



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

TITULO

Diseño de un sistema de climatización para la biblioteca, San Alberto Magno
Dominico de la Universidad Internacional Antonio Valdivieso (UNIAV), en la
ciudad de Rivas, en el año 2021.

AUTORES

Br. Li Amaru Espinoza Cerda.

Br. Rubén Edmundo Balmaceda Trujillo.

TUTOR

Ing. Donal Pérez Palma.

Managua, 09 de junio del 2021.



**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:

ESPINOZA CERDA LI AMARU

Carne: **2016-1010U** 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 quince días del mes de febrero del año dos mil veinte y uno.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad





**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:

BALMACEDA TRUJILLO RUBEN EDMUNDO

Carne: **2016-0843U** 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 quince días del mes de febrero del año dos mil veinte y uno.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad





Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Tecnología de la Industria
DECANATURA

Managua, 23 de noviembre de 2020

Brs. Li Amaru Espinoza Cerda

Rubén Edmundo Balmaceda Trujillo

Por este medio hago constar que el protocolo de su trabajo monográfico titulado **Diseño de un sistema de climatización para la biblioteca, San Alberto Magno Dominico de la Universidad Internacional Antonio Valdivieso (UNIAV), en la ciudad de Rivas, en el año 2021**, para obtener el título de **Ingeniero Mecánico** y que contará con el **Ing. Donal Pérez Palma** como tutor, ha sido aprobado por esta Decanatura.

Cordialmente,




MSc. Lester Antonio Artola Chavarria
Decano

Managua 19 de abril de 2021

MSc. Lester Artola Chavarria

Decano FTI.

Sus manos

Estimado Ing. Artola:

Reciba un cordial saludo de mi parte. El motivo de la presente es para hacer de su conocimiento que he acompañado la elaboración de la tesis titulada: "Diseño de un sistema de climatización para la biblioteca San Alberto Magno Dominicó de la Universidad Internacional Antonio de Valdivieso (UNIAV), en la ciudad de Rivas en el año 2021". El cual ha sido elaborado por los bachilleres:

- **Li Amaru Espinoza Cerda**
- **Rubén Edmundo Balmaceda Trujillo**

No omito manifestar que he revisado el documento y considero que cumple con los requisitos técnicos y académicos establecidos por nuestra Alma Mater, por lo que le solicito se someta a revisión por la comisión académica de nuestra facultad.

Sin más que agregar me despido deseándole éxito en sus labores.

Atentamente,


Ing. Donal Pérez Palma
Tutor.



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL ANTONIO DE VALDIVIESO

Rivas, dieciséis de abril 2021.

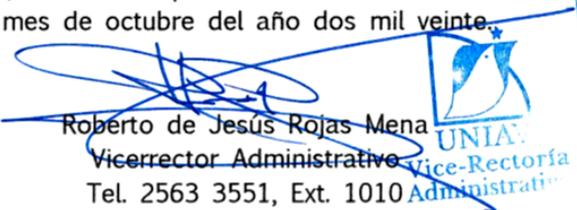
MSc. Glenda Velásquez Vargas
Vice Decana
F.T.I.
UNI

Estimada MSc. Velásquez.

Reciba cordiales saludos.

Los Brs. Li Amaru Espinoza Cerda identificado con cédula número: 561-020797-0001F y Rubén Edmundo Balmaceda Trujillo identificado con cédula número: 448-271094-0000E, han culminado su trabajo monográfico "Diseño de un sistema de climatización para la biblioteca, San Alberto Magno Dominico de la Universidad Internacional Antonio de Valdivieso (UNIAV) en la ciudad de Rivas, en el año 2021".

Sin más que referir. A solicitud de parte interesada y para los fines que estime conveniente, extendo la presente en la ciudad de Rivas, a los veintidós días del mes de octubre del año dos mil veinte.


Roberto de Jesús Rojas Mena
Vicerrector Administrativo Vice-Rectoría
Tel. 2563 3551, Ext. 1010 Administrati

 www.uniav.edu.ni
 info@uniav.edu.ni
 (+505) 2563 3551
 Policía Nacional 3c. oeste
Rivas, Nicaragua

AGRADECIMIENTOS.

En este momento final de mi preparación como profesional, tomo este pequeño espacio para expresar mi sentimiento de gratitud, primeramente, a Dios por darme la vida y la sabiduría para terminar mis estudios profesionales y derramar sus bendiciones y protegiéndome cada día desde que salgo de mi casa hasta que vuelvo llevándome sano y salvo a mi hogar al lado de seres querido y familiares.

A mis padres y familiares, que durante mi estudio me brindaron su apoyo y ejemplo han sido mi fuente principal de motivación para completar esta nueva etapa de mi vida, a ellos que tanto amor han puesto en mí y han sido mis mejores amigos les agradezco infinitamente.

Recuerdo también con admiración a todos esos docentes de la universidad que contribuyeron poco a poco en la construcción de mi aprendizaje y me han dado las herramientas para desarrollarme en el campo laboral. Gracias a ellos por la paciencia y dedicación.

A todos mis compañeros de clases con quienes hemos compartido momentos únicos y de aprendizaje, y en especial a aquellos que me acompañaron con especial afecto durante mis estudios profesionales.

Li Amaru Espinoza Cerda.

AGRADECIMIENTOS.

Consciente de que soy parte de una creación, le agradezco a Dios por darme la oportunidad de nacer, crecer y acompañarme en mi trayectoria académica, donde he luchado por formarme como profesional y ser una herramienta útil para el desarrollo social y económico de mi país.

Reconociendo el esfuerzo implacable de mi familia, quienes se despojaron de todo material para garantizar mi preparación profesional, ellos son grandes protagonistas de esta meta que está teniendo forma, bajo las limitaciones y dificultades tanto familiares como sociales, ellos siempre estuvieron firme animándome a lograrlo, como un modo de ejemplo tanto para mis hermanos menores como para los demás jóvenes de mi pueblo de origen.

A la Universidad Nacional de Ingeniería por dirigirme durante todo el proceso y darme espacio dentro de la gran familia UNI, donde se forja el carácter, la mente y el espíritu de los muchos profesionales que laboran en el país.

Le agradezco al docente tutor por haber acompañado y apoyado en el desarrollo de este estudio y garantizar que se cumpliera con todos los aspectos que debe tener un proyecto de culminación de estudio.

Rubén Edmundo Balmaceda Trujillo.

DEDICATORIA.

A mis padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy la culminación de mis estudios profesionales, gracias por inculcar en mí, el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades y salir victorioso de cada dificultad.

A mi hermana por su apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan y alentaban para terminar mis estudios y metas de manera exitosa.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Li Amaru Espinoza Cerda.

DEDICATORIA.

Con mucho orgullo, a mi papa, por ser la persona que me aclaró desde niño el camino que tenía que buscar si quería llegar a alcanzar ambiciones de vivir con más dignidad y donde el trabajo arduo fuese más recompensado que el que la vida campesina ofrece. Durante todo mi proceso de estudio siempre fue exigente con mi educación y aunque no hubiese condiciones reales para estudiar siempre se esforzó para resolver las necesidades más básicas que se aparecían durante todo el trascurso.

A mi madre, por que constantemente me hacía recordar todas las dificultades que habían pasado ellos por no haber tenido oportunidad de prepararse, y vivir en un entorno lleno de necesidades, pocas condiciones y peligro; ella pues fue mi fuerza, un motivo y razón más por las cuales luchar.

A mis hermanos porque siempre me apoyaban en todo lo que podían, y me han hecho sentir que tengo un compromiso real tanto con ellos, como con el resto de la familia ya que ellos siempre esperan lo mejor de mí.

Rubén Edmundo Balmaceda Trujillo.

RESUMEN.

En este estudio se encuentra el procedimiento detallado para la climatización de la biblioteca San Alberto Magno Dominicó de la Universidad Internacional Antonio De Valdivieso (UNIAV) de la Ciudad de Rivas. Este estudio se llevó a cabo por la necesidad de crear condiciones de confort térmico dentro de la biblioteca, donde los estudiantes de esta casa de estudios superiores la frecuentan como un espacio para su documentación y estudio, por lo tanto es importante que dicho espacio se encuentre a una temperatura y humedad relativa controlada tanto para el confort de los ocupantes como para la conservación de los libros y demás documentos que necesitan de una humedad adecuada en el ambiente para evitar su deterioro.

Como punto de partida se toma conocimiento de las características arquitectónicas del edificio, donde se hace una gira de campo para acceder a los datos más detallados del edificio, como: materiales de construcción, orientación geográfica, número máximo de ocupantes, equipos, iluminación, filtraciones, colores de paredes, datos de puertas y ventanas, entre otros que más adelante se detallan.

Seguidamente se hace el cálculo de carga de enfriamiento, para esto se solicita datos meteorológicos a INETER para la estación de Rivas, se recopilan mediciones de temperatura en algunas áreas específicas del edificio.

Luego se hace selección de equipos, para esto se cotizan marcas y precios en el mercado nacional, para brindar la opción más conveniente a los interesados.

Se propone un plan de instalación, para que cuando se instalen los equipos, cumplan con normas de eficiencia, seguridad, y su funcionalidad sea la prevista durante la ejecución de este estudio.

También se propone un plan de mantenimiento con la intención de que sus operarios puedan mantener las unidades operando dentro de los rangos seguros y eficientes estipulados por el fabricante y así explotar al máximo sus beneficios sin que la vida de estos termine prematuramente.

NOMENCLATURAS.

A: área

Ag: área de ventana.

Aw: área de pared.

BH: temperatura de bulbo húmedo

BTU: unidad térmica británica.

BS: temperatura de bulbo seco

CFM: factor de carga de enfriamiento.

Cs: coeficiente de sombreado.

DTCE: diferencia de temperatura para carga de enfriamiento.

DTCEc: diferencia de temperatura para carga de enfriamiento corregido.

°F: grados Fahrenheit.

f: Factor de corrección.

Fc: factor para corregir cada ganancia de calor sensible en el resino.

Fce: factor de carga de enfriamiento

FGSC: factor de ganancia de calor solar.

Ft²: pies cuadrados.

Fb: factor de balastro

HR: humedad relativa.

K: factor de corrección por calor de superficie.

K: conductancia de la unidad de longitud.

KVA: potencia activa.

KW: kilo watt

L: longitud.

LM: factor de corrección por latitud y mes.

n: número de personas.

Q: ganancia neta del recinto por conducción a través de techo, paredes, vidrio o puertas.

QL: calor latente

QS: calor sensible.

QT: calor total.

R: resistencia térmica.

RD: rango diario.

TBs: temperatura de bulbo seco.

TR: temperatura de recinto.

To: temperatura de diseño de exterior.

U: coeficiente global de transferencia de calor.

Uw: coeficiente de transferencia de calor pared.

Ug: coeficiente de transferencia de calor vidrio

INDICE DE CONTENIDO.

1. INTRODCUCCIÒN.	1
2. JUSTIFICACIÒN.	2
3. OBJETIVOS.	3
3.1. Objetivo General.	3
3.2. Objetivos Específicos.	3
4. MARCO TEÒRICO.	4
4.1. Consideraciones iniciales de diseño de un sistema de climatización 4	4
4.2. Parámetros a tener en cuenta antes de iniciar el diseño 4	4
4.2.1. Característica de la edificación 4	4
5. Principios de Refrigeración y Climatización.	7
5.1. Refrigeración 7	7
5.2. Climatización 9	9
5.2.1. Funciones que deben cumplir los equipos de climatización. 9	9
5.2.2. Procesos de climatización. 10	10
5.3. Confort térmico 11	11
5.4. Temperatura del aire 11	11
5.5. Limpieza del aire. 11	11
5.6. Humedad del aire 11	11
5.7. Movimientos de aire. 12	12
5.8. Calidad del aire. 12	12
5.9. Mecanismos de Transferencia de Calor 12	12
5.9.1. Conducción 12	12
5.9.2. Convección 13	13
5.9.3. Radiación 13	13
5.10. Carga De Enfriamiento. 14	14
5.11. Estimación de cargas térmicas 14	14
5.12. Calculo de la carga térmica. 17	17
5.13. Balance térmico 20	20
5.14. Ganancias de calor en recintos 20	20
5.15. Eficiencia energética 26	26

5.15.1.	Norma técnica obligatoria nicaragüense eficiencia energética.	28
5.16.	Psicrometría.	28
5.16.1.	Cartas Psicométricas.	29
5.16.2.	Propiedades del aire, contenidas en la carta psicrométrica.	30
6.	Aire acondicionado	32
6.1.	Componentes de los sistemas de aire acondicionado	33
6.2.	Refrigerantes	34
6.3.	Tipos de aire acondicionados	37
6.4.	Tecnología inverter y su aplicación.	39
6.5.	Impacto ambiental de un aire acondicionado	40
6.6.	Eficiencia de los sistemas de aire acondicionado	42
7.	Selección del Equipo	43
7.1.	Instalación de Aire Acondicionado	44
7.2.	Criterios necesarios para seleccionar un Aire Acondicionado	44
7.3.	Consejos previos a la instalación.	45
7.4.	Costos económicos de una unidad de aire acondicionado.	46
7.5.	Instalación de aire acondicionado.	46
7.6.	Mantenimiento de aire acondicionado	46
7.7.	Tipos de Mantenimientos de Aires Acondicionados	47
7.7.1.	Mantenimiento preventivo	47
7.7.2.	Mantenimiento correctivo	47
8.	Características arquitectónicas del edificio de la biblioteca.	50
8.1.	Análisis estructural.	50
8.2.	Material de construcción.	50
8.3.	Parámetros ambientales externos.	52
8.4.	Finalidad del Edificio.	53
9.	Desarrollo de cálculos.	53
9.1.	Ganancia de calor en la biblioteca.	53
9.2.	Ganancia de calor por techo.	75
9.3.	Ganancia de calor por piso	78
9.4.	Ganancia de calor por vidrio	81
9.5.	Ganancia de calor por Alumbrado	86

9.6. Ganancia de calor por Personas	86
9.7. Ganancia de calor por Equipos.....	88
9.8. Ganancia de calor a los alrededores	88
9.9. Ganancia de calor por Infiltración	90
9.10. Carga de enfriamiento de recinto	94
9.11. Ganancia de calor total.	95
9.12. Selección del serpentín.....	95
10. Selección de equipos.....	98
10.1. Eficiencia energética e impacto ambiental.	100
10.1.1. Eficiencia energética.	100
10.1.2. Impacto ambiental.....	102
10.2. Cotización de unidades climatizadoras en Nicaragua.....	103
10.2.1. Tabla de cotizaciones de unidades inverter y estándares	103
10.3. Presupuesto económico de climatización.	104
11. Instalación del sistema de climatización	105
12. Mantenimiento.	118
13. CONCLUSION.....	121
14. RECOMENDACIONES.....	122
15. BIBLIOGRAFÍA.....	123
16. ANEXOS.....	125

APENDICE DE TABLAS

TABLA 1 BULBO SECO Bs (INETER).....	126
TABLA 2 HUMEDAD RELATIVA HR (INETER).....	128
TABLA 3 Bs + HR RANGO (INETER).....	130
TABLA 4 DIFERENCIA DE TEMPERATURA PARA CARGA DE ENFRIAMIENTO (DTCE) EN PAREDES. (PITA, 1994).....	132
TABLA 5 DESCRIPCIÓN DE GRUPOS DE CONSTRUCCIÓN DE PAREDES.(PITA,1994)	133
TABLA 6 RESISTENCIA TERMICA R CON SUPERFICIE CON PELICULA Y ESPACIO DE AIRE EN EL INTERIOR (H.FT. F/BTU).....	134
TABLA 7 CORRECCIÓN DEL DTCE PARA PAREDES POR LATITUD Y MES.(PITA,1994) .	135
TABLA 8 DIFERENCIA DE TEMPERATURA PARA CARGA DE ENFRIAMIENTO (DTCE) EN TECHOS PLANOS. (PITA,1994).....	136
TABLA 9 COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR (U) EN VIDRIOS. (PITA, 1994)	137
TABLA 10 RADIACIÓN SOLAR ATRAES DE VIDRIOS FACTORES DE GANANCIAS MÁXIMAS DE CALOR SOLAR PARA VIDRIO.(PITA,1994).....	138
TABLA 11 FACTORES DE CARGA EN VIDRIOS SIN SOMBREADO INTERIOR. (PITA, 1994)	139
TABLA 12 TASA DE GANANCIA DE CALOR DEBIDO A LOS OCUPANTES DEL RECINTO ACONDICIONADO.(PITA,1994)	140
TABLA 13 TASAS MÁXIMAS RECOMENDADAS DE INFILTRACIÓN PARA DISEÑO A TRAVÉS DE VENTANAS Y PUERTAS EXTERIORES.(PITA,1994).....	140
TABLA 14 COEFICIENTE DE SOMBREADO PARA VIDRIOS CON Y SIN SOMBREADO INTERIO6R PARA PERSIANAS VENECIANAS. (PITA,1994).....	141



1. INTRODUCCIÓN.

Crear condiciones de confort térmico para las personas, es algo que está teniendo mucho valor actualmente y es por eso que la climatización de los edificios es algo indispensable que se tiene que tomar en cuenta incluso desde su diseño, ya que lo ideal es instalar un sistema de climatización que se adapte mejor a las características estructurales del edificio y así conseguir el sistema más conveniente.

Para alcanzar los mejores resultados es necesario desarrollar cálculos partiendo de información calificada y estandarizada, para completar con seguridad cada uno de los procedimientos necesarios para un sistema de climatización; que aparte de ser funcional, pueda cumplir con las normas nacionales e internacionales, con la intención de desarrollar un proyecto con el mínimo impacto ambiental, y que cumpla con eficiencia energética, bajos costos de operación, y sencillo mantenimiento.

Este documento reúne los estudios necesarios para el diseño de un sistema de climatización para la biblioteca, San Alberto Magno Dominico de la Universidad Internacional Antonio Valdivieso, (UNIIV), en la ciudad de Rivas, en el año 2021, para mejorar el confort térmico de los usuarios.

Los procesos de diseño son tomados en cuenta de acuerdo a las características y finalidades del edificio o área a climatizar, para lo cual se accedió a información fundamental; como planos arquitectónicos, material de construcción, posición geográfica, propiedades climatológicas externas, entre otras. Esto permitió obtener los datos necesarios para realizar el cálculo de la carga térmica del local a climatizar y posteriormente seleccionar los equipos que contienen esa capacidad de carga de enfriamiento.



2 . JUSTIFICACIÓN.

El presente estudio se realizó con la intención de crear un espacio climatizado en el interior de la biblioteca San Alberto Magno Dominicó, donde se aplicaron los conceptos técnicos-científicos, con el interés de que este documento contenga los procedimientos y cálculos concretos que corresponden para la climatización de este local.

El diseño de un sistema de climatización se elaboró para crear condiciones adecuadas en materia de confort térmico, para los estudiantes, personales administrativos, y docentes, ya que la concentración de muchas personas en un espacio considerablemente reducido, generan cargas térmicas importantes, además de las cargas producidas por equipos, filtraciones, iluminación paredes, techos y otras ganancias de calor que más adelante se estarán detallando. Todas estas cargas tienen que ser removidas, y para eso se debe seleccionar cuidadosamente el equipo de climatización que cumpla con esa finalidad.



3 . OBJETIVOS.

3.1 . Objetivo General.

- Diseñar un sistema de climatización para el confort higrotérmico de los usuarios en la biblioteca San Alberto Magno Dominico-UNIAV, Rivas.

3.2 . Objetivos Específicos.

- Identificar las características arquitectónicas del edificio, material de construcción, parámetros ambientales externos y su funcionabilidad.
- Calcular la carga térmica de la biblioteca aplicando la metodología CLTD/CLF de la ASHRAE.
- Seleccionar los equipos adecuados que cumplan con, eficiencia energética, funcionalidad, impacto ambiental y que satisfagan las condiciones de confort térmico humano requerido.
- Elaborar un presupuesto del proyecto, un plan de instalación y mantenimiento de los equipos que garantice obtener el máximo beneficio.



4. MARCO TEÓRICO.

4.1. Consideraciones iniciales de diseño de un sistema de climatización

Es necesario que la estructura a climatizar cumpla con una serie de condiciones, para garantizar mantener unos niveles de humedad, un reparto equilibrado y una correcta distribución sin que el aire acondicionado cause molestia entre las personas, procurando siempre estar entre los parámetros de confort. (Martinez, 2008)

En la instalación no se puede omitir ningún paso del proyecto pues este proporciona información valiosa como cálculos y datos climáticos, que ayudara a saber la capacidad del aire acondicionado requerida para el edificio o para un área específica por lo que su omisión sería una gran falta y no cumplirían los parámetros deseados de confort y de costos, pues un producto sobredimensionado proporcionaría un gasto mayor en energía. (Martinez, 2008)

4.2. Parámetros a tener en cuenta antes de iniciar el diseño

Para calcular la carga de enfriamiento de un espacio, se requiere información de diseño detallada de la edificación e información climática para las condiciones de diseño seleccionados. Generalmente, los siguientes pasos deben ser seguidos: (Nieto, 2008)

4.2.1. Característica de la edificación

Tanto el ingeniero o técnico deben considerar todos los aspectos estructurales del edificio como: materiales de construcción, tamaño de los componentes, colores externos de fuentes y formas, que pueden ser obtenido a partir de los planos de la edificación ([imagen 8](#) e [imagen 9](#) de anexos) y especificaciones, este paso es necesario pues identificar estos aspectos nos ayuda a calcular la carga térmica del local y a seleccionar el equipo que mejor se adapte a la demanda requerida de climatización. (Nieto, 2008)



Configuración

A partir de los planos ([imagen 9](#) de anexos) se puede determinar la ubicación, orientación y sombra externa de la edificación. La sombra de edificaciones adyacentes debe ser determinadas mediante visitando el sitio propuesto (ver cronograma). Su permanencia probable debe ser cuidadosamente evaluada de ser incluida en los cálculos. (Nieto, 2008)

4.2.2. Condiciones Exteriores de Diseño

La información para obtener los datos climáticos del exterior del edificio se obtuvo por medio de datos proporcionados por INETER donde nos facilitaron la información climática de los años del 2019 al 2020 ([tabla 1](#), [tabla 2](#) y [tabla 3](#) de anexos). Estas tablas nos ayudan pues proporcionan datos que serán utilizados en el desarrollo de cálculos.

Se recogerán datos estructurales de la biblioteca los cuales serán utilizados para proporcionar datos relevantes a utilizar.

4.2.3. Condiciones de Diseño Interior

Para la obtención de información climática se precisó de una herramienta de medición de temperatura (TERMOHIGROMETRO de marca EXTECH) en los cuales cada 10 min se tomó la temperatura en diferentes lugares del edificio obteniendo un promedio de temperatura y la hora más calurosa estas a las 2 de la tarde, en nuestro estudio se tomó las dos de la tarde como la hora que más le dio al edificio, calentando en un máximo su interior. ([tabla 7](#) desarrollo de cálculos)

Hay que tener en cuenta las siguientes condiciones interiores aceptable para el ocupante de la biblioteca de acuerdo con un conjunto de factores asociados al ambiente interior (temperatura, radiación térmica, humedad y velocidad del aire) ya que estos factores afectan positiva o negativamente las condiciones de confort térmico, humano e incluso para los análisis de refrigeración en cámaras frías para la conservación de productos y la protección de sistemas electrónicos.



Diferente edificio, distinta instalación

Según (Nieto, 2008) es necesario conocer las medidas de la estructura a climatizar, pues cada edificio tiene demandas diferentes de temperatura por lo que tener el [plano 1](#) del edificio es de gran importancia.

Uso de aire acondicionado en bibliotecas y salas de archivo

Tanto por la temperatura, como por la humedad en el ambiente son factores que dañan la información física de una biblioteca por lo que es importante la conservación de material.

La medida para lograr la conservación de libros y material de archivo es la prevención de los daños, para ello hay que resguardar correctamente el material en las bibliotecas y salas de archivo. Lo recomendado es que la temperatura de las salas donde se tengan libros oscile entre los 15 y 21 °C a una humedad relativa entre el 45 y 65. (Karemm Danel, 2014).

Infraestructura del edificio de la biblioteca San Alberto Magno Dominicano

La biblioteca san Alberto magno dominicano se encuentra en una segunda planta de un edificio central de tres plantas ([imagen 8](#) de anexos), que tiene diversas áreas, para distintas finalidades, entre ellas, oficinas administrativas, aulas de clases entre otras.

Orientaciones geográficas de la biblioteca

La fachada se encuentra orientada al este, y recibe las primeras horas del sol. Posee persianas de vidrio transparente a partir de la mitad superior de la pared.

El testero (pared opuesta a la fachada) se encuentra al oeste y recibe la mayor cantidad de radiación solar. También posee persianas en toda la mitad superior de la pared.

La pared izquierda se encuentra naturalmente orientada hacia el sur y limita con una infraestructura (un aula de clase, con división completa de paredes de Plycem doble cara y estructura interna metálica de acero galvanizado).



La pared norte también es una pared interna, construida de Plycem doble cara y estructura interna metálica de acero galvanizado.

Altura

Todas las paredes tienen la altura de tres metros con veinte centímetros (3.2 M)

Color

El color general del edificio es celeste con blanco mate en su interior donde el blanco mate es el color que domina en más del 80%; mientras las paredes externas son un verde claro.

El techo de la biblioteca es una loseta de concreto ya que coincide con el piso de la tercera planta y posee un grosor de 0.3 metros.

Piso

El piso es loseta de concreto lo que a su vez es el techo del primer piso, este también tiene un grosor de 0.30 metros.

Los datos más detallados se estarán reflejando en los planos arquitectónicos que se elaboren en AutoCAD ([plano 1](#) de anexos) y Sketchup ([imagen 9](#) de anexos) con el fin de ser más representativos en los detalles como, colores, columnas, muebles y demás equipos que se encuentran en su interior.

5. Principios de Refrigeración y Climatización.

5.1. Refrigeración

La refrigeración es el proceso de extraer el aire caliente de un espacio reduciendo la temperatura interna produciéndose el enfriamiento esto es de gran beneficio para el ser humano pues a larga la vida de productos como los alimentos, y el confort de las personas.

Se conoce como refrigeración al proceso por el que se reduce la temperatura de un espacio determinado y se mantiene esta temperatura baja, con el fin, de enfriar

alimentos, conservar determinadas sustancias o conseguir un ambiente agradable. (Gutierrez, 2016)

Diagrama básico de un sistema de refrigeración.



Ilustración 1: Diagrama de refrigeración.

Al ubicarnos en el punto 1 antes de la válvula de expansión cuando el refrigerante se encuentra en estado líquido a una cierta presión; su paso al evaporador lo controla la válvula de expansión termostática punto 2, cuyo funcionamiento es regulado por la temperatura y por la presión.

La válvula produce una pérdida de carga al refrigerante mediante una estrangulación brusca que hace que la presión descienda desde la que tenía en el punto 1 (salida del condensador), hasta la existente a la entrada del evaporador, entre el punto 2 y 3.

La función de la válvula es la de regular las dos partes del ciclo frigorífico, la zona de alta presión y la zona de baja presión.



Esta bajada de presión en el evaporador hace que el refrigerante hierva y se produzca su evaporación, absorbiendo calor del recinto en que se encuentra a través del aire del mismo, y transfiriéndolo al líquido, que se va transformando en vapor en el interior de los tubos del evaporador, hasta que se evapora totalmente (final del punto 3)

El refrigerante entra en el compresor a baja presión y temperatura, en forma de gas, es comprimido, aumentando su presión y su temperatura, donde comienza el punto 4. Ahora entra en el condensador y mediante la acción de un fluido exterior (agua o aire), se le extrae calor al refrigerante, lo cual produce un enfriamiento del mismo favoreciendo su condensación hasta alcanzar el estado líquido; a partir de aquí es impulsado de nuevo hacia la válvula de expansión donde se repite el ciclo frigorífico. (Aire Acondicionado, 2017)

5.2. Climatización

La climatización es el proceso por el cual un lugar cerrado se le da una mejor condición de temperatura, pero o solo eso pues hay otros aspectos que también se mejoran como es humedad relativa, se mejora la calidad del aire ayudando a mejorar el confort de las personas para ser eficiente en un trabajo y en la conservación por más tiempo de los alimentos. (Gutierrez, 2016)

5.2.1. Funciones que deben cumplir los equipos de climatización.

Los equipos de climatización y aire acondicionado son diferentes en verano como en invierno.

En verano, los **equipos de climatización** deben enfriar y deshumidificar el ambiente.

Nicaragua al ser un país tropical la mayoría del tiempo la sensación térmica es alta, por lo que la climatización es necesaria la mayoría del año tanto para conservación del alimento, como para el confort de las personas.

En invierno, dichos equipos tienen que calentar y humidificar el ambiente.



En esta época del año cuando empieza a llover la temperatura no bajan mucho, por lo que la función de calefacción no se utiliza, pero es necesario mencionarlo como otra función que cumplen los aires acondicionado.

5.2.2. Procesos de climatización.

Enfriamiento.

El enfriamiento se efectúa mediante el sistema de refrigeración. De forma simultánea se realiza la deshumificación, ya que de lo contrario aumenta de forma significativa el porcentaje de humedad relativa, provocando sensación de molestia y pesadez. (Guías Practicas.com, 2012)

Deshumificación.

Este proceso es importante ya que cuando se baja la temperatura de un lugar es necesario también reducir la humedad

Se emplea para reducir la humedad ambiental, especialmente en verano. (Guías Practicas.com, 2012)

Ventilación.

Consiste en la entrada de aire exterior para renovar el aire a fin de lograr un adecuado nivel de pureza, evitando olores. (Guías Practicas.com, 2012)

Filtrado.

Consiste en tratar el aire mediante filtros para quitar el polvo, impurezas y partículas en suspensión. (Guías Practicas.com, 2012)

Circulación.

Es necesario un cierto movimiento de aire con el fin de evitar su estancamiento, pero sin que se produzcan corrientes perjudiciales. (Guías Practicas.com, 2012)



5.3. Confort térmico

El confort térmico es una sensación neutra de la persona respecto a un ambiente térmico determinado. Según la norma **ISO 7730** el confort térmico “es una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”.

El confort térmico depende de varios parámetros globales externos, como la temperatura del aire, la velocidad del mismo y la humedad relativa, y otros específicos internos como la actividad física desarrollada, la cantidad de ropa o el metabolismo de cada individuo. (construmatica, 2020)

5.4. Temperatura del aire

El adecuado control de la temperatura del medio ambiente que circunda el cuerpo humano reduce el esfuerzo fisiológico en el individuo obteniendo como ello un mejor bienestar físico, mayor rendimiento en el trabajo y mejores condiciones de salubridad. (Gutierrez, 2016)

5.5. Limpieza del aire

Es el proceso de mantenimiento del aire con los contaminantes indeseables como el polvo, humo y olores a niveles adecuados para el bienestar del individuo dentro del recinto acondicionado; se obtienen mediante filtración del aire previamente en el recinto o mediante ventilación para mantener condiciones óptimas comunes se utilizan ambos métodos. (Gutierrez, 2016)

5.6. Humedad del aire

Gran parte del calor del cuerpo humano se disipa por evaporación a través de la piel. La evaporación se incrementa con una baja humedad relativa en el aire y se hace menor si la humedad relativa del aire de alta. Una alta o baja humedad relativa da como resultado reacciones fisiológicas perjudiciales y un pobre desempeño de sus labores. (Gutierrez, 2016)



5.7. Movimientos de aire

El movimiento del aire influye fuertemente en la pérdida del calor del cuerpo por convección y por evaporación. Las velocidades de aire hasta 0,1 m/s por lo general no se perciben.

En general son agradables y deseables los movimientos entre 0,1 a 0,2 m/s. Cuando los movimientos de aire enfrían el cuerpo humano más allá de lo deseado se habla de corrientes. (Gutierrez, 2016)

5.8. Calidad del aire

La eliminación de las partículas de polvo es fundamental para la salud. Conseguir un adecuado filtraje de aire es una labor básica de un equipo de aire acondicionado. Para obtener el confort deseado, el aire debe circular uniformemente por todo el recinto, sin corrientes desagradables. (Gutierrez, 2016)

5.9. Mecanismos de Transferencia de Calor

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*. Todos los modos de transferencia de calor requieren la existencia de una diferencia de temperatura y todos ellos ocurren del medio que posee la temperatura más elevada hacia uno de temperatura más baja. (Yunus A, Transferencia de calor y masa, 2011)

5.9.1. 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. En los gases y líquidos la conducción se debe a las



colisiones y a la difusión de las moléculas durante su movimiento aleatorio. (Yunus A, Transferencia de calor y masa, 2011)

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;

5.9.2. Convección

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacente que está 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. (Yunus A, Transferencia de calor y masa, 2011)

En ausencia de cualquier movimiento masivo de fluido, la transferencia de calor entre una superficie sólida y el fluido adyacente es por conducción pura. La presencia de movimiento masivo del fluido acrecienta la transferencia de calor entre la superficie sólida y el fluido, pero también complica la determinación de las razones de esa transferencia. (Yunus A, Transferencia de calor y masa, 2011)

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 en forma conveniente por la **ley de Newton del enfriamiento** (Yunus A, Transferencia de calor y masa, 2011)

5.9.3. 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*. De hecho, la transferencia de calor por radiación es la más rápida (a la velocidad de la luz) y no sufre atenuación en un



vacío. Ésta es la manera en la que la energía del Sol llega a la Tierra. (Yunus A, Transferencia de calor y masa, 2011)

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**

5.10. Carga De Enfriamiento

A la cantidad neta de calor que se retira se le llama carga de enfriamiento. El interior de un recinto gana calor debido a varias fuentes. Si la temperatura y la humedad del aire en los recintos se deben de mantener a niveles confortables, se debe de extraer calor para compensar la ganancia mencionada. (Pita E. G., 2000)

Se debe calcular esta carga, porque es la base para seleccionar el equipo de enfriamiento adecuado, así como las tuberías y los ductos. También se emplea para analizar el uso y la conservación de la energía. (Pita E. G., 2000)

5.11. Estimación de cargas térmicas

La carga térmica de un local, también nombrada como carga de enfriamiento, es el calor por unidad de tiempo que entra en un espacio definido para mantener determinadas condiciones de temperatura y humedad para una aplicación específica (ej. Confort humano), por ello es tan importante la estimación de dicha carga, aunque el objetivo final sea la determinación de la capacidad de extraer frío que un equipo de climatizador puede producir. (Ashrae, 1977).

A lo largo de los últimos años la ASHRAE ha venido desarrollando diferentes proyectos de investigación en aras de cálculos más exactos y de obtener mejores resultados en la determinación de la carga térmica. En la actualidad la ASHRAE reconoce la vigencia de cuatro métodos de cálculo de cargas térmicas para seleccionar la capacidad de los equipos de aire acondicionado. (Ashrae, 1977).

En la edición del Manual de Fundamentos de la ASHRAE de 1972 se describieron dos métodos de cálculo de la carga de enfriamiento. En el primer procedimiento,



el método de la **Diferencia Total de Temperatura Equivalente (TETD por sus siglas en inglés)**, varios componentes de la ganancia de calor del espacio se conjugan para obtener una tasa instantánea total de la ganancia de calor del espacio, de donde se obtiene la carga de enfriamiento instantánea usando factores de peso (Ashrae, 1977).

El segundo procedimiento se introdujo por primera vez en el volumen del año de 1972 y fue el método de las **Funciones de Transferencia (TFM)**. Aunque utilizaba un principio similar al primero, empleaba factores de respuesta completamente diferentes para convertir la ganancia de calor en carga de enfriamiento. Estos factores fueron llamados coeficientes de las funciones de transferencia. (Ashrae, 1977).

Para eliminar las discrepancias entre estos métodos la ASHRAE realizó investigaciones que condujeron al **CLTD/CLF (Diferencia de temperatura de la carga de enfriamiento / Factor de carga de enfriamiento)**, desarrollado como método de cálculo manual, que utilizaba los valores de CLTD y CLF tabulados. (Ashrae, 1977).

Los valores fueron calculados haciendo uso del método de las funciones de transferencia el cual proporciona las cargas de enfriamiento para condiciones ambientales y tipos de zonas estandarizadas. Esas cargas fueron normalizadas, de tal forma que el diseñador podía determinarlas para cada hora con una multiplicación sencilla. (Ashrae, 1977).

En trabajos posteriores (McQuiston et al., 1993) se realizaron revisiones al método CLTD/CLF, con la finalidad de obtener resultados más exactos, lo cual condujo al CLTD/SCL/CLF en el que se introduce un nuevo factor, la carga de enfriamiento solar (SCL), para calcular la carga por radiación en vidrios (fenestración). Este era más exacto y fácil de usar. (Ashrae, 1977).



En volúmenes más recientes del Manual de Fundamentos de la ASHRAE (2005) se muestra el método de Balance de Calor (HB) y el de Serie Radiante en el Tiempo (RTS). Ambos están fundamentados en que la estimación de la carga de enfriamiento implica cálculos de balance de calor por conducción, convección y radiación de superficie a superficie, para cada una de las superficies de los locales y un balance de calor convectivo para el aire del local. (Ashrae, 1977).

El método de balance de calor resuelve de forma directa el problema que se basa en la aplicación del primer principio de la termodinámica. La ventaja es que no contiene ningún conjunto de parámetros arbitrarios, ni ninguno de los procesos se deja de lado. Es necesario el uso de computadores para algunos cálculos que requieren aproximaciones rigurosas. (Ashrae, 1977).

El de serie radiante en el tiempo es un método simplificado para desarrollar cálculos de carga de enfriamiento que se derivan del método de balance de calor, y reemplaza de forma efectiva los demás métodos simplificados (sin balance de calor), tales como el de funciones de transferencia (TFM), el de diferencia de temperatura de la carga de enfriamiento/factor de carga de enfriamiento, y el método de diferencia total de temperatura equivalente.

Las series radiantes en el tiempo se desarrollaron para ofrecer un método riguroso que no requiera cálculos iterativos y cuantifique la contribución de cada componente a la carga de enfriamiento total. Tiene la característica de permitir al usuario inspeccionar y comparar los coeficientes para diferentes tipos de construcción y de zonas. (Ashrae, 1977).

Aunque el método de serie radiante en el tiempo es simple en conceptos, implica demasiados cálculos para ser usado de forma práctica como método manual, no obstante, puede ser fácilmente implementado en una sencilla hoja de cálculo computarizada. (Ashrae, 1977).

Con base a lo expuesto anteriormente, cuando se requiera un cálculo manual de carga de enfriamiento el método CLTD/SCL/CLF es recomendable, puesto que



simplifica los cálculos por utilizar un factor "U" para calcular la carga de enfriamiento para techos y paredes, presentando resultados equivalentes. Así, la ecuación básica para carga de enfriamiento en superficies exteriores es: $Q = U * A$. Este método ofrece una relación entre precisión y complejidad aceptable en comparación a los otros métodos, como se muestra en la siguiente ilustración, por ende, será el método seleccionado para la estimación de carga térmica. (Ashrae, 1977).

5.12. Cálculo de la carga térmica

Estos métodos fueron diseñados por ASHRAE, CIBSE y VDI, instituciones especializadas en refrigeración de Norteamérica, Inglaterra y Alemania respectivamente, los cuales han desarrollado los siguientes métodos:

1. El Método de Balance de Calor (ASHRAE 2001)
2. La Serie de Tiempo Radiante (ASHRAE 2001)
3. El método CLTD/SCL/CLF (ASHRAE 1997)
4. El Método de Admitancia (CIBSE 1986)
5. Los métodos VDI (VDI 1996)

Los dos primeros métodos, los más recientes presentados por ASHRAE, son metodologías más exactas, debido al cálculo de las mayorías de las variables, sin embargo, debido a lo anterior también es su desventaja, debido a que se necesitaría la ayuda de una computadora (software especial) para realizar los cálculos, además que la precisión del método hace que se deba tomar muchas variables de temperatura (Balance de Calor) o de tiempo (Tiempo Radiante). (Manual ASHRAE, 2004)

Los métodos presentados por CIBSE y VDI, son metodologías simples de fácil realización, sin embargo, no son aplicables a esta región del planeta debido que fueron diseñados específicamente para las regiones de estas instituciones (Inglaterra y Alemania respectivamente), en el caso del método de admitancia (CIBSE), se presenta sobredimensión y, además, se obviaron algunos puntos de importancias para la metodología ASHRAE la cual está basada esta metodología.



Estas metodologías, sin embargo, son válidas y reconocidas para su utilización en cualquier tipo de situación, pero, para la realización de este estudio se aplicará unos de los primeros métodos para el cálculo de carga térmica, el método CLTD/SCL/CLF. (Manual ASHRAE, 2004)

Características Principales

- La temperatura del aire es asumida constante.
- Tres factores se usan para hallar las ganancias de calor: por conducción, por calor solar, y las ganancias internas, las cuáles son respectivamente, CLTD/SCL/CLF. Esos factores se calculan usando el método de función de transferencia (TFM) y produce cargas térmicas para las condiciones ambientales estándar y los tipos de zona. (Manual ASHRAE, 2004)

Suposiciones

- La temperatura de aire del sol es asumida por el aire exterior
- La temperatura de aire está tomada como una constante

Metodología y sus criterios.

Este método utiliza datos tabulados de CLTD (cálculo de carga de temperatura diferencial), SCL (factor solar de carga térmica), y CLF (factor de carga térmica), los cuales incluyen el efecto de: (Manual ASHRAE, 2004)

- (1) Intervalos de tiempo de calor generado por conducción a través de superficies exteriores opacas.
- (2) El tiempo de retraso del almacenamiento térmico en la conversión de calor generado por radiación a carga térmica.

Esta simplificación genera que la carga térmica se pueda calcular manualmente. Los datos son generados con factores del material de diseño y coeficientes de



transferencia por conducción, el cuál produce cargas térmicas en condiciones ambientales estándar y los tipos de zona. Las cargas térmicas son entonces estandarizadas para condiciones especificadas de una zona, así es que sería posible calcular las cargas térmicas para cada hora con una multiplicación simple. (Manual ASHRAE, 2004)

Ventajas

- Un método simplificado
- Más apropiados para ser un método de cálculo manual incluyendo uso de la hoja de cálculo (Excel)
- Los resultados del local pueden tener una mayor exactitud usando las tablas disponibles las cuales contienen la mayoría de construcciones comunes, o usando un programa de computadora se puede generar un set de tablas para una zona específica, latitud y mes.

Desventajas

- El ajuste para una pared o techo que no corresponde a uno de los grupos listados es una fuente de errores
- La inexactitud de corregir para otros meses y otras latitudes

Método de las fisuras

Este método supone que se puede medir o establecer una tasa de infiltración del aire con exactitud, por pie de fisura, la siguiente tabla es una lista de tasas típicas de infiltración en los reglamentos de energía, basada en un viento de 25MPH. (S.A, 2004)

Se utiliza este método porque en la infraestructura hay bastantes infiltraciones y es mejor calcularlas detalladamente cada una de ellas para obtener un resultado más preciso posible. (S.A, 2004)



Tasas máximas de infiltración, recomendada para diseño a través de ventanas y puertas exteriores

Componente	Tasa De Infiltración
Ventanas	0.75 CFM / FT de fisura
Puertas	1 CFM / FT de fisura

TABLA 1. Tasas máximas de infiltración para puertas y ventanas exteriores.

Las longitudes y áreas de las fisuras se deben determinar mediante los planos de la construcción o mediciones de campo. (S.A, 2004)

5.13. Balance térmico

El balance térmico general de cualquier lugar, se calcula sumando las entradas y salidas de energía térmica totales producidas por la transmisión de calor a través de paredes, calor generado por la iluminación artificial y equipo, número de ocupantes, infiltración y radiación solar cada uno de estos factores se calcula individualmente y al final se suman todos los valores obtenidos. (Pita E. G., 2000)

5.14. Ganancias de calor en recintos

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

- Conducción a través de paredes, techo y vidrios al exterior.
- Conducción a través de divisiones internas, cielos rasos y pisos.
- Radiación solar a través de vidrios.
- Alumbrado.
- Personas.
- Equipos.
- Infiltración del aire exterior a través de aberturas. (Pita E. G., 2000)

Conducción a través de la estructura exterior.

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



$$Q = U \times A \times DTCE \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde

Q = Ganancia neta del recinto por conducción a través del techo, paredes o vidrio, BTU/h

U = Coeficiente general de transferencia de calor para techo, paredes o vidrios, BTU/h-ft²-°F

A = Área del techo, pared o vidrios, ft²

DTCE_c = Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento, °F

La **DTCE** es una diferencia de temperatura que toma en cuenta el efecto de almacenamiento de calor. (Pita E. G., 2000)

Los valores de DTCE que se encuentran en tablas se deben de corregir como sigue:

$$DTCE_c = [(DTCE + LM) \times K + (78 - t_r) + (t_0 - 85)] \times f \quad \text{Ecuación 2}$$

DTCE_c = Valor corregido de DTCE, °F.

DTCE = Temperatura de las tablas 6.1 o 6.2, °F.

LM = Corrección para latitud al color y mes de la tabla 6.4.

K = Corrección debido al color de la superficie

K = 1.0 para superficies oscuras o áreas industriales.

K = 0.5 para techos de color, claro en zonas rurales.

K = 0.65 para paredes de color claro en zonas rurales

t_r = Temperatura del recinto, °F

t₀ = Temperatura de diseño exterior promedio, °F.

f = Factor de corrección para ventilación del cielo raso (sólo para el techo).

F = 0.75 para ventiladores de entrepiso (cielo falso) en los demás casos usar **f** = 1.0. (Pita E. G., 2000)

Conducción A Través De La Estructura Interior

El calor que pasa desde los espacios anteriores sin acondicionamiento hasta los espacios acondicionados a través de divisiones, pisos y cielo rasos se puede calcular mediante la siguiente ecuación:



$$Q = UxAxDT \quad \text{Ecuación 3}$$

Q = Velocidad de transferencia de calor a través de la división, piso o cielo raso, B11J/h

U = Coeficiente global de transferencia de calor para la división, piso o cielo raso, BTU/h-ft²-°F

A= Área de la división, piso o cielo raso, ft²

DT= Diferencia temperatura entre los espacios sin acondicionar y los acondicionados, °F.

Si no se conoce la temperatura del espacio sin acondicionar, se emplea con frecuencia una aproximación que consiste en suponer que esta 5°F menos la temperatura exterior. (Pita E. G., 2000)

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 del recinto. Su valor varía con la hora, orientación, el sombreado y el efecto de almacenamiento. La ganancia neta de calor se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q = FGCS x A x CS x FCE \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde

Q = ganancia neta por radiación solar a través del vidrio, BTU/h

FGCS = factor de ganancia máxima de calor solar, BTU/h – ft²

A = área del vidrio, fe

CS = coeficiente de sombreado

FCE = factor de Carga de enfriamiento para el vidrio (Pita E. G., 2000)

Alumbrado

Todos los sistemas de iluminación, ya sean incandescentes No fluorescentes, básicamente transforman la energía eléctrica que reciben para su operación en calor, el cual se desprende en su totalidad y se disipa en el interior del espacio que se desea refrigerar. (Pita E. G., 2000)



La ecuación para calcular la ganancia de calor debida al alumbrado es:

$$Q = 3.4 \times W \times FB \times FCE \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

Q = Ganancia neta de calor debida al alumbrado, BTU/h

W = Capacidad del alumbrado, watts

FB = Factor de balastro

FCE = Factor de carga de enfriamiento para el alumbrado

Este factor FCE toma en cuenta el almacenamiento por la ganancia de calor de las luminarias y depende del tiempo de encendido del alumbrado, encendido del sistema de aire acondicionado, tipos de luminarias, características de la construcción y cantidad de ventilación mecánica en el recinto.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que el factor FCE es igual a la unidad, es decir no hay efecto de almacenamiento cuando:

El sistema de aire acondicionado trabaja durante las horas de ocupación.

El sistema de aire acondicionado trabaja más de 16 horas.

Se permite aumentar la temperatura del recinto durante las horas cuando no se ocupa (oscilación de temperatura)

Transmisión 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., 2000)

Transmisión 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 con las personas son:

$$Q_s = q_s \times n \times FCE \quad \text{Ecuación 6}$$

$$Q_l = q_l \times n \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde

Q_s, Q_l = Ganancias de calor sensible y latente.

q_s, q_l = Ganancias de calor sensible y latente por persona

n = Número de personas

FCE = Factor de carga de enfriamiento para las personas

Nota: El factor FCE, del efecto de almacenamiento de calor, se aplica a la ganancia de calor debido a las personas.

Si el sistema de aire acondicionado de aire se apaga durante la noche no se debe de incluir almacenamiento de calor y el $FCE = 1.0$ (Pita E. G., 2000)

Transferencia de calor a los alrededores

Algo de la ganancia de calor sensible al recinto se transfiere a través de la estructura hacia lo alrededores y nunca aparece como parte de la carga del recinto, es por eso que se debe corregir las ganancias de calor sensible obtenidas por conducción, radiación solar, alumbrado, personas y equipos, usando las siguientes ecuaciones.

$$F_c = 1 - 0.02K \quad \text{Ecuación 8}$$

$$K = \frac{(U_w A_w + U_g A_g)}{L} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde

F_c = Factor para corregir cada ganancia de calor sensible de recinto.

K = Conductancia de la unidad de longitud, BTU/h-ft-°F

L = Longitud de la pared exterior, ft

U_w, U_g = Coeficiente de transferencia de calor, w = pared, g = vidrio, BTU/h-ft²-°F



A_w, A_g = Área de la pared o del vidrio, ft² (Pita E. G., 2000)

Transferencia de calor por ventilación

En general se admite algo de aire exterior por razones sanitarias y de confort. El calor sensible y el latente de este aire son mayor que el del aire del recinto, por lo cual se vuelve parte de la carga de enfriamiento. (Pita E. G., 2000)

Sin embargo, el exceso de calor se elimina en general en el equipo de enfriamiento, y por lo tanto es parte de la carga de refrigeración, pero no de la carga del recinto.

Las ecuaciones para calcular las cargas de enfriamiento sensible y latente debidas al aire de ventilación son:

$$Q_s = 1.1 \times CFM \times CT \quad \text{Ecuación 10}$$

$$Q_l = 0.68 \times CFM \times (W_e - W_i) \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

Qs, Ql= cargas de calor sensible y latente debido al aire de ventilación Btu/h

CFM= fluido de aire de ventilación, ft³/min.

CT= cambio de temperatura entre el aire exterior e interior, °F.

We, Wi= relación de humedad exterior e interior, g de agua/ lb aire seco

El calor QT total retirado del aire de ventilación es **QT = Qs + Ql**

Transferencia 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 invierno 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 dentro de la construcción, en este caso, el aire de ventilación nos da una carga en el recinto, sino una carga para el equipo de enfriamiento. (Pita E. G., 2000)



Muchas construcciones modernas tienen ventanas selladas, y por lo tanto no tienen pérdidas por infiltración, excepto en las puertas. (Pita E. G., 2000)

5.15. Eficiencia energética

La eficiencia energética o rendimiento energético de los equipos de climatización o aire acondicionado con refrigerante (climatizadoras, enfriadoras, bombas de calor, Split, inverter) básicamente se mide por las ratios conocidos por sus siglas (**EER, SEER, COP y SCOP**). (Revista Digital INESEM, 2016)

Básicamente los parámetros EER y SEER se refieren a la eficiencia del equipo en refrigeración y los parámetros COP y SCOP al rendimiento energético en calefacción. Cuantos más altos sean, mejor eficiencia tendrá el equipo que se vaya a comprar, pero también su costo será más elevado. (Revista Digital INESEM, 2016)

- **EER**: Energy Efficiency Ratio. (proporción de eficiencia energética)
- **SEER**: Seasonal Energy Efficiency Ratio. (proporción de eficiencia energética estacional)
- **COP**: Coefficient Of Performance. (coeficiente de seguridad)
- **SCOP**: Seasonal Coefficient Of Performance. (coeficiente estacional de seguridad)

Por tanto, la diferencia básica entre el EER-COP y el SEER-SCOP es que estos últimos son estacionales (seasonal). (Revista Digital INESEM, 2016)

Mientras que en el EER y el COP se mide la potencia con unas determinadas condiciones ambientales, pero a plena carga; en el SEER y en el SCOP se mide el rendimiento energético estacional teniendo en cuenta entre otras las condiciones eurovent siguientes:

- La producción de energía de calefacción/refrigeración durante **su uso anual normal** entre el consumo de energía eléctrica total en el mismo periodo.
- Se mide con **cargas parciales** (100%, 74%, 47%, 21%) que, en realidad, se ajusta más al uso real del equipo cuando se instala.
- Consumo del equipo cuando está apagado, desactivado por termostato o en espera (**consumos fantasmas**).

Estos valores vienen en las características técnicas de los equipos de aire acondicionado según si son equipos antiguos o nuevos: (Revista Digital INESEM, 2016)

- Si los equipos son nuevos, por obligación del reglamento delegado 626/2011, tienen que traer los ratios SEER y SCOP a partir del 2013.
- En el caso de ser equipos instalados anteriores a 2013 puede venir la ratio EER y COP o simplemente la relación entre la potencia calorífica y frigorífica suministrada con su consumo eléctrico asociado. rendimiento energético de equipos según SEER y SCOP.

	SEER  Eficiencia en frío (SEER)	SCOP  Eficiencia en calor (SCOP)
A+++	SEER ≥ 8,50	SCOP ≥ 5,10
A++	6,10 ≤ SEER < 8,50	4,60 ≤ SCOP < 5,10
A+	5,60 ≤ SEER < 6,10	4,00 ≤ SCOP < 4,60
A	5,10 ≤ SEER < 5,60	3,40 ≤ SCOP < 4,00
B	4,60 ≤ SEER < 5,10	3,10 ≤ SCOP < 3,40
C	4,10 ≤ SEER < 4,60	2,80 ≤ SCOP < 3,10
D	3,60 ≤ SEER < 4,10	2,50 ≤ SCOP < 2,80

TABLA: 2. Etiquetados y rendimientos de los equipos.



En definitiva, se deduce que cuando estamos comparando equipos, los parámetros (SEER y SCOP) son más fiables que las ratios EER y COP. (Revista Digital INESEM, 2016)

5.15.1. Norma técnica obligatoria nicaragüense eficiencia energética.

Relación de eficiencia energética, (REE). Razón entre la capacidad de enfriamiento total y la potencia de entrada efectiva en cualquier grupo de condiciones de clasificación dadas. (Cuando REE aparezca sin indicación de unidades se debe entender que eso se deriva de unidades watt/watt). (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua., 2012)

Tal relación se obtiene dividiendo la capacidad de enfriamiento (W_t) entre la potencia eléctrica promedio (W_e).

Las unidades en el sistema ingles son:

Unidad de flujo térmico (capacidad del acondicionador) BTU/h:

$$1\text{BTU/h} = 0,293071 \text{ W}$$

$$1\text{W} = 3.4131 \text{ BTU/h}$$

Capacidad de enfriamiento (W_τ). Capacidad que tiene un equipo para remover el calor de un espacio cerrado, expresado en watts. . (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua., 2012)

5.16. Psicrometría.

Psicrometría se define como la medición del contenido de humedad del aire. Ampliando la definición a términos más técnicos, psicrometría es la ciencia que involucra las propiedades termodinámicas del aire húmedo, y el efecto de la humedad atmosférica sobre los materiales y el confort humano. Ampliando aún más, incluiríamos el método de controlarlas propiedades térmicas del aire húmedo. Lo anterior, se puede llevar a cabo a través del uso de tablas psicrométricas o de la carta psicrométrica. (EMERSON, 2018, pág. 164)



Las tablas psicrométricas ofrecen una gran precisión, ya que sus valores son de hasta cuatro decimales; sin embargo, en la mayoría de los casos, no se requiere tanta precisión; y con el uso de la carta psicrométrica, se puede ahorrar mucho tiempo y cálculos. (EMERSON, 2018, pág. 164)

En seguida, se verán las propiedades del aire y de la humedad conjuntamente con las tablas psicrométricas, y posteriormente, se verá la carta psicrométrica. (EMERSON, 2018, pág. 164)

5.16.1. Cartas Psicrométricas.

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.

Las propiedades psicrométricas del aire que se describen en las ilustraciones de las han sido recopiladas a través de incontables experimentos de laboratorio y de cálculos matemáticos, y son la base para lo que conocemos como la Carta Psicrométrica. (EMERSON, 2018, pág. 180)

Aunque las tablas psicrométricas son más precisas, el uso de la carta psicrométrica puede ahorrarnos mucho tiempo y cálculos, en la mayoría de los casos donde no se requiere una extremada precisión. Como se mencionó al inicio de este párrafo, la carta psicrométrica es una gráfica que es trazada con los valores de las tablas psicrométricas; por lo tanto, la carta psicrométrica puede basarse en datos obtenidos a la presión atmosférica normal al nivel del mar, o puede estar basada en presiones menores que la atmosférica, o sea, para sitios a mayores alturas sobre el nivel del mar. (EMERSON, 2018, pág. 180)

Existen muchos tipos de cartas psicrométricas, cada una con sus propias ventajas. Algunas se hacen para el rango de bajas temperaturas, algunas para el rango de media temperatura y otras para el rango de alta temperatura. A algunas de las cartas psicrométricas se les amplía su longitud y se recorta su altura; mientras que otras son más altas que anchas y otras tienen forma de triángulo.



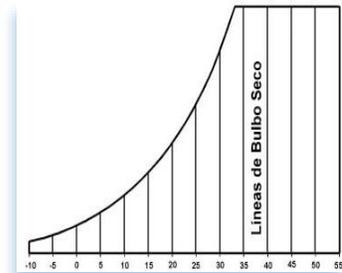
Todas tienen básicamente la misma función; y la carta a usar, deberá seleccionarse para el rango de temperaturas y el tipo de aplicación. (EMERSON, 2018, pág. 180)

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

5.16.2. Propiedades del aire, contenidas en la carta psicrométrica.

Temperatura de Bulbo Seco. (Bs)

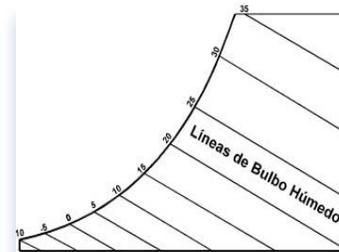
En primer término, tenemos la temperatura de bulbo seco. Es la temperatura medida con un termómetro ordinario. Esta escala es la horizontal (abscisa), en la parte baja de la carta. (EMERSON, 2018, pág. 182)



(Ilustración 3 Bs)

Temperatura de Bulbo Húmedo. (Bh)

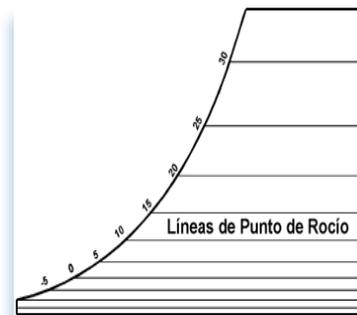
Es la segunda propiedad del aire de nuestra carta psicrométrica. Corresponde a la temperatura medida con un termómetro de bulbo húmedo. (EMERSON, 2018, pág. 182)



(Ilustración 4 Bh)

Temperatura del Punto del Rocío. (PR)

Es otra propiedad de aire incluida en una carta psicrométrica. Esta es la temperatura a la cual se condensará la humedad sobre una superficie. 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. (EMERSON, 2018, pág. 182)

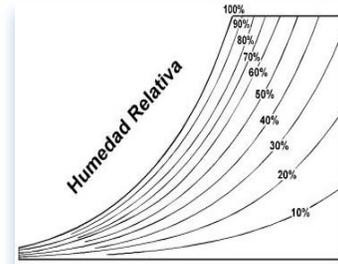


(Ilustración 5 Pr)

Humedad relativa Hr.

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. (EMERSON, 2018, pág. 183)

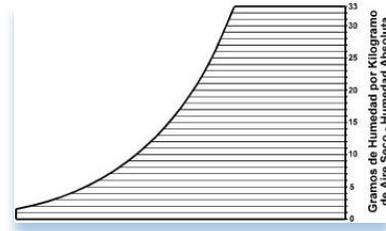
(Ilustración 6 Hr)



Humedad absoluta Ha.

La humedad absoluta, es el peso real de vapor de agua en el aire. Los valores de esta propiedad se expresan, como ya sabemos, 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. (EMERSON, 2018, pág. 183)

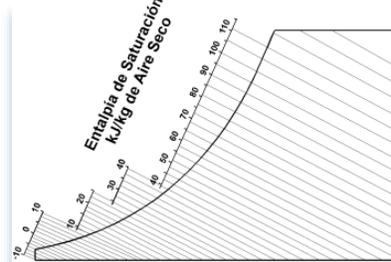
(Ilustración 7 Ha)



Entalpia h.

Las líneas de entalpía constantes en una carta psicrométrica. 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. (EMERSON, 2018, pág. 185)

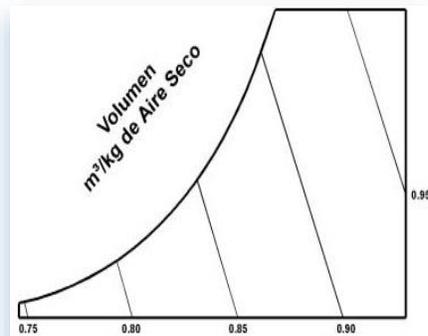
(Ilustración 8 h)



Volumen Específico Ve.

Estas líneas están en un ángulo aproximado de 60 o con la horizontal, y van aumentando de valor de izquierda a derecha. Representa un cambio de volumen específico de 0.05 m³/kg. (EMERSON, 2018, pág. 185)

(Ilustración 9 Ve)



La siguiente ilustración muestra gráficamente las propiedades del aire en una carta psicrométrica, en un punto de coincidencia P.

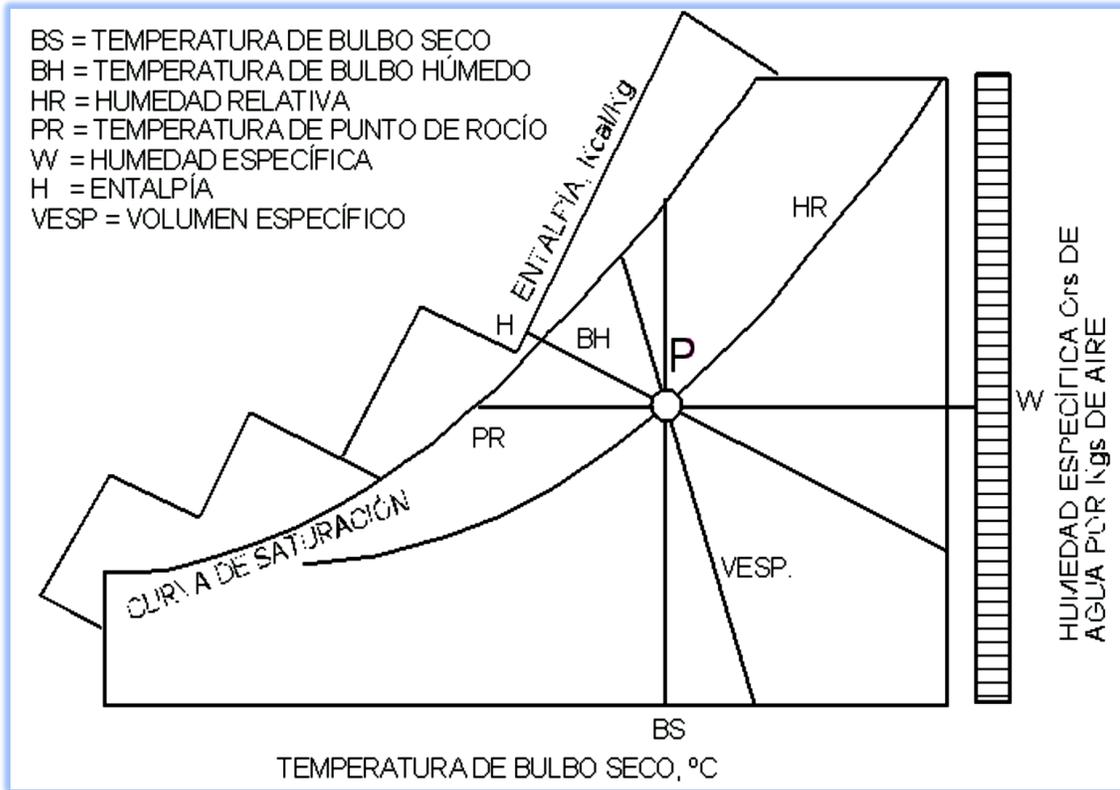


Ilustración 10 convergencia de las propiedades del aire en un punto P.

6. Aire acondicionado

El aire acondicionado se rige por los principios de la termodinámica para conseguir un cambio de temperatura entre un espacio y otro, utilizando el proceso de la refrigeración.

La refrigeración es el proceso que se emplea en los aparatos de aire acondicionado: consiste en producir frío, o, mejor dicho, en extraer calor, ya que para producir frío lo que se hace es transportar calor de un lugar a otro. Así, el lugar al que se le sustrae calor se enfría. (Arnabat, 2020)

6.1. Componentes de los sistemas de aire acondicionado

La mayor parte de los sistemas de calefacción y enfriamiento tienen como mínimo los siguientes componentes básicos:

Evaporador

Es donde ocurre el proceso de extracción del aire caliente, que cede su calor al gas refrigerante. Dentro de la unidad interior, un ventilador distribuye el flujo de aire refrigerado a la estancia. (Arnabat, 2020)

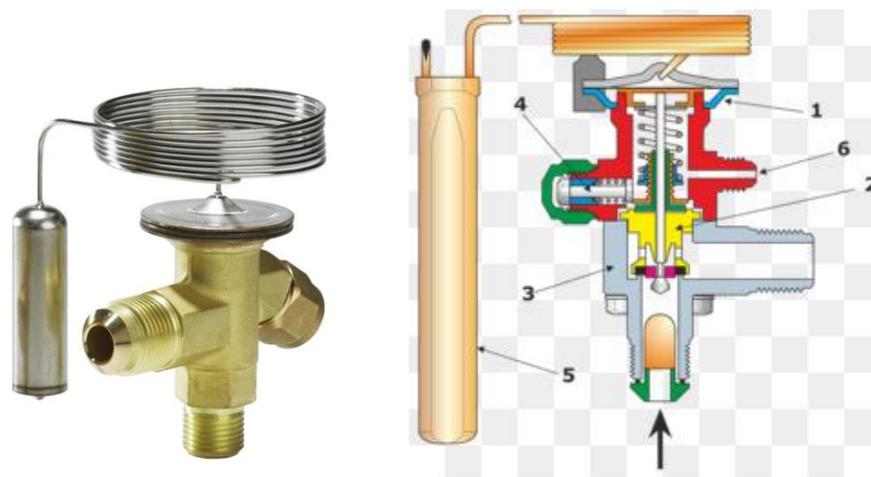
Condensador

La misión del condensador es enfriar el fluido refrigerante a la temperatura de condensación para poder condensarlo. Se pueden clasificar en:

- Condensadores que ceden el calor del fluido refrigerante al aire.
- Condensadores que ceden el calor del fluido refrigerante al agua. (Flores, 2017)

Válvula de expansión

La válvula de expansión libera de la presión al gas refrigerante, que al atravesarla pasa de estado líquido a estado gaseoso. (Arnabat, 2020)



(Ilustración 11. Válvula de expansión)

Compresor

El compresor es quizás el elemento más importante del circuito y el que consume más energía. La velocidad de trabajo del compresor dependerá de la señal que le envía el sensor de temperatura. Cuando se llega a la temperatura programada en el termostato, el compresor disminuye su velocidad de trabajo o se apaga si es el caso. (Arnabat, 2020)



(Ilustración 12. compresor)

Termostato

La función del termostato es la de regular el funcionamiento del equipo y apagarlo cuando se alcanza la temperatura deseada. Se trata de un componente electrónico fundamental para asegurar la eficiencia del aparato ya que nos permite usarlo sólo cuando realmente es necesario. (Arnabat, 2020)

6.2. Refrigerantes

Un refrigerante es un fluido capaz de transportar el calor de un lado a otro en cantidades suficientes para desarrollar una transferencia de calor. Los refrigerantes son los fluidos de trabajo en los sistemas de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor. (EMERSON, 2013)



Clasificación De Refrigerantes Por Sus Componentes Químicos

En la industria de la refrigeración y aire acondicionado se han utilizado múltiples sustancias químicas con diferentes características, desde los que no son inflamables ni tóxicos hasta los que presentan índices de inflamabilidad y toxicidad que provocan un mayor cuidado en el uso de los equipos y la prevención de fugas, en la parte siguiente se especifican los más utilizados en los sectores de consumo. (Hernandez, 2009)

- Clorofluorocarbonos (CFCs)
- Hidroclorofluorocarbonos (HCFCs)
- Hidrofluorocarbonos (HFCs)
- Hidrocarburos (HCs)
- Compuestos inorgánicos (R-717, R744)

Clasificación De Refrigerantes Por Su Numeración.

Existen diferentes tipos de refrigerantes que son utilizados en la industria de la Refrigeración y aire acondicionado actualmente, en seguida se hace una clasificación de los más comunes según la norma 34 del ASHRAE con la finalidad de no manejar nombres químicos para las sustancias. (Hernandez, 2009)

Refrigerantes Puros.

son aquellos que solo tienen un componente químico y su comportamiento está basado en sus propiedades termodinámicas propias de la sustancia como ejemplos se pueden citar el refrigerante 12(R-12), el refrigerante 11 (R11), el propano (R-290), etc. (Hernandez, 2009)

Refrigerantes Azeotrópicos.

Son mezclas de refrigerantes principalmente de dos componentes los cuales se comportan como un compuesto puro debido que no tienen variación de temperatura y presión en los cambios de fase si se encuentran en su punto de azeotropía. Para casos prácticos su comportamiento es muy similar a un



compuesto puro. Como ejemplo se puede Manual Buenas Prácticas en Refrigeración SEAM/PNUD/PNUMA – Paraguay 31 32 citar a los refrigerantes R-502, R-507, R-508B, etc. (Hernandez, 2009)

Refrigerantes Zeotrópicos.

Son mezclas de refrigerantes que si tienen variaciones de temperatura cuando existe un cambio de fase (condensación o evaporación) esto se debe principalmente a que los componentes que conforman la mezcla tienen diferentes puntos de ebullición. A esta variación de temperatura se le llama deslizamiento de temperatura o “glide” que debe ser considerado cuando se instalen este tipo de refrigerantes en los sistemas. Esta clasificación también se le llama series de refrigerantes donde los componentes puros son de la serie del metano y etano (decenas y centenas), Series 400 Refrigerantes Zeótropos y Series 500 Refrigerantes Azeótropos. (Hernandez, 2009)

Seguridad de Refrigerantes

En la sección anterior se describieron las diferentes clasificaciones de los refrigerantes, algunas de sus características y como pueden identificarse por su número específico, sin embargo, la forma de utilizarlos siempre es importante para evitar tener riesgos cuando se trabaje con estos productos, en seguida se especifican algunas de las precauciones que se deben seguir para evitar incidentes o accidentes laborales: (Hernandez, 2009)

- Los refrigerantes halocarbonados generalmente son más pesados que el aire y por consecuencia, cuando se fugan de los sistemas se dirigen hacia las partes bajas del espacio donde se encuentran los sistemas. Es fundamental trabajar en áreas ventiladas que eviten altas concentraciones de refrigerantes.
- Siempre se debe leer la hoja de seguridad del refrigerante a utilizar, aun cuando aparentemente todos los refrigerantes son similares, algunos tienen diferencias significativas. (Hernandez, 2009)

- Los refrigerantes causan quemaduras por congelación, para evitar quemaduras es importante el uso de guantes, gafas y en la medida de lo posible el uso de mangas largas para evitar contacto con la piel. (Hernandez, 2009)
- Los cilindros desechables son diseñados para almacenar producto virgen que será vendido a los usuarios finales, no se debe utilizar para recuperar refrigerantes ni reutilizarlo para otros servicios. (Hernandez, 2009)
- Nunca utilizar aire comprimido en presencia de refrigerantes para verificar fugas en sistemas porque la mezcla aire refrigerante a alta presión puede provocar un ambiente explosivo dentro del sistema, si se requiere verificar fugas se debe utilizar nitrógeno seco para este fin. (Hernandez, 2009)

6.3. Tipos de aire acondicionados

Aire acondicionado Split: un aparato compresor se ubica en el exterior conectado a equipos evaporadores en el interior. Lo más común es el aire acondicionado Split mural o de pared, en el caso de que se instale encastrado en el techo, se tratará de un aire acondicionado tipo cassette. (Arnabat, 2020)



(Ilustración 13. unidad Evaporadora Split)

Aire acondicionado cassette: la unidad interior se instala empotrada en el techo. Generalmente es utilizado para climatizar espacios amplios como oficinas o locales comerciales ya que cuenta con más potencia que un Split mural y sus cuatro salidas de aire abarcan más espacio a refrigerar. (Arnabat, 2020)



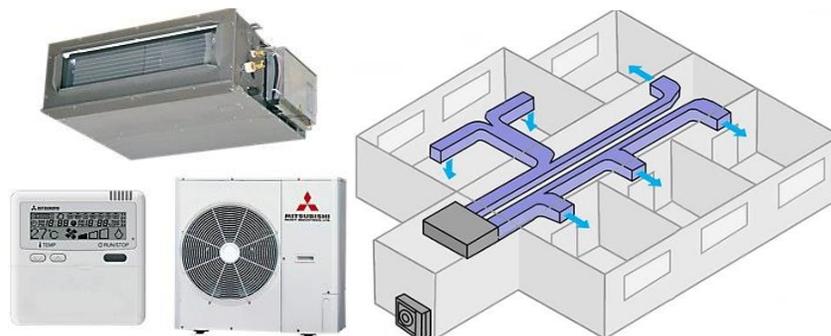
Ilustración 14. Unidad evaporadora cassette

Aire acondicionado multiesplit: se trata de un sistema Split con varias unidades interiores, lo que permite acondicionar varias estancias o un local de gran tamaño con una sola unidad exterior. (Arnabat, 2020)



(Ilustración 15. unidad condensadora multi-Split)

Aire acondicionado conductos: es un sistema de aire acondicionado, generalmente centralizado, que se encastra en el falso techo del local o vivienda. (Arnabat, 2020)



(Ilustración 16. unidad central de ductería.)

Los sistemas VRF -del inglés Variable Refrigerante Flow y conocidos en español como Caudal de Refrigerante Variable o VRV Volumen de Refrigerante Variable-

son sistemas de climatización de gran eficiencia idóneos para la climatización de edificios y grandes locales comerciales ya que permiten regular el caudal de flujo de refrigerante que se envía desde una misma unidad exterior a distintas unidades interiores utilizando la tecnología Inverter de los compresores y las válvulas de expansión electrónicas adaptándose a la demanda de cada unidad interior. (Arnabat, 2020)



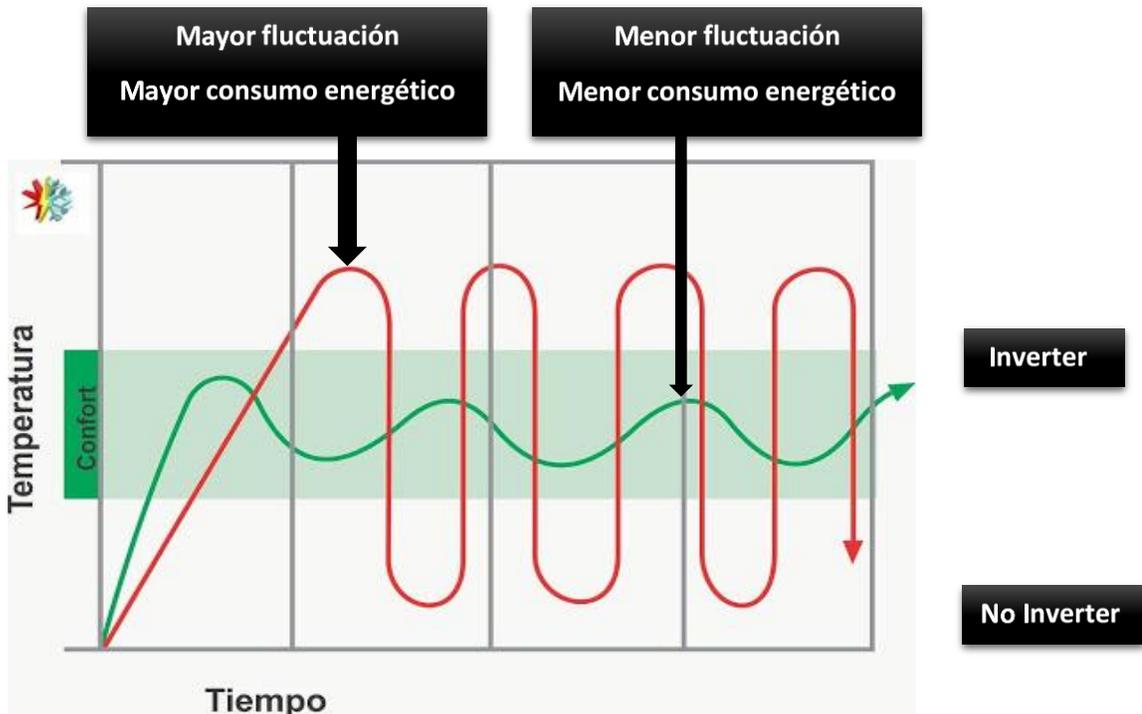
(Ilustración 17. unidad VRF de flujo variable)

Aire acondicionado 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, el compresor gira de forma continua, lo que ayuda a mantener constante la temperatura de la sala. Se asegura un gasto energético directamente proporcional a la capacidad de refrigeración requerida, evitando así consumos innecesarios y prolongando la vida del compresor. (Arnabat, 2020)

6.4. Tecnología inverter y su aplicación.

La tecnología Inverter regula el mecanismo del aire acondicionado mediante el cambio de la frecuencia de ciclo eléctrico, es decir, regula la velocidad del compresor. En lugar de arrancar y parar frecuentemente para obtener la temperatura media deseada, con el inverter el compresor gira de forma continua, lo que ayuda a mantener constante la temperatura de la sala. (Arnabat, 2015)

De esta forma se evitan consumos innecesarios y se asegura un gasto energético directamente proporcional a la capacidad de refrigeración requerida, lo cual, por otra parte, alarga la vida del compresor ya que no tiene que trabajar tanto. (Arnabat, 2015)



(Ilustración 18. Grafica de operación sistema inverter Vs no inverter)

Como se explica en la ilustración, el aire acondicionado Inverter alcanza la zona de confort más rápidamente. Sin usar esta tecnología, el local se calienta o refresca en exceso ya que en los equipos sin inverter no se pueden regular, por lo que necesita más tiempo para llegar a su nivel óptimo, pero desciende de nivel rápidamente. En cambio, el Inverter mantiene una temperatura agradable todo el tiempo con arranques y apagados suaves, consumiendo además mucho menos. (Arnabat, 2015)

6.5. Impacto ambiental de un aire acondicionado

Cada vez que se enciende el aire acondicionado, su hogar consume energía de la red eléctrica. El aumento del consumo de energía no sólo aumenta sus facturas



de electricidad, sino que también agota recursos limitados como los combustibles fósiles. (casate con el planeta, 2019)

Además, estos aparatos contribuyen colectivamente al efecto invernadero y al calentamiento global. El aire caliente se libera a la atmósfera y puede crear más calor. En las ciudades donde la mayoría de los hogares y negocios tienen aire acondicionado, pueden llegar a cambiar ciertos patrones climáticos. (casate con el planeta, 2019)

Ventajas medioambientales

Sin embargo, el impacto del aire acondicionado no es tan dañino. De hecho, aparte de los beneficios obvios de un aire más fresco y deshumidificado para una vida más sana y confortable, los aparatos de aire acondicionado de hoy son mucho más eficientes y menos dañinos para el medio ambiente de lo que solían ser. (casate con el planeta, 2019)

Los modelos más nuevos consumen menos energía y se alimentan con refrigerante más seguro y limpio. La climatización también tiene un impacto positivo en el medio ambiente en el mundo de la fabricación. Los trabajadores son mucho más productivos, lo que resulta en menos tiempo perdido y menos consumo de energía. (casate con el planeta, 2019)

Reducir el impacto de un aire acondicionado

No tiene que quitar el aire acondicionado de su casa para reducir su huella de carbono. Si quiere estar cómodo en su casa, pero quiere reducir su consumo de energía tanto para el medio ambiente como para su bolsillo, comienza con su propio aire acondicionado. Recomendamos los productos que cumplen estrictos criterios de eficiencia energética. Cuando su aire acondicionado funciona, no requiere tanta energía de la red, por lo que no afecta tanto al medio ambiente. (casate con el planeta, 2019)



Además, recomendamos que los propietarios encuentren la temperatura más cálida tolerable en su termostato. Ahorra energía por cada grado que aumente su termostato. Aumente la temperatura en un grado por día hasta que encuentre la temperatura que le permita ahorrar energía y estar cómodo. (casate con el planeta, 2019)

6.6. Eficiencia de los sistemas de aire acondicionado

La finalidad de estimar la eficiencia de un equipo de aire acondicionado es indicar la cantidad de energía relativa requerida para remover una cantidad específica de calor. De allí que un equipo con eficiencia mayor, consumirá menos energía para realizar el mismo trabajo. (casate con el planeta, 2019)

Es similar a los kilómetros por litro para automóviles, pero en vez de km/l, los equipos de aire acondicionado central usan la designación EER (Energy Efficiency Ratio) que no es más que una simple relación matemática entre el Calor Total suministrado expresado en unidades térmicas británicas por hora (Btu/h) versus la energía eléctrica requerida para lograrlo (Kw). (casate con el planeta, 2019)

Recientemente el Departamento de Energía de los Estados Unidos de Norteamérica ha desarrollado un método más complicado para evaluar el desempeño de un equipo a lo largo de un amplio rango de condiciones de operación. El resultado es conocido como el SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) que es un indicativo de la operación del acondicionador de aire durante la temporada de frío. (casate con el planeta, 2019)

Dado que el valor correspondiente al SEER es considerablemente superior al EER para un mismo equipo, se ha hecho muy popular expresar los valores de la eficiencia de los equipos de Aire Acondicionado mediante el uso de este término (SEER) el cual ya ha sido adoptado por la mayoría de los fabricantes a nivel mundial y aunque no debería ser considerado como un índice de eficiencia para aquellos equipos que se encuentren funcionando en lugares tropicales dada la inexistencia de estaciones o época de frío. (casate con el planeta, 2019)



La siguiente tabla muestra los diferentes sistemas de aire acondicionado, su EER (Energy Efficiency Ratio) y su consumo eléctrico expresado en KW/toneladas de refrigeración.

Tipo / Sistema	EER	KW /ton
Portatil	8.0 - 9.0	1.33 -1.5
Ventana	8.5 - 10	1.2- 1.44
Mini Split	8.3 - 11.0	1.10 - 1.45
Split	10 .0- 11.5	1.05- 1.20
Paquete < 15 ton	11	1.09
Paquete < 50 ton	11.6	1.03
Central	10.0- 11.0	1.09 - 1.20
Chiller enfriado por aire	10.5 - 12.0	1.00 - 1.14
Chiller enfriado por agua	12.0 -15.0	0.80 - 1.00

TABLA 3. Comparación de eficiencia de diferentes tipos de A/C.

7. Selección del Equipo

Existen distintos modelos de equipos donde cada uno se va ajustando a necesidades diferentes. Para la selección de nuestro equipo nos enfocaremos en alcanzar una temperatura de confort utilizando los cálculos de potencia y eficiencia energética. También se tomarán en cuenta otros factores como:

- El tamaño del local
- La altura del techo
- El número y tamaño de las ventanas
- La orientación
- La cantidad de luz
- Cantidad de aparatos eléctricos en el local

También se procurará utilizar equipo Inverter debido a que el compresor funciona aproximadamente a una velocidad el doble de rápida hasta llegar a la temperatura ideal, por eso el calentamiento y el enfriamiento son más rápidos, referente a la velocidad del compresor y, por tanto, la potencia de salida, se adapta a la temperatura del local. (Aire Acondicionado, 2020)

Esta regulación eficiente y lineal de la temperatura mantiene en todo momento un establecimiento agradable. De igual manera un climatizador Inverter consume la



mitad de la electricidad que un modelo sin función Inverter, con lo que se obtiene mayor bienestar por mucho menos dinero. (Aire Acondicionado, 2020)

7.1. Instalación de Aire Acondicionado

Antes de comenzar con la instalación o compra del aire acondicionado, hay que tener en cuenta qué capacidad necesitamos para el lugar a climatizar, para ello tendremos que hacer un cálculo de frigorías y así saber cuántas frigorías necesita el equipo que tenemos que comprar. (Aire Acondicionado, 2020)

Pero también tenemos que saber si la instalación eléctrica del lugar está preparada para soportar la carga del aire acondicionado. (Aire Acondicionado, 2020)

7.2. Criterios necesarios para seleccionar un Aire Acondicionado

Para elegir un aire acondicionado es preciso detallar algunos aspectos o características. (Aire Acondicionado, 2020)

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. (Aire Acondicionado, 2020)

Herramientas básicas para instalación de aire acondicionado estándar.

Herramientas



- Kit de destornilladores o atornillador eléctrico.
- Corta hilos o alicates.
- Corta tubos.
- Abocardador.
- Juegos de llaves fijas e inglesa.
- Manómetros.
- Taladro.
- Segueta.

Estas son sin duda las herramientas más usadas.

Materiales

- Tuberías de cobre o aluminio (De la sección necesaria).
- Aislante térmico para tuberías (coquilla).
- Cables o hilos eléctricos para interconexión y alimentación.
- Cinta aislante.
- Tubo de desagüe PVC.
- Tornillos y tacos.
- Pegamento para PVC.
- Soportes para Unidad exterior.

Maquinaria

Dependiendo del tipo de instalación y de equipo, necesitaremos unos elementos básicos para la instalación, como son:

- Máquinas: Unidad interior y exterior.
- Elemento de distribución de aire: Conductos.
- Mandos o termostatos.

7.3. Consejos previos a la instalación

En primer lugar, es importante tener una buena organización para la correcta instalación, de forma que evitemos accidentes, suciedad en exceso o disconformidad del cliente. (Aire Acondicionado, 2020)



Por tanto, es importante contar con un instalador acreditado si no tienes los suficientes conocimientos.

Hay veces que cuando terminado de montar el equipo nos damos cuenta de que no funciona bien o no enfría. Si no tenemos una preparación técnica difícilmente podremos dar con el problema. (Aire Acondicionado, 2020)

Es por eso que recomendamos buscar un instalador o una empresa especializada en aire acondicionado, ya que por muchos tutoriales que veamos en Internet o en cualquier otro sitio, la instalación de un A/A puede llegar a ser más compleja de lo que creemos. (Aire Acondicionado, 2020)

7.4. Costos económicos de una unidad de aire acondicionado

Se realizar las cotizaciones en varios establecimientos comerciales en Nicaragua sobre el precio de los equipos de aires acondicionados ([tabla 34](#) selección de equipo) y su instalación donde se seleccionará el precio que mejor se adapte al presupuesto que la universidad disponga, se recomienda comprar equipos inverter por su ahorro de energía que se reflejaría en un pago menor de la energía.

7.5. Instalación de aire acondicionado

Se elaborará un plan de instalación y se seleccionará el área en que se ubicaran, la cantidad de equipos que demandara la biblioteca.

7.6. Mantenimiento de aire acondicionado

El mantenimiento del aire acondicionado consiste en la correcta gestión de un activo que brinda confort y bienestar. el aire acondicionado requiere de un mantenimiento periódico, para garantizar su correcto funcionamiento a lo largo del tiempo. (FIXSOLUCIONES, 2020)

El mantenimiento de aires acondicionados consiste en cuatro aspectos básicos y fundamentales: limpieza de la unidad exterior, limpieza de unidad interior, la revisión de los niveles de gas refrigerante y potencia.



Para esto se elaborará un cronograma de actividades ([tabla 15](#) de anexos) que se debe cumplir para un óptimo funcionamiento y a largar la vida del equipo, manteniendo siempre el confort de las personas dentro de la biblioteca.

7.7. Tipos de Mantenimientos de Aires Acondicionados

7.7.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo consiste en brindar un servicio técnico anticipado (reparación antes de la falla, cuando el aire sigue operando con normalidad) con la finalidad de evitar daños y desgates en un futuro cercano, lo que permite no tener que gastar altas sumas de dinero por averías que se pueden evitar gracias a los mantenimientos preventivos periódicos. (FIXSOLUCIONES, 2020)

Se verifica su funcionamiento antes de iniciar con el servicio, miden las presiones del refrigerante, el voltaje y amperaje, se procede al desmonte de la carcasa del evaporador desconexión y protección de la parte eléctrica, limpieza de evaporador, filtros y limpieza del compresor con agua a presión, jabón y desinfectante. (FIXSOLUCIONES, 2020)

7.7.2. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo consiste en reparar el daño o falla, es como estar apagando incendios. Suelen ser fortuitos o se presentan de forma inesperada. Tiene que ver con solucionar problemas que ya están dificultando el correcto funcionamiento de la unidad. No requieren planeación ni una programación previa. (FIXSOLUCIONES, 2020)

La siguiente imagen solo es una ilustración básica del área a climatizar (biblioteca); para corroborar datos ver ([plano 1](#) de anexos) realizado en AutoCAD, para apreciar las medidas arquitectónicas.

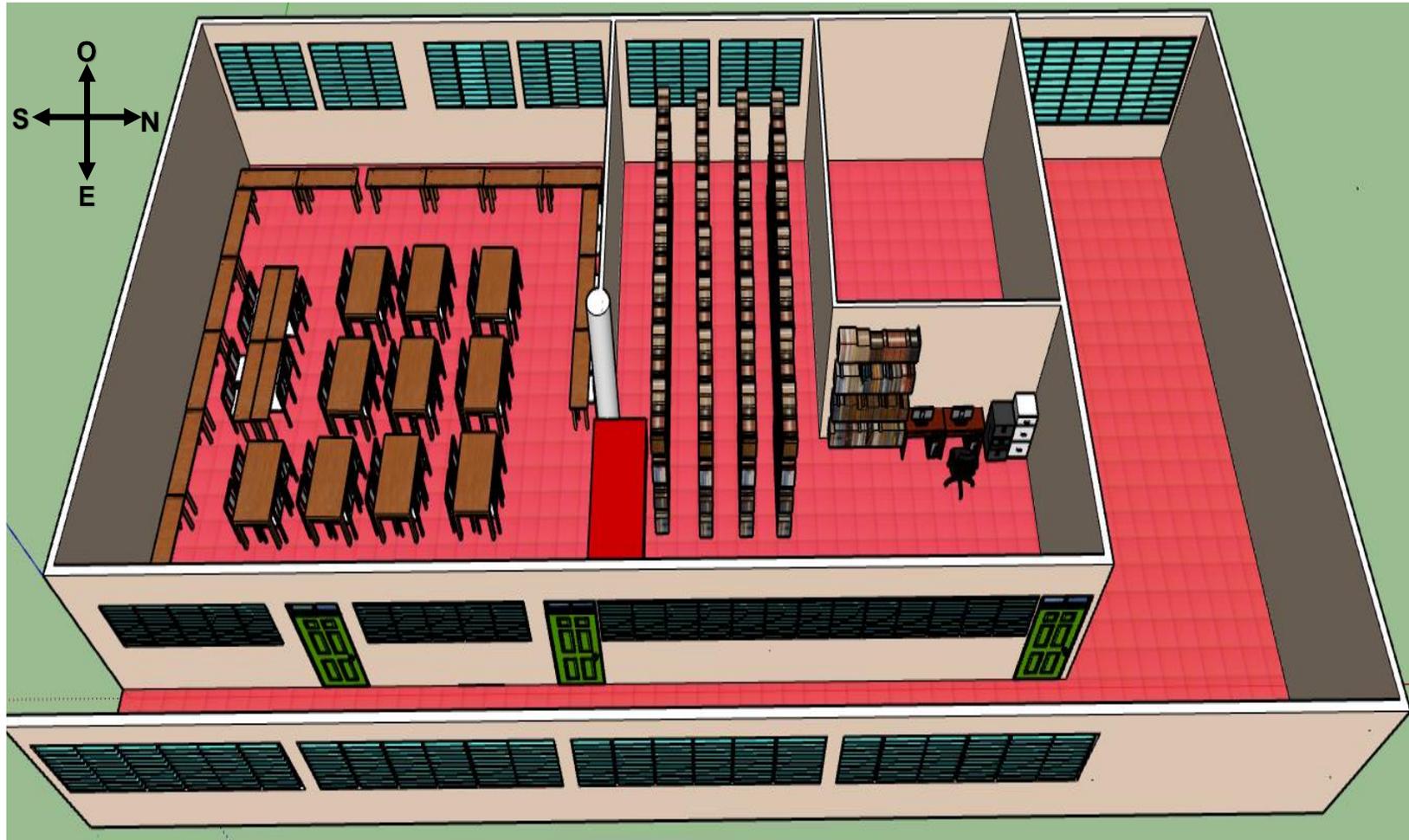


Ilustración 19 biblioteca San Alberto Magno Dominico (UNIAV)



7. DISEÑO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de los cálculos se ha definido la siguiente secuencia:

- 1) . Se toman en cuenta las medidas de la infraestructura, por medio de los planos arquitectónicos, proporcionado por las autoridades del edificio, se identifica el diseño, orientación geográfica, materiales sobre los cuales está construido y finalidad del área a climatizar.
- 2) . Seguidamente, se calcula las cargas térmicas del local, debido a las ganancias de calor ya sea por ventanas (conducción, convección y radiación), paredes exteriores e interiores, techos exteriores, pisos, puertas, personas, equipos electrónicos, iluminación, filtraciones, etc.
- 3) . Posteriormente, con los datos obtenidos del procedimiento anterior, se realiza un análisis psicrométrico del aire que entra y sale del serpentín de enfriamiento del evaporador, para así, conseguir la carga de enfriamiento en forma de calor que debe eliminar el equipo de aire acondicionado del ambiente (biblioteca).
- 4) . El siguiente paso es elegir el equipo de catálogos de fabricantes que tengan distribución a nivel nacional, tomando en cuenta el caudal de aire de entrada al recinto, el calor de baja y el coeficiente de operación del equipo.
- 5) . Se plantea un plan de instalación que facilite el montaje del equipo, en él se enmarcan las condiciones en las que se debe de instalar, así como también las herramientas que se van a utilizar.

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.



8. Características arquitectónicas del edificio de la biblioteca.

8.1. Análisis estructural.

La biblioteca San Alberto Mango Dominicó, se encuentra formando parte de la estructura de un edificio voluminoso que contiene muchas áreas para diferentes finalidades, entre ellas: áreas de oficinas administrativas, áreas de bodegas, aulas de clases, auditorios, rectoría. El edificio central como tal posee 3 plantas, y la biblioteca está contenida en la segunda planta, lo cual es un dato importante para tener en cuenta al momento de analizar la carga térmica, ya que 3 de sus 4 paredes están interna y la única pared expuesta al exterior es la pared Oeste.

La fachada de la biblioteca se encuentra detrás de la fachada del edificio central, formando un pasillo, donde no está expuesta directamente a los rayos del sol, pero sí al ingreso de aire a temperatura exterior pero este con algunos grados de diferencia que el aire exterior debido a que las velocidades de movimiento son menores, aparte se mezcla con aire que permanece interno a menor temperatura los cuales ingresan a la biblioteca a modo de infiltraciones por persianas de paletas y por puertas.

Debido a que se encuentra en una segunda planta (a modo de un Sándwich) entonces se calcula la ganancia de calor por piso, ya que la planta de abajo no está climatizada y también experimenta variaciones en su temperatura por efecto de ganancia de calor. De igual modo el techo de la biblioteca forma parte del piso de la tercera planta donde también posee ganancias de calor debido a que la tercera planta tampoco está climatizada.

8.2. Material de construcción.

La pared Este: la mayoría de las paredes están construidos por material ligero, se detalla la primera pared de análisis que es la fachada; orientada al lado Este, alineada con la salida del sol y detrás de la fachada del edificio central, la pared Este, está constituida por 3 puertas de madera, y posee material de fibrocemento doble cara con estructura metálica interna y aire entre las dos áreas, esta pared



contiene un área de ventanas de paletas con un total de 23 ventanas con una altura de 1.1m de alto y 0.6 m de ancho, y después de las ventanas continua la pared de fibrocemento, la cual posee una longitud de 20 metros.

La pared Oeste: Testero, forma parte de la estructura general del edificio central por lo que su material de construcción es de concreto pesado con repello a ambas caras, y es una pared exterior que está expuesta a las condiciones climáticas más extremas que se pueden producir durante el día, ya que es la que recibe la mayor cantidad de sol durante el pico máximo de calor, lo que hace que esta pared almacene y conduzca calor hacia el interior de la biblioteca y demás áreas de contacto.

Esta pared también posee ventanales de persianas de paletas después de los 0.43 m del techo, las cuales tienen una altura de 1.43 m de alto por 0.69 m de largo, con un total de 18 unidades de persianas. Después de las persianas continua la pared de concreto pesado hasta el piso. La longitud de esta pared es de 15 metros ya que se le resta el área de una oficina de 5 metros de largo.

La pared Norte: no posee ventana y limita con una oficina climatizada hasta los 6 metros de ancho y luego continua por 4 metros en contacto con un pasillo muy amplio, el material de construcción es lamina de fibrocemento de doble cara y con estructura interna de metal, más aire atrapado entre las dos caras.

Para esta pared solo se calcula la ganancia de calor para los 4 metros ya que el resto está en contacto con una oficina climatizada de 6x5 metros.

La pared Sur: no posee ventanas ni puertas, y en su totalidad es una pared de 10 metros de ancho por 3.2 metros de alto, construida de material ligero de fibrocemento doble cara, con estructura metálica interna y aire atrapado en sus dos caras. Esta pared al estar en contacto con otra área, se considera pared interna pero el área en contacto no está climatizada por lo que se realizó mediciones de temperatura exterior a la pared sur para conocer el valor de dicha temperatura.



Techo: como ya se había mencionado, el techo es el piso de la tercera planta y si bien no está expuesto al sol, si tiene ganancia de calor debido a que la temperatura sobre el techo de la segunda planta es grande ya que esta área sobre él no está climatizada y mantiene cerrada lo que provoca un efecto invernadero aumentando la temperatura.

Piso: el piso constituye el techo de la primera planta, pero esta tampoco está climatizada y provoca una ganancia de calor la cual es pequeña pero no deja de ser importante.

Para apreciar más los detalles se les invita a revisar (***TABLA: 4, pág. 55 Dimensiones y característica de las paredes.***)

También se le invita a revisar los planos arquitectónicos en Anexos, y las ilustraciones de Sketchup realizadas para que el observador pueda apreciar los detalles.

A lo largo del desarrollo del estudio se va detallando cada uno de los parámetros considerados, estos pueden estar en: párrafos, tablas, gráficos, planos, o ilustraciones modeladas.

8.3. Parámetros ambientales externos.

Rivas es un departamento de clima sub tropical húmedo, contiene grandes masas de agua ya que limita con el océano pacifico en un extremo y el Lago Cocibolca, aparte de eso existen muchos afluentes fluviales y es una región boscosa con lluvias moderadas, lo cual hace que exista una gran cantidad de agua contenida en el aire, pero a punto de condensarse, tan solo bajando unos cuantos grados su temperatura. Estos datos respaldados por INETER para la estación de Rivas, son de mucha importancia al momento de establecer la zona de confort Térmico en la biblioteca.

La temperatura de Bs se tomará de la base de datos obtenidas por la institución meteorológica INETER, los cuales se obtuvieron haciendo visita a las instalaciones de dicha institución. Sin embargo, para conocer las temperaturas



internas de las paredes que no están expuestas al exterior, se realizaron mediciones en el área con una herramienta TERMOHIGROMETRO para conocer humedad relativa y temperatura, ya que esto ofrece una mejor precisión y de ahí sacar la temperatura de pico máximo.

8.4. Finalidad del Edificio.

La biblioteca está destinada para albergar a los estudiantes que necesiten comodidad para realizar sus estudios, investigaciones, charlas educativas, y demás personal administrativo que necesite hacer uso de esta instalación. Posee una capacidad máxima de 104 personas sentadas y con sus respectivas mesas. Adyacente a esta área, existe un área de hemeroteca, que contiene personal administrativo con algunos ordenadores y demás equipos de oficinas que se detallan en una tabla más adelante en el cálculo de ganancia de calor por equipo.

La biblioteca estará limitada a su capacidad de ocupantes, pero no a la cantidad de equipos por los cuales en el diseño se toma factores de seguridad para mantener los equipos operando en condiciones óptimas.

El control sobre la humedad relativa en el local, favorece la conservación de los documentos que se encuentran en este local, y a los ocupantes que ya han sido tomados en cuenta. Por eso se seleccionó una humedad relativa del 50 % y una temperatura de confort de 24° C, que, si bien son condiciones de confort térmico humano establecido por la norma **ISO 7730**, al tomar el valor de humedad relativa mínimo se considera que es un área con acceso a material papel y equipos electrónicos los cuales deben ser conservados teniendo control sobre la humedad relativa dentro de su lugar de ubicación.

9. Desarrollo de cálculos

9.1. Ganancia de calor en la biblioteca.

Para empezar a realizar los cálculos se debe hacer una reseña característica de cada pared (este, oeste, norte y sur) para conocer cada detalle que ellas comprenden (ventanas puerta, color de las paredes, materiales de construcción,



infiltraciones y todo tipo de información necesaria para desarrollar los cálculos pertinentes para encontrar la carga de enfriamiento).

1. El área de la ventana se debe de restar para las paredes este y oeste, quienes son las que contienen persianas de paletas, para la Pared este se tiene un área de ventana de 15.433 m^2 y para la pared oeste se tiene un área de 12.672 m^2

2. El área de puertas de la pared este se debe de restar al área bruta de esta misma, la dimensión ocupada para las puertas tiene una totalidad de 6.3 m^2 , esta área se le restará al área bruta de la pared este.

3. El área de la pared norte y sur no contienen puertas, ni ventanas por lo que se toma el valor del área bruta.

4. En el área total la pared norte y este son de Plycem o lamina de fibrocemento doble cara con estructura metálica interior y una película de aire entre las láminas de 0.10 m .

Se le agrega un plano arquitectónico y un plano en 2 D ([plano 1](#) de anexos), Última hoja) para visualizar estos detalles para una mejor apreciación. a continuación, iniciaremos a detallar con los valores reales las características de cada pared.

Para el interior de la biblioteca se ha seleccionado una temperatura de confort térmico de 24° C y una humedad relativa de 50% .

Conducción A Través De La Estructura Exterior.

Se realizarán los cálculos de transferencia de calor independientemente en cada pared, techo, piso y ventanas, ya que están sometidas a diferentes condiciones además de ser diferentes infraestructuralmente.



➤ Para los siguientes cálculos se tomará la relación de $1m^2 = 10.763ft^2$

Dimensiones y características de las paredes de la biblioteca						
Latitud	Longitud (m)	Alto (m)	Ancho (m)	Area m^2	Area ft^2	Material
Este	20	3.2	0.1	64	688.9128	Plycem
Oeste	15	3.2	0.15	48	516.624	Concreto
Norte	4	3.2	0.1	12.8	137.7664	Plycem
Sur	10	3.2	0.1	32	344.4564	Plycem

TABLA: 4. Dimensiones y característica de las paredes.

EVALUACION DE LA PRIMERA PARED; (FACHADA), ORIENTACION "ESTE".

Características de la pared Este.

La pared este tiene 20 metros de longitud y una altura de 3.2 metros, está construida de Plycem doble cara con estructura metálica interna y capa de aire interno, está pintada de amarillo mate (color claro) y posee un ancho de 0.10 metros.

Posee un área de construcción de 64 metros cuadrados, equivalente a 688.9128 ft^2 , según las medidas de los planos arquitectónicos proporcionados por las autoridades, y detalles obtenidos de mediciones mediante visita de planta.

Para esta infraestructura, solo se cuenta con 3 puertas en la pared **Este**, y el área de dichas puertas será restada del área total de pared para conocer el área útil.

Área de puertas "Biblioteca"						
Latitud	Unidades	Alto (m)	Ancho (m)	Area m^2	Area ft^2	Material
Este	3	2.1	1	6.3	67.8148	Madera

TABLA: 5. Área de puertas pared Este.



Las áreas de ventana se logran, a partir de mediciones directas en el edificio para conocer los detalles, como: material, número de paletas, ancho de paletas, tipo de vidrio, altura de ventana, largo y fisuras.

Área de ventanas.							
Latitud	Unidades	Alto (m)	Ancho (m)	Area m ²	Area ft ²	Material	Paletas
Este	23	1.1	0.61	15.433	166.1248	Vidrio	12
Oeste	18	1.1	0.64	12.672	136.4047	Vidrio	16
Norte							
Sur							

TABLA: 6. Dimensiones y característica de las ventanas y paredes E y Oe.

Área útil de Pared ESTE.

Para la pared ESTE, la temperatura de bulbo seco se tomó a partir de mediciones directas en el área, ya que, para esta área en particular, no hay incidencia de los rayos del sol de modo directo, porque existe una doble fachada, creando un pasillo de 2 metros de ancho entre la fachada del edificio y la fachada de la infraestructura de la biblioteca.

La medición se obtuvo con un instrumento de medición llamado: “Termo higrómetro”, de la marca EXTECH, con el que se midió temperatura y humedad relativa.

Para este proceso se hicieron varias medidas (10 mediciones en un intervalo de tiempo de 10 minutos cada una), para conocer las temperaturas máximas y mínimas, que se registraban en el mismo punto de medición y los gradientes de cambio con respecto al tiempo.

Se realizaron 10 mediciones para establecer un intervalo de medida de 10 minutos entre cada medición y tener un rango de medida más exacto y sencillo de analizar del gradiente de cambio de temperatura con respecto al tiempo.



A continuación, la tabla detalla la medición en las horas más calientes:

Hora	# de medición	Bs °f	HR
1:50 p. m.	1	83.3	50%
2:00 p. m.	2	83.9	52%
2:10 p. m.	3	84.7	51%
2:20 p. m.	4	85.1	50%
2:30 p. m.	5	85.5	50%
2:40 p. m.	6	84.6	51%
2:50 p. m.	7	84.2	51%
3:00 p. m.	8	84.4	52%
3:10 p. m.	9	83.8	50%
3:20 p. m.	10	83.1	51%
Promedio		84.2600	51%
Rango		2.4	2%

TABLA: 7. Rango de temperaturas medidas, pared Este.

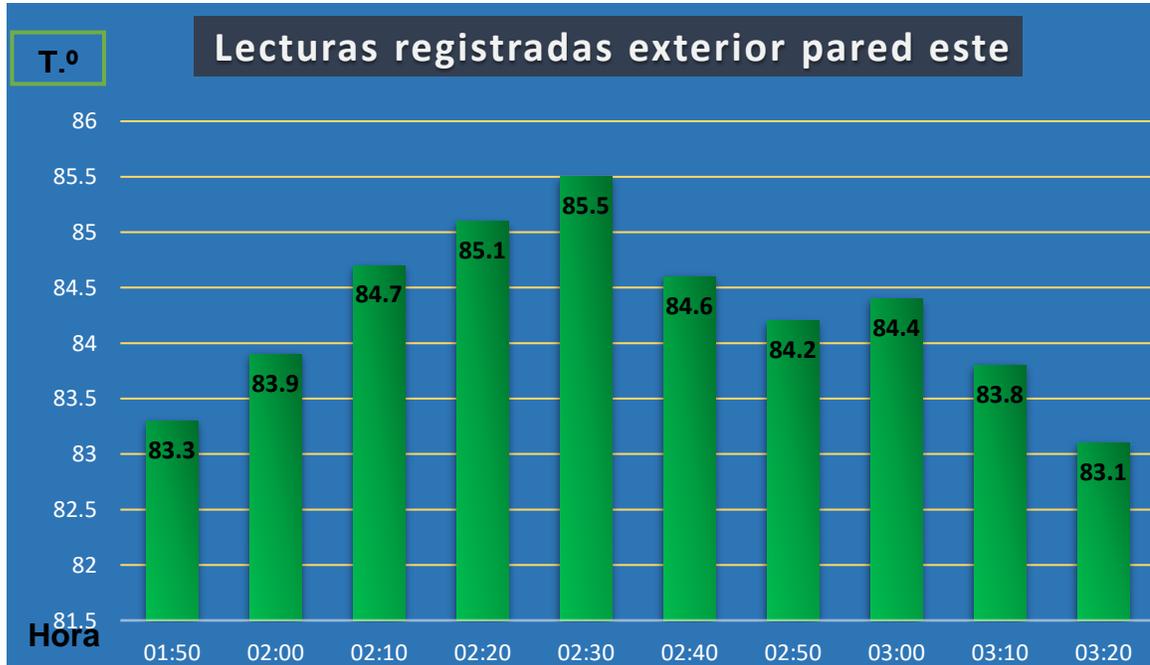
Estas mediciones se han realizado en un tiempo de una hora y media, donde se distribuyó en ese rango, con un intervalo de 10 minutos entre cada medida.

La metodología utilizada no establece cuantas mediciones hay que hacer o con que intervalo de tiempo, y el único modo de establecer una medición más precisa era midiendo directamente en el lugar, ya que el clima está cambiando y no es seguro considerar 5°f menos que la temperatura exterior ya que es método desfasado por cambios continuos en la temperatura debido al cambio climático, además de existen otros métodos para calcular la temperatura exterior.

Por medio de un gráfico de columnas, se representarán los rangos de temperatura de las mediciones correspondiente a la pared este de la biblioteca donde muestra la hora máxima de temperatura.



- El siguiente grafico ilustra las temperaturas registradas en la medición Este.



Grafica 1. máximos y mínimos de T para la pared Este.

Temperatura de Bulbo seco T°Bs

De las 10 mediciones realizadas se toma una temperatura promedio, que resulta de sumar todas las mediciones y dividir las en el número total de mediciones.

Esta fue la temperatura registrada por el Termo higrómetro.

$$T^{\circ}Bs = 84.2600 \text{ }^{\circ}f$$

La temperatura de diseño exterior, se calcula; restando a la temperatura del Bulbo Seco la división del rango diario entre 2.

El rango diario: es el gradiente de cambio con respecto al tiempo, de las temperaturas medidas; de otro modo, es el resultado de la resta de la temperatura máxima menos la mínima, $(85.5^{\circ}f - 83.1^{\circ}f = 2.4)$.



❖ **Temperatura de diseño exterior.**

$$t_0 = T^{\circ}Bs - \frac{\text{Rango diario}}{2}$$

$$t_0 = 29.0370 \text{ }^{\circ}\text{C} - \frac{2.4}{2} \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_0 = 27.8333 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 82.0999^{\circ}\text{F}$$

t_0 = temperatura del diseño exterior

$T^{\circ}Bs$ = Temperatiura del Bulbo seco

Rango diario = (2.4); temperatura maxima menos la minima (TABLA 7 Pag. 57)

El área es extraída de los planos del edificio, a los cuales se le restaron las áreas de puertas, ventanas de paleta (persianas) y ventanas cerradas (vitrales), para con esto obtener el área útil de pared.

Al área total de pared se le restara el área total de ventanas y el área total de puertas, para obtener el área útil de pared.

Área útil de la pared “Este” de la biblioteca				
A pared m ²	A puerta m ²	A ventana m ²	A útil pared m ²	A útil pared ft ²
64	6.3	15.433	42.267	445.1302

TABLA: 8. Área útil de pared Este.

Calculando el coeficiente global de transferencia de calor para la pared Este:

El tipo de material es lámina doble cara, de Fibrocemento con estructura metálica interna.

❖ **Selección de Grupo de pared.**

Grupo. G esto se obtiene de la ([TABLA 5 de anexos.](#)) (*Descripción de los grupos de construcción de paredes.*). Pared de lámina con o sin espacio de aire + 1, 2 o 3 in de aislamiento.



Ficha técnica de la lámina de Fibrocemento (empresa Plafomax-Mexico)

Propiedad	Valor	Método de prueba
Densidad ambiente (promedio)	1,5 kg/dm ³	
Resistencia a la flexión Longitudinal (A)	8 MPa	
Resistencia a la flexión Transversal (A)	12 MPa	
Resistencia a la flexión Longitudinal (S)	6 MPa	NMX-C-234 ONNCCE
Resistencia a la flexión Transversal (S)	8,5 MPa	ASTM C-1185
Absorción de Agua	35%	ISO-8338
Escuadras de panel (Tolerancia)	2,6 mm/m	
Resistencia a ciclos calor-lluvia	25 sin falla visible	
Resistencia a ciclos de exposición de agua caliente	25 ciclos sin falla visible	
Variación lineal (de 30% a 90% HR)	0,10 cm/m (0,012 in/ft)	
Encogimiento	1,6 mm/m (0,019 in/ft)	ASTM C-426
Resistencia Térmica R (CEMPANEL® 8 mm)	0,023 m ² K/W (0,13 ft ² hr ² F/BTU)	ASTM C-120
Coeficiente de Conductividad Térmica K	0,346 W/mK (2,4 BTUin/hrft ² F)	
Módulo de Elasticidad Longitudinal (A)	41 162,55 kg/cm ² (585 331 lb/sqin)	ASTM C-1185
Módulo de Elasticidad Transversal (A)	35 553,17 kg/cm ² (505 566 lb/sqin)	
Combustibilidad	No combustible	ASTM E-136
Índice de Generación de Humo	<5	ASTM E-84
Índice de propagación de flama	0	
Valor Cortante lineal (CEMPANEL® 8 mm)	193,41 kg/m (130 lb/sqft)	

Tabla 9. Plafomax, Tablaroca y Plafones -Guía Hidalgo.

Para obtener el coeficiente global de transferencia de calor (para la pared **Este** que tiene material Plycem o fibrocemento) se calculó con la siguiente ecuación:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_p}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{0.13\text{Btu/h}} + \frac{1}{0.92\text{ Btu/h}} + \frac{1}{0.13\text{Btu/h}}}$$

$$U = 0.0607 \frac{\text{BTU}}{\text{°F.h.ft}^2}$$

R_p = resistencia a la conductividad termica del Playcem o fibrocemento.

R_a = resistencia del aire.

- El valor del **R del Aire** se obtiene de la ([TABLA 6 de anexos](#))
- El valor del **R de la lámina de fibrocemento** se obtiene de la ([TABLA 9 pág. 60](#))



❖ **Calculando el valor de $DTCE_c$ por medio de la ecuación:**

$$DTCE_c = [(DTCE + LM) * K + (78 \text{ °F} - T_r) + (T_0 - 85)] * f$$

Donde:

TR, temperatura de recinto o temperatura de diseño

$T_r = 75 \text{ °F}$

To, Temperatura ambiental exterior

$T_0 = 82.0999 \text{ °F}$

DTCE: Paredes de Plycem fibrocemento, doble cara y estructura interna metálica de 4"x4"x1/8", pared de construcción ligera, y pintada interna y externa.

La pared **este** corresponde al grupo "**G**", debido a sus características de materiales de construcción, ya que es Lamina de fibrocemento doble cara, estructura metálica interna, y capa de aire interno, con un acabado de pintura color claro correspondiente al amarillo mate.

Se toma las 14 horas, (2:00 pm), como hora pico de intensidad máxima de calor durante el día. Esta hora se tomó producto de las mediciones realizadas donde se determinó que en esta hora se alcanzó el pico máximo de calor para Rivas.

Valores DTCE Según latitudes					
Grupo de pared	Hora solar	Este	Oeste	Norte	Sur
G	14	31			

TABLA: 10. DTCE Grupo G, pared Este.

- **K= 0.65:** se denomina el coeficiente de corrección debido al color de la superficie para paredes oscuras y áreas industriales.
- **LM = -2 °f**, es la corrección para diferencia de temperatura para carga de enfriamiento.



Valores de LM según latitudes					
Latitud	Mes	Este	Oeste	Norte	Sur
8°	Mayo	-2			

TABLA: 11. LM latitud 08 pared Este.

La corrección de la DTCE por Latitud y mes, para aplicar a pared y techo, [\(TABLA 7 de anexos\)](#)

- $f = 1$, factor de corrección para ventilación del cielo raso, 0.75 para ventiladores de entrepiso (techo falso); en los demás casos usar $f = 1.0$, en nuestro caso no existe ventilación en cielo falso por lo que se utilizó el valor de 1.

❖ **Ahora se determinará el DTCE_c:**

$$DTCE_c = [(DTCE + LM) * K + (78\text{ °F} - T_r) + (T_0 - 85)] * f$$

$$DTCE_c = [(31 + (-2))x 0.65 + (78 - 75) + (82.0999 - 85)] x 1$$

$$DTCE_c = 18.9499\text{ °F}$$

Nos queda que la transferencia de calor en la pared Este es:

$$Q = U \times A \times DTCE_c$$

$$Q = 0.0607 \frac{BTU}{\text{°F.h.ft}^2} \times 445.1302 \text{ ft}^2 \times 18.9499\text{ °F}$$

$$Q = 494.09\text{ BTU/h}$$

EVALUACION DE LA SEGUNDA PARED; (TESTERO), ORIENTACION "OESTE".

Área útil de Pared OESTE.

Esta pared está construida de materiales pesados, dado que es pared exterior y soporta el peso de la tercera planta, se construyó de concreto pesado, en la cual existe un mayor almacenamiento de calor debido a su espesor y densidad de su material, soporta las horas de sol más calientes de día y es por eso que hay que considerar que su ganancia de calor será mayor a las demás paredes.



El cálculo de ganancia de calor a través de la conducción por paredes, la pared Oeste, está afectada por la radiación solar directa, y dada que es una pared exterior, está construida de otro material.

Los datos climatológicos se obtuvieron visitando las instalaciones de INETER, donde las autoridades competentes brindaron una base de datos procesados en Excel, donde contiene información meteorológica para todo el territorio nacional.

Debemos considerar que el clima varía en cada región del país, y es esa la razón precisa por la que se deben considerar los datos meteorológicos para la región exacta donde se esté realizando un estudio como este. Para este caso se toma la temperatura de bulbo seco brindada por **INETER** en el día más caliente del año, que corresponde al mes de mayo.

Se hace uso de esta tabla, porque, para la pared Oeste, es necesario conocer la temperatura del exterior debido a que esta pared está expuesta al exterior, y es la que recibe la mayor cantidad de calor.

La temperatura de bulbo seco se obtiene de la suma del día más caliente del año 2019 ([tabla 1 de Anexo](#)) y del día más caliente del año 2020 ([tabla 2 de Anexo](#)), luego se dividen entre dos para obtener el valor promedio. (Ver tabla 12) de resumen a continuación:

TABLA DE RESUMEN DE LOS DATOS DE INETER PARA LOS DOS AÑOS.

TABLA DE RESUMEN PARA AÑOS (2019-2020)			
Parámetro	2019	2020	Promedio
Temperatura Máxima (°C)	35.3	35.9	35.6
Humedad Relativa (%)	70	68	69
Rango	10.6	10.4	10.5

TABLA: 12. Temperatura, Humedad Relativa, y Rango, (INETER-Pared Este)



Se convierte de °C a °f

$$T^0Bs = 96.08 \text{ °f} = 35.6 \text{ °C}$$

❖ **Temperatura de diseño exterior para la Pared Oeste.**

$$t_0 = T^0Bs - \frac{\text{Rango diario}}{2}$$

$$t_0 = 35.9 \text{ °C} - \frac{10.5}{2} \text{ °C}$$

$$t_0 = 30.65 \text{ °C} \sim 87.17 \text{ °F}$$

t_0 = temperatura del diseño exterior

T^0Bs = Temperatura del Bulbo seco

Rango diario = rango de temperatura máxima de los dos últimos años 2019 – 2020

(Para el rango diario, Ver primeras [tabla 1](#), [tabla 2](#) y [tablas 3](#) de anexo.)

- La siguiente tabla corresponde al área útil de pared Oeste, a la cual se le resta solamente el área de las ventanas, debido que no hay puertas.

- $1m^2 = 10.763ft^2$

Área útil de la pared “oeste” de la biblioteca				
A pared m ²	A puerta m ²	A ventana m ²	A útil m ²	A útil f ²
48	0	12.672	35.328	380.2352

TABLA: 13. Área útil pared Oeste.

Calculando el coeficiente global de transferencia de calor para la pared Oeste:

Descripción de los grupos de construcción de paredes.

Pared de concreto pesado de 4 ln + aislamiento de 1 o 2 ln.



Grupo “D” esto se obtiene de la ([TABLA 5 de anexos](#)) (*Descripción de los grupos de construcción de paredes*)

Esta pared está expuesta totalmente al exterior, posee un color amarillo mostaza, y al lado interno un color amarillo mate.

Coefficiente Global de transferencia de calor para pared del Grupo D.

$$U = 0.119 \frac{\text{BTU}}{^{\circ}\text{F} \cdot \text{h} \cdot \text{ft}^2}$$

El coeficiente global de transferencia de calor fue obtenido mediante la ([TABLA 5 de anexo](#)) *Descripción de los grupos de construcción de paredes.*)

Calculo del DTCE, mediante la ([Tabla 4 de anexos](#))

Valores DTCE según latitudes					
Grupo de pared	Hora solar	Este	Oeste	Norte	Sur
D	14		11		

TABLA: 14. DTCE Grupo D, pared Oeste.

K: 0.65 para pared de color clara.

DTCE: 11

LM: -2

❖ **Calculo del LM mediante la ([TABLA 7 de anexos](#))**

Valores LM según latitudes					
Latitud	Mes	Este	Oeste	Norte	Sur
8°	Mayo		-2		

TABLA: 15. LM latitud 08 pared Oeste.

❖ **Calculando el valor de DTCE_c por medio de la ecuación:**

$$DTCE_c = [(DTCE + LM) * K + (78 ^{\circ}\text{F} - T_r) + (T_0 - 85)] * f$$



Donde:

$$T_r = 75 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$f = 1$$

$$T_0 = 87.17 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$DTCE_c = [(11 + (-2)) \times 0.65 + (78 - 75) + (87.17 - 85)] \times 1$$

$$DTCE_c = 11.02 \text{ }^\circ\text{F}$$

La ganancia de calor de la pared Oeste es igual a:

$$Q = U \times A \times DTCE_c$$

$$Q = 0.119 \frac{BTU}{^\circ\text{F} \cdot \text{h} \cdot \text{ft}^2} \times 380.2352 \cdot \text{ft}^2 \times 11.02 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$Q = 498.63 \text{ BTU/h}$$

EVALUACION DE LA TERCER PARED; ORIENTACION "NORTE".

Área útil de Pared Norte.

Para la pared Norte, la temperatura de bulbo seco se tomó a partir de mediciones directas en el área, ya que, para esta área en particular, no contamos con incidencia de los rayos del sol de modo directo, porque existe un área de 5 metros de ancho por 6 de largo entechada y abierta de paredes oeste por lo que las infiltraciones de aire circulan por su entorno.

La medición se obtuvo con una herramienta de medición llamada "Termohigrómetro", de la marca EXTECH, con el que se midió temperatura y humedad relativa.

Para este proceso se hicieron varias medidas (6 Medidas cada una en un intervalo de frecuencia de 10 minutos; Se realizaron 6 para distribuir el tiempo ya que se estaban realizando múltiples mediciones en el mismo día con el mismo rango de tiempo establecido y con única herramienta de medición.) en diferentes intervalos de tiempo, para conocer las temperaturas máximas, y mínimas, que se registraban en el mismo punto de medición y los gradientes de cambio con respecto al tiempo.



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

Mediciones para la pared norte			
Hora	# de medición	Bs °f	HR
01:50	1	84.3	
02:00	2	84.6	51%
02:10	3	84.8	51%
02:20	4	85.2	50%
02:30	5	84.8	50%
02:40	6	83.9	51%
Promedio		84.6000	51%
Rango		2.8	

TABLA: 16. Rango de temperaturas medidas, pared Norte.

La siguiente Grafica, ilustra las temperaturas obtenidas al realizar mediciones directas durante el rango de horas más calientes durante el día, de este modo encontramos una temperatura de Bulbo seco promedio.



Grafica 2. máximos y mínimos de T para la pared Norte.

Temperatura promedio de bulbo seco para la pared **Norte**.

$$T^{\circ}\text{Bs} = 84.6000 \text{ }^{\circ}\text{F} = 29.2222 \text{ }^{\circ}\text{C}$$



Para obtener el coeficiente global de transferencia de calor (para la pared este que tiene material Plycem o fibrocemento) lo calculamos con la siguiente ecuación:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_p}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{0.13\text{Btu/h}} + \frac{1}{0.92\text{ Btu/h}} + \frac{1}{0.13\text{Btu/h}}}$$

$$U = 0.0607 \frac{\text{BTU}}{\text{°F. h. ft}^2}$$

t_0 = temperatura del diseño exterior

T^0Bs = Temperatiura del Bulbo seco, (**TABLA 16. pag. 67**)

Rango diario = rango de temperatura maxima menos minima, (**TABLA 16 Pág. 67**)

- El valor del **R del Aire** se obtiene de la (**TABLA 6 de anexos**)
- El valor del **R de la lámina de fibrocemento** se obtiene de la (**TABLA 9 pág. 60**)

$A = 137.7664$ Pies cuadrados.

En este caso no existe ninguna ventana ni puerta, por tanto, el área total de la pared pasa intacta a ser el área útil de la pared.

Área útil de la pared "Norte" de la biblioteca				
A pared m ²	A puerta m ²	A ventana m ²	A útil m ²	A útil f ²
12.8	0	0	12.8	137.7664

TABLA: 17. Área útil pared Norte.

El tipo de material es lámina de Plycem con estructura metálica.



Grupo. **G** esto se obtiene de la ([TABLA 5 de anexos](#)). (*Descripción de los grupos de construcción de paredes*). Pared de lámina con o sin espacio de aire + 1, 2 o 3 in de aislamiento.

DTCE: Paredes de Plycem, doble cara y estructura interna metálica de 4"x4"x1/8", con separación de 3.27 metros entre columnas.

La pared este corresponde al grupo "**G**", debido a sus características de materiales de construcción, ya que es Láminas de Plycem doble cara, estructura metálica interna, y capa de aire interno, con un acabado de pintura color claro correspondiente al amarillo mate.

Se toma las 14 horas, (2:00 pm), como hora de pico de intensidad máxima de calor durante el día. Esta hora se tomó producto de las mediciones realizadas donde se determinó que en esta hora se alcanzó el pico máximo de calor para Rivas.

Valores DTCE según latitudes					
Grupo de pared	Hora solar	Este	Oeste	Norte	Sur
G	14			23	

TABLA: 18. DTCE Grupo G, pared Norte.

DETC = 23

K = 0.65 para pared de color clara (amarillo mate).

LM = 7

Valores LM según latitudes					
Latitud	Mes	Este	Oeste	Norte	Sur
8°	Mayo			7	

TABLA: 19. LM latitud 8 pared Norte.



La corrección de la DTCE por Latitud y mes, para aplicar a pared y techo, ([TABLA 7 de anexos](#))

❖ **Calculando el valor de DTCE_e por medio de la ecuación:**

Donde:

$$T_r = 75 \text{ °F}$$

$$T_0 = 82.0799 \text{ °F}$$

Ahora se determinará el DTCE_c

$$DTCE_c = [(DTCE + LM) * K + (78 \text{ °F} - T_r) + (T_0 - 85)] * f$$

$$DTCE_c = [(23 + 7) * 0.65 + (78 - 75) + (82.0799 - 85)] * 1$$

$$DTCE_c = 19.5799 \text{ °F}$$

Nos queda que la transferencia de calor en la pared Este es:

$$Q = U * A * DTCE_c$$

$$Q = 0.0607 \frac{BTU}{\text{°F} \cdot h \cdot ft^2} * 137.7664 ft^2 * 19.5799 \text{ °F}$$

$$Q = 163.73 \text{ BTU/h}$$

EVALUACION DE LA CUARTA PARED; ORIENTACION "SUR".

Área útil de Pared Sur.

Para la pared Sur, la temperatura de bulbo seco se tomó a partir de mediciones directas en el área, ya que, para esta área en particular, no contamos con incidencia de los rayos del sol. esta pared está en contacto directo con otra área la cual está sin climatizar y su temperatura promedio es de 84.5667 °f.

Esta pared no posee ventanas ni filtraciones.



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

La medición se obtuvo con una herramienta de medición llamada “Termo higrómetro”, de la marca EXTECH, con el que se midió temperatura y humedad relativa.

Hay que tomar en cuenta que para tomar una hora máxima de temperatura exterior es necesario hacer una visita al edificio y hacer mediciones de temperatura directamente en la biblioteca que se desea climatizar para asegurar un correcto desarrollo de cálculos y selección.

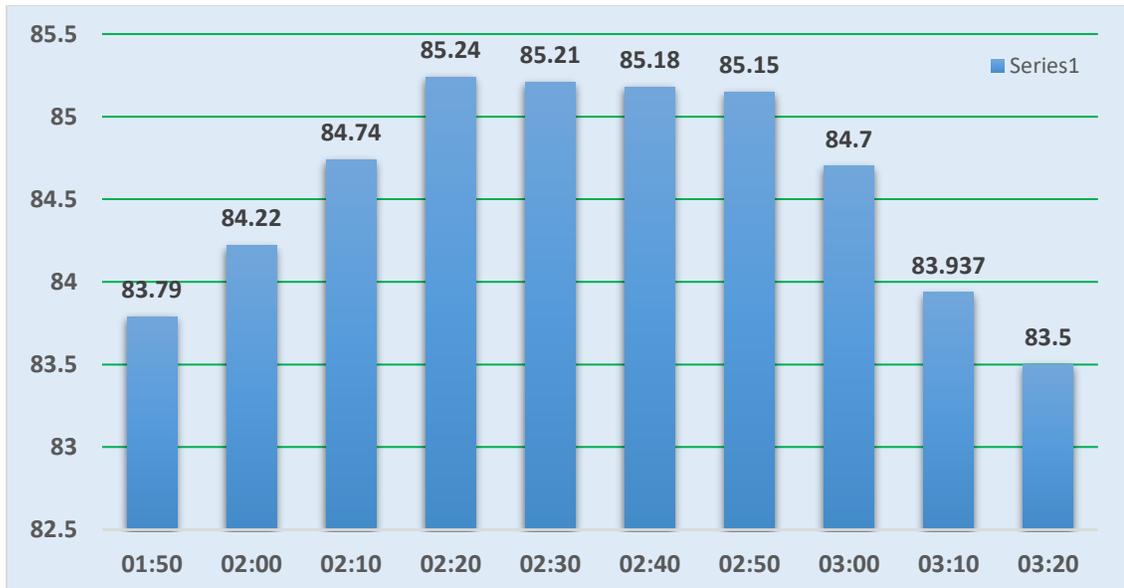
Para este proceso se hicieron varias medidas (10 Mediciones en un mismo punto en un intervalo de frecuencia de 10 minutos cada una, se hicieron 10 para obtener una distribución precisa y fácil de analizar la razón de cambio con respecto al tiempo) fue necesario, para conocer las temperaturas máximas, medias y mínimas que se registraban en el mismo punto de medición.

Mediciones para la pared Sur			
Hora	# de medición	Bs °f	HR
01:50	1	83.79	50%
02:00	2	84.22	51%
02:10	3	84.74	51%
02:20	4	85.24	50%
02:30	5	85.21	50%
02:40	6	85.18	51%
02:50	7	85.15	50%
03:00	8	84.7	51%
03:10	9	83.937	50%
03:20	10	83.5	50%
Promedio		84.5667	50%
Rango		2	

TABLA: 20. Rango de temperaturas medidas, pared Sur.



La grafica muestra el gradiente de cambio de temperatura, con relación al tiempo.



Grafica 3. máximos y mínimos de T para la pared Sur.

Temperatura de Bulbo seco pared Sur.

$$T^{\circ}Bs = 84.5667^{\circ}F = 29.2037^{\circ}C$$

Obtenida como resultado de 10 mediciones realizadas al exterior de la pared sur, a las cuales se les calculo el valor promedio, sumándolas y dividiendo el resultado entre el número total de mediciones (10 mediciones como resultado de la distribución del tiempo en un intervalo de frecuencia de 10 minutos cada una y así poder abarcar el horario pico de calor en el día)

✓ Ver **TABLA: 20. Pág. 71**

Temperatura de Diseño Exterior.

$$t_0 = T^{\circ}Bs - \frac{\text{Rango diario}}{2}$$

$$t_0 = 29.2037^{\circ}C - \frac{2}{2}^{\circ}C$$

$$t_0 = 28.2037^{\circ}C \sim 82.7666^{\circ}F$$



t_0 = temperatura del diseño exterior

$T^{\circ}Bs$ = Temperatura del Bulbo seco

Rango diario = rango de temperatura maxima menos minima

✓ Ver **TABLA 20. Pág. 71** Calculo del área Útil de la pared Sur.

En este caso no existe ninguna ventana ni puerta, por tanto, el área total de la pared pasa intacta a ser el área útil de la pared.

Área útil de la pared "Sur" de la biblioteca				
A pared m ²	A puerta m ²	A ventana m ²	A útil m ²	A útil f ²
32	0	0	32	344.4564

TABLA: 21. Área útil pared Sur.

A = 344.4564 Pies cuadrados.

El tipo de material es lámina de Plycem o fibrocemento con estructura metálica.

Grupo. G esto se obtiene de la ([TABLA 5 de anexos](#)). (*Descripción de los grupos de construcción de paredes*). Pared de lámina con o sin espacio de aire + 1, 2 o 3 in de aislamiento.

Para obtener el coeficiente global de transferencia de calor (para la pared este que tiene material Plycem o fibrocemento) lo calculamos con la siguiente ecuación:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{R_p} + \frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_p}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{0.13\text{Btu/h}} + \frac{1}{0.92\text{ Btu/h}} + \frac{1}{0.13\text{Btu/h}}}$$

$$U = 0.0607 \frac{\text{BTU}}{\text{°F. h. ft}^2}$$



t_0 = temperatura del diseño exterior

T^0Bs = Temperatura del Bulbo seco, (**TABLA 20 pag. 71**)

Rango diario = rango de temperatura maxima menos minima, (**TABLA 20 Pág. 71**)

- El valor del **R del Aire** se obtiene de la (**TABLA 6 de anexos**)
- El valor del **R de la lámina de fibrocemento** se obtiene de la (**TABLA 9 pág. 60**)

DTCE: Paredes de Plycem, doble cara y estructura interna metálica de 4"x4"x1/8", con separación de 3.27 metros entre columnas.

La pared este corresponde al grupo "G", debido a sus características de materiales de construcción, ya que es Laminas de Plycem doble cara, estructura metálica interna, y capa de aire interno, con un acabado de pintura color claro correspondiente al amarillo mate.

Se toma las 14 horas, (2:00 pm), como hora de pico de intensidad máxima de calor durante el día, de acuerdo a la inclinación de los rayos del sol para la estación de Rivas.

Valores DTCE según latitudes					
Grupo de pared	Hora solar	Este	Oeste	Norte	Sur
G	14				46

TABLA: 22. DTCE Grupo G, pared Sur.

K = 0.65 para pared de color clara (amarillo mate).

DTCE = 46

LM = -7

Valores LM según latitudes					
Latitud	Mes	Este	Oeste	Norte	Sur
8°	Mayo				-7

TABLA: 23. LM latitud 08 pared Sur.



La corrección de la DTCE por Latitud y mes, para aplicar a pared y techo, ([TABLA 7 de anexos](#))

Donde:

$$T_r = 75 \text{ °F} \qquad f = 1$$

$$T_0 = 82.7666 \text{ °F}$$

❖ **Ahora se determinará el DTCE_c**

$$DTCE_c = [(DTCE + LM) * K + (78 \text{ °F} - T_r) + (T_0 - 85)] * f$$

$$DTCE_c = [(46 + (-7))x 0.65 + (78 - 75) + (82.7666 - 85)] x 1$$

$$\mathbf{DTCE_c = 26.1166 \text{ °F}}$$

El resultado de la transferencia de calor en la pared Sur es:

$$Q = U \times A \times DTCE_c$$

$$Q = 0.0607 \frac{BTU}{\text{°F} \cdot h \cdot ft^2} \times 344.4564 \text{ ft}^2 \times 26.1166 \text{ °F}$$

$$\mathbf{Q = 546.05 \text{ BTU/h}}$$

9.2. Ganancia de calor por techo

Área de techo obtenida mediante los planos arquitectónicos del edificio.

Área del techo	174 m²	1829.66 ft²
-----------------------	--------------------------	-------------------------------

TABLA: 24. Área de techo

Descripción.

La biblioteca se encuentra debajo de una tercera planta del edificio, la cual no está climatizada, y para obtener la temperatura de ese espacio, fue preciso hacer una visita a las instalaciones y tomar medidas directas en el área con una herramienta de medición de temperatura y humedad relativa llamada “Termo higrómetro”.



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

Con este dispositivo se tomaron 6 mediciones cada 10 minutos, al igual que la pared norte, para analizar el comportamiento del gradiente de cambio de temperatura con respecto al tiempo.

Mediciones para el techo			
Hora	# de medición	Bs °f	HR
01:50	1	84.57	51%
02:00	2	84.62	51%
02:10	3	84.94	50%
02:20	4	85.3	50%
02:30	5	84.9	51%
02:40	6	84.68	50%
Promedio		84.8350	51%
Rango		3.8	

TABLA: 25. Rango de temperaturas sobre el techo.

La **Grafica 4.** muestra las lecturas obtenidas, durante el tiempo más caliente del día, las cuales se tomaron en un intervalo de tiempo de 10 minutos cada una.



Grafica 4. máximos y mínimos de T sobre techo.

Temperatura promedio de Bulbo Seco sobre el techo de la biblioteca.



- ✓ De las 6 mediciones que se hicieron sobre el techo, se sumaron y se calculó el valor promedio de todas las mediciones quedando como resultado:

$$T^{\circ}Bs = 84.8333 \text{ }^{\circ}F = 29.3518 \text{ }^{\circ}C$$

- Ver **TABLA: 25. Pág. 76**

El rango diario (**RD**) Se obtiene a partir de las mediciones de temperatura máximas y mínimas, luego se saca un valor promedio.

Temperatura de diseño Exterior.

$$t_0 = T^{\circ}Bs - \frac{\text{Rango diario}}{2}$$

$$t_0 = 29.8333 \text{ }^{\circ}C - \frac{3.8}{2} \text{ }^{\circ}C$$

$$t_0 = 27.9333 \text{ }^{\circ}C \sim 82.2799 \text{ }^{\circ}F$$

t_0 = temperatura del diseño exterior

$T^{\circ}Bs$ = Temperatiura del Bulbo seco

Rango diario = rango de temperatura maxima de los dos ultimos años

- ver **TABLA: 25. Pág. 76**

El coeficiente Global de transferencia de calor se obtiene Según la (**tabla 9 de anexos**) (diferencia de temperatura para carga de enfriamiento (DTCE) en techos planos)

$$U = 0.200 \frac{BTU}{h \cdot ^{\circ}F \cdot ft}$$

El DTCE: Se toma de la (**tabla 8 de anexos**), a partir de las 14 horas (2:00 pm), (dato logrado a través de mediciones realizadas en el día), considerando esta hora como la hora donde las temperaturas alcanzan su punto máximo de calor durante todo el día lo cual está comprendido en el rango entre las 1:00 pm, 2:00 pm, 3:00



pm. Siendo las 2:30 pm el pico máximo, según el Termohigrómetro de marca Extech, con el cual se realizó medidas para las 3 horas antes mencionadas.

La diferencia de temperatura para carga de enfriamiento (DTCE), según la **(TABLA 8 de anexos)** corresponde a:

$$DTCE = 40 \quad T_r = 75^{\circ}\text{C}$$

$$LM = -2 \quad T_0 = 82.2799^{\circ}\text{F}$$

$$K = 0.65 \quad F = 1$$

Corrección de la DTCE por Latitud y mes para aplicar a paredes y techos **(TABLA 7 de anexos)**.

$$DTCE_c = [(DTCE + LM) * K + (78^{\circ}\text{F} - T_r) + (T_0 - 85)] * f$$

$$DTCE_c = [(40 + (-2)) * 0.65 + (78 - 75) + (82.2799 - 85)] * 1$$

$$DTCE_c = 24.9799^{\circ}\text{f}$$

La transferencia de calor por techo es:

$$Q = U * A * DTCE_c$$

$$Q = 0.200 \frac{\text{BTU}}{\text{h.}^{\circ}\text{F. ft}} * 1829.66 \text{ ft}^2 * 24.9799^{\circ}\text{F}$$

$$Q = 9140.94 \text{ BTU/h}$$

9.3. Ganancia de calor por piso

Para el cálculo de la transferencia de calor por piso, hay que considerar que el piso de la biblioteca, corresponde a su vez al techo de la primera planta del edificio, y tal área es un aula de clase, la cual no está climatizada, y para obtener la temperatura de ese espacio, fue preciso hacer una visita a las instalaciones y tomar medidas directas en el área con una herramienta de medición de temperatura y humedad relativa llamada "Termohigrómetro".



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

Mediciones en la planta baja de la biblioteca			
Hora	# de mediciones	Bs °f	HR
01:50	1	83.54	50%
02:00	2	83.95	52%
02:10	3	84.7	51%
02:20	4	85.3	50%
02:30	5	85.54	50%
02:40	6	85.2	51%
02:50	7	84.8	51%
03:00	8	84.5	52%
03:10	9	83.57	50%
03:20	10	82.9	51%
Promedio		84.4000	51%
Rango		1.1	

TABLA: 26. Rango de temperaturas bajo el piso

La grafica muestra el gradiente de cambio de temperatura, con relación al tiempo.



Grafica 5. máximos y mínimos de T bajo el piso.



El piso de la biblioteca es de concreto de 0.30 metros de espesor, y corresponde al grupo **D**.

Temperatura de bulbo seco bajo el piso de la biblioteca.

$$T^0Bs = 84.4000 \text{ } ^\circ\text{F} = 29.1111 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El rango diario (**RD**) Se obtiene a partir de las mediciones de temperatura máximas y mínimas, luego se saca un valor promedio.

Temperatura de diseño exterior.

$$t_0 = T^0Bs - \frac{\text{Rango diario}}{2}$$

$$t_0 = 29.1111 \text{ } ^\circ\text{C} - \frac{1.1}{2} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_0 = \mathbf{28.5611 \text{ } ^\circ\text{C} \sim 83.4099^\circ\text{F}}$$

t_0 = temperatura del diseño exterior

T^0Bs = Temperatiura del Bulbo seco

Rango diario = rango de temperatura maxima de los dos ultimos años

El coeficiente Global de transferencia de calor se obtiene Según la ([tabla 9 de anexos](#)) (diferencia de temperatura para carga de enfriamiento (DTCE) en techos planos)

El coeficiente global de transferencia de calor es de 0.200 BTU/ h.°F. ft.

$$U = 0.200 \frac{\text{BTU}}{\text{h. } ^\circ\text{F. ft}}$$

La diferencia de temperatura para carga de enfriamiento (DTCE), según la ([TABLA 8 de anexos](#)) corresponde a:

$$\text{DTCE} = 40$$

$$T_r = 75$$

$$\text{LM} = -2$$

$$T_0 = 83.4099$$



K= 0.65

F= 1

Área de piso	174 m²	1829.66 ft²
---------------------	--------------------------	-------------------------------

TABLA: 27. Área del piso.

Corrección de la DTCE por Latitud y mes para aplicar a paredes y techos ([TABLA 7 de anexos](#)).

$$DTCE_c = [(DTCE + LM) * K + (78 °F - T_r) + (T_0 - 85)] * f$$

$$DTCE_c = [(40 + (-2))x 0.65 + (78 - 75) + (83.4099 - 85)] x 1$$

$$DTCE_c = 26.1099$$

Entonces la carga de calor por el techo:

$$Q = U \times A \times DTCE_c$$

$$Q = 0.200 \frac{BTU}{h \cdot ^\circ F \cdot ft} * 1829.66 ft^2 * 26.1099^\circ F$$

$$Q = 9554.44 BTU/h$$

9.4. Ganancia de calor por vidrio

Para la transferencia de calor por vidrio, se ha considerado dos paredes, la pared Este y la pared Oeste, debido a que estas dos paredes poseen ventanas de vidrios.

➤ LADO ESTE

Debido a que en esta pared no hay incidencia de los rayos del sol, entonces solo se hará calculo por conducción.

En la pared Este se encuentran 23 unidades de persianas venecianas de 12 paletas, cada paleta con un ancho de 0.10 metros; y un área total de 166.1248 pies cuadrados.

También se encuentran 3 unidades de persianas cerradas de 9.2428 pie cuadrados, las cuales se encuentran una encima de cada puerta a modo de vitral.



Para el área total del vidrio se hace una sumatoria de las áreas que contienen vidrio para cada pared, ya sean puertas, ventanas fijas o móviles.

Área de ventanas (persianas venecianas)							
Latitud	Unidades	Alto(m)	Ancho(m)	Área m ²	Área ft ²	Material	paletas
Este	23	1.1	0.61	15.433	166.1249	Vidrio	12

TABLA: 28. Área de ventanas pared Este.

❖ **Ganancia por conducción Para el lado Este:**

El valor de coeficiente global de transferencia de calor para el vidrio (**U**) fue obtenido de la ([TABLA 9 de anexos](#)) y **DTCE** de la ([TABLA 4 de anexos](#)).

$$U = 1.04 \frac{BTU}{h.°F.ft}$$

Corrección de la diferencia térmica de carga de enfriamiento (DTCE_c)

$$DTCE_c = [(DTCE) + (78 °F - T_r) + (T_0 - 85)]$$

$$DTCE_c = [(31) + (78 - 75) + (82.2866 - 85)]$$

$$DTCE_c = 31.2866 °F$$

$$Q = U \times A \times DTCE_c$$

$$Q = 1.04 \frac{BTU}{h.°F.ft} * 166.1249 ft^2 * 31.2866 °F$$

$$Q_{cond. ventana} = 5405.38 BTU/h$$

Para el lado Este con ventanas cerradas, (modo vitral sobre puertas):

Área de ventana cerrada sobre la puerta					
Latitud	Unidades	Alto (m)	Ancho (m)	Área m ²	Área ft ²
Este	3	0.3048	1	0.9144	9.8428

TABLA: 29. Área de vitrales.



El valor de coeficiente global de transferencia de calor para el vidrio (**U**) fue obtenido de la ([TABLA 9 de anexos](#)) y DTCE de la ([TABLA 4 de anexos](#)).

Coeficiente global de transferencia de calor para vidrio.

$$U = 1.04 \frac{BTU}{h.°F.ft}$$

Corrección de la diferencia térmica de carga de enfriamiento (DTCE_c)

$$DTCE_c = [(DTCE) + (78 °F - T_r) + (T_0 - 85)]$$

$$DTCE_c = [(31) + (78 - 75) + (82.2866 - 85)]$$

$$DTCE_c = 31.2866 °F$$

Ganancia de calor por conducción

$$Q = U \times A \times DTCE_c$$

$$Q = 1.04 \frac{BTU}{h.°F.ft} * 9.8428 ft^2 * 31.2866 °F$$

$$Q \text{ cond. ventana} = 320.2656 BTU/h$$

➤ **LADO OESTE.**

Calculo de conducción y radiación de calor a través de vidrio para el lado oeste.

En la pared Oeste se encuentran 18 unidades de persianas venecianas de 16 paletas, cada paleta con un ancho de 0.10 metros; y un área total de persianas de **177.3262** pies cuadrados.

FGCS, es el factor de ganancia máxima de calor solar.

La ganancia neta de calor se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$



Para **FGCS** se necesita la latitud en la que está situado el local de estudio, en este caso 11°26'06", se toma el valor de Latitud ° 8 ya que está más cerca de ° 11, que de ° 16.

Área de ventanas (persianas venecianas)							
Latitud	Material	Unidades	Paletas	Alto (m)	Ancho(m)	Área m ²	Área ft ²
Este	Vidrio	23	12	1.1	0.61	15.433	166.1249
Oeste	Vidrio	18	16	1.43	0.64	16.4736	177.3262
Norte							
Sur							

TABLA: 30. Área y características de ventanas en paredes Este y Oeste.

El coeficiente de sombreado se encontró mediante las siguientes consideraciones:

La ventana es sencilla

El color del brillo es claro

Es de tipo veneciana

Ganancia por radiación Para el lado Oeste.

El FCE se toma una aproximación de construcción pesada, debido a que la pared es de concreto de 6 in de ancho, así que para cada pared se tiene lo siguiente:

Radiación solar a través de vidrios factores de ganancias máximas de calor solar para vidrio. *BTU/H* (**TABLA 10 de anexo**)

FGCS = 209 BTU/h

Cuando se va utilizar esta tabla debemos saber que utilizaremos la Latitud 8° debido a que esta latitud se encuentra ubicado el área a climatizar, el mes de abril será designado por ser el mes en donde la radiación solar tiene mayor impacto, y la orientación será la Norte ya que es la pared la cual estamos analizando.



Coeficiente de sombreado para vidrios con y sin sombreado interior para persianas venecianas ([TABLA 14 de anexo](#))

$$CS = 0.90$$

factores de carga en vidrios sin sombreado interior. ([TABLA 11 de anexo](#))

$$FC = 0.29$$

$$A = 177.3262 \text{ ft}^2$$

$$Q = FGCS * A * CS * FCE$$

$$Q = 209 \frac{BTU}{h} * \text{ft}^2 * 177.3262 \text{ft}^2 * 0.90 * 0.29$$

$$Q \text{ radia. ventanas} = 9672.96 \text{ BTU/h}$$

❖ **Ganancia por conducción Para el lado Oeste:**

El valor de coeficiente global de transferencia de calor para el vidrio (**U**) fue obtenido de la ([tabla 7 de anexos](#)), y **DTCE** de la ([tabla 4 de anexos](#)).

$$U = 1.04 \frac{BTU}{h.°F.ft}$$

❖ **Corrección de la diferencia térmica de carga de enfriamiento (DTCE_c)**

$$DTCE_c = [(DTCE) + (78 °F - T_r) + (T_0 - 85)]$$

$$DTCE_c = [(11) + (78 - 75) + (87.26 - 85)]$$

$$DTCE_c = 16.26 °F$$

$$Q = U \times A \times DTCE_c$$

$$Q = 1.04 \frac{BTU}{h.°F.ft} * 177.3262 \text{ ft}^2 * 16.26 °F$$

$$Q \text{ cond. ventana} = 2998.65 \text{ BTU/h}$$



9.5. Ganancia de calor por Alumbrado

La carga térmica por alumbrado se calcula con la siguiente formula:

$$Q = 3.4 * W * FB * FCE$$

W = capacidad del alumbrado, watts.

FB = factor de balastro

FCE = Este factor lo determina el tipo de uso que tendrá la luminaria, en nuestro caso solo se utilizará en tiempos que se encuentre ocupado el área y funcionando el sistema de climatización será por 8 horas diarias.

Para esto necesitamos el factor de balastro, en el caso del presente proyecto, el área esta iluminada por **14 lámparas 30 Watts/tubo**.

Debido que estás lámparas son fluorescentes el factor de balastro tendrá un valor de 1.25

En tanto al factor por carga de enfriamiento se tomará el valor de 1 ya que el sistema de enfriamiento solo se utiliza en horas de ocupación.

Entonces la carga térmica por alumbrado es:

$$Q_{\text{alumbrado}} = Q_{\text{lámparas fluorescentes}}$$

$$Q = 3.4 * n * W * FB * FCE$$

$$Q_{\text{alumbrado}} = 3.4 * 14 * 30 * 1.25 * 1$$

$$Q_{\text{alumbrado}} = 1785 \text{ BTU/h}$$

9.6. Ganancia de calor por Personas

Las ecuaciones para las ganancias de calor sensible y latente originado en las personas son:

$$Q_s = q_s * n * FCE$$

$$Q_l = q_l * n * FCE$$



Se evaluó acerca de la capacidad del número de personas que caben en el área de biblioteca y hemeroteca, se obtuvo un total máximo de 104 personas.

El **FCE** según el libro fundamentos de E. pita, establece que si el sistema de acondicionamiento de aire se apaga durante la noche es igual a 1.

❖ **Tasa de ganancia de calor debido a los ocupantes del recinto acondicionado.**

El calor sensible y latente se encuentra en la ([Tabla 12 de anexos](#)), para personas sentadas, leyendo o escribiendo, resulta un factor de 230 BTU/h y 190 BTU/h.

Calor sensible por personas. *

$$qs = 230 \text{ BTU/h.}$$

Calor latente por persona

$$ql = 190 \text{ BTU/h}$$

Número de personas.

$$n = 104$$

$$FCE = 1$$

Sustituyendo:

Calor sensible por personas

$$Qs = qs * n * FCE$$

$$Qs = 230 \text{ BTU/h} * 104 * 1$$

$$Qs = 23,920 \text{ BTU/h}$$

Calor latente por personas

$$Ql = ql * n * FCE$$

$$QL = 190 \text{ BTU/h} * 104 * 1$$



$$Q_L = 19,760 \text{ BTU/h}$$

Tasa de ganancia de calor total debido a ocupantes, es la suma del calor sensible y el calor latente.

$$Q_T (\text{Personas}) = Q_s + Q_l$$

$$Q_T (\text{Personas}) = 23,920 \text{ BTU/h} + 19,760 \text{ BTU/h}$$

$$Q_T (\text{Personas}) = 43,680 \text{ BTU/h}$$

9.7. Ganancia de calor por Equipos

Los equipos transfieren calor al ambiente al usarse, debido que estos usan energía eléctrica de la cual un alto porcentaje se transforma en calor, sobre todo en los que usan motores y circuitos electrónicos; por lo tanto, se tiene que tomar en cuenta esta ganancia de calor para la carga de enfriamiento.

La siguiente tabla contiene un registro de los equipos que existen dentro del local.

Equipos	Cantidad	Potencia (watts)
Computadora de escritorio	3	390
Impresoras pequeñas HP	1	700
Σ Potencias		1090

TABLA: 31. Carga de enfriamiento por equipo.

$$Q_{\text{equipos}} = 3.412 \frac{\text{BTU}}{\text{h.W}} * (1090)W$$

$$Q_{\text{equipos}} = 3719.08 \text{ BTU/h}$$

9.8. Ganancia de calor a los alrededores

Se debe calcular **F_c** para corregir las ganancias de calor sensible al recinto por conducción, radiación solar, alumbrado, personas y equipo. Las siguientes ecuaciones se emplean para calcular la corrección para la transferencia de calor a los alrededores.

$$F_c = 1 - 0.02 K$$



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

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

Donde:

F_c= Factor para corregir cada ganancia de calor sensible al recinto.

K= Conductancia de la unidad de longitud.

L= Longitud de la pared exterior, *ft*.

U_w, U_g = Coeficiente de transferencia de calor, w = pared, g = vidrio, BTU/h-ft²-°F

A_w, A_g = Área de la pared o del vidrio, *ft*².

Al realizar este cálculo se toma un coeficiente promedio de transferencia de calor tanto en la pared como para los vidrios siendo estos de 0.119 Btu/hr ft²°F para el concreto tomado de la tabla 3 y 1.04 Btu/hr ft²°F para el vidrio de la tabla 7.

Se utilizará la distancia más grande del local, es decir la de la pared este.

Realizando la operación da un valor de:

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

$$K = \frac{\left(\frac{1.04 \text{ Btu}}{\text{h}} \text{ ft}^2 \text{ °F} * 177.3263 \text{ ft}^2 + 0.119 \text{ Btu/h ft}^2 \text{ °F} * 552.5081 \text{ ft}^2\right)}{49.212 \text{ ft}}$$

$$K = 5.0834$$

Factor de corrección.

$$F_c = 1 - 0.02 K$$

$$F_c = 1 - 0.02(5.0834)$$

$$F_c = 0.8983$$

Todas las ganancias de calor de calor sensible alcanzadas debidas a la conducción, radiación solar, alumbrado, personas y equipos se deben de



multiplicar por el factor de corrección (**0.8983**), cada una de ellas. Obteniendo una reducción en las cargas del **10.17 %**.

- **Ganancia de calor por Infiltración usando el Método de las Fisuras.**

9.9. Ganancia de calor por Infiltración

La cantidad de CFM que habrá, dependerá de las fisuras que existen en el local, se tiene una ecuación para calcularlo que está en función de la longitud de las fisuras y el dónde estén ubicadas (puertas o ventanas) a como se aprecia en la [\(tabla13 de anexos\)](#).

Para este caso en particular se tienen puertas y ventanas solo en la pared Este, y se tienen ventanas en la pared Oeste. La pared Norte y Sur no cuentan con ningún tipo de infiltración.

El cálculo de infiltraciones se hará solo en la pared más grande y que contengan más fisuras, ya que de acuerdo a la Bibliografía de Edward. Pita, establece que, solo se tiene que calcular las infiltraciones de aire en una orientación, debido a que el viento está soplando de una dirección hacia otra opuesta, excepto aquellas construcciones que poseen configuraciones geométricas complejas, se aplica otro método que corresponde bien a las incidencias de los ángulos que forman las paredes.

Calculo de los CFM para una puerta.

Ancho: 2.2808 ft

Alto: 6.8897 ft

Perímetro.

$$L = 2(\text{alto}) + 2(\text{ancho})$$

$$L = 2(6.8897) + 2(3.2808)$$

$$L = 20.341 \text{ ft}$$



Se toma un coeficiente de **1.0 CFM x ft de fisura**, el cual corresponde para el cálculo para puertas, este valor corresponde a las tasas máximas recomendadas de infiltración a través de puertas exteriores, ([TABLA 13 de anexos](#)).

Tasa de infiltración:

Tasa de infiltracion = *tasa recomendada * perimetro * uidades.*

Tasa de infiltracion = ((1.0 * 20.341) * (3)unidades de puertas)

Tasa de infiltraion = 61.023 CFM

Calculo de los CFM para ventanas.

Para esta pared se tienen ventanas de distinto alto y ancho, entonces se calculará por individual y luego se multiplicará el valor resultante por el total de ventanas que comparten mismas características y así encontrar el perímetro.

Debido a que son persianas venecianas de paletas, se calculara los CFM por cada paleta, se multiplicara por el número total de paletas que posee cada ventana y luego por el total de ventanas que posee la pared.

❖ Primer juego de 10 ventanas y 12 paletas.

➤ Dimensiones de una paleta.

Alto= 0.3280 ft

Ancho = 1.9885 ft

➤ Perímetro de una paleta.

$$L = 2(\text{alto}) + 2(\text{ancho})$$

$$L = 2(0.3280) + 2(1.9885)$$

$$L = 4.593 \text{ ft}$$



Se toma un coeficiente de **0.75 CFM x ft de fisura**, el cual corresponde para el cálculo para Ventanas, este valor corresponde a las tasas máximas recomendadas de infiltración a través de ventanas exteriores, (**TABLA 13 anexo**).

$$\text{tasa de infiltracion} = 4.593 \text{ ft} * 12 \text{ paletas} * 10 \text{ unides de ventanas} * 0.75 \text{ CFM}$$

$$\text{tasa de infiltracion 1} = 413.37 \text{ CFM}$$

❖ **segundo juego de 13 ventanas de 12 paletas.**

- Dimensiones de una paleta.

$$\text{Alto} = 0.3280 \text{ ft}$$

$$\text{Ancho} = 1.9356$$

- Perímetro de una paleta.

$$L = 2(\text{alto}) + 2(\text{ancho})$$

$$L = 2(0.3280) + 2(1.9356)$$

$$L = 4.5272 \text{ ft}$$

$$\text{tasa de infiltracion} = 4.5272 \text{ ft} * 12 \text{ paletas} * 13 \text{ unides de ventanas} * 0.75 \text{ CFM}$$

$$\text{tasa de infiltracion 2} = 529.6824 \text{ CFM}$$

$$\text{Tasa De Infiltracion Total} = \text{Tasa Ventanas} + \text{Tasa Puertas}$$

$$\text{Tasa De Infiltracion Total} = 413.37 \text{ CFM} + 529.6824 \text{ CFM} + 61.023 \text{ CFM}$$

$$\text{Tasa De Infiltracion Total} = 1004.07 \text{ CFM}$$

Carga sensible infiltración

$$Q_s = 1.1 \times \text{CFM} \times DT$$

$$Q_s = 1.1 \times 1004.0754 \text{ CFM} \times (82.2866^\circ f - 75^\circ f)$$

$$Q_s = 8047.92 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$$



Haciendo uso de Psicrometría para establecer la carga latente.

Carga de calor latente infiltración.

Los valores para W_i y W_e se toman de la tabla psicrométrica y corresponden a la cantidad de granos de agua contenidos en el aire en esas condiciones dadas.

$$w_i = 80 \text{ lb}_{h_2O} / \text{lb}_{\text{aire seco}}$$

$$w_e = 64 \text{ lb}_{h_2O} / \text{lb}_{\text{aire seco}}$$

Se tiene que para una temperatura de **Bs exterior**, existe una cantidad de granos de agua contenida en el aire de $80 \text{ lb}_{h_2O} / \text{lb}_{\text{aire seco}}$ y para la temperatura de **Bs interior** existe una cantidad de granos de agua de $64 \text{ lb}_{h_2O} / \text{lb}_{\text{aire seco}}$

$$Q_L = 0.68 \times CFM \times (w_i - w_e)$$

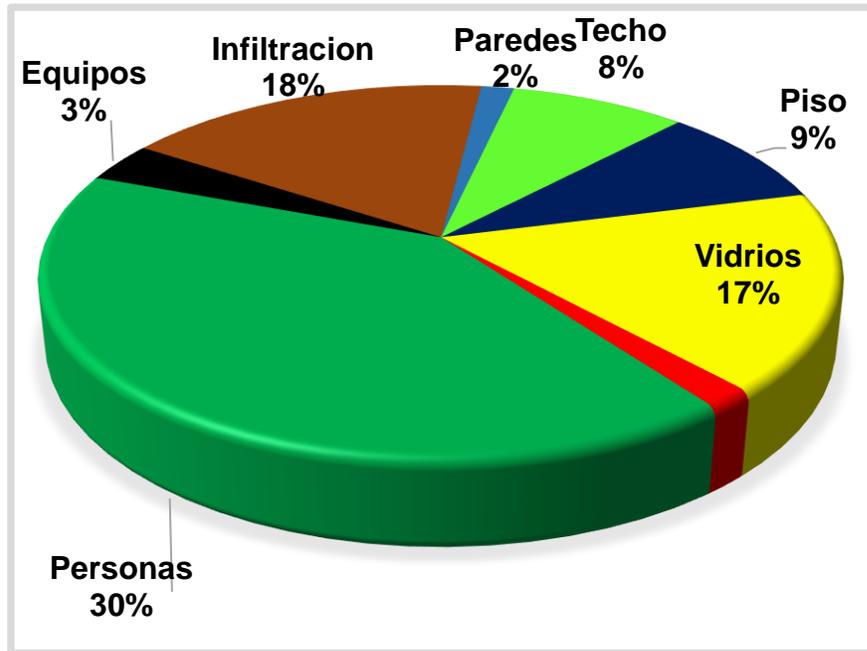
$$Q_L = 0.68 \times 1004.0754 \text{ CFM} \times (80 \text{ gH}_2\text{O}/\text{lb} - 64 \text{ gh}_2\text{o}/\text{lb})$$

$$Q_L = 10,924.34 \text{ BTU/h}$$

Resumen de la Carga total de enfriamiento.				
Componentes	Calor sensible	Calor latente	BTU/h	%
Paredes	1,702		1,702	2%
Techo	9,140		9,140	9%
Piso	9,554		9,554	9%
Vidrios	18,397		18,397	17%
Alumbrado	1,785		1,785	2%
Personas	23,920	19760	43,680	41%
Equipos	3,719		3,719	3%
Infiltración	8,048	10,924.34	18,972	18%
Total	76, 265	30,684.34	106,949	100%

Tabla 32. Carga total de enfriamiento

Grafica De Pastel Para Distribución De Cargas Térmicas De La Biblioteca.



Grafica 6. Distribución de cargas térmicas

9.10. Carga de enfriamiento de recinto

Las cargas de enfriamiento se dividen en dos: cargas por calor sensible y cargas por calor latente.

Para este procedimiento se suman todas las cargas sensibles y por aparte se suman todas las cargas latentes.

$$Q_s = 76,625 \text{ BTU/h}$$

$$Q_L = 30,684.34 \text{ BTU/h}$$

El calor sensible es necesario corregirlo con el valor de factor de corrección F_c , entonces:

$$Q_{s. \text{ corregido}} = f_c * \left(Q_s \frac{\text{BTU}}{\text{h}} \right)$$

$$Q_{s. \text{ corregido}} = 0.8983 * \left(76,625 \frac{\text{BTU}}{\text{h}} \right)$$

$$Q_{s. \text{ corregido}} = 68,696 \text{ BTU/h}$$

9.11. Ganancia de calor total.

- La ganancia de calor total está definida por la suma de la carga sensible corregida y la carga latente.

$$Q_{total} = Q_s \text{ corregido} + Q_L$$

$$Q_{total} = 68,196.25 \frac{BTU}{h} + 30,684.34 \text{ BTU/h}$$

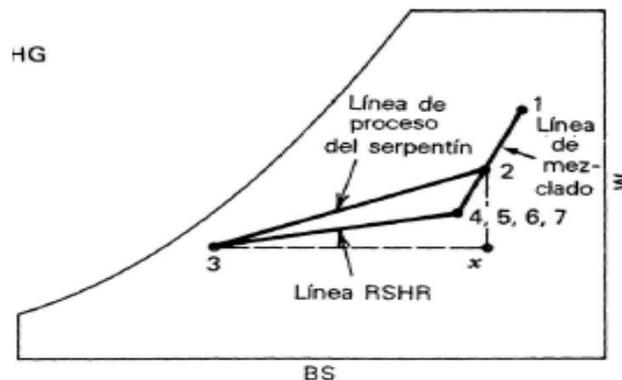
$$Q_{total} = 98,880 \text{ BTU/h}$$

9.12. Selección del serpentín.

Al momento de hacer la selección del serpentín necesitamos la relación de calor sensible lo cual está dado por:

$$RSHR = \frac{Q_s \text{ corregido } BTU/h}{Q_{total} \text{ BTU/h}}$$

$$RSHR = \frac{68,196.25 \text{ BTU/h}}{98,880 \text{ BTU/h}} = 0.6896$$



La relación de calor sensible, ($RSHR = 0.6896$) se ubica y grafica en la carta psicrométrica y se debe de lanzar una recta que coincida con el punto centro de la carta psicrométrica.

- Seguidamente se calcula la diferencia de temperatura de Bs exterior y temperatura de Bs interior

$$(t_4 - t_3) = DT$$



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

$(t_4 - t_3) = (82.2866 \text{ } ^\circ f - 75 \text{ } ^\circ f) = 7.2866 \text{ } ^\circ f$ para la diferencia de temperaturas, nos da un resultado de 7.2866 °f, ya que esta es la diferencia de temperatura de Bulbo seco exterior y la temperatura de diseño interior.

$$CFM_4 = \frac{Q_s \text{ corregido}}{1.1 * (t_4 - t_3)} = \frac{68,196.25 \text{ BTU/h}}{1.1 * (7.2866 \text{ } ^\circ F)} = 8,508.30 \text{ CFM}$$

Para este estudio la reposición de aire será el aire de infiltración que hay en el local, ósea 1004.0754 CFM 6, entonces:

$$CFM_7 = CFM_4 - CFM_6$$

$$CFM_7 = CFM_4 - CFM_6 = (8,508.30 - 1004.0754)CFM$$

$$CFM_7 = 7,504.22 \text{ CFM}$$

Se procede a calcular la temperatura de la mezcla de aire de reposición con el de recirculación.

$$BS_2 = \frac{BS_1 CFM_1 + BS_7 CFM_7}{CFM_2}$$

$$BS_2 = \frac{(82.2866 \text{ } ^\circ F * 1004.0754 \text{ CFM}) + (75 \text{ } ^\circ F * 7,504.22 \text{ CFM})}{8,508.30 \text{ CFM}}$$

$$BS_2 = 75.8598 \text{ } ^\circ F$$

Para graficar Bs2 se ubica en la carta psicométrica y se encuentra el punto 2 que deberá coincidir en la línea de punto 1 y 2. Con esto, procedemos a tomar los valores de humedad absoluta y los valores de entalpía de los puntos 2 y 3 que son los valores que nos dan las líneas de proceso del serpentín.

- Valores de humedad absoluta encontrados.

$$w_2 = 68 g_h / lb_s$$

$$w_3 = 56.8 g_h / lb_s$$

- Valores de entalpía leídos.



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

$$h_2 = 29.3 \text{ BTU/lb}$$

$$h_3 = 25.1 \text{ BTU/h}$$

Ahora se procede a encontrar la temperatura de Bs3 mediante el siguiente planteamiento, donde se establece la siguiente relación:

- Se toma en cuenta la diferencia de temperatura de diseño exterior e interior

$$(t_1 - t_4) = (82.2866 \text{ }^\circ\text{f} - 75 \text{ }^\circ\text{f}) = 7.2866 \text{ }^\circ\text{f}$$

Para conocer el Bs3, se hace una resta a la temperatura de diseño interior, la diferencia de temperatura, $(t_1 - t_4) = 7.2866 \text{ }^\circ\text{f}$, y esto nos da el valor del bulbo seco 3.

$$(BS_3) = (t_4) - (t_1 - t_4)$$

$$(BS_3) = (75 \text{ }^\circ\text{f} - 7.2866 \text{ }^\circ\text{f}) = 67.7134 \text{ }^\circ\text{f}$$

- La siguiente formula nos permite encontrar la carga sensible que pasara por el serpentín.

$$Q_s = 1.1 \text{ CFM}_2 (BS_2 - BS_3)$$

$$Q_s = 1.1 * 8,508.30 \text{ CFM} (75.8598 - 67.7134)^\circ\text{F} = 76,243.21 \text{ BTU/h}$$

El serpentín también tiene que remover el calor latente, esto se conoce usando las siguiente formula, donde el valor de 0.68 es un valor constante que corresponde a la carga latente.

$$Q_L = 0.68 \text{ CFM}_2 (w_2 - w_3)$$

$$Q_L = 0.68 * \frac{8,508.30 \text{ CFM} (71 - 56.8) g_h}{lb_s} = 82,156 \text{ BTU/h}$$

Ahora se conoce la carga total de enfriamiento que tendrá que remover el serpentín, y esto estará denotado mediante la suma de las cargas sensibles más las cargas latentes.

$$Q_T = Q_s + Q_L$$



$$Q_T = 76,243.21 \frac{BTU}{h} + 82,156 \frac{BTU}{h}$$

$$Q_T = 158,399 \frac{BTU}{h}$$

NOTA: Se puede calcular el calor total con las entalpías para comprobar los valores calculados y si son similares entonces se considera calculo correcto.

$$Q_T = 4.5 CFM_2(h_2 - h_3)$$

$$Q_T = 4.5 * 8,508.30 CFM * (29.3 - 25.1)BTU/lb$$

$$Q_T = 160,806 BTU/h$$

10. Selección de equipos.

Para la selección del equipo se toma en cuenta algunos puntos importantes tomados en cuenta en los objetivos los cuales a su vez están ligados a necesidad de la otra parte interesada (Autoridades administrativas de la UNIAV- Rivas). Estos puntos importantes a tomar en cuenta son, eficiencia energética, confort y costo económico bajo.

Para lograr estos propósitos, fue necesario incursionar en las ofertas existentes en el mercado nacional nicaragüense ya que este estudio será utilizado una vez se entreguen resultados a las autoridades administrativas.

Una vez determinada la carga térmica que deberá manejar el serpentín se procede a seleccionar la capacidad Nominal del equipo, esto en conformidad con los cálculos realizados.

Para este diseño se ha decidido seleccionar Aire Acondicionados Split MRR50-410 Condensadora de 60K BTU 230/1/80 R410A 18 SEER Inverter Comforstar (2 unidades de 60kBTU) y una unidad de 48K BTU, así que para una carga de 160,806BTU/h, realizando la operación se necesitaran:

Carga total: **168,806 BTU/h**



$$2 \text{ unidades de } 60\text{KBTU} = 120,000 \text{ BTU/h}$$

$$1 \text{ unidad de } 48 \text{ KBTU} = 48,000 \text{ BTU/h}$$

$$48,000 \frac{\text{BTU}}{\text{h}} + 120,000 \frac{\text{BTU}}{\text{h}} = 168,000 \text{ BTU/h}$$

$$168,000 \text{ BTU/h} - 120,000 \text{ BTU/h} = 48,000 \text{ BTU/h}$$

Se seleccionan **dos unidades de 60k BTU/h**, para un total de 120,000 BTU/h, esta cifra ultima se resta a la carga total de enfriamiento, quedando un saldo de carga de 40,806 BTU/h.

Con la carga que resulta se hace una nueva distribución de carga de acuerdo a las capacidades de equipos existentes en el mercado nacional y que se aproxime más a la carga estimada, por eso se selecciona **una unidad más de 48,000 BTU/h**.

Después de haber seleccionado las dos unidades de 60K BTU Y una unidad de 48 K BTU, los equipos quedan con un margen positivo para operar de forma segura, de modo que ni en su demanda máxima los equipos estarían sometidos a capacidad máxima, o trabajar en rangos de operación insegura que pueda no ser eficiente y generar desgastes prematuros en la máquina.

Otro punto importante a tener en cuenta es que los equipos considerados trabajan con tecnología inverter lo que garantiza que los equipos se autorregularan para brindar servicio de acuerdo con la demanda, para ello están previstos de sensores que envían señales a una tarjeta de control la cual se encarga de regular la operación del motor para que este opere de modo eficiente garantizando solo brindar el trabajo necesario de acuerdo a la demanda.

Característica de los equipos Comforstar					
Serie	Unidades	Refrigerante	Capacidad	SEER	Tecnología
MRRS50	2	R 410 ^a	60,000BTU	18	Inverter
00000	1	R 410 ^a	48,000BTU	18	Inverter

Tabla 33. Característica de los equipos Comforstar



TABLA DE PRECIOS DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADOS 1ro 48K BTU, 2do 60K BTU								
Nº	Empresa	Marca	Tecnología	SEER	Unidades	Precio	IVA	Total
1	Servicio A/C	Comforstar	Inverter	18	1	\$1,573.12	\$ 235.97	\$1,809.09
2	FRIOAIRE	Comforstar	Inverter	18	2	\$1,599.88	\$ 239.98	\$3,679.72
TOTAL EN DOLARES A PAGAR POR LOS 3 EQUIPOS, (48KBTU Y 60K BTU)								\$5,488.81

Tabla 34. Tabla de precios

La garantía es de un año, y su validez de oferta 15 días para las unidades de 60K BTU 30 días para la unidad de 48K BTU, a partir de la fecha de cotización, los proveedores hacen entrega inmediata a precios de contado. Para esta cotización se hizo consulta a la empresa Frio Aire Nicaragua S.A. y la empresa Servicios Técnicos de refrigeración.

Estas se distribuirán en toda el área de modo que todos queden equidistantes y así alcanzar las condiciones apropiadas para lograr el confort requerido.

10.1. Eficiencia energética e impacto ambiental.

10.1.1. Eficiencia energética.

Los aires acondicionados (inteligentes- inverter), Garantizan hacer un uso eficiente de la energía ya que siempre trabajan auto ajustándose a las necesidades de enfriamiento dentro del local.

En una máquina de aire acondicionado estándar el compresor está trabajando el 100% del tiempo y a máxima capacidad, por ejemplo; llegamos a casa y hace mucho calor, y la temperatura está a 33° C, y encendemos el aire acondicionado el cual programamos a 25°C , entonces el compresor trabajara a máxima capacidad (100%) hasta que logre bajar la temperatura a 25° C y se detendrá, pero luego que la temperatura ascienda, el compresor volverá a estar en marcha a capacidad máxima, a esto se le llama “principio de todo o nada”.



Al variar la frecuencia, varía la velocidad de giro del compresor, pudiendo funcionar desde el 10% de su capacidad como capacidad mínima de operación y al 100% de su capacidad como capacidad máxima de operación. De esta manera el compresor se ahorra en un día de funcionamiento muchos arranques y paradas, llegando a ahorrar en un año entre el 30 y 60% en energía eléctrica, así también la vida útil del mismo equipo ya que los arranques bruscos y a máxima capacidad son los que provocan el mayor deterioro en los sistemas o mecanismos.

SEER 18 (proporción de eficiencia energética estacional) Entre más grande es el número de SEER, mejor será el desempeño del aire acondicionado y menor será el consumo de energía, pero esto estará en dependencia de dos factores:

Los días de uso al año.

La cantidad de horas de uso al día.

Tener esto en mente es imprescindible, además no hay que olvidar que un equipo con SEER grande tiene un mayor costo económico, lo que se recomienda es encontrar el punto de equilibrio y comprar un equipo con un **SEER** no menor a **10**. Lo cual en este estudio ha sido contemplado ya que el SEER del equipo seleccionado es de 18, el cual no es el más alto en el mercado, pero dentro de su clase, haciendo referencia a capacidad en BTU, y demás características es el que tiene el SEER más alto.

El aire acondicionado Split de Carrier, sería uno de los más eficientes creados hasta el momento y posee un SEER de 42, pero aún no está disponible en el mercado.

Por otro lado, es importante aclarar que el valor del **SEER** no tiene nada que ver con la calidad del equipo, sino que el usar menos energía eléctrica para su operación, resulta ser más económico y a la vez más amigable con el medio ambiente. Ejemplo: si tenemos un aire acondicionado con potencia (220v=**3048.41 w**), y un **SEER** de **18**, podemos dividir dicha potencia por la eficiencia y obtener el consumo del equipo:



3048.41w / SEER de 18 = 169.35 watts consumo eléctrico.

Beneficios

- ✓ Enfriamiento rápido
- ✓ Ahorro de energía
- ✓ El mas silencioso de su clase.
- ✓ Amplio rango de operación, hasta 54 °C
- ✓ Modo techo alto
- ✓ Pintura anticorrosiva para ambientes tropicales.

10.1.2. Impacto ambiental

Considerando que todos los maeriales de los cuales estan elaborados los aires acondicionados son reciclables, llamese estos, metales, gomas sinteticas, plasticos, y el mismo refrigerante que utilice. Todos ellos tienen que pasar la prueba de reciclaje antes de ser aprobada su fabricacion en serie.

El impacto ambiental esta muy ligado a la eficeincia energetica antes mencionada, pero tambien tiene una variante muy especial y es el tipo de refrigerante que utilice.

El **R-410a** es un exclente refrigerante utilizado en una gran varidead de aplicaciones e incluso como componente de muchas de las mezclas HFC existen tes en el mercado. Permite trabajar a presiones mas bajas que el resto de los HFC.

Es un refrigerante de alta seguridad, clasificado por ASRHAE (AMERICAN SOCIETY OF HEATING)

El **R-410a** tiene una gran estabilidad termica y quimica, una baja toxicidad y no es inflamable, ademas de tener una excelente compatibilidad con los demas materiales. Existen algunos protocolos enfocados a la proteccion de la capa de Ozono, donde se establce una serie de normativas y restriccciones sobre el uso de los gases refirgerantes y aerosoles los cuales todos contribuyen al deterioro de la capa de Ozono ensencial para mantener estable las condicones de vida.

El **Protocolo de Paris** y el **Protocolo de Montreal**, buscan alternativas viables y sosteniibles para el uso de las sustancias que agotan la capa de azono, y para ellos establecen una hoja de licencia para los gases refrigerantes los cuales van



siendo sustituidos por nuevos gases, y su sustitucion es paulatinamente, pero cada uno ya tiene estipulado su tiempo de uso.

CARACTERISTICAS.

- Compresor y motores de velocidad variable
- Utiliza termostato de 24 VAC convencionales
- Resistencia de Carter de compresor instalados de fábricas.
- Usa refrigerante R410A 100% ecologico.

10.2. Cotización de unidades climatizadoras en Nicaragua.

Para encontrar los precios más económicos en relación a unidades inverter y unidades estándares, se realizó una consulta con 6 empresas dentro del mercado nicaragüense, donde se encontró una ligera diferencia de precios entre unidades inverter y no inverter.

La siguiente tabla muestra la comparación de precios, resaltado en verde se muestran las unidades inverter y en azul los estándares, la unidad número 1 de la lista y resaltada en verde claro, es la unidad seleccionada.

10.2.1. Tabla de cotizaciones de unidades inverter y estándares

TABLA COMPARATIVA DE PRECIOS DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADOS								
Nº	Empresa	Marca	Tecnologia	SEER	Unidades	Precio	IVA	Total
1	Servicio A/C	Comforstar	Inverter	18	1	\$1,573.12	\$ 235.97	\$ 1,809.09
2	FRIOAIRE	Comforstar	Inverter	18	2	\$1,599.88	\$ 239.98	\$ 3,679.72
3	SOLAYRE	Comforstar	Estandar	13	3	\$1,130.00	\$ 169.50	\$ 3,898.50
4	SOLAYRE	Comforstar	Inverter	18	3	\$1,760.00	\$ 264.00	\$ 6,072.00
5	Clinica del Ac	Comforstar	Inverter	18	3	\$1,840.00	\$ 276.00	\$ 6,348.00
6	Clinica del Ac	Comforstar	Estandar	16	3	\$1,200.00	\$ 180.00	\$ 4,140.00
7	Transclima N	Samsung	inverter	18	3	\$ 1,744.00	\$ 261.60	\$ 6,016.80
8	ALASKA COOL	Comforstar	Inverter	18	3	\$ 1,910.00	\$ 955.00	\$ 8,595.00
9	ALASKA COOL	Comforstar	Estandar	13	3	\$ 1,180.00	\$ 177.00	\$ 4,071.00
10	FOGEL	Comforstar	Inverter	18	3	\$ 1,867.50	\$ 280.13	\$ 6,442.88

Tabla 34. Cotizaciones de precios en varios establecimientos comerciales



10.3. Presupuesto económico de climatización.

Dentro de los equipos cotizados de 60k BTU están unidades inverter y unidades estándares. El precio mínimo de unidad inverter es **FRIO AIRE \$1,599.88 + IVA y el precio máximo es \$ 1,910.00 de la empresa ALASKA COOL.**

Se cotizo una unidad de aire acondicionado de 48K BTU, de la empresa servicios de **Servicios Técnicos de Refrigeración H.T**, la unidad se cotizo en **\$ 1573.12** dólares.

En cuanto a los equipos estándares se encontró que la empresa **SOLAYRE** posee el precio más económico de esta línea por un valor de **\$1,130.00 y la unidad más costosa es de la empresa Clínica Del Aire Acondicionado con un costo de \$1,200.00.**

No todas las empresas poseen servicios de instalación, así que se tomaron en cuenta los precios brindados por algunas empresas.

En la consulta se encontraron 6 unidades inverter y 3 unidades estándares, siendo la marca Comforstar la marca más abundante.

Se seleccionó la oferta más económica que encontramos que pertenece a la empresa FRIOAIRE el cual posee un valor de \$ 1599.88 la unidad sin IVA, y el costo total de las 3 unidades más el IVA, alcanza un valor de \$ 5519.69.

Cabe destacar que falta costos de instalación debido que la empresa no posee ese servicio, pero se averiguo y se encontró que una unidad de aire de 60k BTU se instala por \$180 y como son 2 unidades entonces resultaría un total de \$ 460 esto sin meter transporte.

COSTO DE AIRE/ C	3 PTOTECTORES DE VOLTAJE	INSTALACION 3 UNIDADES	TOTAL EN DOLARES
C\$5,488.81	C\$150.21	C\$378.46	\$ 6,017.48

El SEER de este equipo ya ha sido detallado en el apartado de eficiencia energética e impacto ambiental.



Los costos totales del proyecto andarían aproximadamente **\$ 6,017.48 (dólares de EE. UU)**.

Es importante saber que los precios pueden variar con respecto al tiempo, así como existencia de las unidades en almacén de las empresas cotizadas.

11. Instalación del sistema de climatización

Se instalarán 3 equipos, dos de ellos con capacidad de 60,000 BTU/h y el tercer equipo con una capacidad de 48,000 BTU/h. a continuación se detallará el proceso de instalación ya que es necesario que exista un procedimiento a seguir para garantizar la correcta instalación de los equipos cumpliendo con las normas de seguridad y eficiencia.

Instalación de la unidad interior

Paso 1 - Selección de la ubicación de instalación

Para una buena instalación del equipo de aire acondicionado deben existir las condiciones en el área donde se ubicarán con la idea que una vez puesto en marcha realice eficientemente su trabajo.

Se seleccionaron estas áreas porque es una pared solida externa (lado oeste), al formar parte de la estructura del edificio central por lo tanto pertenece al grupo de paredes concreto pesado lo cual reúne las cualidades ideales para la instalación de los equipos.

Es necesario instalar las unidades en una pared que pueda resistir su peso y minimizar los efectos de vibraciones, a parte que las unidades condensadora no tiene que estar muy alejado de las unidades evaporadoras de lo contrario habrá que aumentar y disminuir la carga de refrigerante.

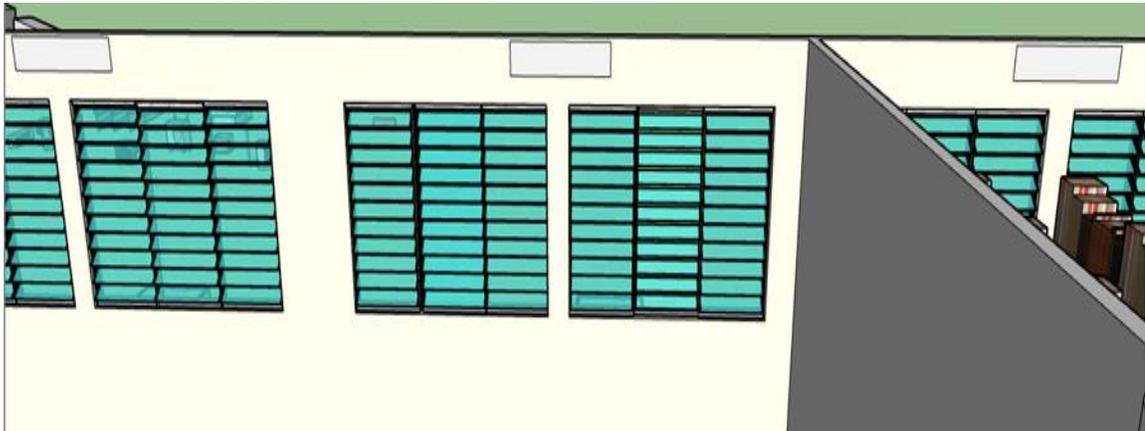


Ilustración 1 Ubicación de las unidades interiores en la biblioteca

Una instalación adecuada cumple con las siguientes condiciones:

- Buena circulación de aire.
- Drenaje conveniente.
- El ruido de la unidad no debe molestar otra gente.
- Firme y sólida - La ubicación no debe vibrar.
- Lo suficientemente fuerte para soportar el peso de la unidad.
- Debe estar al menos a un metro de distancia de otros elementos electrónicos (tv, radio, computadoras, etc.)

Ahora que se seleccionó los lugares óptimos se empieza con la instalación de la unidad exterior (evaporador) en el área señalada previamente en la imagen.

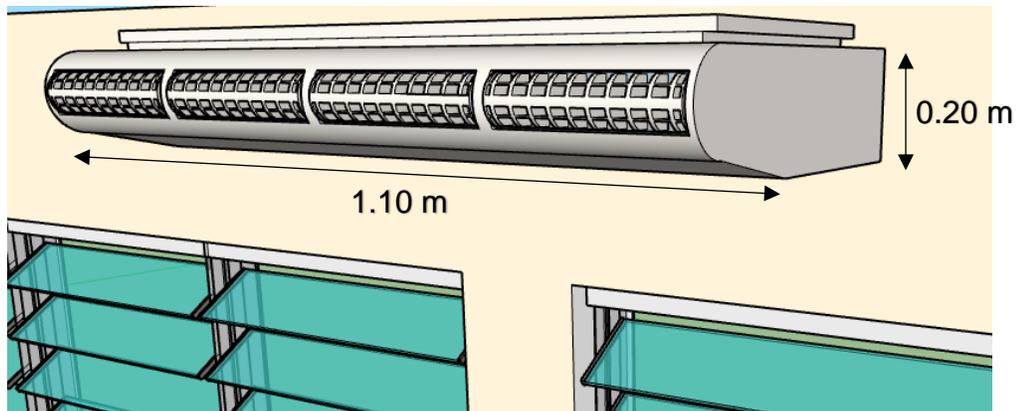


Ilustración 2 Unidad evaporadora instalada

Las unidades se colocaran a 2.95 m del nivel de piso, la separacion entre el evaporador y el techo sera de 0.05 m, mas el alto de la unidad que sera de 0.20 m esto daria la altura total de 3.20 m del piso al techo de la biblioteca.

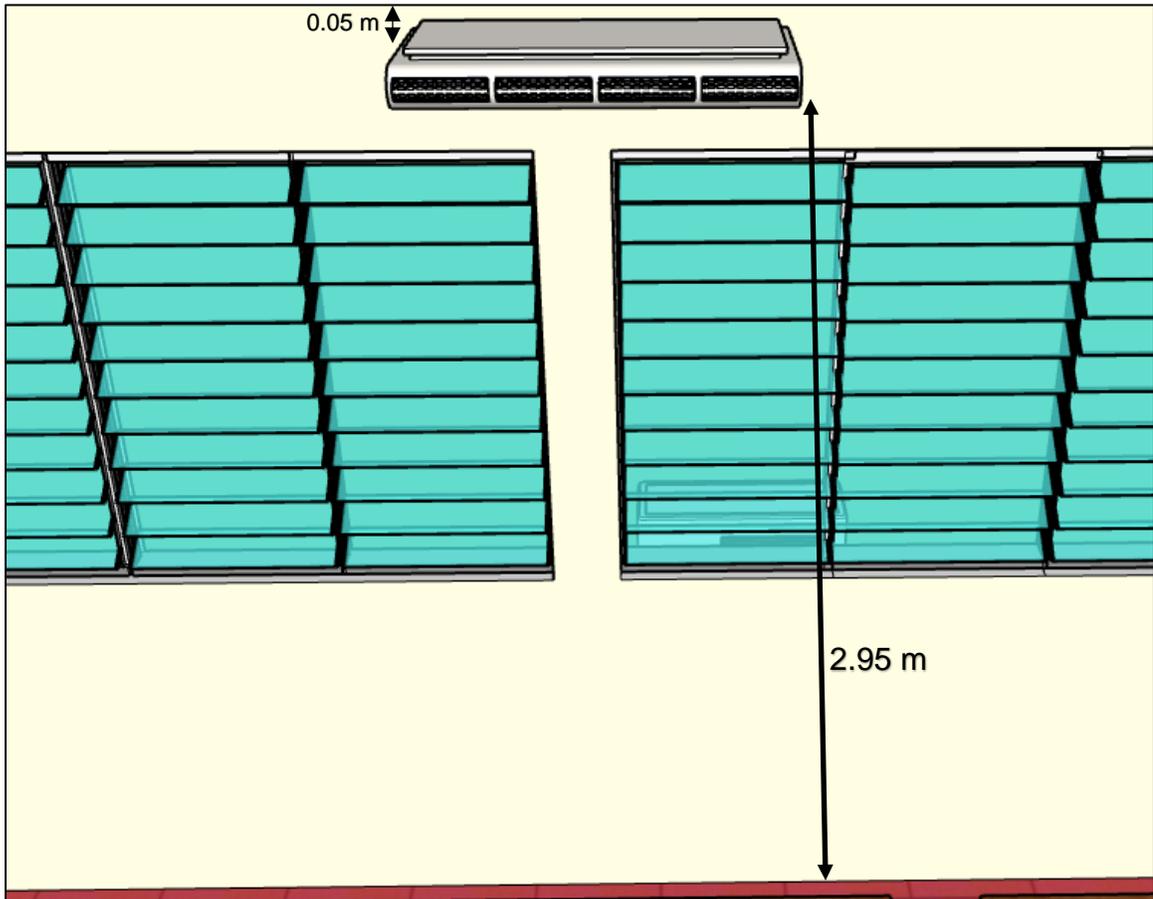


Ilustración 3 Medidas de instalación

Paso 2 - Colocación de la placa de montaje en la pared

La placa de montaje es la pieza que sostendrá la unidad interior (evaporador) en la pared, en este paso se utilizará un taladro eléctrico para hacer los orificios en la pared, se recomienda tener anteojos de protección debido a partícula de polvo que se desprenderán al ambiente al elaborar los agujeros.

Se deben aplicar los siguientes para una correcta colocación de la placa:

1. Colocar la placa contra la pared en una ubicación que cumpla con las condiciones de área donde se colocara el equipo.

2. Realizar los orificios para los tornillos de montaje en lugares que:
 - a. pueda soportar el peso de la unidad.
 - b. coincida con orificios en la placa de montaje.
3. Atornillar la placa de montaje a la pared con los tornillos provistos.
4. Asegurarse que la placa quede chata contra la pared.

Paso 3 - Orificio para la tubería de conexión

En este paso se debe tener cuidado pues se utilizarán herramientas como taladros eléctrico, partillo y cincel. Hay que asegurarse que en el área solo este personal autorizado, verificar con los planos el lugar de perforación del orificio en la pared para la tubería de refrigerante, la tubería de drenaje y el cable de señal que va a conectar ambas unidad interior y exterior.

1. se debe de asegurar que la ubicación del orificio coincida con la posición de la placa de montaje. El orificio debe tener al menos 65mm (2,5 pulg.) de diámetro y un ángulo un poco menor para facilitar el drenaje.

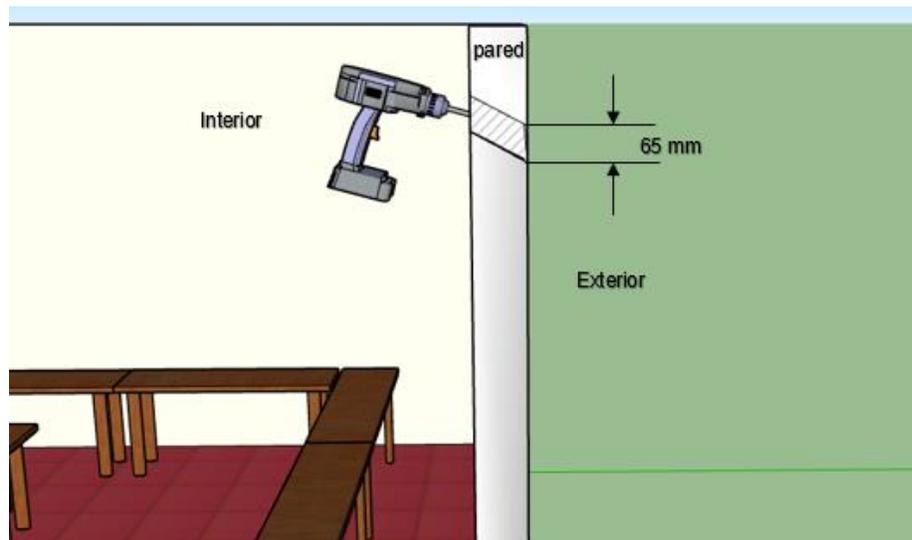


Ilustración 4 Orificio para la tubería de conexión

Paso 4 - Preparación de la tubería del refrigerante



La tubería de refrigerante está dentro de una manga aisladora adherida a la parte trasera de la unidad. Se debe preparar la tubería antes de pasarla a través del orificio en la pared.

1. Basado en la posición del orificio en la pared con respecto a la placa de montaje, la tubería quedara del lado izquierdo la unidad.
- 2 conectar la tubería de refrigerante de la unidad interior con la tubería conectora que va a unir las unidades interior y exterior.
- 3 revisar que no tenga golpes o picadura la tubería

Paso 5 - Conexión de la manguera de drenaje

La manguera de drenaje estará en el lado izquierdo del equipo (mirando desde la parte trasera).

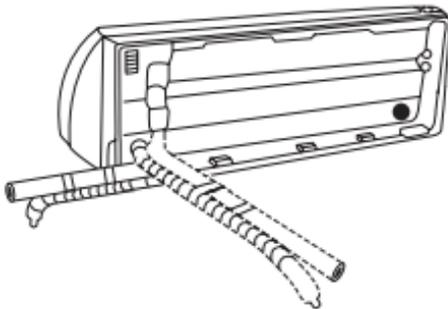


Ilustración 5 Conexión de la manguera de drenaje

1. Para asegurar un drenaje adecuado, hay que conectar la manguera de drenaje del mismo lado en el que la tubería de refrigerante sale de la unidad.
2. Envolver el punto de conexión firmemente con teflón para asegurar un buen sellado y prevenir pérdidas.
3. Para la parte de la manguera de drenaje que queda en el interior, cubra con goma espuma de aislamiento para prevenir condensación.
4. Remover el filtro de aire y vierta una pequeña cantidad de agua dentro de la fuente de drenaje para asegurarse que el agua fluya adecuadamente.

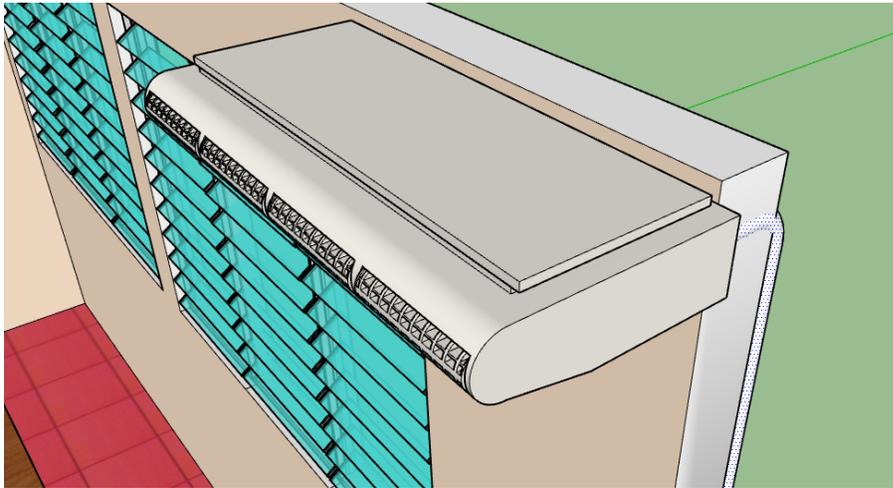


Ilustración 6 Unidad evaporadora con su manguera de drenaje

Paso 6 - Conexión del cable de alimentación y el cable de señal

El cable de señal habilita la comunicación entre la unidad interior y la unidad exterior. Se debe elegir el tamaño de cable correcto antes de preparar las conexiones ver especificaciones una vez el producto este comprado y asegurarse que todas las conexiones estén apagadas.

1. Utilizar un pelacables para liberar alrededor de 40mm los cables en ambos extremos del cable de señal.
 - a. Quitar la aislación en ambos lados de los cables.
2. Abrir el panel frontal de la unidad.
3. Utilizando un destornillador, abra la cobertura de la caja de cables en el lado derecho de la unidad. Esto va a revelar el bloque terminal.

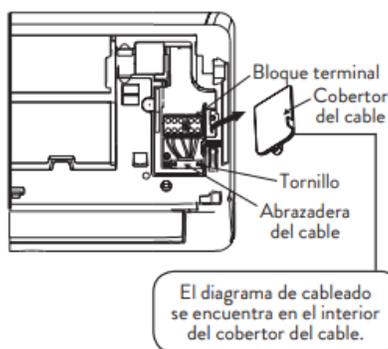


Ilustración 7 Conexión a cable de señal

4. Desatornillar las trabas debajo del bloque terminal y ponerlas a un costado.
5. Mirando desde la parte de atrás de la unidad, remueva la tapa de plástico del panel ubicada en la parte izquierda-inferior del equipo.
6. Pasar el cable de señal a través de este orificio, de atrás hacia adelante.
7. Mirando desde el frente del equipo, haga concordar los colores de los cables con los de la etiqueta en el bloque terminal, conecte los cables con forma de U y ajústelos firmemente en su terminal correspondiente.
8. verificar asegurando que cada conexión esté firme, usando la abrazadera de los cables para ajustar el cable de señal a la unidad. Atornille la abrazadera con fuerza.

Paso 7 - Envoltura de las tuberías y los cables

Antes de pasar la tubería, la manguera de drenaje y el cable de señal a través del orificio en la pared, se deben unirlos utilizando cinta de aislación para ahorrar espacio y protegerlos.

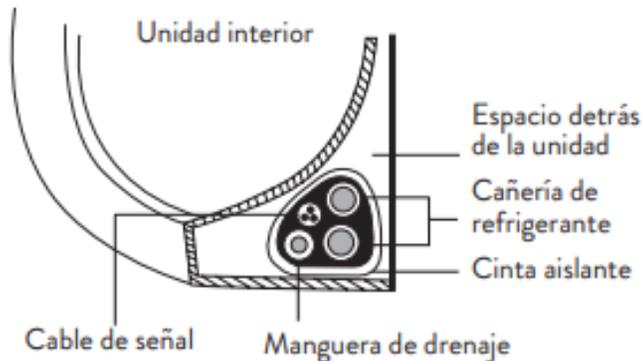


Ilustración 8 Ingresos de conexiones

Paso 8 - Conexión del cable de corriente interior

1. Lentamente, pasar el conjunto envuelto del caño de refrigerante, cable de señal y manguera de drenaje a través del orificio en la pared.
2. Colocar la parte superior de la unidad exterior en el gancho superior de la placa de montaje y asegurarse esté firmemente en la placa, la unidad no debe moverse ni deslizarse.

3. Utilizando una presión pareja, empuje la parte inferior del equipo. Mantenga presionado hasta que la unidad encastra en los ganchos de la parte inferior de la placa de montaje.

Paso 9 - Montaje de la unidad interior

1. Usar un pie o taco para sostener la unidad en ángulo para poder conectar la tubería de refrigerante, cable de señal y manguera de drenaje.
2. Conectar la manguera de drenaje y la tubería de refrigerante.

La unidad es ajustable

los ganchos en la placa de montaje son más pequeños que los orificios en el panel trasero de la unidad interior. Si usted se da cuenta que no tiene espacio suficiente para conectar las tuberías previamente incrustadas en la pared, la unidad se puede mover de izquierda a derecha por 30-50 mm aproximadamente, dependiendo del modelo.

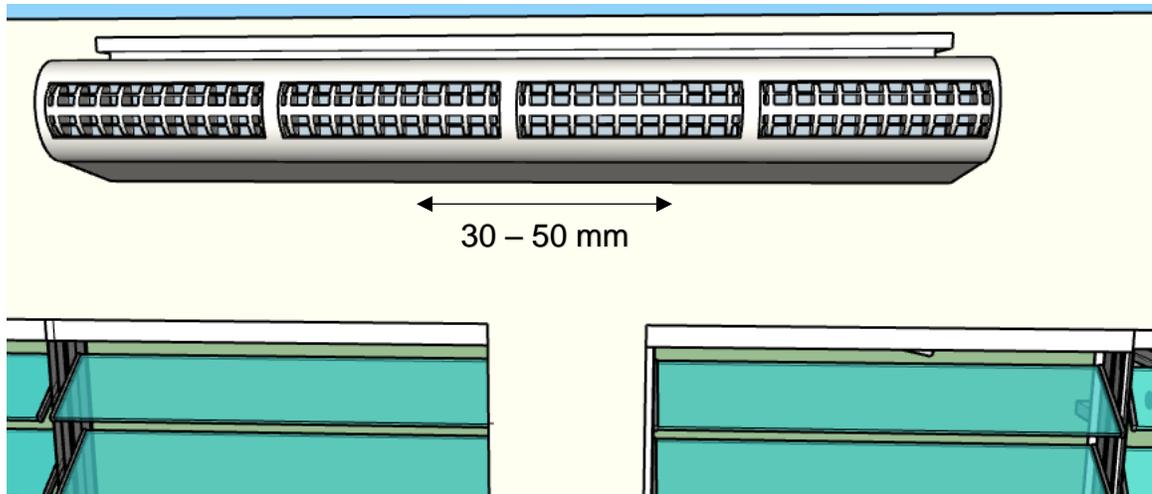


Ilustración 9 Montaje de la unidad interior

Instalación de la unidad exterior

Paso 1 - Selección de la ubicación de instalación

La unidad exterior (condensador) serán ubicadas en la parte externa de la pared oeste del edificio en su segunda planta ya que esta necesita estar en un lugar

ventilado donde no existan restricciones para la expulsión del aire caliente que este expulsa y así garantizar que no exista retorno de aire caliente a la unidad disminuyendo su eficiencia y que se facilite la convección.



Ilustración 11 Ubicación de la unidad exterior para su instalación

Paso 2 - Anclado de la unidad exterior

La pared oeste en su lado exterior no posee una estructura arquitectónica que facilite la instalación de las unidades condensadoras y para instalar a una distancia optima es necesario diseñar una estructura metálica (ménsula) que pueda anclarse a la pared y en esta estructura instalar la unidad condensadora.



Ilustración 11 Anclado a estructura metálica (ménsula) de la unidad exterior

Como la unidad exterior será instalado en ménsula o pie de montaje se debe seguir los siguientes pasos

1. Marcar la posición de los orificios.
2. Realizar los orificios para los tornillos.

3. Limpiar polvo y escombros de los orificios.
4. Poner una arandela y tuercas en cada uno de los tornillos.
5. Colocar los tornillos de ajuste en los orificios, coloque las ménsulas en posición y martille los tornillos a la pared.
6. Verificar que las ménsulas estén niveladas.
7. Cuidadosamente, levantar la unidad y colocarla en la ménsula.
8. Atornillar la unidad firmemente.

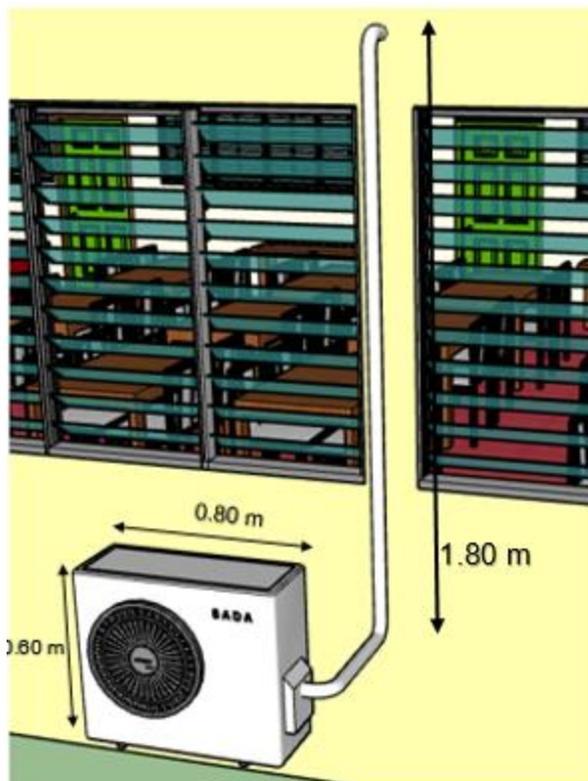


Ilustración 12 Instalación de la unidad exterior

Paso 3 - Conexión de los cables de señal y corriente

1. Todas las conexiones eléctricas deben hacerse según los diagramas eléctricos ubicados en los paneles de las unidades interna y externa.
3. Solo conectar la unidad a un enchufe conectado a la pared.

4. Cada cable debe estar conectado de manera firme. Un cable flojo puede causar recalentamiento, generando la posibilidad de malfuncionamiento e incendios.
5. No dejar que los cables queden tocando o apoyados del caño de refrigerante, el compresor, o partes en movimiento de la unidad.

Prepare el cable para su conexión.

2. Utilizando un destornillador, abra la cobertura de la caja de cables en el lado derecho de la unidad. Esto va a revelar el bloque terminal.
3. Haga concordar los colores de los cables con los de la etiqueta en el bloque terminal, conecte los cables con forma de U y ajústelos firmemente en su terminal correspondiente.
4. Luego de verificar que cada conexión está asegurada, enrolle los cables alrededor para prevenir que fluya agua de lluvia a través del mismo.

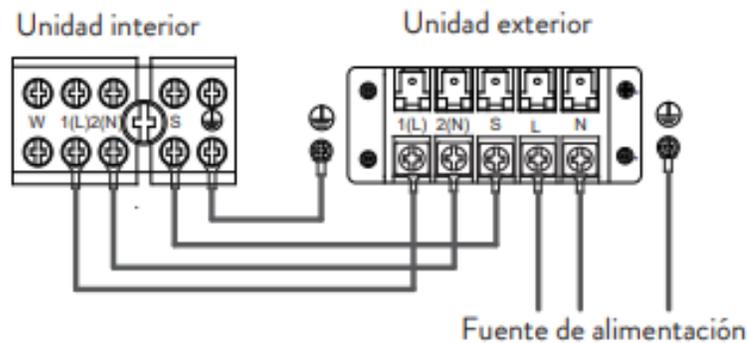


Ilustración 13 Diagrama eléctrico

Paso 4 - Conexión de la cañería de refrigerante

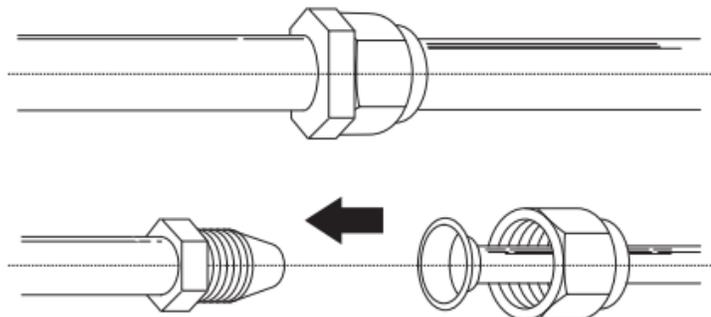


Ilustración 14 conexión de la tubería del refrigerante

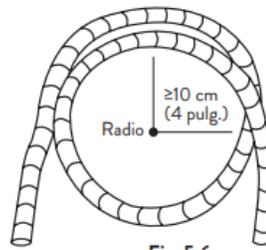
Cuando se prepare la cañería del refrigerante, tener en cuenta de cortarlos y abocinarlos de manera adecuada. Esto va a asegurar una operación eficiente y minimizar la necesidad para futuros mantenimientos.

1. Medir la distancia entre la unidad exterior y la unidad interior.
2. Utilizar un cortador de tubos, corte la cañería un poco más larga que la medida tomada.

Paso 5 - Conexión de la tubería

Cuando se conecte los caños refrigerantes, tener cuidado de no usar una fuerza excesiva al ajustar, o de deformar la cañería. Primero se debe conectar la cañería de presión baja, luego la de presión alta.

El radio mínimo de torsión Cuando doble el caño conectivo de refrigerante, tener en cuenta que el radio mínimo de torsión es 10cm.



Instrucciones para conectar la cañería a la unidad interior

1. Alinear el centro de las dos cañerías que se van a conectar.

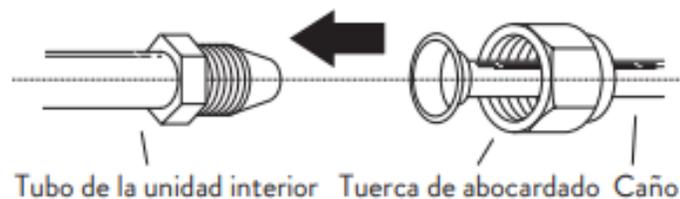


Ilustración 15 conexión la tubería a la unidad interior

2. Ajustar la tuerca de abocardado lo más que pueda a mano.
3. Utilizar una llave, fijar la tuerca en el tubo de la unida.



PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO

Antes de la prueba

Sólo realizar una prueba luego de haber completado los siguientes pasos.

- Chequeos de seguridad eléctrica - Confirmar que el sistema eléctrico de la unidad es seguro y operando de manera apropiada.
- Chequeos de pérdida de gas - Verificar que ninguna conexión de las cañerías tenga pérdidas.
- Verificar que las válvulas de gas y líquido (alta y baja presión) estén completamente abiertas.

Instrucciones de la prueba de funcionamiento

Se debe realizar una prueba por al menos 30 minutos.

1. Conectar la corriente del equipo.
2. Presionar el botón ON/OFF del control remoto.
3. Presionar el botón de modo para variar entre las siguientes opciones, 1 a la vez:
 - a. Refrigeración - Seleccionar la menor temperatura posible.
4. Dejar que cada función quede en marcha por 5 minutos.
5. Luego de que la prueba de funcionamiento termine con éxito, hacerlo lo siguiente:
 - a. Utilizando el control remoto, vuelva a colocar la unidad en la temperatura de funcionamiento normal.
 - b. Utilizando cinta de asilamiento, envuelva las conexiones de la tubería de refrigerante que se dejaron liberadas durante la instalación.



12. Mantenimiento.

Para garantizar que las unidades funcionen en condiciones óptimas, cumpla con una vida útil y sea lo más eficiente posible se debe de cumplir con unas series de pasos con las se debe cumplir.

El mantenimiento preventivo comprenderá la realización de actividades que serán organizadas en un cronograma ([tabla 15.](#) de anexos) el cual servirá de guía para alargar la vida útil de los equipos y mantengan la eficiencia.

Las actividades que se desarrollaran en el mantenimiento estarán comprendidas en una serie de pasos que se realizaran cada vez que las unidades les corresponda que pueden ser de manera mensual, trimestral y anual en caso del recargarle refrigerante en los equipos:

Equipos de aire acondicionados

- Desarmado del equipo: En el sitio de trabajo, el técnico se asegurará de que el equipo esté desconectado y procederá al desmontaje de las partes del equipo que serán sujetas a limpieza y lubricación (ventilador, capacitores, cubiertas, tarjetas electrónicas, etc.).

- Lavado de condensador y evaporador: Se procederá a realizar el lavado a presión de las rejillas del evaporador y condensador del equipo, eliminando todo el grueso de la suciedad acumulada. Posteriormente eliminada la suciedad se aplicará a las rejillas del evaporador y condensador los agentes limpiadores apropiados; posteriormente a su aplicación se deberá limpiar con abundante agua a presión el agente limpiador aplicado. Asimismo, se deberá realizar limpieza y secado de filtros, debiendo eliminar toda la suciedad

Durante la ejecución de esta actividad se deberá proteger mobiliario de oficina, computadoras, etc.

- Limpieza de filtros: Se deberá realizar lavado a presión eliminando toda la suciedad acumulada, se utilizará agentes limpiadores apropiados, y



posteriormente se deberá limpiar con abundante agua a presión, se secarán e instalarán.

- Limpieza y lubricación de componentes: Utilizando equipo de limpieza y lubricantes de buena calidad, se realizará limpieza de todos los componentes del equipo, tales como: ventilador, tarjetas electrónicas, perillas, terminales eléctricos, filtros, carcasa, cubiertas, entre otros. Posteriormente se deberán lubricar los baleros del ventilador, chumaceras, poleas y perilla en caso que estas últimas se puedan lubricar. A las tarjetas electrónicas se les deberá aplicar un limpiador en spray apropiado.

- Revisión de contactares y terminales: Se deberá realizar revisión de contactores, lo cual incluye limpieza y ajuste de contactos, revisión de térmicos de protección y limpieza de terminales que conectan componentes con el capacitor, contactor, timer, etc. (incluye cables y terminales).

- Revisión de controles de válvulas de presión y controles de temperatura: Se deberá realizar revisión de las válvulas de baja y alta presión, a fin de verificar que estas no tengan fuga de refrigerante, además se deberá realizar una revisión de los controles de temperatura a fin de garantizar el funcionamiento de estos. -

Ajuste de fajas y poleas: Se deberán ajustar apropiadamente las fajas y poleas verificando además el estado físico.

- Mediciones de corriente en fases y voltaje en compresor y motor ventilador. En caso de ser necesario se realizará la medición de voltajes y corrientes en componentes de evaporadores y condensadores.

- Revisión y limpieza de tubería de drenaje y bomba de condensado: Se deberá eliminar los residuos producidos por el condensado tanto en las tuberías de drenaje como en la bomba de condensado en aquellos equipos que la poseen. La limpieza de la tubería de drenaje se realizará a presión, para eliminar la suciedad acumulada.



- Revisión y ajuste de fuelle flexible y engrase de chumacera (si aplica): Con el propósito de disminuir las vibraciones, se deberá ajustar el fuelle flexible. Una vez finalizado el mantenimiento preventivo, se pondrán en funcionamiento los equipos de aire acondicionado a fin de verificar el buen funcionamiento de los equipos.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

En caso que el equipo este dañado o durante su uso deje funcionar se debe llamar a un personal calificado en esta área, esto correspondería a un mantenimiento correctivo si se necesitara respuestas esto se debe informar al personal administrativo de la universidad e informar sobre el estado del equipo.

REPUESTOS

Los repuestos de preferencia deberán ser originales o en caso contrario que sean de marcas reconocidas y compatibles con los equipos. Antes de efectuar un mantenimiento correctivo, el contratista deberá detallar los precios de los repuestos debiendo garantizar la instalación de los mismos a la brevedad posible.

Insumos y repuestos menores: El valor del servicio debe incluir insumos propios del mantenimiento como son gas, aceites, grasas, medios filtrantes como guata, cinta teflón, aislante y demás insumos requeridos para la operación de los equipos. También debe incluir repuestos menores para cambio rutinario tanto en la parte mecánica como para el sistema eléctrico como son: Rodamientos, correas, bujes, chumaceras, breakers, contactores, fusibles, capacitores, cargas de gas, sellado de fugas, etc. Adicionalmente debe incluir la carga necesaria de refrigerante para suplir una eventual fuga en el sistema de refrigeración.



13. CONCLUSION.

A). Después de realizar todos los cálculos se concluyó que para la infraestructura de la biblioteca, los sistemas de climatización que mejor se adaptan son las unidades Split piso - techo, ya que son equipos muy versátiles para ser instaladas en edificios con diseños definidos.

B). El cálculo de la carga de enfriamiento para la biblioteca se realizó haciendo uso de la metodología CLTD/CLF de la ASRHAE, este método incorporó la posibilidad de realizar cálculos precisos mediante el uso de tablas y graficas como la carta psicrométrica, y así mediante cálculos básicos y sencillos obtener con alta precisión la carga de enfriamiento del local; dando como resultado un total de 160,807 BTU/h, la cual es necesaria conocer para realizar la selección de equipos.

C). Se seleccionaron equipos con muy alta eficiencia eléctrica, debido a que poseen tecnología inverter con SEER 18, lo cual garantiza un consumo de hasta el 50% menos de energía en comparación a los equipos estándares, se seleccionaron 2 unidades de 60,000 BTU/h y una unidad de 48,000 BTU/h de la serie MRR50-410 son los más silenciosos en su clase y usan refrigerante 100% ecológicos.

D). El plan de mantenimiento e instalación se ha realizado a partir de los parámetros establecido por el fabricante. El plan de mantenimiento pretende que los equipos funcionen dentro de los rangos óptimos de operación, además de mantener su disponibilidad, y prolongar su vida útil, para sacar el mayor provecho a la inversión.



14. RECOMENDACIONES.

A). Se recomienda instalar cortinas preferiblemente de PVC, en las áreas que poseen ventanas para disminuir perdidas de energías en espacio acondicionado ya que las cortinas de PVC protegen contra la filtración de aire del exterior hasta de un 65%; de igual modo ajustar los marcos de las puertas y ventanas para disminuir la ganancia de calor por infiltración ya que esto posee una de las mayores fuentes de ganancia de calor en este local.

B). A quienes vayan a desarrollar proyectos similares a este, recomendamos no omitir ningún procedimiento estipulado por la metodología en nuestro caso es la CLTD/ CLF de la ASHRAE, ya que la omisión de procedimientos conlleva a resultados erróneos que afectan mucho la toma de decisiones hasta el punto de hacer que el proyecto sea inviable o fracase porque sus resultados se han alejado mucho de los datos esperados.

C). Recomendamos instalar 3 equipos de aires acondicionado Split con tecnología inverter y 2 unidades con una capacidad de carga de 60,000 BTU/h, y la otra con 48,000 BTU/h para que entre los 3 cumplan con la capacidad máxima de enfriamiento que sería de 160,807 BTU/h, ya que esta distribución es la más aproximada de acuerdo a las características de equipos cotizadas en el mercado nacional.

D). Se recomienda volver a consultar precios a los proveedores antes de hacer la compra ya que los precios de los productos pueden variar con respecto al tiempo, así como las marcas, modelos, promociones y garantías. En cuanto a la instalación es necesario apegarse a los manuales que el fabricante brinde y así como a las normas de seguridad en los lugares donde queden instaladas las unidades, estas están estipuladas en una ilustración que hemos realizado. (Ver sección de instalación de equipos, pág. 105)



15. BIBLIOGRAFÍA.

- Aire Acondicionado. (13 de octubre de 2017). *El Ciclo de Refrigeración – Cómo Funciona*. Obtenido de <https://tuaireacondicionado.net/el-ciclo-de-refrigeracion-como-funciona/>.
- Arnabat, I. (14 de marzo de 2015). Obtenido de <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-acondicionado-domestico/aire-acondicionado-inverter.html>
- Asamblea Nacional de la República de Nicaragua*. (2012). Obtenido de [http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/\(\\$All\)/B07CC5D87FAD7A89062579DF004E0350?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/($All)/B07CC5D87FAD7A89062579DF004E0350?OpenDocument)
- casate con el planeta. (19 de 08 de 2019). Obtenido de <https://www.casateconelplaneta.com/2019/08/19/el-aire-acondicionado-compatible-con-el-medio-ambiente/>
- EMERSON. (12 de Marzo de 2013). *Manual Técnico de Refrigeración y Aire Acondicionado*. Obtenido de <https://corpfeser.com.pe/wp-content/uploads/2016/12/Manual-T%c3%a9cnico-de-Refrigeraci%c3%b3n-y-Aire-Acondicionado.pdf>
- FIXSOLUCIONES. (23 de julio de 2020). Obtenido de <https://fixsoluciones.com/en-que-consiste-el-mantenimiento-del-aire-acondicionado/#:~:text=Los%20mantenimientos%20de%20aires%20acondicionados,falta%20de%20gas%20o%20l%C3%ADquido>
- grupo cbm. (28 de diciembre de 2020). Obtenido de <https://www.cbmtécnicos.com/que-es-tecnologia-inverter-como-funciona-sistemas-climatizacion/>
- Guías Prácticas.com. (21 de mayo de 2012). *Climatización y Aire Acondicionado*. Obtenido de <http://www.guiaspracticas.com/climatizacion-y-aire-acondicionado>
- Gutierrez, C. (27 de Abril de 2016). *Nergiza*. Obtenido de <https://nergiza.com>
- Hernandez, M. A. (3 de Noviembre de 2009). *Manual Buenas Prácticas en Refrigeración*. Obtenido de <http://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2018/06/Manual-Buenas-Practicas.pdf>
- Manual ASHRAE. (2004). *Sistemas HVAC y Aplicaciones 2004*.
- MANUAL DE BUENAS PRACTICAS ENREFRIGERACION*. (05 de junio de 2018). Obtenido de <http://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2018/06/Manual-Buenas-Practicas.pdf>.



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

Martinez, F. (3 de mayo de 2008). *Instalaciones de Aire Acondicionado*.
Obtenido de <https://promateriales.com/pdf/pm1410.pdf>

Nieto, A. (14 de Abril de 2008). *mundoHVACYR*. Obtenido de
<https://www.mundohvacr.com.mx/2008/04/criterios-para-disenar-sistemas-de-aire-acondicionado-consideraciones-y-metodos-de-la-planeacion/>

Pita, E. (1994). Acondicionamiento de aire. Principios y sistemas. En *Pita, Eduard G.*; (pág. 568). Mexico, D.F: Renacimiento.

Yunus A, C. (2011). Transferencia de calor y masa. Mexico, D.F.: The McGraw-Hill Companies.

Plafomax. Guia Hidalgo. CEMpanel. Obtenido de
<https://www.plafomax.com.mx/app/download/13463851078/ficha+T%C3%A9cnica.pdt?t=1503949764>



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

16. ANEXOS

ANEXOS



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

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA													
RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO													
Estación:	RIVAS					Código:	69070						
Departamento:	RIVAS					Municipio:	RIVAS						
Latitud:	11°26'06"					Longitud:	85°50'00"						
Años:	2020					Elevación:	70 msnm msnm						
Parámetro	Temperatura Máxima (°C)					Tipo:	HMP						
Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
1	30.2	30.4	30.6	32.8	33.8	30.6	28.6	33.3	32.3	31.2	28.5	-	33.8
2	29.6	32.6	32.8	32.8	33.6	31.2	29.8	33.0	32.6	30.6	31.9	-	33.6
3	30.6	32.0	30.8	32.9	33.6	30.0	30.2	32.7	32.2	30.2	26.6	-	33.6
4	31.9	31.0	32.3	33.4	33.4	26.3	30.0	32.9	32.2	27.2	25.4	-	33.4
5	31.6	31.2	33.8	34.2	32.8	29.7	30.8	31.8	32.0	29.1	26.1	-	34.2
6	30.4	31.8	34.0	34.2	33.5	32.0	32.3	31.0	31.7	30.2	25.0	-	34.2
7	31.0	31.7	32.5	35.0	35.9	32.0	32.4	31.5	31.0	29.8	26.4	-	35.9
8	31.2	31.4	33.8	35.2	35.0	32.6	27.8	31.4	31.9	30.6	28.7	-	35.2
9	31.3	30.4	33.3	35.0	33.4	33.2	30.5	32.0	32.3	30.6	29.0	-	35.0
10	31.9	30.0	31.8	34.3	34.8	32.1	31.2	30.2	31.0	30.6	25.4	-	34.8
11	31.2	31.3	32.3	35.0	33.2	32.6	31.3	31.8	32.4	31.6	30.5	-	35.0
12	31.8	30.9	30.6	34.2	33.9	31.3	29.5	33.2	31.3	30.3	31.6	-	34.2
13	31.6	30.8	31.6	34.5	34.6	31.5	29.2	29.9	32.0	30.4	30.6	-	34.6
14	31.6	32.6	32.0	34.2	33.4	30.9	29.0	29.8	31.0	31.2	31.7	-	34.2
15	31.6	31.7	31.8	34.0	34.5	32.2	29.6	27.5	31.9	30.8	32.0	-	34.5
16	31.4	32.6	32.0	34.5	34.2	31.4	33.2	31.2	31.4	31.0	31.2	-	34.5
17	30.5	33.0	31.5	34.2	35.1	31.4	32.2	30.8	32.8	31.9	25.7	-	35.1
18	31.3	33.2	33.0	33.5	33.4	31.4	31.2	30.6	32.0	31.2	28.8	-	33.5
19	32.6	33.5	32.5	33.8	34.0	32.2	30.6	31.4	32.2	30.8	30.6	-	34.0
20	31.6	33.0	31.6	34.2	33.4	32.7	32.2	31.0	29.6	31.1	31.3	-	34.2
21	30.3	32.6	32.9	35.6	33.9	30.8	30.8	28.3	31.5	30.3	29.6	-	35.6
22	28.4	31.7	31.2	34.2	32.8	31.9	31.4	29.7	31.8	31.2	29.6	-	34.2
23	29.2	30.8	31.5	34.6	34.0	32.0	32.1	30.8	31.6	32.0	30.0	-	34.6
24	30.8	30.6	31.8	34.6	34.9	30.8	31.5	30.9	30.1	31.0	31.2	-	34.9
25	30.4	31.8	32.5	34.2	33.6	32.0	30.7	30.8	30.2	29.8	30.6	-	34.2
26	28.6	32.4	32.9	34.4	33.7	31.8	30.8	27.6	31.2	30.0	29.4	-	34.4
27	30.7	32.2	32.6	33.8	30.1	29.0	32.0	30.0	31.3	31.8	30.2	-	33.8
28	31.2	33.4	29.9	33.2	30.4	28.6	31.4	31.7	31.0	29.4	30.0	-	33.4
29	30.5	-	32.0	32.9	28.2	30.8	31.1	31.2	30.6	31.1	29.9	-	32.9
30	31.4	-	31.8	34.0	31.1	29.6	32.4	31.7	32.0	30.7	29.8	-	34.0
31	31.1	-	33.0	-	30.6	-	32.6	31.8	-	30.8	-	-	33.0
Suma	957.5	890.6	996.7	1023.4	1032.8	934.6	958.4	961.5	947.1	948.5	877.3	0.0	1062.5
Media	30.9	31.8	32.2	34.1	33.3	31.2	30.9	31.0	31.6	30.6	29.2	#DIV/0!	34.3
Max	32.6	33.5	34.0	35.6	35.9	33.2	33.2	33.3	32.8	32.0	32.0	0.0	35.9
Min	28.4	30.0	29.9	32.8	28.2	26.3	27.8	27.5	29.6	27.2	25.0	0.0	32.9

TABLA: 1. Bulbo seco Bs (INETER) año 2020



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

Estación:	RIVAS					Código:	69070							
Departamento:	RIVAS					Municipio:	RIVAS							
Latitud:	11°26'06"					Longitud:	85°50'00"							
Años:	2019					Elevación:	70 msnm msnm							
Parámetro:	Temperatura Máxima (°C)					Tipo:	HMP							
Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo	
1	30.8	30.0	31.6	33.4	34.6	32.2	29.0	32.2	32.9	31.3	30.2	31.0	34.6	
2	31.0	30.2	32.0	33.0	34.2	33.4	31.2	32.7	32.2	30.6	31.6	32.1	34.2	
3	31.1	30.9	30.9	35.0	32.8	32.7	32.2	32.2	33.4	30.9	31.3	31.3	35.0	
4	30.6	30.7	32.0	32.5	33.2	32.0	31.9	31.2	30.6	31.8	31.4	31.0	33.2	
5	31.0	31.6	32.1	33.0	35.3	32.8	31.0	28.0	29.6	31.8	32.0	31.4	35.3	
6	31.5	31.5	32.6	31.2	35.2	32.0	29.9	32.2	31.2	32.7	29.9	30.9	35.2	
7	30.4	31.0	32.0	32.0	32.9	34.4	31.2	30.2	31.0	31.6	29.0	30.4	34.4	
8	30.5	32.5	33.4	33.9	33.6	32.0	30.1	32.3	31.6	31.8	32.2	31.4	33.9	
9	30.0	31.6	31.3	34.3	33.8	32.5	28.2	31.7	30.2	31.6	32.1	30.6	34.3	
10	29.5	31.0	33.0	35.0	34.8	31.6	30.1	32.2	31.8	32.1	31.6	29.3	35.0	
11	29.8	31.0	32.4	34.5	34.2	28.4	31.3	31.1	31.1	30.1	30.8	30.9	34.5	
12	30.2	31.2	33.5	34.3	35.0	29.1	30.6	32.2	31.7	30.8	31.6	30.1	35.0	
13	30.9	32.0	32.5	34.6	34.4	29.2	31.2	32.3	32.0	29.5	30.8	30.2	34.6	
14	30.8	31.4	32.3	32.5	33.6	32.2	32.0	30.7	31.4	28.0	31.2	30.6	33.6	
15	31.0	31.6	31.6	34.1	34.7	32.5	28.2	27.0	31.2	30.1	31.8	31.4	34.7	
16	30.6	32.0	33.0	33.3	34.5	32.4	31.4	30.2	30.0	31.3	31.5	30.8	34.5	
17	30.5	33.2	33.8	33.5	34.0	32.0	31.6	32.1	32.4	32.0	31.6	31.1	34.0	
18	30.9	32.5	32.0	33.5	31.4	33.3	31.8	30.0	32.4	31.8	29.8	31.0	33.5	
19	30.6	32.0	32.4	33.6	33.3	31.2	30.8	30.3	32.9	31.5	29.6	32.1	33.6	
20	30.5	31.4	31.8	33.5	31.7	29.2	31.2	29.2	32.4	30.8	31.0	31.2	33.5	
21	30.2	32.4	32.5	34.1	30.2	30.8	31.6	31.4	31.8	30.9	30.4	29.2	34.1	
22	30.3	32.0	31.3	33.5	25.8	31.9	32.0	31.8	30.6	30.8	30.8	31.2	33.5	
23	30.0	31.4	31.5	33.2	29.0	32.4	32.0	32.5	33.0	30.8	30.8	31.2	33.2	
24	31.7	32.5	32.0	33.9	28.0	32.4	31.5	32.6	32.0	30.9	30.7	30.8	33.9	
25	31.5	33.2	31.5	33.3	29.2	31.1	30.2	32.2	30.0	30.3	30.8	27.9	33.3	
26	31.2	31.1	32.4	33.5	25.4	29.6	29.0	31.4	30.0	29.8	31.7	29.0	33.5	
27	31.1	30.6	33.3	34.0	26.5	32.1	30.2	31.3	31.9	30.9	32.4	31.0	34.0	
28	31.3	31.5	32.5	35.1	26.5	32.8	31.1	33.0	29.5	30.9	30.9	30.4	35.1	
29	29.7	-	31.5	34.6	26.6	29.4	31.9	32.7	31.8	31.2	31.2	31.8	34.6	
30	30.0	-	31.8	34.6	30.0	31.9	31.3	32.2	31.8	31.6	31.5	30.8	34.6	
31	30.5	-	33.3	-	32.5	-	31.2	32.2	-	30.6	-	30.0	33.3	
Suma	949.7	884.0	999.8	1010.5	986.9	949.5	956.9	973.3	944.4	960.8	932.2	952.1	1059.7	
Media	30.6	31.6	32.3	33.7	31.8	31.7	30.9	31.4	31.5	31.0	31.1	30.7	34.2	
Max	31.7	33.2	33.8	35.1	35.3	34.4	32.2	33.0	33.4	32.7	32.4	32.1	35.3	
Min	29.5	30.0	30.9	31.2	25.4	28.4	28.2	27.0	29.5	28.0	29.0	27.9	33.2	

TABLA: 1.1. Bulbo seco Bs (INETER) año 2019



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

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA													
RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO													
Estación:	RIVAS					Código:	69070						
Departamento:	RIVAS					Municipio:	RIVAS						
Latitud:	11°26'06"					Longitud:	85°50'00"						
Años:	2020					Elevación:	70 msnm						
Parámetro	Humedad Relativa (%)					Tipo:	HMP						
Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1	75	79	73	69	69	91	87	76	84	86	90	-	80
2	79	71	69	67	73	86	80	77	84	89	90	-	79
3	78	72	75	71	66	87	84	81	84	88	92	-	80
4	74	77	73	68	69	95	88	82	89	93	96	-	82
5	72	78	69	68	75	89	88	82	88	92	95	-	81
6	76	75	70	70	75	83	82	84	87	91	94	-	81
7	74	76	71	69	68	89	83	79	87	90	96	-	80
8	67	74	65	65	74	83	87	79	87	89	90	-	78
9	73	72	71	68	77	82	84	85	83	88	90	-	79
10	74	83	77	69	71	86	85	83	87	87	97	-	82
11	75	76	77	69	77	84	83	81	87	85	90	-	80
12	68	76	75	71	73	82	87	78	89	87	86	-	79
13	70	78	73	70	65	83	88	84	88	85	88	-	79
14	72	70	73	69	67	86	87	85	93	85	86	-	79
15	72	71	73	71	69	83	82	92	85	85	85	-	79
16	73	72	73	64	70	81	75	87	87	83	89	-	78
17	82	68	73	63	73	83	77	89	87	81	94	-	79
18	73	69	76	64	74	81	80	84	86	84	93	-	79
19	70	72	69	66	75	80	84	84	86	85	89	-	78
20	69	71	72	65	83	78	79	88	85	88	85	-	78
21	74	72	71	64	82	84	85	96	82	91	89	-	81
22	73	72	72	66	79	82	81	89	82	87	89	-	79
23	74	71	71	65	79	85	88	87	85	87	87	-	80
24	73	71	74	63	73	87	82	88	87	87	83	-	79
25	67	74	71	67	85	77	83	89	91	87	88	-	80
26	74	72	68	63	82	81	83	92	84	90	88	-	80
27	79	73	72	73	91	82	81	91	82	85	87	-	81
28	79	66	79	69	91	89	83	88	86	92	85	-	82
29	82	-	70	72	90	83	83	85	87	87	81	-	82
30	77	-	72	66	89	86	80	87	87	87	84	-	82
31	71	-	72	-	89	-	80	86	-	85	-	-	81
Suma	2289	2051	2239	2024	2373	2528	2579	2638	2586	2706	2676	0	2478
Media	74	73	72	67	77	84	83	85	86	87	89	#[DIV/0!]	80
Max	82	83	79	73	91	95	88	96	93	93	97	0	82
Min	67	66	65	63	65	77	75	76	82	81	81	0	78

TABLA: 2. Humedad Relativa. Hr (INETER) año 2020



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

Estación:	RIVAS				Código:	69070								
Departamento:	RIVAS				Municipio:	RIVAS								
Latitud:	11°26'06"				Longitud:	85°50'00"								
Años:	2019				Elevación:	70 msnm								
Parámetro:	Humedad Relativa (%)				Tipo:	HMP								
Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media	
1	74	72	70	64	70	84	88	79	79	86	83	79	77	
2	73	77	73	72	71	83	83	81	77	86	83	76	78	
3	72	73	77	65	73	80	80	82	74	91	82	72	77	
4	78	72	73	64	76	82	75	80	86	84	79	76	77	
5	77	72	70	66	70	82	79	90	85	85	77	75	77	
6	72	69	70	69	70	83	86	82	85	84	84	77	78	
7	73	75	69	71	77	80	85	87	86	90	87	79	80	
8	75	68	65	67	75	81	88	85	85	85	81	76	78	
9	74	71	70	67	74	85	88	82	89	88	83	81	79	
10	77	72	69	73	74	81	83	79	85	85	82	86	79	
11	75	73	74	70	73	88	83	85	84	84	85	84	80	
12	69	73	66	68	69	87	87	77	82	86	81	85	78	
13	75	74	67	65	75	88	81	81	81	92	82	82	79	
14	78	73	70	71	78	83	83	83	86	93	82	80	80	
15	74	72	71	67	80	81	91	92	88	89	81	80	81	
16	72	71	69	65	81	81	82	88	87	84	79	81	78	
17	72	73	62	64	77	82	84	85	87	81	76	82	77	
18	72	71	71	68	84	79	74	84	85	83	71	81	77	
19	72	68	71	68	81	87	81	80	84	85	76	72	77	
20	73	71	74	65	84	88	84	86	84	86	80	78	79	
21	69	70	67	64	89	86	82	90	86	85	80	81	79	
22	71	70	64	66	96	86	77	85	89	90	82	79	80	
23	76	76	61	64	94	77	80	78	85	85	83	75	78	
24	75	66	67	57	91	83	82	74	85	87	81	74	77	
25	71	64	74	66	88	87	84	81	90	93	78	76	79	
26	75	65	70	63	96	86	84	81	88	85	77	76	79	
27	77	72	65	66	92	80	80	82	86	87	80	78	79	
28	73	71	65	75	96	77	81	74	89	84	86	74	79	
29	72	-	66	73	95	85	75	78	84	81	75	81	79	
30	76	-	67	70	91	81	77	77	84	86	74	80	78	
31	72	-	67	-	81	-	77	78	-	84	-	81	77	
Suma	2284	1994	2134	2013	2521	2493	2544	2546	2545	2674	2410	2437	2428	
Media	74	71	69	67	81	83	82	82	85	86	80	79	78	
Max	78	77	77	75	96	88	91	92	90	93	87	86	81	
Min	69	64	61	57	69	77	74	74	74	81	71	72	77	

TABLA: 2.1. Humedad Relativa. Hr (INETER) año 2019



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

ESTACION RIVAS						MES DE MAYO 2020		
DIA	TEMPERATURA °C						HUMEDAD	
	MAX	MIN	RANGO	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor
1	33.8	25.8	8.0	29.3	24.6	22.9	69	21.0
2	33.6	26.5	7.1	28.8	24.7	23.2	73	21.4
3	33.6	26.2	7.4	29.5	24.3	22.3	66	20.2
4	33.4	25.8	7.6	29.2	24.6	22.8	69	20.9
5	32.8	26.4	6.4	29.0	25.3	24.0	75	22.4
6	33.5	26.0	7.5	29.4	25.7	24.4	75	23.0
7	35.9	27.2	8.7	30.3	25.3	23.5	68	21.8
8	35.0	26.8	8.2	29.2	25.3	23.8	74	22.1
9	33.4	27.0	6.4	29.4	26.0	24.8	77	23.5
10	34.8	26.8	8.0	30.2	25.8	24.2	71	22.7
11	33.2	28.0	5.2	29.6	26.2	25.1	77	23.9
12	33.9	27.0	6.9	30.0	26.0	24.5	73	23.1
13	34.6	27.0	7.6	30.3	24.7	22.7	65	20.7
14	33.4	23.8	9.6	29.1	24.1	22.1	67	20.1
15	34.5	26.5	8.0	29.9	25.2	23.4	69	21.7
16	34.2	25.8	8.4	29.4	24.8	23.0	70	21.1
17	35.1	27.2	7.9	30.1	26.0	24.5	73	23.1
18	33.4	26.6	6.8	29.6	25.9	24.7	74	23.3
19	34.0	25.5	8.5	28.2	24.4	23.0	75	21.1
20	33.4	25.3	8.1	28.1	25.6	24.7	83	23.3
21	33.9	25.4	8.5	28.1	25.5	24.6	82	23.2
22	32.8	25.3	7.5	28.6	25.4	24.3	79	22.8
23	34.0	24.7	9.3	28.5	25.3	24.2	79	22.7
24	34.9	25.3	9.6	29.7	25.5	23.9	73	22.4
25	33.6	25.9	7.7	28.5	26.3	25.5	85	24.5
26	33.7	23.3	10.4	28.7	26.0	25.1	82	24.0
27	30.1	23.1	7.0	26.3	25.0	24.5	91	23.1
28	30.4	23.9	6.5	26.2	25.0	24.6	91	23.2
29	28.2	23.8	4.4	25.5	24.2	23.7	90	22.0
30	31.1	23.5	7.6	26.2	24.6	24.0	89	22.4
31	30.6	23.6	7.0	25.9	24.4	23.8	89	22.1
SUMA	1032.8	795.0	237.8	890.8	781.7	741.8	2373.0	692.8
MEDIA	33.3	25.6	7.7	28.7	25.2	23.9	76.5	22.3
MAX	35.9	28.0	10.4	30.3	26.3	25.5	91.0	24.5
MIN	28.2	23.1	4.4	25.5	24.1	22.1	65.0	20.1

Tabla 3. Bs + Bh + Hr Rango (INETER) 2020



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

ESTACION RIVAS					MES DE MAYO 2019			
DIA	TEMPERATURA °C						HUMEDAD	
	MAX	MIN	RANGO	MED.	TH	P-ROCIO	H. Relat.	T. Vapor
1	34.6	26.2	8.4	29.8	25.1	23.3	70	21.5
2	34.2	26.6	7.6	29.8	25.4	23.8	71	22.2
3	32.8	26.8	6.0	29.3	25.4	23.9	73	22.3
4	33.2	26.6	6.6	29.1	25.5	24.3	76	22.8
5	35.3	26.6	8.7	30.6	25.9	24.2	70	22.7
6	35.2	27.5	7.7	30.2	25.5	23.8	70	22.2
7	32.9	26.5	6.4	28.8	25.4	24.2	77	22.7
8	33.6	26.5	7.1	29.3	25.5	24.1	75	22.6
9	33.8	26.2	7.6	29.3	25.4	24.1	74	22.5
10	34.8	26.5	8.3	29.8	25.8	24.3	74	22.9
11	34.2	26.6	7.6	30.0	25.9	24.4	73	22.9
12	35.0	26.9	8.1	30.1	25.2	23.4	69	21.7
13	34.4	25.4	9.0	29.4	25.6	24.3	75	22.8
14	33.6	25.6	8.0	29.4	26.1	24.9	78	23.7
15	34.7	24.8	9.9	29.0	25.8	24.7	80	23.3
16	34.5	23.9	10.6	28.4	25.5	24.5	81	23.2
17	34.0	23.9	10.1	28.8	25.2	24.0	77	22.4
18	31.4	23.2	8.2	27.2	24.9	24.0	84	22.4
19	33.3	24.6	8.7	28.1	25.2	24.2	81	22.7
20	31.7	24.6	7.1	27.1	24.7	23.8	84	22.2
21	30.2	22.9	7.3	26.0	24.5	23.9	89	22.3
22	25.8	22.8	3.0	24.8	24.3	24.1	96	22.5
23	29.0	23.9	5.1	25.7	24.9	24.7	94	23.3
24	28.0	23.4	4.6	25.1	23.9	23.5	91	21.7
25	29.2	22.6	6.6	25.5	23.9	23.4	88	21.6
26	25.4	23.8	1.6	24.4	23.9	23.6	96	21.9
27	26.5	23.0	3.5	24.8	23.8	23.5	92	21.7
28	26.5	22.4	4.1	24.4	23.9	23.7	96	22.1
29	26.6	23.5	3.1	24.4	23.7	23.4	95	21.6
30	30.0	23.6	6.4	25.9	24.7	24.2	91	22.7
31	32.5	24.0	8.5	27.7	24.7	23.7	81	22.0
SUMA	986.9	771.4	215.5	862.2	775.2	743.9	2521.0	695.1
MEDIA	31.8	24.9	7.0	27.8	25.0	24.0	81.3	22.4
MAX	35.3	27.5	10.6	30.6	26.1	24.9	96.0	23.7
MIN	25.4	22.4	1.6	24.4	23.7	23.3	69.0	21.5

Tabla 3.1. Bs + Bh + Hr Rango (INETER) 2019



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

(TABLA 4 anexo) Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento.
(Pita, 1994)

Latitud norte, orientación de pared	Hora sola, 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				
Paredes grupo A																												
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	19	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	22	18	25	7
SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	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	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	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
Paredes grupo B																												
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	9	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	20	20	21	21	21	20	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	20	22	25	27	29	29	29	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
Paredes grupo C																												
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	22	23	23	23	22	21	20	20	20	10	23	13
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	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	28	27	26	24	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	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	32	31	31	22	11	33	22
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35	33	22	12	35	23
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	26	26	22	10	27	17
Paredes grupo D																												
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	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	27	26	24	22	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
Paredes grupo E																												
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	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	37	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
Paredes grupo F																												
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	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
Paredes grupo G																												
N	3	2	1	0	-1	2	7	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	9	27	36	39	35	30	26	26	22	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	9	-1	39	40
E	4	2	1	0	-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	63
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

Tabla 4. Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento (dtce) en paredes. (Pita, 1994)



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

(TABLA 5 anexo). Descripción de los grupos de construcción de paredes.

Grupo No.	Descripción de la construcción	Peso, lb/ft ²	Valor de U, BTU/(h-ft ² -°F)	Capacidad calorífica, BTU/(ft ² -°F)
Ladrillo de vista de 4 in + (Ladrillo)				
	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
Ladrillo de vista de 4 in + (Concreto pesado)				
	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
Ladrillo de vista de 4 in + (bloque de concreto ligero o pesado)				
	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
Ladrillo de vista de 4 in + (azulejo de barro)				
	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
Pared de concreto pesado + (acabado)				
	F 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
Bloque de concreto ligero y pesado + (acabado)				
	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
Azulejo de barro + (acabado)				
	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
Pared de lámina (cortina metálica)				
	G Con o sin espacio de aire + 1, 2 o 3 in de aislamiento	5-6	0.091-0.230	0.7
Pared de bastidor				
	G Aislamiento de 1 a 3 in	16	0.081-0.178	3.2

Tabla 5. Descripción de grupos de construcción de paredes. (Pita, 1994)



(TABLA 6. Anexo) Superficie con película de aire.

	Dirección del flujo de calor	Valor de R
AIRE INMOVIL (superficie interiores)		
Horizontales	Hacia arriba	0.61
Inclinadas a 45 grados	Hacia arriba	0.62
Verticales	Horizontal	0.68
Inclinadas a 45 grados	Hacia abajo	0.76
Horizontales	Hacia abajo	0.92
AIRE EN MOVIMIENTO (superficies exteriores)		
Viento de 15 mph (24 km/h)	Cualquiera	0.17
Viento de 7.5 mph (12 km/h)	Cualquiera	0.25

Tabla 6. Resistencia térmica r con superficie con película y espacio de aire en el interior (h.ft. F/BTU)



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

(TABLA 7 anexo) Corrección de la DTCE por Latitud y mes para aplicar a paredes y techos.

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

Tabla 7. Corrección del DTCE para paredes por latitud y mes. (Pita, 1994)



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

(TABLA 8 de anexo) DIFERENCIA DE TEMPERATURA PARA CARGA DE ENFRIAMIENTO (DTCE)

Techo No.	Descripción de la construcción	Hora Peso, lb/ft ²	Valor de U, BTU/h Ft ² ·°F	Hora solar																							
				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	7	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	4	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	0	73	71	66	57	45	34	25	18	13
4.	Concreto pesado de la 2 in	29	0.206 (0.122)	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	5	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	3	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	1	58	62	64	62	57	50	42	35	28
7.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	2	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	8	7	7	9	13	18	25	2	50	56	58	57	54	53	49	45	40
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	52 (53)	0.200 (0.120)	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	6	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	46	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

Tabla 8 Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento (DTCE) en techos planos. (Pita, 1994)



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

(TABLA 9 anexo) Coeficiente global de transferencia de calor (u) en vidrios.

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	Exterior		
					Invierno	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"ª	0.58	0.61	0.49	vidrio aislante — doble espacio de aire de 1/4"ª	0.85	0.54	0.59
espacio de aire de 1/2"ª	0.49	0.56	0.46	espacio de aire de 1/2"ª	0.59	0.49	0.56
espacio de aire de 1/2"ª, recubrimiento de baja emisión ^c				recubrimiento de baja emisión ^c			
e = 0.20	0.32	0.38	0.32	e = 0.20	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 ^d				Tragaluz ^e			
espacio de aire de 1/4"ª	0.39	0.44	0.38	11 x 11 x 3 in espesor con divisor de cavidad	0.53	0.35	0.44
espacio de aire de 1/2"ª	0.31	0.39	0.30	12 x 12 x 4 in espesor con divisor de cavidad	0.51	0.34	0.42
ventanas dobles				Domos de plástico ^f			
espacio de aire de 1" a 4"ª	0.50	0.50	0.44	de pared sencilla	1.15	0.80	--
Lámina de plástico sencilla				de pared doble	0.70	0.46	--
1/8" espesor	1.06	0.98	--	Factores de ajuste para paneles verticales y horizontales			
1/4" espesor	0.96	0.89	--		Vidrio sencillo	Vidrio doble o triple	Ventanas dobles
1/2" espesor	0.81	0.76	--	Descripción			
unidad aislante - doble				Ventanas			
espacio de aire de 1/4"ª	0.55	0.56	--	Todas de vidrio	1.00	1.00	1.00
espacio de aire de 1/2"ª	0.43	0.45	--	Marco de madera - 80% vidrio	0.90	0.95	0.90
Tragaluz ^g				Marco de madera - 60% vidrio	0.80	0.85	0.80
6 x 6 x 4 in espesor	0.60	0.57	0.46	Marco de metal - 80% vidrio	1.00	1.20 ^h	1.20 ^h
8 x 8 x 4 in espesor	0.56	0.54	0.44	Ventanas y puertas corredizas de vidrio	0.95	1.00	--
— con divisor del hueco	0.48	0.46	0.38	Marco de madera	1.00	1.10 ^h	--
12 x 12 x 4 in espesor	0.52	0.50	0.41	Marco de metal			
— con divisor del hueco	0.44	0.42	0.36				
12 x 12 x 2 in espesor	0.60	0.57	0.46				

Tabla 9 Coeficiente global de transferencia de calor (u) en vidrios. (Pita, 1994)



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

(Tabla 10 anexo) radiación solar a través de vidrios factores de ganancias máximas de calor solar para vidrio. Btu/h

8 Grados										
	NNE/ N	NE/ NNW	ENE/ NW	E/ WNW	ESE/ W	SE/ WSW	SEE/ SW	S	HOR	
En.	32	32	71	163	224	250	242	203	162	275
Feb.	34	34	114	193	239	248	219	165	110	294
Mar.	37	67	156	215	241	230	184	110	55	300
Abr.	44	117	184	221	225	195	134	53	30	280
May	74	146	198	220	209	167	97	39	38	277
Jun.	90	155	200	217	208	141	82	39	39	269
Jul.	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272
Agos.	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282
Sept.	38	66	149	205	230	219	176	107	56	290
Oct.	35	35	112	187	231	239	211	160	108	288
Nov.	33	33	71	161	220	245	233	200	160	273
Dic.	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265

Tabla 10. Radiación solar a través de vidrios factores de ganancias máximas de calor solar para vidrio. (Pita, 1994)



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

(TABLA 11 anexo) Factores de carga en vidrios sin sombreado interior

Latitud norte.	Ventana viendo hacia él	Construcción del recinto	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
N	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.80	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20	
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.52	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27	
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.73	0.72	0.70	0.70	0.74	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28	
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08	
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	
E	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.51	0.42	0.36	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05	
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.45	0.39	0.33	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08	
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.21	0.34	0.45	0.50	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10	
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07	
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.55	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10	
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10	
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.12	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.38	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15	
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14	
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.58	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18	0.17	
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17	
W	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14	
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17	
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16	
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.43	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14	
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.53	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16	
	H	0.14	0.12	0.11	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.19	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15	
HORA	L	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.07	0.14	0.24	0.36	0.48	0.58	0.66	0.72	0.74	0.73	0.67	0.59	0.47	0.37	0.30	0.24	0.19	0.16	0.13	
	M	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.55	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18	
	H	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15	0.20	0.27	0.36	0.45	0.52	0.59	0.62	0.64	0.62	0.58	0.51	0.42	0.35	0.29	0.26	0.23	0.21	0.19	

L = construcción ligera: Pared exterior de bastidores, losa de piso de concreto de 2 in, con aprox. 30 lb de material/ft² 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 ft² 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 ft² de piso.

Tabla 11. factores de carga en vidrios sin sombreado interior. (Pita, 1994)



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

(TABLA 12 ANEXO) Tasa de ganancia de calor debido a los ocupantes del recinto acondicionado.

TABLA 6.11. TASAS DE GANANCIA DE CALOR DEBIDA A LOS OCUPANTES DEL RECINTO ACONDICIONADO*

Actividad	Aplicaciones típicas	Calor total por adulto masculino			calor total ajustado ^b			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, comendo	Restaurante	150	520	130	170	580 ^c	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													
Trabajo con máquinas pesadas	Fábricas	305	1040	260	305	1040	260	100	345	90	205	695	170
Boliche		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

* 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.

^b 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%.

^c Calor total ajustado para comer en un restaurant, que incluye 60 BTU/h del alimento por individuo (30 BTU sensibles y 30 BTU latentes).

^d Para el boliche, 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 12. Tasa de ganancia de calor debido a los ocupantes del recinto acondicionado. (Pita, 1994)

(TABLA 13) Tasas máximas recomendadas, para CFM por pie de fisura.

Componente	Tasa de infiltración
Ventanas	0.75 CFM /ft de fisura
Puertas	1.0 CFM /ft de fisura

Tabla 13. Tasas máximas recomendadas de infiltración para diseño a través de ventanas y puertas exteriores. (Pita, 1994)



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

(TABLA 14 anexo) Coeficiente de sombreado para vidrios con y sin sombreado interior para persianas venecianas.

	Tipo de vidrio	Espesor nominal de cada vidrio claro ^a	Transmisión solar ^b	Sin sombreado interior	Tipo de sombreado interior					
					$h_o = 4.0$	Persianas venecianas		Persianas enrollables		
						Medio	Claro	Opacas	Claro	Translúcidas
VIDRIO SENCILLO	Sencillo	3/32 a 1/4	0.87-0.80	1.00						
	Claro	1/4 a 1/2	0.80-0.71	0.90						
	Claro	3/8	0.72	0.90	0.64	0.55	0.59	0.25	0.39	
	Claro	1/2	0.67	0.83						
	Claro con figuras	1/8 a 9/32	0.87-0.79	0.83						
	Absorbente de calor, con figuras ^c	1/8		0.83						
	Absorbente de calor ^c	3/16 a 1/4	0.46	0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36	
	Absorbente de calor, con figuras	3/16 a 1/4		0.69						
	Coloreado	1/8 a 7/32	0.59-0.45	0.69	0.54	0.52	0.40	0.28	0.32	
	Absorbente de calor, o con figuras	1/8	0.44-0.30	0.60						
VIDRIO AISLANTE	Absorbente de calor ^c	3/16 a 1/4	0.46	0.69						
	Absorbente de calor, con figuras	3/16 a 1/4		0.69						
	Absorbente de calor ^c	3/8	0.34	0.60	0.42	0.40	0.36	0.28	0.31	
	Absorbente de calor, o con figuras	3/8	0.44-0.30	0.53						
	Vidrio recubierto	1/2	0.24	0.30	0.25	0.23				
	reflector			0.40	0.33	0.29				
				0.50	0.42	0.38				
				0.60	0.50	0.44				
	Doble ^d									
	Claro afuera	3/32, 1/8	0.71*	0.88	0.57	0.51	0.60	0.25	0.37	
Claro adentro										
Claro afuera	1/4	0.61*	0.81							
Claro adentro										
Absorbente de calor afuera	1/4	0.36*	0.55							
Claro adentro				0.39	0.36	0.40	0.22	0.30		
Absorbente de calor adentro				0.19	0.18					
Vidrio recubierto				0.30	0.26					
reflector				0.40	0.33					
Triple										
	Claro	1/4		0.71						
	Claro	1/8		0.80						

Tabla 14. Coeficiente de sombreado para vidrios con y sin sombreado interior para persianas venecianas. (Pita, 1994)



CARTA PSICROMÉTRICA

Temperaturas normales

Reproducido con permiso de Carrier Corporation

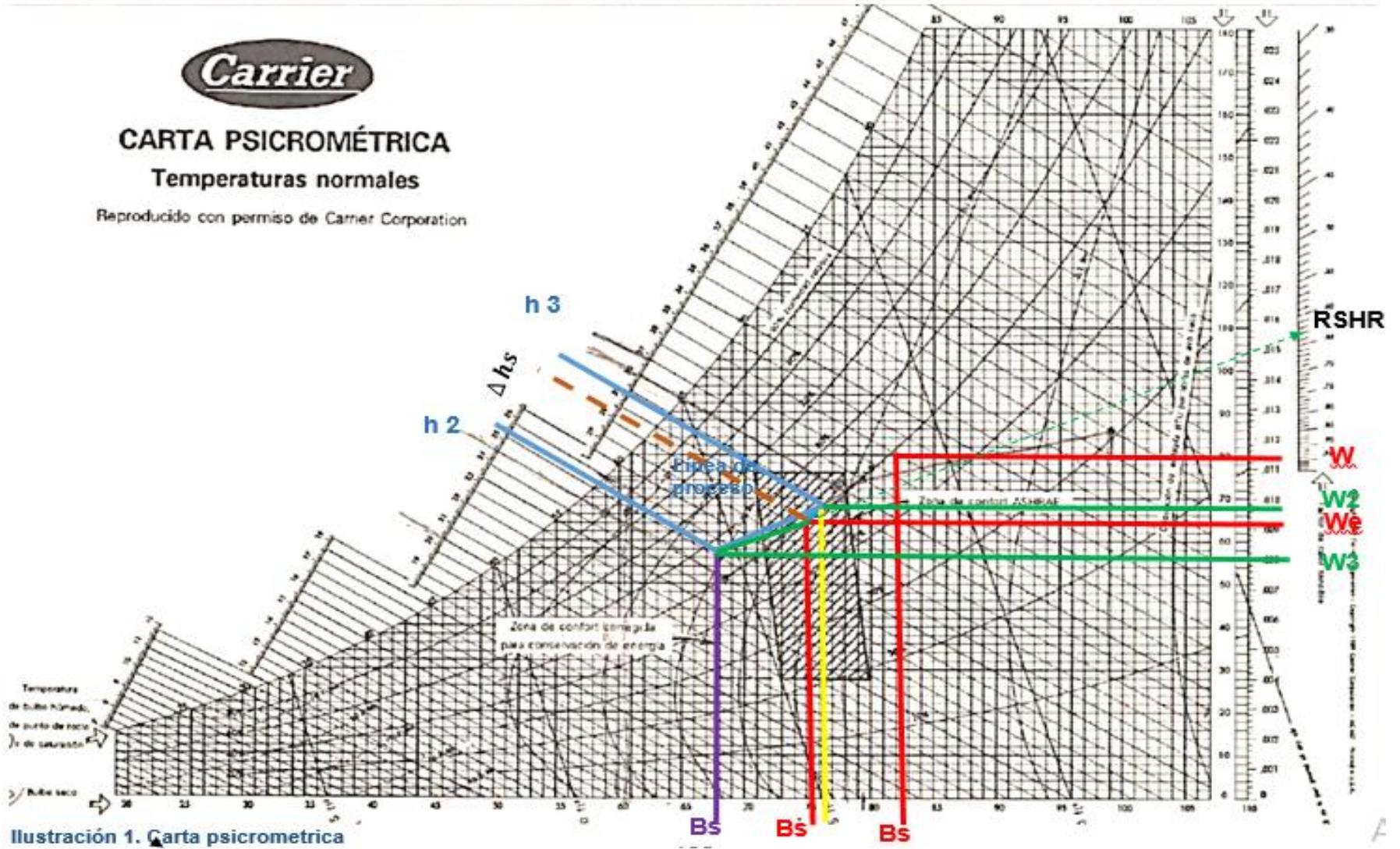


Ilustración 1. Carta psicrometrica

Proceso del serpentín.

Los cálculos pertinentes al proceso del serpentín, junto a todo el resto de los datos involucrados, se encuentran detallados en el análisis de psicrometría realizado en este estudio.

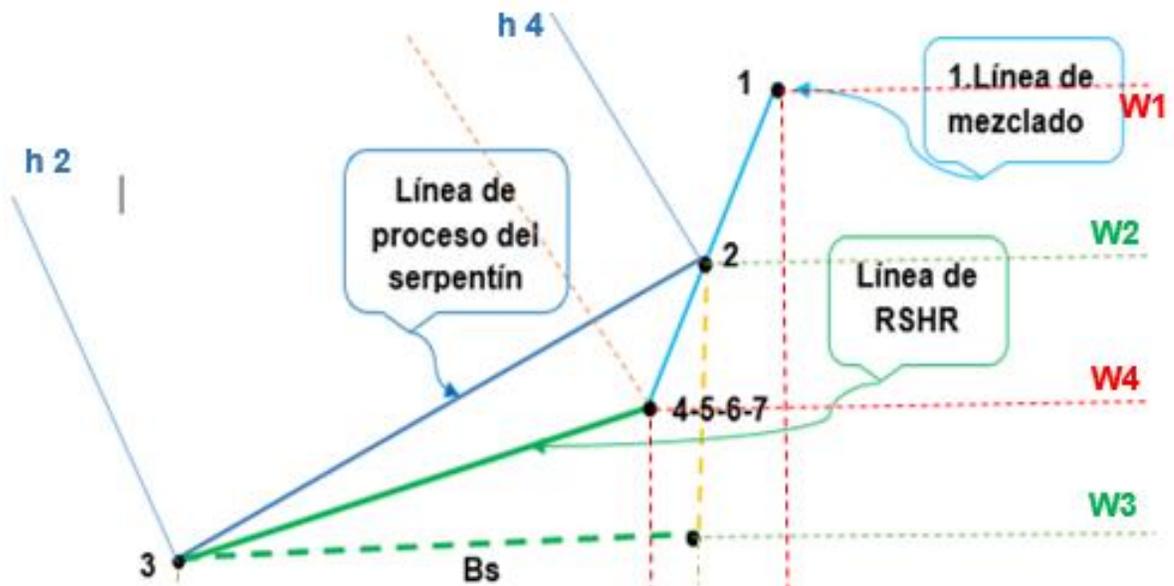


Ilustración 2. Proceso del serpentín



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

Proforma Frio Aire.



Managua, 8 de abril de 2021
Señores:
Ruben Edmundo Balmaceda

Cotización N° 660693

06640021
22821p. m.
V02008.1

Atención a: Ruben Edmundo Balmaceda

Cel / Tel: 00000000000000 / 00000000000000

Email:

Presente

Por este medio sometemos a su consideración nuestra cotización de suministro de equipos, repuestos o insumos, según detalle:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	CANTIDAD	P. UNIT USD.	IMPORTE USD.
MRR60-410	CONDENSADOR 60KBTU 230/1/60 R-410A 18SEER INVERTER COMFORTSTAR	1.00	\$1,260.78	\$1,260.78
NEO60SC-C	MANEJADORA PISO/TECHO 60,000 BTU 230/1/60 COMFORTSTAR	1.00	\$339.10	\$339.10

*SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES, ESTAMOS EXENTOS	SUB TOTAL USD:	\$ 1,599.88
* Tiempo de entrega: Inmediata.	IVA USD:	\$ 239.98
* Validez de la oferta: 15 días.	TOTAL:	\$ 1,839.86
* Forma de pago: CONTADO.		
* Garantía de 1 año en equipos por desperfectos de fábrica.		
* En compresores y partes eléctricas no hay garantía.		
* Precios con descuento aplican para Compras en Efectivo o Cheques Certificados.		
* Producto Sujeto a Disponibilidad en Bodegas.		
* Si realiza el pago en córdobas utilizar la tasa oficial de cambio emitida por el Banco Central de Nicaragua el día que se efectúe el pago. (Ley monetaria vigente, Art. 16).		

Agradecemos su atención y esperando que nuestra cotización sea conveniente a sus intereses, aprovechamos la ocasión para saludarlo.
Atentamente.

Elmer Morales
Ejecutivo de Ventas
(505) 8370-8827

Aceptado Cliente
RUC: J0310000211876
Emitir Cheque a Nombre de Clima Global S.A.

Sello

Barrio San Luis Sur, Del Puente Larreynaga 1 C. al Oeste y 1 1/2 C. al Norte, Managua, Nicaragua Tel. (505) 2298-5555, Fax. (505) 2298-5543

v1 02/2020

Email: info@frioaire.com www.frioaire.com

Imagen 1. Proforma Frio Aire



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

Proforma Servicios Técnicos de Refrigeración H.T

Servicios Tecnicos de Refrigeracion H.T

Mantenimiento, Reparacion, Instalacion de Aires Acondicioanado Split Unidades de Paquete, Centrales de Ductos, Inyeccion y Extraccion de Aire, Cuartos Frios, Sistemas VRF, Lavadoras, Sistemas Electricos Residenciales.

Halmar Francisco Torrez Gonzalez.

Propietario.

Dir. Villa Flor Sur, Iglesia Catolica 4 c al Sur casa # 884

Email: halmartorrez@gmail.com . Cel: [8298-0235](tel:8298-0235). Telf. [22895502](tel:22895502)

RUC: 0012204890028N

Atencion: Liz Amaru Espinoza

Cantidad	Descripcion.	Total
1	Suministro e instalacion de Aire Acondicionado split piso techo de 48,000 btu, Inverter seer Refrigerante R410.	C\$65,275.15
1	Mano de obra por Instalacion de Aire acondicionado de 48,000 btu	C\$7,000.00
1	Protector de Voltaje.	C\$1,766.04
TOTAL NETO.		C\$74,041.19

Imagen 2. Proforma Servicios Técnicos de Refrigeración H.T



ComfortStar®



LIGHT COMMERCIAL SPLIT SYSTEMS

**NEO
CCT
AHE
CCU** series
13 SEER | 60Hz



12201 N.W. 107TH AVENUE • MEDLEY, FL 33178 • TOLL FREE: 1-866-524-9898
PHONE: 1-305-500-9898 • FAX: 305-500-9896 • E-MAIL: info@comfortstarusa.com

www.comfortstarusa.com

HIGH EFFICIENCY - DUCTLESS MINI-SPLIT SYSTEMS



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

CARACTERISTICAS.

- Auto-restart
- Refrigerant Leakage Detect
- Auto Defrost
- Timer (24H)
- LED Display
- Louver Position Memory
- Turbo
- Anti-cool wind
- Dry Mode
- Auto Level swing
- Temp Compensation
- 2 Ways Draining
- Sleep mode (7 hour off)

INDOOR MODEL			CCT36-410	CCT60-410
Power supply		V-ph-Hz	220-230-1-60	220-230-1-60
Cooling	Capacity	Btu/h	36000	55000
	Input	W	4089	5570
	EER	W/W	2.58	2.7
Indoor fan motor	Model		YKS-125-6-6	YKS-100-6-14
	Old Model		YDK125-6B	YDK100-6N
	Qty		1	1
	Input	w	240/163/144	240/130/105
	Capacitor	uF	3.5UF/450V	5UF/450V
	Speed(hi)(m/lo)	r/min	780/600/550	850/580/490
Indoor air flow (Hi)(Med)(Lo)		m ³ /h	1965/1121/1021	1900/1300/1100
Sound level (sound pressure)		dB(A)	50.5/45.9/38.5	52/45/40
Throttle type			Throttle valve	Throttle valve
Indoor unit	Dimension (W x D x H)(body)	mm	840x840x245	840x840x300
	Packing (W x D x H)(body)	mm	900x900x257	900x900x307
	Dimension (W x D x H)(panel)	mm	950x950x55	950x950x55
Packing (W x D x H)(panel)		mm	1025x1025x90	1025x1025x90
Net(Gross weight)(body)		kg	39.5/50.5	39.5/50.5
Net(Gross weight)(panel)		kg	5/8	6/9
Design pressure		MPa	2.6/1.0	2.6/1.0
Drainage water pipe dia.		mm	Ø0.32	Ø0.32
Refrigerant piping	Liquid side/ Gas side	mm	9.52/ 19.3/8/3/4"	9.52/ 19.3/8/3/4"
Controller			Remote control	Remote control
Operation temperature		°C	17-30	17-30
Room temperature	Cooling	°C	17-32	17-32



ComfortStar®

HIGH EFFICIENCY

ENDEAVOR SERIES

THE AFFORDABLE INVERTER
AIR CONDITIONER SYSTEM
UP TO 18 SEER
MRR



INVERTER

BENEFICIOS:

- Ahorra hasta un 50% de energía
- Refrigerante 100% ecológico
- El más silencioso de su clase
- Pintura anticorrosiva para ambientes tropicales

CARACTERÍSTICAS:

- R-410A
- Compresor y motores de velocidad variable
- Cubierta atenuadora de ruido en el compresor
- Utiliza termostatos de 24 VAC convencionales
- Protectores de temperatura, presión, corriente y voltaje instalados de fábrica
- Resistencia de carter de compresor instalado de fábrica





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

Proforma Solayre.



Banpro Altamira 11/2 C al Oeste.
Telefono: (505) PBX : 2225-5527-87592242

Air Solution S.A
RUC : J0310000289468

Cotizacion N° 120421-0094MC

Informacion del Cliente

Nombre: Ruben Edmundo Balmaceda.
Direccion: Managua
email: _____
Teléfonos: _____ Fecha: 12-abr.-21
Atencion: _____

Vendedor
Nombre: Manuel Calero
Email: ventas1@solayre.com.ni
Validez: 30 dias

Cantidad	Descripcion	Precio Unitario	Precio Total
1	Suministro de Aire Acondicionado Split Piso Techo. Marca: ComfortStar Capacidad: 60,000 BTU. Eficiencia Energética: SEER 13. Voltaje: 220V/1Ph/60Hz Refrigerante: R410a	\$ 1,130.00	\$ 1,130.00
1	Suministro de Aire Acondicionado Split Piso Techo. Marca: ComfortStar Capacidad: 60,000 BTU. Eficiencia Energética: SEER 18-tecnologia inverter. Voltaje: 220V/1Ph/60Hz Refrigerante: R410a	\$ 1,760.00	\$ 1,760.00
Detalle del Servicio			
<ul style="list-style-type: none"> •• Garantia de un año en partes y componentes del equipo. •• No Incluye Transporte •• Precios en dolares.. •• Entrega inmediata. •• No incluye Protector de voltaje. 			

OBSERVACIONES:

Garantia de un año en partes y componentes por desperfecto de fabrica.
 Tiempo de Entrega: En coordinacion con el cliente.
 Elaborar cheque a nombre de **AIR SOLUTION S.A**
 Tramite de pago: Cheque, Transferencia o Efectivo - si pagan con tarjeta de credito se aumentara el 5.25%.

		Sub Total	\$ 2,890.00
		IVA	\$ 433.50
		Total	\$ 3,323.50



Imagen 3. Proforma Solayre



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

Proforma De Empresa FOGEL

FOGEL

FOGEL DE NICARAGUA, S.A.

VIVE EL FRIO !!

Km. 5.5 Carretera Norte 300 mts norte. Telf: 2249-0710 Fax: 2249-0810

www.fogel.com.ni / RUC: J031000005117



Refrigeración con responsabilidad

PROFORMA

Cliente: Lee Amaru Espinoza Cerda **Fecha:** 13-abr-21
Atención: El mismo **No. Prof.:** 14714284
Dirección: Rivas
E-mail: _____
Fax/Telf: 83258978

CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	PRECIO UNITARIO	DESC. UNIT	SUB TOTAL
050440	Condensador 60K btu 230/1/60 R-410A	1	2,075.00	207.50	1,867.50
050218-i	UV65C2D141 Evap. PT 60kbtu, 220V, R22/R410a, Innovair	1	544.13	54.41	489.72
01-dsp-1	DIGITAL 1-PHASE LINE VOLTAGE MONITOR 90-300 VAC 1-	1	55.03	2.75	52.28
01-dpcc-240	DEFINITE PURPOSE CONTACTOR 2POLES 40AMP 240V UL	1	5.93	0.00	5.93
040006	Material de instalacion Aire A. de pared	1	300.00	15.00	285.00
040080	Transporte	1	118.00	0.00	118.00

Aire acondicionado de 60,000Btu Inverter, evaporador Innovair, condensador Conforstar, Seer 18, instalacion estandar incluye 15 pies de tuberia entre evaporador y condensador no incluye acometida electrica, ni material adicional ni obras civiles. Fogel recomienda realizar inspeccion tecnica previo a la instalacion



Plazos	Primas	Cuotas	Entrega:	En equipos Inmediata	SUB TOTAL	\$ 2,818.43
	0.00	0.00	Garantía:	12 Meses	IVA	\$ 422.76
	0.00	0.00	Forma de pago:	Efectivo(No Tarjeta)	TOTAL	\$ 3,241.19
	0.00	0.00	Plazo:			

LISTA: LISTA ACTUAL

PROFORMA VALIDA POR 8 DIAS SE NOS RETIENE IR Y ALCALDIA

Estimado cliente, usted puede hacer el pago de su factura en Córdoba o en Dólares, pero si lo hace en Córdoba, deberá ajustar su valor convirtiendo la cantidad en Dólares aquí expresada en base al tipo de cambio oficial que esté vigente el día que nos realice el pago" Arto 16 Ley monetaria

ASESOR: Helena Parrales Cel:7516-2704

Imagen 4. Proforma Fogel



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

Proforma de ALASKA COOL S.A



ALASKA COOL, S.A.
RUC 2010000252904

Factura Proforma

RUC No. J0310000252904
Dirección: Praderas del Dorado,
Entrada principal, 5 cuadras al sur, 2 c al este.
Telf. 2224-3811 / 8812-8436

Cliente:	Li Amaru Espinoza Cerda.
Representante:	
Proyecto:	Suministro e Instalacion
Ruc:	
Email:	
Teléfono / Fax:	8325-8978
Moneda:	dólares

Fecha:	martes, 13 de abril de 2021
Vendedor:	Ismael Chavarria
Teléfono:	8329-2871
Email:	ventas3.alaskacool@gmail.com
Validez (días):	07 días
Forma de pago:	inmediato
Tiempo de Entrega:	inmediato
Duración / trabajos:	1 día

Cantidad	Descripción	Prc. Unitario	Total US\$
1	<p>Suministro de Unidad de Aire Acondicionado Split Piso Techo INVERTER COMFORTSTAR 60,000BTU:</p> <p>Marca: COMFORTSTAR. Certificado: AHRI Eficiencia: SEER 18 Capacidad: 60,000BTU Refrigerante: R-410 (amigable con el medio ambiente). Voltaje: 220V/60Hz/1Ph.</p>	\$ 1,910.00	\$ 1,910.00
1	<p>Suministro de Unidad de Aire Acondicionado Split Piso Techo COMFORTSTAR 60,000BTU:</p> <p>Marca: COMFORTSTAR. Certificado: AHRI Eficiencia: SEER 13 Capacidad: 60,000BTU Refrigerante: R-410 (amigable con el medio ambiente). Voltaje: 220V/60Hz/1Ph.</p>	\$ 1,180.00	\$ 1,180.00
1	<p>Instalación de Unidades de Aires Acondicionados Split Pared Incluye;</p> <p><input type="checkbox"/> Montaje de la evaporadora y condensadora. <input type="checkbox"/> Suministro e Instalacion Protector de Fase Wagner digital monofasico. <input type="checkbox"/> Suministro e Instalacion de Tuberia de cobre entre Evaporador y Condensador a 15ft. de distancia. <input type="checkbox"/> Suministro e Instalacion de Conductor eléctrico de interconexión entre Evaporador y condensador. <input type="checkbox"/> Suministro e Instalacion de Material de insulación (Armaflex, Cinta Vinil, Cinta Foamtape, Fajas Plásticas etc.). <input type="checkbox"/> Suministro e Instalación de sistema de tuberia de drenaje PVC. <input type="checkbox"/> Suministro e instalación de cuna metálica para la condensadora elaborada con angulares metálicos pintados.</p>	\$ 295.00	\$ 295.00
 <p>ComfortStar® R410a</p> <p><i>T tiempo de Entrega Inmediata.</i></p>			
		Sub total:	\$ 3,385.00
		15% IVA:	\$ 507.75
		Total:	\$ 3,892.75

Precio aplica:
Pagos de Contado y Transferencia.

Favor emitir cheque a nombre de: Alaska Cool, S.A.
Retener el 2% correspondiente al IR.

Garantía: **2 año en compresor, 1 año en partes del equipo e instalación.**

Forma de Pago: 0.00% Adelanto 100.00% Contra entrega tramite de ck.

Crédito de: 0
Observación: Elaborar cheque a nombre de Alaska Cool, S.A.

Alaska Cool no se hace responsable por atrasos generados por las obras civiles y/o Eléctricas.

Elaborado Por:
Ismael Chavarria.

Autorizado por:
Nombre y Firma del Cliente

Imagen 5. Proforma ALASKA COOL S.A



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

Proforma Clinica Del Aire Acondicionado.

 Clínica del Aire Acondicionado			
Llevando Frescura a tu Ambiente			
Venta, Instalación, Reparación y Mantenimiento de Aires Acondicionados Split, Ventana, Cuartos Fríos, Centrales A-A y Refrigeración Domiciliar			
☎ 2250 5642 📞 7729 6699 📠 8695 5516 ✉ ventas@clinicadelaireacondicionado.com RUC: J0910000241950			
Estatua de Monseñor Lezcano 3c. Abajo, esquina opuesta a Iglesia Bautista El Calvario.			
PROFORMA			
CLIENTE:	Ruben Edmundo Jarquin	FECHA	Lunes 12/04/2021
CONTACTO		DOC. #	
DIRECCION		TELEFONO	
FORMA DE PAGO		ASESOR	ERICK MORAGA
CANTIDAD	DESCRIPCION	P.UNITARIO	P.TOTAL
	POR SERVICIO SEGÚN DETALLE:		
1	Suministro de unidad Piso Techo 60000btu,marca ComfortStar,R-410A,220v, Seer18 Inverter.	U\$ 1,840.00	U\$ 1,840.00
1	Suministro de unidad Piso Techo 60000btu,marca ComfortStar,R-410A,220v, Seer 16 Estandar.	U\$ 1,200.00	U\$ 1,200.00
2	Instalaciones de unidades Piso Techo	U\$ 180.00	U\$ 360.00
2	Protector de Voltaje 220V,30amp.	U\$ 50.00	U\$ 100.00
2	Filtros secador 3/8	U\$ 12.00	U\$ 24.00
6	Armaflex 7/8x3/8	U\$ 2.50	U\$ 15.00
30	Pies de tubería de cobre 7/8	U\$ 2.50	U\$ 75.00
30	Pies de tubería de cobre 3/8	U\$ 0.75	U\$ 22.50
2	Angulares 1 1/2x1/8	U\$ 13.00	U\$ 26.00
2	Varillas toda Rosca	U\$ 15.00	U\$ 30.00
	Forma de Pago: Contado por anticipado ya sea por Ck O Tranferencia Cuenta Dolares Bancentro # 106205028 Garantia de un Año por desperfectos de fabrica Primer mantenimiento a la unidad de cortesia. Equipos incluye kit de instalacion 10 pies de tuberia. Cuatro Mil Doscientos Cuarenta y Seis Dolares con 37/100		
EMITIR CK A NOMBRE DE: MORAGA & CIA. LTD.		SUB.TOTAL	U\$ 3,692.50
  		DESCUENTO	
		SUMA	
		IVA 15%	U\$ 553.87
		TOTAL	U\$ 4,246.37

Imagen 6. Clínica del aire acondicionado



Proforma Transclima Nicaragua S.A

PROMOCIÓN
REFRESCA TU NEGOCIO

SAMSUNG
Split Techo

	36000 BTU	60000 BTU
Contado	\$1 243	\$1 744
Financiamiento Prómerica	Cuota \$42.18	Cuota \$59.18

*Promoción válida hasta agotar existencias
Precios IVAI

Imagen 7. Transclima Nicaragua S.A.

Cronograma de mantenimiento.

Operación	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
Revisión y limpieza de la unidad exterior		X		
Revisión y limpieza de la unidad interior		X		
Revisión eléctrica			X	
Cambio de filtros		X		
Inspección de carga de refrigerante			X	
Comprobación de los desagües		X		
Verificación de la inexistencia de ruidos extraños	X			
Lubricación de rodamientos y partes móviles				X
Socar tornillería en general				X

Tabla 15. Cronograma de mantenimiento

Edificio central de la Universidad Internacional Antonio De Valdivieso (UNIAV)



Imagen 8. Edificio central

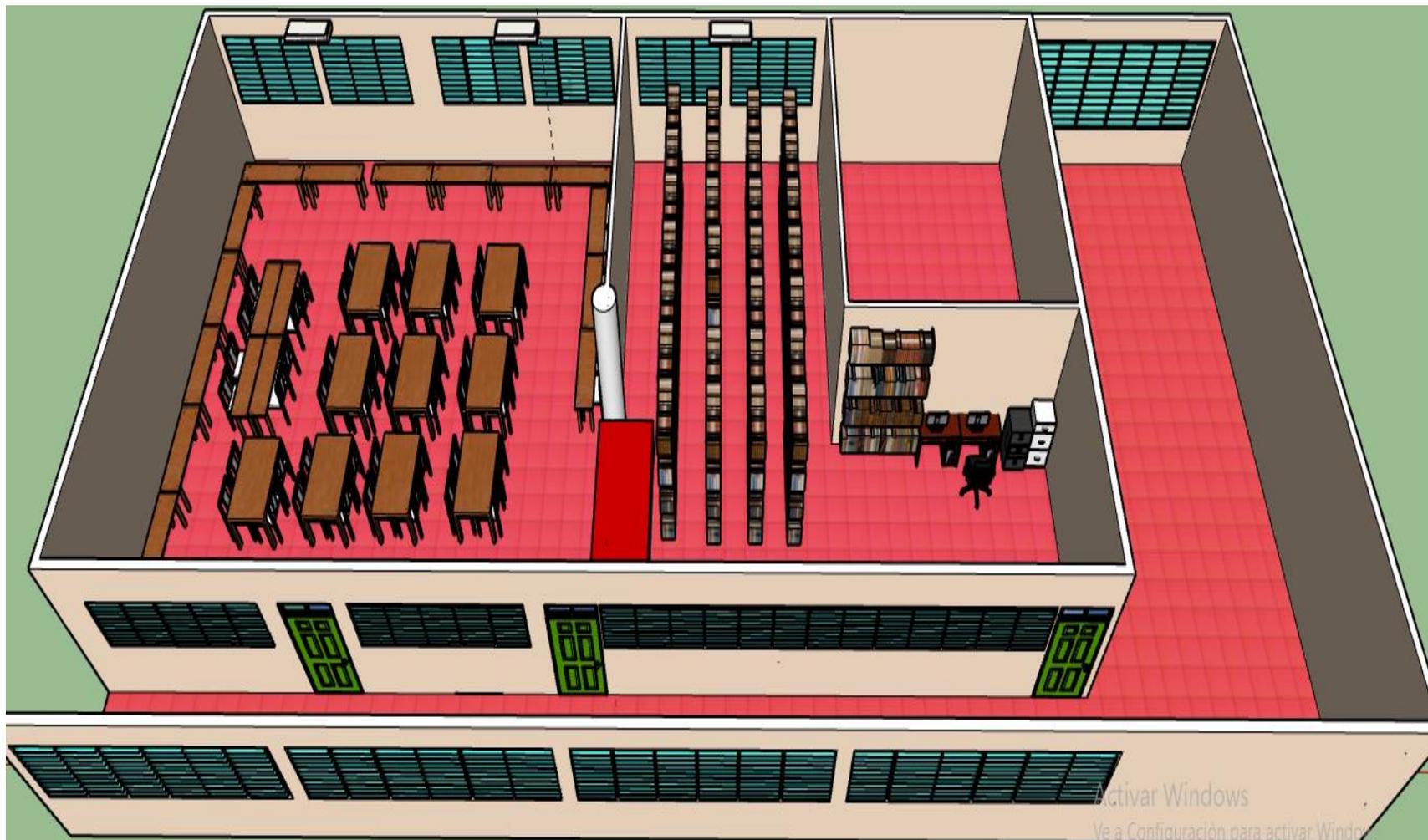
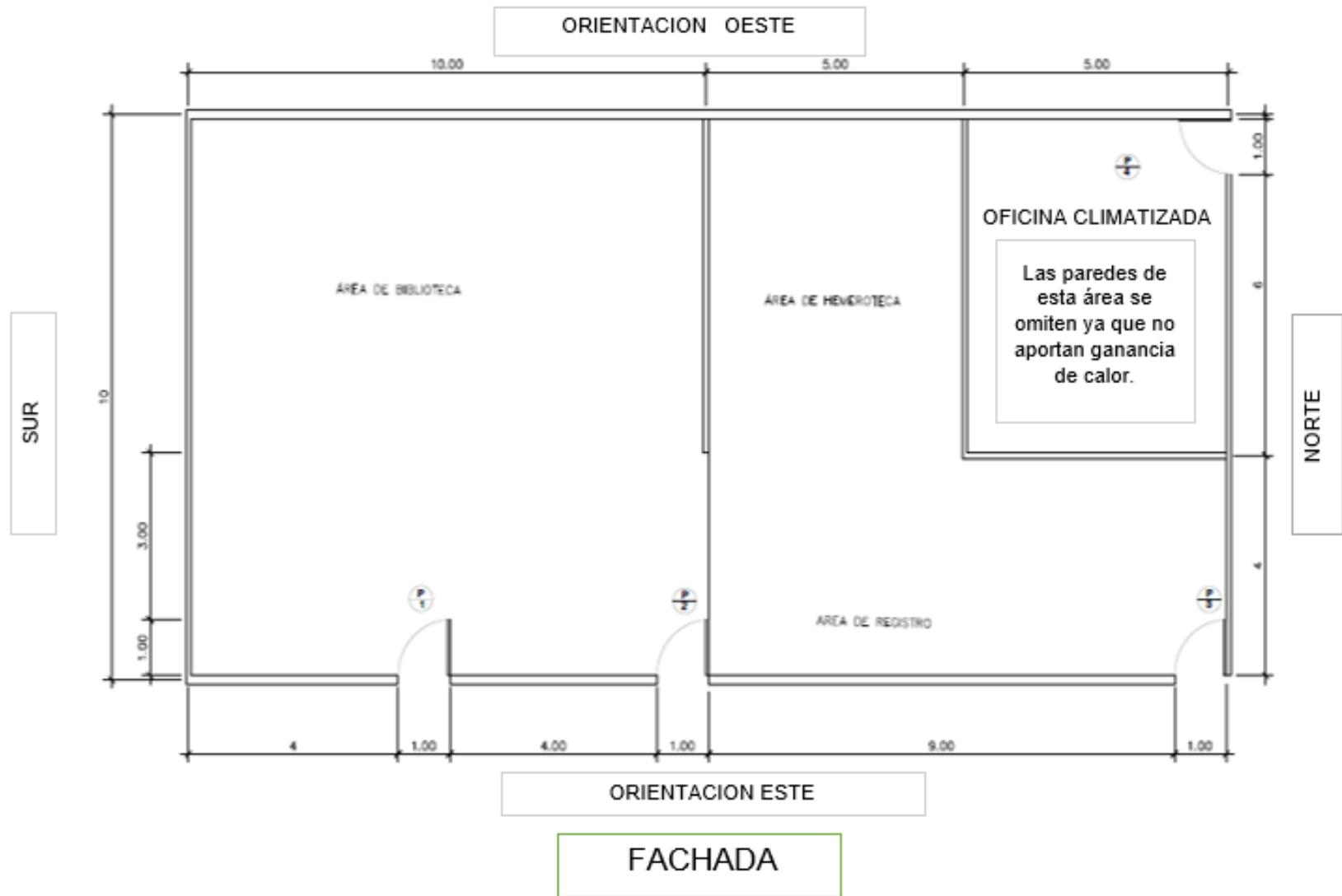


Imagen 9 vista de planta de la biblioteca



Plano 1. Planta de la biblioteca