanita® ST, RH o RF.

**Propiedades XR 12,5 mm:**  
Resistencia Térmica (R): 0,040 (m<sup>2</sup>K/W)  
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 25 (W/m<sup>2</sup> K)  
Conductividad Térmica (A): 0,31 (W/mK), de acuerdo a la NCh 850 Of.83.

**Propiedades XR 15 mm:**  
Resistencia Térmica (R): 0,048 (m<sup>2</sup>K/W)  
Coeficiente de transmitancia térmica (U): 21 (W/m<sup>2</sup> K)  
Conductividad Térmica (A): 0,31 (W/mK), de acuerdo a la NCh 850 Of.83.

Las indicaciones de uso entregadas por Volcan están basadas en su experiencia y conocimiento. Los productos funcionarán siempre que se cumplan las condiciones de almacenamiento, manipulación y aplicación entregadas por el fabricante. Por lo tanto, Volcan no se hace responsable del mal funcionamiento de sus productos debido a su uso bajo condiciones diferentes a las indicadas en las instrucciones.

Para información técnica de instalación, almacenamiento, fichas de seguridad, certificaciones, etc de cada producto consulte al proveedor en [www.volcan.cl](http://www.volcan.cl) o asistencia técnica 800 399 2000.

Figura 25. Ficha de Producto, plancha estándar, para soluciones constructivas de cielos y tabiques



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD TECNOLÓGICA DE LA INDUSTRIA

"Rediseño de un sistema de climatización en las instalaciones del Edificio de Operaciones de Momotombo Power Company en base al análisis energético"



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES  
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA

RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación:	LEON (AEROP.GODOY) /						Código:	64043						
Departamento:	LEON						Municipio:	LEON						
Latitud:	12°25'36"						Longitud:	86°54'48"						
Años:	2020						Elevación:	60 msnm						
Parámetro:	Temperatura Máxima (°C)						Tipo:	HMP						
Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media	
1	33.4	34.6	36.8	36.5	36.6	26.8	32.4	33.0	31.8	30.9	32.4	32.0	33.1	
2	32.0	37.1	34.6	36.1	37.4	30.4	31.6	33.6	30.4	30.9	31.6	31.9	33.1	
3	33.4	35.4	35.6	36.6	36.9	32.5	31.7	33.1	31.6	29.9	27.8	32.4	33.1	
4	35.0	34.6	36.3	36.5	37.5	30.4	34.0	34.8	32.1	30.5	27.7	31.8	33.4	
5	35.4	35.2	35.6	37.8	36.4	30.4	33.4	33.6	33.2	31.0	25.0	31.8	33.2	
6	32.7	35.0	38.4	37.6	38.6	32.6	33.5	33.4	31.9	30.9	26.7	31.5	33.6	
7	34.1	34.6	38.5	38.0	38.0	32.5	33.1	33.4	31.9	29.6	29.1	32.4	33.8	
8	34.2	35.6	35.4	37.6	38.4	34.1	33.6	34.4	30.8	30.5	26.6	31.7	33.6	
9	33.3	35.0	33.4	37.7	37.8	32.9	33.6	34.3	31.6	30.6	30.0	31.6	33.5	
10	34.4	33.8	37.5	36.2	36.4	32.0	32.4	32.0	33.0	32.6	30.9	32.1	33.6	
11	33.8	36.0	36.0	36.8	36.6	32.8	33.6	33.8	33.3	33.1	30.4	31.0	33.9	
12	34.4	35.4	36.3	38.1	36.2	33.1	33.8	34.1	30.4	32.0	31.6	32.0	34.0	
13	34.3	34.9	36.5	36.6	35.2	31.7	32.9	33.8	31.6	32.2	32.1	31.5	33.6	
14	33.6	35.0	35.2	38.0	33.6	30.8	33.4	32.4	31.0	31.6	31.8	32.0	33.2	
15	34.0	35.6	36.8	37.7	36.6	31.8	30.6	28.5	32.0	32.6	32.5	32.3	33.4	
16	34.4	35.6	36.4	38.0	36.1	33.3	34.6	33.4	33.0	32.6	30.8	31.5	34.1	
17	34.2	35.6	37.0	38.6	36.5	32.8	34.6	33.1	31.6	32.7	25.5	33.2	33.8	
18	34.7	36.1	36.9	38.2	36.6	33.0	35.0	34.5	30.4	33.6	28.0	32.9	34.2	
19	34.4	36.0	35.4	37.9	35.3	33.6	34.4	31.6	33.0	32.0	31.6	31.5	33.9	
20	35.2	37.0	35.6	36.6	33.0	34.4	33.6	31.6	32.1	30.4	31.5	32.6	33.6	
21	35.0	37.0	37.1	35.0	33.8	32.1	33.4	27.2	32.8	28.6	32.3	32.5	33.1	
22	33.0	36.0	36.4	35.1	34.5	32.9	33.4	26.6	32.8	31.4	32.4	32.8	33.1	
23	33.2	36.0	36.6	37.7	32.8	34.4	33.8	28.9	32.4	30.7	32.4	32.6	33.5	
24	33.2	35.0	36.0	37.7	33.8	34.0	35.2	27.9	30.8	31.0	32.5	32.8	33.3	
25	34.0	34.2	36.6	37.8	33.6	33.5	33.1	31.2	30.4	28.6	32.0	33.0	33.2	
26	33.4	35.5	36.0	38.6	34.6	34.4	33.3	29.9	32.4	30.3	30.9	30.6	33.3	
27	33.6	36.1	36.4	38.6	31.4	32.0	31.9	29.6	32.6	29.6	32.0	31.5	32.9	
28	32.9	35.2	36.6	38.8	32.7	32.5	33.0	31.6	32.6	32.3	31.7	32.1	33.5	
29	33.6	-	36.0	39.4	29.4	32.8	33.9	33.0	33.0	32.6	32.2	31.8	33.4	
30	33.6	-	36.5	38.6	27.6	32.9	36.0	32.8	31.6	32.0	32.1	31.6	33.2	
31	34.0	-	36.8	-	27.4	-	35.7	33.0	-	31.6	-	31.0	32.8	
<b>Suma</b>	<b>1050.4</b>	<b>993.1</b>	<b>1125.2</b>	<b>1124.4</b>	<b>1081.3</b>	<b>973.4</b>	<b>1038.5</b>	<b>994.1</b>	<b>958.1</b>	<b>968.9</b>	<b>914.1</b>	<b>992.0</b>	<b>1037.0</b>	
<b>Media</b>	<b>33.9</b>	<b>35.5</b>	<b>36.3</b>	<b>37.5</b>	<b>34.9</b>	<b>32.4</b>	<b>33.5</b>	<b>32.1</b>	<b>31.9</b>	<b>31.3</b>	<b>30.5</b>	<b>32.0</b>	<b>33.5</b>	
<b>Max</b>	<b>35.4</b>	<b>37.1</b>	<b>38.5</b>	<b>39.4</b>	<b>38.6</b>	<b>34.4</b>	<b>36.0</b>	<b>34.8</b>	<b>33.3</b>	<b>33.6</b>	<b>32.5</b>	<b>33.2</b>	<b>34.2</b>	
<b>Min</b>	<b>32.0</b>	<b>33.8</b>	<b>33.4</b>	<b>35.0</b>	<b>27.4</b>	<b>26.8</b>	<b>30.6</b>	<b>26.6</b>	<b>30.4</b>	<b>28.6</b>	<b>25.0</b>	<b>30.6</b>	<b>32.8</b>	





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD TECNOLÓGICA DE LA INDUSTRIA

"Rediseño de un sistema de climatización en las instalaciones del Edificio de Operaciones de Momotombo Power Company en base al análisis energético"



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES  
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA

RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación: LEON (AEROP.GODOY) /  
Departamento: LEON  
Latitud: 12°25'36"  
Años: 2020  
Parámetro: Humedad Relativa (%)

Código: 64043  
Municipio: LEON  
Longitud: 86°54'48"  
Elevación: 60 msnm  
Tipo: HMP

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1	69	75	60	70	69	98	76	84	91	91	90	81	80
2	74	54	65	78	56	90	85	87	92	94	91	83	79
3	78	59	62	66	61	83	90	87	90	94	95	84	79
4	63	66	71	70	60	90	86	87	93	92	93	86	80
5	64	67	63	65	68	91	83	83	90	95	97	82	79
6	73	70	62	53	71	90	81	86	90	93	97	86	79
7	62	76	61	53	66	85	83	80	91	95	93	83	77
8	58	63	62	51	58	83	84	76	95	90	96	82	75
9	68	60	66	60	77	88	82	79	91	91	94	80	78
10	62	69	60	69	79	88	88	82	91	87	90	82	79
11	66	60	63	62	77	88	81	77	89	88	91	81	77
12	63	59	59	63	80	80	75	73	93	88	90	84	76
13	56	68	58	71	79	87	77	79	91	90	90	78	77
14	62	60	58	67	81	87	82	90	93	91	90	81	79
15	60	53	54	61	78	86	82	93	90	89	89	83	77
16	56	53	50	46	76	82	69	89	90	88	90	86	73
17	63	52	53	42	78	88	75	88	92	89	97	79	75
18	52	53	51	52	80	88	76	85	93	89	95	73	74
19	58	57	52	58	83	76	83	91	89	93	90	78	76
20	62	55	54	68	85	75	83	91	86	94	88	80	77
21	61	57	56	69	84	91	85	98	87	95	85	77	79
22	61	61	56	70	83	79	88	98	90	93	86	78	79
23	74	65	52	64	83	81	82	97	90	92	89	79	79
24	68	69	59	66	83	83	79	96	93	92	86	85	80
25	71	69	56	68	83	72	83	93	93	96	90	75	79
26	76	75	55	58	83	70	84	94	88	93	88	85	79
27	78	73	57	48	89	78	90	94	88	93	85	81	80
28	76	63	60	50	91	83	84	91	89	89	77	82	78
29	80	-	57	58	92	85	80	85	88	89	84	78	80
30	80	-	57	65	94	76	79	88	92	90	85	85	81
31	67	-	59	-	97	-	80	86	-	91	-	86	81
<b>Suma</b>	<b>2061</b>	<b>1761</b>	<b>1808</b>	<b>1841</b>	<b>2424</b>	<b>2521</b>	<b>2535</b>	<b>2707</b>	<b>2718</b>	<b>2834</b>	<b>2701</b>	<b>2523</b>	<b>2417</b>
<b>Media</b>	<b>66</b>	<b>63</b>	<b>58</b>	<b>61</b>	<b>78</b>	<b>84</b>	<b>82</b>	<b>87</b>	<b>91</b>	<b>91</b>	<b>90</b>	<b>81</b>	<b>78</b>
<b>Max</b>	<b>80</b>	<b>76</b>	<b>71</b>	<b>78</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>90</b>	<b>98</b>	<b>95</b>	<b>96</b>	<b>97</b>	<b>86</b>	<b>81</b>
<b>Min</b>	<b>52</b>	<b>52</b>	<b>50</b>	<b>42</b>	<b>56</b>	<b>70</b>	<b>69</b>	<b>73</b>	<b>86</b>	<b>87</b>	<b>77</b>	<b>73</b>	<b>73</b>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD TECNOLÓGICA DE LA INDUSTRIA

"Rediseño de un sistema de climatización en las instalaciones del Edificio de Operaciones de Momotombo Power Company en base al análisis energético"

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES														
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA														
RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO														
Estación:	LEON (AEROP. GODOY) /						Código:	64043						
Departamento:	LEON						Municipio:	LEON						
Latitud:	12°25'36"						Longitud:	86°54'48"						
Años:	2020						Elevación:	60 msnm						
Parámetro	Bulbo Humedo (°C)						Tipo:	HMP						
Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media	
1	22.7	23.7	22.7	23.9	24.9	24.4	23.7	26.1	25.6	24.8	24.8	23.5	24.2	
2	23.4	21.2	23.5	23.5	24.0	25.1	24.3	26.1	25.6	24.6	25.3	24.1	24.2	
3	23.6	22.4	22.3	23.0	24.5	25.2	25.0	25.9	25.2	24.7	24.7	24.3	24.2	
4	22.1	22.9	23.8	23.8	23.9	24.7	25.3	25.3	24.5	25.0	23.5	24.7	24.1	
5	23.4	23.1	23.0	23.6	24.7	24.9	25.5	24.3	25.6	25.3	22.9	24.2	24.2	
6	23.5	22.7	23.5	22.9	25.8	25.5	25.6	24.2	25.2	25.4	23.8	23.6	24.3	
7	21.3	22.4	23.3	23.3	25.9	25.6	24.9	24.6	25.3	25.0	24.6	23.6	24.2	
8	21.2	22.0	23.6	23.4	24.7	26.2	25.3	25.1	24.9	24.5	23.9	23.5	24.0	
9	22.5	22.5	23.3	24.1	26.7	26.1	24.8	25.2	25.8	25.0	24.7	22.1	24.4	
10	22.7	23.5	23.3	24.1	26.4	25.9	24.4	25.1	25.8	25.8	24.7	21.7	24.5	
11	23.5	22.6	23.6	23.6	25.6	24.9	24.3	24.3	26.2	26.0	24.9	22.1	24.3	
12	23.2	23.1	23.0	24.5	26.2	24.6	24.0	24.3	25.2	24.3	25.3	23.2	24.2	
13	22.2	23.8	22.3	25.2	26.3	24.8	24.6	25.0	24.9	24.1	25.6	23.3	24.3	
14	22.6	22.6	22.7	25.2	26.1	24.8	25.0	25.6	25.2	24.9	25.5	22.9	24.4	
15	21.9	21.8	22.3	23.6	26.1	24.9	23.7	25.1	25.8	24.7	25.0	23.4	24.0	
16	21.5	22.2	21.4	21.8	25.9	24.9	23.7	24.8	26.5	25.1	24.7	24.0	23.9	
17	23.0	22.2	22.2	21.6	26.3	25.1	25.0	25.4	25.3	25.3	23.7	24.0	24.1	
18	22.0	22.5	22.2	22.3	26.2	26.4	24.8	24.7	25.2	24.9	23.2	23.0	24.0	
19	22.2	23.4	21.7	23.2	24.6	24.2	24.9	24.7	25.0	24.7	24.2	23.5	23.9	
20	22.3	22.6	22.2	23.8	25.5	25.3	25.4	25.0	25.2	24.8	24.7	23.4	24.2	
21	21.6	22.3	22.8	24.1	25.9	25.5	25.1	23.8	26.3	24.8	25.0	23.1	24.2	
22	20.4	22.6	22.1	24.3	25.4	24.8	24.4	23.3	26.4	25.3	24.9	23.1	23.9	
23	22.3	23.3	22.1	24.1	25.4	25.7	25.1	23.4	26.0	25.7	24.7	23.1	24.2	
24	22.6	22.6	23.0	24.4	26.3	26.2	25.1	24.5	25.6	25.3	25.4	23.5	24.5	
25	21.9	23.3	22.5	24.7	26.0	24.3	25.2	24.6	25.1	24.7	24.5	22.7	24.1	
26	21.9	24.1	22.6	23.2	26.3	23.8	24.8	24.2	25.5	24.8	24.1	22.8	24.0	
27	22.1	24.3	23.1	22.8	24.1	23.9	24.4	24.7	24.9	24.9	24.2	22.3	23.8	
28	22.6	23.2	22.9	23.6	24.2	24.2	24.3	25.4	24.3	25.6	23.4	22.1	23.8	
29	23.7	22.7	22.8	24.2	24.0	24.7	24.9	25.1	24.7	25.5	23.7	21.7	24.0	
30	23.9	-	23.2	24.4	24.1	24.5	25.4	25.1	24.2	24.7	24.0	23.5	24.3	
31	21.9	-	23.0	-	24.2	-	25.8	25.0	-	24.4	-	23.8	24.0	
<b>Suma</b>	<b>695.7</b>	<b>661.6</b>	<b>706.0</b>	<b>710.2</b>	<b>786.2</b>	<b>751.1</b>	<b>768.7</b>	<b>769.9</b>	<b>761.0</b>	<b>774.6</b>	<b>733.6</b>	<b>719.8</b>	<b>748.6</b>	
<b>Media</b>	<b>22.4</b>	<b>22.8</b>	<b>22.8</b>	<b>23.7</b>	<b>25.4</b>	<b>25.0</b>	<b>24.8</b>	<b>24.8</b>	<b>25.4</b>	<b>25.0</b>	<b>24.5</b>	<b>23.2</b>	<b>24.1</b>	
<b>Max</b>	<b>23.9</b>	<b>24.3</b>	<b>23.8</b>	<b>25.2</b>	<b>26.7</b>	<b>26.4</b>	<b>25.8</b>	<b>26.1</b>	<b>26.5</b>	<b>26.0</b>	<b>25.6</b>	<b>24.7</b>	<b>24.5</b>	
<b>Min</b>	<b>20.4</b>	<b>21.2</b>	<b>21.4</b>	<b>21.6</b>	<b>23.9</b>	<b>23.8</b>	<b>23.7</b>	<b>23.3</b>	<b>24.2</b>	<b>24.1</b>	<b>22.9</b>	<b>21.7</b>	<b>23.8</b>	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD TECNOLÓGICA DE LA INDUSTRIA

"Rediseño de un sistema de climatización en las instalaciones del Edificio de Operaciones de Momotombo Power Company en base al análisis energético"



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES  
 DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA

RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación: LEON (AEROP.GODOY) /  
 Departamento: LEON  
 Latitud: 12°25'36"  
 Años: 2020  
 Parámetro: Temperatura Mínima (°C)

Código: 64043  
 Municipio: LEON  
 Longitud: 86°54'48"  
 Elevación: 60 msnm  
 Tipo: HMP

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1	20.6	20.9	21.4	23.2	25.4	22.9	23.6	24.6	22.6	21.7	22.2	20.9	22.5
2	21.2	20.7	21.8	22.9	26.1	23.2	23.0	24.0	23.6	23.0	23.8	20.8	22.8
3	21.3	22.0	20.2	23.6	25.9	24.1	22.5	23.5	22.6	22.4	22.6	22.0	22.7
4	21.6	21.2	22.6	22.8	26.0	24.0	23.6	23.1	22.6	22.9	22.4	23.2	23.0
5	23.0	21.7	21.0	24.4	25.6	23.4	23.2	23.1	22.9	23.9	21.6	22.0	23.0
6	23.7	22.1	22.4	24.3	25.6	23.7	24.7	22.8	22.6	23.4	22.4	21.2	23.2
7	20.6	19.2	23.4	22.9	26.6	23.7	22.7	22.8	22.7	23.3	23.2	20.4	22.6
8	22.4	20.1	24.8	25.5	26.7	24.6	23.0	23.1	22.4	22.2	23.2	21.1	23.3
9	19.7	22.4	23.1	25.5	26.8	24.8	23.0	24.6	22.4	23.2	23.6	19.0	23.2
10	22.6	20.9	23.6	24.0	26.6	23.3	23.4	23.2	22.4	23.6	23.5	18.2	22.9
11	24.6	23.1	23.6	23.7	23.3	23.0	20.4	22.2	24.0	23.0	23.4	18.0	22.7
12	23.8	25.4	23.7	24.6	23.4	22.7	22.6	21.9	23.2	22.4	22.9	19.2	23.0
13	25.2	20.4	23.1	25.6	25.6	23.3	23.9	22.0	22.6	21.8	23.4	21.8	23.2
14	25.0	23.4	23.4	26.6	25.6	22.4	22.0	23.2	23.6	22.1	23.6	18.6	23.3
15	23.8	22.7	24.6	24.6	25.6	24.0	23.6	24.7	23.4	21.6	22.7	20.9	23.5
16	22.6	25.6	24.1	24.7	26.4	23.3	22.1	23.9	23.8	22.2	22.2	20.6	23.5
17	23.6	24.9	22.8	25.4	26.3	22.2	22.6	22.6	22.7	22.0	22.1	21.9	23.3
18	26.3	24.7	25.2	24.1	22.1	23.8	23.4	23.1	23.2	21.3	21.5	20.7	23.3
19	22.9	23.0	23.6	25.6	21.8	21.9	23.0	22.4	22.1	22.8	20.3	23.3	22.7
20	21.6	24.4	22.9	24.3	23.7	24.4	22.2	22.1	22.0	23.2	22.4	20.4	22.8
21	21.1	23.2	22.9	23.4	23.9	23.7	22.9	23.4	23.6	23.0	23.2	21.5	23.0
22	19.4	21.2	22.5	24.6	23.7	24.6	22.6	22.0	24.0	23.1	22.4	19.7	22.5
23	20.0	23.3	24.6	24.6	23.3	23.6	22.4	20.2	23.5	23.1	22.4	18.1	22.4
24	20.3	22.6	23.2	25.7	24.6	23.8	22.7	22.7	23.4	23.4	23.0	20.6	23.0
25	20.2	19.8	23.9	25.3	25.0	24.6	23.7	21.6	23.2	23.1	23.0	19.6	22.8
26	18.6	22.4	24.6	22.7	23.6	23.4	23.0	22.6	22.6	22.5	21.4	19.6	22.3
27	18.3	23.0	22.9	25.7	22.6	22.6	22.4	23.0	22.6	22.4	21.6	18.6	22.1
28	20.2	24.2	24.1	26.1	22.8	22.7	22.1	22.6	21.1	22.6	22.9	18.5	22.5
29	21.6	-	23.1	25.6	22.6	23.4	23.2	22.7	21.9	23.6	20.1	17.6	22.3
30	22.1	-	24.5	25.9	22.6	23.4	23.4	23.4	21.6	21.6	21.4	21.6	22.9
31	20.6	-	24.6	-	22.8	-	23.9	21.2	-	22.4	-	22.4	22.6
<b>Suma</b>	<b>678.5</b>	<b>628.5</b>	<b>722.2</b>	<b>737.9</b>	<b>762.6</b>	<b>704.5</b>	<b>710.8</b>	<b>708.3</b>	<b>684.9</b>	<b>702.8</b>	<b>674.4</b>	<b>632.0</b>	<b>708.8</b>
<b>Media</b>	<b>21.9</b>	<b>22.4</b>	<b>23.3</b>	<b>24.6</b>	<b>24.6</b>	<b>23.5</b>	<b>22.9</b>	<b>22.8</b>	<b>22.8</b>	<b>22.7</b>	<b>22.5</b>	<b>20.4</b>	<b>22.9</b>
<b>Max</b>	<b>26.3</b>	<b>25.6</b>	<b>25.2</b>	<b>26.6</b>	<b>26.8</b>	<b>24.8</b>	<b>24.7</b>	<b>24.7</b>	<b>24.0</b>	<b>23.9</b>	<b>23.8</b>	<b>23.3</b>	<b>23.5</b>
<b>Min</b>	<b>18.3</b>	<b>19.2</b>	<b>20.2</b>	<b>22.7</b>	<b>21.8</b>	<b>21.9</b>	<b>20.4</b>	<b>20.2</b>	<b>21.1</b>	<b>21.3</b>	<b>20.1</b>	<b>17.6</b>	<b>22.1</b>

	Renovaciones por hora
Iglesias	1 - 4
Habitaciones de viviendas	3 - 5
Oficinas y despachos	5 - 8
Salas de conferencias, aulas y escuelas	4 - 10
Restaurantes, casinos y comedores	5 - 10
Comercios en general	6 - 10
Cuartos de baño y guardarropas	8 - 10
Salas de acumuladores	8 - 15
Supermercados	8 - 15
Cafés y bares	10 - 12
Salas de espectáculos y baile	10 - 15
Clinicas, hospitales y laboratorios	6 - 10
Clinicas de cirugía y quirófanos	10 - 20
Sanitarios públicos	15 - 20
Salas de enfermos infecciosos	20 - 40
Sótanos y almacenaje	6 - 12
Sótanos de estacionamiento	10 - 15
Cuartos de basura	10 - 20
Cocinas, reposterías y pastelerías	10 - 20
Panaderías	20 - 30
Talleres, fábricas y almacenes	6 - 12
Manufacturas, textiles y del papel	10 - 20
Salas de copias y fotografía	12 - 20
Fábricas de productos insalubres	12 - 25
Tintorerías, lavanderías y salas de máquinas	15 - 20
Centrales eléctricas	15 - 30

Figura 26. Número de renovaciones de aire por hora (CFM)

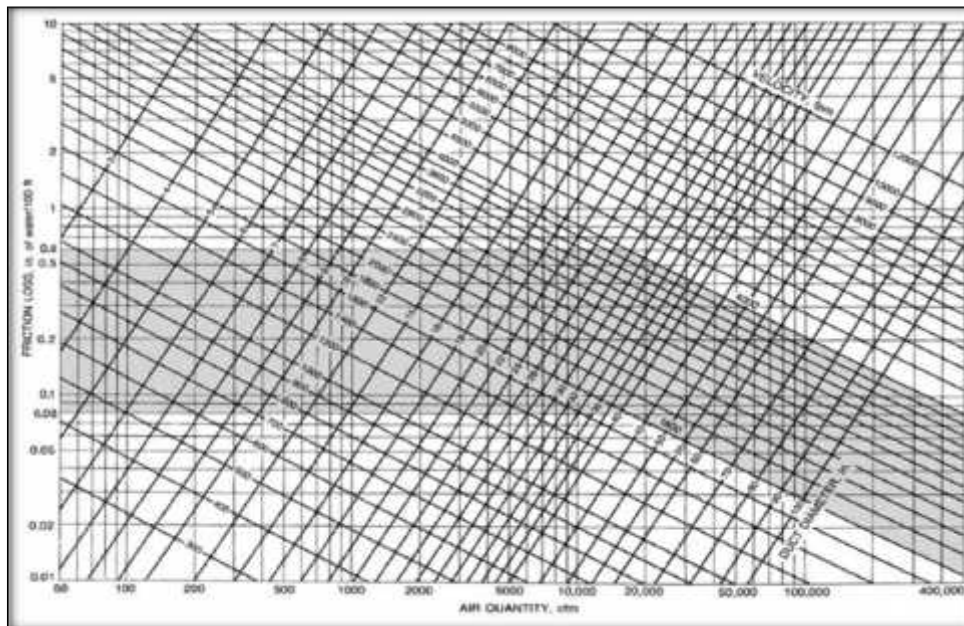


Figura 27. Pérdidas por fricción para flujo de aire en ductos redondos de lámina galvanizada

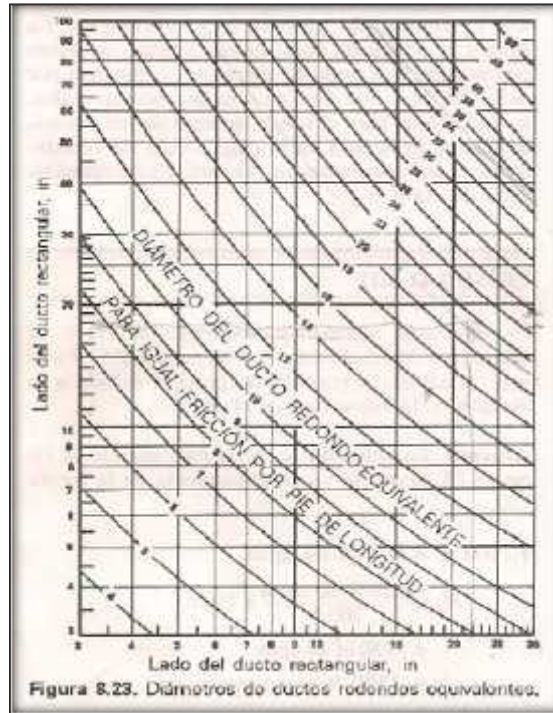


Figura 28. Diámetros de ductos redondos equivalentes



Figura 29. Nomenclatura de las paredes del Edificio de Operaciones

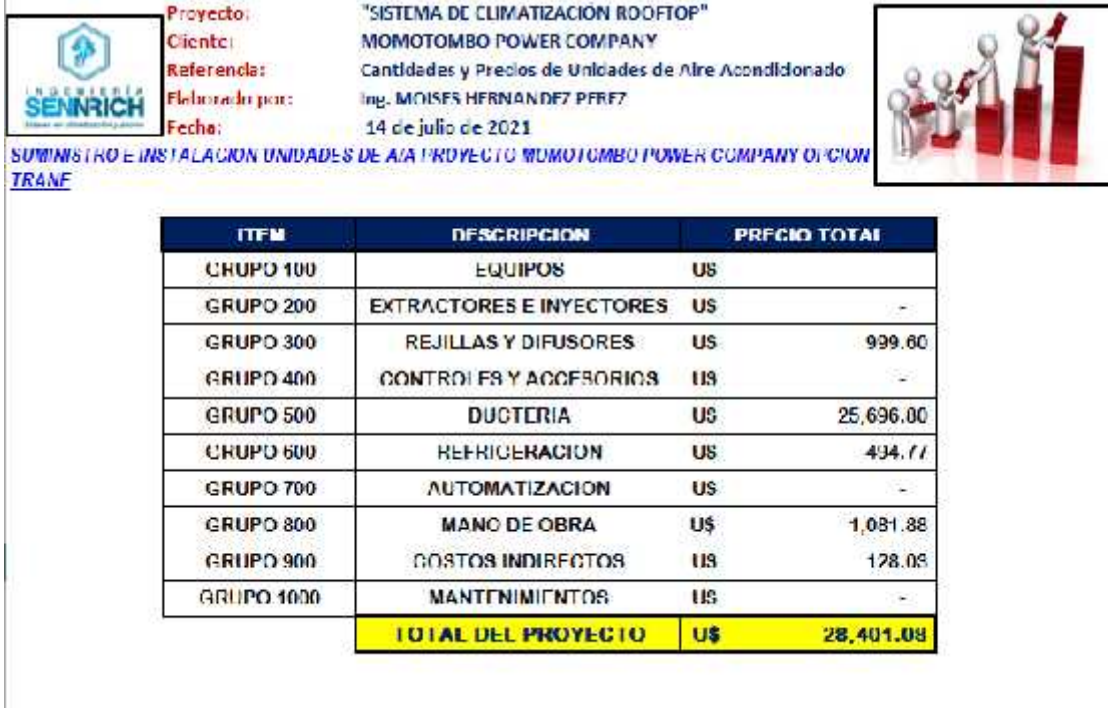


Fig. 30. Resumen de costos de Materiales e instalación de ductería

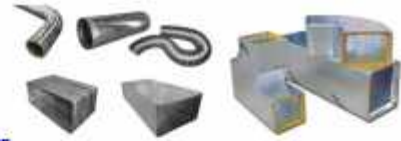


Figura 31. Costo de rejillas y difusores

"Rediseño de un sistema de climatización en las instalaciones del Edificio de Operaciones de Momotombo Power Company en base al análisis energético"



**Proyecto:** "SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN ROOFTOP"  
**Cliente:** MOMOTOMBO POWER COMPANY  
**Referencia:** Cantidades y Precios de Unidades de Aire Acondicionado  
**Elaborado por:** Ing. MOISES HERNANDEZ PEREZ  
**Fecha:** 14 de julio de 2021  
**Designación:** GRUPO 500 DUCTERIA Y/O SOPORTERIA



BRUNN 9 0000000

28.5

**SUMINISTRO E INSTALACION UNIDADES DE A/A PROYECTO MOMOTOMBO POWER COMPANY OPCION TRANE**

MATERIALES DUCTERIA						
DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	PRECIO CORDOBAS	PRECIO DOLARES	PRECIO TOTAL	
Laminas Galvanizada Calibre # 22 de 4' x 8' C-90	Lamina	106	C\$ 1,200.00	U\$ 42.11	U\$ 4,463.16	
Laminas Galvanizada Calibre # 20 de 4' x 8' C-90	Lamina	13	C\$ 1,310.00	U\$ 45.96	U\$ 597.54	
Laminas Galvanizada Calibre # 22 de 4' x 8' C-70	Lamina	106.0	C\$ 890.00	U\$ 24.21	U\$ 2,566.32	
Laminas Galvanizada Calibre # 20 de 4' x 8' C-70	Lamina	13.0	C\$ 800.00	U\$ 28.07	U\$ 364.91	
LAMINA ACERO INOXIDABLE 304 #22 4' x 8'	Lamina	106.0	C\$ 2,597.00	U\$ 91.12	U\$ 9,659.02	
LAMINA ACERO INOXIDABLE 304 #20 4' x 8'	Lamina	13.0	C\$ 2,700.00	U\$ 94.74	U\$ 1,231.58	
Pegamento de Contacto KLEBE	Galon	85.0	C\$ 480.00	U\$ 16.84	U\$ 1,431.58	
Sellador Mastik # 8	Galon	63.0	C\$ 764.08	U\$ 26.81	U\$ 1,689.02	
Cinta de Aluminio 2 x 50yds QTA-250 Normal	Rollo	104.0	C\$ 150.00	U\$ 5.26	U\$ 547.37	
Fibra Flexible Externa de 1 1/2" de Espesor x 100ft de largo	Rollo 100ft	0.5	C\$ 2,715.00	U\$ 95.26	U\$ 47.63	
Fibra Rígida de 1" de Espesor de 4ft de Ancho x 10ft de largo	Lamina	11.0	C\$ 940.00	U\$ 32.98	U\$ 362.81	
Manguera Flexible de Ø 10" x 25ft de largo	Lance 25ft	1.0	C\$ 745.00	U\$ 26.14	U\$ 26.14	
Platina de 1" x 1/8" x 6 metros de largo	Unidad	306.0	C\$ 110.00	U\$ 3.86	U\$ 1,181.05	
Angular de 1" x 1" x 1/8" x 6 metros de largo	Unidad	1.0	C\$ 175.00	U\$ 6.14	U\$ 6.14	
Angular de 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8" x 6 metros de largo	Unidad	1.0	C\$ 257.00	U\$ 9.02	U\$ 9.02	
Brocha de 2"	Unidad	1.0	C\$ 24.00	U\$ 0.84	U\$ 0.84	
Varilla Roscada de 3/8" x 10ft de largo	Unidad	2.0	C\$ 130.00	U\$ 4.56	U\$ 9.12	
Tuerca Hexagonal / Arandela de 3/8"	Unidad	100.0	C\$ 5.50	U\$ 0.19	U\$ 19.30	
Diluyente	Galon	0.5	C\$ 300.00	U\$ 10.53	U\$ 5.26	
Pintura Anticorrosiva Negra	Galon	0.5	C\$ 480.00	U\$ 16.84	U\$ 8.42	
Golosos Punta de Broca de 3/8" x 1 1/2"	Unidad	100	C\$ 1.50	U\$ 0.05	U\$ 5.26	
Broca para Metal 5/32	Unidad	1	C\$ 85.00	U\$ 2.98	U\$ 2.98	
Broca para concreto 3/8"	Unidad	1	C\$ 120.00	U\$ 4.21	U\$ 4.21	
Fajas Plásticas 10"	Unidad	100	C\$ 1.50	U\$ 0.05	U\$ 5.26	
Jamba Lisa 21 Largo	Unidad	3	C\$ 280.00	U\$ 9.82	U\$ 29.47	
Jamba Cañuela 21 Largo	Unidad	6	C\$ 385.00	U\$ 13.51	U\$ 81.05	
Tubo Redondo 1/2 x 20" Largo	Unidad	1	C\$ 120.00	U\$ 4.21	U\$ 4.21	
Lija 120	Pie	12	C\$ 20.00	U\$ 0.70	U\$ 8.42	
Spray Acrílico	Pie	12	C\$ 85.00	U\$ 2.98	U\$ 35.79	
Ball Join y Bracket	Unidad	6	C\$ 130.00	U\$ 4.56	U\$ 27.37	
BISAGRA DE PIANO 1 1/16X72" US3 STAN (Código: 3615123000)	Unidad	1	C\$ 551.00	U\$ 19.33	U\$ 19.33	
Varilla Lisa de 1/4" x 6 metros de largo	Unidad	1	C\$ 40.00	U\$ 1.40	U\$ 1.40	
Golosos con arandela	Unidad	250	C\$ 1.50	U\$ 0.05	U\$ 13.16	
<b>TOTAL MANAGUA</b>					<b>U\$ 24,473.14</b>	
<b>SUB - TOTAL GRUPO 500</b>					<b>U\$ 24,473.14</b>	
<b>Margen Seguridad</b>				<b>5%</b>	<b>U\$ 25,696.80</b>	
<b>Margen Seguridad</b>					<b>U\$ 1,223.66</b>	

Figura 32. Costo de materiales

## CLÁUSULA SEGUNDA: ANTECEDENTES

2.1 Mediante Escritura Pública Numero Treinta y Ocho (38) de Contrato de Suministro y Compra de Energía suscrito el día treinta de abril del mil novecientos noventa y nueve; entre la Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL) representada por Edgar Quintana Romero y Ormat International Inc representada por el señor Amichai Yarimi; se regulo todo lo concerniente al suministro y compra de energía del campo geotérmico Momotombo el cual sería operado y administrado por la empresa Ormat International Inc. En dicho contrato se estableció que el comprador (ENEL) pagaría a favor de Ormat un precio o cargo unitario de US\$0.0458 por KWH con un ajuste anual del 3%. Se estableció que el plazo de duración de dicho contrato sería de quince años; los cuales se iniciarían a contabilizar a partir de la fecha inicial de servicios de la Planta por parte de Ormat; es decir, el mes de junio de 1999.

Figura 33. Contrato de suministro y compra de energía del campo geotérmico Momotombo entre MPC y Distribuidora de Electricidad del Norte, S.A.

SPECIFICATIONS		45.7 (13)	52.8 (15)	61.5 (17.5)	70.3 (20)	88 (25)
General Data						
	Nominal kW (Tons)					
	Model Number	LCH166H4B	LCH180H4B	LCH210H4B	LCH240H4B	LCH300S4B
	Efficiency Type	High	High	High	High	Standard
	Blower Type	Constant Air Volume CAV	Constant Air Volume CAV	Constant Air Volume CAV	Constant Air Volume CAV	Constant Air Volume CAV
Cooling Performance	Gross Cooling Capacity kW (Btu/h)	41.6 (142 000)	47.2 (161 000)	54.2 (185 000)	63.3 (216 000)	75.9 (259 000)
	<sup>1</sup> Net Cooling Capacity kW (Btu/h)	40.4 (138 000)	45.7 (156 000)	52.4 (179 000)	61.2 (209 000)	72.4 (247 000)
	AHRI Rated Air Flow L/s (cfm)	2456 (6200)	2595 (6500)	2890 (6126)	3020 (6400)	3896 (8250)
	Total Unit Power - kW	11.3	12.8	14.7	17.1	23.0
	<sup>1</sup> LLR (Btu/h/Watt)	12.2	12.2	12.2	12.2	10.7
	<sup>2</sup> IEBR (Btu/h/Watt)	13.6	13.5	13.0	13.2	10.9
Refrigerant Charge	Refrigerant Type	R-410A	R-410A	R-410A	R-410A	R-410A
	Circuit 1	4.31 kg (9 lbs. 0 oz.)	5.67 kg (12 lbs. 0 oz.)	5.90 kg (13 lbs. 0 oz.)	4.54 kg (10 lbs. 0 oz.)	4.70 kg (10 lbs. 0 oz.)
	Circuit 2	4.31 kg (9 lbs. 0 oz.)	5.67 kg (12 lbs. 0 oz.)	5.90 kg (13 lbs. 0 oz.)	4.54 kg (10 lbs. 0 oz.)	4.76 kg (10 lbs. 0 oz.)
	Circuit 3	4.31 kg (9 lbs. 0 oz.)	5.67 kg (12 lbs. 0 oz.)	5.90 kg (13 lbs. 0 oz.)	4.54 kg (10 lbs. 0 oz.)	4.70 kg (10 lbs. 0 oz.)
	Circuit 4	N/A	N/A	N/A	3.97 kg (8 lbs. 12 oz.)	4.31 kg (9 lbs. 8 oz.)
With Humiditrol®	Circuit 1	5.44 kg (12 lbs. 0 oz.)	6.50 kg (14 lbs. 0 oz.)	6.00 kg (13 lbs. 0 oz.)	5.44 kg (12 lbs. 0 oz.)	5.67 kg (12 lbs. 0 oz.)
	Circuit 2	5.44 kg (12 lbs. 0 oz.)	6.58 kg (14 lbs. 0 oz.)	6.80 kg (15 lbs. 0 oz.)	5.44 kg (12 lbs. 0 oz.)	5.67 kg (12 lbs. 0 oz.)
	Circuit 3	4.31 kg (9 lbs. 0 oz.)	5.67 kg (12 lbs. 0 oz.)	5.90 kg (13 lbs. 0 oz.)	4.54 kg (10 lbs. 0 oz.)	4.76 kg (10 lbs. 0 oz.)
	Circuit 4	N/A	N/A	N/A	3.97 kg (8 lbs. 12 oz.)	4.31 kg (9 lbs. 0 oz.)
	Electric Heat Available - See page 12		10.4, 20.8, 31.2, 41.6 kW			10.4, 20.8, 31.2, 41.6, 62.5 kW

Figura 34. Ficha técnica. Especificaciones de la unidad ya instalada.





<b>SPECIFICATIONS - 45 TON STANDARD EFFICIENCY</b>				
General Data		Nominal Tonnage	45 Ton	45 Ton
		Model No.	LCH540S4B	LCH540S4V
		Efficiency Type	Standard	Standard
		Blower Type	Constant Air Volume (CAV)	Variable Air Volume (VAV)
Cooling Performance	Cross Cooling Capacity - Btuh		554,000	540,000
	<sup>1</sup> Net Cooling Capacity - Btuh		525,000	520,000
	AHRI Rated Air Flow - cfm		15,000	15,000
	Total Unit Power - kW		52.5	52.0
	<sup>1</sup> EER (Btuh/Watt)		10.0	10.0
	<sup>2</sup> ICCR (Btuh/Watt)		10.5	11.7
		Refrigerant Type		R-410A
Refrigerant Charge Furnished	Circuit 1		30 lbs. 0 oz.	31 lbs. 0 oz.
	Circuit 2		30 lbs. 0 oz.	31 lbs. 0 oz.
	Circuit 3		30 lbs. 0 oz.	31 lbs. 0 oz.
	Circuit 4		30 lbs. 0 oz.	31 lbs. 0 oz.
Refrigerant Charge Furnished with Humiditrol Option	Circuit 1		33 lbs. 0 oz.	---
	Circuit 2		33 lbs. 0 oz.	---
	Circuit 3		30 lbs. 0 oz.	---
	Circuit 4		30 lbs. 0 oz.	---

Figura 35. Ficha técnica. Especificaciones de la unidad propuesta.



# PLANOS