

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN PARA UN EDIFICIO EN PRINCE  
GEORGE, COLUMBIA BRITÁNICA – CANADÁ BASADO EN LA PROPUESTA 2021  
DESIGN COMPETITION – ASHRAE**

**ANDRES FELIPE CASALLAS AREVALO**

**LAURA VANESSA VANEGAS SANCHEZ**

**Proyecto integral de grado para optar al título de  
INGENIERO MECÁNICO**

**Orientador**

**Bolívar Andrés Monroy Matallana**

**Ingeniero Mecánico**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**BOGOTÁ D.C**

**2021**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

Ing. Bolívar Andrés Monroy Matallana  
Firma del Director

---

Nombre  
Firma del Presidente Jurado

---

Nombre  
Firma del Jurado

---

Nombre  
Firma del Jurado

Bogotá D.C. Septiembre de 2021

## **DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARCIA-PEÑA

Consejero Institucional

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCIA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. ALEXANDRA MEJIA GUZMAN

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. RICARDO ALFONSO PEÑARANDA CASTRO

Secretario General

Dr. JOSÉ LUÍS MACÍAS RODRÍGUEZ

Decano de la Facultad de Ingenierías

Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director del Programa de Ingeniería Mecánica

PhD. María Angélica Acosta Pérez

Las directivas de la fundación universidad de América, los jurados, calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores

## **DEDICATORIA**

A mis padres y mis hermanos por su apoyo y confianza.

*Andrés Felipe Casallas Arévalo*

Quiero dedicar este proyecto a mis padres Yaneth Sánchez y Helman Vanegas, pues es por ellos que me encuentro aquí el día de hoy, pues gracias a su apoyo y constante motivación me levanto cada día con el propósito de alcanzar mis metas, a mi abuelita María Oliva Ávila de Sánchez por estar siempre a mi lado, cuidando y velando por mi bienestar, pues es por ella que soy la persona que soy y es por ella quiero ser una mejor profesional, una mejor persona cada día,

A Camilo Andrés Buitrago Molano, por impulsarme a llegar cada vez mas lejos, por que de su mano logro culminar esta primera etapa de mi vida profesional y de su mano quiero alcanzar las siguientes. Por el, por mí, por nosotros.

Finalmente, a mis hermanos, primos, tíos, demás familiares y amigos por siempre estar pendientes de mi proceso universitario y personal.

*Laura Vanessa Vanegas Sánchez*

## **AGRADECIMIENTOS**

Con la culminación de este proyecto quiero agradecer a cada una de las personas que estuvieron para mí a lo largo del proceso, a mis familiares, compañeros y amigos, con los que tuve la oportunidad de compartir a lo largo de la carrera.

Agradezco al Ingeniero Bolívar Monroy quien nos acompañó en todo el proceso y aportó su tiempo y conocimiento para llevar a cabo este proyecto.

Agradezco a Camilo Andrés Buitrago Molano, por su constante apoyo a lo largo del desarrollo de este, por motivarme a seguir intentándolo y no darme por vencida, porque sin su apoyo no lo hubiera logrado, por que me dio una mano y me brindó su apoyo en el momento que más lo necesitaba, dándome fuerzas desde el primer instante, con una voz de aliento y superación, incluso escribiendo palabras cuando ni yo las tenía, y ahora estas palabras no son suficientes para decirle cuan agradecida estoy con él.

Agradezco al ingeniero Mateo Pulido por su constante gran ayuda en el mismo, por tener una respuesta a cada pregunta y una solución a cada problema, por estar siempre dispuesto a colaborarme.

A todos, muchas gracias.

***Laura Vanessa Vanegas Sánchez***

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	18
INTRODUCCIÓN	19
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
1.1 Antecedentes	21
1.2 Pregunta de investigación	24
1.3 Justificación	24
1.4 Hipótesis	27
1.5 Objetivos	27
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	27
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	28
2. METODOLOGÍA	29
2.1 Diseño metodológico	29
2.2. Tipo de investigación	29
2.3 Metodología a usar	30
3. MARCO TEORICO	31
3.1. Psicometría	31
3.1.1 <i>Carta psicométrica.</i>	31
3.1.2 <i>Propiedades del aire</i>	31
3.2 Cargas térmicas	36
3.2.1 <i>Cargas de calefacción.</i>	36
3.2.2 <i>Carga de refrigeración</i>	41
3.3 Refrigerantes	45
3.3.1 <i>Identificación de refrigerantes</i>	45

3.3.2 <i>Nomenclatura de los refrigerantes</i>	45
3.3.3. <i>Clasificación de los refrigerantes</i>	46
3.3.4 <i>Propiedades de los refrigerantes</i>	48
3.4 Sistemas de acondicionamiento	58
3.4.1 <i>Características de selección del sistema.</i>	58
3.4.2 <i>Tipos de sistemas</i>	60
4. PARÁMETROS DE DISEÑO Y LIMITACIONES A LOS QUE EL PROYECTO ESTARÁ EXPUESTO A PARTIR DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA EN LOS REQUERIMIENTOS ESTABLECIDOS POR ASHRAE	63
4.1. Características geográficas	63
4.2 Condiciones generales	72
4.3 Elementos constructivos	74
4.4 Normas aplicables	74
4.4.1 <i>Standard ASHRAE 189.1</i>	74
4.4.2 <i>Standard 15 de ASHRAE</i>	75
4.4.3 <i>Standard 55 de ASHRAE.</i>	75
4.4.4 <i>Standard 90.1 ASHRA.</i>	75
4.4.5 <i>Standard 62.1 ASHRAE</i>	76
5. EVALUACIÓN EN INGENIERÍA CONCEPTUAL, LAS ALTERNATIVAS DE LOS SISTEMAS QUE INTEGRAN EL ACONDICIONAMIENTO DE AIRE, CONSIDERANDO LOS PARÁMETROS Y LIMITACIONES ESTABLECIDAS	77
5.1. Sistemas de climatización	77
5.1.1. <i>Identificación de sistemas</i>	77
5.1.2. <i>Selección del sistema</i>	78
5.2. Sistemas todo aire	81
5.2.1. <i>Identificación sistema de volumen de aire variable – VAV</i>	81



5.2.2. <i>Identificación sistema de volumen de aire constante – VAC</i>	84
5.2.3. <i>Selección sistema todo aire.</i>	88
5.3. <i>Componentes Sistemas de Volumen de Aire Variable (VAV)</i>	90
5.3.1. <i>Unidad manejadora de aire</i>	90
5.3.2. <i>Cajas de volumen de aire variable</i>	91
5.3.3. <i>Actuador – Controlador</i>	92
5.3.4. <i>Termostato</i>	93
5.3.5. <i>Ductos</i>	94
5.4. <i>Refrigerantes</i>	95
5.4.1. <i>Identificación de refrigerantes</i>	95
5.4.2. <i>Selección de refrigerantes</i>	96
5.5. <i>Materiales</i>	100
5.5.1. <i>Paredes exteriores</i>	100
5.5.2. <i>Particiones</i>	100
5.5.3. <i>Vidrios</i>	100
5.5.4. <i>Pisos</i>	100
5.5.5. <i>Techo nivel superior</i>	101
6. <i>DISEÑO DE SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO</i>	102
6.1. <i>Análisis de datos</i>	102
6.1.1. <i>Condiciones meteorológicas</i>	102
6.1.2. <i>Distribución del edificio</i>	102
6.1.2. <i>Condiciones de cada zona</i>	104
6.2. <i>Calculo de cargas térmicas</i>	106
6.2.1. <i>Software Elite CHVAC 7.01.169</i>	106
6.2.2. <i>Resultados Software Elite CHVAC 7.01.169</i>	121

6.3. Selección de equipos	124
6.3.1. Selección unidad compacta	124
6.3.2. Selección cajas de volumen de aire variable	126
6.4. Diseño de redes	128
6.4.1. Ductos	128
6.4.2. Rejillas	134
7. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA.	137
7.1. Manual de operación	137
7.2. Manual de mantenimiento	138
7.3.1. Programa mantenimiento	138
7.3.1. Fallas comunes	141
8. EVALUACIÓN FINANCIERA Y AMBIENTAL	143
8.1. Evaluación financiera	143
8.2 Evaluación ambiental	146
9. CONCLUSIONES	149
BIBLIOGRAFÍA	150
ANEXOS	156

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Secuencia de procedimiento de diseño y selección de sistema de climatización	29
Figura 2. Líneas de temperatura de bulbo seco.	32
Figura 3. Líneas de temperatura de bulbo húmedo	33
Figura 4. Líneas de temperatura de punto de rocío.	34
Figura 5. Líneas de temperatura de humedad relativa.	35
Figura 6. Líneas de temperatura de humedad absoluta	36
Figura 7. Clasificación del grupo de seguridad de los refrigerantes	54
Figura 8. Mapa político Canadá.	63
Figura 9. Mapa de Canadá.	64
Figura 8. Temperatura máxima y mínima promedio	65
Figura 9. Temperatura promedio por hora	65
Figura 10. Categorías de nubosidad	66
Figura 11. Probabilidad diaria de precipitación	67
Figura 12. Horas de luz natural y crepúsculo	68
Figura 13. Niveles de comodidad de la humedad	69
Figura 14. Velocidad promedio del viento	70
Figura 15. Dirección del viento	70
Figura 16. Energía solar de onda corta incidente diaria promedio	71
Figura 17. Sistema de Volumen de Aire Variable (VAV)	81
Figura 18. Sistema de Volumen de Aire Constante (VAC)	84
Figura 19. Sistema de Volumen de Aire Constante (VAC)	89
Figura 20. Representación de funcionamiento sistema VAV	90
Figura 21. Manejadora de Aire Modelo LPC	91

Figura 22. Manejadora de Aire Modelo LPC - CVAV	92
Figura 23. Manejadora de Aire Modelo LPC	93
Figura 24. Termostato inteligente Serie TEC3000	94
Figura 25. Carta Psicométrica, condiciones de confort.	105
Figura 26. Resultado cargas térmicas generado por software Elite CHVAC zona 0213	111
Figura 27. Resultado cargas térmicas generado por software Elite CHVAC	111
Figura 28. Datos generales del proyecto.	112
Figura 28. Datos generales del proyecto	113
Figura 29. Perfiles de operacion	113
Figura 30. Condiciones de diseño interior y exterior.	114
Figura 31. Condiciones de diseño interior y exterior.	115
Figura 32. Propiedades techo segundo piso	116
Figura 33. Propiedades paredes externas	116
Figura 34. Propiedades vidrios	117
Figura 35. Propiedades vidrios	118
Figura 36. Propiedades particiones	118
Figura 37. Datos manejadora de aire	120
Figura 38. Datos de zona	121
Figura 39. Unidad maneja de aire.	124
Figura 40. Packaged Rooftop Air Conditioners, Precedent – Heat pump 3 to 10 tons – 60 hz	126
Figura 41. Voyager ii frío calor por bomba	126
Figura 42. VariTrane Conducto único	127
Figura 43. Manual de operación de operación del sistema.	138
Figura 44. Matriz Leopold impacto ambiental	147

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Nomenclatura de los refrigerantes.	46
Tabla 2. Clases de refrigerantes según ANSI/ASHRAE 34	48
Tabla 3. Presiones de operaciones	49
Tabla 4. Temperaturas a presión atmosférica.	50
Tabla 5. Volumen específico a -15°C de varios refrigerantes.	51
Tabla 6. Volumen específico a -15°C de varios refrigerantes.	52
Tabla 7. Clasificaciones de grupos de seguridad para algunos refrigerantes,	53
Tabla 8. Clasificaciones de grupos de seguridad para algunos refrigerantes,	55
Tabla 9. Pesos moleculares y olores característicos de algunos refrigerantes	56
Tabla 10. Pruebas de fugas recomendadas para algunos refrigerantes	57
Tabla 11. Solubilidad del agua en refrigerantes líquidos, en ppm en peso	58
Tabla 12. Condiciones de temperatura y humedad relativa requeridas	73
Tabla 13. Identificación de sistemas de climatización.	77
Tabla 14. Matriz QFD de selección de sistema de climatización	79
Tabla 15. Valoración estimada sistemas de climatización	80
Tabla 16. Valoración estimada sistemas de climatización	80
Tabla 17. Resultado de selección del sistema de climatización	81
Tabla 18. Identificación de refrigerantes.	96
Tabla 19. Identificación de refrigerantes.	97
Tabla 20. Valoración estimada de refrigerantes.	98
Tabla 21. Valoración real de los refrigerantes.	99
Tabla 22. Resultado de selección de refrigerante.	99

Tabla 23. Distribución nivel inferior del edificio.	103
Tabla 24. Distribución nivel superior del edificio.	103
Tabla 25. Calculo de carga de refrigeración analítico oficina 014	108
Tabla 26. Calculo de carga de refrigeración analítico zona de comidas 0213	109
Tabla 27. Calculo de carga de calefacción analítico oficina 014	110
Tabla 28. Resultado cargas térmicas nivel inferior	122
Tabla 29. Resultado cargas térmicas nivel superior	123
Tabla 30. Recopilación resultado cargas térmicas	124
Tabla 31. Unidades compactas seleccionadas.	125
Tabla 32. Velocidades máximas recomendadas para sistemas de baja velocidad (m/s)	128
Tabla 33. Velocidades máximas recomendadas para sistemas de baja velocidad (m/s)	129
Tabla 34. Características ductos suministro nivel superior, manejadora 2	130
Tabla 35. Características ductos suministro nivel inferior, manejadora 3	130
Tabla 36. Características ductos de retorno , manejadora 1	132
Tabla 37. Características ductos de retorno nivel superior, manejadora 2	133
Tabla 38. Características ductos de retorno nivel inferior, manejadora 3	133
Tabla 39. Selección de rejillas nivel inferior	135
Tabla 40. Selección de rejillas nivel superior	136
Tabla 41. Programa de mantenimiento sistema VAV	139
Tabla 42. Fallas comunes del sistema.	141
Tabla 43. Consumo energético requerido unidad manejadora voyager ii frío calor por bomba	144
Tabla 44. Consumo energético requerido por unidad manejadora packaged rooftop	144
Tabla 45. Flujo de caja proyecto	145
Tabla 46. Condiciones de zona, oficina 014	159
Tabla 47. Condiciones de zona, oficina 0137	160

Tabla 48. Condiciones de zona, oficina 0134	161
Tabla 49. Condiciones de zona, oficina 013	162
Tabla 50. Condiciones de zona, oficina 0128	163
Tabla 51. Condiciones de zona, oficina 0126A	164
Tabla 52. Condiciones de zona, oficina 0126B	165
Tabla 53. Condiciones de zona, oficina 0138	166
Tabla 54. Condiciones de zona, oficina 0139	167
Tabla 55. Condiciones de zona, oficina 0129	168
Tabla 56. Condiciones de zona, oficina 0102CU	169
Tabla 57. Condiciones de zona, oficina 0133	170
Tabla 58. Condiciones de zona, oficina 0135	171
Tabla 59. Condiciones de zona, almacenamiento 0115FF	172
Tabla 60. Condiciones de zona, almacenamiento 0132	173
Tabla 61. Condiciones de zona, almacenamiento 0101M2	174
Tabla 62. Condiciones de zona, almacenamiento 0123FF	175
Tabla 63. Condiciones de zona, almacenamiento 0121FF	176
Tabla 64. Condiciones de zona, Telecomunicaciones 0104ME	177
Tabla 65. Condiciones de zona, Telecomunicaciones 0110ME	178
Tabla 66. Condiciones de zona, Telecomunicaciones 0114ME	179
Tabla 67. Condiciones de zona, Telecomunicaciones 0125EL	180
Tabla 68. Condiciones de zona, Telecomunicaciones 0125EL	181
Tabla 69. Condiciones de zona, Telecomunicaciones 0122ME	182
Tabla 70. Condiciones de zona, Telecomunicaciones 0123ME	183
Tabla 71. Condiciones de zona, sala de almuerzo 0151	184
Tabla 72. Condiciones de zona, de comida 0201	185

Tabla 73. Condiciones de zona, de comida 0206	186
Tabla 74. Condiciones de zona, de comida 0203	187
Tabla 75. Condiciones de zona, de comida 0203	188
Tabla 76. Condiciones de zona, de comida 0204	189
Tabla 77. Condiciones de zona, de comida 0211	190
Tabla 78. Condiciones de zona, de comida 0211	191
Tabla 79. Condiciones de zona, de comida 0212	192
Tabla 80. Condiciones de zona, de comida 0213	193
Tabla 81. Condiciones de zona, de comida 0214	194
Tabla 82. Condiciones de zona, de comida 0217	195
Tabla 83. Condiciones de zona, de comida 0218	196
Tabla 84. Condiciones de zona, de comida 0219	197
Tabla 85. Condiciones de zona, de comida 0220	198
Tabla 86. Condiciones de zona, de comida 0221	199
Tabla 87. Condiciones de zona, de comida 0222	200
Tabla 88. Condiciones de zona, de comida 0223	201
Tabla 89. Condiciones de zona, de comida 0224	202
Tabla 90. Condiciones de zona, de comida 0216	203
Tabla 91. Condiciones de zona, de comida 0225	204
Tabla 92. Condiciones de zona, de comida 0226	205
Tabla 93. Condiciones de zona, de comida 0207	206
Tabla 94. Condiciones de zona, de comida 0207	207
Tabla 95. Condiciones de zona, de comida 0209	208
Tabla 96. Condiciones de zona, de comida 0210	209
Tabla 97. Condiciones de zona, de comida 0215	210



## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ANSI: Instituto Nacional Estadounidense de Estándares

ASHRAE: Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado

BH: Bulbo húmedo

BS: Bulbo seco

BTU: Unidad térmica británica

CAI: Calidad aire interior

CFM: pies cúbicos por minuto

CLTD: diferencia de temperatura de carga de enfriamiento

FB: Factor de balastra

FCE: Factor de carga de enfriamiento

HR: Humedad relativa

HVAC: Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado

ISBD: Diseño Integrado de Edificios Sostenibles

kW: Kilovatio

kWh: Kilovatio-hora

MEPS: Estándares mínimos de rendimiento energético

PCG: Potencial de Calentamiento Global

PR: Punto de rocío

QFD: Quality Function Deployment

U: Coeficiente global de transferencia de calor

VAV: Volumen de aire variable

## RESUMEN

A partir de la propuesta de concurso planteada por ASHRAE “2021 DESIGN COMPETITION”, la cual se centra en un nuevo edificio en un campus de educación superior ubicado en Prince George, Columbia Británica, Canadá, para el cual se debe realizar la selección y el diseño final del sistema HVAC. Junto con planos de planta e información pertinente respecto a la construcción y a las condiciones requeridas para el confort, se realiza un diagnóstico de parámetros iniciales en donde se establecen las condiciones a las cuales se encontrará expuesto el edificio en cuanto a condiciones climáticas, respecto a su ubicación, requerimientos del propietario y normas aplicables para el desarrollo de dicho proyecto.

Posteriormente se realiza una evaluación de alternativas, en donde se evalúan los diferentes sistemas de climatización y refrigerantes, considerando los parámetros y limitaciones establecidas. Este procedimiento se llevó a cabo por medio del método de QFD (Quality Function Design), relacionando requerimientos deseables de diseño, con las características de ingeniería, permitiendo comparar las diferentes alternativas de solución, dando como resultado de la matriz, la opción más conveniente según los aspectos requeridos.

Ya definido el sistema de climatización se realiza el diseño detallado, donde se especifican los equipos seleccionados, las redes hidráulicas y demás componentes que garanticen el adecuado funcionamiento de este, asegurando la calidad de aire interior. Los cálculos correspondientes para el sistema se realizan por medio de herramientas computacionales.

Finalmente se desarrollaron los manuales de instalación, operación y mantenimiento, así como los planos de ubicación de las redes hidráulicas y equipos. Por último, se realizó una evaluación financiera y ambiental del proyecto para determinar la viabilidad de este.

Palabras clave: Climatización, calidad de Aire Interior (CAI), ASHRAE, confort térmico.

## INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los edificios que prestan servicios a una cantidad significativa de personas es de gran importancia la implementación de un sistema de acondicionamiento de aire, ya que la carga térmica incrementará trayendo consigo incomodidad a sus ocupantes. Es por esto por lo que según la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) plantean normas que contribuyen principalmente en las condiciones térmicas para la ocupación humana, ventilación aceptable para calidad del aire interior, eficiencia energética y sostenibilidad del inmueble de este modo brindar un ambiente limpio y confortable para quienes recorren periódica o continuamente este lugar.

Para el edificio del campus universitario que plantea la PROPUESTA 2021 DESIGN COMPETICION – ASHRAE, no disponen de un sistema que ofrezca un tratamiento ambiental efectivo, ocasionando consigo baja productividad laboral a funcionarios y asimismo incomodidad con las actividades que ejercen los ocupantes incluso en algunos casos afecciones de salud respiratoria. Aunque esto también afecta a equipos eléctricos o electrónicos que se encuentren allí.

El proyecto se realiza con la finalidad de entregar un espacio cómodo y seguro para funcionarios y visitantes al edificio del campus

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

ASHRAE patrocina un concurso en el cual propone un caso bajo condiciones reales, en el cual suministra la información suficiente para la solución de este. En este se supone que un campus de educación superior ubicado en Prince George, Columbia Británica- Canadá se planea realizar la construcción de una nueva cafetería para la cual ya se han concretado los planos, cuenta con dos niveles y un área de aproximadamente de 2323 m<sup>2</sup>, disponiendo asientos permanentes para servir a una ocupación máxima de 720 estudiantes, con el cual se espera atender a 3.000 por día. El edificio prestará sus servicios 13 horas seguidas comenzando desde las 7:00 am los 7 días de la semana; En esta región, las temperaturas climáticas que puede experimentar son consideradas extremas al frío, ya que durante el transcurso del año varía entre (-11 °C a 24 °C); Rara vez baja a -26 °C o sube a 30 °C, pues al ser un país ubicado al norte del hemisferio norte se encuentra alejado de la línea del ecuador por esta razón aproximadamente el 33,33 % del año permanecen en esta condición debido a la poca recepción de luz solar, haciendo de este lugar regiones frías.

Los agentes ambientales como condiciones meteorológicas y contaminación del aire pueden llegar a causar graves enfermedades cardiovasculares y respiratorias; Según un estudio realizado en el 2019, el 35% de la mortalidad se vio relacionado con el efecto combinado de la contaminación del aire y las bajas temperaturas [1]. Del mismo modo, las temperaturas altas traen consigo afecciones en la salud respiratoria informando que a temperaturas interiores superiores a 26 °C empeoran los síntomas respiratorios [2].

En consecuencia, el edificio no cuenta con un sistema de acondicionamiento de aire el cual pueda brindar un tratamiento ambiental efectivo a los usuarios por lo que consta de 3 propiedades fundamentales: Regulación de temperatura, regulación del grado de humedad y limpieza del aire; De esta manera el sistema que se llegue a diseñar debe comprender cada uno de los espacios de esta construcción de modo que permita brindar un ambiente adecuado, esto debido a la cantidad de áreas sociales dispuestas para el consumo como son cafetería, comedor, cocina comercial y oficinas. Los cuales deben mantenerse a una temperatura y humedad relativa ya establecida favoreciendo una excelente calidad ambiental interior, beneficiando a los ocupantes en el uso de las zonas al proporcionar un entorno cómodo y seguro.

Se ha decidido convertir esta propuesta de concurso como proyecto de grado por el objetivo principal del mismo establecido por ASHRAE, el cual es “animar a los estudiantes a ampliar sus

conocimientos más allá de los sistemas mecánicos básicos” [3]. Lo cual al tratarse de un caso bajo condiciones reales permitirá un mayor desarrollo académico, pues al llevar a cabo todo el sistema a partir de estas, se realizarán unos cálculos más precisos, considerando cada factor posible a tener en cuenta, esto por medio de un software especializado y corroborando sus resultados analíticamente, seleccionando así el sistema más adecuado para la solución del mismo, finalizando con la realización de los planos respectivos. Con ello se logra así una buena preparación para la vida profesional, en la que casos como estos son los que se presentan a diario.

### **1.1 Antecedentes**

Con el fin de soportar y complementar este proyecto, se relacionan a continuación algunas investigaciones llevadas a cabo en diferentes partes del mundo relacionadas con diseño de sistemas de climatización en edificios, tal como, Romain Nouvel y Franck Alessi, expusieron en su artículo “*A novel personalized thermal comfort control, responding to user sensation feedbacks*” donde nos presentan una nueva arquitectura de control de sistemas HVAC para edificios con oficinas utilizando el índice de voto medio previsto ofreciendo la oportunidad de proceder en su propio grado de confort por medio de la señalización. Con lo cual se probó el nuevo nivel de confort por medio de una co-simulación EnergyPlus / Simulink, en un edificio de oficinas para diferentes estaciones, suponiendo dos empleados por oficina. A partir de dicho estudio se pudo concluir que dicho algoritmo logra generar ahorros de energía significativos, mejorando la comodidad de cada ocupante. [4]

Desde entonces, se ha podido establecer que un sistema de refrigeración es óptimo cuando dentro de sus parámetros y funcionamiento se tiene un consumo energéticamente bajo, esto se logra a través de un diseño adecuado, abarcando no solo los recursos tangibles sino también los intangibles como es el uso de la energía solar y eólica por medio energías renovables por lo cual, Mohaisen y Ma, establecen un sistema de “aire acondicionado de deshumidificación desecante líquido asistido por energía solar avanzado para la eficiencia energética y la sostenibilidad” por medio del artículo “*Development and modelling of a solar assisted liquid desiccant dehumidification air-conditioning system*”, partiendo como una perspectiva hacia un diseño que busque la optimización de los recursos. [5]

En el mismo año, Herbert R. do N. Costa y Alessandro La Neve, exponen una aplicación del sistema neuro-difuso — ANFIS para sistemas de aire acondicionado en el artículo “*Study on*

*application of a neuro-fuzzy models in air conditioning systems*”, esto con el fin de reducir el alto consumo energético que los sistemas climatización presentan. Dicho estudio constó de la construcción del simulador difuso de dos partes: la primera centrada en el estudio e implementación del algoritmo de control empleando lógica difusa y la segunda parte es la construcción de un programa que proporciona las variables de entrada para el controlador difuso y las variables de salida del controlador. Con ello se pudo concluir que el uso del sistema CART-ANFIS es eficiente en un edificio estándar al demostrar un buen control de consumo energético convergiendo a la vez con las condiciones de confort. [6]

Adicionalmente, se estipula que los edificios son responsables de aproximadamente el 40% del uso global de energía y contribuyen al 30% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, y los sistemas HVAC son los principales consumidores de dicha energía, y aunque en los últimos años se han logrado grandes avances en la aplicación de técnicas de inteligencia computacional para el diseño, control, gestión, optimización y detección y diagnóstico de fallas de estos sistemas, Muhammad Waseem Ahmad ,Monjur Mourshed ,Baris Yuce y Yacine Rezgui presentan un análisis en su artículo *“Computational intelligence techniques for HVAC systems: A review”* del cual concluyeron que los algoritmos metaheurísticos son el método de inteligencia computacional preferido para resolver problemas relacionados con HVAC aunque los sistemas multiagente tienen una mejor capacidad para dividir y superar un problema de optimización de HVAC. [7]

Partiendo de dicha optimización como principal objetivo, Juengjaroennirachon, Pratinthong, Namprakai y Suparos plantean una solución por medio de su artículo *“Performance enhancement of air conditioning using thermosyphon system’s energy storage unit for cooling refrigerant before entering the condenser”* donde se relaciona la aplicación de un dispositivo de transferencia de calor, una unidad de almacenamiento de energía del sistema Termosifón (unidad TSES), estableciendo una muy buena opción de solución, pues tras instalar dicha unidad entre el compresor y el condensador se logra comparar un sistema de aire acondicionado convencional con el sistema de aire acondicionado basado en unidades TSES, mostrando que el sistema basado en la unidad TSES con refrigerante R-134a reduce la temperatura del refrigerante en la entrada del condensador, obteniendo un coeficiente de rendimiento más alto con un aumento en la refrigeración del sistema reduciendo así el consumo de energía hasta en un 3,76%. Confirmando que el dispositivo puede generar ahorros de energía reales. [8]

Con el fin de brindar un sistema de refrigeración adecuado, es importante estructurar adecuadamente el funcionamiento del mismo y la ubicación estratégica para una adecuada distribución, es así como Delavari, Ghassabi y Saffarian, en su artículo “*Numerical and experimental investigation of the effect of air conditioning duct on the room temperature distribution and energy efficiency*” analizan la climatización adecuada de una habitación a través de ductos que permiten una mejor estabilidad en la temperatura ambiente, logrando una zona de confort más homogénea por medio de un sistema distribuidor de piso vertical (UFAD), permitiendo una velocidad de flujo adecuada la cual minimiza la cantidad de recursos empleados y resuelve el problema de discontinuidad y uniformidad en la acumulación térmica entre el suelo y el techo de la habitación que en épocas de invierno es aún mayor pues el rendimiento en los sistemas de aire acondicionado es tal que la acumulación de energía térmica está cerca del techo debido a la transferencia de calor por convección natural. Esto es uno de los problemas más importantes para el calentamiento de un ambiente y aunque pocas investigaciones se han centrado en el uso de la energía térmica acumulada cerca del techo esto aumentará el consumo de energía para alcanzar una temperatura favorable, por lo tanto, si se crea una temperatura más uniforme, el consumo de energía se reduce significativamente. [9]

Por lo cual los autores Hao-Cheng Zhu ,Chen Ren y Shi-Jie Cao, desarrollan estrategias de control para optimizar la selección de la tasa de ventilación y la temperatura del aire suministrado, manteniendo presente la conservación de energía desarrollando más a fondo el modelo de predicción rápida para la humedad interior, esto por medio de su reciente artículo “*Fast prediction for multi-parameters (concentration, temperature and humidity) of indoor environment towards the online control of HVAC system*” Logrando finalmente un óptimo equilibrio entre la calidad ambiental interior y el consumo de energía, reduciendo este último en un 35% contribuyendo así al desarrollo del control inteligente en línea para sistemas HVAC. [10]

Finalmente, Peter Niemann y Gerhard Schmitz, proponen en el artículo “*Air conditioning system with enthalpy recovery for space heating and air humidification: An experimental and numerical investigation*” un sistema de aire acondicionado con recuperación de entalpía para calefacción y humidificación del aire para funcionamiento en invierno, compensando las condiciones secas del aire interior operando de manera eficiente por medio de energía renovable. Investigando un sistema asistido por desecante y geotermia para diferentes configuraciones de sistemas de forma

experimental y numérica durante la operación invernal, centrándose en las diferencias en cuanto al rendimiento del sistema para dos materiales desecantes, cloruro de litio y gel de sílice, evidenciando que la recuperación de humedad que depende de una rueda desecante con gel de sílice arroja mejores resultados contra el cloruro de litio, logrando una eficiencia de recuperación de humedad de 0.83 y una reducción en el consumo energético para el suministro de calor hasta en un 54% si se acopla al suelo de alta eficiencia una bomba de calor. [11]

## **1.2 Pregunta de investigación**

Basados en la propuesta del concurso 2021 DESIGN COMPETITION de ASHRAE y analizando los diferentes antecedentes ya expuestos, los cuales plantean alternativas de solución para generar un sistema energéticamente eficiente, surge la pregunta con la cual se planea darle solución a este proyecto:

¿Cuál será el diseño de un sistema de climatización apropiado para implementar en un edificio en Prince George, Columbia Británica - Canadá?

## **1.3 Justificación**

La competencia estudiantil 2021 DESIGN COMPETITION se centra en un nuevo edificio en un campus de educación superior en Prince George, Columbia Británica, Canadá. La selección y el diseño final del sistema HVAC para el edificio propuesto deberá abordar los siguientes objetivos principales: Coste de ciclo de vida reducido, impacto ambiental bajo, confort y salud. Para ello los equipos pueden competir en una de las tres categorías:

- Cálculos de diseño de HVAC
- Selección del sistema HVAC
- Diseño Integrado de Edificios Sostenibles (ISBD)

Las reglas establecidas para la presentación de resultados en la categoría de Cálculos de diseño de HVAC constan de realizar en un informe técnico máximo de 35 páginas en formato PDF únicamente. En cuanto a la presentación para la categoría selección de sistemas HVAC y Diseño Integrado de Edificios Sostenibles se limitan a una ayuda visual de 15 minutos y un informe técnico, el cual deberá estar limitado a 30 y 35 páginas en formato PDF, respectivamente.



Para la evaluación del proyecto se establecen tres niveles, para ello los evaluadores de cada nivel juzgarán los informes del proyecto de diseño, no solo por el contenido, sino también por el cumplimiento de las reglas de la competencia.

Se establecen las siguientes fechas:

- 4 de mayo de 2021: Las inscripciones deben enviarse electrónicamente antes de esta fecha subiéndolas al sitio FTP de ASHRAE Society establecido para este propósito.
- 18 de mayo de 2021: Fecha límite para que los Capítulos locales de ASHRAE envíen su selección de la mejor entrada en cada categoría al Vicepresidente Regional de Actividades Estudiantiles (RVC).
- Los capítulos también deben nominar a una "estrella en ascenso". La cual debe ser una escuela que no califica para la competencia regional o de la Sociedad, para ello la escuela no ha de tener una entrada ganadora en los tres años anteriores.
- 8 de junio de 2021: Fecha límite para que los vicepresidentes regionales de actividades estudiantiles locales de ASHRAE envíen su selección de la mejor entrada en cada categoría a la sede de ASHRAE para la evaluación de la sociedad.
- 26 de junio de 2021: Se completa la evaluación de las entradas a nivel de sociedad y selecciona a los ganadores del primer, segundo y tercer lugar en cada categoría. Igualmente se elegirá un ganador "Estrella en ascenso".
- Lunes 2 de agosto de 2021: Anuncio de ganadores.

El caso planteado para dicho concurso establece que, en Prince George, Columbia Británica - Canadá, un campus de educación superior ha decidido construir una nueva cafetería de dos pisos de 4646 m<sup>2</sup> en total. Las nuevas instalaciones consistirán en aproximadamente de 2323 m<sup>2</sup> en el nivel superior el cual constará de un comedor, una cocina y un área de servicio, y el restante del área constará de oficinas y espacio de almacenamiento en el nivel inferior. La cafetería está pensada para servir a un promedio de 3.000 estudiantes por día, por lo cual presenta la necesidad de implementar un sistema de climatización para así garantizar las condiciones óptimas, no solo

de confort sino también de salud para las personas que recorrerán dicho lugar. Pues el edificio estará ubicado en un país que presenta cambios de estaciones, con una fuerte tendencia a bajas temperaturas. [12]

El cuerpo humano intercambia calor con su entorno por distintas vías: conducción a través de las superficies, convección y evaporación con el aire del ambiente y radiación con las superficies vecinas, por lo cual en épocas en las cuales se presentes bajas temperaturas, producirá enfriamiento total o parcial del cuerpo, originando molestias, insensibilidad, disfunción neuromuscular o incluso lesiones por frío. Todo esto dependiendo del tipo y el grado de enfriamiento al cual se encuentre expuesto. Para ello, los principales mecanismos de defensa son la vasoconstricción periférica y los escalofríos, permitiendo conservar el calor corporal y la temperatura interna del organismo, pero comprometiendo las funciones cardiovascular y neuromuscular. Igualmente, la permanencia en este ambiente modifica las reacciones fisiológicas y de conducta, produciendo distracción en las personas al intentar evitar el enfriamiento, adoptar medidas de protección, etc. Causando también un estado de alerta, al aumentar los niveles de actividad nerviosa.

En el caso de épocas de verano, al presentarse temperaturas y humedades elevadas, se producirá un esfuerzo extenuante que pueden causar diversos trastornos provocados por el calor, como pueden ser: trastornos sistémicos como síncope, edemas, calambres, agotamiento y golpe de calor, así como trastornos locales como afecciones. El cuerpo humano contiene aproximadamente un 60 % de agua. La composición y el volumen de los compartimientos de agua corporal están sometidos a un control en el que intervienen mecanismos hormonales y neurológicos. El sudor es secretado por glándulas sudoríparas que se encuentran en la superficie de la piel cuando se activa el centro de la regulación térmica por un aumento de la temperatura corporal. El sudor contiene sal. Por consiguiente, con el sudor se pierden agua y sal, que deben reponerse, de lo contrario puede llegar a producirse una deshidratación lo que traería consigo, cansancio generalizado, dolores de cabeza y náuseas, pudiendo llegar en caso extremo, a pérdida del conocimiento. [13]

Por lo cual, con el objetivo de minimizar todos estos riesgos se realizará el diseño de un sistema de climatización el cual debe cumplir con sus funciones principales tales como: Calefacción, enfriamiento, humidificación, des humidificación, filtrado, ventilación, distribución y presurización. Con el fin de mantener las condiciones de temperatura del aire circundante, temperatura de superficies circundantes, cantidad de circulación de aire y humedad. Dicho sistema

estará sustentado mediante los parámetros establecidos que brinda ASHRAE, con una descripción general de la vida útil y los servicios públicos, mediante datos del clima en Prince George, Columbia Británica (Canadá) a través de estructuras reales con sus respectivos planos y características con el fin de implementarlo en los espacios dentro del campus universitario.

Para ellos, el identificar los factores influyentes como los refrigerantes utilizados y el consumo energético, es crucial para demarcar un sistema ecológicamente responsable e indirectamente asegurando la calidad de los productos evitando la contaminación y a su vez optimizando los recursos para lograr un mayor beneficio económico mediante la maximización de las utilidades. [14]

#### **1.4 Hipótesis**

Mediante un sistema de climatización con sistemas de volumen de aire variable (VAV) se podría dar solución al problema planteado, teniendo en cuenta las condiciones climáticas que se presentan en Prince George, Columbia Británica - Canadá. Pues dichos sistemas permiten variar el flujo de aire para cada espacio teniendo en cuenta el valor de temperatura que indique el termostato lo que permite que se tengan diversas condiciones de ambiente simultáneamente, según sean requeridas por los usuarios en diferentes espacios dentro del mismo edificio, satisfaciendo los requerimientos establecidos en los parámetros del concurso. Adicional este sistema permite aprovechar el aire que toma del exterior y reutilizarlo viajando a una temperatura constante y variando el flujo a la entrada de cada zona, reduciendo así el consumo energético, lo cual teniendo en cuenta el presupuesto limitado que se establece, permite considerarla como una gran alternativa de solución.

#### **1.5 Objetivos**

Con el fin de dar solución al problema planteado se plantean los respectivos objetivos, donde, el objetivo general será la solución propuesta y los objetivos específicos suponen la secuencia de pasos para llegar a dicha solución expuesta.

##### ***1.5.1 Objetivo general***

Diseñar un sistema de climatización para un edificio ubicado en Prince George, Columbia Británica - Canadá, basado en la propuesta de ASHRAE DESIGN COMPETITION 2021.

### ***1.5.2 Objetivos específicos.***

- 1.** Definir los parámetros de diseño y limitaciones a los que el proyecto estará expuesto a partir de la información suministrada en los requerimientos establecidos por ASHRAE.
- 2.** Identificar mediante una evaluación en ingeniería conceptual, las alternativas de los sistemas que integran el acondicionamiento de aire, considerando los parámetros y limitaciones establecidas.
- 3.** Diseñar el sistema de acondicionamiento de aire bajo las normas ASHRAE aplicables.
- 4.** Realizar el manual de operación y mantenimiento para el sistema.
- 5.** Evaluar financiera y ambientalmente la solución del sistema seleccionado de acondicionamiento de aire.

## 2. METODOLOGÍA

En este capítulo se establecerá el tipo el tipo de investigación que se realizará a lo largo del proyecto y la metodología a utilizar para llegar a la solución del problema ya planteado anteriormente.

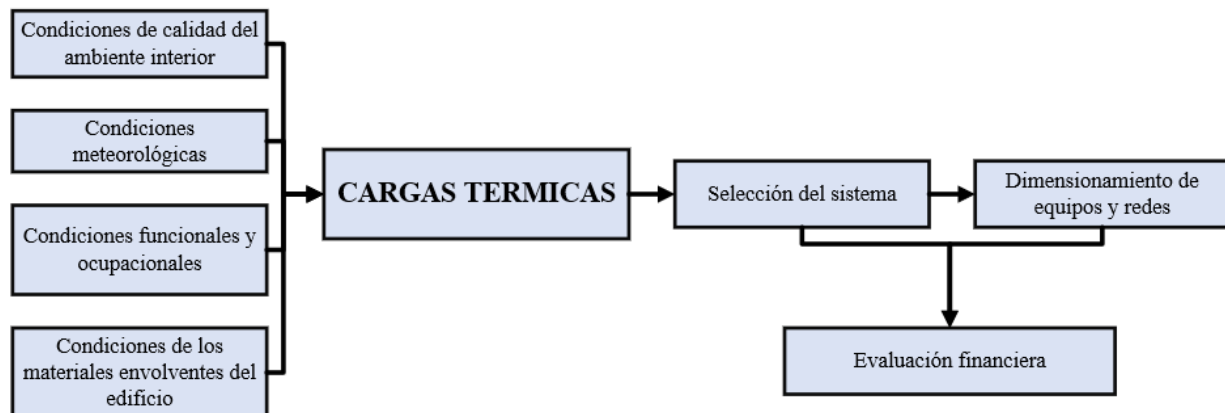
### 2.1 Diseño metodológico

El presente proyecto se desarrollarla por medio de 3 tipos diferentes metodologías, las cuales se complementan una a la otra a lo largo del mismo, estas son de tipo descriptiva, evaluativa y predictiva, pues inicialmente se encarga de evidenciar un caso previo, a partir del cual se desarrolla un proceso de diseño y selección, posteriormente se procederá a validar el sistema seleccionado, con el fin de evidenciar que este sea el más adecuado para dar solución al problema planteado.

Finalmente se realizará una evaluación financiera con el fin de proyectar los gastos de explotación respecto al de inversión y evidenciar la viabilidad del sistema

#### Figura 1.

*Secuencia de procedimiento de diseño y selección de sistema de climatización.*



**Nota.** La figura representa la secuencia del procedimiento de diseño y selección de sistema de climatización, teniendo en cuenta los datos de entrada y de salida que se obtienen mediante el proceso de cargas térmicas. Elaboración

### 2.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se trabajara a lo largo del proyecto es de tipo cuantitativa. debido a que se generara información de tipo numérica a través del procesamiento de datos

### **2.3 Metodología a usar**

En base a la de procedimiento de diseño y selección de sistema de climatización, con el cual se busca darle solución a la pregunta problema planteada, cada etapa de la secuencia se desarrollará a través de los siguientes capítulos hasta llegar a las conclusiones, cada uno de ellos corresponderá a un objetivo específico, cada uno de ellos con subcapítulos equivalentes a las tareas específicas para culminar cada objetivo con el fin de dar finalidad al objetivo general.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1. Psicrometría

Se conoce como psicrometría a la rama de la fisicoquímica que se encarga de estudiar las propiedades del aire húmedo y su impacto sobre los materiales y el confort humano a causa de la humedad atmosférica. Por lo cual se le considera un componente principal en el acondicionamiento ambiental, para ello se debe regular diferentes propiedades. [15]

##### 3.1.1 Carta psicométrica

Es una gráfica que representa las propiedades del aire y se utiliza para determinar su cambio al variar la humedad en el mismo medio. Es trazada con base en valores de las tablas psicrométricas; por lo tanto, esta carta puede basarse en datos obtenidos a diferentes presiones y temperaturas. [16]

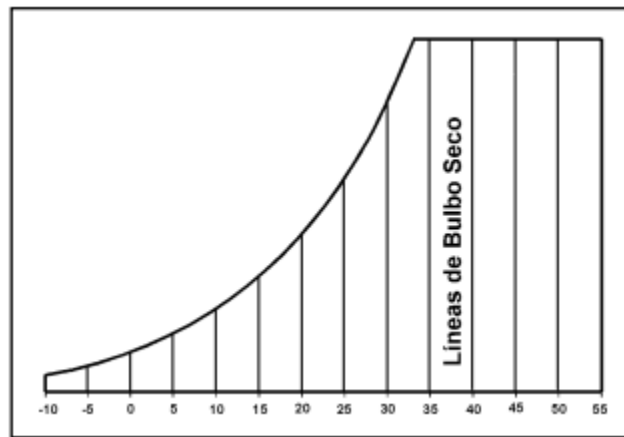
##### 3.1.2 Propiedades del aire

Para realizar el estudio psicrométrico se deben tener en cuenta las propiedades del aire que se explican a continuación y estas se deben evaluar sobre la carta psicométrica.

3.1.2.a. Temperatura de bulbo seco (BS). Se mide con un termómetro común. En la carta psicométrica se encuentran en la parte inferior y se extienden verticalmente. Son de carácter constante debido a que independientemente del punto a lo largo de una de estas líneas, relaciona a la misma temperatura de bulbo seco indicada en la escala de la parte baja. [16]

## Figura 2

*Líneas de temperatura de bulbo seco.*



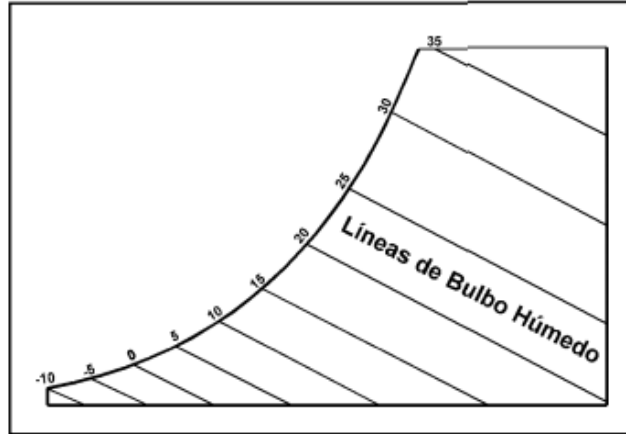
**Nota.** La figura representa las líneas de temperatura de bulbo seco ubicadas en la parte inferior de la carta psicrométrica. Tomado de: “Capítulo 13, PSICROMETRIA”, [En línea]. Disponible: <https://avdiaz.files.wordpress.com/2009/01/i-unidad3.pdf> [Acceso: jun.01.2021]

3.1.2.b. Temperatura de bulbo húmedo (BH). Se mide con un termómetro de bulbo húmedo y corresponde a la temperatura a la cual se evapora el agua de la mecha, la cual cubre el bulbo de un termómetro común con un algodón húmedo expuesto a corrientes de aire. En la carta psicrométrica se encuentra al lado superior izquierdo, en la curva de esta. Igualmente, se les dice constantes, debido a que todos los puntos a lo largo de una de estas líneas están a la misma temperatura de bulbo húmedo. [16]



### Figura 3

*Líneas de temperatura de bulbo húmedo*

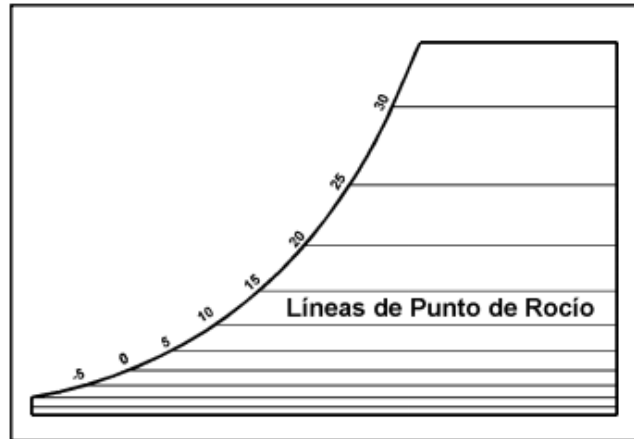


**Nota.** La figura representa las líneas de temperatura de bulbo húmedo, ubicadas en la parte superior izquierda de la carta psicrométrica. Tomado de: “Capítulo 13, PSICROMETRIA”, [En línea]. Disponible: <https://avdiaz.files.wordpress.com/2009/01/i-unidad3.pdf> [Acceso: jun.01.2021]

3.1.2.c. Temperatura de punto de rocío (PR). Es la temperatura a la cual se condensa la humedad bajo presión constante sobre una superficie. Esta se alcanza cuando en el aire se encuentra la mayor cantidad de humedad posible. [17]. En la carta psicrométrica las líneas se desplazan horizontalmente de izquierda a derecha.

**Figura 4.**

*Líneas de temperatura de punto de rocío.*

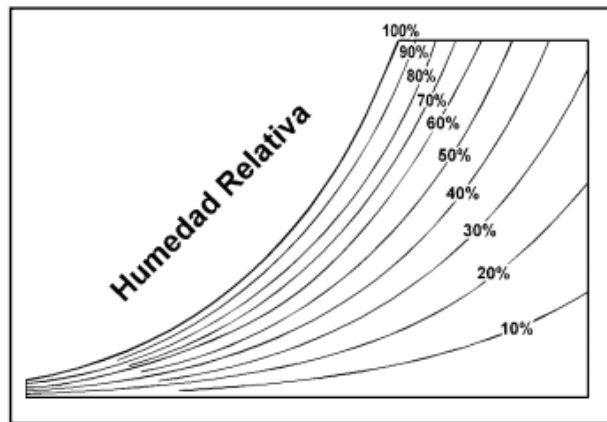


**Nota.** La figura representa las líneas de temperatura rocío ubicadas en la parte izquierda de la carta psicrométrica. Tomado de: “Capítulo 13, PSICROMETRIA”, [En línea]. Disponible: <https://avdiaz.files.wordpress.com/2009/01/i-unidad3.pdf> [Acceso: jun.01.2021]

3.1.2.d.Humedad relativa (HR). Corresponde a la relación de la presión real de vapor de agua en el aire, con respecto a la presión de vapor de agua si el aire se encontrara en condiciones de saturación bajo los mismos parametros de temperatura de bulbo seco. [18] En la carta psicrométrica las líneas se desplazan hacia arriba y hacia la derecha y su valor disminuye a medida que se alejan de la línea de saturación. [16]

**Figura 5.**

*Líneas de temperatura de humedad relativa.*

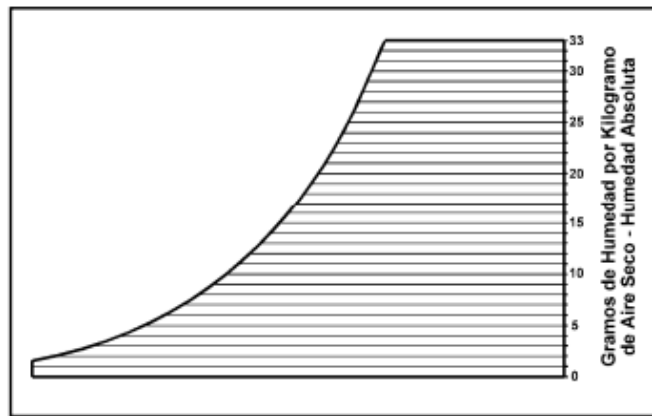


*Nota.* La figura representa las líneas de temperatura humedad relativa ubicadas en la parte inferior izquierda de la carta psicrométrica. Tomado de: “Capítulo 13, PSICROMETRIA”, [En línea]. Disponible: <https://avdiaz.files.wordpress.com/2009/01/i-unidad3.pdf> [Acceso: jun.01.2021]

3.1.2.e.Humedad absoluta. Corresponde al peso real de vapor de agua que ese encuentra en el aire y su valor depende del punto de rocío del aire. En la carta psicrométrica se encuentra al lado derecho y se desplazan horizontalmente hacia la izquierda. [16]

**Figura 6.**

*Líneas de temperatura de humedad absoluta*



*Nota.* La figura representa las líneas de temperatura humedad absoluta ubicadas en la parte derecha de la carta psicrométrica. Tomado de: “Capítulo 13, PSICROMETRIA”, [En línea]. Disponible: <https://avdiaz.files.wordpress.com/2009/01/i-unidad3.pdf> [Acceso: jun.01.2021]

### 3.2 Cargas térmicas

Se define como la cantidad de calor que se debe extraer del recinto a refrigerar, con el fin de reducir o conservar la temperatura requerida. [19] De este cálculo depende la selección correcta del equipo a utilizar, pues a partir de esta se determina la capacidad de este. [17]

#### 3.2.1 Cargas de calefacción

En épocas de invierno se presentan disminuciones en la temperatura a causa de dos razones:

1. Transferencia de calor desde el aire caliente del interior hasta el aire frío del exterior
2. Infiltración

Para mitigar dichas pérdidas se incrementa la cantidad de energía al interior de la construcción, con el fin de conservar la temperatura requerida del aire. Esto se demuestra por medio de la ecuación de la energía al aire dentro de un recinto. [18]

$$Hv = Qc - Qs \quad [\text{Ec. 1}]$$

Donde:

- $Q_c$ : Calor suministrado por el sistema de calefacción.
- $Q_s$ : Pérdidas de calor en el aire hacia el exterior.
- $H_v$ : Cambio de la entalpía del aire interior.

La temperatura del aire del recinto depende de su entalpía, por lo cual se supone que esta debe ser constante ( $H_v=0$ )

$$\begin{aligned}0 &= Q_c - Q_s \\ Q_c &= Q_s\end{aligned}\quad [\text{Ec. 2}]$$

De esta última ecuación, se puede concluir que el calor suministrado por el sistema de calefacción debe ser igual a las pérdidas de calor del recinto.

3.2.1.a. Carga de calefacción. Corresponde a la cantidad de calor que debe ser suministrada con el objetivo de conservar el aire al interior del recinto a la temperatura requerida. Este dato es necesario para la selección de equipo de calefacción y definir el tamaño de tuberías y ductos a utilizar.

3.2.1.a. Transferencia de calor. Las pérdidas de calor en los recintos son causadas por la transferencia de este y se transmite únicamente cuando hay una diferencia de temperatura entre dos lugares, fluyendo del lugar con mayor temperatura hacia el de menor temperatura. Existen 3 modos por los cuales se ejecuta la transferencia de calor. [18]

- **Conducción.** Se presenta entre dos medios que se encuentran en contacto a distintas temperaturas, intercambiando energía en forma de calor. De la configuración geométrica del cuerpo depende la rapidez del proceso. [20] Comúnmente se presenta a través de sólidos. [18]
- **Convección.** Se presenta entre un cuerpo sólido y un medio líquido o gaseoso, en el cual la energía en forma de calor se transfiere de las partículas más a las menos energizadas y es directamente proporcional a la velocidad del movimiento de las partículas, esta depende si es convección forzada mediante un mecanismo externo o es convección natural. [17]

- Radiación. Se emite en forma de ondas electromagnéticas (o fotones) a razón de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. Esta no requiere de un medio, se propaga por medio del vacío y es el modo de transferencia más rápido, ya que se propaga a la velocidad de la luz [20]

3.2.1.c. Velocidad de la transferencia de calor. Corresponde a la velocidad a la cual se transmite el calor a través de una pared, techo, etc. Para determinar este valor hay que considerar tres factores. [18]

$$Q = \frac{1}{R} \times A \times Dt \quad [\text{Ec. 3}]$$

Donde:

- Q: Velocidad de la transferencia de calor
- R: Resistencia térmica del material
- A: Área de la superficie por la cual fluye el calor
- Dt: Diferencia de temperatura por la cual fluye el calor.

3.2.1.d. Resistencia térmica. Es la capacidad que tiene el material para resistir el flujo de calor que lo atraviesa. Una alta resistencia significa que se presentara una baja velocidad de transferencia de calor, esta es la situación recomendable, pues reduce las perdidas. [18]

3.2.1.d.i. Conductancia y conductividad. Estos términos se utilizan para describir la capacidad que tiene un material para transferir calor.

- Conductancia térmica (C). Es la capacidad de un material para transferir calor y es correspondiente al valor reciproco de la resistencia
- Conductividad térmica (K). Es la conductancia por unidad de espesor.

$$C = \frac{K}{L} \quad [\text{Ec. 4}]$$

Donde:

- C: Conductancia
- K: Conductividad
- L: Espesor

3.2.1.e. Coeficiente global de transferencia de calor (U). Corresponde a la misma conductancia general [18]

$$U = \frac{1}{R_o} \quad [\text{Ec. 5}]$$

De tal forma que, si expresamos en términos de U la ecuación de transferencia de calor, da como resultado.

$$Q = U \times A \times DT \quad [\text{Ec. 6}]$$

3.2.1.f. Perdidas de calor por infiltración y ventilación. Se requiere calor para mitigar los efectos de aire frío que pueden entrar en una construcción, los medios por los cuales puede suceder esto son: [18]

- Infiltración. Carga de calor por infiltración
- Ventilación. Carga de calefacción por ventilación

3.2.1.g. Efecto de la infiltración de aire sobre pérdida de calor sensible. Esta se presenta cuando el aire exterior ingresa por medio de fisuras alrededor de marcos de ventanas y puertas, a causa de la presión del viento.

$$Q_s = m \times c \times CT \quad [\text{Ec. 7}]$$

Expresada en términos de CFM

$$Q_s = 1.1 \times CFM \times CT \quad [\text{Ec. 8}]$$

Donde:

- Qs: Calor sensible necesario para el aire de infiltración o ventilación
- CFM: Velocidad de infiltración o ventilación del aire
- CT: Cambio de temperatura entre el aire interior y exterior

3.2.1.h. Efecto del aire de infiltración sobre pérdidas de calor latente. Teniendo en cuenta que el aire al interior es más húmedo que el aire de infiltración, al interior del recinto se pueden presentar pérdidas de humedad que den como resultado un bajo nivel de confort. Por ello se debe suministrar vapor de agua.

$$Ql = 0,68 \times CFM \times (Wi - Wp) \quad [\text{Ec. 9}]$$

Donde:

- Ql: Calor latente necesario para el aire de infiltración o de ventilación
- CFM: Velocidad de infiltración o ventilación de aire
- Wi, Wp: Relaciones de humedad en el interior y en el exterior.

3.2.1.i. Carga de ventilación. Es admisible cantidades reguladas de aire exterior por medio de un equipo mecánico de ventilación, para el cálculo de estas se utilizan las mismas ecuaciones de cargas por infiltraciones. Se instalan sistemas de ventilación con el fin de que se produzca presión positiva, para evitar infiltraciones.

3.2.1.j. Condiciones de diseño. Para el cálculo de cargas de calefacción y enfriamiento se deben tener en cuenta las condiciones iniciales de diseño de interiores y exteriores (Temperatura y humedad) de tal forma que se garantice el confort. [18]

3.2.1.k. Pérdidas de calor del recinto y cargas del recinto. Corresponde a la suma de todas las pérdidas de calor debidas a la transferencia e infiltraciones en la zona a climatizar.

El calor que se debe agregar es equivalente a la pérdida de calor del recinto, dicho calor se llama “Carga de calefacción del recinto” [18]

3.2.1.l. Cargas de calefacción de la construcción. Ya calculadas las cargas individuales, se procede a calcular las cargas de calefacción de la construcción, las cuales corresponden a la cantidad de



calor necesaria para conservar el confort bajo las condiciones exteriores del diseño. Esta es la suma de las pérdidas por transferencia de calor, infiltración y carga de ventilación (si aplica) [18]

### **3.2.2 Carga de refrigeración**

Corresponde a la cantidad neta de calor que se debe retirar, esta es la base para seleccionar el equipo de enfriamiento adecuado, tuberías y ductos [18]

3.2.2.a. Carga de enfriamiento del recinto. Corresponde a la velocidad a la que se debe retirar el calor de la zona con el fin de conservar las condiciones de diseño, esta es equivalente a la sumatoria de las ganancias netas de calor.

Ganancias de calor en recinto. Los parametros que aportan a las cargas de calor en las zonas son: [18]

1. Conducción por medio de envolventes
2. Radiación solar por medio de vidrios
3. Alumbrado
4. Personas
5. Equipos
6. Infiltración

Dichos parametros se pueden agrupar de dos formas distintas:

- Procedente de fuentes externas (1-3), procedente de fuentes internas (4-5), infiltraciones.
- Procedente de calor sensible (1-4), procedentes de calor sensible y latente (5), indiferente procedencia (6)

3.2.2.b. Conducción a través de estructura exterior. Las ganancias de calor por medio de conducción de envolventes que dan al exterior se calculan de la siguiente manera. [18]

$$Q = U \times A \times DTCE \quad [Ec. 10]$$

Donde:

- Q: Ganancia neta del recinto por conducción a través de techos, paredes o vidrio

- U: Coeficiente general de transferencia de calor para techos, paredes o vidrio
- A: Área del techo, pared o vidrio
- DTCE: Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento.

3.2.2.c. Conducción a través de la estructura interior. El calor que atraviesa los espacios interiores sin acondicionamiento hasta los espacios acondicionados por medio de divisiones, pisos y cielos rasos, se calcula por medio de la ecuación: [18]

$$Q = U \times A \times DT \quad [\text{Ec. 11}]$$

Donde:

- Q: Ganancia neta del recinto por conducción a través de la división, piso o cielo raso
- U: Coeficiente general de transferencia de calor para división, piso o cielo raso
- A: Área de división, piso o cielo raso
- DT: Diferencia de temperatura entre los espacios sin acondicionar y espacios acondicionados

En caso de que no se conozca la temperatura de la zona que no está acondicionada, se supone 5°F menos que la temperatura exterior.

3.2.2.d. Radiación solar a través de vidrios. La radiación solar pasa por medio de materiales transparentes, como el vidrio y se convierte en ganancia de calor a la zona, su valor depende de parametros tales como la hora, orientación sombra y efecto de almacenamiento. [18]

$$Q = FGSC \times A \times CS \times FCE \quad [\text{Ec. 12}]$$

Donde:

- Q: Ganancia neta por radiación solar a través del vidrio
- FGCS: Factor de ganancia máxima de calor solar
- A: Área del vidrio
- FCE: Factor de carga de enfriamiento del vidrio

3.2.2.e. Alumbrado. La ecuación para determinar la ganancia de calor debido al alumbrado es: [18]

$$Q = 3,4 \times W \times FB \times FCE \quad [\text{Ec. 13}]$$

Donde:

- Q: Ganancia neta de calor debido a alumbrado
- W: Capacidad del alumbrado, watt
- FB: Factor de balastra
- FCE: Factor de carga de enfriamiento para el alumbrado

El termino W es la capacidad nominal de las luces, por lo general siempre esta esta encendida

El Factor FB tiene en cuenta las pérdidas de calor en la balastra de las unidades fluorescentes

- 1,25 para alumbrado fluorescente
- 1 para alumbrado incandescente
- El FCE depende de cuánto tiempo este encendido el alumbrado, se suele asumir FCE=1

3.2.2.f. Personas. Las ganancias de calor debido a las personas se componen de dos partes

- Calor sensible

$$Qs = q_s \times n \times FCE \quad [\text{Ec. 14}]$$

- Calor latente

$$Ql = q_l \times n \quad [\text{Ec. 15}]$$

Donde:

- Qs, Ql: Ganancia de calor sensible y latente
- q<sub>s</sub>, q<sub>l</sub>: Ganancia de calor sensible y latente por persona
- n= Número de personas

- FCE= Factor de carga de enfriamiento para personas

La velocidad de la ganancia de calor debida a la gente depende de la actividad física que estén realizando.

El factor FCE es 1 si el sistema se apaga durante las noches.

3.2.2.g. Equipo. Dependiendo del equipo que se esté trabajando se puede determinar la carga con los datos de la placa. Toca tener en cuenta que algunos equipos producen calor sensible y latente [18]

3.2.2.h. Infiltración. Se determina con el mismo procedimiento que en cargas de calefacción. Hay que tener en cuenta que en verano los sistemas cuentan con ventilación, por lo cual al tener una presión positiva se mitigan las infiltraciones. [18]

3.2.2.i. Transferencia de calor a los alrededores. Parte del calor sensible se transfiere por medio de la estructura hacia los alrededores y no se registra como carga del recinto, esto como producto de su almacenamiento, por lo cual se debe calcular dicha perdida y corregir las ganancias de calor sensible al recinto por conducción, radiación solar, alumbrado, personas y equipo. [18]

$$F_c = 1 \times 0,02 (K) \quad [\text{Ec. 16}]$$

$$K = \frac{U_w \times A_w + U_g \times A_g}{L} \quad [\text{Ec. 17}]$$

Donde:

- FC: Factor para corregir cada ganancia de calor sensible del recinto
- K: Conductancia de la unidad de longitud
- L: Longitud de la pared exterior
- U<sub>w</sub>,U<sub>g</sub>: Coeficiente de transferencia de calor de pared y vidrio correspondientemente
- A<sub>w</sub>,A<sub>g</sub>: Área de pared o vidrio

3.2.2.j. Carga de enfriamiento del recinto. Velocidad a la cual se debe eliminar el calor de él, corresponde a la sumatoria de cada ganancia neta corregida para la zona. [18]

3.2.2.k. Los parametros de ganancia exteriores de calor varían su intensidad dependiendo de la hora del día y la época del año. Esto debido a que la radiación solar y las temperaturas exteriores cambian. [18]

3.2.2.l. Ventilación. Las cargas sensibles y latentes debido a ventilación se calculan de la misma manera que en cargas de calefacción. [18]

### **3.3 Refrigerantes**

#### ***3.3.1 Identificación de refrigerantes***

Un refrigerante es un cuerpo o una sustancia que procede como agente de enfriamiento, absorbiendo calor de otro. Este es vital en un sistema de refrigeración mecánica. Cualquier fluido que se pueda evaporar y condensar, logra funcionar como refrigerante, y dependiendo del rango de presión y temperatura a la que eso suceda se puede determinar su aplicación. [21]

#### ***3.3.2 Nomenclatura de los refrigerantes***

ASHRAE establece una nomenclatura para los refrigerantes respecto a su fórmula química y su clasificación, esto por medio del standard 34 con el objetivo de referirse de manera simplificada a los refrigerantes. [22]

##### **3.3.2.a. Indicación alfabética.**

- Letra minúscula. indica un gas isómero. Muestra la simetría en pesos atómicos, si es totalmente simétrico y al aumentar la asimetría se colocan las letras a, b, c, etc.
- Letra mayúscula. indica una mezcla zeotrópica y las letras A, B, C, se utilizan para diferenciar mezclas con los mismos componentes, pero con diferente proporción.

##### **3.3.2.b. Indicación numérica.**

- Primer dígito, de derecha a izquierda. número de átomos de flúor en el compuesto
- Segundo dígito hacia la izquierda. número de átomos de hidrógeno más 1.
- Tercer dígito hacia la izquierda. número de átomos de carbono menos 1 (no se usa cuando es igual a cero).
- Cuarto dígito hacia la izquierda. número de enlaces dobles.

**Tabla 1**

*Nomenclatura de los refrigerantes.*

<b>SERIE</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>EJ. GAS</b>
000	Metanos	R-12
100	Etanos	R-134 a
200	Propanos	R-290
400	Zeótropos	R-401A
500	Azeótropos	R-502
600	Orgánicos	R-600 a
700	Inorgánicos	R-717

**Nota.** La tabla muestra la nomenclatura de los refrigerantes y un ejemplo al respecto de cada uno, según el standard 34 de ASHRAE. Tomado de: ASHRAE “ANSI/ASHRAE Standard 34-2019, Designation and safety classification of Refrigerants, 2019”.

### **3.3.3. Clasificación de los refrigerantes**

Los refrigerantes se clasifican según su composición química, se dividen en 6 clases de refrigerantes: [22]

#### **3.3.3.a. Clorofluorocarbonos (CFC)**

- Elevado PAO (Potencial de Agotamiento de Ozono), y están clasificados como una SAO (Sustancia Agotadora de la Capa de Ozono)
- Clasificación A1. No son inflamables ni explosivos
- Para detectar las fugas se pueden utilizar los métodos tradicionales como la espuma de jabón, los detectores de fuga electrónicos, las lámparas ultravioletas que detectan los medios contrastantes fluorescentes.

#### **3.3.3.b. Hidroclorofluorocarbonos (HCFC)**

- Destruidores de la capa de ozono, introducidos como sustitutos de los CFCs, aunque actualmente se está reduciendo gradualmente la producción de estos refrigerantes.
- Clasificación A1, no son inflamables ni explosivos.
- Para detectar las fugas se pueden utilizar los métodos tradicionales como la espuma de jabón, los detectores de fuga electrónicos, las lámparas ultravioletas que detectan los medios contrastantes fluorescentes.

#### 3.3.3.c. Hidrofluorocarbonos (HFC)

- Creados para sustituir a los CFCs y los HCFCs.
- Su PAO es de cero, pero con valores de PCG (Potencial de Calentamiento Global) elevados, lo que implica una influencia elevada en el efecto invernadero global.
- Clasificación A1, no son inflamables ni explosivos.
- Para detectar las fugas se pueden utilizar los métodos tradicionales como la espuma de jabón, los detectores de fuga electrónicos, las lámparas ultravioletas que detectan los medios contrastantes fluorescentes.

#### 3.3.3.d. Refrigerantes orgánicos o hidrocarburos (HC) [23]

- Potencial inferior a 5 en su potencial de calentamiento global (PCG), y no son agotadores de la capa de ozono (PAO)
- Se ubican en la categoría A3, lo que significa que son altamente inflamables, aunque no son tóxicos para los seres humanos.

#### 3.3.3.e. Hidrofluorolefinas (HFO) [24] [25]

- Base de una cuarta generación de refrigerantes, sustituye refrigerantes HFC
- Potencial del calentamiento global (PCG; GWP por sus siglas en inglés) es extremadamente bajo, y en cuanto al daño a la capa de ozono, éste sigue siendo nulo debido a la ausencia de cloro
- Tienen un tiempo de vida corta en la atmosférica

- Ligeramente inflamable. Cuando se quema es elevadamente toxico y es potencialmente letal para los humanos

3.3.3.f. Refrigerantes inorgánicos o refrigerantes naturales. Considerando la afectación al medio ambiente que algunos de estos refrigerantes pueden ocasionar, ya sea por perforación a la capa de ozono o por la generación de gases de efecto invernadero, varios de ellos que han dejado de ser comercializados o actualmente son controlados. [26]

**Tabla 2**

*Clases de refrigerantes según ANSI/ASHRAE 34*

Halocarbonados			Hidrofluoroefinas	No Halogenadas	
CFC	HCFC	HFC	HFO	Inorgánicos	Naturales
R11	R123	R125	R1234ze	R702 (H)	R1150 (Etileno)
R113	R124	R134a	R1234yf	R704 (He)	R1270(Propileno)
R115	R124b		R1233zD	R717 (NH3)	R170 (Etano)
R12	R22	R152a		R718 (H2O)	R290 (Propano)
R13		R161		R729 (Aire)	R600 (Butano)
R400		R23		R744 (CO2)	R600a (Isobutano)
R503		R32		R764 (SO2)	

*Nota.* La tabla muestra las clases de refrigerantes según el standard 34 de ASHRAE y un ejemplo al respecto de cada. Tomado de: Fundación Universidad de América “*diseño de un sistema de aire acondicionado para la procuraduría general de la nación sede judicial de Ibagué*”. 2020.

### 3.3.4 Propiedades de los refrigerantes

Existen algunas propiedades físicas que pueden tener efecto sobre la capacidad del equipo y su potencia requerida, para ello se plantea unas propiedades ideales para los refrigerantes. [27]

- Propiedades termodinámicas.
  - Presión.
  - Temperatura.
  - Volumen.
  - Calor latente de vaporización
- Propiedades Físicas y Químicas
  - No debe ser toxico ni venenoso
  - No debe ser explosivo ni inflamable
  - No debe tener efecto sobre otros materiales



- Fácil de detectar fugas
- Buena miscibilidad con aceite
- No debe reaccionar con la humedad
- Debe ser un compuesto estable

### 3.3.4.a. Propiedades termodinámicas.

3.3.4.a i. Presión. El sistema debe operar con una presión positiva, por lo cual el evaporador y el condensador deben trabajar con una presión superior a la atmosférica. De lo contrario existe la posibilidad de filtrar aire al sistema por medio de una fuga.

- La presión de evaporación debe ser lo más baja posible, apenas superior a la atmosférica
- La presión de condensación debe ser lo más baja posible, ya que de lo contrario se requerirá un equipo será más robusto.

**Tabla 3**

*Presiones de operaciones.*

REFRIG.	EVAPORADOR		CONDENSADOR	
	A -15°C		A 30°C	
	kPa	psig	kPa	psig
<b>12</b>	183	11.8	754	93.2
<b>22</b>	296	28.2	1192	158.2
<b>30</b>	8	27.6	69	9.5
<b>123</b>	16	25.2	110	1.2
<b>134 a</b>	164	9.1	767	96.6
<b>170</b>	1627	221.3	4660	661.1
<b>500</b>	214	16.4	880	113.4
<b>502</b>	348	35.9	1319	176.6
<b>717</b>	236	19.6	1167	154.5
<b>718</b>	0.8	29.7	4.5	28.6

**Nota.** La tabla muestra las presiones de operaciones a las cuales trabajan diferentes refrigerantes en el evaporador a una temperatura de -15°C y en el condensador a una temperatura de 30°C. Tomado de indubel “REFRIGERANTES”, [En línea]. Disponible: <https://www.indubel.com.ar/pdf/gases/refrigerantes.pdf>

3.3.4.a.ii. Temperatura. Son tres las temperaturas que se deben tener en consideración al momento de seleccionar un refrigerante. [27]

- Temperatura de ebullición: Su punto de ebullición debe ser bajo, para que, al trabajar con presiones positivas, la temperatura en el evaporador debe ser baja
- Temperatura crítica: Se requiere que esta temperatura sea superior a la de condensación, pues de lo contrario ningún vapor se condensara. Cuando el condensador se enfriará por aire se requiere que la temperatura crítica del refrigerante sea superior a 55°C
- Temperatura de congelación: Se requiere que la temperatura de congelación del refrigerante sea inferior a la temperatura del evaporador.

**Tabla 4.**

*Temperaturas a presión atmosférica.*

<b>TEMPERATURAS EN °C</b>			
<b>REFRIG.</b>	<b>EBULLICION</b>	<b>CRITICA</b>	<b>CONGELACIÓN</b>
<b>N°</b>			
<b>12</b>	-29.8	112	-158
<b>22</b>	-40.7	96	-160
<b>30</b>	40.6	216.1	-97
<b>123</b>	27.9		-107
<b>134 a</b>	-26.5	101.1	-103
<b>170</b>	-88.6	32.3	-172
<b>502</b>	-45.4	82.2	
<b>507</b>	-46.7	71	
<b>717</b>	-33.3	132.9	-78
<b>718</b>	100	374.5	

**Nota.** La tabla muestra las Temperaturas de ebullición, crítica y de congelación a presión atmosférica a las cuales trabajan diferentes refrigerantes. Tomado de indubel “REFRIGERANTES”, [En línea]. Disponible: <https://www.indubel.com.ar/pdf/gases/refrigerantes.pdf>

3.3.4.a.iii. Volumen específico en fase vapor. Es volumen en litros (L) o en metros cúbicos (m<sup>3</sup>) que ocupa un kilogramo de refrigerante al pasar de líquido a vapor. [27] Por lo cual es conveniente que sea lo más bajo posible, ya que de esto depende el desplazamiento requerido del compresor y el diámetro de las tuberías. [28]

**Tabla 5.**

*Volumen específico a -15°C de varios refrigerantes.*

REFRIG. N°	VOLUMEN ESPECIFICO [l/kg]	
	LIQUIDO <i>vf</i>	VAPOR <i>vg</i>
12	0.6925	91.1
22	0.7496	77.6
30	0.7491	3115.1
123	0.64	856.3
134 a	0.7376	120
170	2.3098	33
502	0.7254	50
507	0.9704	51
717	1.4982 5	508.8
718	1	152,6

**Nota.** La tabla muestra el volumen específico en fase líquido (*vf*) y en fase de vapor (*vg*) a -15°C de varios refrigerantes. Tomado de indubel “REFRIGERANTES”, [En línea]. Disponible: <https://www.indubel.com.ar/pdf/gases/refrigerantes.pdf>

3.3.4.a.iv. Calor latente de vaporización. Es favorable que el calor latente de vaporización sea elevado, ya que esto incrementara el efecto de refrigeración, es decir aumenta la cantidad de refrigeración obtenida con cada libra de refrigerante evaporado, por lo que se necesitara un menor flujo de masa de refrigerante, permitiendo equipos de menos capacidad y tuberías de menor diámetro. [28]

**Tabla 6.**

*Entalpia a -15°C de varios refrigerantes.*

REFRIG. N°	ENTALPIA A -15°C [kcal/kg]		
	LIQUIDO <i>hf</i>	LATENTE <i>hfg</i>	VAPOR <i>hg</i>
12	5.33	37.89	43.22
22	6.53	51.78	58.31
30	0.94	90.05	91
123	6.66	43.87	50.53
134 a	7.55	49.06	56.61
170	56.39	84.44	140.83
500	6.56	46.66	53.22
502	6.06	37.40	43.46
717	26.83	313.89	340.72
718	4.47	595.17	599.64

*Nota.* La tabla muestra la entalpia a -15°C en fase liquida, fase latente y fase de vapor de varios refrigerantes. Tomado de indubel “refrigerantes”, [En línea]. Disponible: <https://www.indubel.com.ar/pdf/gases/refrigerantes.pdf>

#### 3.3.4.b. Características relacionadas con la seguridad.

3.3.4.b.i. Toxicidad. Es el grado en el cual una sustancia resulta toxica o venenosa. Varios refrigerantes no son tóxicos, pero si pueden ser asfixiantes. Esto debido a que el refrigerante reemplaza el oxígeno, por lo cual se recomienda que exista buena ventilación en el lugar donde se instalaran los equipos de refrigeración. [28]

Los refrigerantes se pueden clasificar en dos clases: [21]

- Clase A: Toxicidad baja o nula. Con concentraciones de 400 ppm no se registran signos de toxicidad. En caso de fuga no se ven intoxicadas las personas.
- Clase B: Tóxicos. Se presentan indicios de intoxicación en personas a concentraciones inferiores a 400 ppm.

3.3.4.b.ii. Inflamabilidad y explosividad. Es el grado en el cual una sustancia puede quemarse con una flama, lo que establece un riesgo de incendio. [28] Los refrigerantes se clasifican en cuatro clases basadas en las pruebas del límite inferior de inflamabilidad, el calor de combustión y la medición opcional de la velocidad de combustión. [29]

- Clase 1: No inflamable.
- Class 2L. Muy baja inflamabilidad.
- Class 2. Baja inflamabilidad.
- Clase 3. Mayor inflamabilidad.

**Tabla 7.**

Clasificaciones de grupos de seguridad para algunos refrigerantes, según norma ANSI/ASHRAE.

REFRIG. N°	NOMBRE QUIMICO	GRUPO DE SEGURIDAD	
		ANTERIOR (1989)	NUEVO (1992)
12	Diclorodifluorometano	1	A1
22	Clorodifluorometano	1	A1
30	Cloruro de metileno	2	B2
123	2,2-dicloro-1,1,1- trifluoroetano		B1
134 a	1,1,1,2-tetrafluoruro etano		A1
170	Etano	3 a	A3
500	12/152a (73.8/26.2)	1	A1
502	22/115 (48.8/51.2)	1	A1
717	Amoníaco	2	B2
718	Agua		A1

**Nota.** La tabla muestra las clasificaciones de grupos de seguridad para algunos refrigerantes, según norma ANSI/ASHRAE. Tomado de indubel “REFRIGERANTES”, [En línea]. Disponible: <https://www.indubel.com.ar/pdf/gases/refrigerantes.pdf>

**Figura 7.**

Clasificación del grupo de seguridad de los refrigerantes

		SAFETY GROUP		
I N C R E A B I L I T Y	↑	Higher Flammability	A3	B3
		Flammable	A2	B2
		Lower Flammability	A2L	B2L
		No Flame Propagation	A1	B1
			Lower Toxicity	Higher Toxicity
				→ INCREASING TOXICITY

*Nota.* La figura representa clasificación del grupo de seguridad de los refrigerantes. Tomado de: ASHRAE “ANSI/ASHRAE Standard 34-2019, Designation and safety classification of Refrigerants, 2019”.

### 3.3.4.c. Características relacionadas con operación y mantenimiento.

- Estabilidad química. Un refrigerante no debe descomponerse dentro de los límites de temperaturas a los que se encuentra en el sistema, ya que esta descomposición puede producir ácidos, sedimentos, gases no condensables. [28]
- Inactividad química. Un refrigerante no debe reaccionar químicamente con ningún material con el que tenga contacto. [28]
  - El amoníaco reacciona con el cobre y lo disuelve
  - Los hidrocarburos disuelven el hule
  - Los halocarburos deterioran algunos plásticos
- Efecto en los lubricantes. Un refrigerante no debe reducir la calidad lubricante del aceite utilizado para lubricar las partes móviles del compresor. La miscibilidad entre el refrigerante y el aceite es contraproducente, pues, aunque tiene ventajas como facilidad relativa al momento de retornar el aceite al compresor y buena lubricación de las diferentes partes del sistema,

puede diluirse el aceite, disminuir su transferencia de calor en el evaporador y producir problemas de control.

**Tabla 8.**

Relaciones entre un aceite mineral y algunos refrigerantes.

<b>REFRIG. N°</b>	<b>SOLUBILIDAD</b>	<b>SEPARACIÓN DE DOS CAPAS LIQ. °C</b>	<b>POSICIÓN DE LA CAPA DE ACEITE</b>
<b>12</b>	Miscible	-68	Arriba
<b>22</b>	Buena	-9	Arriba
<b>30</b>	Miscible		
<b>123</b>	Miscible		
<b>134 a</b>	Pobre		
<b>170</b>	Miscible		
<b>500</b>	Miscible		Arriba
<b>502</b>	Regular	82	Arriba
<b>717</b>	No		Abajo
<b>718</b>	No		Abajo

*Nota.* La tabla muestra las relaciones entre un aceite mineral y algunos refrigerantes, describiendo la solubilidad, la separación de dos capas liquidas en °C y la posición en la que se encuentra la capa de aceite. Tomado de indubel “REFRIGERANTES”, [En línea]. Disponible: <https://www.indubel.com.ar/pdf/gases/refrigerantes.pdf>

- Tendencia a las fugas. Es oportuno que las tendencias a las fugas sean mínimas en el sistema, por cuestiones de costo y seguridad. Los refrigerantes cuyo peso molecular es bajo suelen fugarse con mayor facilidad, y aún más cuando se manejan elevadas presiones en el sistema. [28]

**Tabla 9.***Pesos moleculares y olores característicos de algunos refrigerantes.*

REFRIG. N°	TENDENCIA A FUGARSE		
	OLOR CARACTERISTICO	PESO MOLECULAR	$\sqrt{P \cdot M}$
12	Ligeramente etéreo	120.93	10.99
22	Ligeramente etéreo	86.48	9.30
30	Etéreo dulce	85	9.22
123	Ligeramente etéreo	152.95	12.37
134 a	Ligeramente etéreo	102.03	10.10
170	Etéreo dulce	30.05	5.48
500	Ligeramente etéreo	99.31	9.96
502	Ligeramente etéreo	111.63	10.56
717	Picante	17.03	4.12
718	Ninguno	18.02	4.24

*Nota.* La tabla muestra los pesos moleculares y olores característicos de algunos refrigerantes. Tomado de indubel “REFRIGERANTES”, [En línea]. Disponible: <https://www.indubel.com.ar/pdf/gases/refrigerantes.pdf>

- Facilidad para detectar fugas. Teniendo en cuenta que todos los refrigerantes tienen una tendencia a fugarse, se procura que al momento de hacerlo este sea fácil de detectar [28], lo cual en la actualidad ya no es un problema mayor debido a los múltiples métodos para detectar fugas que se han desarrollado, teniendo en cuenta que la mayoría de los refrigerantes cuentan con un olor característico, lo cual al momento de presentarse una fuga por más pequeña que sea se detectara fácilmente para así mismo ser corregida sin ocasionar algún daño mayor.

Adicional se han desarrollado y mejorado diversos métodos que facilitan la detección y punto de origen específico de la fuga, estos procedimientos varían dependiendo del refrigerante utilizado. Entre los métodos más comunes se encuentran. [27]



- Soluciones de burbujas
- Tintes
- Lámpara de haluro
- Detector electrónico

**Tabla 10.**

*Pruebas de fugas recomendadas para algunos refrigerantes*

<b>REFRIG. N°</b>	<b>PRUEBA DE BURBUJA</b>	<b>LAMPARA DE HALURO</b>	<b>DETECTOR ELECTRONICO</b>	<b>TINTES</b>	<b>MECHA DE AZUFRE</b>
<b>12</b>	Si	Si	Si	Si	No
<b>22</b>	Si	Si	Si	Si	No
<b>30</b>	Si	Si	Si	Si	No
<b>123</b>	Si	Si	Si	Si	No
<b>134 a</b>	Si	Si	Si	Si	No
<b>170</b>	Si	No	No	Si	No
<b>500</b>	Si	Si	Si	Si	No
<b>502</b>	Si	Si	Si	Si	No
<b>717</b>	Si	No	No	No	Si
<b>718</b>	Si	No	No	No	No

**Nota.** La tabla muestra si algunos refrigerantes son aptos para realizar pruebas de fugas recomendadas tales como prueba de burbuja, lámpara de haluro, detector electrónico, tintes y mecha de azufre. Tomado de indubel “REFRIGERANTES”, [En línea]. Disponible: <https://www.indubel.com.ar/pdf/gases/refrigerantes.pdf>

- Reacción con la humedad. Los refrigerantes suelen absorber humedad, se debe procurar que esta porción sea inferior al límite máximo permisible para así operar correctamente, por lo cual se debe eliminar la humedad de los diferentes componentes del sistema y evitar que esta entre al sistema, ya que de lo contrario dicha humedad puede congelarse y disminuir o detener el

paso de refrigerante. En caso de haber demasiada agua en el sistema, esta puede reaccionar con el refrigerante formando ácidos corrosivos deteriorando el sistema. [27]

**Tabla 11.**

*Solubilidad del agua en refrigerantes líquidos, en ppm en peso*

Refrig. N°	TEMPERATURA °C								
	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
12	1.7	3.5	7	14	26	45	74	118	178
22	120	186	280	423	603	830	1120	1480	1900
134 a	193	262	343	476	596	772	978	1227	1467
500	48	77	117	179	256	360	493	655	850
502	40	65	104	160	239	339	472	649	860
717	SOLUBLE EN TODAS PROPORCIONES								

*Nota.* La tabla muestra Solubilidad del agua en refrigerantes líquidos, en ppm en peso. Tomado de indubel “REFRIGERANTES”, [En línea]. Disponible: <https://www.indubel.com.ar/pdf/gases/refrigerantes.pdf>

- Costo y disponibilidad. Se desea que el refrigerante tenga un costo razonable y una buena disponibilidad. [27]

### 3.4 Sistemas de acondicionamiento

El sistema de acondicionamiento de aire proporciona un ambiente que se encuentre a condiciones de temperatura, humedad, movimiento de aire, limpieza, ventilación y condiciones acústicas adecuadas, para ello se necesita una adaptación total entre el sistema de climatización y el edificio, de forma que todo se produzca con normalidad, tanto al neutralizar las ganancias de calor, como al compensar las pérdidas.

Los medios por los cuales se consigue un ambiente confortable son el aire y las superficies que rodean al ocupante [30]

#### 3.4.1 Características de selección del sistema

3.4.1.a. Economía. Para la correcta selección de un sistema, hay que considerar factores indispensables con relación a la economía de este: [30]

- Inversión. Hay que considerar la longevidad del equipo y sus elementos auxiliares, pues esta es la cuantía y el tiempo de amortización, para ello es necesario realizar un análisis de coste y gastos de explotación
- Precio de coste. Este depende del precio de todos los elementos de material y mano de obra que se requiere en la instalación
- Gastos de explotación. Para esto se considera los consumos de energía producidos por el sistema, el personal operario y la puesta a punto de los suministros de combustible filtros y otros materiales.
- Rentabilidad de la inversión. Por medio de este análisis se puede determinar si es dinero que cuesta el proyecto va a ser rentable a lo largo de los años. Este análisis comprende el coste y los gastos de explotación y se debe comparar con los beneficios que se esperan de la inversión.
- Análisis de presupuesto. Proporciona una base y afecta a los resultados del análisis de inversión, estableciendo si el acondicionamiento es o no una inversión justificada.

#### 3.4.1.b. Condiciones ambientales.

- Temperatura y humedad. En un sistema de acondicionamiento de aire cuyo objetivo principal es el confort humano el principal factor para tener en cuenta al momento de la selección del sistema es el control de la temperatura, seguido del control de la humedad.
- Limpieza del aire. Es un factor necesario en los sistemas de climatización y su prioridad depende de la situación de la instalación y de la molestia que pueda llegar a producir a las personas que concurren el lugar, los gastos que esta limpieza requiere se consideran gastos iniciales y de explotación
- Movimiento del aire. La correcta distribución y un movimiento eficaz de aire permite satisfacer las necesidades requeridas en un sistema de climatización como o son la capacidad de

refrigeración, capacidad de calefacción y limpieza del aire. Por lo cual el movimiento del aire conduce de forma definitiva a la sensación y apreciación del confort.

- Este movimiento depende de la cantidad de aire que circula y la dirección en la cual está dirigido, lo cual se determina por el tipo de distribución de aire a utilizar.
- Acústica. Cuando el equipo de acondicionamiento se encuentre en funcionamiento este se convertirá en energía sonora, por lo cual se debe valorar la situación de los elementos del sistema en relación con las zonas que rodean al mismo.

Factores como la masa del edificio, el espacio acondicionado y la ubicación del edificio (Ciudad industrial, campo silencioso) permiten establecer la cantidad de ruido deseado.

3.4.1.c. Necesidades de control. La elección de un sistema de climatización depende de las características, naturaleza y conducta de la carga térmica.

- Naturaleza de la carga térmica. Es necesario determinar si la carga es predominantemente sensible o latente, concentrada o dispersa, uniformemente distribuida o variable en cada zona constante o variable. Esto permitirá decidir si se selecciona un sistema unizona o multizona.

### ***3.4.2 Tipos de sistemas***

Los sistemas de acondicionamiento se dividen en 4 tipos básicos y se diferencian en la forma de obtener enfriamiento o calefacción del espacio a acondicionar. [30]

3.4.2.a. Expansión directa. Una unidad autónoma situada en el espacio acondicionado o cercano que cuente con los elementos necesarios para producir enfriamiento del aire se considera un sistema de refrigerante directo o de expansión directa, En este sistema la calefacción puede estar incluida en la misma unidad o separada de esta.

Estos sistemas únicamente se emplean en instalaciones de pequeña y mediana potencia. Para ello se emplean tuberías de refrigerante instaladas “in situ”, las unidades condensadoras y los equipos compactos de enfriamiento de líquidos con condensador situado también pueden utilizarse.

La instalación de tuberías del refrigerante empieza a ser más costosa a medida que aumenta la distancia entre el compresor, evaporador y condensador. [30]

3.4.2.b. Sistemas solo agua. Este sistema dispone de fan-coil (Unidades terminales individuales) en el espacio acondicionado en los cuales circula agua fría o caliente por medio de serpentines y con ayuda de ventiladores se difunde el aire en el local. [31]. El aire del ventilador puede entrar a través de la pared exterior y la unidad terminal. [30]

El agua circulante se distribuye a través de bombas y cañerías desde una unidad enfriadora de agua o una caldera ubicada en forma remota. [31]

Este sistema es útil cuando el espacio es en extremo limitado, en especial en los entre pisos y cielos rasos. Pero sus costos de mantenimiento y la cantidad de trabajo que requiere son elevados, esto debido a las múltiples unidades de ventilación y serpentín. Tampoco cuenta con un control preciso de las cantidades de ventilación con los pequeños ventiladores en cada unidad, también cuenta con un control de humedad limitado. No es adecuado para aire externo, en estaciones templadas o climas fríos [18] ni para lugares donde se encuentren grandes cargas de calor latente [30]

Se pueden clasificar en 2 grupos principales. [30]

- Sistema de tubería simple. Cada unidad recibe una entrada de agua fría o caliente, dependiendo de la estación del año y termina en una tubería de retorno
- Sistema de varias tuberías. Cada unidad tiene una doble entrada de agua (Caliente o fría) y una o dos tuberías de retorno.

3.4.2.c. Sistemas todo aire. Este sistema se encuentra integrado por un equipo autocontenido o una unidad de tratamiento central ubicada separada del espacio que se requiere climatizar, empleando el aire que se distribuye por un sistema de conductos como fluido termodinámico. Al estar los componentes principales en una sala independiente no se encuentran tuberías, filtros, desagües, o elementos eléctricos en el ambiente a climatizar, lo cual tiene como ventajas que en dicha zona no se necesita mantenimiento alguno y evitando la generación de ruido.

Adicional el sistema permite emplear el aire exterior como fuente de ventilación y ocasionalmente para refrigeración en épocas intermedias, permitiendo un acoplamiento de los sistemas de recuperación de calor favoreciendo una flexible distribución de aire y un control de humectación. Esto mediante un apropiado proyecto de conductos.

Como desventaja, este sistema requiere un gran espacio para la distribución de los conductos y adicional se requiere la regulación de los caudales de aire por los conductos para cada una de las zonas. [31]

Se clasifican en dos categorías principales.

- Volumen constante y temperatura variable.
- Sistema de volumen variable y temperatura constante.

3.4.2.d. Sistemas aire – agua. Este sistema distribuye tanta agua helada y/o caliente, y aire acondicionado desde un sistema central hasta los recintos individuales, las terminales enfrían o calientan el recinto, la mayor parte de energía la transporta el agua y la cantidad de aire que se distribuye solo son suficientes para la ventilación, adicional cuenta con la ventaja de que el espacio total necesario de entre pisos y cielos rasos es pequeño, adicional el aire se maneja a grandes velocidades y se pueden usar unidades de ventilador y serpentín como unidades terminales de recinto dispuestos a recibir el aire distribuido desde una unidad central o también se puede suministrar el aire directamente al recinto.

El sistema más común usa unidades terminales que se llaman unidades de inducción, el aire central que se entrega a cada unidad se llama aire primario y a medida que pasa por la unidad de alta velocidad induce aire del recinto a través de la unidad y a través del serpentín de agua por lo cual no se necesita de ventiladores o motores reduciendo así su mantenimiento

El empleo de este sistema se acostumbra en edificios altos de oficinas, se presupuestan unos costos iniciales altos. No es adecuado para aire externo en estaciones templadas o climas fríos [18]

#### 4. PARÁMETROS DE DISEÑO Y LIMITACIONES A LOS QUE EL PROYECTO ESTARÁ EXPUESTO A PARTIR DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA EN LOS REQUERIMIENTOS ESTABLECIDOS POR ASHRAE

##### 4.1. Características geográficas

Columbia Británica se encuentra delimitada con el océano Pacífico al oeste, con el estado de Alaska al noroeste, con el Territorio de Yukón al norte; con la Provincia de Alberta al este, y finalmente con los Estados Unidos al sur. Es una de las diez provincias que, agrupada con los tres territorios, hacen parte de las trece entidades federales de Canadá. Su ciudad más poblada es Vancouver. [32]

**Figura 8.**

*Mapa político Canadá.*



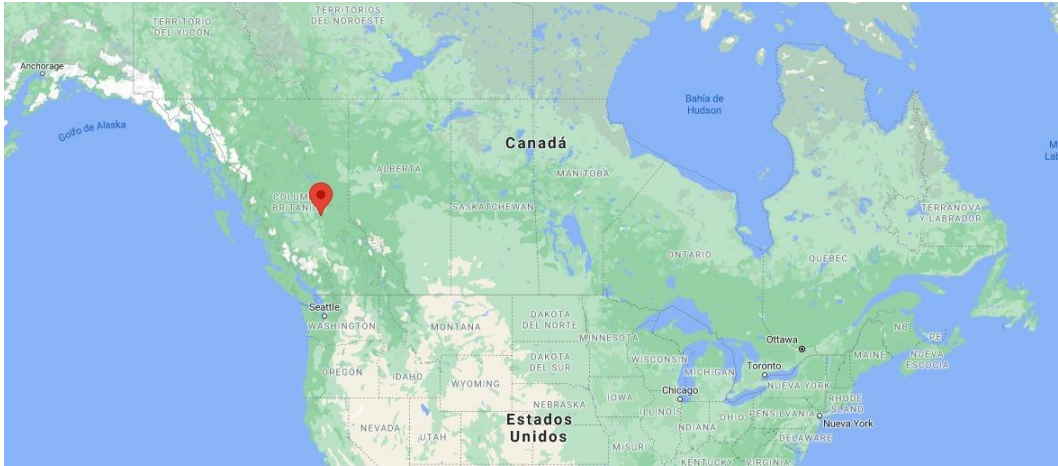
**Nota.** La figura representa el mapa político de Canadá, diferenciando las distintas provincias que componen este país. Tomado de: Wikipedia “Organización territorial de Canadá”, [En Línea]. Disponible: [https://es.wikipedia.org/wiki/Categor%C3%ADA:Organizaci%C3%B3n\\_territorial\\_de\\_Canad%C3%A1](https://es.wikipedia.org/wiki/Categor%C3%ADA:Organizaci%C3%B3n_territorial_de_Canad%C3%A1). [Acceso: Jul,2021]

Prince George se encuentra cerca de la transición entre las zonas norte y sur de las Montañas Rocosas. Esta es la ciudad más grande del norte de Columbia Británica, Canadá y es el centro de

servicios y suministro. Actualmente es una de las regiones de mayor crecimiento en Canadá y representa un papel importante en la economía y la cultura de la provincia. [33]

### Figura 9.

#### *Mapa de Canadá.*



**Nota.** La figura representa el mapa de Canadá, fijando el punto en donde se encuentra la ciudad de Prince George respecto a otras provincias y ciudades características de este país Tomado de: Google maps [En Línea]. Disponible: <https://www.google.com/maps/place/Prince+George,+Columbia+Brit%C3%A1nica,+Canad%C3%A1/@52.6584151,-104.0763052,4z/data=!4m5!3m4!1s0x538898f7ef590fe9:0x50135152a7b3050!8m2!3d53.9170641!4d-122.7496693?hl=es>. [Acceso: Jul,2021]

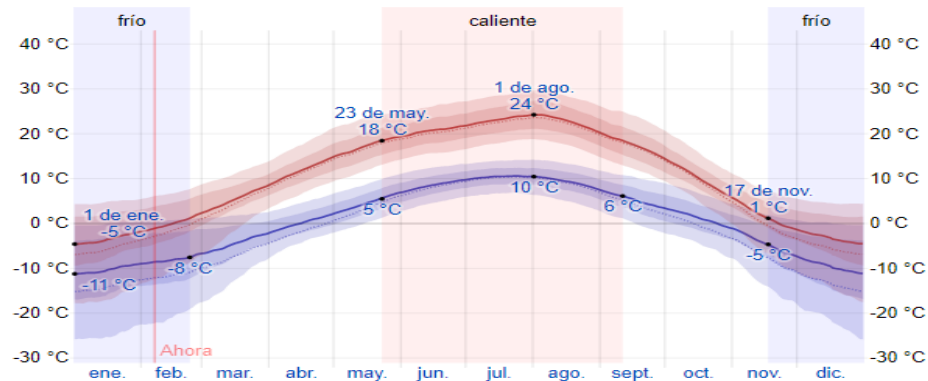
Prince George, ubicada en el norte de la provincia de Columbia Británica, Canadá, cuenta con un clima diverso, esto debido al cambio de estaciones que se presentan a lo largo del año, donde la temporada templada dura 3,6 meses, iniciando el 23 de mayo y culminando el 11 de septiembre, época en la cual alcanza una temperatura máxima superior a 18 °C. Siendo el 1 de agosto el día más caluroso del año, con una temperatura que oscila entre los 24 °C y los 10 °C.

La temporada fría dura 3,2 meses, iniciando el 17 de noviembre y culminando el 23 de febrero, época en la cual alcanza una temperatura máxima inferior a 1 °C. El 1 de enero es el día más frío del año, con una temperatura mínima que oscila entre -11 °C y -5 °C. [34]



**Figura 8.**

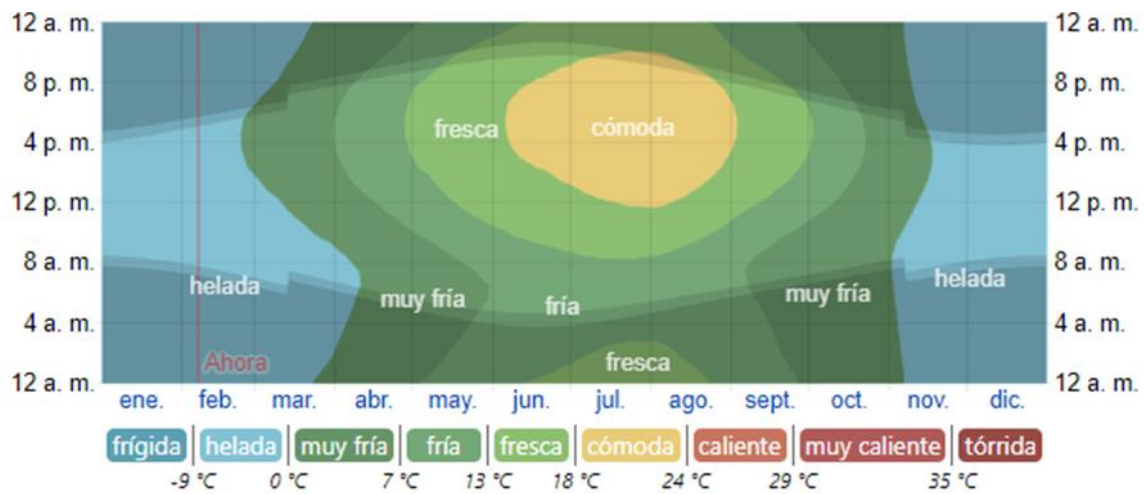
*Temperatura máxima y mínima promedio*



**Nota.** La figura representa la temperatura máxima y mínima promedio en Prince George, Columbia Británica, Canadá, a lo largo del año Tomado de: Weather Spark “El clima promedio en Prince George Canadá”, [En Línea]. Disponible: <https://es.weatherspark.com/y/1016/Clima-promedio-en-Prince-George-Canad%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Temperature>. [Acceso: Jun,2021]

**Figura 9.**

*Temperatura promedio por hora*

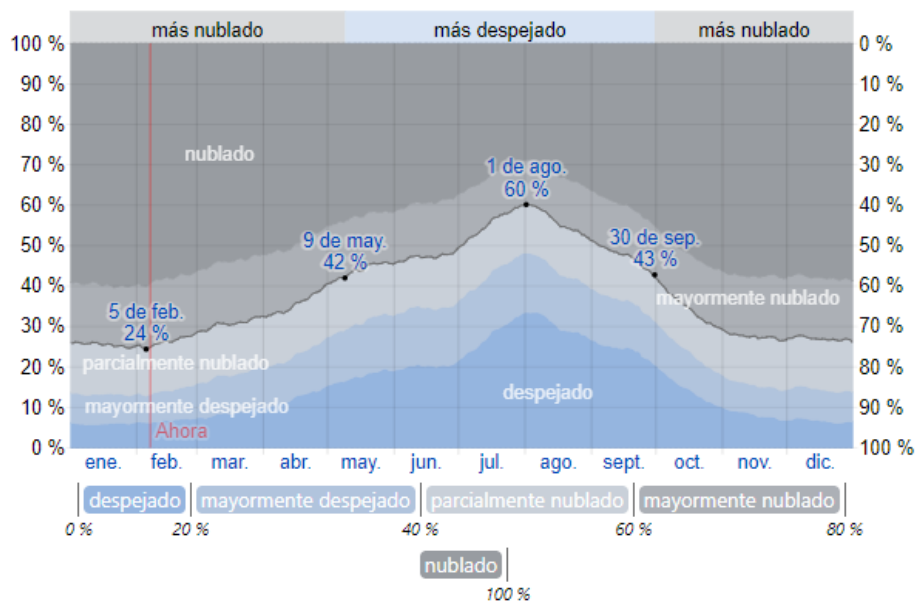


**Nota.** La figura representa la temperatura promedio por hora en Prince George, Columbia Británica, Canadá, a lo largo del año Tomado de: Weather Spark “El clima promedio en Prince George Canadá”, [En Línea]. Disponible: <https://es.weatherspark.com/y/1016/Clima-promedio-en-Prince-George-Canad%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Temperature>. [Acceso: Jun,2021]

En Prince George, el cielo nublado varía considerablemente a lo largo del año del año. El 9 de mayo empieza la época más despejada del año, la cual dura 4,7 meses, culminando el 30 de septiembre aproximadamente, fecha en la cual inicia la época más nublada del año, la cual es la más larga también, con una duración de 7,3 meses culminando el 9 de mayo aproximadamente. Los días más y menos nublados del año son el 5 de febrero y el 1 de agosto correspondientemente. [34]

**Figura 10.**

*Categorías de nubosidad*



**Nota.** La figura representa las categorías de nubosidad en Prince George, Columbia Británica, Canadá, a lo largo del año Tomado de: Weather Spark “El clima promedio en Prince George Canadá”, [En Línea]. Disponible: <https://es.weatherspark.com/y/1016/Clima-promedio-en-Prince-George-Canad%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Temperature>. [Acceso: Jun,2021]

En Prince George la probabilidad de días mojados varía durante el año, definiéndose como día mojado como aquel que tenga mínimo 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La época más mojada tiene una duración de 9.2 meses, iniciando el 29 de septiembre y culminando el 3 de julio, con una probabilidad de más del 29 % de que será un día mojado. La época más seca tiene una duración de 2,8 meses, iniciando el 3 de julio y culminando el 29 de septiembre. La probabilidad mínima de un día mojado es del 18 %.

Distinguiendo así los días que tienen únicamente lluvia, únicamente nieve o ambas. Siendo solo lluvia es lo más común durante 9,5 meses (13 de febrero - 29 de noviembre) y solamente nieve lo más común durante 2,5 meses (29 de noviembre - 13 de febrero). [34]

**Figura 11.**

*Probabilidad diaria de precipitación*

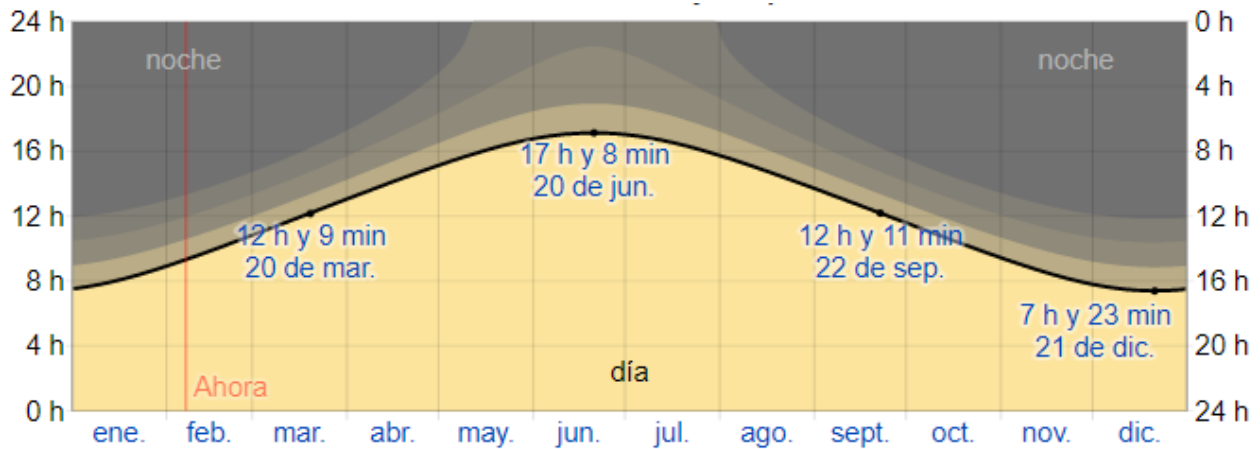


**Nota.** La figura representa la probabilidad diaria de precipitación en Prince George, Columbia Británica, Canadá, a lo largo del año Tomado de: Weather Spark “El clima promedio en Prince George Canadá”, [En Línea]. Disponible: <https://es.weatherspark.com/y/1016/Clima-promedio-en-Prince-George-Canad%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Temperature>. [Acceso: Jun,2021]

Respecto al sol, el tiempo del día en Prince George cambia en el transcurso del año. Siendo el 17 de junio el día con la salida de sol más temprana y el 29 de diciembre con la salida más tardía. En cuanto a la puesta del sol el 13 de diciembre es el día que más temprano ocurre y el 24 de junio el día que más tarde sucede. [34]

**Figura 12.**

*Horas de luz natural y crepúsculo*



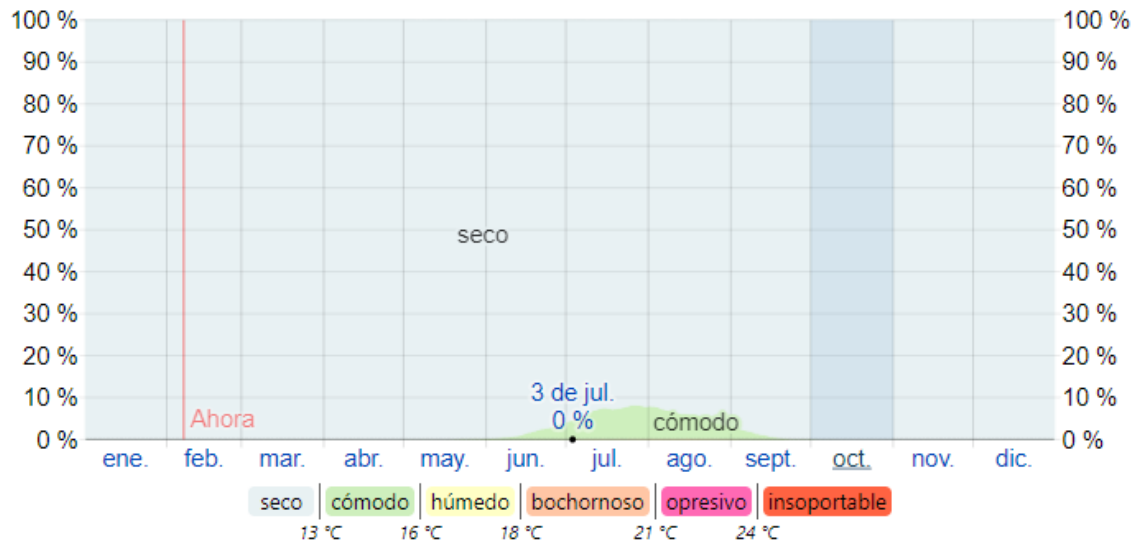
**Nota.** La figura representa las horas de luz natural y crepúsculo en Prince George, Columbia Británica, Canadá, a lo largo del año Tomado de: Weather Spark “El clima promedio en Prince George Canadá”, [En Línea]. Disponible: <https://es.weatherspark.com/y/1016/Clima-promedio-en-Prince-George-Canad%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Temperature>. [Acceso: Jun,2021]

En cuanto a la humedad se establece el nivel de confort de la humedad en el punto de rocío, debido a éste establece si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se percibe más seco y cuando son altos se percibe más húmedo. Contrario a lo que sucede con la temperatura, la cual por lo general cambia precipitadamente entre la noche y el día, el punto de rocío cambia más lentamente, por lo cual independientemente si la temperatura baja en la noche, en un día húmedo permanecerá húmeda la noche.

En Prince George, la humedad percibida medida por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es bochornoso, no varía significativamente durante el año, y será constante en 0 %. [34]

**Figura 13.**

*Niveles de comodidad de la humedad*

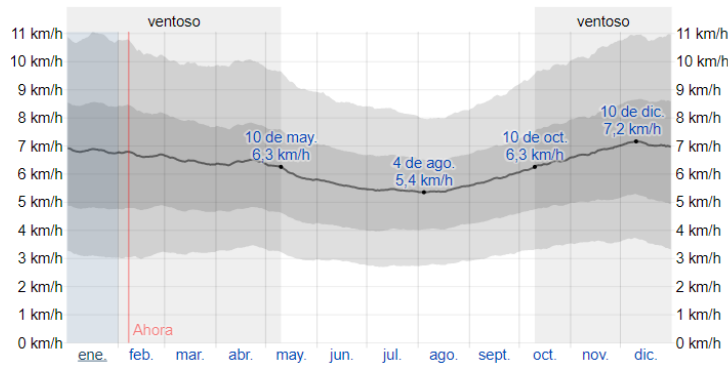


**Nota.** La figura representa los niveles de comodidad de la humedad en Prince George, Columbia Británica, Canadá, a lo largo del año Tomado de: Weather Spark “El clima promedio en Prince George Canadá”, [En Línea]. Disponible: <https://es.weatherspark.com/y/1016/Clima-promedio-en-Prince-George-Canad%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Temperature>. [Acceso: Jun,2021]

El viento depende de la topografía local de la ubicación en la cual se desea calcular, en el caso de Prince George, la velocidad promedio del viento por hora tiene ligeras alteraciones estacionales a lo largo del año. El 10 de octubre inicia la temporada más ventosa del año, con una duración de 7 meses culminando el 10 de mayo, en esta época, la velocidad promedio del viento es superiores a 6.3 kilómetros por hora. El día más ventoso del año es el 10 de diciembre. Del 10 de mayo al 10 de octubre inicia la temporada más calmada, esta con una duración de 5 meses. El día más calmado del año es el 4 de agosto. [34]

**Figura 14.**

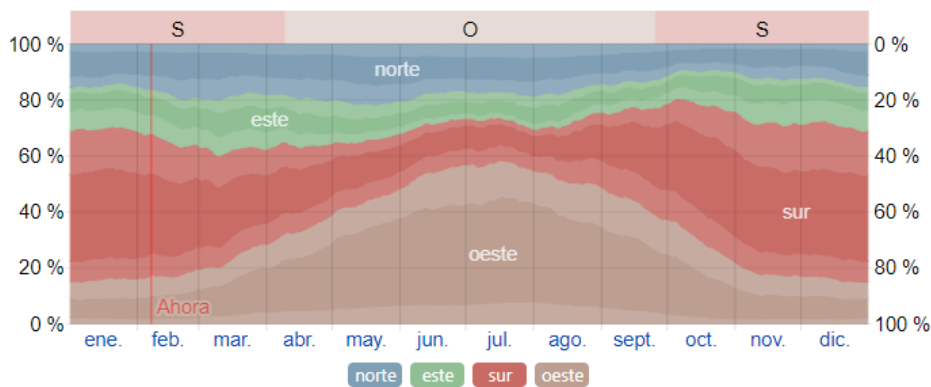
*Velocidad promedio del viento*



**Nota.** La figura representa la velocidad promedio del viento en Prince George, Columbia Británica, Canadá, a lo largo del año Tomado de: Weather Spark “El clima promedio en Prince George Canadá”, [En Línea]. Disponible: <https://es.weatherspark.com/y/1016/Clima-promedio-en-Prince-George-Canad%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Temperature>. [Acceso: Jun,2021]

**Figura 15.**

*Dirección del viento*



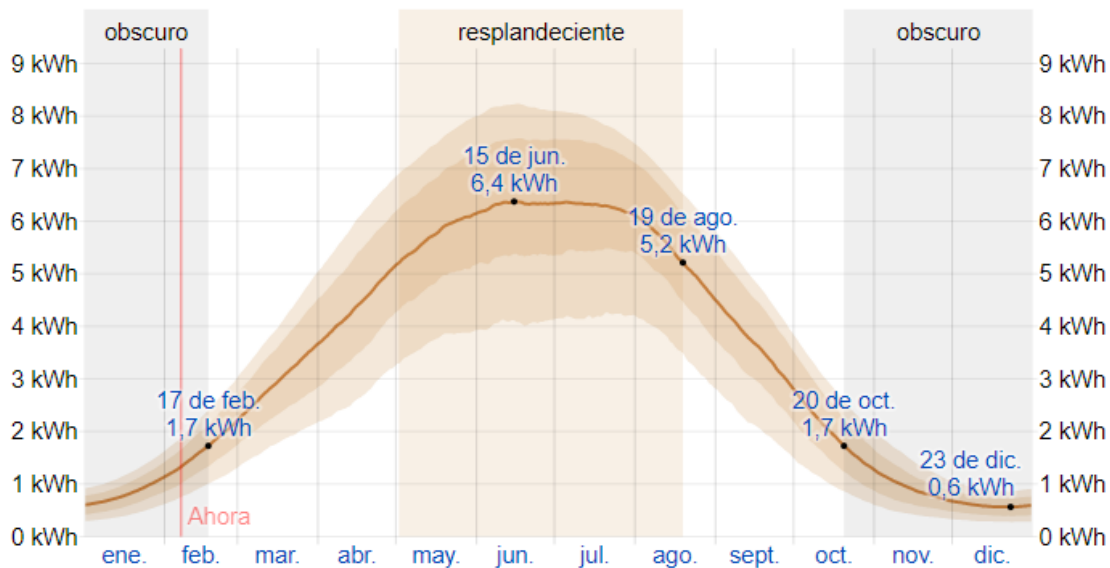
**Nota.** La figura representa la dirección del viento en Prince George, Columbia Británica, Canadá, a lo largo del año Tomado de: Weather Spark “El clima promedio en Prince George Canadá”, [En Línea]. Disponible: <https://es.weatherspark.com/y/1016/Clima-promedio-en-Prince-George-Canad%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Temperature>. [Acceso: Jun,2021]

En cuanto a la energía solar de onda corta incidente total diaria que alcanza a la superficie de la tierra en una extensa zona y teniendo en consideración los cambios estacionales de la duración del día, sus extremas variaciones durante el año, la elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes y otros elementos atmosféricos. La radiación de onda corta integra luz visible y radiación ultravioleta.

En Prince George, el período más luminoso del año tiene una duración de 3,5 meses (2 de mayo - 19 de agosto), época en la cual mantiene una energía de onda corta incidente promedio diaria por metro cuadrado superior a 5,2 kWh. Siendo el 15 de junio el día más resplandeciente del año, con un promedio de 6,4 kWh. El periodo más oscuro del año tiene una duración de 3,9 meses (20 de octubre - 17 de febrero), época en la cual mantiene una energía de onda corta incidente promedio diaria por metro cuadrado inferior a 1,7 kWh. Siendo el 23 de diciembre el día más oscuro del año, con un promedio de 0,6 kWh. [34]

**Figura 16.**

*Energía solar de onda corta incidente diaria promedio*



**Nota.** La figura representa la energía solar de onda corta incidente diaria promedio en Prince George, Columbia Británica, Canadá, a lo largo del año Tomado de: Weather Spark “El clima promedio en Prince George Canadá”, [En Línea]. Disponible: <https://es.weatherspark.com/y/1016/Clima-promedio-en-Prince-George-Canad%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Temperature>. [Acceso: Jun,2021]

## 4.2 Condiciones generales

Para el correcto desarrollo del proyecto se debe recopilar información inicial que permita diseñar de forma adecuada el sistema de climatización con el que se le dará solución al problema planteado. A continuación, se muestran los requisitos establecidos por el propietario en los parametros del concurso.

- La ubicación de la construcción debe establecerse en Prince- George, Columbia Británica, CANADÁ
- El horario de funcionamiento del edificio será de 7:00 a 20:00 los siete días de la semana.
- No hay retrocesos de temperatura o humedad relativa durante la operación desocupada para espacios donde se almacenan materiales.
- Excelente calidad ambiental interior que garantiza que los materiales no se dañen.
- Las necesidades de operación y mantenimiento son para una instalación segura, de fácil mantenimiento y de fácil mantenimiento que tenga bajos costos de servicios públicos y mantenimiento.
- Para evitar infiltraciones no deseadas, el edificio debe funcionar a presión positiva.
- Las siguientes áreas deben mantenerse en las condiciones mostradas por la tabla:



**Tabla 12.**

*Condiciones de temperatura y humedad relativa requeridas*

	<b>ENFRIAMIENTO</b>	<b>CALEFACCIÓN</b>
<b>ALMACENAMIENTO</b>	40% Máx. RH 75°F [24°C]	40% Máx. RH 75°F [24°F]
<b>SALA DE CONFERENCIAS/ SALA DE ALMUERZO</b>	<b>Ocupado:</b> 72°F [22°C] <b>Desocupado:</b> 80°F [27°C]	<b>Ocupado:</b> 68°F [20°C] <b>Desocupado:</b> 60°F [16°C]
<b>OFICINAS</b>	<b>Ocupado:</b> 75°F [24°C] <b>Desocupado:</b> 80°F [27°C]	<b>Ocupado:</b> 70°F [21°C] <b>Desocupado:</b> 80°F [16°C]
<b>TELECOMUNICACIONES/ ALMACENAMIENTO</b>	<b>Desocupado:</b> 80°F [27°C]	<b>Desocupado:</b> 60°F [16°C]
<b>BAÑOS</b>	<b>Ocupado:</b> 75°F [24°C] <b>Desocupado:</b> 80°F [27°C]	<b>Ocupado:</b> 70°F [21°C] <b>Desocupado:</b> 60°F [16°C]

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de temperatura y humedad relativas que se requieren para mantener las distintas zonas en confort térmico según los parámetros del concurso. Tomado de ASHRAE “ Higher Education Cafeteria and Cold Storage, Owner’s Project Requirements – 2021 ASHRAE Design Competition”

Adicional las condiciones ya mencionadas, se asumen otros parámetros para el desarrollo del proyecto.

- El factor de diversidad corresponde a dos personas por oficina
- Se asigna un computador portátil a cada oficina que emite 0.50 watt/ft<sup>2</sup>
- Las oficinas contarán lámparas fluorescentes de 1.10 watt/ft<sup>2</sup>
- Las personas realizarán una actividad moderada, no realizarán actividad física alguna.
- La cafetería cuenta con un aforo de máximo 720 personas por hora.

### **4.3 Elementos constructivos**

Según los requerimientos del propietario establecidos en los parametros del concurso, el proyecto debe cumplir con las siguientes exigencias respecto a la composición del edificio.

- Las paredes exteriores para la construcción son de masa de mampostería.
- Todos los pisos serán de hormigón vertido como losa sobre la rasante o cimentación monolítica.
- Las ventanas son fijas de doble acristalamiento con espacio de aire de media pulgada, revestimiento de baja emisividad en la tercera superficie y tinte de bronce.

Adicional se asumen otros materiales envolventes, para las áreas no especificadas, los cuales deben cumplir con los valores mínimos establecidos por ASHRAE.

- Las particiones internas son de masa de mampostería
- El techo del nivel superior será teja de asbesto
- Cielo raso en madera sin aislamiento a 10ft de distancia con respecto al techo.

### **4.4 Normas aplicables**

#### ***4.4.1 Standard ASHRAE 189.1***

ANSI/ASHRAE/USGBC/IES Standard 189.1, es la norma para el diseño de Edificios Verdes de Alto Rendimiento que permite soluciones sistémicas contra el impacto del medio ambiente, garantizando la satisfacción las necesidades de las personas que se encuentren en el edificio. Siendo así una alternativa para comenzar a reducir el impacto ambiental del medio ambiente de la construcción haciendo de los edificios verdes una oportunidad ambiental significativa.

Este nuevo standard provee opciones simples para los edificios verdes estableciendo criterios obligatorios en todas las áreas: sitios sustentables, uso eficiente del agua, eficiencia energética, calidad ambiental interior, impacto de la construcción sobre la atmósfera, materiales y recursos. Adicional contiene los requerimientos de los planos para la construcción y operación de alto rendimiento. [35]

#### ***4.4.2 Standard 15 de ASHRAE***

El Standard 15, es el estándar de seguridad para sistemas de refrigeración que tiene como propósito especificar el diseño seguro, construcción, instalación y operación de sistemas de refrigeración. [36] Estableciendo protecciones para la vida, la integridad física, la salud y la propiedad, prescribiendo requisitos de seguridad.

Este standard está dirigido a la seguridad de las personas y la propiedad en donde se encuentran instalaciones de refrigeración. [37] procurando garantizar una aplicación segura de los sistemas de refrigeración limitando la carga máxima. El standard 15 de ASHRAE es una norma basada en la aplicación. [38]

#### ***4.4.3 Standard 55 de ASHRAE***

El Standard 55 de ASHRAE establece las condiciones térmicas ambientales para la ocupación humana, conforme a una serie de factores de ambiente interior, tales como la temperatura, la radiación térmica, la humedad y la velocidad del aire, así como a los propios factores personales de los ocupantes [39], especificando las condiciones térmicas para ambientes aceptables a una mayoría de los ocupantes dentro del espacio. El propósito de este Standard es ser utilizada en el diseño, operación y puesta en marcha de edificios y otros espacios ocupados. [40]

Este estándar establece las condiciones de confort en los edificios, teniendo en cuenta su tipo funcionamiento. Si cuentan con un sistema de climatización o son acondicionados de forma natural. [41]

#### ***4.4.4 Standard 90.1 ASHRAE***

El Standard 90.1 de ASHRAE es la norma de eficiencia energética para edificios, excepto los de baja altura, ya sean para edificios y sistemas nuevos o para ajustar alguno de los anteriores al otro, en la cual se establecen los parámetros mínimos de eficiencia energética, ya sea para el diseño, construcción, plan de operación o mantenimiento, impartiendo el uso de los recursos energéticos renovables que se puedan aprovechar en el sitio. Esto debido a que contiene numerosas medidas de ahorro energético imprescindibles para el cumplimiento de los objetivos marcados por las normativas, tanto locales como globales, por lo cual se utiliza como un punto de referencia de la industria para establecer MEPS (estándares mínimos de rendimiento energético) y códigos de energía. [42]

#### ***4.4.5 Standard 62.1 ASHRAE***

El estándar ANSI/ASHRAE 62.1 es la norma de ventilación para una Calidad Adecuada del Aire Interior, cuyo objetivo es determinar las tasas mínimas de ventilación y otras medidas para proveer una calidad de aire interior, que sea apropiada para la ocupación humana y no tenga efectos negativos para la salud. [43]

Este estándar está destinado para ser aplicado a nuevos edificios, mejoras a edificios existentes o cambios a edificios antiguos, por lo cual establece requisitos para el diseño de sistemas de limpieza de aire y ventilación, arranque, operación y mantenimiento. [44]

## 5. EVALUACIÓN EN INGENIERÍA CONCEPTUAL, LAS ALTERNATIVAS DE LOS SISTEMAS QUE INTEGRAN EL ACONDICIONAMIENTO DE AIRE, CONSIDERANDO LOS PARÁMETROS Y LIMITACIONES ESTABLECIDAS

### 5.1. Sistemas de climatización

#### 5.1.1. Identificación de sistemas

Ya conociendo el funcionamiento de los diferentes sistemas de acondicionamiento, los beneficios que cada uno presenta y las características que se han de tener en cuenta para la selección de este, se ha decidido recopilar dicha información en una tabla, con el fin de poder identificarlos de una manera más práctica y concisa para su posterior selección.

**Tabla 13.**

Identificación de sistemas de climatización.

	<b>SISTEMA TODO AGUA</b>	<b>SISTEMA TODO AIRE</b>	<b>SISTEMA AIRE - AGUA</b>
<b>Numero de componentes</b>	Múltiples unidades	Pocos componentes	Pocos componentes
<b>Control de temperatura</b>	Medio	Bueno	Medio
<b>Control de humedad</b>	Bajo	Bueno	Medio
<b>Limpieza del aire</b>	Medio	Bueno	Bueno
<b>Niveles acústicos</b>	Alto	Bajo	Bajo
<b>Variedad estacional</b>	No adecuado para climas fríos	Adecuado para todas las épocas	No adecuado para climas fríos
<b>Mantenimiento</b>	Alto	Bajo	Bajo
<b>Tamaño de equipo</b>	Requiere poco espacio	Requiere gran espacio	Requiere poco espacio
<b>Consumo energético</b>	Alto	Bajo	Alto

*Nota.* La tabla muestra la identificación del sistema todo agua, todo aire y aire-agua, estableciendo el nivel de cumplimiento de ciertas características seleccionadas, que se utilizarán como criterio de selección.

### ***5.1.2. Selección del sistema***

Para la selección del sistema se optó por realizar una Matriz QFD, la cual permitirá la selección de la mejor alternativa para el diseño, teniendo en cuenta los parámetros establecidos.

El Despliegue de la función calidad o QFD (Quality Function Deployment) es una metodología comúnmente utilizada en la ingeniería de la calidad con el fin de diseñar productos que satisfagan a los gustos, necesidades y expectativas del cliente. Obteniendo consigo una visión objetiva de lo que realmente buscan los usuarios, una priorización de las características más importantes a incluir y una comparación de los diferentes productos, esto con el fin de ser más objetivos.

Para la realización de esta matriz, inicialmente se establece el objetivo de la metodología, es decir se plantea el a quien va dirigido el diseño. Seguidamente se definen los “Que”, los cuales consisten en los aspectos que el usuario espera del producto, a estas características se les asigna un valor, equivalente a la importancia de cada uno, esto teniendo en cuenta que no todos los aspectos son igual de importantes. Posteriormente se evalúan las diferentes alternativas de diseño, en ellas se califica el cumplimiento de los aspectos esperados por el cliente. Continuamente se establecen los “Como”, los cuales establecen las características técnicas o de ingeniería necesarias para darle solución a los “Que” establecidos por el usuario, por lo cual se analizará y valorará el nivel de influencia que existe entre cada una de estas “Que vs Como”. Igualmente se estudiará la correlación que hay entre los “Como” y se establecerá si dicha relación es favorable o desfavorable entre ellas “Como vs Como”. Finalmente se cuantifica la importancia de cada característica técnica, esto con el fin de priorizar al momento del diseño la que será más primordial para el mismo, según su relación con las expectativas del cliente. [45]

**Tabla 14.**

*Matriz QFD de selección de sistema de climatización*

Control de temperatura													
Control de humedad													
Limpieza del aire													
Niveles acústicos	-												
Variedad estacional		+	+										
Mantenimiento	-				-	-							
Tamaño de equipo	-					-			-				
Consumo energético	-												
USUARIOS	Numero de componentes	Control de temperatura	Control de humedad	Limpieza del aire	Niveles acústicos	Variedad estacional	Mantenimiento	Tamaño de equipo	Consumo energético	Todo Agua	Todo Aire	Aire - Agua	
													↓
Costos de inversión	10	9	0	0	0	1	0	0	9	3	3	2	2
Gastos de explotación	15	9	3	3	3	3	0	9	9	9	1	4	3
Distribución de espacio	6	9	0	0	1	0	0	3	9	0	5	2	4
Funcionalidad en diferentes estaciones climáticas	25	0	9	9	1	0	3	3	0	3	2	5	2
Disposición de aire exterior	4	1	3	3	3	3	3	3	0	3	1	5	2
Condiciones ambientales	20	3	9	9	9	9	9	3	1	1	2	4	3
USUARIOS		12%	16%	16%	9%	8%	9%	10%	10%	9%			

*Nota.* La figura muestra una matriz QFD en la cual se evalúan las alternativas de solución respecto a los diferentes sistemas de climatización, se compara un sistema todo aire, todo agua y aire – agua, teniendo en cuenta factores que son importantes para la solución del problema planteado.

Teniendo en cuenta las propiedades de cada sistema que se establecieron en la tabla 13, se optó por asignar un valor que represente el cumplimiento de las diferentes características que se tuvieron

en cuenta en la matriz QFD, representada en la figura 13, donde el sistema que cumpla mayoritariamente la condición estará representado con el número 3, seguido del sistema que cumpla en menor proporción, el cual se representara con el número 2, finalmente estará el número 1 para aquel sistema que no lo cumpla en absoluto.

**Tabla 15.**

Valoración estimada sistemas de climatización.

<b>Todo Agua</b>	1	2	1	2	1	1	1	3	1
<b>Todo Aire</b>	3	3	3	3	3	3	3	1	3
<b>Aire - Agua</b>	3	2	2	3	3	1	3	3	1

*Nota.* La tabla muestra la valoración que se le asigno a las diferentes alternativas teniendo en cuenta el cumplimiento de características que se requieren para el diseño del sistema.

Basados en los porcentajes de importancia establecida en la matriz QFD a razón de que no todas las características tienen la misma relevancia, esta se multiplicará con los valores asignados en la tabla 14 para determinar el valor real correspondiente a cada característica, con el fin de tomar una decisión apropiada en la selección del sistema.

**Tabla 16.**

Valoración real sistemas de climatización.

<b>Todo Agua</b>	0,12	0,32	0,16	0,18	0,08	0,09	0,10	0,31	0,09
<b>Todo Aire</b>	0,35	0,47	0,47	0,28	0,25	0,27	0,31	0,10	0,28
<b>Aire - Agua</b>	0,35	0,32	0,32	0,28	0,25	0,09	0,31	0,31	0,09

*Nota.* La tabla muestra la valoración real que se le asigno a las diferentes alternativas teniendo en cuenta el cumplimiento de características que se requieren para el diseño del sistema y la importancia de estas.

Seguidamente, con los valores obtenidos en la tabla anterior se sumó el puntaje de cada sistema, con el fin de seleccionar el que tenga un mayor resultado, pues este será el más adecuado para la solucionar el problema planteado,



**Tabla 17**

.Resultado de selección del sistema de climatización.

<b>Todo Agua</b>	1,45
<b>Todo Aire</b>	<b>2,80</b>
<b>Aire – Agua</b>	2,31

*Nota.* La tabla muestra el resultado de la suma que se obtuvo del puntaje de cada sistema en la valoración real.

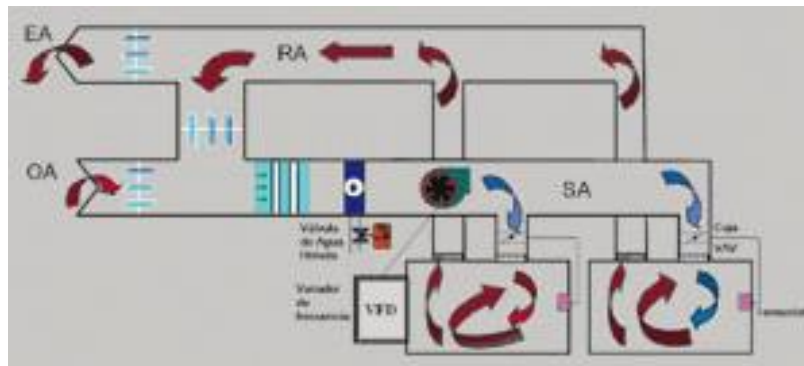
Finalmente, tras los resultados obtenidos, se opta por seleccionar un sistema todo aire, pues este es el que más cumple con las características que se deben tener en cuenta para el diseño.

## 5.2. Sistemas todo aire

### 5.2.1. Identificación sistema de volumen de aire variable – VAV

**Figura 17.**

*Sistema de Volumen de Aire Variable (VAV)*



*Nota.* La figura muestra el funcionamiento del sistema de volumen de aire variable (VAV). Tomado de: Mundo HVACR “Sistemas de Volumen de Aire Variable – VAV”, [En línea]. Disponible: <https://www.mundohvacr.com.mx/2006/02/62-3/> [Acceso: may,2021]

Este sistema se diseñó para satisfacer únicamente las necesidades de refrigeración de las zonas, incluyendo con una unidad de aire acondicionado que enfría el aire y lo distribuye por medio de un sistema con un solo conducto, sin embargo cuando el aire se desvía a la zona se instala una compuerta de control acoplada en el conducto de entrada la cual con un termostato de ambiente posibilita escoger la temperatura pretendida regulando el caudal de aire propagado, teniendo en cuenta el uso, la ocupación, la época del año, el efecto solar, etc. [18]

Este sistema comúnmente se diseña para distribuir aire a un elevado número de zonas en diferentes cantidades, las cuales oscilan desde un mínimo preestablecido hasta la máxima carga del diseño, por lo general en volumen mínimo se encuentra entre el 20% y 25% del valor máximo.

El objetivo de este sistema es zonificar y mantener el confort en zonas específicas, obteniendo ahorros energéticos significativos dependiendo de la movilidad de las personas en ciertos espacios. [46]

5.2.1.a. Funcionamiento. Para la operación del sistema VAV se debe ubicar en el ducto primero un sensor de presión que controla las variaciones de presión ocasionadas por la apertura o cierre de las cajas situadas en el sistema. Este sensor remite la señal a un variador de frecuencia que puede cambiar los Hertz de la unidad controladora, permitiendo ahorros energéticos significativos cuando el caudal necesario es mínimo para conservar el aire de renovación

El funcionamiento del sistema de volumen de aire variable (VAV) consta de transmitir aire primario a una temperatura constante y un caudal o volumen variable, para de esta manera conservar la temperatura de la zona requerida a las necesidades de carga.

El consumo volumétrico de aire se regula en las cajas terminales y la velocidad del ventilador corresponde a las necesidades del sistema. Teniendo en cuenta que la capacidad del ventilador es directamente proporcional a su velocidad y la potencia requerida es proporcional al cubo de la velocidad, esta es inferior cuando el consumo volumétrico disminuye. Por lo cual se deben hacer modificaciones económicas y técnicas. [46]

5.2.1.b. Propiedades. Este sistema presenta múltiples propiedades que son favorables su utilización: [30]

- **Funcionamiento económico:** Debido a que el volumen de aire se reduce con la carga, la potencia de refrigeración y del ventilador se ajustan a la carga real de la climatización del edificio. Todo el aire exterior se puede utilizar durante la refrigeración libre.
- **Control individual de la temperatura de las habitaciones:** Por medio de un termostato y un regulador de caudal se permite el control de flujo de aire de suministro para así poder acoplarlo a la carga en cada zona lo cual hace más sencillo el control del sistema.
- **Sencillez de funcionamiento:** El intercambio en el funcionamiento de invierno a verano o viceversa se logra disponiendo de forma manual el equipo de refrigeración.
- **Mínimo número de componentes:** Teniendo en cuenta que cada zona se encuentra asistida por una boca de salida regulada como zona separada, la distribución por espacios no es necesaria.
- **Coste inicial bajo:** El coste inicial de este sistema es muy bajo teniendo en cuenta que provee control individual de cada zona, esto debido a que solo se necesita una porción de conducto y un control sencillo en el terminal de aire. Adicional se permite la utilización de equipos de menor tamaño cuando hay una carga variable.
- **Acondicionamiento y refrigeración centralizado:** Solamente en el cuarto de máquinas es necesario los servicios de energía, agua y drenajes, en el resto del edificio estos no son necesarios.
- **Servicio y conservación centralizado:** Debido a que el mantenimiento y las diferentes reparaciones se realizan en el cuarto de máquinas, se evitan las molestias en las zonas climatizadas que dichas intervenciones podrían generar.
- **Toma central de aire exterior:** Las fugas provocadas por el viento, la lluvia y los efectos de chimenea del edificio se minimizan al máximo, lo cual posibilita una ubicación favorable.

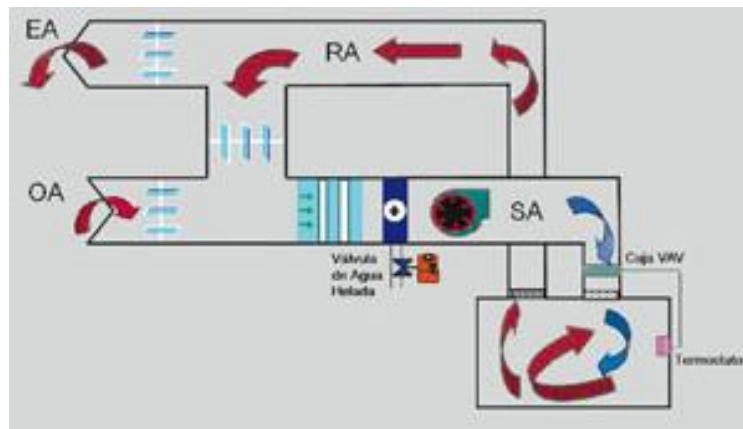
### 5.2.1.c. Beneficios.

- Mínimo mantenimiento al equipo mecánico
- Protección contra la pérdida de fase de la fuente de alimentación
- Control rápido con el fin de conservar los límites de los requerimientos de confort en las diferentes épocas del año
- Bajo consumo de energía eléctrica
- Mínimo consumo energético de refrigeración y calefacción.
- Niveles reducidos de ruido, más fáciles de mantener

### 5.2.2. Identificación sistema de volumen de aire constante – VAC

**Figura 18.**

*Sistema de Volumen de Aire Constante (VAC)*



**Nota.** La figura muestra el funcionamiento del sistema de volumen de aire constante (VAC). Tomado de: Mundo HVACR “Sistemas de Volumen de Aire Variable – VAV”, [En línea]. Disponible: <https://www.mundohvacr.com.mx/2006/02/62-3/> [Acceso: may,2021]

Este sistema distribuye un flujo de volumen constante de aire a la zona a climatizar, con el fin de conservar la temperatura de espacio necesaria a cada una de las condiciones de carga se varía la temperatura del aire a entregar.

Estos sistemas únicamente logran satisfacer al requerimiento de un termostato, por lo cual sólo pueden ser utilizados en edificios con necesidades de temperatura semejantes. En caso de que el edificio disponga de varias zonas con múltiples requerimientos de enfriamiento, este debe contar con un sistema individual.

Otra alternativa que maneja este tipo de sistemas se basa en una unidad manejadora de aire, la cual en conjunto con un ventilador y un serpentín de enfriamiento suministran aire frío primario a cada uno de los espacios, satisfaciendo las necesidades de estos. Adicional cada zona dispone de un serpentín de recalentamiento para así proveer aire caliente a las zonas que lo requieran.

Hay que tener en cuenta que con esta aplicación se obtendrá un desperdicio de energía al momento que se calienta el aire que anteriormente se enfrió. Por lo cual este sistema no se usa con frecuencia a causa del gran desperdicio de energía. [47]

5.2.2.1.a Funcionamiento. El componente de la estación central climatiza el aire y entrega un 100% de aire exterior o una mezcla de aire exterior y de retorno a la unidad de cada zona. Incluye filtros para limpiar el aire, serpentines de precalentamiento para moderar el aire frío en invierno y un deshumectador con el fin de enfriar y suprimir el excedente de humedad del aire caliente húmedo o añadir cierta humedad en épocas de invierno.

En la descarga del ventilador se conserva una temperatura del aire de provisión poco variable, por lo general de 10°C a 14°C

Se emplea un sistema de distribución de aire de alta o de baja velocidad para mover el aire proveniente de la estación central hasta las unidades de las zonas. Para minimizar el ruido producido por el ventilador se emplea un amortiguador de sonido el cual se encontrará ubicado a la salida del ventilador.

El agua que se enfría se propaga o se vaporiza el refrigerante en los serpentines del deshumectador para así suprimir el exceso de humedad y bajar la temperatura del aire. El agua o vapor caliente es suministrado a los serpentines de calefacción unitarios. [30]

#### 5.2.2.1.b Propiedades. [30]

- Control individual de temperatura de habitación. Los problemas en espacios se resuelven sin el costo que se presume la compra de bombas, tuberías y conductos para los diferentes espacios, esto debido a que cada habitación constituye una única zona.
- Flexibilidad en el diseño. Debido a que las unidades se planifican para todo tipo de distribución, la selección del modelo de distribución de aire de baja o alta velocidad se logra realizar teniendo en cuenta solo los requisitos económicos y arquitecturales.
- Suministro de aire primario centralizado. Un equipo de estación centra puede ser utilizado para los espacios interiores y exteriores del edificio, esto debido a la principal característica del sistema, volumen y temperatura constantes del aire primario, lo cual lo hace ideal para este tipo de zonas.
- Sistema simplificado de control. Para cada habitación lo único que se requiere es un termostato sencillo no reversible y una válvula de control.
- Economía de funcionamiento. Durante épocas intermedias, no es necesario una máquina de refrigeración, debido a que el aire exterior se encuentra igual o inferior a la temperatura de aire de suministro.
- Ventilación controlada, disipación de los olores y movimiento constante del aire. Este sistema suministra una ventilación funcional en cada una de las zonas para disipar los olores. Adicional se mantiene uniforme el movimiento del aire, debido a la propiedad de caudal constante.
- Funcionamiento silencioso. Debido a que todos los ventiladores y otros componentes de tipo giratorio se encuentran retirados de la zona a climatizar.

- Mantenimiento centralizado: Debido a que las operaciones de mantenimiento solo son necesarias en el cuarto de máquinas, estos procedimientos se ejecutan en las condiciones más simples, con la mínima cantidad de molestias posibles y de manera ordenada.
- Eficiencia de filtraje: Se logran los rendimientos más elevados que logran satisfacer las necesidades deseadas, esto debido a que el filtraje se realiza en una única ubicación.
- Entrada central de aire exterior: La posición central posibilita ubica la boca de entrada en el lugar más adecuado. La dirección del viento no tiene ninguna repercusión sobre la ventilación. Los daños ocasionados por la lluvia por medio de las diferentes entradas de aire quedan eliminados.
- Alta diferencia de temperatura: Las temperaturas del aire de abastecimiento alcanzan a ser inferiores 14°C a las temperaturas de las habitaciones, debido a que antes de que se dispense en ellas el flujo de aire total este se combina con el aire primario. Lo cual permite minimizar el flujo de aire a temperaturas más bajas que un sistema habitual, lo cual se ve reflejado en conductos de menor dimensión y aparatos de estación central de menor potencia requerida.
- Deshumectación centralizada: En los espacios a climatizar no se genera condensación debido a que la deshumectación se da en la habitación central, siendo innecesarias las tuberías de drenaje, las bandejas de drenaje y la limpieza de estas.

#### 5.2.2.1.c. Beneficios. [48]

- Adecuación individual de las condiciones de cada espacio
- Regulación rápida.
- Uso del aire exterior para enfriamiento
- Control de la humedad y filtración del aire.

### **5.2.3. Selección sistema todo aire**

Como lo establece el autor William Campos en su artículo “Sistemas de Control VAV Multizona para HVAC con Compuertas Lógicas y Multivibrador Monoestable” el subsistema de volumen de aire variable (VAV) es superior incluso en su modelo más simple frente subsistema volumen de aire constante (CAV). Sobresaliendo que el control de temperatura del sistema VAV es más exacto. Con el fin de hacer frente a una carga de refrigeración del espacio. Mientras que una unidad de CAV opera el ventilador y el compresor a máximo rendimiento hasta que la temperatura disminuye a un límite ya establecido, finalmente apagándose el compresor. Provocando que la temperatura varíe sobre los límites de la temperatura preprogramada. En una unidad VAV de una sola zona, la velocidad del ventilador cambia en función de la temperatura del espacio real y el punto de ajuste de la temperatura, mientras que el compresor regula el flujo de refrigerante con el fin de conservar una temperatura del aire de suministro constante. El resultado es un control más preciso de temperatura del espacio.

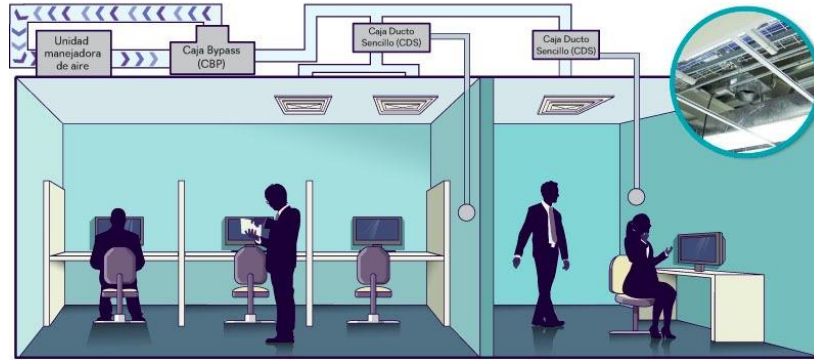
Adicionalmente el sistema VAV cuenta como principal característica ser un sistema multizona, permitiendo independencia del sistema HVAC en diferentes zonas usando solamente un equipo, adaptándose al problema| propuesto en los parametros del concurso, siendo este sistema el que le da un mayor cumplimiento a los requerimientos del propietario tales como fácil mantenimiento, buenas condiciones acústicas y excelente calidad ambiental interior. [49]

### **5.2.4. Funcionamiento sistema VAV**



**Figura 19.**

*Representación de funcionamiento sistema VAV*

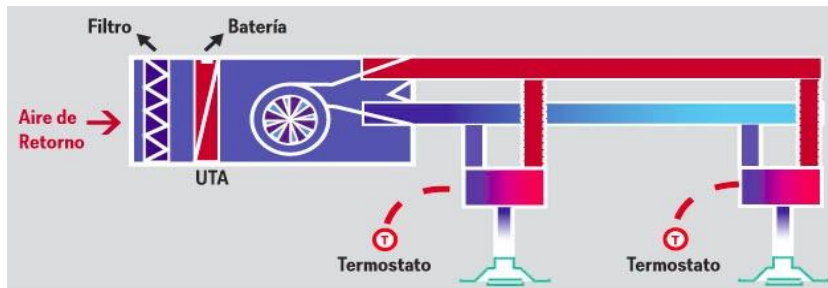


**Nota.** La figura representa el funcionamiento del sistema VAV, por medio de un plano detallando sus diferentes componentes y las rutas de estos. Tomado de Cero grados “Sistema de distribución de aire: volumen de aire variable”, [En Línea], Disponible: <https://0grados.com.mx/sistema-de-distribucion-de-aire-volumen-de-aire-variable/>

Como se evidencia en la figura anteriormente mostrada, el sistema VAV es una alternativa eficiente con la cual se puede acondicionar edificios que requieran distintas condiciones de temperatura. Esto es posible gracias a una unidad manejadora de aire, una red de ductos de suministro y retorno, cajas VAV y rejillas. Para ello se encontrará en el ducto principal un presostato el cual permitirá monitorear las variaciones de presión, garantizando una pérdida mínima con respecto al rozamiento que se presenta en los ductos. Este sensor se encarga de enviar una señal a la caja manejadora y está a su vez generara un cambio respectivo con el fin de cumplir con las condiciones establecidas, generando un impacto positivo debido al ahorro energético que este sistema produce. El flujo de aire llegará a cada recinto y así mismo el aire que se encuentra en este saldrá debido a la presión por medio unos ductos de retornos instalados previamente. [46]

**Figura 20.**

*Representación de funcionamiento sistema VAV*



**Nota.** La figura representa el funcionamiento del sistema VAV, señalando sus diferentes componentes. Tomado de Cero grados “Sistema de distribución de aire: volumen de aire variable”, [En Línea], Disponible: <https://0grados.com.mx/sistema-de-distribucion-de-aire-volumen-de-aire-variable/>

En la figura mostrada se puede ver como a la unidad manejadora retorna el aire extraído de cada zona, el cual no se expulsará al medio ambiente en su totalidad, por lo que el que aire que queda en el sistema pasa por un filtro que se encargará de garantizar la buena calidad del aire adicional. Por otro lado, el ventilador se encargará de la velocidad y la presión a la cual se distribuirá el aire por la red de ductos, así mismo cada recinto contará con una caja VAV, la cual se regulará por medio de un termostato que mediante a un sistema electrónico generará la apertura y cierre de las misma según las condiciones que se requieran. Igualmente se contará con unos difusores con los que conservará la presión del flujo en cada habitación y generará un aire de retorno que según ASHRAE corresponderá al 80% del caudal suministrado. [46]

### **5.3.Componentes Sistemas de Volumen de Aire Variable (VAV)**

#### **5.3.1. Unidad manejadora de aire**

**Figura 21.**

*Manejadora de Aire Modelo LPC*



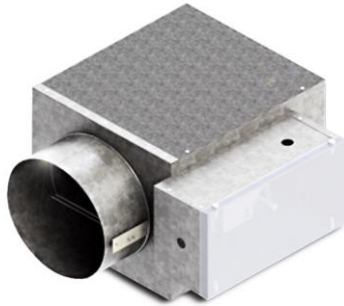
*Nota.* La figura muestra una unidad manejadora de Aire Modelo LPC, de 1,500 a 15,000 cfm. Tomado de: TRANE “Instalación, Operación y Mantenimiento”, [En Línea], Disponible: [https://www.trane.com/Commercial/Uploads/Pdf/1022/LPC-SVX01B-ES\\_11012005.pdf](https://www.trane.com/Commercial/Uploads/Pdf/1022/LPC-SVX01B-ES_11012005.pdf)

Esta unidad encuentra compuesta por un ventilador de volumen variable, controles, filtros, caja de mezcla y en algunos casos por un ventilador de retorno. Se encarga de administrar el aire que va a transitar por los ductos. [46]

**5.3.2. Cajas de volumen de aire variable**

**Figura 22.**

*Caja de volumen variable L -  
CVAV*



*Nota.* La figura muestra una Caja de volumen variable L – CVAV. Tomado de: Laminaire “Caja de volumen variable L - CVAV”, [En Línea], Disponible: <https://laminaire.net/producto/caja-de-volumen-variable-l-cvav/>

Las cajas de volumen de aire variable por medio del actuador-controlador establecen un flujo de aire mínimo y máximo necesario en cada área por acondicionar y variarán el volumen de aire dependiendo a la temperatura que se encuentren las zonas. Manteniendo permanentemente la temperatura de requerida en el recinto. [46]

Es necesaria en cada zona a climatizar.

**5.3.3. Actuador – Controlador**

**Figura 23.**

*Controlador- Actuador*



**Nota.** La figura muestra un control actuador para sistemas VAV. Tomado de: Cero grados “Sistema de distribución de aire: volumen de aire variable”, [En Línea], Disponible: <https://0grados.com.mx/sistema-de-distribucion-de-aire-volumen-de-aire-variable/>

Dependiendo de la señal emitida por el sensor de temperatura o termostato, activa la compuerta de la caja VACC, alterando el flujo de aire para conservar el confort en la zona climatizada en todo momento. . [46]

Es necesaria en cada zona a climatizar.

#### **5.3.4. Termostato**

**Figura 24.**

Termostato inteligente Serie  
TEC3000



*Nota.* La figura muestra un Termostato inteligente Serie TEC3000. Tomado de Johnson controls “Termostato inteligente Serie TEC3000:Mucho más de lo que se ve a simple vista”,[En Línea], Disponible: [https://www.johnsoncontrols.com/es\\_south\\_america/building-automation-and-controls/hvac-controls/thermostats/networked-thermostat-controllers](https://www.johnsoncontrols.com/es_south_america/building-automation-and-controls/hvac-controls/thermostats/networked-thermostat-controllers)

Este sensor de temperatura monitorea la temperatura de forma permanente en la zona climatizada y transmite señales al actuador para que éste, dependiendo de la temperatura, altere el flujo de aire, garantizando el confort en todo momento. [46]

Es necesario en cada zona a climatizar.

### **5.3.5. Ductos**

Los conductos de inyección y de retorno se encargan de dirigir el aire proveniente de la unidad de tratamiento a las zonas por acondicionar y transportan el aire de regreso desde los recintos hacia

la unidad. Para ello se debe realizar una distribución uniforme con el fin de evitar corrientes de aire y atascamiento. . [46]

## **5.4.Refrigerantes**

### ***5.4.1. Identificación de refrigerantes***

Ya conociendo las características de los diferentes refrigerantes, los beneficios que cada uno presenta y las propiedades que se han de tener en cuenta para la selección de este, se ha decidido recopilar dicha información en una tabla, con el fin de poder identificarlos de una manera más práctica y concisa para su posterior selección.

Inicialmente se seleccionaron 3 tipos de refrigerante diferentes, cada uno con propiedades distintas. Estos se seleccionaron teniendo en cuenta inicialmente el criterio que se puede considerar más importante para su selección, y es la clasificación que les asigna ASHRAE en el estándar 34, en el cual dice que los refrigerantes R-22, R-134a y R-502, son clasificación A1, lo que significa que es son gases seguros con los que se puede trabajar. Adicional cuentan con una buena disponibilidad y un costo moderado, lo que permitirá, en caso de que se requiera una fácil accesibilidad.

**Tabla 18.***Identificación de refrigerantes.*

	<b>R-22</b>	<b>R - 134a</b>	<b>R - 502</b>
<b>ODP (PAO)</b>	0,055	0	0,33
<b>GWP (PCG) [100 años]</b>	1700	1430	4300
<b>Inflamabilidad</b>	A1	A1	A1
<b>Presión evaporación [Kpa]</b>	296	164	348
<b>Presión condensación [Kpa]</b>	1192	767	1319
<b>Temperatura ebullición [°C]</b>	-40,7	-26,5	-45,4
<b>Temperatura crítica [°C]</b>	96	101,1	82,2
<b>Temperatura congelación [°C]</b>	-160	-103	
<b>Calor latente de vaporización [Kcal/Kg]</b>	51,78	49,06	37,4
<b>Volumen específico en fase vapor [L/Kg]</b>	77,6	120	50
<b>Toxicidad</b>	A	A	A
<b>Inflamabilidad y explosividad</b>	1	1	1
<b>Miscibilidad</b>	Miscible	Buena	Regular
<b>Promedio Solubilidad agua [-40°C , 40°C]</b>	6942	6314	2928
<b>Peso molecular [g/mol]</b>	86,48	102,3	111,63
<b>Métodos de detección</b>	Prueba de burbuja	Prueba de burbuja	Prueba de burbuja
	Lampara de haluro	Lampara de haluro	Lampara de haluro
	Detector electrónico	Detector electrónico	Detector electrónico
	Tintes	Tintes	Tintes

*Nota.* La tabla muestra la identificación de refrigerantes comunes y aplicables para el sistema, tales como el R-22, R-134 a y R-502, estableciendo el nivel de cumplimiento de ciertas características seleccionadas, que se utilizaran como criterio de selección.

#### 5.4.2. Selección de refrigerantes



**Tabla 19.**

*Matriz QFD de selección de sistema de climatización*

ODP (PAO)													
GWP (PCG)	+												
Clasificación AHRAE													
Miscibilidad													
Peso molecular													
Solubilidad del agua en refrigerantes													
Vol. específico Vapor													
Calor latente de vaporización													
N° de métodos de detección de fugas													
USUARIOS	ODP (PAO)	GWP (PCG)	Clasificación AHRAE	Miscibilidad	Peso molecular	Solubilidad del agua en	Vol.	Calor latente de	N° de métodos de	R - 22	R - 134a	R - 502	
		100 AÑOS		%	$\frac{g}{mol}$	ppm	$\frac{L}{Kg}$	$\frac{Kcal}{Kg}$					
	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↑	↑				
<b>Toxicidad</b>	20	1	1	9	0	3	0	0	0	1	5	5	5
<b>Inflamabilidad y explosividad</b>	16	0	0	9	0	3	0	0	0	1	5	5	5
<b>Efecto al medio ambiente</b>	13	9	9	1	0	3	0	0	0	1	3	4	1
<b>Efecto en los lubricantes</b>	3	0	0	0	9	0	0	0	0	0	5	4	3
<b>Tendencia a las fugas</b>	4	3	3	3	0	9	0	0	0	0	2	3	4
<b>Detección de fugas</b>	6	3	3	3	0	3	0	0	0	9	4	4	4
<b>Reacción con la humedad</b>	4	0	0	0	0	0	9	0	0	0	4	3	1
<b>Costo</b>	10	3	3	1	0	0	0	0	0	0	4	5	2
<b>Disponibilidad</b>	7	3	3	3	0	0	0	0	0	0	5	5	1
<b>Dimensión de tuberías</b>	7	0	0	0	0	0	0	9	9	0	4	2	3
<b>Efecto de refrigeración</b>	10	0	0	0	0	1	0	0	9	0	3	3	1
<b>%</b>		15%	15%	28%	2%	15%	3%	4%	11%	7%			

*Nota.* La figura muestra una matriz QFD en la cual se evalúan las alternativas de solución respecto a diferentes refrigerantes comunes y aplicables para el sistema, tales como el R-22, R-134 a y R-502, teniendo en cuenta factores que son importantes para la solución del problema planteado.

Teniendo en cuenta las propiedades de cada refrigerante que se establecieron en la tabla 17, se optó por asignar un valor que represente el cumplimiento de las diferentes características que se tuvieron en cuenta en la matriz QFD, representada en la figura 20, donde el refrigerante que cumpla mayoritariamente la condición estará representado con el número 3, seguido del sistema que cumpla en menor proporción, el cual se representara con el número 2, finalmente estará el número 1 para aquel sistema que no lo cumpla en absoluto.

**Tabla 20.**

Valoración estimada de refrigerantes.

<b>R - 22</b>	2	2	3	3	1	3	2	3	3
<b>R - 134a</b>	3	3	3	2	2	2	3	2	3
<b>R - 502</b>	1	1	3	1	3	1	1	1	3

*Nota.* La tabla muestra la valoración que se le asigno a las diferentes alternativas teniendo en cuenta el cumplimiento de características que se requieren para el diseño del sistema.

Basados en los porcentajes de importancia establecida en la matriz QFD a razón de que no todas las características tienen la misma relevancia, esta se multiplicará con los valores asignados en la tabla 14 para determinar el valor real correspondiente a cada característica, con el fin de tomar una decisión apropiada en la selección del sistema.

**Tabla 21.**

Valoración real de los refrigerantes.

<b>R - 22</b>	<b>30,55</b>	<b>30,55</b>	<b>83,67</b>	<b>5,68</b>	<b>14,79</b>	<b>7,57</b>	<b>8,8</b>	<b>32,17</b>	<b>21,65</b>
<b>R - 134a</b>	45,83	45,83	83,67	3,78	29,57	5,05	13	21,44	21,65
<b>R - 502</b>	15,28	15,28	83,67	1,89	44,36	2,52	4,4	10,72	21,65

*Nota.* La tabla muestra la valoración real que se le asigno a las diferentes alternativas teniendo en cuenta el cumplimiento de características que se requieren para el diseño del sistema y la importancia de estas.

Seguidamente, con los valores obtenidos en la tabla anterior se sumó el puntaje de cada refrigerante, con el fin de seleccionar el que tenga un mayor resultado, pues este será el más adecuado para la solucionar el problema planteado,

**Tabla 22.**

Resultado de  
selección de  
refrigerante.

<b>R - 22</b>	<b>235,46</b>
<b>R - 134a</b>	270,08
<b>R - 502</b>	199,79

*Nota.* La tabla muestra el resultado de la suma que se obtuvo del puntaje de cada refrigerante en la valoración real.

Finalmente, tras los resultados obtenidos, se opta por seleccionar un refrigerante R.134a, pues este es el que más cumple con las características que se deben tener en cuenta para el diseño.

## 5.5. Materiales

### 5.5.1. Paredes exteriores

Las recintos contarán con paredes exteriores construidas con masa de mampostería, por medio de bloques huecos de 4 in, de peso ligero y de color medio

Con estas características se determina que cuenta con un coeficiente global de transferencia de calor (U) de  $0,139 \left[ \frac{Btu}{h \ x \ ft^2 \ x \ ^\circ F} \right]$  y una resistencia de 1.3 al acabado interior.

### 5.5.2. Particiones

Las divisiones interiores de los recintos se construirán con masa de mampostería, por medio de bloques de 8in, tipo grueso, con un acabado de media pulgada, de fibra vulcanizada

Con estas características se determina que cuenta con un coeficiente global de transferencia de calor (U) de  $0,139 \left[ \frac{Btu}{h \ x \ ft^2 \ x \ ^\circ F} \right]$  y una resistencia de 1.3 al acabado interior.

### 5.5.3. Vidrios

Las ventanas del edificio contarán con vidrios reflectantes de doble panel, con emisividad de 0.2 y luz media de habitación.

Con estas características se determina que cuenta con dos coeficientes globales de transferencia de calor (U), uno para épocas de verano y otro para épocas de invierno, de  $0.75 \left[ \frac{Btu}{h \ x \ ft^2 \ x \ ^\circ F} \right]$  y  $0.79 \left[ \frac{Btu}{h \ x \ ft^2 \ x \ ^\circ F} \right]$ , respectivamente. Adicional se estipula un coeficiente de sombra de 0.3 externo y 0.25 interno.

### 5.5.4. Pisos

Los pisos del edificio serán de tipo plano de 4in con plataforma de hormigón ligero, con un acabado de 2in.

Con estas características se determina que cuenta con un coeficiente global de transferencia de calor (U) de  $0,05 \left[ \frac{Btu}{h \ x \ ft^2 \ x \ ^\circ F} \right]$  y una resistencia de 7 al acabado.

### 5.5.5. *Techo nivel superior*

El edificio contara con techos del nivel superior de tipo suspendido con revestimiento de  $\frac{25}{32}$  in, de madera contrachapada, de color ligero y en la parte superior con tejas de asbesto, sin resistencia térmica.

Con estas características se determina que cuenta con un coeficiente global de transferencia de calor (U) de  $0,29 \left[ \frac{Btu}{h \times ft^2 \times ^\circ F} \right]$ .

## **6. DISEÑO DE SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO**

### **6.1. Análisis de datos**

#### ***6.1.1. Condiciones meteorológicas***

ASHRAE recopila la información meteorológica que se presenta en Prince- George, Columbia Británica, CANADÁ, a lo largo del año. Dicha información se encuentra en el ANEXO A y posteriormente se utilizaría para el cálculo de cargas térmicas.

#### ***6.1.2. Distribución del edificio***

El edificio cuenta con diferentes zonas distribuidas en los niveles, que requieren ser acondicionadas. Entre estas zonas se encuentran cuartos de almacenamientos, sala de onces, comedores, oficinas, telecomunicaciones, entre otros, los cuales se pueden ver en los planos del edificio con su respectiva nomenclatura para su correspondiente identificación (Ej. 0191CO – Corredor). Tal como se expondrá en la siguiente tabla, la cual recopila dicha información con el fin de definir cuantas zonas exactamente son los que requieren climatización.

**Tabla 23.**

Distribución nivel inferior del edificio.

<b>TABLA DE DISTRIBUCION - NIVEL INFERIOR</b>					
<b>OFICINAS [14]</b>				<b>CORREDOR [8 ]</b>	
0140	0134	0135	0133	0191CO	0193CO
0137	0126B	0129		0196CO	0199CO
0102CU	0138	0126A		0198CO	0197CO
0139	0128	0130		0195CO	0194CO
<b>ALMACENAMIENTO [3]</b>		<b>CONGELADOR [4]</b>		<b>ALMACENAMIENTO DEBAJO DE LA ESCALERA [1]</b>	
0132	0123FF	0117AFF	0113FF	0101ME	
0115FF		0112FF	0106AFF		
<b>SALA DE EQUIPAMIENTO [2]</b>		<b>ELEVADOR [3 ]</b>		<b>ESCALERAS [2]</b>	
0104ME	0110ME	0199E1	198E2	0199S1	198S2
<b>VESTIBULO [1]</b>		<b>AREA DE ANCLAJE DEL MUELLE [1]</b>		<b>AREA DE ALMACENAMIENTO DE BASURA [1]</b>	
0199VE		0105LD		0107GR	
<b>ESTACIONAMIENTO DE GONDOLA [1]</b>		<b>SALON ONCES</b>		<b>BOVEDA DE TRANSFORMADORES [1]</b>	
0104GR		0151		0125AEL	
<b>SALA DE CONTROL [1]</b>		<b>ENFRIADOR [2]</b>		<b>CUARTO FRIO [1]</b>	
0125EL		0117FF	0106FF	0112FF	
<b>SALA COMPRESORES [1]</b>		<b>BAÑOS [2]</b>		<b>MECANICA [2]</b>	
0114ME		0116RR	0118RR	0122ME	0123ME
<b>AREA DE ALMACENAMIENTO [1]</b>		<b>LAVANDERIA [1]</b>		<b>PANEL DE PERSIANAS [1]</b>	
0121FF		0120LR		0121BME	

*Nota.* La tabla muestra la distribución que se presenta en el nivel inferior del edificio.

**Tabla 24.**

*Distribución nivel superior del edificio.*

<b>TABLA DE DISTRIBUCION - NIVEL SUPERIOR</b>				
<b>ZONA DE COMIDA [26]</b>				
0201	0202	0203	0204	0205
0206	0207	0208	0209	0210
0211	0212	0213	0214	0215
0216	0217	0218	0219	0220
0221	0222	0223	0224	0225
0226				
<b>COCINAS [6]</b>				
0227	0228	0229	0230	0231
0232				
<b>BAÑOS [3]</b>				
0208RR	0211RR	0212RR		
<b>Sala de Platos [1]</b>	<b>Panadería [1]</b>	<b>Elevador [1]</b>		
0216FF	0237FF	298E2		
<b>Sala de Bienestar [1]</b>	<b>Elevador adicional [1]</b>	<b>Sala de Tv [1]</b>		
<b>Condimentos [2]</b>	<b>Salón [1]</b>	<b>Estación Pizza [1]</b>		

*Nota.* La tabla muestra la distribución que se presenta en el nivel superior del edificio.

### **6.1.2. Condiciones de cada zona**

En este numeral se establecen las condiciones que se encuentran presentes en cada zona a climatizar, dichas condiciones se tendrán en cuenta para el cálculo de cargas térmicas. ANEXO B – ANEXO BA

### **6.2. Calculo psicométrico**

Teniendo en cuenta la normativa de ASHRAE 55-2020 y la carta psicométrica se puede determinar la calidad del aire y el confort que se va a manejar en cada recinto. Debido a que las condiciones a las que se debe encontrar cada zona ya están determinadas se procede a evaluar estas

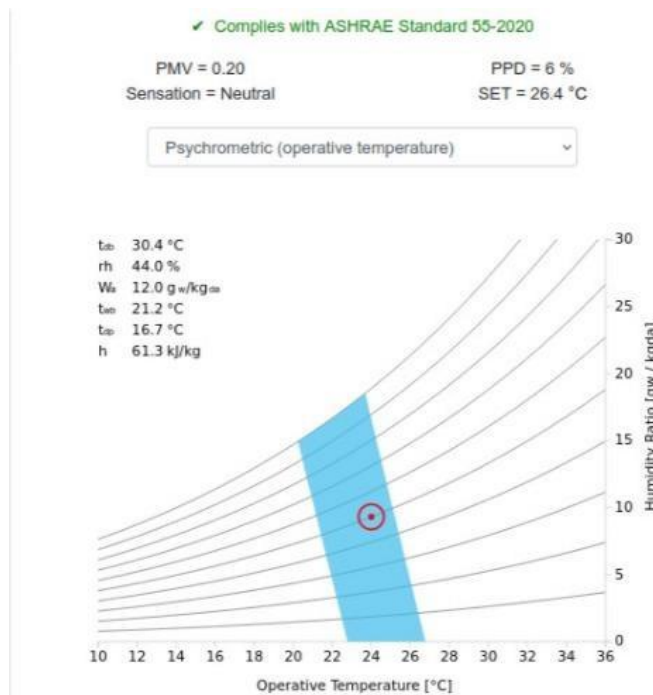


mismas. Para ello se obtiene un rango en el cual se encuentra la zona de confort en el que se evidencia que dichos parametros cumplen los criterios de ASHRAE.

El rango de confort se puede observar en color azul sobre la carta psicrométrica, y el punto rojo que se visualiza corresponde a la condición de temperatura y humedad exacta a la que se encuentra el edificio, garantizando así que manteniendo las condiciones establecidas por el propietario las personas que concurren el lugar se encontraran en confort. Esta validación se realizo por medio del software CBE Thermal Comfort Tool, el cual se encuentra disponible en internet.

**Figura 25.**

*Carta Psicométrica, condiciones de confort.*



**Nota.** La figura muestra la carta psicométrica, en la cual se evidencia que las condiciones a las cuales se encuentra el edificio están en zona de confort según lo establecido por ASHRAE. Figura extraída de <https://comfort.cbe.berkeley.edu/>.

### **6.3. Calculo de cargas térmicas**

#### ***6.3.1. Software Elite CHVAC 7.01.169***

Elite CHVAC es un software reconocido en la industria para el cálculo de cargas térmicas para sistemas de climatización, esto debido a su interfaz sencilla y exactitud en los resultados, estos últimos obtenidos bajo el cumplimiento de las normativas establecidas por ANSI, ASHRAE y ACCA.

Chvac calcula eficazmente las cargas máximas de calefacción y refrigeración para todo tipo de edificios. Para ello se encarga de buscar de forma automática todas las posibles cargas de enfriamiento y los factores de corrección necesarios para el cálculo de estas. Para ello cuenta con una base de datos meteorológica, en el que se encuentran más de 2000 ciudades de todo el mundo.

De este programa existen diferentes versiones del programa, diferenciándose una de otra en la capacidad de habitaciones a evaluar, siendo la mínima de 2 zonas y la máxima, con una capacidad ilimitada. Permitiendo en todas las versiones características tales como: Calculo de cargas

máximas de calefacción y refrigeración, determinación del tonelaje del edificio y los requisitos de CFM de la habitación, y los tamaños de los conductos de salida, cumple con la norma ANSI / ASHRAE / ACCA 183-2007, permite diferentes condiciones interiores para cada habitación, permite máximo 30 paredes, 30 ventanas y 12 techos por recinto, automatiza el cumplimiento de la norma ASHRAE 62, calcula en unidades métricas e inglesas, calcula los tamaños de los conductos troncales principales y de descentramiento, entre otros.

Para ello el software realiza los cálculos de enfriamiento por dos métodos diferentes, método CLTD (Cooling Load Temperature Difference), el cual considera la naturaleza transitoria del transferencia de calor y la inercia térmica de los elementos constructivos, para ello utiliza valores exactos del manual, lo cual permite la verificación de resultados de forma manual. O método RTS (Radiant Time Series), este calcula el efecto tardío de las ganancias de radiación de calor de las últimas 24 horas, para si llegar a determinar la carga de enfriamiento actual. Siendo el usuario el que determina que método usas, o si lo desea puede alternar entre ambos procedimientos.

El programa es sencillo de usar, realizando constantes comprobaciones de los datos ingresados y en caso de encontrar algún problema genera un aviso advirtiendo del mismo, para ello se solicitan

5 tipos de datos diferentes: Datos generales del proyecto, datos de diseño exterior, datos de materiales de construcción, datos del controlador de aire y datos específicos de la habitación. Proporcionando finalmente varios informes tales como datos generales del proyecto, datos de entrada del controlador de aire, datos de entrada de la sala, cargas detalladas de la sala del proyecto, resumen de la sala del sistema de aire, edificio total, sistema de aire y perfiles de carga de la sala, resumen de la carga total del sistema de aire, análisis psicrométrico del sistema de aire, gráfico psicrométrico, informe de envolvente general del edificio, gráficos circulares, gráficos de barras y resumen de carga total del edificio. [50]

Para garantizar la precisión de los resultados antes de calcular las cargas térmicas por medio del software, se procede a realizar una validación analítica basada en el método CLTD, siguiendo el paso a paso establecido por Edward Pita en su libro Acondicionamiento de aire principios y sistemas, para así obtener una comparativa en resultados con respecto a los proporcionados por Elite CHVAC. Para ello se seccionarán dos zonas, una en el nivel superior y otra en el inferior, a las cuales se les realizó el cálculo de sus respectivas cargas térmicas, como se muestra a continuación.

**Tabla 25.**

*Cálculo de carga de refrigeración analítico oficina 014*

<b>CALCULO CARGA DE REFRIGERACIÓN</b>						
<b>Nivel Inferior</b>			<b>Oficina 014</b>			
<b>GANANCIAS DE CALOR EXTERNO</b>						
<b>Techo</b>	<b>U</b> [BTU/h-ft <sup>2</sup> -°f]	<b>A</b> [ft <sup>2</sup> ]	<b>DTCE</b> [°F]			<b>Q1</b> [BTU/h]
	0,5	150	10			750
<b>Divisiones, cielo raso y Pisos</b>	<b>FGCS</b> [BTU/h-ft <sup>2</sup> ]	<b>A</b> [ft <sup>2</sup> ]	<b>CS</b>	<b>FCE</b>		<b>Q2</b> [BTU/h]
	0,139	150	0,55	0,81		9,288675
<b>Radiación Solar</b>	<b>U</b> (BTU/h-ft <sup>2</sup> -°f)	<b>A</b> [ft <sup>2</sup> ]	<b>T out</b> [°F]	<b>T in</b> [°F]	<b>DT</b> [°F]	<b>Q3</b> [BTU/h]
	0	0	0	0	0	0
<b>GANANCIAS DE CALOR INTERNO</b>						
<b>Alumbrado</b>	<b>W</b> [W]	<b>FB</b>	<b>FCE</b>			<b>Q4</b> [BTU/h]
	64	1,25	1			80
<b>Personas</b>	<b>Qs</b> [BTU/ h]	<b>Ql</b> [BTU/ h]	<b>n</b>	<b>FCE</b>		<b>Q5</b> [BTU/h]
	250	200	2	1		900
<b>Equipos</b>	<b>Pn</b> [W]	<b>n</b>				<b>Q6</b> [BTU/h]
	250	2				500
					<b>CARGA TOTAL</b> [BTU/h]	2239,288675
					<b>CARGA TOTAL</b> [TR]	0,19

*Nota.* La tabla muestra el cálculo de carga de refrigeración por el método CLTD para la oficina 014, siguiendo el paso a paso establecido por Edward Pita en su libro Acondicionamiento de aire principios y sistemas.

**Tabla 26.**

*Cálculo de carga de refrigeración analítico zona de comidas 0213*

<b>CALCULO CARGA DE REFRIGERACIÓN</b>						
<b>Nivel Superior</b>			<b>Zona Comidas 0213</b>			
<b>GANANCIAS DE CALOR EXTERNO</b>						
<b>Techo</b>	<b>U</b> [BTU/h-ft <sup>2</sup> -°f]	<b>A</b> [ft <sup>2</sup> ]	<b>DTCE</b> [°F]			<b>Q1</b> [BTU/h]
	0,29	350	10			1015
<b>Divisiones, cielo raso y Pisos</b>	<b>FGCS</b> [BTU/h-ft <sup>2</sup> ]	<b>A</b> [ft <sup>2</sup> ]	<b>CS</b>	<b>FCE</b>		
	0,139	350	0,55	0,81	21,673575	
<b>Radiación Solar</b>	<b>U</b> (BTU/h-ft <sup>2</sup> -°f)	<b>A</b> [ft <sup>2</sup> ]	<b>T out</b> [°F]	<b>T in</b> [°F]	<b>DT</b> [°F]	<b>Q3</b> [BTU/h]
	0,75	350	78	75	3	787,5
<b>GANANCIAS DE CALOR INTERNO</b>						
<b>Alumbrado</b>	<b>W</b> [W]	<b>FB</b>	<b>FCE</b>			<b>Q4</b> [BTU/h]
	64	1,25	1			80
<b>Personas</b>	<b>Qs</b> [BTU/ h]	<b>Ql</b> [BTU/ h]	<b>n</b>	<b>FCE</b>		
	250	200	10	1	4500	
<b>Equipos</b>	<b>Pn</b> [W]	<b>N</b>				<b>Q6</b> [BTU/h]
	0	0				0
			<b>CARGA TOTAL</b> [BTU/h]			6404,173575
			<b>CARGA TOTAL</b> [TR]			0,53

*Nota.* La tabla muestra el cálculo de carga de refrigeración por el método CLTD para el zona de comidas 0213, siguiendo el paso a paso establecido por Edward Pita en su libro Acondicionamiento de aire principios y sistemas.

**Tabla 27.**

*Cálculo de carga de calefacción analítico oficina 014*

<b>Calculo de Cargas de Calefacción</b>					
<b>Nivel Inferior</b>			<b>Oficina 014</b>		
<b>TRANSFERENCIA DE CALOR</b>	<b>U [BTU/h -ft<sup>2</sup>-°f]</b>	<b>A [ft<sup>2</sup>]</b>	<b>DT [°F]</b>		<b>BTU / h</b>
<b>PARED</b>	0,139	264	3,5		128,436
	0,139	308	3,5		149,842
	0,139	264	3,5		128,436
	0,139	308	3,5		149,842
<b>VENTANA</b>	0	0	0		0
	0	0	0		0
	0	0	0		0
	0	0	0		0
<b>TECHO / CIELO RASO</b>	0,05	150	3,5		26,25
<b>PISO</b>	0,05	150	3,5		26,25
<b>PUERTA</b>	0,139	66	3,5		32,109
<b>INFLITRACION</b>	0	A	B	CT	
<b>PISO</b>	0	0	0	0	0
<b>PUERTA</b>	0	0	0	0	0
<b>CARGA DEL RECINTO</b>					641,165

*Nota.* La tabla muestra el cálculo de carga de calefacción por el método CLTD para la oficina 014, siguiendo el paso a paso establecido por Edward Pita en su libro Acondicionamiento de aire principios y sistemas.

Luego de obtener estos resultados se procede a realizar el cálculo de las cargas mediante el software que se va a implementar.

**Figura 26.**

*Resultado cargas térmicas generado por software Elite CHVAC para el zona de comidas 0213*

Check Figures		
Total Building Supply Air (based on a 1° TD):	4.733	CFM
Total Building Vent. Air (0,00% of Supply):	0	CFM
Total Conditioned Air Space:	350	Sq.ft
Supply Air Per Unit Area:	13,5220	CFM/Sq.ft
Area Per Cooling Capacity:	642,5	Sq.ft/Ton
Cooling Capacity Per Area:	0,0016	Tons/Sq.ft
Heating Capacity Per Area:	31,40	Btuh/Sq.ft
Total Heating Required With Outside Air:	10.991	Btuh
Total Cooling Required With Outside Air:	0,54	Tons

*Nota.* La figura muestra los resultados del cálculo de cargas térmicas obtenidas por el software Elite CHVAC para la zona de comidas 0213. Imagen extraída del software Elite CHVAC 7.01.169 licenciado.

**Figura 27.**

*Resultado cargas térmicas generado por software Elite CHVAC para la oficina 014*

Check Figures		
Total Building Supply Air (based on a 1° TD):	1.770	CFM
Total Building Vent. Air (0,00% of Supply):	0	CFM
Total Conditioned Air Space:	150	Sq.ft
Supply Air Per Unit Area:	11,7982	CFM/Sq.ft
Area Per Cooling Capacity:	725,0	Sq.ft/Ton
Cooling Capacity Per Area:	0,0014	Tons/Sq.ft
Heating Capacity Per Area:	4,65	Btuh/Sq.ft
Total Heating Required With Outside Air:	698	Btuh
Total Cooling Required With Outside Air:	0,21	Tons

*Nota.* La figura muestra los resultados del cálculo de cargas térmicas obtenidas por el software Elite CHVAC para la oficina 014. Imagen extraída del software Elite CHVAC 7.01.169 licenciado.

Haciendo una comparativa en los resultados, se puede concluir que estos resultados manejan un margen de error mínimo y aceptable para poder implementar el software en todo el sistemas y así mismo calcular la carga térmica total del edificio. Esto gracias a que se utilizó la versión del Software Elite CHVAC 7.01.169 licenciado, permitiendo así calcular el total de las zonas a climatizar.

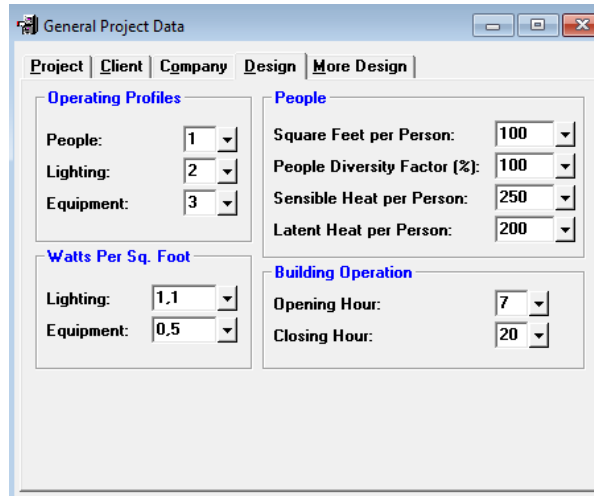
Para el cálculo de cargas correspondiente al proyecto, inicialmente para el cálculo de cargas térmicas por medio del software, se estipulan los datos básicos del proyecto tales como: Ciudad,

nombre del proyecto, fecha, responsables, perfiles de operación y sistema de unidades, para este cálculo se usarán unidades internacionales.

Seguido se establecen las condiciones generales del proyecto a realizar, correspondientes a número personas, equipos y luces. Durante el desarrollo del proceso se utilizarán unidades internacionales.

**Figura 28.**

*Datos generales del proyecto.*



Section	Parameter	Value
Operating Profiles	People	1
	Lighting	2
	Equipment	3
Watts Per Sq. Foot	Lighting	1.1
	Equipment	0.5
People	Square Feet per Person	100
	People Diversity Factor (%)	100
	Sensible Heat per Person	250
	Latent Heat per Person	200
Building Operation	Opening Hour	7
	Closing Hour	20

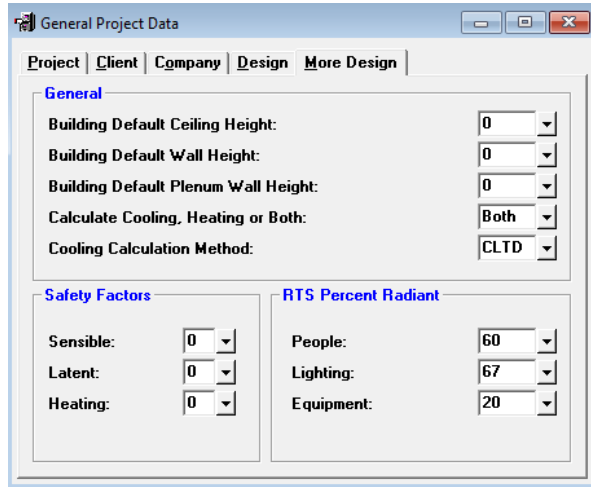
**Nota.** La figura muestra el panel datos generales de proyecto, sección diseño en el cual se establecen las condiciones iniciales para el cálculo de cargas térmicas por medio del Software Elite CHVAC 7.01.169. Imagen extraída del software Elite CHVAC 7.01.169 licenciado.

Luego se procede a establecer el método por el cual se realizará el cálculo de cargas, igualmente se puede especificar si el cálculo se realizara para calefacción, refrigeración o ambas. En este caso el caculo se realizará por el método CLTD y se realizará para cargas de calefacción y refrigeración.



**Figura 28.**

*Datos generales del proyecto.*



**Nota.** La figura muestra el panel datos generales de proyecto, sección más diseño en el cual se establecen el método y tipo de cargas a calcular por medio del Software Elite CHVAC 7.01.169. Imagen extraída del software Elite CHVAC 7.01.169 licenciado.

Seguidamente se encuentran los perfiles de operación en los cuales se determina a qué hora del día hay una ocupación del 100% respecto a personas, luces encendidas y funcionamiento de equipos, lo cual se representa con una “C”, en este caso las condiciones máximas serán de las 07:00 hrs a las 20:00 hrs.

**Figura 29.**

*Perfiles de operacion.*

Description	1am	2am	3am	4am	5am	6am	7am	8am	9am	10am	11am	12pm	1pm	2pm	3pm	4pm	5pm	6pm	7pm	8pm	9pm	10pm	11pm	12am
1 Personas	0	0	0	0	0	0	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0	0	0	0
2 Luces	0	0	0	0	0	0	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0	0	0	0
3 Equipos	0	0	0	0	0	0	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0	0	0	0
4	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

**Nota.** La figura muestra el panel perfiles de operación en el cual se establecen las condiciones de capacidad para el cálculo de cargas térmicas por medio del Software Elite CHVAC 7.01.169. Imagen extraída del software Elite CHVAC 7.01.169 licenciado.

Continuamente se procede ingresar la condiciones meteorológicas de la ciudad en donde se realizará el cálculo, en este caso el proyecto se realizará en Prince- George, Columbia Británica, CANADÁ, las condiciones respectivas a esta ciudad se encuentran en el ANEXO A. Estos datos se ingresan en el panel “indoor / outdoor”, donde se ubica el país y la ciudad donde se realizará el proyecto, esto debido a que el programa cuenta con un base de datos meteorológica, igualmente en caso de que el lugar no se encuentre en la base de datos, se procede a crear la ciudad y así mismo ingresar sus condiciones respectivas.

En este caso, la ciudad requerida se encuentra en la base de datos, así que se procede a ingresar los datos de bulbo seco y húmedo respectivamente de cada mes del año, debido que esa información no se encuentra en el software, pero si en las tablas de ASHRAE.

**Figura 30.**

*Condiciones de diseño interior y exterior.*

Design Month	Outdoor Dry Bulb	Outdoor Wet Bulb	Indoor Dry Bulb	Indoor Relative Humidity
1 January	42.1	37	75	50
2 February	43.4	37.2	75	50
3 March	50.3	40.5	75	50
4 April	62.3	47.3	75	50
Winter:	-18		75	

**Nota.** La figura muestra el panel Condiciones de diseño interior y exterior, en el cual se establecen las condiciones climáticas para el cálculo de cargas térmicas por medio del Software Elite CHVAC 7.01.169. Imagen extraída del software Elite CHVAC 7.01.169 licenciado.

Se prosigue con la pestaña del máster data, la cual es una de las secciones más importantes del programa ya que en esta se configuran los materiales que se encuentran en las zonas a climatizar,

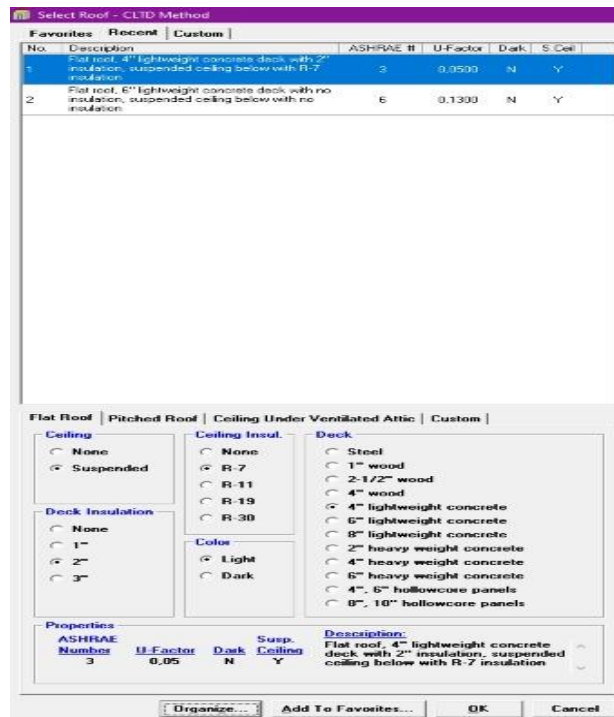
lo cual contribuye a determinar si la construcción cuenta con una transferencia de calor más alta o baja dependiendo si existe algún aislante térmico o si el material así lo dispone.

Para ello se inicia con los techos, el programa automáticamente arroja dos secciones, una para el método CLTD y otra para el RTS. En esta pestaña se encuentra un menú en el cual se encuentran distintas combinaciones de materiales, dependiendo de ellos se genera el factor U y el indicador según ASHRAE.

El procedimiento se repite de igual manera para pisos, paredes, particiones y vidrios.

**Figura 31**

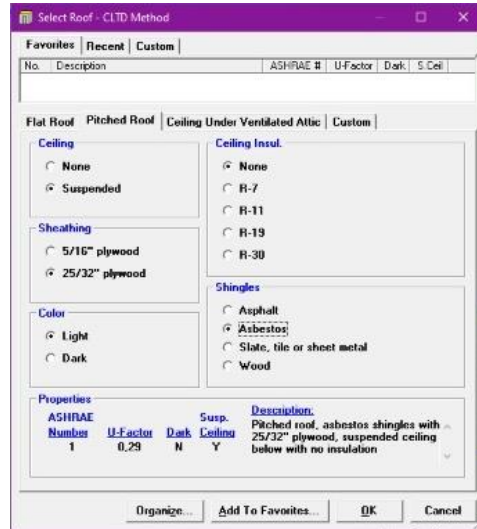
*Propiedades techo primer piso*



**Nota.** La figura muestra las propiedades seleccionadas para el techo del primer piso para el cálculo de cargas térmicas por medio del Software Elite CHVAC 7.01.169. Imagen extraída del software Elite CHVAC 7.01.169 licenciado.

**Figura 32**

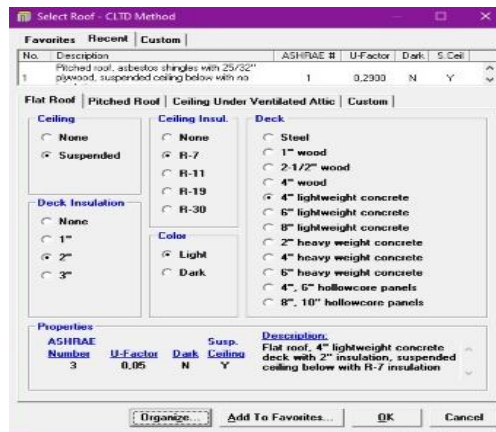
*Propiedades techo segundo piso*



**Nota.** La figura muestra las propiedades seleccionadas para el techo de segundo piso para el cálculo de cargas térmicas por medio del Software Elite CHVAC 7.01.169. Imagen extraída del software Elite CHVAC 7.01.169 licenciado.

**Figura 33.**

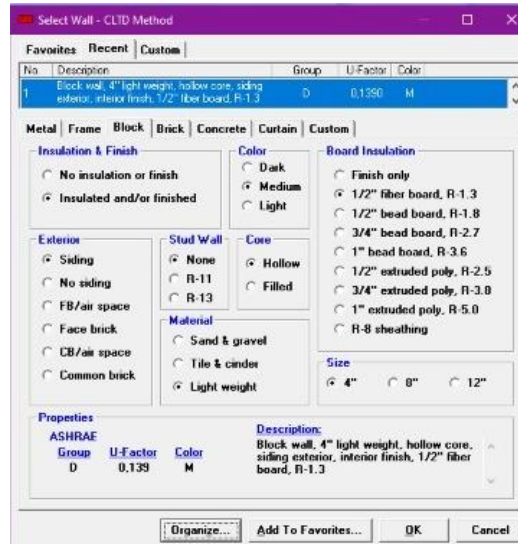
*Propiedades paredes externas*



**Nota.** La figura muestra las propiedades seleccionadas para paredes externas para el cálculo de cargas térmicas por medio del Software Elite CHVAC 7.01.169. Imagen extraída del software Elite CHVAC 7.01.169 licenciado.

**Figura 34.**

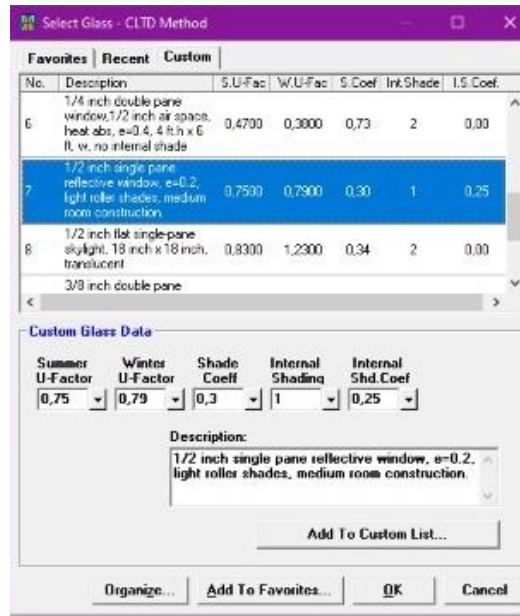
*Propiedades vidrios*



**Nota.** La figura muestra las propiedades seleccionadas para vidrios para el cálculo de cargas térmicas por medio del Software Elite CHVAC 7.01.169. Imagen extraída del software Elite CHVAC 7.01.169 licenciado.

**Figura 35**

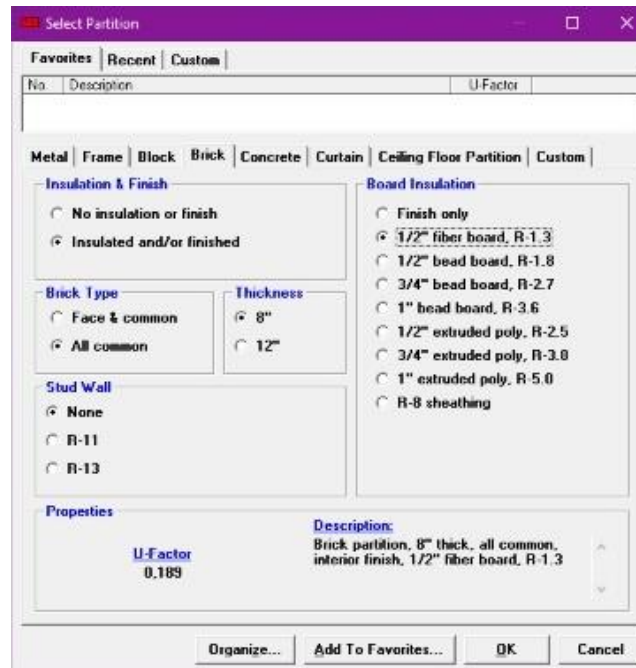
*Propiedades vidrios*



*Nota.* La figura muestra las propiedades seleccionadas para vidrios para el cálculo de cargas térmicas por medio del Software Elite CHVAC 7.01.169. Imagen extraída del software Elite CHVAC 7.01.169 licenciado.

**Figura 36**

*Propiedades particiones*

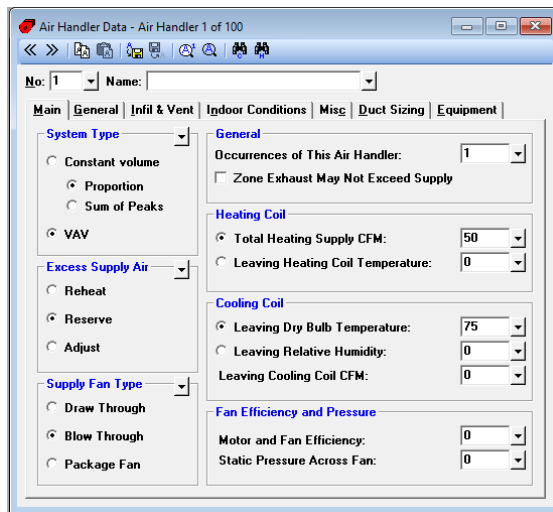


*Nota.* La figura muestra las propiedades seleccionadas para particiones para el cálculo de cargas térmicas por medio del Software Elite CHVAC 7.01.169. Imagen extraída del software Elite CHVAC 7.01.169 licenciado.

Una vez culminado el master data de materiales se prosigue a la parte de la unidad manejadora acá en donde se seleccionara el sistema que se ha de implementar, en él se especifican los parámetros básicos de funcionamiento del sistema, en este panel se encuentra una alternativa de selección entre volumen variable y volumen constante, de la cual se opta por escoger un sistema VAV, igualmente se especifica la temperatura a la cual requiere tener el ambiente y se selecciona un exceso de aire por reserva

**Figura 37**

*Datos manejadora de aire*



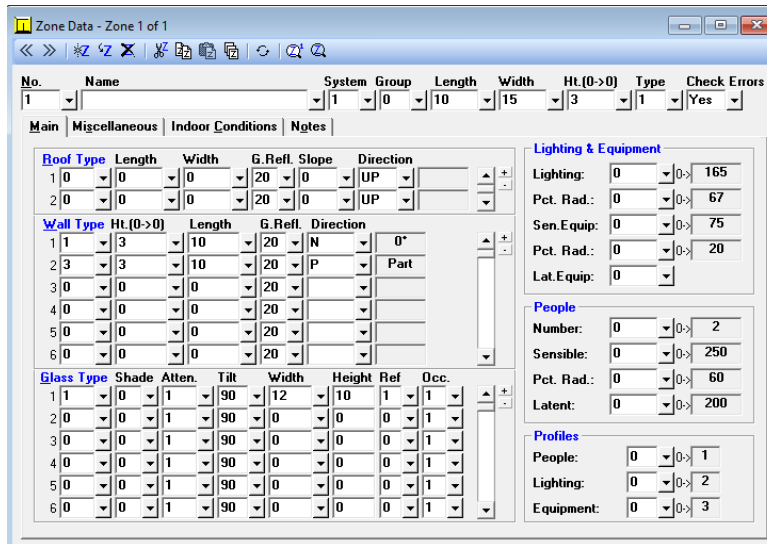
**Nota.** La figura muestra las propiedades seleccionadas para la manejadora de aire para el cálculo de cargas térmicas por medio del Software Elite CHVAC 7.01.169. Imagen extraída del software Elite CHVAC 7.01.169 licenciado.

Con los datos antes insertados en el sistema, se procede a suministrar las condiciones por cada zona, estos datos se incluyen con el fin de garantizar las condiciones que se necesitan en cada zona, en este caso se procede a insertar las dimensiones de la zona como son el largo el ancho y la altura de la misma, así el programa determina el área del recinto, igualmente se da la opción de seleccionar un material adicional y en el caso de las paredes se ha de especificar si es pared exterior o partición, en el caso de se procede a establecer la dirección de la misma, si la pared cuenta con vidrio se especificara igualmente y así mismo ha de seleccionar la pared a la cual corresponde. En esta ventada también se encuentra los equipos, las luces y las personas ya establecidas anteriormente, pero en caso de ser requerido agregar un dato adicional, este se puede hacer sin ningún problema, igualmente se encuentra la carga latente y sensible de las personas que ocupen cada zona, esta cargas pueden variar según la actividad que se realicen en dicha zona.



**Figura 38**

*Datos de zona*



**Nota.** La figura muestra el panel de datos de zona, en el cual se establecen las propiedades de cada recinto para el cálculo de cargas térmicas por medio del Software Elite CHVAC 7.01.169. Imagen extraída del software Elite CHVAC 7.01.169 licenciado.

Adicionalmente se puede configurar las condiciones exteriores interiores, esto en el caso de que una zona en específico no cumpla o no requiera las condiciones generales del proyecto, si no se modifican estos valores el sistema tomara los valores ya anteriormente ingresados como datos generales.

De esta manera se da por finalizado el procedimiento para calcular las cargas térmicas, lo siguiente será pedir al programa que nos genere un informe completo por zona que se podrá ver en el ANEXO C

### **6.3.2. Resultados Software Elite CHVAC 7.01.169**

A partir del informe que nos entrega el software Elite CHVAC 7.01.169 licenciado, que se puede observar en el ANEXO C se procede a realizar las tablas de resultado por niveles.

#### **6.3.2.a. Nivel inferior**

**Tabla 28.***Resultado cargas térmicas nivel inferior*

	ZONA	CARGA SENSIBLE	CARGA LATENTE	CFM
0151	Sala de almuerzo	3956	408	230
0104ME	Almacenamiento	1834	131	91
0110ME	Telecomunicaciones	1909	139	94
0114ME	Telecomunicaciones	3420	326	169
0125EL	Telecomunicaciones	3956	408	195
0132	Almacenamiento	1177	61	58
0115FF	Almacenamiento	11667	1642	576
0101M2	Almacenamiento	1938	146	96
0140	Oficina	3254	306	161
0137	Oficina	2656	231	131
0134	Oficina	3088	286	152
0130	Oficina	2464	214	122
0128	Oficina	2756	245	136
0126 <sup>a</sup>	Oficina	2257	184	111
0126B	Oficina	4835	522	239
0138	Oficina	7033	755	347
0139	Oficina	4485	488	221
0102CU	Oficina	5545	583	274
0129	Oficina	2376	449	117
0133	Oficina	449	190	22
0135	Oficina	516	196	25
0123FF	Almacenamiento	4319	951	213
0121FF	Almacenamiento	22094	4896	1091
0123ME	Telecomunicaciones	9245	2040	456
0122ME	Telecomunicaciones	8058	1244	398
012AEL	Telecomunicaciones	5725	1244	283
		<b>121012</b>	<b>18285</b>	<b>6008</b>

*Nota.* La tabla muestra el resultado obtenido en el cálculo de cargas térmicas del nivel inferior, en él se especifica, carga sensible, carga latente y CFM.

6.3.2.b. Nivel superior

**Tabla 29**

*Resultado cargas térmicas nivel superior*

	<b>ZONA</b>	<b>CARGA SENSIBLE</b>	<b>CARGA LATENTE</b>	<b>CFM</b>
0201	<b>Zona de comidas</b>	49824	12444	2460
0206	<b>Zona de comidas</b>	5326	1263	263
0203	<b>Zona de comidas</b>	4772	1269	236
0202	<b>Zona de comidas</b>	4804	1277	237
0204	<b>Zona de comidas</b>	4747	1263	234
0205	<b>Zona de comidas</b>	4747	1263	234
0211	<b>Zona de comidas</b>	2809	622	139
0212	<b>Zona de comidas</b>	2559	530	126
0213	<b>Zona de comidas</b>	3336	714	165
0214	<b>Zona de comidas</b>	3111	704	154
0217	<b>Zona de comidas</b>	3575	898	176
0218	<b>Zona de comidas</b>	3145	789	155
0219	<b>Zona de comidas</b>	3365	865	166
0220	<b>Zona de comidas</b>	3485	865	172
0221	<b>Zona de comidas</b>	3250	816	160
0222	<b>Zona de comidas</b>	3250	816	160
0223	<b>Zona de comidas</b>	3250	816	160
0224	<b>Zona de comidas</b>	3250	816	160
0216	<b>Zona de comidas</b>	5985	1510	295
0225	<b>Zona de comidas</b>	4126	1042	204
0226	<b>Zona de comidas</b>	10369	2611	512
0208	<b>Zona de comidas</b>	1748	335	86
0207	<b>Zona de comidas</b>	1725	335	85
0209	<b>Zona de comidas</b>	2242	453	111
0210	<b>Zona de comidas</b>	2639	547	130
0215	<b>Zona de comidas</b>	3405	716	168
		<b>144844</b>	<b>35579</b>	<b>7148</b>

*Nota.* La tabla muestra el resultado obtenido en el cálculo de cargas térmicas del nivel superior, en él se especifica, carga sensible, carga latente y CFM.

### 6.3.2.c. Recopilación de datos.

**Tabla 30**

*Recopilación resultado cargas térmicas*

	<b>CARGA LATENTE</b>	<b>CARGA SENSIBLE</b>	<b>CFM</b>	<b>T.R</b>
<b>NIVEL INFERIOR</b>	121012	18285	6008	15,02
<b>NIVEL SUPERIOR</b>	144844	35579	7148	17,87
	<b>265856</b>	<b>53864</b>	<b>13156</b>	<b>32,89</b>

*Nota.* La tabla muestra los resultados compilados del cálculo de cargas térmicas, en él se especifica, carga sensible, carga latente y CFM.

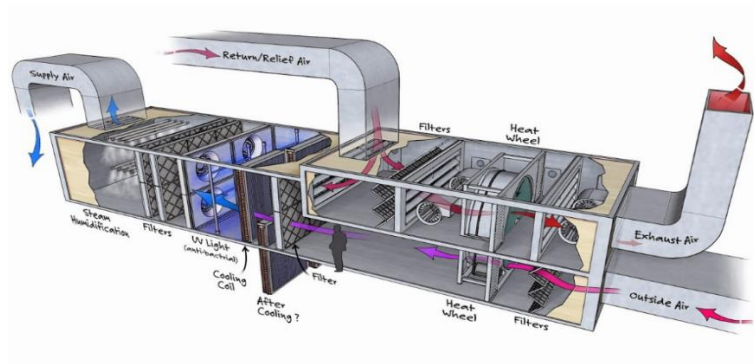
## 6.4. Selección de equipos

Los equipos que se seleccionarán harán parte de un sistema VAV el criterio más importante para dichos equipos será su capacidad, ya que gracias al informe obtenido por el software se conoce la capacidad requerida para cada zona y para cada piso.

### 6.4.1. Selección unidad compacta

**Figura 39.**

*Unidad maneja de aire.*



*Nota.* La figura muestra el funcionamiento interno de una unidad manejadora de aire de doble ducto, teniendo en cuenta que el sistema a utilizar se utilizara una de único ducto. Tomado de Ingeniería Industrial Mecánica: Procedimientos, funcionamiento, mantenimiento “Funcionamiento de UMA (Unidad Manejadora de Aire) y mantenimiento”, [En Línea] Disponible:

<https://ingenierovalemoratto.blogspot.com/2017/12/funcionamiento-de-una-unidad-manejadora.html>.

La operación del sistema VAV se realiza por medio de unidades manejadoras o unidades compactas, las cuales funcionan para condiciones de calefacción o refrigeración por medio de un sistema eléctrico. Adicionalmente estas unidades cuentan con una entrada de aire exterior o aire de retorno, un filtro que permitirá mantener la calidad de aire, un ventilador que se encargara de producir el caudal necesario para llegar a la presión requerida, controles que permitirán regular el flujo y generar confort térmico, un evaporador el cual funcionara con el refrigerante seleccionado R-134a y una bomba para calefacción, adicional cuenta con un humidificador para los periodos fríos, un separador de gotas y un motor eléctrico como fuente de poder.

Con esto se puede intuir que la forma el sistema operara tanto para condiciones de refrigeración como de calefacción, lo cual abarcará la necesidad que se encuentra en el problema planteado, en el que se requiere refrigeración de mayo a septiembre y calefacción de octubre a abril. Las condiciones de humedad se garantizan por medio de la unidad manejadores y a las diferentes cajas VAV, que se encargan de conservar la humedad requerida cada recinto, por lo cual garantizar las condiciones en cada zona se instalara un termostato, para proporcionar un control más amigable y de fácil implementación.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el cálculo de cargas térmicas se decide implementar una unidad manejadora de mayor capacidad a la requerida, esto con el fin de mantener una tolerancia en dicho caso de que se llegue a incrementar el número de personas o cambie la actividad que estas mismas realizan. Por otro lado, se instalaron 3 unidades en caso de que se presente algún tipo de falla, no dejar el edificio sin un sistema de climatización. [51]

**Tabla 31**

*Unidades compactas seleccionadas.*

Unidad Compacta				
Cantidad	Unidad	Capacidad	Referencia	Marca
1	Voyager	12,5 a 25 ton	WS155F	TRANE
2	Voyager	3 a 10 ton	PKGP-PRC013N-EN	TRANE

*Nota.* La tabla muestra las unidades compactas seleccionadas según la capacidad requerida.

**Figura 40.**

*Packaged Rooftop Air  
Conditioners, Precedent – Heat  
pump 3 to 10 tons – 60 hz*



*Nota.* La figura muestra la unidad compacta seleccionada *Packaged Rooftop Air Conditioners, Precedent – Heat pump 3 to 10 tons – 60 hz.* Tomado de TRANE

**Figura 41.**

*Voyager ii frío calor por bomba*



*Nota.* La figura muestra la unidad compacta seleccionada *Voyager ii frío calor por bomba.* Tomado de TRANE

#### **6.4.2. Selección cajas de volumen de aire variable**

Las unidades terminales de conducto único regulan el volumen de aire a suministrar a la zona con el fin de conservar la temperatura del local en el punto establecido. Estas unidades se aplican generalmente en cajas VAV frío solo que no requieren de calor durante las horas de ocupación. Si

se requiere calor en la zona, se puede proporcionar de forma remota (por ejemplo, mediante calor perimetral) o por recalentamiento terminal mediante serpentinas de agua o resistencia eléctrica. [50]

**Figura 42.**

*VariTrane Conducto único*



**Nota.** La tabla muestra la unidad VAV VariTrane Conducto único de la marca TRANE. Tomado de: TRANE “VariTrane™ Conducto Unico”, [En Línea Disponible: <https://www.trane.com/commercial/latin-america/cl/es/products-systems/equipment/variable-air-volume/single-duct.html>]

Gracias a su diseño de panel entrelazado proporcionara una mayor vida útil del equipo, igualmente cuenta con bordes metálicos y un aislamiento en fibra de vidrio para reducir la erosión de la corriente. Estas cajas VAV manejaran un sensor de flujo promedio tipo anillo que permitirá medir la presión del aire en cualquier momento.

Se recomienda por parte del fabricante que, para enfriar unidades de un solo conducto con batería de agua caliente, la unidad se puede girar 180 ° para conexiones del lado opuesto. Para unidades con calefacción eléctrica, la unidad se puede voltear a la orientación de conexión derecha o izquierda. Con estas recomendaciones y con previas condiciones sé corrobora que esta caja VAV es la más apta para nuestro sistema de acondicionamiento

## 6.5. Diseño de redes

### 6.5.1. Ductos

#### 6.5.1.a. Ductos de suministro

6.5.1.a. i. Diseño. Tras calcular las cargas térmicas y establecer el caudal requerido se realizará el diseño del sistema de ductos, por los cuales se transportará el aire a cada recinto. Para el desarrollo de este procedimiento se seguirá el manual de Carrier.

- Velocidad. El primer paso por realizar es determinar la velocidad a la cual se transportará el aire, esta depende del tipo de espacio en el cual se ubicará el ducto, adicional hay que considerar si el tramo a analizar es un ducto principal o un ducto derivado

**Tabla 32**

*Velocidades máximas recomendadas para sistemas de baja velocidad (m/s)*

APLICACIÓN	FACTOR DE CONTROL DEL NIVEL DE RUIDO (conductos principales)	FACTOR DE CONTROL – ROZAMIENTO EN CONDUCTO			
		Conductos principales		Conductos derivados	
		Suministro	Retorno	Suministro	Retorno
Residencias	3	5	4	3	3
Apartamentos Dormitorios de hotel Dormitorios de hospital	5	7,5	6,5	6	5
Oficinas particulares Despachos de directores Bibliotecas	6	10	7,5	8	6
Salas de cine y teatro Auditorios	4	6,5	5,5	5	4
Oficinas públicas Restaurantes de primera categoría Comercios de primera categoría Bancos	7,5	10	7,5	8	6
Comercios de categoría media Cafeterías	9	10	7,5	8	6
Locales industriales	12,5	15	9	11	7,5

**Nota.** La figura muestra tabla de velocidades máximas recomendadas para sistemas de baja velocidad, con la cual se determinará la velocidad a la cual se transportará el aire dentro de los ductos. Tomado de: Carrier “Manual de aire acondicionado.

Teniendo en cuenta que los ductos serán instalados en oficinas públicas y restaurante, la velocidad correspondiente a la cual se desplazara el aire principales es de  $10 \frac{m}{s}$  en ductos principales y  $8 \frac{m}{s}$  en ductos derivados.



**Tabla 33.***Características ductos suministro nivel superior, manejadora 1*

<b>UNIDAD A</b>	<b>CFM</b>	<b>Alto (in)</b>	<b>Ancho (in)</b>	<b>Largo (in)</b>
<b>Ducto A1</b>	4828	25	22	692,08
<b>Ducto A2</b>	85	7	5	74,67
<b>Ducto A3</b>	1229	12	15	241,45
<b>Ducto A4</b>	993	7	22	240,31
<b>Ducto A5</b>	882	7	20	240,55
<b>Ducto A6</b>	752	7	18	239,41
<b>Ducto A7</b>	613	7	16	239,81
<b>Ducto A8</b>	487	7	13	239,08
<b>Ducto A9</b>	322	7	10	237,63
<b>Ducto A10</b>	168	7	6	283,38
<b>Ducto A11</b>	3514	25	20	229,98
<b>Ducto A12</b>	731	7	18	308,7
<b>Ducto A13</b>	497	7	14	310,64
<b>Ducto A14</b>	263	7	8	164,72
<b>Ducto A15</b>	2933	20	18	287,8
<b>Ducto A16</b>	2697	20	17	312,03
<b>Ducto A17</b>	2460	20	16	83,59

*Nota.* La tabla muestra las características de ductos de suministro nivel superior, manejadora 1. Especificando las dimensiones de los ductos y los CFM y transportaran.

**Tabla 34***Características ductos suministro nivel superior, manejadora 2*

UNIDAD B	CFM	Alto (in)	Ancho (in)	Largo (in)
Ducto B1	2320	20	16	384,05
Ducto B2	295	7	9	633,69
Ducto B3	204	7	7	320,14
Ducto B4	176	7	10	144,85
Ducto B5	812	7	19	223,34
Ducto B6	640	7	16	225,15
Ducto B7	480	7	13	198,49
Ducto B8	320	7	10	231,14
Ducto B9	160	7	5	230,36
Ducto B10	1309	12	16	230,4
Ducto B11	497	7	13	129,32
Ducto B12	331	7	10	244

*Nota.* La tabla muestra las características de ductos de suministro nivel superior, manejadora 2. Especificando las dimensiones de los ductos y los CFM y transportaran.

**Tabla 35.***Características ductos suministro nivel inferior, manejadora 3*

UNIDAD RA	CFM	Alto (in)	Ancho (in)	Largo (in)
Ducto C1	6008	20	35	950,7637
Ducto C2	4352	20	28	635,64
Ducto C3	1656	15	16	193,4
Ducto C4	257	5	11	142,6072
Ducto C5	161	5	10	236,08
Ducto C6	1399	14	14	241,13
Ducto C7	283	6	10	253,23
Ducto C8	131	5	8	248,72
Ducto C9	152	5	8	916,16
Ducto C10	1116	12	14	901,18
Ducto C11	25	5	2	248,72
Ducto C12	1091	12	14	223,12
Ducto C13	291	6	10	230,5

Ducto C14	169	5	10	119,37
Ducto C15	111	4	8	157,4
Ducto C16	3950	20	26	156,98
Ducto C17	289	6	10	304,83
Ducto C18	195	5	11	267,92
Ducto C19	634	10	11	199,51
Ducto C20	576	10	12	119,18
Ducto C21	2256	19	18	183,19
Ducto C22	375	5	15	424,55
Ducto C23	239	6	10	259,11
Ducto C24	598	10	11	235,64
Ducto C25	347	7	10	103,19
Ducto C26	1313	11	18	90,91
Ducto C27	391	7	11	185,18
Ducto C28	117	4	8	140,23
Ducto C29	922	12	14	320,57
Ducto C30	343	5	15	167,14
Ducto C31	321	5	14	954,99
Ducto C32	91	5	6	197,52
Ducto C33	579	10	12	197,52

*Nota.* La tabla muestra las características de ductos de suministro nivel superior, manejadora 2. Especificando las dimensiones de los ductos y los CFM y transportaran.

#### 6.5.1.b. Ductos de retorno

6.5.1.b.i. Diseño. Tras establecer el caudal requerido para suministro se procede a calcular el que será retornado, el cual corresponde al 80% del suministrado en el recinto, se realizará el diseño del sistema de ductos, por los cuales se retornará el aire proveniente de cada recinto. Para el desarrollo de este procedimiento se seguirá el manual de Carrier.

- Velocidad. El primer paso por realizar es determinar la velocidad a la cual se retornará el aire, esta depende del tipo de espacio en el cual se ubicará el ducto, adicional hay que considerar si el tramo a analizar es un ducto principal o un ducto derivado

Analizando a figura 25 y teniendo en cuenta que los ductos serán instalados en oficinas públicas y restaurante, la velocidad correspondiente a la cual se desplazara el aire principales es de  $7.5 \frac{m}{s}$  en ductos principales y  $6 \frac{m}{s}$  en ductos derivados.

**Tabla 36.**

*Características ductos de retorno , manejadora 1*

UNIDAD A	CFM	Alto (in)	Ancho (in)	Largo (in)
Ducto RA1	3862	24	20	692,08
Ducto RA2	68	6	4	74,67
Ducto RA3	983	11	14	241,45
Ducto RA4	794	6	22	240,31
Ducto RA5	705	6	20	240,55
Ducto RA6	601	6	18	239,41
Ducto RA7	490	6	16	239,81
Ducto RA8	389	6	13	239,08
Ducto RA9	257	6	10	237,63
Ducto RA10	134	6	6	283,38
Ducto RA11	2811	20	18	229,98
Ducto RA12	584	6	18	308,7
Ducto RA13	397	6	14	310,64
Ducto RA14	210	6	8	164,72
Ducto RA15	2346	20	18	287,8
Ducto RA16	2117	20	17	312,03
Ducto RA17	1968	20	16	83,59

*Nota.* La tabla muestra las características de ductos de suministro nivel inferior, manejadora 1. Especificando las dimensiones de los ductos y los CFM y transportaran.

**Tabla 37***Características ductos de retorno nivel superior, manejadora 2*

<b>UNIDAD B</b>	<b>CFM</b>	<b>Alto (in)</b>	<b>Ancho (in)</b>	<b>Largo (in)</b>
<b>Ducto RB1</b>	1856	20	16	384,05
<b>Ducto RB2</b>	236	6	9	633,69
<b>Ducto RB3</b>	163	6	7	320,14
<b>Ducto RB4</b>	140	6	10	144,85
<b>Ducto RB5</b>	650	6	19	223,34
<b>Ducto RB6</b>	512	6	16	225,15
<b>Ducto RB7</b>	384	6	13	198,49
<b>Ducto RB8</b>	256	6	10	231,14
<b>Ducto RB9</b>	128	6	6	230,36
<b>Ducto RB10</b>	1047	12	16	230,4
<b>Ducto RB11</b>	397	6	13	129,32
<b>Ducto RB12</b>	264	6	10	244

*Nota.* La tabla muestra las características de ductos de suministro nivel inferior, manejadora 2. Especificando las dimensiones de los ductos y los CFM y transportaran.

**Tabla 38***Características ductos de retorno nivel inferior, manejadora 3*

<b>Ducto RC1</b>	<b>4806,4</b>	<b>18</b>	<b>30</b>	<b>950,7637</b>
<b>Ducto RC2</b>	3481,6	18	25	635,64
<b>Ducto RC3</b>	1324,8	13	11	193,4
<b>Ducto RC4</b>	205,6	4	8	142,6072
<b>Ducto RC5</b>	128,8	4	7	236,08
<b>Ducto RC6</b>	1119,2	12	10	241,13
<b>Ducto RC7</b>	226,4	5	7	253,23
<b>Ducto RC8</b>	104,8	4	5	248,72
<b>Ducto RC9</b>	121,6	4	5	916,16
<b>Ducto RC10</b>	892,8	10	11	901,18
<b>Ducto RC11</b>	20	4	2	248,72
<b>Ducto RC12</b>	872,8	10	11	223,12

<b>Ducto RC13</b>	232,8	5	7	230,5
<b>Ducto RC14</b>	135,2	4	7	119,37
<b>Ducto RC15</b>	88,8	3	5	157,4
<b>Ducto RC16</b>	3160	18	23	156,98
<b>Ducto RC17</b>	231,2	4	7	304,83
<b>Ducto RC18</b>	156	4	8	267,92
<b>Ducto RC19</b>	507,2	8	8	199,51
<b>Ducto RC20</b>	460,8	8	9	119,18
<b>Ducto RC21</b>	1804,8	17	15	183,19
<b>Ducto RC22</b>	300	4	12	424,55
<b>Ducto RC23</b>	191,2	5	7	259,11
<b>Ducto RC24</b>	478,4	8	8	235,64
<b>Ducto RC25</b>	277,6	5	7	103,19
<b>Ducto RC26</b>	1050,4	9	15	90,91
<b>Ducto RC27</b>	312,8	5	8	185,18
<b>Ducto RC28</b>	93,6	3	5	140,23
<b>Ducto RC29</b>	737,6	10	11	320,57
<b>Ducto RC30</b>	274,4	4	12	167,14
<b>Ducto RC31</b>	256,8	4	11	954,99
<b>Ducto RC32</b>	72,8	4	4	197,52
<b>Ducto RC33</b>	463,2	8	9	197,52

*Nota.* La tabla muestra las características de ductos de suministro nivel inferior, manejadora 3. Especificando las dimensiones de los ductos y los CFM y transportaran.

### **6.5.2. Rejillas**

Para la selección de rejillas es necesario tener ya estipulado el número de CFM que se van a manejar por zona, con esta información se procede a seleccionar las dimensiones de la rejilla que pueda cumplir con las condiciones establecidas del proyecto, una consideración a tener en cuenta es que esta rejillas no podrán superar el área de cada ducto donde será ubicada .

Para la selección se utilizará el catálogo de la empresa LAMINAIRE, estas rejillas, se seleccionarán sin dâmpers ya que la regulación del flujo se realiza previamente en la caja VAV seleccionada anteriormente.

Las rejillas seleccionadas son las siguientes:

**Tabla 39**

Selección de rejillas nivel inferior.

<b>NIVEL INFERIOR</b>			
<b>ZONA</b>	<b>CAUDAL</b>	<b>REJILLAS DE SUMINISTRO (IN)</b>	<b>REJILLAS DE RETORNO (IN)</b>
<b>Sala Almuerzo 0151</b>	230	12 x 6	12 x 6
<b>Telecomunicaciones 0104 ME</b>	91	8 x 6	8 x 6
<b>Telecomunicaciones 0110 ME</b>	94	8 x 6	8 x 6
<b>Telecomunicaciones 0114 ME</b>	169	10 x 6	10 x 6
<b>Telecomunicaciones 0125 EL</b>	195	10 x 6	10 x 6
<b>Almacenamiento 0132</b>	58	6 x 6	6 x 6
<b>Almacenamiento 0115 FF</b>	576	24 x 6	15 x 15
<b>Almacenamiento 0101 M2</b>	96	8 x 6	8 x 6
<b>Oficina 014</b>	161	10 x 6	10 x 6
<b>Oficina 0137</b>	131	10 x 6	10 x 6
<b>Oficina 0134</b>	152	10 x 6	10 x 6
<b>Oficina 013</b>	122	10 x 6	10 x 6
<b>Oficina 0128</b>	136	10 x 6	10 x 6
<b>Oficina 0126A</b>	111	10 x 6	10 x 6
<b>Oficina 0126B</b>	239	12 x 6	12 x 6
<b>Oficina 0138</b>	347	14 x 6	16 x 6
<b>Oficina 0139</b>	221	12 x 6	12 x 6
<b>Oficina 0102CU</b>	274	12 x 6	12 x 6
<b>Oficina 0129</b>	117	10 x 6	10 x 6
<b>Oficina 0133</b>	22	6 x 6	6 x 6
<b>Oficina 0135</b>	25	6 x 6	6 x 6
<b>Almacenamiento 0121 FF</b>	1091	34 x 8	20 x 20
<b>Almacenamiento 0123 FF</b>	213	10 x 6	10 x 6
<b>Telecomunicaciones 0123ME</b>	456	20 x 6	14 x 14
<b>Telecomunicaciones 0122ME</b>	398	16 x 6	24 x 6
<b>Telecomunicaciones 012AEL</b>	283	12 x 6	14 x 6

*Nota.* La tabla muestra la selección de rejillas que se utilizara para el nivel inferior.

**Tabla 40**

Selección de rejillas nivel superior

<b>NIVEL SUPERIOR</b>			
<b>ZONA</b>	<b>CAUDAL</b>	<b>REJILLAS DE DUMINISTRO (IN)</b>	<b>REJILLAS DE RETORNO (IN)</b>
<b>Z. Comidas 0201</b>	2460	40 X 10	24 X 24
<b>Z. Comidas 0206</b>	263	12 x 6	12 x 6
<b>Z. Comidas 0203</b>	236	12 x 6	12 x 6
<b>Z. Comidas 0202</b>	237	12 x 6	12 x 6
<b>Z. Comidas 0204</b>	234	12 x 6	12 x 6
<b>Z. Comidas 0205</b>	234	12 x 6	12 x 6
<b>Z. Comidas 0211</b>	139	10 x 6	10 x 6
<b>Z. Comidas 0212</b>	126	10 x 6	10 x 6
<b>Z. Comidas 0213</b>	165	10 x 6	10 x 6
<b>Z. Comidas 0214</b>	154	10 x 6	10 x 6
<b>Z. Comidas 0217</b>	176	10 x 6	10 x 6
<b>Z. Comidas 0218</b>	155	10 x 6	10 x 6
<b>Z. Comidas 0219</b>	166	10 x 6	10 x 6
<b>Z. Comidas 0220</b>	172	10 x 6	10 x 6
<b>Z. Comidas 0221</b>	160	10 x 6	10 x 6
<b>Z. Comidas 0222</b>	160	10 x 6	10 x 6
<b>Z. Comidas 0223</b>	160	10 x 6	10 x 6
<b>Z. Comidas 0224</b>	160	10 x 6	10 x 6
<b>Z. Comidas 0216</b>	295	12 x 6	14 x 6
<b>Z. Comidas 0225</b>	204	10 x 6	10 x 6
<b>Z. Comidas 0226</b>	512	24 x 6	15 x 15
<b>Z. Comidas 0208</b>	86	8 x 6	6 x 6
<b>Z. Comidas 0207</b>	85	8 x 6	6 x 6
<b>Z. Comidas 0209</b>	111	10 x 6	10 x 6
<b>Z. Comidas 0210</b>	130	10 x 6	10 x 6
<b>Z. Comidas 0215</b>	168	10 x 6	10 x 6

*Nota.* La tabla muestra la selección de rejillas que se utilizara para el nivel superior.



## **7. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA**

### **7.1. Manual de operación**

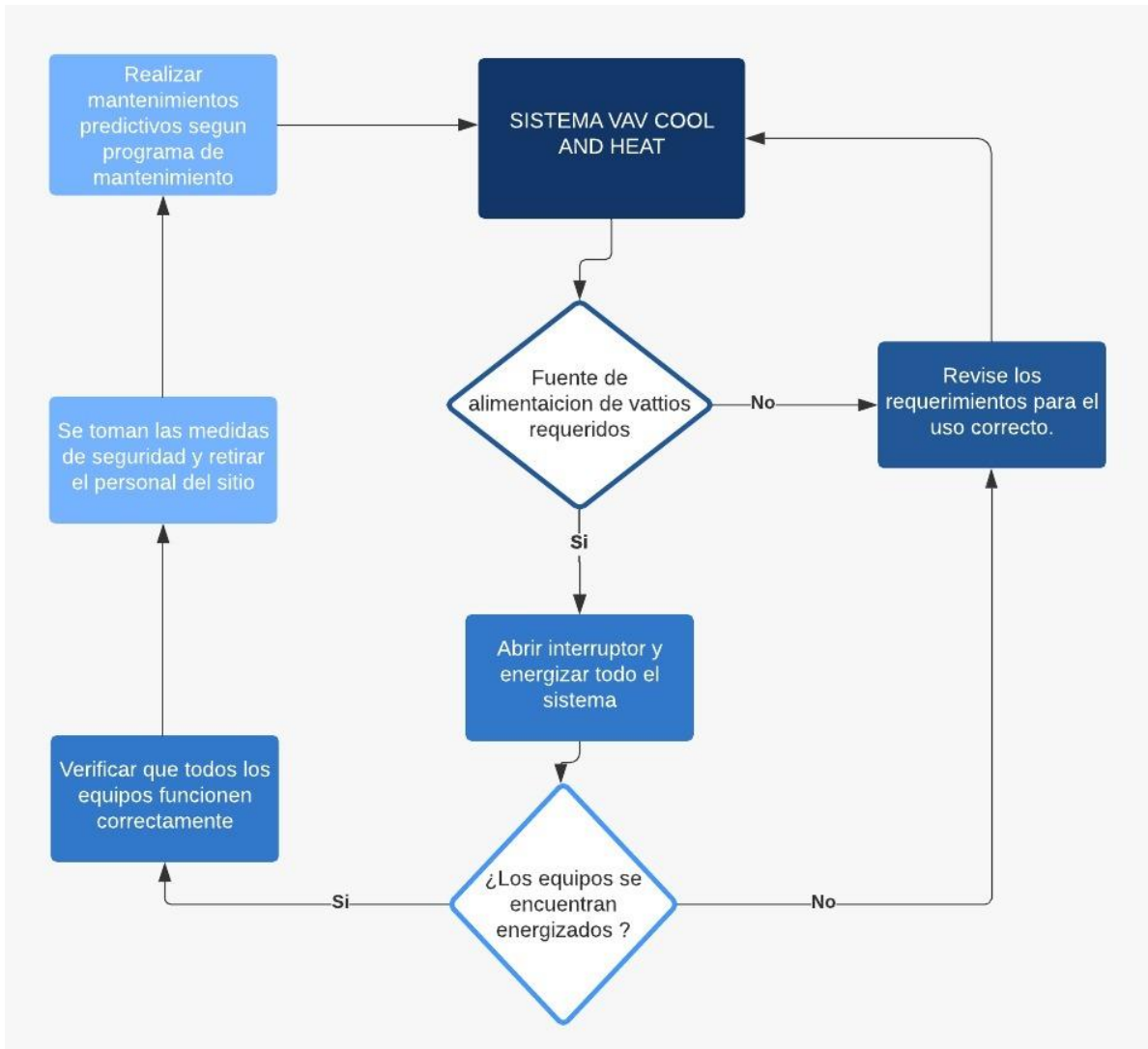
Para comenzar con el uso del equipo y garantizar su buen funcionamiento, primero se debe verificar que los servicios ofrecidos por el fabricante cumplan las necesidades básicas del usuario en su uso cotidiano, esto se podrá verificar gracias a la ficha técnica del equipo.

Las recomendaciones se estipulan a continuación son para garantizar el buen funcionamiento y operación de la unidad durante su uso.

1. Apague la unidad cuando no se vaya a utilizar por un periodo largo, ya que la unidad estará consumiendo energía considerable si la fuente de alimentación se encuentra encendida, tenga en cuenta que el consumo de energía de esta unidad puede variar con su uso y su buen funcionamiento
2. Se le recomienda al usuario que pueda instalar avisos de peligro en las partes que puedan generar un riesgo a la integridad humana y también delimitar los botones de emergencia y fuente de poder.
3. Estos equipos cuentan con una garantía, la cual se hará efectiva siempre y cuando la unidad opere bajo condiciones aprobadas por el fabricante así mismo la garantía es en piezas que puedan llegar presentar algún defecto o falla, y no se incluyen mano de obra por instalación.
4. Se le recomienda al usuario que todo el mantenimiento de la unidad se le realice por una persona certificada y avalada por la compañía, así mismo que se sigan las indicaciones planteadas en el manual de mantenimiento emitido por el fabricante

**Figura 43**

*Manual de operación de operación del sistema.*



**Nota.** La figura muestra un diagrama de flujo el cual corresponde al procedimiento inicial que se ha de tener en cuenta al momento de manipular la unidad por primera vez.

## **7.2. Manual de mantenimiento.**

### **7.3.1. Programa mantenimiento**

El siguiente programa de se planteó en base a manuales de mantenimiento suministrados por la empresa TRANE, de la cual se obtuvo la unidad manejadora de aire.

Se aconseja que el mantenimiento del sistema de aire acondicionado sea realizado por personal altamente calificado y capacitado en estos sistemas de aire acondicionado, esto con el fin de garantizar el normal desempeño y operación del sistema.

**Tabla 41.**

Programa de mantenimiento sistema VAV.

COMPONENTE	PROCEDIMIENTO	POSIBLE FALLA	PERIODICIDAD
Rejillas	Inspección visual y auditiva	Desgaste	Semanal
		Fractura	
	Limpieza	Aire contaminado	Trimestral
		Bajo rendimiento	
Ductos	Limpieza	Aire contaminado	Semestral
		Fisuras	
		Recalentamiento	
	Inspección auditiva	Aire contaminado	Semanal
		Fisuras	
		Recalentamiento	
	Inspección visual	Aire contaminado	Mensual
		Fisuras	
		Recalentamiento	
	Caja VAV	Inspección visual estado del cableado eléctrico	Corto circuito
Sobrecarga			
Inspección visual estado de componentes		Recalentamiento	Mensual
		Desgaste	
Inspección tornillería		Desbalanceo	Mensual
	Recalentamiento		
Limpieza	Recalentamiento	Trimestral	
Unidad Manejadora	Inspección empaques de puertas de panel de control	Fugas	Mensual
	Inspección visual estado del cableado	Corto circuito	Semanal
		Sobrecarga	
	Inspección tornillería	Desbalanceo	Semanal
		Recalentamiento	
	Desbalanceo	Semanal	

Inspección visual y auditiva de aspas del ventilador	Fractura	
	Deformación	
Inspección visual estado de cableado del ventilador	Corto circuito	Mensual
	Recalentamiento	
	Sobrecarga	
Inspección visual y auditiva estado de rodamientos del motor del ventilador	Recalentamiento	Mensual
	Bajo rendimiento	
Lubricación rodamientos del ventilador	Desbalanceo	Quincenal
	Recalentamiento	
Verificar temperatura del ventilador	Recalentamiento	Quincenal
Limpieza de aspas del ventilador	Desbalanceo	Trimestral
	Fisuras	
	Recalentamiento	
Lubricación eje y motor del ventilador	Desbalanceo	Quincenal
	Recalentamiento	
Nivelación aspas del ventilador	Desbalanceo	Semestral
Inspección visual panel de control	Recalentamiento	Quincenal
Limpieza serpentín enfriador por aire	Recalentamiento	Anual
	Fisuras	
Limpieza serpentín de refrigerante	Recalentamiento	Anual
	Fisuras	
Inspección bomba del colector	Cavitación	Mensual
	Descentramiento	
	Sobrecarga	
	Desgaste	
Inspección sensor de conductividad	Descalibración	Mensual

	Controlador de conductividad	Recalibrar	Trimestral
	Limpieza bomba del colector	Cavitación	Anual
		Sobrecarga	
		Descentramiento	
		Desgaste	

**Nota.** La tabla muestra el programa de mantenimiento para el diseño del sistema VAV que se propuso como solución al problema planteado, en el se especifican procedimiento a realizar, posibles fallas que se pueden encontrar y la periodicidad con las que dicho procedimiento se debe realizar.

### 7.3.1. Fallas comunes

**Tabla 42**

Fallas comunes del sistema.

COMPONENTE	FALLA	PRECEDIMIENTO
<b>Motor Ventilador</b>	No funciona	Revisar cada sobrecarga del motor y restablecer si fuera necesario. Revisar consume amperaje de cada circuito.
<b>Bomba del Colector</b>	No funciona	revisar amperaje en cada circuito para determinar si hay falla del motor. Revisar y limpiar escombros alrededor del interruptor del flotador. Revisar ajuste del termostato ambiente y modo de operación
<b>Bomba del Colector</b>	Bajo flujo	Cambiar dirección bombeo cambiando dos circuitos hacia motor de la bomba. Desconectar Energía y remover bomba para ver si se observa obstrucción.
<b>Esprea del Rociador</b>	Área seca en el serpentín	Remover escombros de la esprea obstruida.
<b>Caja de ventilación</b>	Desbalance	Verificar alineación del ventilador y ajustar nuevamente
<b>Ventilador</b>	Deformación aspas	Remover aspas deterioradas y cambiarlas por unas nuevas

<b>Filtros</b>	Suciedad	Retire el filtro del ducto y aspire con una máquina las impurezas que este contiene, si observa rupturas este debe cambiarse
<b>Ductos</b>	Oxidación, humedad, goteo, aparición de moho y/o hongos	limpieza general del ducto, instalación de filtros antihumedad
<b>Ventilador</b>	Bajo rendimiento	Revisión de rodamientos, de ser necesario cámbielos
<b>Bomba</b>	Desalineación, desbalanceo	Verificar la alineación, ajuste los acoples del sistema motor-bomba y lubrique los cojinetes

*Nota.* La tabla muestra las fallas más comunes para el diseño del sistema VAV que se propuso como solución al problema planteado, describiendo componente en el que se presenta la falla, tipo de falla y procedimiento a realizar

## 8. EVALUACIÓN FINANCIERA Y AMBIENTAL

### 8.1. Evaluación financiera

Se desarrolla un flujo de caja el cual consta de dos componentes, en el cual se encuentra la inversión que se realizara y los egresos que este sistema llevan consigo los cuales inician en el periodo 1, este mismo se va a proyectar a 50 años ya que va a ser el tiempo de vida útil estimado del sistema, en el periodo 0 se encontrara una inversión inicial de todos los recursos que se utilizaran para que este sistema funcione correctamente y cumpla con su objetivo principal, como lo son: equipos, instalación, diseño, mano de obra entre otros. Desde el periodo 1 en adelante se tendrán en cuenta otros gastos como mantenimiento, repuestos, insumos y personal.

Considerando que el presupuesto dado para dicho proyecto que es de 350 USD/pie<sup>2</sup> [3.767 USD/m<sup>2</sup>] , y que este proyecto se encuentra delimitado a una pequeña parte del concurso, por lo cual se asume un presupuesto de 4.500.000 USD en total correspondiente a 968 USD/m<sup>2</sup>, así mismo un rendimiento del 7% anual y una tasa de inflación del 3% .

Los costos estipulados en este flujo de caja se basan a partir de una cotización realizada a una empresa nacional de refrigeración (Innovar), la cual proveerá los equipos y el servicio de mantenimiento. Estos se pueden ver detalladamente en el ANEXO D, no obstante, se tiene en cuenta el costo energético requerido por cada equipo para su correcto funcionamiento, el valor de este servicio es proporcionado por los parametros del concurso, los cuales corresponden a:

- Periodo de tarifa diaria de 06:00 a 15:59 - 0,069 US\$ - kWh
- Periodo de tarifa puntual de 16:00 a 21:59 - 0,077 US\$ - kWh
- El costo eléctrico aumentara anualmente a razón de 3.9%

Para ello se tiene en cuenta que el consumo energético requerido por las diferentes unidades manejadoras corresponde a:

**Tabla 43**

*Consumo energético requerido por unidad manejadora voyager ii frío calor por bomba*

<b>VOYAGER II FRÍO CALOR POR BOMBA</b>	
REFRIGERACIÓN Kw/h	13,36
CALEFACCIÓN Kw/h	11
COSTO ANUAL.	4.007,71

*Nota.* La tabla muestra el consumo energético requerido por la unidad manejadora voyager ii frío calor por bomba en condiciones de calefacción y refrigeración, determinando el valor energético producido anualmente.

**Tabla 44**

*Consumo energético requerido por unidad manejadora packaged rooftop air conditioners, precedent – heat pump 3 to 10 tons – 60 hz*

<b>PACKAGED ROOFTOP AIR CONDITIONERS, PRECEDENT – HEAT PUMP 3 TO 10 TONS – 60 HZ</b>	
REFRIGERACIÓN Kw/h	9
CALEFACCIÓN Kw/h	6,8
COSTO ANUAL	2.580,76
COSTO X2	5.161,52

*Nota.* La tabla muestra el consumo energético requerido por la unidad packaged rooftop air conditioners, precedent – heat pump 3 to 10 tons – 60 hz en condiciones de calefacción y refrigeración, determinando el valor energético producido anualmente.





## 8.2 Evaluación ambiental

Para evaluar el impacto ambiental que tendrá este proyecto, se realizará la matriz de Leopold, la cual evaluará los costos y beneficios ecológicos del mismo. Esta es comúnmente utilizada como método de evaluación cualitativo y posibilita establecer un carácter que defina el impacto, sea este positivo o negativo. [51]

Esta matriz consta de una evaluación del proceso de causa – efecto respecto a la comparación de características del medio frente a acciones factibles que pueden generar un impacto en el medio ambiente. [52]

Para su elaboración, inicialmente se establecen las acciones a realizar en el proyecto a evaluar en la primera fila, posteriormente se plantean los factores ambientales que pueden llegar a verse afectados por cada acción en el extremo izquierdo. En los espacios formados por la intersección entre las filas y las columnas se establece la importancia y magnitud del impacto.

En las filas y columnas finales se registran los resultados totales de número de afectaciones positivas, negativas y el impacto correspondiente a cada factor y acción ambiental.

Finalmente, en la parte inferior derecha se registra el resultado correspondiente a la suma total de impactos de acciones y factores, estas indicaran el nivel y tipo de impacto, por lo cual si el valor obtenido es de magnitud negativa, se establece que el impacto producido por el proyecto afecta de forma negativa al ambiente. Por el contrario, si es positivo, el proyecto no afecta desfavorablemente al medio ambiente.

Esta matriz es un método sencillo de utilizar, de baja inversión y es aplicable a todo tipo de proyectos. [51]

**Figura 44**

*Matriz Leopold impacto ambiental*

ACTUACIONES PROPUESTAS CAUSANTES DEL POSIBLE IMPACTO AMBIENTAL				MODIFICACIÓN DE REGIMEN		CONSTRUCCIÓN	PROCESOS		Afectaciones positivas	Afectaciones negativas	Impacto de subcomponentes	Impacto de componentes	Impacto del proyecto
				Ruidos y vibraciones	Fugas y escapes		Generación de agua	Almacenamiento de agua					
ELEMENTOS Y CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES				TIERRA		Barreras	AGUA		PROCESOS	FAUNA Y FLORA	USO DE ESPACIOS		
				Suelos	Envoltentes		Calidad de agua	Calidad de agua					
IMPACTOS AMBIENTALES	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	TIERRA	Suelos	-3 2	-4 3	-1 1	4 3	2 3	1	4	-1	-9	16
			Envoltentes	-3 3	-3 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 4	-18		
		AIRE	Calidad de aire	1 1	-5 5	2 3	4 3	4 4	3 3	1 10			
			AGUA	Calidad de agua	1 1	-5 5	0 0	5 5	2 2	3 1	5 5		
		CONDICIONES BIOLÓGICAS	FAUNA Y FLORA	Animales	-4 5	-4 5	0 0	5 5	4 4	2 3	3 5	11	
	Plantas y flores	-3 5		-4 5	-2 2	5 5	5 5	2 3	3 11	16			
	FACTORES CULTURALES	USO DE ESPACIOS	Espacios comunes	4 5	-4 5	-3 2	0 0	0 0	0 3	-6	-2		
	Vistas		0 0	-1 1	-1 1	0 0	0 0	2 0	0 -15				

*Nota.* La figura la matriz Leopold desarrollada para determinar el impacto ambiental del diseño del sistema.

Después de evaluar dicha matriz, se llegar a la conclusión que su impacto ambiental es positivo esto quiere decir que el sistema de aire acondicionado será amigable con el medio ambiente, se puede observar en la matriz aspectos importantes como lo son la calidad del aire, además de las condiciones biológicas, las cuales debido a lo ubicación geográfica de este proyecto se protegerá su flora y fauna. Así mismo en cuanto a los aspectos culturales en los cuales se reflejan espacios comunes, se garantiza un análisis ambiental más completo.

Debido a que los componentes y los insumos utilizados no generan un daño ambiental, los equipos instalados ya cuentan con la totalidad de la normativa correspondiente para su correcto funcionamiento permitiendo así no alterar el medio ambiente.

## 9. CONCLUSIONES

Se determinaron los parametros requeridos para la realización del proyecto, teniendo en cuenta lo establecido por el propietario, la normativa ASHRAE y las condiciones a las se encuentra expuesto el edificio, por las cuales se evidencia la necesidad el sistema de climatización

Evaluando las diferentes alternativas de sistemas por medio de ingeniería conceptual se selecciono el sistema todo aire, el cual según las especificaciones requeridas da mayor cumplimiento, seleccionando así mismo el subsistema de tipo volumen de aire variable (VAV), el cual cuenta con un sistema de control más preciso y específico para cada zona, de generando así mismo un ahorro energético.

Se realizó el cálculo de cargas térmicas, por medio del cual se determinó las capacidades requeridas para conservar la temperatura interior y humedad relativa a condiciones establecidas que garanticen el confort de las personas que concurren el lugar, garantizando así mismo la calidad del aire interior, según lo establecido por el Estándar 62 de ASHRAE. A partir de lo cual se realizó la selección diseño del sisma que se encargara de cumplir dichos parametros a lo largo del año, refrigerando en épocas de verano y generando calefacción en épocas de invierno.

Se establecieron las características de operación a las cuales funcionara el sistema de climatización de manera óptima, al igual que se elaboró un manual de mantenimiento en cual se establecieron los diferentes componentes, posibles procedimiento, fallas y frecuencia con las que estas se presentan, al igual que un cuadro de fallas mas comunes, en el cual se establece la acción correctiva instantánea, esto con el propósito de que esta se corrija rápidamente y no afecte el buen funcionamiento del sistema y se conserve a lo largo de los años.

Se concluye por medio de la evaluación financiera que se realizó por medio de un flujo de caja, en el cual se tuvo en cuenta los gastos de inversión iniciales y los de explotación a lo largo de los 50 años en los cuales se evaluó el proyecto y la por medio de la evaluación ambiental, en las que se consideraron las posibles afectaciones que este sistema podría generar, que este es un proyecto viable por ambas partes, cumpliendo así por lo requerido en los parámetros iniciales.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Murtas y A. Russo, «Effects of pollution, low temperature and influenza syndrome on the excess mortality risk in winter 2016–2017,» *BMC Public Health*, 2019.
- [2] S. Tham y T. Waite, «Indoor temperature and health: a global systematic review,» *Public Health*, vol. 179, pp. 9-17, 2020.
- [3] ASHRAE, «2021 design competition» ASHRAE, 2020. [En línea]. Available: <https://www.ashrae.org/communities/student-zone/competitions/2021-design-competition>. [Último acceso: Febrero 2021].
- [4] R. Nouvel y F. Alessi, «A novel personalized thermal comfort control, responding to user sensation feedbacks,» *Building Simulation*, 2012.
- [5] A. Mohaisen y Z. Ma, «Development and modelling of a solar assisted liquid desiccant dehumidification air-conditioning system,» *Building Simulation*, 2015.
- [6] H. Costa y A. La Neve, «Study on application of a neuro-fuzzy models in air conditioning systems,» *Soft Computing*, p. 929–937, 2015.
- [7] M. Ahmad, M. Mourshed, B. Yuce y Y. Rezgui, «Computational intelligence techniques for HVAC systems: A review,» *Building Simulation*, p. 359–398, 2016.
- [8] S. Juengjaroennirachon, N. Pratinthong, P. Namprakai y T. Suparos, «Performance enhancement of air conditioning using thermosyphon system's energy storage unit for cooling refrigerant before entering the condenser,» *Journal of Mechanical Science and Technology*, p. 393–400, 2017.
- [9] H.-C. Zhu, C. Ren y S.-J. Cao, «Fast prediction for multi-parameters (concentration, temperature and humidity) of indoor environment towards the online control of HVAC system,» *Building Simulation*, p. 649–665, 2020.

- [10] H.-C. Zhu, C. Ren y S.-J. Cao, «Fast prediction for multi-parameters (concentration, temperature and humidity) of indoor environment towards the online control of HVAC system,» *Building Simulation*, p. 649–665, 2020.
- [11] P. Niemann y G. Schmitz, «Air conditioning system with enthalpy recovery for space heating and air humidification: An experimental and numerical investigation,» *Energy*, vol. 213, 2020.
- [12] ASHRAE, «Higher Education Cafeteria and Cold Storage, Owner’s Project Requirements – 2021 ASHRAE Design Competition,» *ASHRAE*, 2020.
- [13] J.-J. Vogt, «calor y frio» de *Enciclopedia De Salud Y Seguridad En El Trabajo*, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2012.
- [14] L. Fabietti, *Control of HVAC Systems via Explicit and Implicit MPC: an Experimental Case Study*, Stockholm: School of Electrical Engineering, 2014.
- [15] ASHRAE CIUDAD DE MEXICO, «ASHRAE Conferencia "Psicrometria" Octubre 2015,» Octubre 2015. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/ASHRAECIUDADDEMEXICO/ashrae-conferencia-psicrometria-octubre-2014>. [Último acceso: Junio 2021].
- [16] A. Díaz , «psicrometria,» [En línea]. Available: <https://avdiaz.files.wordpress.com/2009/01/i-unidad3.pdf>. [Último acceso: 01 Junio 2021].
- [17] L. Lopez y J. Moreno, *diseño de un sistema de climatización aplicando la norma faiar, bogotá, dc: fundación universidad de américa*, 2019.
- [18] E. Pita, *Acondicionamiento de aire, principios y sistemas*, CECSA, 2004.
- [19] A. Nieto, «Carga termica,» [En línea]. Available: <https://www.mundohvacr.com.mx/2012/06/carga-termica/>. [Último acceso: Junio 2021].
- [20] Y. Cengel y G. Afshin, *Transferencia de calor y masa, fundamentos y aplicaciones*, Cuarta edicion ed., McGraw Hill, 2011.

- [21] J. Plazas, los refrigerantes y el medio ambiente, Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, 2012.
- [22] Y. Giraldo, «El Standard 34 de ASHRAE, Nomenclatura de los Gases Refrigerantes,» Mundo HVACR, [En línea]. Available: <https://www.mundohvacr.com.mx/2008/01/el-standard-34-de-ashrae-nomenclatura-de-los-gases-refrigerantes/>. [Último acceso: Junio 2021].
- [23] Refrigeración C&C, «Refrigeración alternativa y amigable: Hidrocarburos,» Refrigeración Correa y Cárdenas, 23 Noviembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.refrigeracioncyc.com/refrigeracion-alternativa-y-amigable-hidrocarburos/>. [Último acceso: Junio 2021].
- [24] Cero grados, «Consejos para el mejor empleo de las hidrofluorolefinas,» Cero grados, 04 Marzo 2016. [En línea]. Available: <https://0grados.com.mx/consejos-para-el-mejor-empleo-de-las-hidrofluorolefinas/>. [Último acceso: Junio 2021].
- [25] D. San Juan, «HFO: Otra alternativa,» Cero grados, 25 Marzo 2015. [En línea]. Available: <https://0grados.com.mx/hfo-otra-alternativa/>. [Último acceso: Junio 2021].
- [26] J. Acosta y R. Ricaute, *Diseño de un sistema de aire acondicionado para la, bogotá, dc: Fundación Universidad de América*, 2020.
- [27] Indubel, «Capitulo 12, refrigerantes,» [En línea]. Available: <http://www.indubel.com.ar/pdf/gases/refrigerantes.pdf>. [Último acceso: Marzo 2021].
- [28] E. Pita, Principios y sistemas de refrigeración, Mexico: Limusa S.A, 1991.
- [29] ASHRAE, ANSI/ASHRAE Standard 34-2019, Designation and Safety Classification of Refrigerants, ASHRAE, 2019.
- [30] Carrier air conditioning company, Manual de ire acondicionado, Barcelona: Marcombo, 1980.
- [31] N. Quadri, Sistemas de aire acondicionado, primera edicion ed., Buenos Aires: Alsina, 2001.



- [32] Wikipedia, «Columbia Británica,» Wikipedia, Junio 2021. [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Columbia\\_Brit%C3%A1nica#Geograf%C3%ADa](https://es.wikipedia.org/wiki/Columbia_Brit%C3%A1nica#Geograf%C3%ADa). [Último acceso: Julio 2021].
- [33] Wikipedia, «Prince George (Columbia Británica),» Wikipedia, 2020. [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Prince\\_George\\_\(Columbia\\_Brit%C3%A1nica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Prince_George_(Columbia_Brit%C3%A1nica)). [Último acceso: Julio 2021].
- [34] Weather Spark, «El clima promedio en Prince George Canadá,» Weather Spark, [En línea]. Available: <https://es.weatherspark.com/y/1016/Clima-promedio-en-Prince-George-Canad%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Temperature..>. [Último acceso: Febrero 2021].
- [35] ASHRAE, «¿Por qué es importante la 189.1?,» *ASHRAE Journal*, 2010.
- [36] Acr latinoamerica, «Charla de ASHRAE Miami sobre Estándar 15,» Acr latinoamerica, 13 Junio 2017. [En línea]. Available: <https://www.acrlatinoamerica.com/201706137426/noticias/empresas/charla-de-ashrae-miami-sobre-estandar-15.html>. [Último acceso: Febrero 2021].
- [37] ASHRAE, «STANDARDS 15 & 34,» ASHRAE, [En línea]. Available: <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standards-15-34>. [Último acceso: Febrero 2021].
- [38] ASHRAE, «Standards 15 and 34 - Considerations for VRV/VRF Systems,» *ASHRAE*, 2013.
- [39] ASHRAE, «Norma ANSI/ASHRAE 55-2010 Condiciones de Ambiente Térmico para Ocupación Humana,» *ASHRAE*, Septiembre 2011.
- [40] I. Arnabat, «Actualización del Standard Ashrae 55-2017: Condiciones térmicas ambientales para la ocupación humana,» *Calor y frio*, 27 Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://www.caloryfrio.com/noticias/hemeroteca-noticias/standard-ashrae-55-2017-condiciones-termicas-ambientales-ocupacion-humana.html>. [Último acceso: Febrero 2021].

- [41] A. Ordóñez, «Estandar ASHRAE 55,» Seiscubos, 13 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.seiscubos.com/conocimiento/estandar-ashrae-55>. [Último acceso: Febrero 2021].
- [42] ASHRAE, «90.1 portal,» ASHRAE, [En línea]. Available: <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/90-1-portal>. [Último acceso: Febrero 2021].
- [43] ASHRAE Spain Chapter, «Estándar ANSI/AHSRAE 62.1-2019, “Ventilación para una Calidad Adecuada del Aire Interior”, nueva versión revisada,» ASHRAE Spain Chapter, [En línea]. Available: <https://spain-ashrae.org/estandar-ansi-ahsrae-62-1-2019/>. [Último acceso: Febrero 2021].
- [44] ASHRAE, Estandar ASHRAE Ventilacion para una calidad aceptable de aire interior, ASHRAE.
- [45] A. Ruiz y F. Rojas, «despliegue de la función calidad (QFD),» Universidad Pontificia ICAI ICADE Comillas, Madrid, 2009.
- [46] D. San Juan, «Sistema de distribución de aire: volumen de aire variable,» Cero grados, 02 Octubre 2015. [En línea]. Available: <https://0grados.com.mx/sistema-de-distribucion-de-aire-volumen-de-aire-variable/>. [Último acceso: Mayo 2021].
- [47] A. Nieto, «Sistemas de Volumen de Aire Variable – VAV,» Mundo HVACR, [En línea]. Available: <https://www.mundohvacr.com.mx/2006/02/62-3/>. [Último acceso: Mayo 2021].
- [48] Tecener SA de CV, Sistema de Aire Acondicionado, Tutorial para el trabajo en campo, Mexico D.F: GIZ, 2015.
- [49] W. Campos, «Sistemas de Control VAV Multizona para HVAC con Compuertas Lógicas y Multivibrador Monoestable,» 2016.
- [50] Elite Software, «Chvac - Cargas comerciales de HVAC,» Elite Software, [En línea]. Available: <https://www.elitesoft.com/web/hvacr/chvacx.html>. [Último acceso: 2021].

- [51] TRANE, «VariTrane™ Conducto Unico,» TRANE, [En línea]. Available: <https://www.trane.com/commercial/latin-america/cl/es/products-systems/equipment/variable-air-volume/single-duct.html>. [Último acceso: Junio 2021].
- [52] V. Gomez, «Matriz de Leopold: para qué sirve, ventajas, ejemplos,» Lifeder, 4 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.lifeder.com/matriz-de-leopold/>. [Último acceso: Julio 2021].
- [53] E. Lucero y N. Pulido, *Diseño del equipo de aprovisionamiento de agua generada por un sistema de aire acondicionado de un edificio en santa marta para la empresa innovar aire y energía s.a.s, bogotá d.c : Fundación Universidad De América, 2020.*

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1**

# CONDICIONES METEOROLOGICAS DE PRINCE GEORGE, COLUMBIA BRITÁNICA – CANAD SEGÚN ASHRAE.

24/05/2021

2017 ASHRAE Handbook - Fundamentals (IP)															
PRINCE GEORGE, BC, CANADA (WMO: 718960)															
Lat:53.880N		Long:122.68W		Elev:2267		StdP: 13.53		Time zone:-8.00		Period:90-14		WBAN:99999			
<b>Annual Heating and Humidification Design Conditions</b>															
Coldest Month	Heating DB		Humidification DP/MCDB and HR						Coldest month WS/MCDB		MCWS/PCWD to 99.6% DB				
			99.6%			99%			0.4%	1%					
	99.6%	99%	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	WS	MCDB	WS	MCDB	MCWS	PCWD	
1	-22.4	-13.7	-30.4	1.1	-22.0	-21.9	1.8	-13.1	26.0	36.9	23.3	35.5	1.6	20	
<b>Annual Cooling, Dehumidification, and Enthalpy Design Conditions</b>															
Hottest Month	Hottest DB		Cooling DB/MCWB						Evaporation WB/MCDB				MCWS/PCWD to 0.4% DB		
	Range		0.4%		1%		2%		0.4%	1%	2%				
	DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB	MCWS	PCWD	
7	22.8	82.5	61.6	78.7	60.0	75.1	58.3	63.2	78.7	61.2	75.3	59.6	72.5	6.1	0
<b>Dehumidification DP/MCDB and HR</b>															
0.4%			1%			2%			0.4%		1%		2%		Extreme Max WB
DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	Enth	MCDB	
57.4	76.3	66.5	55.7	71.8	64.9	54.0	67.5	63.7	29.6	79.3	28.2	75.5	27.1	72.4	68.7
<b>Extreme Annual Design Conditions</b>															
Extreme Annual WS			Extreme Annual Temperature						n-Year Return Period Values of Extreme Temperature						
			Mean		Standard deviation		n=5 years		n=10 years		n=20 years		n=50 years		
1%	2.5%	5%	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
21.9	18.8	16.7	DB	-28.6	87.9	8.7	3.3	-34.8	90.3	-39.9	92.2	-44.8	94.1	-51.1	96.5
			WB	-28.9	66.3	8.6	1.7	-35.0	67.5	-40.0	68.5	-44.8	69.4	-51.1	70.7
<b>Monthly Climatic Design Conditions</b>															
		Annual	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Temperatures, Degree-Days and Degree-Hours	DBAvg	39.8	17.7	23.5	30.7	40.6	49.8	56.6	60.4	59.0	50.9	39.7	27.8	19.7	
	DBStd	17.79	16.84	11.96	10.27	6.47	6.55	5.28	5.10	5.86	6.23	7.64	10.57	13.70	
	HDD50	4723	1003	743	597	290	85	6	0	3	63	328	666	939	
	HDD65	9244	1468	1163	1062	733	471	258	160	202	422	785	1116	1404	
	CDD50	994	0	0	0	7	80	203	323	282	91	8	0	0	
	CDD65	40	0	0	0	0	1	5	18	16	0	0	0	0	
	CDH74	992	0	0	0	1	33	141	412	367	38	0	0	0	
	CDH80	219	0	0	0	0	4	23	106	83	3	0	0	0	
Wind	WSAvg	6.3	6.9	6.4	7.2	6.7	6.3	5.7	5.1	4.6	5.1	6.7	7.5	7.4	
Precipitation	PrecAvg	25.90	2.40	1.40	1.50	1.20	2.20	2.70	2.60	2.60	2.40	2.50	2.20	2.30	
	PrecMax	35.50	6.30	3.30	2.70	2.60	4.40	5.80	5.30	5.30	5.30	5.00	4.10	5.40	
	PrecMin	18.50	0.60	0.30	0.40	0.50	0.30	0.50	0.80	0.40	0.40	0.80	0.10	0.80	
	PrecStd	4.10	1.30	0.70	0.60	0.50	0.90	1.40	1.30	1.20	1.10	1.20	1.00	1.10	
Monthly Design Dry Bulb and Mean Coincident Wet Bulb Temperatures	0.4%	DB	45.4	47.3	55.8	68.5	78.0	83.4	88.4	86.4	78.4	65.8	51.5	44.6	
		MCWB	39.3	39.6	43.3	50.6	56.9	60.7	63.6	63.3	59.4	52.9	43.6	37.2	
	2%	DB	42.1	43.4	50.3	62.3	72.7	78.0	82.7	82.3	73.5	59.6	45.8	41.3	
		MCWB	37.0	37.2	40.5	47.3	54.3	58.5	61.8	62.2	57.6	49.7	40.6	35.7	
	5%	DB	39.3	40.6	47.1	57.5	68.4	73.9	78.6	78.2	69.0	54.6	42.4	38.4	
		MCWB	35.3	35.4	38.6	44.4	52.2	56.5	60.0	60.6	55.7	47.0	38.1	34.7	
	10%	DB	36.3	37.8	43.9	53.5	64.7	69.8	74.5	73.9	64.1	51.2	39.7	35.7	
		MCWB	33.8	33.5	36.8	42.4	50.4	55.0	58.8	58.7	53.2	45.0	36.4	33.1	

v2

Monthly Design Wet Bulb and Mean Coincident Dry Bulb Temperatures	0.4%	WB	39.9	40.4	44.5	51.8	58.7	62.1	65.5	65.6	60.8	54.9	44.8	39.2
		MCDB	44.1	45.3	53.3	66.2	75.1	77.4	83.2	81.4	74.7	63.6	50.3	42.5
	2%	WB	37.5	38.0	41.5	48.2	55.8	60.0	63.4	63.3	58.6	51.3	41.6	36.4
		MCDB	41.4	42.4	48.8	60.0	68.6	74.5	79.4	78.9	71.4	57.6	45.3	39.5
	5%	WB	35.7	35.8	39.4	45.6	53.7	58.0	61.3	61.4	56.5	48.2	39.0	34.9
		MCDB	38.5	39.8	45.9	55.5	65.3	70.4	75.0	75.7	67.0	53.6	41.6	37.9
	10%	WB	33.9	33.9	37.3	43.4	51.7	56.1	59.6	59.6	54.2	45.6	36.6	33.2
		MCDB	36.2	36.9	43.2	51.6	62.4	67.1	72.1	72.0	62.7	50.1	39.0	35.9
Mean Daily Temperature Range	5% DB	MDBR	12.5	15.3	18.1	20.5	22.5	21.5	22.8	24.0	22.4	16.2	11.4	12.1
		MCDBR	12.0	15.6	21.1	28.2	29.8	29.4	32.0	32.0	31.0	22.6	14.1	12.6
		MCWBR	8.7	10.9	13.0	15.7	14.8	13.4	14.3	14.6	16.6	14.1	10.0	9.4
	5% WB	MCDBR	11.1	14.4	19.6	24.6	26.1	25.1	28.1	29.4	28.9	21.0	13.2	12.1
		MCWBR	8.6	10.4	12.6	14.2	13.4	12.1	13.3	14.2	16.6	14.1	10.0	9.4
	Clear Sky Solar Irradiance	taub	0.259	0.272	0.287	0.319	0.347	0.353	0.345	0.349	0.310	0.294	0.278	0.248
taud		2.319	2.344	2.387	2.440	2.422	2.421	2.483	2.462	2.582	2.594	2.438	2.314	
Ebn,noon		229	266	287	290	286	284	285	277	278	259	223	210	
Edn,noon		18	24	29	31	34	34	32	31	24	19	16	14	
All-Sky Solar Radiation	RadAvg	289	583	1053	1496	1678	1860	1800	1546	1053	569	256	191	
	RadStd	23	52	61	76	115	152	180	71	96	48	32	18	

CDDn	Cooling degree-days base n°F, °F-day	Lat	Latitude, °	Period	Years used to calculate the design conditions
CDHn	Cooling degree-hours base n°F, °F-hour	Long	Longitude, °	Sd	Standard deviation of daily average temperature, °F
DB	Dry bulb temperature, °F	MCDB	Mean coincident dry bulb temperature, °F	StdP	Standard pressure at station elevation, psi
DP	Dew point temperature, °F	MCDBR	Mean coincident dry bulb temp. range, °F	taub	Clear sky optical depth for beam irradiance
Ebn,noon	Clear sky beam normal and diffuse horizontal irradiances at solar noon, Btu/h/ft <sup>2</sup>	MCDBP	Mean coincident dew point temperature, °F	taud	Clear sky optical depth for diffuse irradiance
Edh,noon		MCWB	Mean coincident wet bulb temperature, °F	Tavg	Average temperature, °F
Elev	Elevation, ft	MCWBR	Mean coincident wet bulb temp. range, °F	Time Zone	Hours ahead or behind UTC
Enth	Enthalpy, Btu/lb	MCWS	Mean coincident wind speed, mph	WB	Wet bulb temperature, °F
HDDn	Heating degree-days base n°F, °F-day	MDBR	Mean dry bulb temp. range, °F	Hours 8/4 & 55/69	Number of hours between 8 a.m. and 4 p.m. with DB between 55 and 69 °F
PCWD	Prevailing coincident wind direction, °, 0 = North, 90 = East	WS	Wind speed, mph	HR	Humidity ratio, grains of moisture per lb of dry air

## ANEXO 2

### CONDICIONES DE ZONA

**Tabla 46.**

*Condiciones de zona, oficina 014*

NIVEL : INFERIOR		ZONA : OFICINA 014		
DIMENSIONES				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )			
	150,9291			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	22,8751	3,2083	0,4063	73,3911
<b>PAREDES</b>	22,8751	12,1305	0,4063	277,4874
	22,8751	14,4726	0,4063	331,0632
	22,8751	12,1996	0,4063	279,0679
	22,8751	10,8765	0,4063	248,8016
CARGAS				
ILUMINACION Y EQUIPOS				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	250	1	1	852,5
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a la oficina 014

**Tabla 47.***Condiciones de zona, oficina 0137*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : OFICINA 0137</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )			
	113,607212			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>PAREDES</b>	22,8751333	12,3561083	0,40625	282,647626
	22,8751333	10,7550417	0,40625	246,023012
	22,8751333	12,38365	0,40625	283,277645
	22,8751333	7,79265833	0,40625	178,258098
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	250	1	1	852,5
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a la oficina 0137



**Tabla 48.***Condiciones de zona, oficina 0134*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : OFICINA 0134</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )			
	139,157345			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>PAREDES</b>	22,8751333	16,6262333	0,40625	380,327304
	22,8751333	9,801525	0,40625	224,211191
	22,8751333	11,463	0,40625	262,217653
	22,8751333	10,6164833	0,40625	242,853472
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	250	1	1	852,5
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a la oficina 0134

**Tabla 49.***Condiciones de zona, oficina 013*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : OFICINA 013</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )			
	105,833832			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>PAREDES</b>	22,8751333	10,6670417	0,40625	244,01
	22,8751333	9,96661667	0,40625	227,987685
	22,8751333	10,6666667	0,40625	244,001422
	22,8751333	9,804325	0,40625	224,275242
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	250	1	1	852,5
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a la oficina 013

**Tabla 50.***Condiciones de zona, oficina 0128*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : OFICINA 0128</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )			
	120,953798			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>PAREDES</b>	22,8751333	14,6422833	0,40625	334,944184
	22,8751333	9,95833333	0,40625	227,798203
	22,8751333	9,71213333	0,40625	222,166345
	22,8751333	10,063225	0,40625	230,197614
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	250	1	1	852,5
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a la oficina 0128

**Tabla 51.***Condiciones de zona, oficina 0126A*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : OFICINA 0126A</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )			
	91,4513366			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>PAREDES</b>	22,8751333	10,5412583	0,40625	241,13269
	22,8751333	10,309625	0,40625	235,834046
	22,8751333	7,87293333	0,40625	180,0944
	22,8751333	9,95833333	0,40625	227,798203
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	250	1	1	852,5
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a la oficina 0126A

**Tabla 52.***Condiciones de zona, oficina 0126B*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : OFICINA 0126B</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )			
	256,697313			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>PAREDES</b>	22,8751333	21,3924583	0,40625	489,355337
	22,8751333	13,497775	0,40625	308,763403
	22,8751333	21,20975	0,40625	485,175859
	22,8751333	10,7078417	0,40625	244,943306
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	250	1	1	852,5
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a la oficina 0126B

**Tabla 53.***Condiciones de zona, oficina 0138*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : OFICINA 0138</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )			
	372,153695			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>PAREDES</b>	22,8751333	32,6373583	0,40625	746,583924
	22,8751333	21,125675	0,40625	483,252632
	22,8751333	12,1372667	0,40625	277,641593
	22,8751333	30,9547	0,40625	708,09289
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
3,41	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
3,41	250	1	1	852,5
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
250	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
200	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a la oficina 0138

**Tabla 54.***Condiciones de zona, oficina 0139*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : OFICINA 0139</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )			
	239,708776			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>PAREDES</b>	22,8751333	14,4337417	0,40625	330,173765
	22,8751333	14,866875	0,40625	340,081748
	22,8751333	14,4337167	0,40625	330,173193
	22,8751333	18,6348417	0,40625	426,274488
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	250	1	1	852,5
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a la oficina 0139

**Tabla 55.***Condiciones de zona, oficina 0129*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : OFICINA 0129</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	250,1438			
	<b>Largo ( ft )</b>	<b>Ancho ( ft )</b>	<b>Espesor ( ft )</b>	<b>Area General ( ft2 )</b>
<b>Direccion: Norte</b>				
<b>PARED</b>	22,8751	12,825	0,4063	293,3732
<b>VIDRIO</b>	4,9018	14,5058	-	71,298
<b>Particiones internas</b>	<b>Largo ( ft )</b>	<b>Ancho ( ft )</b>	<b>Espesor ( ft )</b>	<b>Area General ( ft2 )</b>
<b>PARED</b>	22,8751	22,1491	0,4063	506,664
	22,8751	9,9343	0,4063	227,249
	22,8751	22,016	0,4063	503,6178
<b>PUERTAS</b>	22,8751	3,2083	0,4063	73,3911
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
3,41	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
3,41	250	1	1	852,5
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
250	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
200	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a la oficina 0129



**Tabla 56.***Condiciones de zona, oficina 0102CU*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : OFICINA 0102CU</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )			
	286,73581			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>PAREDES</b>	22,8751333	9,570175	0,40625	218,919029
	22,8751333	29,9432417	0,40625	684,955646
	22,8751333	9,58179167	0,40625	219,184762
	22,8751333	29,9432417	0,40625	684,955646
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	250	1	1	852,5
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a la oficina 0102CU

**Tabla 57.***Condiciones de zona, oficina 0133*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : OFICINA 0133</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
PISOS Y TECHOS				
<b>Area ( ft2 )</b>	93,4732075			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>Direccion: Norte</b>				
<b>PARED</b>	22,8751333	10,1331	0,40625	231,796014
<b>VIDRIO</b>	4,90175	14,505825	-	71,2980377
<b>Particiones internas</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>PARED</b>	22,8751333	8,60131667	0,40625	196,756266
	22,8751333	10,049275	0,40625	229,878506
	22,8751333	9,98403333	0,40625	228,386094
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	250	1	1	852,5
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a la oficina 0133

**Tabla 58.***Condiciones de zona, oficina 0135*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : OFICINA 0135</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	96,2661051			
	<b>Largo ( ft )</b>	<b>Ancho ( ft )</b>	<b>Espesor ( ft )</b>	<b>Area General ( ft2 )</b>
<b>Direccion: Norte</b>				
<b>PARED</b>	22,8751333	10,1535333	0,40625	232,263429
<b>VIDRIO</b>	4,90175	14,505825	-	71,2980377
<b>Particiones internas</b>	<b>Largo ( ft )</b>	<b>Ancho ( ft )</b>	<b>Espesor ( ft )</b>	<b>Area General ( ft2 )</b>
<b>PARED</b>	22,8751333	8,820025	0,40625	201,759248
	22,8751333	10,2159917	0,40625	233,692172
	22,8751333	10,16415	0,40625	232,506286
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
3,41	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
3,41	250	1	1	852,5
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
250	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
200	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a la oficina 0135

**Tabla 59.***Condiciones de zona, almacenamiento 0115FF*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : ALMACENAMIENTO 0115FF</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )			
	823,261309			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>PAREDES</b>	22,8751333	58,6470583	0,40625	1341,55928
	22,8751333	21,2160833	0,40625	485,320735
	22,8751333	21,805	0,40625	498,792282
	22,8751333	21,7448917	0,40625	497,417296
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>-</b>	-	-	-	0
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a la oficina 0115FF

**Tabla 60.***Condiciones de zona, almacenamiento 0132*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : ALMACENAMIENTO 0132</b>			
<b>DIMENSIONES</b>					
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )				
	29,6339609				
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )	
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-	
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259	
<b>PAREDES</b>	22,8751333	6,13194167	0,40625	140,268983	
	22,8751333	4,41184167	0,40625	100,921466	
	22,8751333	6,13194167	0,40625	140,268983	
	22,8751333	6,2626	0,40625	143,25781	
<b>CARGAS</b>					
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>					
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)	
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8	
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)	
<b>-</b>	-	-	-	0	
<b>PERSONAS</b>					
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)		
<b>250</b>	2	1	500		
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)		
<b>200</b>	2	1	400		

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a la oficina 0132

**Tabla 61.***Condiciones de zona, almacenamiento 0101M2*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : ALMACENAMIENTO 0101M2</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )			
	68,7095157			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>PAREDES</b>	22,8751333	6,71786667	0,40625	153,672096
	22,8751333	10,2393333	0,40625	234,226115
	22,8751333	6,70654167	0,40625	153,413035
	22,8751333	10,234125	0,40625	234,106974
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>-</b>	-	-	-	-
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a la oficina 0101M2

**Tabla 62.***Condiciones de zona, almacenamiento 0123FF*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : ALMACENAMIENTO 0123FF</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	466,2716			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2
<b>Direccion: Noroeste</b>				
<b>PARED</b>	22,8751333	20,639	0,40625	523,598839
<b>VIDRIO</b>	4,90175	14,505825	-	71,2980377
<b>Particiones internas</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2
<b>PARED</b>	22,8751333	17,3980417	0,40625	397,982523
	22,8751333	22,2777667	0,40625	509,606883
	22,8751333	23,5552583	0,40625	538,829675
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>-</b>	-	-	-	-
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a la oficina 0123FF

**Tabla 63.**

*Condiciones de zona, almacenamiento 0121FF*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : ALMACENAMIENTO 0121FF</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	2467,23498			
<b>Direccion: Norte</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>PARED</b>	22,8751333	110,090642	0,40625	2518,33811
<b>VIDRIO</b>	4,90175	14,505825	-	71,2980377
<b>Particiones internas</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>PARED</b>	22,8751333	25,9200833	0,40625	592,925362
	22,8751333	97,0652833	0,40625	2220,3813
	22,8751333	24,4936583	0,40625	560,2957
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
3,41	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
-	-	-	-	-
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
250	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
200	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a la oficina 0121FF



**Tabla 64.***Condiciones de zona, Telecomunicaciones 0104ME*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : TELECOMUNICACIONES 0104ME</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )			
	64,3393866			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>PAREDES</b>	22,8751333	10,102775	0,40625	231,102325
	22,8751333	7,81810833	0,40625	178,840271
	22,8751333	6,10763333	0,40625	139,712927
	22,8751333	8,84105	0,40625	202,240198
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	500	1	1	1705
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a Telecomunicaciones 0104ME

**Tabla 65.***Condiciones de zona, Telecomunicaciones 0110ME*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : TELECOMUNICACIONES 0110ME</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )			
	67,6544275			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>PAREDES</b>	22,8751333	9,02651667	0,40625	206,482772
	22,8751333	6,020475	0,40625	137,719168
	22,8751333	10,7418833	0,40625	245,722014
	22,8751333	7,06585833	0,40625	161,632451
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	500	1	1	1705
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a Telecomunicaciones 0110ME

**Tabla 66.***Condiciones de zona, Telecomunicaciones 0114ME*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : TELECOMUNICACIONES 0114ME</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )			
	160,0504			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	22,8751	3,2083	0,4063	73,3911
<b>PAREDES</b>	22,8751	7,822	0,4063	178,9299
	22,8751	15,8197	0,4063	361,8772
	22,8751	12,0248	0,4063	275,0693
	22,8751	16,8913	0,4063	386,3902
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	500	1	1	1705
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF		(Btu/h)
<b>250</b>	2	1		500
<b>LHG</b>	n	CLF		(Btu/h)
<b>200</b>	2	1		400

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a Telecomunicaciones 0114ME

**Tabla 67.***Condiciones de zona, Telecomunicaciones 0125EL*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : TELECOMUNICACIONES 0125EL</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )			
	197,893444			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>PAREDES</b>	22,8751333	14,5361583	0,40625	332,51656
	22,8751333	12,4091583	0,40625	283,861151
	22,8751333	17,7788167	0,40625	406,692802
	22,8751333	12,4318333	0,40625	284,379845
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	500	1	1	1705
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF		(Btu/h)
<b>250</b>	2	1		500
<b>LHG</b>	n	CLF		(Btu/h)
<b>200</b>	2	1		400

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a Telecomunicaciones 0125EL

**Tabla 68.**

*Condiciones de zona, Telecomunicaciones 0125AEL*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : TELECOMUNICACIONES 0125AEL</b>			
<b>DIMENSIONES</b>					
<b>PISOS Y TECHOS</b>					
<b>Area ( ft2 )</b>	170,2304				
<b>Direccion: Noroeste</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )	
<b>PARED</b>	22,8751	20,2975	0,4063	464,3088	
<b>VIDRIO</b>	4,9018	14,5058	-	71,298	
<b>Particiones internas</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )	
<b>PARED</b>	22,8751	17,9543	0,4063	410,7076	
	22,8751	8,9859	0,4063	205,5531	
	22,8751	8,9687	0,4063	205,1604	
<b>PUERTAS</b>	22,8751	3,2083	0,4063	73,3911	
<b>CARGAS</b>					
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>					
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)	
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8	
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)	
<b>3,41</b>	500	1	1	1705	
<b>PERSONAS</b>					
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)		
<b>250</b>	2	1	500		
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)		
<b>200</b>	2	1	400		

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a Telecomunicaciones 0124AEL

**Tabla 69.**

*Condiciones de zona, Telecomunicaciones 0122ME*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : TELECOMUNICACIONES 0122ME</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	618,4857153			
<b>Direccion: Noroeste</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>PARED</b>	22,87513333	20,97720833	0,40625	479,8564376
<b>VIDRIO</b>	4,90175	14,505825	-	71,2980377
<b>Particiones internas</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>PARED</b>	22,87513333	38,57358333	0,40625	882,3758619
	22,87513333	40,10771667	0,40625	917,4693664
	22,87513333	10,82631667	0,40625	247,6534373
<b>PUERTAS</b>	22,87513333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
3,41	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
3,41	500	1	1	1705
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
250	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
200	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a Telecomunicaciones 0122ME

**Tabla 70.***Condiciones de zona, Telecomunicaciones 0123ME*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : TELECOMUNICACIONES 0123ME</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	1000,32454			
<b>Direccion: Norte</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>PARED</b>	22,8751333	54,0050083	0,40625	1235,37177
<b>VIDRIO</b>	4,90175	14,505825	-	71,2980377
<b>Particiones internas</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>PARED</b>	22,8751333	25,817425	0,40625	590,577039
	22,8751333	27,9506	0,40625	639,373702
	22,8751333	20,7698083	0,40625	475,112135
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>COMPUTADOR PORTATIL</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	500	1	1	1705
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	2	1	500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	2	1	400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a Telecomunicaciones 0123ME

**Tabla 71.***Condiciones de zona, sala de almuerzo 0151*

<b>NIVEL : INFERIOR</b>		<b>ZONA : SALA DE ALMUERZO 0151</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )			
	199,040069			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	22,8751333	3,20833333	0,40625	73,39105259
<b>PAREDES</b>	22,8751333	10,6062417	0,40625	242,619192
	22,8751333	16,560225	0,40625	378,817355
	22,8751333	14,6825833	0,40625	335,866051
	22,8751333	15,25	0,40625	348,845783
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>CAFETERA ELECTRICA</b>	SENSIBLE	LATENTE		(Btu/h)
	230	70		300
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF		(Btu/h)
<b>250</b>	5	1		1250
<b>LHG</b>	n	CLF		(Btu/h)
<b>200</b>	5	1		1000

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0151



**Tabla 72.***Condiciones de zona, de comida 0201*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0201</b>			
<b>DIMENSIONES</b>					
<b>PISOS Y TECHOS</b>					
<b>Area ( ft2 )</b>	6247,6167				
<b>Direccion: Noroeste</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )	
<b>PARED</b>	12,7534	27,8088	0,4063	354,6561	
	12,7534	25,7078	0,4063	327,8612	
<b>VIDRIO</b>	3,2292	9,5117	-	30,7148	
<b>Particiones internas</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )	
<b>PARED</b>	-	-	-	-	
	-	-	-	-	
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-	
<b>CARGAS</b>					
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>					
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)	
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8	
<b>PERSONAS</b>					
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)		
<b>250</b>	22	1	5500		
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)		
<b>200</b>	22	1	4400		

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0201

**Tabla 73.***Condiciones de zona, de comida 0206*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0206</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	619,518229			
<b>Direccion: Noroeste</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>PARED</b>	12,7533583	27,7808417	0,40625	354,299029
	12,7533583	25,5479833	0,40625	325,822586
<b>VIDRIO</b>	3,22916667	9,51166667	-	30,7147569
<b>Particiones internas</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>PARED</b>	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	22	1	5500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	22	1	4400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0206

**Tabla 74.***Condiciones de zona, de comida 0203*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0203</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	622,541653			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>Direccion: Noroeste</b>				
<b>PARED</b>	12,7533583	27,8035083	0,40625	354,588105
	3,22916667	9,51166667	-	30,7147569
<b>Particiones internas</b>				
<b>PARED</b>	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	22	1	5500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	22	1	4400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0203

**Tabla 75***Condiciones de zona, de comida 0202*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0202</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	626,551077			
<b>Direccion: Noroeste</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>PARED</b>	12,7533583	27,8091833	0,40625	354,66048
	3,22916667	9,51166667	-	30,7147569
<b>Particiones internas</b>				
<b>PARED</b>	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	22	1	5500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	22	1	4400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0202

**Tabla 76.***Condiciones de zona, de comida 0204*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0204</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	619,621419			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>Direccion: Noroeste</b>				
<b>PARED</b>	12,7533583	27,7815083	0,40625	354,307531
	3,22916667	9,51166667	-	30,7147569
<b>Particiones internas</b>				
<b>PARED</b>	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	22	1	5500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	22	1	4400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0204

**Tabla 77.***Condiciones de zona, de comida 0211*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0211</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	305,560312			
<b>Direccion: Noroeste</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>PARED</b>	12,7533583	21,0209417	0,40625	268,087602
	3,22916667	9,51166667	-	30,7147569
<b>Particiones internas</b>				
<b>PARED</b>	12,7533583	16,8289167	0,40625	214,625205
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	22	1	5500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	22	1	4400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0211

**Tabla 78.***Condiciones de zona, de comida 0202*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0205</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	619,215206			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>Direccion: Noroeste</b>				
<b>PARED</b>	12,7533583	27,74905	0,40625	353,893578
	3,22916667	9,51166667	-	30,7147569
<b>Particiones internas</b>				
<b>PARED</b>	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	22	1	5500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	22	1	4400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0205

**Tabla 79.***Condiciones de zona, de comida 0212*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0212</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	259,455293			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>Direccion: Noroeste</b>				
<b>PARED</b>	12,7533583	21,0264333	0,40625	268,157639
	3,22916667	9,51166667	-	30,7147569
<b>Particiones internas</b>				
<b>PARED</b>	12,7533583	4,09696667	0,40625	52,250084
	12,7533583	17,4859667	0,40625	223,004799
	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	22	1	5500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	22	1	4400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0212



**Tabla 80.***Condiciones de zona, de comida 0213*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0213</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	351,777193			
<b>Direccion: Noroeste</b>	<b>Largo ( ft )</b>	<b>Ancho ( ft )</b>	<b>Espesor ( ft )</b>	<b>Area General ( ft2 )</b>
<b>PARED</b>	12,7533583	21,028175	0,40625	268,179851
	3,22916667	9,51166667	-	30,7147569
<b>Particiones internas</b>				
<b>PARED</b>	12,7533583	16,2575333	0,40625	207,338148
	12,7533583	7,036575	0,40625	89,7399624
	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	<b>W</b>	<b>BF</b>	<b>CLF</b>	<b>(Btu/h)</b>
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	<b>n</b>	<b>CLF</b>	<b>(Btu/h)</b>	
<b>250</b>	22	1	5500	
<b>LHG</b>	<b>n</b>	<b>CLF</b>	<b>(Btu/h)</b>	
<b>200</b>	22	1	4400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0213

**Tabla 81.***Condiciones de zona, de comida 0214*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0214</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	345,846528			
<b>Direccion: Noroeste</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>PARED</b>	12,7533583	21,0273	0,40625	268,168692
	3,22916667	9,51166667	-	30,7147569
<b>Particiones internas</b>				
<b>PARED</b>	12,7533583	15,7595083	0,40625	200,986657
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	22	1	5500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	22	1	4400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0214

**Tabla 82.***Condiciones de zona, de comida 0217*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0217</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	440,635859			
<b>Direccion: Noroeste</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>PARED</b>	12,7533583	20,971225	0,40625	267,453547
	3,22916667	9,51166667	-	30,7147569
<b>Particiones internas</b>				
<b>PARED</b>	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	22	1	5500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	22	1	4400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 02017

**Tabla 83.***Condiciones de zona, de comida 0218*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0218</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	387,962948			
<b>Direccion: Noroeste</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>PARED</b>	12,7533583	20,33495	0,40625	259,338904
	3,22916667	9,51166667	-	30,7147569
<b>Particiones internas</b>				
<b>PARED</b>	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	22	1	5500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	22	1	4400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0218

**Tabla 84.***Condiciones de zona, de comida 0219*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0219</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	424,853944			
<b>Particiones internas</b>				
<b>Direccion: Noroeste</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>PARED</b>	12,7533583	22,4644333	0,40625	286,496968
	3,22916667	9,51166667	-	30,7147569
<b>PARED</b>	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	22	1	5500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	22	1	4400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0219

**Tabla 85.***Condiciones de zona, de comida 0220*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0220</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	391,944117			
	<b>Largo ( ft )</b>	<b>Ancho ( ft )</b>	<b>Espesor ( ft )</b>	<b>Area General ( ft2 )</b>
<b>Direccion: Noroeste</b>				
<b>PARED</b>	12,7533583	19,8571583	0,40625	253,245456
	3,22916667	9,51166667	-	30,7147569
<b>Particiones internas</b>				
<b>PARED</b>	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	<b>W</b>	<b>BF</b>	<b>CLF</b>	<b>(Btu/h)</b>
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	<b>n</b>	<b>CLF</b>	<b>(Btu/h)</b>	
<b>250</b>	22	1	5500	
<b>LHG</b>	<b>n</b>	<b>CLF</b>	<b>(Btu/h)</b>	
<b>200</b>	22	1	4400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0220

**Tabla 86.***Condiciones de zona, de comida 0221*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0221</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	403,764399			
<b>Direccion: Noroeste</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>PARED</b>	12,7533583	20,931075	0,40625	266,9415
	3,22916667	9,51166667	-	30,7147569
<b>Particiones internas</b>				
<b>PARED</b>	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	22	1	5500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	22	1	4400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0221

**Tabla 87.***Condiciones de zona, de comida 0222*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0222</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	402,586019			
<b>Direccion: Noroeste</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>PARED</b>	12,7533583	20,870825	0,40625	266,17311
	3,22916667	9,51166667	-	30,7147569
<b>Particiones internas</b>				
<b>PARED</b>	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	22	1	5500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	22	1	4400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0222



**Tabla 88.***Condiciones de zona, de comida 0223*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0223</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	403,125754			
<b>Direccion: Noroeste</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>PARED</b>	12,7533583	20,9198083	0,40625	266,797812
	3,22916667	9,51166667	-	30,7147569
<b>Particiones internas</b>				
<b>PARED</b>	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	22	1	5500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	22	1	4400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0223

**Tabla 89.***Condiciones de zona, de comida 0224*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0224</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>				
<b>Area ( ft2 )</b>	403,11802			
<b>Direccion: Noroeste</b>	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>PARED</b>	12,7533583	20,89215	0,40625	266,445075
	3,22916667	9,51166667	-	30,7147569
<b>Particiones internas</b>				
<b>PARED</b>	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	22	1	5500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	22	1	4400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0224

**Tabla 90.***Condiciones de zona, de comida 0216*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0216</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )			
	744,6407			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>PAREDES</b>	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	22	1	5500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	22	1	4400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0216

**Tabla 91.***Condiciones de zona, de comida 0225*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0225</b>			
<b>DIMENSIONES</b>					
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )				
	511,079894				
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )	
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-	
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-	
<b>PAREDES</b>	-	-	-	-	
	-	-	-	-	
	-	-	-	-	
	-	-	-	-	
<b>CARGAS</b>					
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>					
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)	
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8	
<b>PERSONAS</b>					
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)		
<b>250</b>	22	1	5500		
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)		
<b>200</b>	22	1	4400		

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0225

**Tabla 92.***Condiciones de zona, de comida 0226*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0226</b>			
<b>DIMENSIONES</b>					
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )				
	1288,55681				
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )	
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-	
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-	
<b>PAREDES</b>	-	-	-	-	
	-	-	-	-	
	-	-	-	-	
	-	-	-	-	
<b>CARGAS</b>					
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>					
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)	
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8	
<b>PERSONAS</b>					
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)		
<b>250</b>	22	1	5500		
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)		
<b>200</b>	22	1	4400		

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0226

**Tabla 93.***Condiciones de zona, de comida 0207*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0207</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	Area ( ft2 )			
	164,408759			
	Largo ( ft )	Ancho ( ft )	Espesor ( ft )	Area General ( ft2 )
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>PAREDES</b>	12,7533583	18,9038833	0,40625	241,087998
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	W	BF	CLF	(Btu/h)
<b>3,41</b>	64	1,25	1	272,8
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>250</b>	22	1	5500	
<b>LHG</b>	n	CLF	(Btu/h)	
<b>200</b>	22	1	4400	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0207

**Tabla 94.***Condiciones de zona, de comida 0208*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0208</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	<b>Area ( ft2 )</b>			
	<b>167,563551</b>			
	<b>Largo ( ft )</b>	<b>Ancho ( ft )</b>	<b>Espesor ( ft )</b>	<b>Area General ( ft2 )</b>
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>PAREDES</b>	<b>12,7533583</b>	<b>19,045675</b>	<b>0,40625</b>	<b>242,896318</b>
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	<b>W</b>	<b>BF</b>	<b>CLF</b>	<b>(Btu/h)</b>
<b>3,41</b>	<b>64</b>	<b>1,25</b>	<b>1</b>	<b>272,8</b>
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	<b>n</b>	<b>CLF</b>	<b>(Btu/h)</b>	
<b>250</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>5500</b>	
<b>LHG</b>	<b>n</b>	<b>CLF</b>	<b>(Btu/h)</b>	
<b>200</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>4400</b>	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0208

**Tabla 95.***Condiciones de zona, de comida 0209*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0209</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	<b>Area ( ft2 )</b>			
	<b>220,6813</b>			
	<b>Largo ( ft )</b>	<b>Ancho ( ft )</b>	<b>Espesor ( ft )</b>	<b>Area General ( ft2 )</b>
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>PAREDES</b>	<b>12,7533583</b>	<b>18,0070583</b>	<b>0,40625</b>	<b>229,650467</b>
	<b>12,7533583</b>	<b>2,99938333</b>	<b>0,40625</b>	<b>38,2522104</b>
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	<b>W</b>	<b>BF</b>	<b>CLF</b>	<b>(Btu/h)</b>
<b>3,41</b>	<b>64</b>	<b>1,25</b>	<b>1</b>	<b>272,8</b>
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	<b>n</b>	<b>CLF</b>	<b>(Btu/h)</b>	
<b>250</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>5500</b>	
<b>LHG</b>	<b>n</b>	<b>CLF</b>	<b>(Btu/h)</b>	
<b>200</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>4400</b>	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0209



**Tabla 96.***Condiciones de zona, de comida 0210*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0210</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	<b>Area ( ft2 )</b>			
	<b>268,24788</b>			
	<b>Largo ( ft )</b>	<b>Ancho ( ft )</b>	<b>Espesor ( ft )</b>	<b>Area General ( ft2 )</b>
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>PAREDES</b>	<b>12,7533583</b>	<b>17,4718</b>	<b>0,40625</b>	<b>222,824126</b>
	<b>12,7533583</b>	<b>4,99805</b>	<b>0,40625</b>	<b>63,7419226</b>
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	<b>W</b>	<b>BF</b>	<b>CLF</b>	<b>(Btu/h)</b>
<b>3,41</b>	<b>64</b>	<b>1,25</b>	<b>1</b>	<b>272,8</b>
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	<b>n</b>	<b>CLF</b>	<b>(Btu/h)</b>	
<b>250</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>5500</b>	
<b>LHG</b>	<b>n</b>	<b>CLF</b>	<b>(Btu/h)</b>	
<b>200</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>4400</b>	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0210

**Tabla 97.***Condiciones de zona, de comida 0215*

<b>NIVEL : SUPERIOR</b>		<b>ZONA DE COMIDAS 0215</b>		
<b>DIMENSIONES</b>				
<b>PISOS Y TECHOS</b>	<b>Area ( ft2 )</b>			
	<b>351,844537</b>			
	<b>Largo ( ft )</b>	<b>Ancho ( ft )</b>	<b>Espesor ( ft )</b>	<b>Area General ( ft2 )</b>
<b>VIDRIO</b>	-	-	-	-
<b>PUERTAS</b>	-	-	-	-
<b>PAREDES</b>	<b>12,7533583</b>	<b>21,0281667</b>	<b>0,40625</b>	<b>268,179745</b>
	<b>12,7533583</b>	<b>4,69496667</b>	<b>0,40625</b>	<b>59,8765923</b>
	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>CARGAS</b>				
<b>ILUMINACION Y EQUIPOS</b>				
<b>LUCES</b>	<b>W</b>	<b>BF</b>	<b>CLF</b>	<b>(Btu/h)</b>
<b>3,41</b>	<b>64</b>	<b>1,25</b>	<b>1</b>	<b>272,8</b>
<b>PERSONAS</b>				
<b>SHG</b>	<b>n</b>	<b>CLF</b>	<b>(Btu/h)</b>	
<b>250</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>5500</b>	
<b>LHG</b>	<b>n</b>	<b>CLF</b>	<b>(Btu/h)</b>	
<b>200</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>4400</b>	

*Nota.* La tabla muestra las condiciones de zona correspondientes a sala de almuerzo 0215

ANEXO 3

RESULTADOS CARGAS TERMICAS OBTENITOS POR SOFTWARE ELITE CHVAC

7.01.169 LICENCIADO.

Chvac - Full Commercial HVAC Loads Calculation Program		Elite Software Development, Inc.					
pRajkE		Trabajo De Grado					
Hill		Page 38					
<b>Air Handler #1 - VAV - Summary Loads for Zones (G)</b>							
Zn No	Description Group Peak Time	Area People Volume	Htg.Loss Htg.CFM CFM/Sqft	Sen.Gain Clg.CFM CFM/Sqft	Lat.Gain S.Exh W.Exh	Htg.O.A. Req.CFM Act.CFM	Clg.O.A. Req.CFM Act.CFM
1	Sala De Almuerzo 0151 6pm March	200 2 2,000	2,287 1 0,00	3,955 195 0,98	408 0 0	None 0 0	None 0 0
2	Telecomunicaciones 0104 ME 6pm March	64 1 640	1,289 0 0,01	1,834 91 1,42	131 0 0	None 0 0	None 0 0
3	Telecomunicaciones 0110ME 6pm March	68 1 680	1,331 1 0,01	1,909 94 1,39	139 0 0	None 0 0	None 0 0
4	Telecomunicaciones 0114 ME 6pm March	160 2 1,600	2,079 1 0,00	3,420 169 1,05	325 0 0	None 0 0	None 0 0
5	Telecomunicaciones 0125 E1 6pm March	200 2 2,000	2,287 1 0,00	3,955 195 0,98	408 0 0	None 0 0	None 0 0
6	Almacenamiento 0132 6pm March	30 0 300	915 0 0,01	1,177 58 1,94	61 0 0	None 0 0	None 0 0
7	Almacenamiento 0115 FF 6pm March	805 8 8,050	5,031 2 0,00	11,667 577 0,72	1,642 0 0	None 0 0	None 0 0
8	Almacenamiento 0101 M2 6pm March	72 1 715	1,331 1 0,01	1,938 95 1,34	145 0 0	None 0 0	None 0 0
9	Oficina 014 6pm March	150 2 1,500	1,995 1 0,01	3,254 161 1,07	305 0 0	None 0 0	None 0 0
10	Oficina 0137 6pm March	113 1 1,130	1,705 1 0,01	2,655 131 1,15	231 0 0	None 0 0	None 0 0
11	Oficina 0134 6pm March	140 1 1,400	1,913 1 0,01	3,085 153 1,09	285 0 0	None 0 0	None 0 0
12	Oficina 013 6pm March	105 1 1,050	1,580 1 0,01	2,464 122 1,15	214 0 0	None 0 0	None 0 0
13	Oficina 0128 6pm March	120 1 1,200	1,746 1 0,01	2,755 135 1,14	245 0 0	None 0 0	None 0 0
14	Oficina 0126A 6pm March	90 1 900	1,497 1 0,01	2,257 112 1,24	184 0 0	None 0 0	None 0 0
15	Oficina 0125B 6pm March	256 3 2,560	2,703 1 0,00	4,835 239 0,93	522 0 0	None 0 0	None 0 0



**Air Handler #1 - VAV - Summary Loads for Zones (G) (cont'd)**

Zn No	Description Group Peak Time	Area People Volume	Htg.Loss Htg.CFM CFM/Sqft	Sen.Gain Clg.CFM CFM/Sqft	Lat.Gain S.Exh W.Exh	Htg.O.A. Req.CFM Act.CFM	Clg.O.A. Req.CFM Act.CFM
16	Oficina 0138 6pm March	370 4 3.700	3.950 1 0,00	7.033 348 0,94	755 0 0	None 0 0	None 0 0
17	Oficina 0139 6pm March	239 2 2.390	2.495 1 0,00	4.485 323 0,93	488 0 0	None 0 0	None 0 0
18	Oficina 0102CU 6pm March	288 3 2.880	3.160 1 0,00	5.545 274 0,96	583 0 0	None 0 0	None 0 0
19	Oficina 0129 6pm March	220 2 2.200	7.433 3 0,01	2.376 118 0,53	449 0 0	None 0 0	None 0 0
20	Oficina 0133 6pm March	93 1 930	5.783 2 0,02	489 22 0,24	190 0 0	None 0 0	None 0 0
21	Oficina 0135 6pm March	98 1 980	5.824 2 0,02	516 26 0,27	196 0 0	None 0 0	None 0 0
22	Almacenamiento 0123 FF 6pm March	488 5 4.880	10.082 4 0,01	4.277 212 0,45	951 0 0	None 0 0	None 0 0
23	Almacenamiento 0121 FF 6pm March	2.400 24 24.000	39.170 15 0,01	22.094 1.093 0,46	4.896 0 0	None 0 0	None 0 0
24	Telecomunicaciones 0123 ME 6pm March	1.000 10 10.000	20.167 8 0,01	9.245 457 0,46	2.040 0 0	None 0 0	None 0 0
25	Telecomunicaciones 0122 ME 6pm March	610 6 6.100	11.163 4 0,01	7.763 384 0,63	1.344 0 0	None 0 0	None 0 0
26	Telecomunicaciones 012 AEL 6pm March	610 6 6.100	8.876 3 0,01	5.430 269 0,44	1.344 0 0	None 0 0	None 0 0
27	Zona De Comidas 0201 1pm March	6.100 61 61.000	6.688 3 0,00	49.824 2.465 0,40	12.444 0 0	None 0 0	None 0 0
28	Zona De Comidas 0206 1pm March	619 6 6.190	6.688 3 0,00	5.326 264 0,43	1.263 0 0	None 0 0	None 0 0
29	Zona De Comidas 0203 1pm March	622 6 6.220	6.121 2 0,00	4.772 236 0,38	1.369 0 0	None 0 0	None 0 0
30	Zona De Comidas 0202 1pm March	626 6 6.260	6.121 2 0,00	4.804 238 0,38	1.277 0 0	None 0 0	None 0 0



**Air Handler #1 - VAV - Summary Loads for Zones (G) (cont'd)**

Zn No	Description Group Peak Time	Area People Volume	Htg.Loss Htg.CFM CFM/Sqft	Sen.Gain Clg.CFM CFM/Sqft	Lat.Gain S.Exh W.Exh	Htg.O.A. Req.CFM Act.CFM	Clg.O.A. Req.CFM Act.CFM
31	Zona De Comidas 0204 1pm March	619 6 6.190	6.121 2 0.00	4.747 235 0.38	1.263 0 0	None 0 0	None 0 0
32	Zona De Comidas 0205 1pm March	619 6 6.190	6.121 2 0.00	4.747 235 0.38	1.263 0 0	None 0 0	None 0 0
33	Zona De Comidas 0211 1pm March	305 3 3.050	5.553 2 0.01	2.809 139 0.46	622 0 0	None 0 0	None 0 0
34	Zona De Comidas 0212 1pm March	260 2 2.600	5.666 2 0.01	2.559 127 0.49	530 0 0	None 0 0	None 0 0
35	Zona De Comidas 0213 1pm March	350 4 3.500	5.712 2 0.01	3.336 165 0.47	714 0 0	None 0 0	None 0 0
36	Zona De Comidas 0214 1pm March	345 3 3.450	5.530 2 0.01	3.111 154 0.45	704 0 0	None 0 0	None 0 0
37	Zona De Comidas 0217 1pm March	440 4 4.400	5.035 2 0.00	3.575 177 0.40	866 0 0	None 0 0	None 0 0
38	Zona De Comidas 0218 1pm March	387 4 3.870	5.035 2 0.00	3.145 156 0.40	789 0 0	None 0 0	None 0 0
39	Zona De Comidas 0219 1pm March	424 4 4.240	5.345 2 0.00	3.365 166 0.39	865 0 0	None 0 0	None 0 0
40	Zona De Comidas 0220 1pm March	424 4 4.240	4.880 2 0.00	3.485 172 0.41	865 0 0	None 0 0	None 0 0
41	Zona De Comidas 0221 1pm March	400 4 4.000	5.035 2 0.00	3.250 161 0.40	816 0 0	None 0 0	None 0 0
42	Zona De Comidas 0222 1pm March	400 4 4.000	5.035 2 0.00	3.250 161 0.40	816 0 0	None 0 0	None 0 0
43	Zona De Comidas 0223 1pm March	400 4 4.000	5.035 2 0.00	3.250 161 0.40	816 0 0	None 0 0	None 0 0
44	Zona De Comidas 0224 1pm March	400 4 4.000	5.035 2 0.00	3.250 161 0.40	816 0 0	None 0 0	None 0 0
45	Zona De Comidas 0216 1pm March	740 7 7.400	1.16 0 0.00	5.969 295 0.40	1.510 0 0	None 0 0	None 0 0
46	Zona De Comidas 0225 1pm March	511 6 5.110	1.16 0 0.00	4.109 203 0.40	1.042 0 0	None 0 0	None 0 0



**Air Handler #1 - VAV - Summary Loads for Zones (G) (cont'd)**

Zn No	Description Group Peak Time	Area People Volume	Htg.Loss Htg.CFM CFM/Sqft	Sen.Gain Clg.CFM CFM/Sqft	Lat.Gain S.Exh W.Exh	Htg.O.A. Req.CFM Act.CFM	Clg.O.A. Req.CFM Act.CFM
47	Zona De Comidas 0226 1pm March	1,280 13 12,800	116 0 0,00	10,353 212 0,40	2,611 0 0	None 0 0	None 0 0
48	Zona De Comidas 0208 1pm March	164 2 1,640	547 0 0,00	1,732 85 0,52	335 0 0	None 0 0	None 0 0
49	Zona De Comidas 0207 1pm March	164 2 1,640	524 0 0,00	1,709 85 0,52	335 0 0	None 0 0	None 0 0
50	Zona De Comidas 0209 1pm March	222 2 2,220	570 0 0,00	2,226 110 0,50	453 0 0	None 0 0	None 0 0
51	Zona De Comidas 0210 1pm March	268 3 2,680	593 0 0,00	2,622 130 0,48	547 0 0	None 0 0	None 0 0
52	Zona De Comidas 0215 1pm March	351 4 3,510	683 0 0,00	3,389 168 0,48	716 0 0	None 0 0	None 0 0
	Zona Peak Totals:	26,403	251,815	265,095	53,861		
	Total Zones: 52	264	95	13,117	0	0	0
		264,025	0,00	0,50	0	0	0

## ANEXO 4

### COTIZACIÓN INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO SUMINISTRADA POR EMPRESA INNOVAR.



NIT9004308051

Señores: Laura Vanegas y Andres Casallas

25 de junio de 2021

Atn

e-mail: [laura.vanegas@estudiantes.usmerica.edu.co](mailto:laura.vanegas@estudiantes.usmerica.edu.co)

Pbx: #78E11

Cel: +57 305 313 0679\*

Ciudad

COT: 2021-091 OB

ITEM	DESCRIPCION	und	cant	VIR UNIT	PARCIAL
<b>SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EDIFICIO PRINCE GEORGE</b>					
<b>INSTALACION SISTEMA DE CLIMATIZACION UNIDADES COMPACTAS</b>					
1.01	Suministro Unidad Compacta Voyager 12-25 Ton RT-PRC028Y	und	2	\$ 16.000	\$ 32.000
1.02	Suministro Unidad Compacta Voyager 3-10 Ton PKGP-PRC013N	und	1	\$ 10.000	\$ 10.000
1.03	Suministro Round Single Duct VAV Terminal Box 22RT-A001	und	54	\$ 280	\$ 15.120
1.04	Suministro Termostato	und	54	\$ 40	\$ 2.160
1.05	Izajes e instalacion de equipos	und	3	\$ 600	\$ 1.800
1.06	Ingenieria Planos y supervicion	gib	1	\$ 2.000	\$ 2.000
1.07	Arranque y ajuste del sistema	gib	1	\$ 1.650	\$ 1.650
1.08	Suministro e instalacion Conducto en Polisocianurato	m2	4.646	\$ 5	\$ 23.230
1.09	Suministro e instalacion Rejillas Ra9016	und	108	\$ 12	\$ 1.296
SUB TOTAL					\$ 89.256
<b>2.00 MANTENIMIENTO SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO</b>					
2.01	Mantenimiento unidad Compacta Voyager 12-25 Ton	und	2	\$ 2.300	\$ 4.600
2.02	Mantenimiento unidad Compacta Voyager 3-10 Ton	und	1	\$ 1.000	\$ 1.000
SUB TOTAL					\$ 5.600
<b>SUB TOTAL</b>					<b>\$ 94.856</b>
				IVA 19.0%	\$ 18.023
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 112.879</b>

NOTAS: TODOS LOS VALORES ESTAN DADOS EN DOLARES