

DISEÑO DE UNA CÁMARA CLIMATIZADA MÓVIL PARA EL TRANSPORTE  
DE FLORES

RICARDO ERNESTO D.J. RINCÓN MARTÍNEZ

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C  
2.019

DISEÑO DE UNA CÁMARA CLIMATIZADA MÓVIL PARA EL TRANSPORTE DE  
FLORES

RICARDO ERNESTO D.J. RINCÓN MARTÍNEZ

Proyecto Integral de Grado para optar al título de  
INGENIERO MECÁNICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C  
2.019

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Ing. Bolívar Andrés Monrroy Matallana

---

Ing. Francisco Javier Gonzales Cruz

Bogotá D.C. noviembre de 2019

## DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Decano de la Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director del Programa de Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

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

## DEDICATORIA

A Dios, a mis padres Sandra Martínez Forero y Ricardo Ernesto Rincón Granados por todo el apoyo, los consejos, la energía brindada en toda esta etapa, a mi hermana Sandra Natalia Rincón Martínez, por darme todo su amor en los momentos más difíciles de este proyecto, a Luisa Fernanda Jaramillo Rubiano, por todo el apoyo, por la compañía en los momentos más duros y por cada palabra de ánimos que me brindó.

Doy gracias a Dios por rodearme con estas personas tan únicas, que me acompañaron en este momento dándome su cariño y su paciencia en esta etapa.

## AGRADECIMIENTOS

Expreso gratitud y aprecio a todos los maestros que hicieron posible este proyecto, al ingeniero Bolívar Monroy, al ingeniero Carlos Mendoza y al ingeniero Carlos Julio Cartagena por brindar todo su apoyo, conocimiento y paciencia en este proyecto.

Agradezco a todos los compañeros que compartieron conmigo un momento de compañía, alegría, enseñanza y tristeza en esta etapa.

## CONTENIDO

	pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>19</b>
<b>1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>20</b>
1.1 GENERALIDADES	20
1.1.1 Cadena de frío.	20
1.1.2 Cámara climatizada	21
1.1.3 Componentes de un equipo de acondicionamiento de aire	22
1.2 SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO	27
1.2.1 Cosecha	27
1.2.2 Poscosecha	27
1.2.3 Almacenamiento	29
1.2.4 Transporte	31
<b>2. PARÁMETROS BÁSICOS Y REQUERIMIENTOS FUNCIONALES</b>	<b>35</b>
2.1 PARÁMETROS DE DISEÑO Y REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	35
2.1.1 Temperatura	35
2.1.2 Humedad	35
2.1.3 Circulación del aire	35
2.1.4 Masa y volumen	36
2.1.5 Luz	37
2.1.6 Tiempo de transporte	37
2.1.7 Ubicación	37
<b>3. DISEÑO CONCEPTUAL Y ALTERNATIVAS</b>	<b>38</b>
3.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	38
3.2 NORMATIVIDAD PARA ALMACENAMIENTO FRIGORÍFICO	39
3.3 DISEÑO CONCEPTUAL	40
3.3.1 Sistema de almacenamiento	40
3.3.2 Sistema móvil	45
3.3.3 Sistema de alimentación de energía	46
3.3.4 Sistemas de refrigeración	47
3.3.4.1 Sistema de refrigeración por compresión	47
3.3.4.2 Sistema de refrigeración por absorción	48
3.3.4.3 Sistema de refrigeración por evaporación	50
3.4 SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	51
<b>4. DISEÑO DETALLADO</b>	<b>56</b>
4.1 CÁLCULO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	56
4.1.1 Dimensionamiento	56
4.1.2 Materiales de construcción	57
4.1.3 Piso	60
4.1.4 Paredes y techo	61



4.1.5 Puertas	63
4.1.6 Almacenamiento interno	64
4.2 CÁLCULO SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	66
4.2.1 Cálculo cantidad de calor del ambiente	67
4.2.2 Extracción de agua del ambiente	67
4.2.4 Cálculo de cargas térmicas de la cámara	70
4.2.4.1 Energía por conducción	70
4.2.5 Selección de los componentes del sistema de refrigeración	74
4.2.5.1 Cálculo y selección de compresor	77
4.2.5.2 Cálculo y selección del evaporador	83
4.2.5.3 Cálculo y selección del condensador	85
4.2.5.4 Cálculo y selección del sistema de expansión	86
4.2.5.5 Cálculo sistema de tuberías	88
4.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN	105
4.3.1 Selección del tanque de combustible	107
4.4 SELECCIÓN DEL SISTEMA MÓVIL	108
4.4.1 Dimensiones	108
4.4.2 Capacidad de carga	109
4.4.3 Acoplamiento	109
4.5 CÁLCULO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL	110
4.5.1 Análisis de vigas	110
4.5.2 Cálculo de soldadura	120
4.6 CÁLCULO TORNILLOS	124
4.6.1 Cálculo de tornillos para estructura, tráiler y cámara	125
4.6.2 Cálculo tornillos para componentes almacenamiento interno	131
<b>5. MANUALES DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD</b>	<b>135</b>
5.1 MANUAL DE INSTALACIÓN	135
5.2 MANUAL DE OPERACIÓN	140
5.2.1 Datos del equipo.	140
5.2.2 Operación del equipo	140
5.2.3 Encendido y controlador del sistema de refrigeración	142
5.3 MANUAL DE MANTENIMIENTO	143
5.4 MANUAL DE SEGURIDAD	147
<b>6. IMPACTO AMBIENTAL DEL DISEÑO</b>	<b>152</b>
6.1 PARÁMETROS DE CALIFICACIÓN DE IMPORTANCIA	152
6.2 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	155
<b>7. ANÁLISIS DE COSTOS</b>	<b>156</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b>	<b>158</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>159</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>164</b>

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Clasificación de los refrigerantes	26
Cuadro 2. Clasificación según longitud y características del tallo	31
Cuadro 3. Dimensiones camiones C2-P (2)	32
Cuadro 4. Peso Bruto Vehicular	32
Cuadro 5. Medidas camiones de 3 toneladas	33
Cuadro 6. Escala de ponderación	39
Cuadro 7. Escala de satisfacción	39
Cuadro 8. Propiedades mecánicas acero galvanizado	41
Cuadro 9. Características de los materiales empleados para aislamiento térmico en la construcción de cuartos frigoríficos.	42
Cuadro 10. Dimensiones remolque (R)	46
Cuadro 11. Peso bruto remolques	46
Cuadro 12. Ponderación de los criterios	51
Cuadro 13. Rating de satisfacción para el sistema de refrigeración	52
Cuadro 14. Score sistema de refrigeración	53
Cuadro 15. Score de compresores	53
Cuadro 16. Score tipo de enfriamiento	53
Cuadro 17. Score sistema de expansión	54
Cuadro 18. Score material almacenamiento interno	54
Cuadro 19. Score sistema ideal o real	54
Cuadro 20. Características del poliuretano expandido	57
Cuadro 21. Dimensiones de furgones refrigerados	59
Cuadro 22. Peso según el espesor de los paneles	60
Cuadro 23. Condiciones de temperatura de Bogotá	68
Cuadro 24. Condiciones de diseño	68
Cuadro 25. Temperaturas de condensación	75
Cuadro 26. Condiciones de diseño para Bogotá	75
Cuadro 27. Tipo de compresor	78
Cuadro 28. Variables compresor	82
Cuadro 29. Especificaciones compresor	82
Cuadro 30. Dimensiones conexiones	85
Cuadro 31. Especificaciones evaporador	85
Cuadro 32. Especificaciones condensador	86
Cuadro 33. Características válvula de expansión	88
Cuadro 34. Propiedades del R404A en línea de aspiración	89
Cuadro 35. Dimensiones líneas de aspiración	89
Cuadro 36. Pérdidas generadas por los accesorios línea de aspiración	93
Cuadro 37. Propiedades de la línea de descarga	95
Cuadro 38. Diametros línea descarga	95
Cuadro 39. Accesorios línea de descarga	96
Cuadro 40. Propiedades de la línea de líquido	97

Cuadro 41. Diámetros línea de líquido	98
Cuadro 42. Accesorios primer tramo línea de líquido	99
Cuadro 43. Accesorios segundo tramo línea de líquido	101
Cuadro 44. Accesorios tercer tramo línea de líquido	103
Cuadro 45. Comparación sistema ideal VS real	104
Cuadro 46. Propiedades Diesel	108
Cuadro 47. Perfil	116
Cuadro 48. Soldadura	124
Cuadro 49. Herramientas de instalación	135
Cuadro 50. EPP	148
Cuadro 51. Señalización preventiva	149
Cuadro 52. Importancia del efecto	153
Cuadro 53. Parámetros de calificación de importancia	154
Cuadro 54. Matriz CONESA	155
Cuadro 55. Costos de materiales	156
Cuadro 56. Costos de fabricación	156
Cuadro 57. Costo de ingeniería	157
Cuadro 58. Costo total del proyecto	157

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Alternativas seleccionadas	55
Tabla 2. Espesor del aislamiento térmico según su conductividad térmica	59
Tabla 3. Medidas y peso laminas	63
Tabla 4. Propiedades mecánicas del PVC espumado	65
Tabla 5. Propiedades térmicas del PVC espumado	72
Tabla 6. Calor específico de diferentes productos	73
Tabla 7. Valores del ciclo de acondicionamiento de aire	78
Tabla 8. Dimensiones de las conexiones	83
Tabla 9. Factor de corrección del refrigerante	84
Tabla 10. Características del acero A36	114
Tabla 11. Medidas de tornillos	126
Tabla 12. Especificación y resistencia SAE de pernos	129
Tabla 13. Datos básicos del equipo	140
Tabla 14. Manual mantenimiento	144
Tabla 15. Inspección	145
Tabla 16. Ajuste	146
Tabla 17. Lubricación	146
Tabla 18. Falla	147

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Logística cadena de frío	20
Figura 2. Cámara Climatizada	21
Figura 3. Compresor	22
Figura 4. Intercambiador de calor	24
Figura 5. Válvula de expansión	25
Figura 6. Tubo capilar	25
Figura 7. Válvula de expansión termostática	26
Figura 8. Flujograma del proceso actual para el transporte de flores	27
Figura 9. Corte y clasificación	27
Figura 10. Cubetas hidratadas	28
Figura 11. Tractor de transporte	28
Figura 12. Cartón plast y banda transportadora del cuarto frio	29
Figura 13. Banda transportadora de almacenamiento	29
Figura 14. Máquina para la creación de ramos	30
Figura 15. Fabricación manual	30
Figura 16. Camión de transporte tipo C2-P	31
Figura 17. Camión con equipo de refrigeración	33
Figura 18. Camioneta tipo pick-ups	34
Figura 19. Dimensiones camioneta pick-ups	34
Figura 20. Diseño conceptual	40
Figura 21. Panel sándwich	43
Figura 22. Almacenamiento tipo colmena	44
Figura 23. Puerta abatible	44
Figura 24. Remolque	45
Figura 25. Sistema de combustible sin retorno	47
Figura 26. Sistema de refrigeración por compresión	48
Figura 27. Sistema de refrigeración por absorción	49
Figura 28. Sistema de refrigeración evaporativo	50
Figura 29. Cámara climatizada móvil	56
Figura 30. Composición y aislamiento del piso	61
Figura 31. Sistema de unión entre paredes y techo	61
Figura 32. SIKAFLEX -11FC+	62
Figura 33. Chapa galvanizada	62
Figura 34. Compuertas abatibles	64
Figura 35. Partes del almacenamiento tipo colmena	66
Figura 36. APP	68
Figura 37. Humedad relativa vs salto térmico DT	76
Figura 38. Factor de corrección de la condición de calculo	84
Figura 39. Características motor eléctrico	105
Figura 40. Características motor CT2-29-TV	106
Figura 41. Tanque Diesel	107

Figura 42. Características mecánicas	107
Figura 43. Dimensiones estructura	109
Figura 44. Acoplamiento tipo bola	109
Figura 45. Tráiler Topline 680	110
Figura 46. Vigas de soporte	111
Figura 47. Diagrama de cuerpo libre viga	111
Figura 48. Diagrama de cuerpo libre	112
Figura 49. Momentos de empotramiento	112
Figura 50. Diagrama fuerza cortante	113
Figura 51. Diagrama momento flector	114
Figura 52. Viga crítica	117
Figura 53. Valor de la constante K	118
Figura 54. Calibre lámina	120
Figura 55. Puntos de soldadura	120
Figura 56. Geometría perfil	121
Figura 57. Soldadura a flexión	122
Figura 58. Tamaño mínimo soldadura	124
Figura 59. Distribución de tornillos para estructura, tráiler y cámara	125
Figura 60. Ensamble con perno a tensión	125
Figura 61. Tornillos sometidos a esfuerzo cortante	129
Figura 62. Componentes de almacenamiento interno	131
Figura 63. Carga sobre paneles	131
Figura 64. Cámara climatizada	135
Figura 65. Paso 1	136
Figura 66. Paso 2	137
Figura 67. Paso 3	137
Figura 68. Aislante	138
Figura 69. Paso 4	138
Figura 70. Paso 5	139
Figura 71. Unión lámina base y principal	139
Figura 72. Unión láminas de seguridad	139
Figura 73. Paso 6	140
Figura 74. Estabilidad de operación	141
Figura 75. Nivel de aceite y refrigerante	141
Figura 76. Posicionamiento de las cajas	142
Figura 77. Controlador APX Carrier	142
Figura 78. Sistema de refrigeración	149
Figura 79. Almacenamiento y puertas abatibles	150
Figura 80. Tanque Diesel	150
Figura 81. Rombo de seguridad	151
Figura 82. Rombo de seguridad componentes	151

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A CARTA PSICROMETRÍA	164
ANEXO B DIAGRAMA DE MOLLIER R-404 <sup>a</sup>	165
ANEXO C DIMENSIONES DEL COMPRESOR	166
ANEXO D DIMENSIONES DEL EVAPORADOR	167
ANEXO E DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL CONDESADOR	168
ANEXO F PROPIEDADES DEL REFRIGERANTE	169
ANEXO G DIMENSIONES DE LA VALLVULA DE EXPASION	170
ANEXO H DIMENSIONES FILTRO ANTIÁCIDO	171
ANEXO I DIAGRAMA DE MOODY	172
ANEXO J CATALOGÓ FILTROS	173
ANEXO K VISOR	174
ANEXO L TUBERIAS	175
ANEXO M SISTEMA DE REFRIGERACIÓN REAL	179
ANEXO N TRAÍLER TOPLINE 680	180
ANEXO Ñ LISTA DE PLANOS	181

## LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Espesor del aislamiento	58
Ecuación 2. Cantidad de agua	67
Ecuación 3. Energía al retirar	69
Ecuación 4. Energía generada por conducción	70
Ecuación 5. Resistencia térmica	72
Ecuación 6. Energía transferida	74
Ecuación 7. Temperatura de evaporación	76
Ecuación 8. Relación de compresión	77
Ecuación 9. Cantidad de calor por kg de refrigerante	78
Ecuación 10. Caudal másico	79
Ecuación 11. Volumen de aspiración	79
Ecuación 12. Rendimiento volumétrico	80
Ecuación 13. Volumen desplazado	80
Ecuación 14. Calor de trabajo por compresión	80
Ecuación 15. Potencia teórica	81
Ecuación 16. Potencia real	81
Ecuación 17. Potencia real	82
Ecuación 18. Potencia frigorífica corregida	83
Ecuación 19. Potencia de condensación	86
Ecuación 20. Presión del bulbo	87
Ecuación 21. Temperatura de bulbo	87
Ecuación 22. Caída de presión en tuberías	89
Ecuación 23. Área transversal	90
Ecuación 24. Caudal del fluido	90
Ecuación 25. Numero de Reynolds	91
Ecuación 26. Factor de fricción	91
Ecuación 27. Perdida de presión en accesorios	94
Ecuación 28. Esfuerzo permisible	115
Ecuación 29. Módulo de sección	115
Ecuación 30. Resistencia de diseño	116
Ecuación 31. Carga mayorada	117
Ecuación 32. Factor de longitud	117
Ecuación 33. Fuerza critica	118
Ecuación 34. Chequeo por esbeltez	119
Ecuación 35. Carga flexión	121
Ecuación 36. Carga vertical	121
Ecuación 37. Pulgada de soldadura	123
Ecuación 38. Longitud cuerda, vástago y total	127
Ecuación 39. Rigidez en el perno	127
Ecuación 40. Rigidez del material	127
Ecuación 41. Rigidez de la junta	128



Ecuación 42. Carga perno y material	128
Ecuación 43. Carga resultantes perno y material	128
Ecuación 44. Esfuerzo de tensión máxima	128
Ecuación 45. Factor de seguridad	129
Ecuación 46. Resistencia mínima por cortante	130
Ecuación 47. Esfuerzo permisible	130
Ecuación 48. Área mínima requerida	130
Ecuación 49. Importancia del impacto	153

## RESÚMEN

Para el proyecto se comienza con una retroalimentación de información con los cultivadores de flores dando como resultado una problemática en la cadena de frío del producto, posteriormente se determinan los parámetros funcionales más importantes de la cámara climatizada móvil para el transporte de flores.

Una vez determinado los parámetros y conceptos que se necesitan para el diseño, se hace la selección del mejor sistema de refrigeración, al igual que otros componentes que permitirán el mejor desempeño de la cámara. Posteriormente se realiza el diseño detallado de los sistemas de refrigeración, almacenamiento, alimentación y móvil, logrando un resultado apropiado para su funcionamiento. Después se realizan los planos de ensamble de cada una de las piezas fundamentales en caso de construcción mediante el software Autodesk Inventor.

Luego se desarrolla los manuales de instalación, operación, mantenimiento y seguridad con el fin de prevenir cualquier tipo de accidente, obtener una larga vida útil y un buen funcionamiento de la cámara, al igual que un estudio ambiental que nos permite identificar el nivel de impacto que la cámara genera.

Se finaliza el proyecto con un análisis de costos y una comparación del diseño realizado.

**PALABRAS CLAVE:** Cámara climatizada, diseño, flores, móvil, transporte.

## INTRODUCCIÓN

El proyecto nace con la necesidad de mejorar la cadena de frío en el proceso de transporte de las flores, debido a que existe una inconformidad en esta, lo cual genera una menor vida útil de las flores cuando llegan al consumidor final. Este diseño beneficiará la cadena de frío y mejorará el transporte que actualmente se maneja. Es por esto, que realizarlo es de gran importancia para la industria ya que dará una mejora en la calidad del producto.

Para llevar a cabo el proyecto denominado “DISEÑO DE UNA CÁMARA CLIMATIZADA MÓVIL PARA EL TRANSPORTE DE FLORES” se programan los siguientes objetivos:

- ✓ Diagnosticar la situación actual del proceso
- ✓ Establecer los parámetros básicos y requerimientos funcionales
- ✓ Determinar el diseño conceptual y las alternativas
- ✓ Desarrollar el diseño detallado
- ✓ Realizar planos constructivos
- ✓ Elaborar manuales de instalación, operación, mantenimiento y seguridad
- ✓ Evaluar el impacto ambiental del proyecto
- ✓ Analizar financieramente el proyecto

# 1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

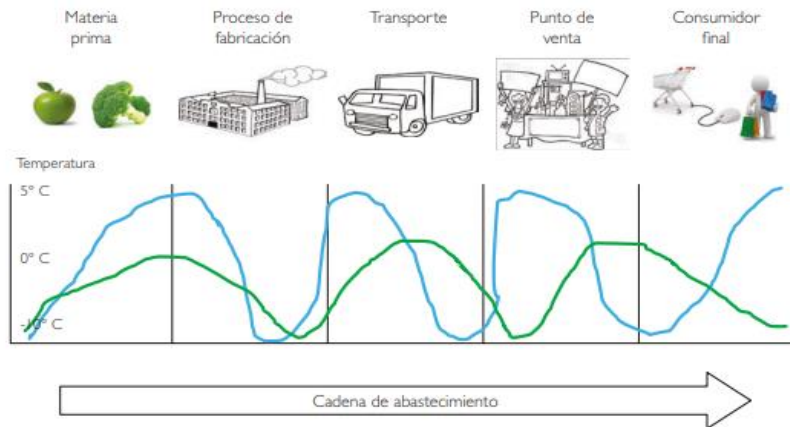
## 1.1 GENERALIDADES

1.1.1 Cadena de frío. La cadena de frío “es el conjunto de acciones logísticas dirigidas a controlar la calidad de un bien fresco o perecible desde su extracción o fabricación hasta que llegue al consumidor final. Estas acciones se realizan mediante el control de temperatura, de humedad, de aislamiento térmico, para impedir que se alteren las características naturales del bien durante el transporte, trasbordo y distribución final”<sup>1</sup>.

En la cadena de frío de las flores la temperatura ambiente es una variable muy importante que se debe tener en cuenta en la calidad de las flores, también se debe tener muy en cuenta la humedad relativa y la circulación del aire cuando se realiza el transporte de las flores.

El enfriamiento de las flores es un requerimiento fundamental que permite conservar la calidad de las flores y nos ayuda a evitar el daño causado por la radiación solar. Es fundamental tener en cuenta el tiempo que relaciona el corte con el enfriamiento de las flores ya que entre menor sea el tiempo de esta relación mayor va a hacer las propiedades del ramo en el florero.

Figura 1. Logística cadena de frío



Fuente: MENDOZA, Calixto, ALFARO, Jesús y PATERNINA, Carlos. Manual práctico para gestión logística. p. 69. [en línea]. [consultado 28 de ene de 2019]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/653185.pdf>

---

<sup>1</sup> MENDOZA, Calixto, ALFARO, Jesús y PATERNINA, Carlos. Manual práctico para gestión logística. p. 69. [en línea]. [consultado 08 de oct de 2018]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/653185.pdf>

Donde la línea verde en la gráfica nos muestra la temperatura ideal que debe manejar la materia prima y la azul muestra una alteración de temperatura por un mal manejo de la cadena de frío.

1.1.2 Cámara climatizada. Una cámara climatizada es un cuarto que se encuentra totalmente cerrado y aislado del exterior por paredes construidas con materiales de baja conductividad térmica, generando unas condiciones de ambiente requeridas con regulaciones y necesidades para satisfacer las exigencias de la industria o el proceso.

“Las cámaras climatizadas son equipos que simulan temperatura y/o humedad relativa controlada en diferentes rangos de operación, las cuales son usadas para realizar estudios de estabilidad en medicamentos, empaques, textiles, materias primas, entre otros; de acuerdo con reglamentaciones vigentes para cada proceso evaluado”<sup>2</sup>.

Las cámaras climatizadas o contenedores refrigerados es una parte fundamental de la cadena de frío ya que nos permite mantener la temperatura necesaria para que los productos finales una vez empacados y listos para su comercialización mantenga sus características con la mejor calidad posible para el cliente final.

Figura 2. Cámara Climatizada



Fuente: INDIGO TECNOLOGIA LTDA. Cámaras climatizadas. [consultado el 28 de ene del 2019]. Disponibles en: <http://www.indigotecnologia.com/camaras-climatizadas.html>

---

<sup>2</sup> INDIGO TECNOLOGÍA LTDA. Cámaras climatizadas. párr. 1. [sitio web]. [consultado el 08 de oct del 2018]. Disponible en: <http://www.indigotecnologia.com/camaras-climatizadas.html>

1.1.3 Componentes de un equipo de acondicionamiento de aire. Este tipo de equipos están compuestos por un compresor, intercambiador de calor, un sistema de expansión y un fluido refrigerante

- Compresor. Este es uno de los elementos más importantes en el ciclo de refrigeración, su funcionamiento se basa en comprimir el refrigerante que retorna del evaporador. En efecto, cuando se comprime un gas, se calienta y, por el contrario, cuando se libera, su temperatura se reduce.<sup>3</sup>

La función de los compresores es aumentar la presión del refrigerante que este forzado dentro de la circulación de un fluido en un circuito cerrado, es considerado el corazón de los sistemas de acondicionamiento de aire.

Elevan la presión de aspiración hasta la presión de descarga.

Figura 3. Compresor



Fuente: FRIGOPACK.  
Compresores frigoríficos. [En línea]. [Citado 27 de feb de 2019].  
Disponibles en:  
<https://www.frigopack.com/FichaArticulo~x~Compresor-Hermetico-Tecumseh-AE2415Z-de-1-3CV~IDArticulo~4267.html>

Compresor de pistón. Un pistón se mueve hacia arriba en el interior del cilindro, reduciendo el espacio superior. Esto provoca que el aire tenga que aumentar la presión para poder encajar en la cavidad más pequeña.

---

<sup>3</sup> RONNY, Fulcaldo. Ciclo de refrigeración y acondicionamiento de aire. Bogotá., 2017. p. 9.

Los siguientes compresores que se mencionan son de aire.

- ✓ Compresor de pistón. De efecto simple comprime solo en un extremo del pistón, mientras que un compresor de doble efecto comprime ambos extremos del pistón. Los compresores de pistón pueden incorporar múltiples etapas de compresión para lograr la presión deseada, lo que los hace particularmente adecuados para aplicaciones de alta presión. Este tipo de compresores pueden ser lubricados o sin aceite. Algunos de ellos cuentan con diseños especiales y son capaces de comprimir otros gases además del aire<sup>4</sup>.
- ✓ Compresor de tornillo. El aire queda atrapado y sellado entre los perfiles de dos tornillos, uno macho y otro hembra. A medida que los dos tornillos o rotores helicoidales giran y engranan, el aire es empujado a lo largo de ellos hacia un espacio cada vez más pequeño. Esto provoca un aumento de la presión para permitir que el volumen de aire dado encaje en las cavidades de la cámara de compresión<sup>5</sup>.
- ✓ Compresor scroll. Los compresores scroll son unos de los mejores compresores de tipo rotativo. En ellos el aire se comprime mediante dos elementos en espiral. Uno de los elementos es estacionario y el otro se mueve en pequeños círculos excéntricos dentro de la espiral. El aire queda atrapado en el interior de la espiral de ese elemento, y se transporta en pequeñas bolsas de aire al centro de la espiral<sup>6</sup>.
- Intercambiador de calor. Los intercambiadores de calor son mecanismos que facilitan el intercambio de calor entre dos fluidos que se encuentran a temperaturas diferentes y evitan al mismo tiempo que se mezclen entre sí.<sup>7</sup> Es esencial la presencia de estos intercambiadores ya que generan los cambios de temperatura.

Un intercambiador de calor es un equipo usado para ceder entalpia entre dos o más fluidos, entre partículas sólidas y un fluido, o entre una superficie sólida y un fluido, las aplicaciones típicas involucran calentamiento o enfriamiento de una corriente de fluido que involucra evaporación o condensación de fluidos, recuperar o rechazar temperatura, pasteurizar, destilar, concentrar, cristalizar entre otra<sup>8</sup>.

---

<sup>4</sup> FERRETERÍA. Tipos de compresores existentes y para que se usan cada uno. [Consultado el 27 de feb de 2019]. Disponible en: <https://www.masferreteria.com/blog/tipos-de-compresores-usos/>

<sup>5</sup> Ibid.

<sup>6</sup> Ibid.

<sup>7</sup> CENGEL, Yunus. Transferencia de calor y masa. En: intercambiadores de calor. México, 2007. P.609

<sup>8</sup> MCADAMS. William H. Heat Transmission. New York: McGraw Hill, 1942. P. 564

Por la relevancia de este equipo en los sistemas de compresión de vapor ya que contamos con dos intercambiadores de calor dentro de este sistema, se pueden clasificar en dos tipos evaporadores y condensadores, lo cual depende de la función en el proceso que realice<sup>9</sup>.

Figura 4. Intercambiador de calor



Fuente: GEODYNAMICS. Intercambiador de calor baseline. [En línea]. [citado 27 de feb de 2019]. Disponible en: <http://www.geodynamics.com.ar/producto/intercambiadores-de-calor/intercambiador-de-calor-baseline/149.html>

- Sistema de expansión. La válvula de expansión o tubo capilar tiene la función en el sistema de refrigeración de controlar el flujo de refrigerante líquido que entra al evaporador. El refrigerante líquido que llega al dispositivo a alta presión fluye a través de él y se transforma en una mezcla líquido – vapor a baja presión. Esa mezcla pasará totalmente a fase gaseosa dentro del evaporador, absorbiendo el calor del medio que está siendo enfriado.<sup>10</sup>

Este tipo de sistemas tiene varias ventajas en los sistemas de acondicionamiento de aire como ampliar la escala de las temperaturas (se puede usar en sistemas de congelación y de refrigeración), intercambiar los orificios del sistema y su fácil almacenamiento.

Este tipo de sistemas protegen los compresores que pueden estar expuestos a variables de muy alta presión.

Existen válvulas que también pueden regular las temperaturas especiales que se van a utilizar en el sistema de acondicionamiento de aire.

.

---

<sup>9</sup> Ibid., p. 565

<sup>10</sup> DOMÍNGUEZ, René. Válvula de expansión termostática. En: ingeniería eléctrica general [En línea]. Año 2013. [citado 20 abr., 2018]. ISSN 2326-6880. Disponible en: <https://mail.google.com/mail/u/1/#inbox/162cf097ece176a0?projector=1&messagePartId=0.1>



Figura 5. Válvula de expansión

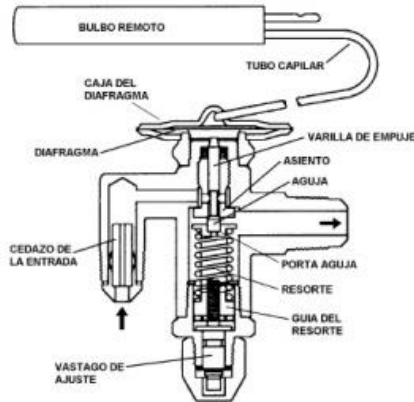
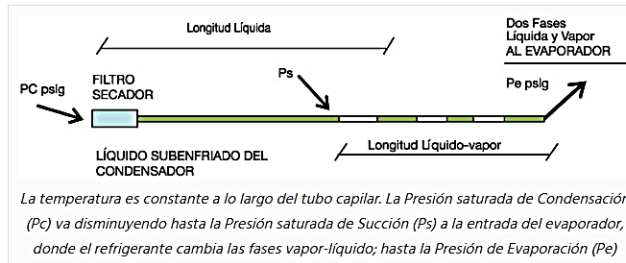


Figura 6.11 - Corte de una válvula de termo expansión típica y sus partes principales.

Fuente: PROFEDAZA. Dispositivos de expansión. [En línea]. [Citado 27 de feb de 2019]. Disponibles en: <https://profedaza.wordpress.com/componentes-sistema-de-refrigeracion/dispositivos-de-expansion/>

- ✓ Tubo capilar. Es un dispositivo de control de flujo que consiste en un tramo de tubería de muy pequeño diámetro. Debido a su estrecha abertura y considerable longitud el tubo capilar presenta una gran caída de presión, una de sus funciones es controlar el flujo bajo condiciones variadas a pesar de que no cuenta con ajustes<sup>11</sup>.

Figura 6. Tubo capilar



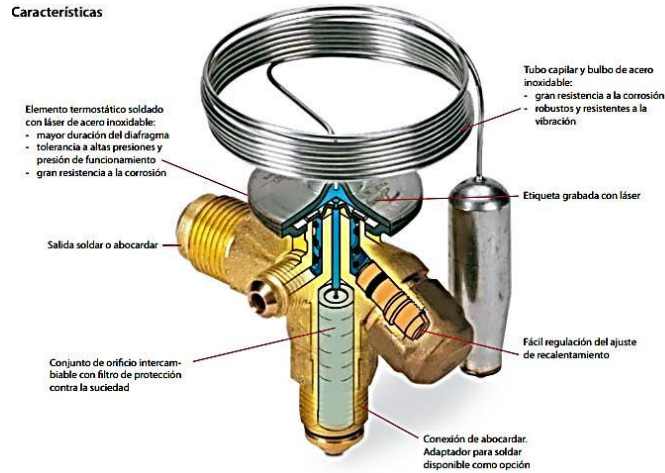
Fuente: CERO, Grados Celsius., 2018 tubo capilar [En línea]. [Citado 8.Nov.,18]. Disponible en: <https://www.0grados.com/tubo-capilar/>

- ✓ Válvula de expansión termostática. Esta válvula se acciona por medio de un controlador de expansión por un bulbo sensor, la función es regular el flujo de

<sup>11</sup> Pita. Edward. Principios y sistemas de refrigeración. primera Edición. México. Editorial Limusa. 1991.p.204. ISBN 968-18-3969-2

refrigerante que pasa por el evaporador teniendo en cuenta las variables de carga.

Figura 7. Válvula de expansión termostática



Fuente: Danfoss. Válvulas de expansión termostática [en línea]. [citado 8 Nov., 2018]. Disponible en: [http://files.danfoss.com/TechnicalInfo/Dila/01/PBAA0A405\\_T2.pdf](http://files.danfoss.com/TechnicalInfo/Dila/01/PBAA0A405_T2.pdf)

- Refrigerantes. Son fluidos que tienen la capacidad de absorber y trasladar diferentes cantidades de calor. Se pueden clasificar por su función, los primarios logran absorber el calor de los evaporadores a diferentes temperaturas y presiones para conducirlos a la atmosfera, por otra parte, están los segundos que son fluidos que se enfrían por refrigerantes primarios.

Cuadro 1. Clasificación de los refrigerantes

Serie	Nombre	Refrigerante
000	Metanos	R12, R23
100	Etanos	R134a, R141b
200	Propano	R290
400	Zeotropos	R407C, R410A
500	Azeotropos	R502, R507
600	Orgánicos	R600, R600a
700	Inorgánicos	R 717, R 744

Fuente: Monroy Bolívar. Refrigerantes. [Presentación] Dp.18 [citado 27 de feb 2019]

## 1.2 SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO

Figura 8. Flujograma del proceso actual para el transporte de flores



Fuente: elaboración propia

1.2.1 Cosecha. El proceso de producción de flores inicia con la compra de las semillas o patrones que pasan a campos de siembra. Posteriormente, se realiza una mejora en la planta madre de la semilla con el fin de fortalecerla y alimentarla, que tiene una duración de aproximadamente 24 días, luego de cumplir el tiempo, se procede a retirar las hojas madres para que puedan continuar con la fase de injerto que dura 3 meses. Luego las flores empiezan unas etapas de crecimiento que necesitan de unos cuidados especiales para que se conserven y tengan buena calidad. El ciclo de producción puede durar aproximadamente entre 65 y 85 días desde que se realiza el corte hasta obtener el nuevo producto, a continuación, se realiza la poscosecha.

Figura 9. Corte y clasificación



Fuente: elaboración propia

1.2.2 Poscosecha. En el proceso de poscosecha de las flores se realiza el corte a temperatura ambiente y se efectúa una clasificación de las flores por el tamaño de corte.

Una vez realizada la clasificación, se construye el ramo que se va a transportar en unas cubetas especiales que tienen un líquido hidratante para las flores y así poder conservar la calidad como se muestra en la siguiente figura.

Figura 10. Cubetas hidratadas



Fuente: elaboración propia

En cuanto al tema del hidratante, existen diferentes variables químicas que pueden evitar que los ramos florezcan más rápido que otros o que su follaje cambie a color amarillo, se pueden utilizar químicos con ácido cítrico entre otros. Estos factores están establecidos por cada empresa y dependen de cada producto.

Luego de seleccionar los ramos, un tractor procede a transportar las flores a una zona que maneja una temperatura entre 14°C y 16 °C como se ilustra en la siguiente figura.

Figura 11. Tractor de transporte



Fuente: elaboración propia

Como parte final de la poscosecha se realiza una inspección de las flores por parte del personal especializado en el área, haciendo la selección de las flores que serán

parte del almacenamiento, al igual se empieza a determinar las flores que se necesitan y no se tienen en el cultivo para realizar la compra necesaria y así poder cumplir con las necesidades que el cliente solicita.

1.2.3 Almacenamiento. En el almacenamiento una vez seleccionadas las flores, se pasan por un tren que transporta las cubetas que están hidratadas en todo momento y se dejan por un tiempo aproximado de 30 minutos, mientras se proceden a empacar en cajas de cartón plast y se manda a una banda transportadora para el almacenamiento en un cuarto frio.

Figura 12. Cartón plast y banda transportadora del cuarto frio



Fuente: elaboración propia

Después de que las cajas llegan al cuarto frio que se maneja a una temperatura controlada de 3 ° C, se mantienen almacenadas entre 1 y 7 días dependiendo los productos que se vayan a transportar. Cuando los productos son solicitados para su debida comercialización se mandan por una banda transportadora a un cuarto que tiene una temperatura controlada entre 6°C y 7 °C para su debido almacenamiento. Como se ilustra en la siguiente figura.

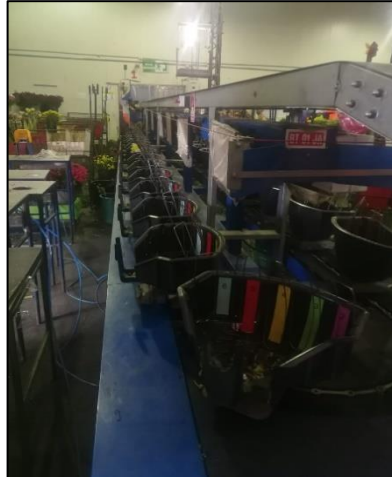
Figura 13. Banda transportadora de almacenamiento



Fuente: elaboración propia

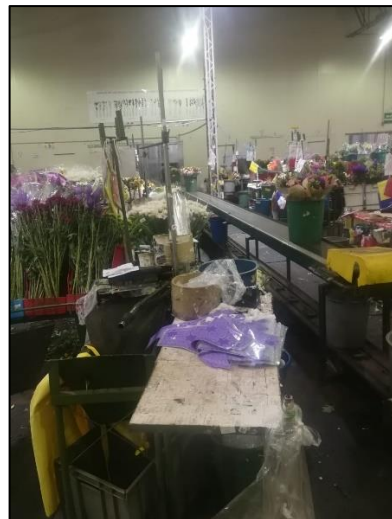
En el almacenamiento una vez seleccionadas las cajas que van a hacer comercializadas se procede a elaborar los ramos con dos diferentes modalidades, una máquina especializada para la fabricación y otra de forma manual donde los ramos pueden tener la mejor calidad como también puede quedar en mal estado según la habilidad del empleado, como se muestra en las figuras. Según las especificaciones del cliente tanto en corte, estilo, cantidad y variedad.

Figura 14. Máquina para la creación de ramos



Fuente: elaboración propia

Figura 15. Fabricación manual



Fuente: elaboración propia

Una vez armados los ramos según la longitud del tallo que corresponde a cada pedido teniendo en cuenta los tres grados de clasificación que existen en la industria, como se muestra en la siguiente tabla.

Cuadro 2. Clasificación según longitud y características del tallo

Grado	Descripción
<b>Select</b>	Longitud del tallo superior 60 cm, fuertes, resistentes. Son encauchadas con caucho color amarillo.
<b>Fancy</b>	Longitud del tallo entre 50 - 59 cm, delgado, flor de rasgos normales. Son encauchadas con caucho de color azul.
<b>Standard</b>	Longitud del tallo entre 40 - 49 cm, débil, flor de rasgos aceptable. Son encauchadas con caucho de color rojo.

Fuente: MARÍN, Angel, RANGEL, Aceros. Poscosecha de flores de corte. Citado por CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Manual de flores & follajes. p. 28. [en línea]. [consultado el 28 de ene del 2019]. Disponible en: <https://www.ccb.org.co/content/download/13733/175129/.../1/.../Flor e++Follajes.pdf>

A continuación, se empiezan a proteger los ramos con capuchones de varios materiales tales como papel encerado, cartón corrugado, polietileno perforado, polietileno de burbujas, entre otros. Una vez terminado la protección de las flores se manda por una banda transportadora en cubetas a una zona de empaque donde personal capacitado organiza los ramos en las cajas de comercio que tienen una dimensión aproximadamente de 1.04 m x 0.25 m x 0.24 m llamadas tabaco que son las más comunes en el mercado, luego serán enviadas a una cámara especializada de precooling (aire forzado que permite bajar la temperatura de las cajas a 3°C por medio de los orificios de estas), que duraran 45 minutos en este proceso mientras que un termómetro les da la temperatura requerida para su transporte.

1.2.4 Transporte. En el transporte las cajas que llegan a la temperatura ideal de 3°C se proceden a subir en el camión que están ancladas en un orificio de la cámara de precooling para que la cadena de frío no se pierda en ningún momento y así poder obtener una mejor calidad, la función de los camiones refrigerados es mantener la temperatura de las cajas a 3°C para no perder la cadena de frío.

Se transportan en camiones sencillos, tipo dos ejes C2-P. diseñados con parámetros ya establecidos para mantener las temperaturas requeridas.

Figura 16. Camión de transporte tipo C2-P

Designación	Configuración	Descripción
2		Camión de dos ejes Camión Sencillo

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 004100. (28 de dic de 2004). P. 02. [en línea]. [consultado 19 de feb de 2019]. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Resolucion\\_4100\\_2004.pdf](file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Resolucion_4100_2004.pdf)

Estos tipos de camiones tienen equipos refrigerantes que están enlazados a el motor para su funcionamiento con ACPM y así poder mantener la temperatura sin tener ningún tipo de fuente alterna para su funcionamiento, Como se muestra en la imagen.

Según el ministerio de transporte “los vehículos de transporte de carga que circulen por el territorio nacional deben cumplir con las dimensiones establecidas en la siguiente tabla”<sup>12</sup>: Estas dimensiones que se ve a continuación en la tabla son máximas ya establecidas por el misterio de transporte.

Cuadro 3. Dimensiones camiones C2-P (2)

Designación	Dimensiones		
	Ancho máximo, m	Altura máxima, m	Longitud máxima, m
2	2,60	4,40	10,80
3	2,60	4,40	12,20
4	2,60	4,40	12,20
2S1	2,60	4,40	18,50
2S2	2,60	4,40	18,50
2S3	2,60	4,40	18,50
3S1	2,60	4,40	18,50

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 004100. (28 de dic de 2004). [en línea]. [consultado 19 de feb de 2019]. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Resolucion\\_4100\\_2004.pdf](file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Resolucion_4100_2004.pdf)

El peso bruto vehicular para los vehículos de transporte de carga a nivel nacional debe ser el establecido en la siguiente tabla<sup>13</sup>. Este peso bruto es la capacidad máxima que tiene cada camión tipo C2-P para transitar en el territorio nacional.

Cuadro 4. Peso Bruto Vehicular

Vehículos	Designación	Máximo PBV, kg	Tolerancia positiva de medición kg.
Camiones	2	16 000	+ 400
	3	22 000	+ 775
	4	31 000 (1)	+ 775
	4	36 000 (2)	+ 900
	4	32 000 (3)	+ 800

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 004100. (28 de dic de 2004). P. 06. [en línea]. [consultado 19 de feb de 2019]. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Resolucion\\_4100\\_2004.pdf](file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Resolucion_4100_2004.pdf)

<sup>12</sup> MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 004100. (28 de dic de 2004). P. 05. [en línea]. [consultado 19 de feb de 2019]. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Resolucion\\_4100\\_2004.pdf](file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Resolucion_4100_2004.pdf)

<sup>13</sup> Ibid.



Según la visita realizada el volumen del camión que usan para el transporte de las flores es de 3 toneladas. Como se muestra en la figura 17.

Figura 17. Camión con equipo de refrigeración



Fuente: elaboración propia

Las dimensiones de este tipo de camiones se pueden ver a continuación en la siguiente tabla.

Cuadro 5. Medidas camiones de 3 toneladas

MEDIDAS	
Largo total	5.748 mm
ancho total	1.695 mm
Distancia entre ejes	3.000 mm
Largo carrozable	3.900 mm

Fuente: CREDIVEHÍCULOS. Camión JAC 1040 de 3 toneladas MOD 2016. [Consultado el 19 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://www.credivehiculos.com/jac/camon-jac-1040-de-3-0-toneladas.html>

En algunos casos para la exportación de flores no todos los jardines manejan los diferentes tipos de productos que se necesitan para comercializar como se mencionó anteriormente, lo cual genera que los jardines compren productos a microempresas externas que transportan las cajas en camionetas pick-ups, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 18. Camioneta tipo pick-ups



Fuente: CHEVROLET. Vehículos pick-ups. [consultado el 19 de feb del 2019]. Disponibles en: <https://www.chevrolet.com.co/pick-ups/dmax-pick-up>

Este tipo de camioneta no maneja ningún tipo de refrigeración lo cual rompe con la cadena de frío de los ramos de flores de exportación.

También se usa este medio de transporte, para la comercialización de flores en empresas situadas en barrios de Bogotá, lo cual afecta su calidad ya que la cadena de frío no está en ninguna etapa, después de su almacenamiento y afecta la duración que tiene la flor cuando llega al cliente final.

Las dimensiones de este tipo de camionetas se pueden ver en la siguiente figura.

Figura 19. Dimensiones camioneta pick-ups



Fuente: ASIAVILA MOTOR. Pick-ups cabina simple. [Consultado el 19 de feb de 2019]. Disponible en: <http://asiavila.com/mahindra/pick-up-simple/>

## 2. PARÁMETROS BÁSICOS Y REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

### 2.1 PARÁMETROS DE DISEÑO Y REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

La cadena de frío es una consecución de procedimientos que inicia desde la poscosecha y el almacenamiento, durante el transporte y hasta llegar al punto de consumo de productos perecederos en el que es importante mantener niveles de temperatura y humedad, hacer controles para medirlos constantemente, usar vehículos refrigerados con medición de temperatura teniendo en cuenta que no se deben transportar productos que requieran temperaturas diferentes<sup>14</sup>.

2.1.1 Temperatura. generalmente se establece una temperatura de 0°C para el almacenamiento de la flor, y de 4°C usada por los vendedores al por mayor. Sin embargo, existen diferentes temperaturas para cada tipo de flor porque algunas son más sensibles al frío o requieren de temperaturas más elevadas<sup>15</sup>.

Según la visita realizada a una empresa en la sabana de Bogotá se tiene que la temperatura empleada para el transporte de las flores que tienen mayor comercialización es de 3 °C, es la temperatura estándar y a mantener en la carga para que logren llegar a el cliente final con la mejor calidad.

2.1.2 Humedad. Es esencial en el diseño de la cámara climatizada móvil para el transporte de flores revisar el porcentaje de humedad relativa que se debe tener ya que puede generar defectos tanto en los productos como en los empaques que se van a transportar.

Por eso la “Humedad relativa entre 90% y 95%, que, en conjunto con una temperatura baja, logran un nivel de agua ideal en las flores. Una diferencia del 5% o 10% se ve reflejada notablemente en la calidad del producto.”<sup>16</sup>

2.1.3 Circulación del aire. las flores necesitan de corrientes de aire frío constantes. No se puede penetrar directamente sobre el producto por lo que se usan empaques para controlarlas. Esta masa de aire puede sobrepasar la temperatura a la que se mantiene frío y junto con la humedad hace que se condense el aire produciendo humedades perjudiciales.<sup>17</sup>

---

<sup>14</sup> Artículo La Cadena de Frío y Los Procesos Logísticos. EAN Panamá 2004

<sup>15</sup> HADENBURG, Robert E. Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerías y viveros. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Costa Rica, 1988.

<sup>16</sup> Ibid.

<sup>17</sup> KLASMAN, Rolando. Artículo “Enfriar las flores”. Universidad de Buenos Aires. Argentina. 2001.[consultado 4 de marzo de 2019]. <http://www.buscagro.com/biblioteca/RolandoKlasman/postcosecha.pdf>.

Para los operadores logísticos que transportan los productos finales que se van a llevar al cliente final, se vuelve prioridad el manejo de las variables anteriores con los equipos de acondicionamiento de aire para tener una buena cadena de frío.

2.1.4 Masa y volumen. Las flores son productos que manejan poco peso y volumen tienen una relación con la forma que se empaquetan, que están ligados a el tipo de flor y a las especificaciones de cada empresa, también a la descripción de cada cliente. Según la entrevista realizada se informó que la mayoría de las fincas comercializadoras de flores manejan el mismo peso y volumen entre cajas y productos.

Las cajas más comunes que se comercializan tanto en la compra como en la venta son cajas tipo tabaco que tienen una dimensión de 1.04 m de largo, 0.25 m de ancho, 0.24 m de alto y un espesor de 0.005 m, con orificios que permiten pasar la circulación del aire necesaria para poder mantener la temperatura requerida para el transporte.

En el envío de mercancías es fundamental calcular el peso volumétrico ya que este determina el coste del mismo. Este peso indica el espacio real que el embalaje del producto ocupa en el medio de transporte y es un indicador más importante que el peso real<sup>18</sup>.

Para calcular el peso de la caja, se debe multiplicar la longitud (cm), la altura (cm) y el ancho (cm). A continuación, deberás dividir el resultado en 5.000<sup>19</sup>.

$$M = \frac{L \times W \times H}{5000}$$

Donde:

L: largo

W: ancho

H: alto

$$M = \frac{(1.04 \text{ m} \times 100) \times (0.25 \text{ m} \times 100) \times (0.24 \text{ m} \times 100)}{5000}$$

$$M = 12.4 \text{ kg}$$

---

<sup>18</sup> DHL. Pesos y dimensiones en el envío. [Consultado el 19 de mar de 2019]. Disponibles en: <https://www.exportacondhl.com/pesos-y-dimensiones/>

<sup>19</sup> Ibid.

El peso obtenido por la caja es de 12.4 kg, según la información obtenida en la visita de la empresa se debe tener una tolerancia de más o menos 1 kg en estos cálculos y así poder tener un dato más cercano a el real en la comercialización, ya que esto varía dependiendo las especificaciones de los ramos que el cliente solicita.

2.1.5 Luz. Para sobrevivir las flores necesitan de luz antes de su cosecha, una vez cortadas en el proceso de almacenamiento y transporte, la mayor parte de las flores tropicales pueden soportar de 5 a 10 días de oscuridad sin perder su calidad, sin embargo, hay especies que prolongan su periodo de poscosecha en estas condiciones.<sup>20</sup>

2.1.6 Tiempo de transporte. La mercancía (las flores), el medio en el que es transportada (flota de camiones de propiedad privada) y la infraestructura (carreteras, centros de acopio, que son de propiedad pública), son los elementos que interactúan bajo un marco de regulación y control, para garantizar la eficiencia del Sistema de Transporte.<sup>21</sup>

Evidentemente, el tiempo que se tiene de transporte depende de las distancias que se posee de los cultivos al cliente final ya se para exportación o para comercio en Bogotá. Según la información presentada por la empresa el tiempo de recorrido que se emplea es de aproximadamente 3 horas desde la sabana de Bogotá hasta el cliente final con una tolerancia de más o menos 30 minutos.

2.1.7 Ubicación. Para el transporte de las flores no se tiene definido el lugar donde la cámara se movilizará, por tal motivo se realizará los cálculos para la ciudad de Bogotá D.C, teniendo presente las variables necesarias.

---

<sup>20</sup> HADENBURG, Robert E. Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerías y viveros. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Costa Rica, 1988.

<sup>21</sup> FLECHAS CAMACHO, Ana Luisa. Movilidad y Transporte: Un enfoque territorial. Universidad Nacional de Colombia. 2006.

### 3. DISEÑO CONCEPTUAL Y ALTERNATIVAS

En el siguiente capítulo se evaluarán las diferentes alternativas del sistema de refrigeración; para este resultado se evalúan las diferentes técnicas que comprenden el diseño. Realizando un análisis de las ventajas y desventajas que presenta cada una de las alternativas.

#### 3.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Para la evaluación de alternativas se manejó la metodología de Scoring Ponderado ya que brinda la posibilidad de escoger la mejor alternativa dependiendo de las necesidades propias del diseño. Para esta metodología se maneja la siguiente expresión matemática<sup>22</sup>:

$$S_j = \sum_i W_i * r_{ij}$$

*r<sub>ij</sub>* = Rating de la alternativa j en funcion del criterio i

*W<sub>i</sub>* = ponderacion para cada criterio i

*S<sub>j</sub>* = puntaje para la alternativa j

Para el desarrollo de esta metodología se requiere seguir de unos pasos específicos<sup>23</sup>:

- ✓ Identificar el objetivo
- ✓ Identificar las alternativas
- ✓ Listar los criterios a emplear para la evaluación de las alternativas
- ✓ Determinar una ponderación para los criterios
- ✓ Establecer el nivel de satisfacción de cada alternativa frente a los criterios
- ✓ Determinar el puntaje de cada alternativa
- ✓ Seleccionar la alternativa con mayor puntaje

---

<sup>22</sup> ALARCON, Sergio y CRUZ, Jefferson. Diseño de un equipo móvil de refrigeración para el almacenamiento y transporte de leche cruda en zonas rurales. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. 2017. P 48.

<sup>23</sup> Ibid.

Cuadro 6. Escala de ponderación

CALIFICACIÓN	CRITERIO
1	Deficiente
2	Aceptable
3	Bueno
4	Sobresaliente
5	Excelente

Fuente: ALARCON, Sergio y CRUZ, Jefferson. Diseño de un equipo móvil de refrigeración para el almacenamiento y transporte de leche cruda en zonas rurales. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. 2017. p 48.

Cuadro 7. Escala de satisfacción

CALIFICACION	CRITERIO
1	Extra bajo
2	Muy bajo
3	Bajo
4	Poco bajo
5	Medio
6	Poco alto
7	Alto
8	Muy alto
9	Extra alto

Fuente: ALARCON, Sergio y CRUZ, Jefferson. Diseño de un equipo móvil de refrigeración para el almacenamiento y transporte de leche cruda en zonas rurales. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. 2017. P 48.

### 3.2 NORMATIVIDAD PARA ALMACENAMIENTO FRIGORÍFICO

Se revisará la norma GTC 253 (guía para la educación y comercialización de frutas, hierbas aromáticas culinarias y hortalizas frescas) y la norma NTC 4869 (alimentos refrigerados y congelados. almacenamiento; transporte, distribución y exhibición y venta) que nos dará los conceptos que se implementará para el diseño de la cámara climatizada móvil para el transporte de flores, al igual que la resolución No. 002505 de 2004 del ministerio de transporte que “Por la cual se reglamentan las condiciones que deben cumplir los vehículos para transportar carne, pescado o alimentos

fácilmente corruptibles”<sup>24</sup>, esta resolución rige también a los transportadores de flores.

Para la construcción de la cámara climatizada móvil se tendrá en cuenta la normatividad estipulada por las normas PAI (Programa Ampliado de Inmunizaciones).

### 3.3 DISEÑO CONCEPTUAL

Figura 20. Diseño conceptual



Fuente: elaboración propia

El diseño del equipo está basado en 4 sistemas (sistema de almacenamiento, sistema de refrigeración, sistema de suministros de energía y sistema móvil), los cuales tienen una relación para su mejor funcionamiento y así poder cumplir los parámetros y requerimiento funcionales.

3.3.1 Sistema de almacenamiento. Para el diseño del cuarto es importante definir los tipos de construcción junto con los materiales constructivos en la cámara de climatización según las variaciones climáticas que se desean simular en su interior; entre los tipos de construcciones se pueden emplear estructuras fijas, las cuales emplean materiales rígidos como el cemento o el ladrillo para así dar una forma estructural a los diferentes espacios destinados al funcionamiento de la cámara<sup>25</sup>, pero este tipo de materiales no son los únicos que se manejan en la construcción de la cámara frigorífica, se usa una gran variedad de materiales que dependen de la función que va a desempeñar. Las paredes deben ir acompañadas con un recubrimiento para la instalación del aislamiento térmico, ya que la presencia de

---

<sup>24</sup> Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 002505. (6 de sep de 2004). [en línea]. [consultado 19 de feb de 2019]. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Resolucion\\_2505\\_2004%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Resolucion_2505_2004%20(2).pdf)

<sup>25</sup> RAPIN, Pierre; JACQUARD, Patrick. Formulario del frío. Editorial Marcombo S.A. Barcelona 1999. P. 202.



estos recubrimientos “limitan considerablemente la entrada de calor y reducen los costes de instalación y funcionamiento de las mismas.”<sup>26</sup>

Para el diseño de la cámara se debe implementar materiales que sean capaces de soportar la oxidación y puedan utilizarse para la industria alimenticia, agrícola, horticultura, etc. Existe un tipo de acero que es el más común en esta industria el cual es:

- ✓ Acero galvanizado: La lámina de acero galvanizada por inmersión en caliente en calidad comercial, estructural y full hard es un producto que combina las características de resistencia mecánica del acero y la resistencia a la corrosión generada por el zinc. Se utiliza como materia prima en la industria de refrigeración, construcción, automotriz y metalmecánica en general.<sup>27</sup>

Cuadro 8. Propiedades mecánicas acero galvanizado

NTC 4011 Estructural Grado	Límite de Fluencia mín.		Resistencia a la Tracción mín.		% Elongación
	Mpa	psi	Mpa	psi	
33	230	33000	310	45000	20
40	275	40000	380	55000	16
50	340	50000	450	65000	12

Fuente: ACESCO. Ficha técnica acero galvanizado. [Consultado 13 de mar de 2019]. Disponibles en: <http://www.acesco.com/archivos/descargas/acero-galvanizado-ficha-tecnica.pdf>

Este tipo de acero es el más utilizado en la industria de la refrigeración y la construcción de cámara frigoríficas ya que es un material que evita el paso de energía y así logra mantener el interior a una temperatura establecida, tiene una excelente adherencia al poliuretano y desde un punto de vista económico es la mejor solución para la construcción de una cámara frigorífica.

Una vez selección el material con el que se realizara el diseño de la cámara climatizada se procede a la selección de un aislamiento térmico para evitar el paso de temperaturas que puedan afectar la cadena de frío. En la siguiente tabla se muestra los diferentes materiales aislantes que se pueden seleccionar según su conductividad térmica.

<sup>26</sup> CASTILLEJO HERNÁNDEZ, Pablo. Cámara germinadora de semillas. Titulación para ingeniero técnico industrial mecánico. Pamplona. Universidad Pública de Navarra. 2014.P.22

<sup>27</sup>ACESCO. Ficha técnica acero galvanizado. [Consultado 13 de mar de 2019]. Disponibles en: <http://www.acesco.com/archivos/descargas/acero-galvanizado-ficha-tecnica.pdf>

Cuadro 9. Características de los materiales empleados para aislamiento térmico en la construcción de cuartos frigoríficos.

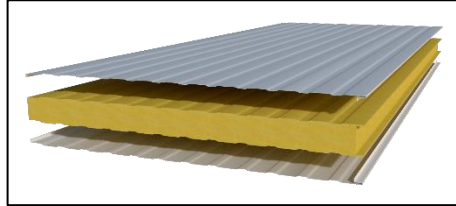
Materiales aislantes	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad térmica k
		W/m·K
Aglomerado de corcho	110	0,039
Espuma elastomérica	60	0,034
Lana de vidrio Tipo I	10-18	0,044
Lana de vidrio Tipo II	19-30	0,037
Lana de vidrio Tipo III	31-45	0,034
Lana de vidrio Tipo IV	46-65	0,033
Lana de vidrio Tipo V	66-90	0,033
Lana de vidrio Tipo VI	91	0,036
Lana mineral Tipo I	30-50	0,042
Lana mineral Tipo II	51-70	0,040
Lana mineral Tipo III	71-90	0,038
Lana mineral Tipo IV	91-120	0,038
Lana mineral Tipo V	121-150	0,038
Perlita extendida	130	0,047
Poliestireno expandido Tipo I	10	0,057
Poliestireno expandido Tipo II	12	0,044
Poliestireno expandido Tipo III	15	0,037
Poliestireno expandido Tipo IV	20	0,034
Poliestireno expandido Tipo V	25	0,033
Poliestireno extrusionado	33	0,033
Poliétileno reticulado	30	0,038
Polisocianurato, espuma de	35	0,026
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo I	32	0,023
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo II	35	0,023
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo III	40	0,023
Poliuretano conformado, espuma de - Tipo IV	80	0,040
Poliuretano aplicado <i>in situ</i> , espuma de - Tipo I	35	0,023
Poliuretano aplicado <i>in situ</i> , espuma de - Tipo II	40	0,023
Poliuretano expandido (inyectado)	40	0,024
Urea formol, espuma de	10-12	0,034
	12-14	0,035
Vermiculita expandida	120	0,035
Vidrio celular	160	0,044

Fuente: CASTILLEJO HERNÁNDEZ, Pablo. Cámara germinadora de semillas. Titulación para ingeniero técnico industrial mecánico. Pamplona. Universidad Pública de Navarra. 2014. P.23.

Las paredes que se implementaran para la estructura de la cámara climatizada será de tipo panel de sándwich que “Generalmente se trata de conjuntos formados por dos caras externas de pequeño grosor entre las que se encuentra adherida una capa de material aislante. El comportamiento y las prestaciones del panel variarán

en gran medida en función de los materiales utilizados, sus espesores, rigidez y la coherencia alcanzada entre núcleo y caras”<sup>28</sup>.

Figura 21. Panel sándwich



Fuente: CABISUAR  
CONSTRUCCIONES  
MODULARES. Características del  
panel de sandiwch. [Consultado el  
13 de mar de 2019]. Disponibles  
en:  
[http://cabisuar.com/caracteristicas-  
del-panel-sandwich/](http://cabisuar.com/caracteristicas-del-panel-sandwich/)

El aislamiento que ofrece el panel sándwich nos permite una óptima climatización del interior de cada una de nuestras estructuras. Así, cuando se realizan las correspondientes instalaciones para frío/calor (fundamentalmente, a partir de sistemas eléctricos de bomba de calor/aire acondicionado), conseguimos que las condiciones de temperatura en el interior sean fáciles de mantener con un coste razonable. De esta manera, se rentabilizan todos los recursos al máximo.<sup>29</sup>

Para una mejor distribución y calidad en el transporte, se implementará un diseño interno tipo colmena, que nos permitirá organizar el producto a transportar de forma segura y sin sobrepasar las cajas y así evitar un desgaste o maltrato del producto a comercializar. Como se muestra en la siguiente figura.

Para este almacenamiento tipo colmena se determinaron dos materiales que cumplen con las condiciones fitosanitarias, al igual que la temperatura y humedad ejercida por la refrigeración como lo son el acero galvanizado y el PVC espumado.

---

<sup>28</sup> PANELES DE SÁNDWICH. Análisis de riesgo-costes de las opciones en el mercado de soluciones constructivas utilizando estos elementos prefabricados. [Consultado el 13 de mar de 2019]. Disponibles en: <https://www.mapfre.com/ccm/content/documentos/fundacion/prev-ma/revista-seguridad/n108-paneles-sandwich.pdf>

<sup>29</sup> CABISUAR CONSTRUCCIONES MODULARES. Características del panel de sandiwch. [Consultado el 13 de mar de 2019]. Disponibles en: <http://cabisuar.com/caracteristicas-del-panel-sandwich/>

Figura 22. Almacenamiento tipo colmena



Fuente: TODOMETALES J.G. colmena. [Consultado el 13 de mar de 2019]. Disponible en: <https://todometalesjg.com/home/46-colmena.html>

Se implementará un sistema de seguridad para la puerta abatible que tendrá un panel, cierres, bisagras, sellos, perimetrales, etc. Elaborados con acero inoxidable y acero galvanizado. Como se muestra en la siguiente figura.

Figura 23. Puerta abatible



Fuente: PUERTAS AUTOMÁTICAS Y HERRERÍA EL PITILLAL. Puerta abatible para tráiler y camión. [Consultado el 13 de mar de 2019]. Disponible en : <https://puertasautomaticasenvallarta.com/puertas-automatica-para-caja-de-trailer-y-camion-puerta-abatible-merik-puerto-vallarta>

3.3.2 Sistema móvil. Para el diseño de la cámara climatizada la implementación del sistema móvil se realizará con la selección de un transporte tipo remolque que son “vehículos de carga no motorizados que consta como mínimo de chasis, ruedas, superficie de cargar y, dependiendo de su peso y dimensiones, frenos propios”.<sup>30</sup>

Cada tipo de remolque dispone de características distintas. Dependiendo del uso que se le vaya a dar y las necesidades de la empresa será necesario un tipo u otro<sup>31</sup>. Como se muestra es la siguiente figura.

Figura 24. Remolque



Fuente: MOVERTIS. 5 tipos de remolques que debes conocer. [Consultado el 13 de mar de 2019]. Disponible en: <https://www.movertis.com/blog/transporte/5-tipos-remolque>

Para las dimensiones existen unas medidas máximas establecidas y una carga máxima que puede soportar este tipo de vehículos no automotores según el ministerio de transporte y se designan con la letra R para dimensiones y R2 para carga.

Estas dimensiones y esta carga máxima son una obligación para el transporte en el territorio nacional. Como se muestra en las siguientes tablas.

---

<sup>30</sup> MOVERTIS. 5 tipos de remolques que debes conocer. [Consultado el 13 de mar de 2019]. Disponible en: <https://www.movertis.com/blog/transporte/5-tipos-remolque>

<sup>31</sup> Ibid.

Cuadro 10. Dimensiones remolque (R)

Designación	Dimensiones		
	Ancho máximo, m	Altura máxima, m	Longitud máxima, m
2B3	2,60	4,40	18,50
3B1	2,60	4,40	18,50
3B2	2,60	4,40	18,50
3B3	2,60	4,40	18,50
4B1	2,60	4,40	18,50
4B2	2,60	4,40	18,50
Remolque (R) y remolque balanceado (B)	2,60	4,40	10,00

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 004100. (28 de dic de 2004). [en línea]. [consultado 19 de feb de 2019]. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Resolucion\\_4100\\_2004.pdf](file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Resolucion_4100_2004.pdf)

Cuadro 11. Peso bruto remolques

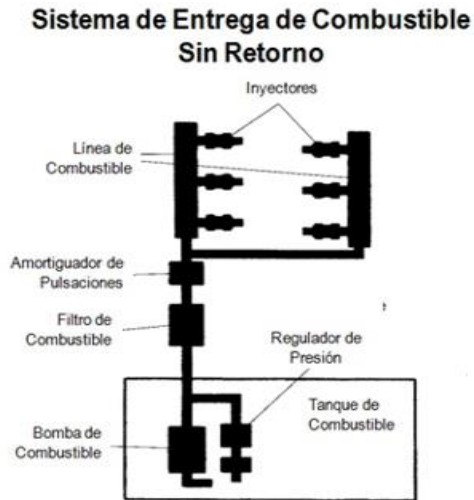
Vehículos	Designación	Máximo PBV, kg	Tolerancia positiva de medición kg.
Camiones con remolque	R2	16.000	+ 400
	2R2	31.000	+ 775
	2R3	47.000	+ 1175
	3R2	44.000	+ 1100
	3R3	48.000	+ 1200
	4R2	48.000	+ 1200
	4R3	48.000	+ 1200
	4R4	48.000	+ 1200

Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 004100. (28 de dic de 2004). [en línea]. [consultado 19 de feb de 2019]. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Resolucion\\_4100\\_2004.pdf](file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Resolucion_4100_2004.pdf)

3.3.3 Sistema de alimentación de energía. Para el diseño de alimentación se implementará un sistema que tiene la capacidad para ser transportado sin interrumpir el funcionamiento de la cámara climatizada, al igual que su fácil operación y sus bajos costos.

Por esta razón se utilizará un sistema por motor Diesel sin retorno, ya que es la fuente de energía más común para los sistemas de refrigeración de transporte de perecederos actualmente en el mercado, por sus bajos costos, su poco mantenimiento, su gran vida útil y su rendimiento en el proceso.

Figura 25. Sistema de combustible sin retorno



Fuente: E-AUTO. Sistemas de inyección de combustible. [Consultado el 23 de sep de 2019]. Disponibles en: [https://www.e-auto.com.mx/manual\\_detalle.php?manual\\_id=259](https://www.e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=259)

3.3.4 Sistemas de refrigeración. El sistema de refrigeración se basa en el principio de crear zonas de alta y baja presión en el mismo circuito cerrado, haciendo uso de un mecanismo de expansión y un compresor, los dos encargados de trabajar con las presiones del sistema, produciendo así una variación de estado en el refrigerante entre un estado líquido- vapor y vapor-liquido<sup>32</sup>. Para el sistema de refrigeración se miraron 3 alternativas posibles:

3.3.4.1 Sistema de refrigeración por compresión. El proceso de refrigeración por compresión se logra evaporando un gas refrigerante en estado líquido a través de un dispositivo de expansión dentro de un intercambiador de calor, denominado evaporador. Para evaporarse este requiere absorber calor latente de vaporización. Al evaporarse el líquido refrigerante cambia su estado a vapor. Durante el cambio de estado el refrigerante en estado de vapor absorbe energía térmica del medio en contacto con el evaporador, bien sea este medio gaseoso o líquido. A esta cantidad de calor contenido en el ambiente se le denomina carga térmica. Luego de este intercambio energético, un compresor mecánico se encarga de aumentar la presión del vapor para poder condensarlo dentro de otro intercambiador de calor conocido

---

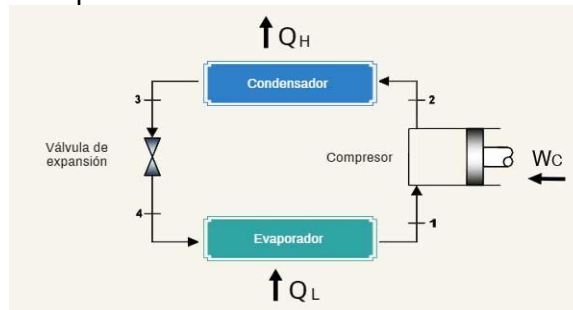
<sup>32</sup> ALARCON, Sergio y CRUZ, Jefferson. Diseño de un equipo móvil de refrigeración para el almacenamiento y transporte de leche cruda en zonas rurales. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. 2017. p 36.

como condensador. En este intercambiador se liberan del sistema frigorífico tanto el calor latente como el sensible, ambos componentes de la carga térmica. Ya que este aumento de presión además produce un aumento en su temperatura, para lograr el cambio de estado del fluido refrigerante y producir el subenfriamiento de este es necesario enfriarlo al interior del condensador; esto suele hacerse por medio de aire y/o agua conforme el tipo de condensador, definido muchas veces en función del refrigerante. De esta manera, el refrigerante ya en estado líquido, puede evaporarse nuevamente a través de la válvula de expansión y repetir el ciclo de refrigeración por compresión<sup>33</sup>.

Este tipo de sistemas manejan los siguientes componentes:

- ✓ Condensador
- ✓ Válvula de expansión
- ✓ Evaporador
- ✓ Compresor
- ✓ Fuente de energía
- ✓ Fluido refrigerante

Figura 26. Sistema de refrigeración por compresión



Fuente: CALORYFRIO.COM. Sistema de refrigeración aire acondicionado: compresión y absorción. [Consultado el 21 de mar de 2019]. Disponible en: <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-instalaciones-componentes/sistemas-de-refrigeracion-compresion-absorcion.html>

3.3.4.2 Sistema de refrigeración por absorción. El sistema de refrigeración por absorción es un medio de producir frío que aprovecha las propiedades de ciertas

<sup>33</sup> SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN. Tipos y configuración de sistemas de refrigeración. [Consultado el 21 de mar de 2019]. p 3. Disponibles en: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17271/1/refrigeracion.pdf>.

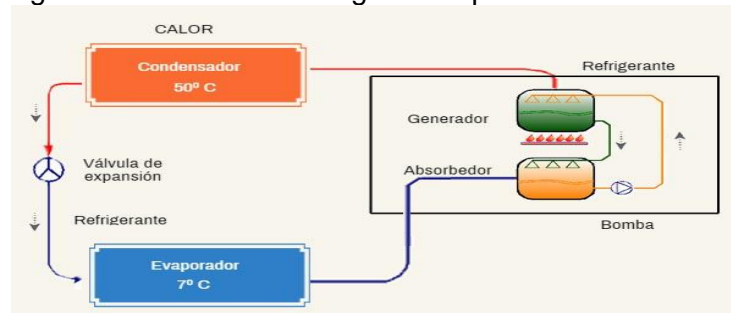


sustancias que absorben calor al cambiar de estado líquido a gaseoso. Así como en el sistema de compresión el ciclo se hace mediante un compresor, en el caso de la absorción, el ciclo se basa físicamente en la capacidad que tienen algunas sustancias, como el bromuro de litio, de absorber otra sustancia, tal como el agua, en fase de vapor. Otra posibilidad es emplear el agua como sustancia absorbente (disolvente) y como absorbida (soluto) amoníaco<sup>34</sup>.

El sistema de refrigeración por absorción resulta muy similar con el sistema de refrigeración por compresión, con la diferencia que el compresor es sustituido por un grupo de componentes como: absorbedor, bomba, generador, regenerador, válvula y rectificador<sup>35</sup>.

Los sistemas de refrigeración por absorción son y han sido ampliamente usados en la industria principalmente por su adaptabilidad a lugares o zonas difíciles en donde no se tiene energía eléctrica que permita poner en marcha un compresor, este sistema es comúnmente utilizado en una configuración principal en donde se utiliza como liquido absorbente al agua y como fluido de proceso o refrigerante el amoniaco, a esta configuración se le conoce con el nombre de sistema de refrigeración por absorción de amoniaco<sup>36</sup>.

Figura 27. Sistema de refrigeración por absorción



Fuente: CALORYFRIO.COM. Sistema de refrigeración aire acondicionado: compresión y absorción. [Consultado el 21 de mar de 2019]. Disponible en: <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-instalaciones-componentes/sistemas-de-refrigeracion-compresion-absorcion.html>

<sup>34</sup> SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN. Tipos y configuración de sistemas de refrigeración. [Consultado el 21 de mar de 2019]. p 5. Disponibles en: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17271/1/refrigeracion.pdf>.

<sup>35</sup> ALARCON, Sergio y CRUZ, Jefferson. Diseño de un equipo móvil de refrigeración para el almacenamiento y transporte de leche cruda en zonas rurales. Bogotá D.C.: Fundación Universidad 7de América. Facultad de Ingenierías. 2017. p 37.

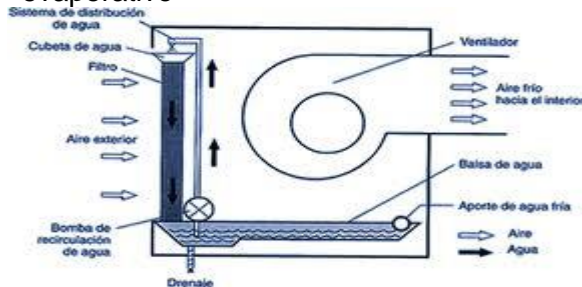
<sup>36</sup> Ibid.

3.3.4.3 Sistema de refrigeración por evaporación. Es “un proceso natural que utiliza el agua como refrigerante y que se aplica para la transmisión a la atmósfera del calor excedente de diferentes procesos y máquinas térmicas. En este principio se basa el funcionamiento de equipos como las torres de enfriamiento y condensadores evaporativos, frecuentemente utilizados para la condensación del gas refrigerante en las instalaciones frigoríficas”<sup>37</sup>.

En estas instalaciones los equipos de enfriamiento evaporativo liberan el calor de condensación de las máquinas frigoríficas transfiriéndolo a la atmósfera mediante la evaporación de una reducida cantidad de agua. Este proceso se hace efectivo gracias al establecimiento de un estrecho contacto entre el agua en circulación y una corriente de aire en un intercambiador de calor<sup>38</sup>.

Los equipos de enfriamiento evaporativo, con independencia de cuales sean sus modalidades y características específicas, incorporan una sección de intercambio de calor humedecido con la utilización de un dispositivo rociador de agua, un sistema de ventilación encargado de forzar el paso del aire ambiente a través del intercambiador de calor y diferentes componentes auxiliares, tal como la balsa colectora de agua, bomba de recirculación, eliminadores de gotas e instrumentos de control<sup>39</sup>.

Figura 28. sistema de refrigeración evaporativo



Fuente: AMBIENTE SOLUCIONES. Enfriadores evaporativos. [Consultado el 21 de mar de 2019]. Disponibles en: [https://www.ambientesoluciones.com/sitio/contenidos\\_mo.php?it=248](https://www.ambientesoluciones.com/sitio/contenidos_mo.php?it=248)

---

<sup>37</sup> AMBIENTE SOLUCIONES. Enfriadores evaporativos. [Consultado el 19 de mar de 2019]. Disponibles en: [https://www.ambientesoluciones.com/sitio/contenidos\\_mo.php?it=248](https://www.ambientesoluciones.com/sitio/contenidos_mo.php?it=248)

<sup>38</sup> Ibid.

<sup>39</sup> Ibid.

### 3.4 SELECCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Para los sistemas de refrigeración que existen actualmente en la industria se realiza el estudio y se comprenden ventajas y desventajas de cada alternativa que se va a estudiar en este capítulo, como se mostrara a continuación.

Se va a definir la importancia de las variables que se van a tener en cuenta para la calificación de las alternativas como lo son:

- ✓ Capacidad de transporte del sistema
- ✓ Eficiencia del sistema
- ✓ Volumen ocupado por el sistema
- ✓ Vida útil del sistema
- ✓ Costo inicial del sistema

Definición de cada criterio:

Capacidad de transporte en el sistema: Este criterio hace énfasis a la facilidad para el transporte y movilidad.

Eficiencia del sistema: Este criterio diagnostica el rendimiento en el proceso según su tecnología.

Volumen ocupado del sistema: Este criterio evalúa las dimensiones y el espacio que ocupara el sistema dentro de la cámara climatizada móvil.

Vida útil del sistema: Este criterio hace referencia a la durabilidad que tendrá el sistema.

Costo inicial del sistema: Este criterio evalúa la inversión que se realizaría para el sistema de refrigeración.

Teniendo en cuenta las variables que serán ponderadas y el porcentaje ya establecido en el capítulo 3.1 y el cuadro número 3, se procede a realizar el cuadro de ponderación de criterios. Como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 12. Ponderación de los criterios

Sistema de refrigeración	
Criterios	Ponderación $W_i$
Capacidad de transporte	5
Eficiencia	5
Volumen	3
Vida útil	4
Costo inicial	2

Fuente: elaboración propia

Luego se realiza una evaluación de satisfacción empleando los valores del cuadro número 4 del capítulo 3.1, Como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 13. Rating de satisfacción para el sistema de refrigeración

	Criterios	Sistema por compresión <i>ri1</i>	Sistema por absorción <i>ri2</i>	Sistema evaporativo <i>ri3</i>
Sistema de refrigeración	Capacidad de transporte	8	7	5
	Eficiencia	7	4	4
	Volumen	9	5	8
	Vida útil	7	7	7
	Costo inicial	7	8	9

Fuente: elaboración propia

Se puede observar que el sistema por compresión es el que tiene mejor capacidad de transporte, ya que es el sistema más empleado en el transporte de alimentos y hortalizas por su fácil posicionamiento y acceso para su fuente de energía.

En la eficiencia, el sistema por compresión tiene un mejor porcentaje que el de absorción y evaporación por que el de absorción “El rendimiento es menor que en el método por compresión (0,8 frente a 5,5), sin embargo, en algunos casos compensa el que la energía proveniente de una fuente calorífica sea más económica, incluso residual o un subproducto destinado a desecharse. También hay que tener en cuenta que el sistema de compresión, utiliza normalmente la energía eléctrica, y cuando ésta llega a la toma de corriente lo hace con un rendimiento inferior al 25% sobre la energía primaria utilizada para generarla, lo que reduce mucho las diferencias de rendimiento”<sup>40</sup>.

En cuanto al volumen, los sistemas de compresión son un poco más compactos al igual que los sistemas de evaporación en comparación de los equipos por absorción, ya que estos equipos tienen una serie de elementos que se usan para reemplazar el compresor y el evaporador, como lo son el generador, absorbedor, absorbente y fuente de calor.

Para la vida útil, se les dio un porcentaje igual a los 3 casos ya que la durabilidad de los sistemas es muy similar y dependen mucho del cuidado y el mantenimiento que se les dé.

Por último, el costo inicial en los tres es muy similar pero debido a que los sistemas de absorción y evaporación no manejan un compresor el costo es mucho más bajo y por eso el sistema de compresión maneja el precio un poco más elevado.

---

<sup>40</sup> CALORYFRIO.COM. Sistema de refrigeración aire acondicionado: compresión y absorción. [Consultado el 21 de mar de 2019]. Disponible en: <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-instalaciones-componentes/sistemas-de-refrigeracion-compresion-absorcion.html>

Como paso final para la selección de las alternativas se realiza el score mediante la ecuación. Como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 14. Score sistema de refrigeración

VARIABLE	Poderación $W_i$	Sistema por compresión		Sistema por absorción		Sistema evaporativo	
		$ri1$	$wi * ri1$	$ri2$	$wi * ri3$	$ri3$	$wi * ri3$
Capacidad de transporte	5	6	40	9	35	5	25
Eficiencia	5	9	35	4	20	4	20
Volumen	3	9	27	5	15	8	24
Vida útil	4	7	28	7	28	7	28
Costo inicial	2	7	14	8	16	9	18
TOTAL GLOBAL ( $S_j$ )	$\sum_i W_i * r_{ij}$	144		114		115	

Fuente: elaboración propia

Como resultado de nuestro Scoring se seleccionó el sistema de compresión con un total de 144 puntos, en contra de un sistema de absorción con 134 y un uno de evaporación con 115 puntos.

Una vez determinado el sistema de refrigeración se procede a evaluar los diferentes componentes del sistema como son el compresor, evaporador, condensador y sistema de expansión.

Para el compresor de determinó dos tipos de compresor como se muestra a continuación.

Cuadro 15. Score de compresores

VARIABLE	Poderación $W_i$	Compresor por piston		compresor de tornillo	
		$ri1$	$wi * ri1$	$ri2$	$wi * ri3$
Capacidad de transporte	5	6	30	8	40
Eficiencia	5	7	35	4	20
Volumen	3	8	24	5	15
Vida útil	4	7	28	6	24
Costo inicial	2	9	18	7	14
TOTAL GLOBAL ( $S_j$ )	$\sum_i W_i * r_{ij}$	135		113	

Fuente: elaboración propia

Se determinó que el compresor que tu mejor calificación fue el de tipo pistón.

El paso siguiente es determinar entre dos variables para el evaporador y el condensador si van a ser enfriador por agua o enfriados por aire.

Cuadro 16. Score tipo de enfriamiento

VARIABLE	Poderación $W_i$	Enfriamiento por aire		Enfriamiento por agua	
		$ri1$	$wi * ri1$	$ri2$	$wi * ri3$
Capacidad de transporte	5	6	35	8	30
Eficiencia	5	7	30	4	20
Volumen	3	8	27	5	21
Vida útil	4	7	32	6	24
Costo inicial	2	9	14	7	14
TOTAL GLOBAL ( $S_j$ )	$\sum_i W_i * r_{ij}$	138		109	

Fuente: elaboración propia

A continuación, se determina el tipo de sistema de expansión que se implementara para el sistema de refrigeración.

Cuadro 17. Score sistema de expansión

VARIABLE	Poderación Wi	Válvula de expansión termostática		Tubo capilar	
		ri1	wi* ri1	ri2	wi* ri3
Capacidad de transporte	5	6	40	8	40
Eficiencia	5	7	45	4	35
Volumen	3	8	27	5	24
Vida útil	4	7	32	6	24
Costo inicial	2	9	14	7	14
TOTAL GLOBAL ( Sj )	$\sum_i W_i * r_{ij}$	158		137	

Fuente: elaboración propia

Se procede a determinar también el tipo de material que se utilizara en el almacenamiento interno (colmena) tomando como variables de calificación las ya mencionadas.

Cuadro 18. Score material almacenamiento interno

VARIABLE	Poderación Wi	PVC espumado		Acero galvanizado	
		ri1	wi* ri1	ri2	wi* ri3
Capacidad de transporte	5	6	40	9	35
Eficiencia	5	9	35	4	20
Volumen	3	9	27	5	15
Vida útil	4	7	28	7	28
Costo inicial	2	7	14	8	16
TOTAL GLOBAL ( Sj )	$\sum_i W_i * r_{ij}$	144		114	

Fuente: elaboración propia

Como último, se realiza el estudio del sistema de refrigeración teniendo como variables un sistema ideal (calculado) y uno real (comercial) que también serán evaluados con los factores anteriores incluyendo el mantenimiento que son componentes que afecta en el costo inicial y futuro del proyecto, ya que este proyecto tiene como prioridad obtener un costo inicial más bajo para las empresas que están relacionadas en el transporte de las flores.

Cuadro 19. Score sistema ideal o real

VARIABLE	Poderación Wi	Sistema Real		Sistema Ideal	
		ri1	wi* ri1	ri2	wi* ri3
Capacidad de transporte	5	9	45	9	45
Eficiencia	5	9	45	9	45
Volumen	3	8	24	8	24
Vida útil	4	9	36	9	36
Costo inicial	5	9	45	7	35
Mantenimeinto	5	9	45	7	35
TOTAL GLOBAL ( Sj )	$\sum_i W_i * r_{ij}$	240		220	

Fuente: elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra en un recuadro amarillo las alternativas seleccionadas en este capítulo.

Tabla 1. Alternativas seleccionadas

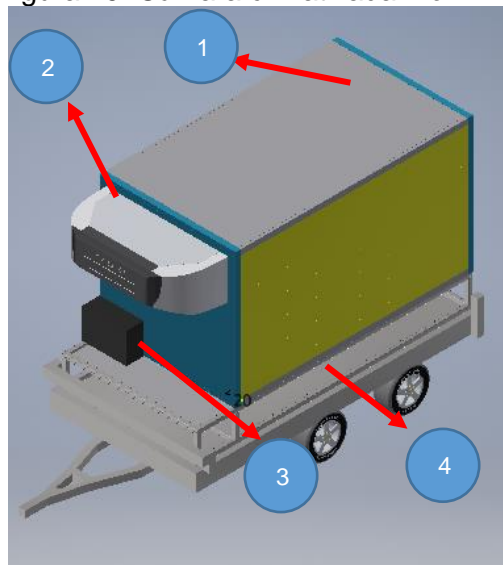
ALTERNATIVAS SELECCIONADAS		
Sistema de refrigeración		
Compresión	Absorción	Evaporación
Tipo de compresor		
Pistón		Tornillo
Tipo de enfriamiento		
Aire		Agua
Sistema de expansión		
Válvula termostática		Tubo capilar
Material almacenamiento interno		
PVC espumado		Acero galvanizado
Sistema ideal o real		
Ideal (comercial)		Real(calculado)

Fuente: elaboración propia

## 4. DISEÑO DETALLADO

Luego de realizar y verificar la caracterización y las normas para la dimensión de la cámara junto con las condiciones de operación, con las cuales va a trabajar y teniendo presentes las alternativas, se procede a realizar el diseño detallado de la cámara climatizada móvil para el transporte de flores. Se va a dividir el diseño en 4 sistemas principales ya mencionados que son; primero el sistema de almacenamiento, segundo sistema de refrigeración, tercero sistema de alimentación y por último cuarto sistema móvil.

Figura 29. Cámara climatizada móvil



Fuente: elaboración propia

### 4.1 CÁLCULO DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

La construcción de la cámara climatizada se realizó según el dimensionamiento permitido por el ministerio de transporte para contenedores no automotores y los camiones C2-P que se usan actualmente en el transporte de flores, junto con los materiales de construcción empleados para su diseño.

4.1.1 Dimensionamiento. La cámara climatizada tendrá unas dimensiones de 3.5 m que es el largo carrozable de los furgones actuales con un ancho total de 2 m que es una distancia mayor al actual de los furgones y una altura de 2 m para que cumpla con las dimensiones máximas establecida por el ministerio de transporte.

La cámara tendrá el espacio para la implementación del equipo de refrigeración que se seleccionó.



El volumen que ocupara la cámara climatizada va a ser igual:

$$\begin{aligned}V &= l * l * l \\V &= 3.5 \text{ m} * 2 \text{ m} * 2 \text{ m} \\V &= 14 \text{ m}^3\end{aligned}$$

4.1.2 Materiales de construcción. “Generalmente, las cámaras frigoríficas se construyen con paneles compuestos de un aislamiento con un bajo coeficiente de conductividad térmica que garanticen la hermeticidad del ambiente controlado en su interior”<sup>41</sup>. Como se mencionó en el capítulo 3.3.1 se implementará un panel tipo “sándwich” que estará compuesto “por un núcleo aislante térmico de espuma rígida de poliuretano (PUR) o polisocianurato (PIR) con recubrimiento en ambas caras de plancha de acero galvanizado. Existe la opción del panel con una cara de plancha de poliéster reforzado y por la otra, chapa de acero galvanizado con acabado de pintura poliéster o con ambas caras de plancha de poliéster reforzado con fibra de vidrio”<sup>42</sup>.

El acabado poliéster reforzado con fibra de vidrio ofrece ventajas muy importantes al producto final: alta durabilidad del panel, mínimo mantenimiento y facilidad de limpieza, altas prestaciones higiene y protección, alta resistencia a los golpes, apto para contacto con alimentos ya que no permite formación de moho, no absorbe olores, ni se oxida<sup>43</sup>. Las características de este tipo de aislamiento se ven a continuación.

Cuadro 20. Características del poliuretano expandido

Propiedades	Unidades	PIR
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	40
Resistencia a la compresión	kPa	200
Conductividad térmica (10°C)	W/mK	0,023

Fuente: POLIURETANOS S.A. Productos de Paneles encolados. Panel PE - PIR. Girona, España. 2016. [En línea]. Disponible en: <http://poliuretanos.com/productos/paneles/pepir.html>

---

<sup>41</sup> MUÑOZ, Johan. Diseño de una cámara climatizada, automatizada, con manejo de información por telemetría y condiciones operativas controladas para pruebas de equipos y materiales. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. 2018. P 58.

<sup>42</sup> POLIURETANOS. Producto paneles encolados. [ Consultado el 27 de mar de 2019]. Disponible en: <http://poliuretanos.com/productos/paneles/pepir.html>

<sup>43</sup> Ibid

Para obtener el espesor adecuado para el panel de aislamiento térmico, es fundamental conocer la pérdida admisible que puede tener la cámara; por lo tanto, “la cámara climatizada se clasifica como un cuarto de conservación debido a que la temperatura mínima del ambiente interior es de 2°C, y las pérdidas máximas de calor permitidas son de 8 W/m<sup>2</sup>”<sup>44</sup>.

Se debe conocer el diferencial de temperatura a las cuales deben estar sometidas los paneles de poliuretano expandido. La cámara estará diseñada para Bogotá D.C., se contemplará la temperatura máxima registrada en Bogotá D.C. ( $T_{max} = 26^{\circ}C$ )<sup>45</sup>. Como paso final para determinar el espesor del aislamiento térmico es necesario tener el coeficiente global de transferencia de calor por conducción del poliuretano Representado con la letra “λ” que está establecido en el cuadro 9; la convección del ambiente no será contemplada. Para realizar el cálculo del espesor mínimo requerido se tiene en cuenta la expresión del flujo de calor, transmitido por la Ley de Fourier. Como se muestra en la siguiente ecuación.

Ecuación 1. Espesor del aislamiento

$$Q = \frac{\lambda}{e} * (\Delta T)$$

Fuente: Margarida, Manuel.  
Aislamiento térmico. Barcelona:  
Técnicos asociados S.A., 1983. 291 p.

Despejando la ecuación para conocer el espesor tenemos:

$$e = \frac{\lambda}{Q} * (\Delta T)$$

$$e = \frac{0.023 \frac{W}{m * K} * (26^{\circ}c - 2^{\circ}c)}{8 \frac{W}{m^2}} = 0.069 m$$

Donde:

e: Espesor

Q: Flujo de calor

ΔT: Diferencia de temperaturas

λ: Coeficiente de conductividad del cuerpo

<sup>44</sup> GONZÁLEZ SIERRA, Carlos. Refrigeración industrial: montaje y mantenimiento de instalaciones frigoríficas. Barcelona, ES: Cano Pina, 2012. P. 280.

<sup>45</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Tiempo y clima. Mapa Temperatura media – máxima - mínima. Bogotá. CO. [En Línea]. Disponible en: [www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/seguimiento](http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/seguimiento)

El espesor obtenido es de 0.069 m, también se puede determinar el espesor con otro método que tiene la capacidad de evaluar esta variable según la conducción de calor, para el caso de poliuretano expandido que maneja una densidad de 40 kg/m<sup>3</sup> y una conductividad térmica de 0.023 W/m\*K como se muestra en el cuadro 9, el espesor se puede seleccionar de la siguiente tabla.

Tabla 2. Espesor del aislamiento térmico según su conductividad térmica

Espesor de panel	COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN	
	kcal / h m <sup>2</sup> °C	W / m <sup>2</sup> °C
60 mm	0,28	0,033
80 mm	0,23	0,027
100 mm	0,18	0,021
125 mm	0,15	0,017
150 mm	0,12	0,014
175 mm	0,10	0,012
200 mm	0,09	0,011

Fuente: BALBOA, JOAN. Manual de instalaciones frigoríficas (4a. ed.). Barcelona, ES: Editorial Cano Pina, 2012. P 200. Modificada por el autor.

Teniendo en cuenta la tabla presentada podemos seleccionar un espesor más adecuado para el diseño de los paneles tipo sándwich de las paredes y techos igual a 80 mm (3" medida comercial). Para garantizar que el espesor cumple con las normas establecidas por el PAI se tiene una ficha técnica de la organización panamericana de la salud de furgones refrigerados.

Cuadro 21. Dimensiones de furgones refrigerados

ESPECIFICACIONES, DESCRIPCIÓN y COMENTARIOS/OBSERVACIONES	
DISEÑO Y FABRICACIÓN POR	Empresa especialista en el diseño y construcción de cámaras y cajas isotérmicas para vehículos de transporte refrigerados.
MEDIDAS INTERNAS DIMENSIONES (DEL ÁREA REFRIGERADA)	Las medidas internas de compartimento refrigerado deben reflejar las necesidades del PAI. Las medidas internas compartimento para materiales e insumos deben reflejar las necesidades del PAI.
AISLAMIENTO	Espuma inyectada de poliuretano de alta densidad (42 Kg./m <sup>3</sup> mínimo)
ESPESOR PAREDES, PISO, TECHO Y PUERTAS	3" pulg. ó 76,2mm
CUBIERTA DE PISO	Aluminio corrugado antideslizante/extrudido o tipo "T", o similar
PUERTAS	POSTERIOR/DOS HOJAS: Cierre de torsión y bisagras en acero inoxidable. Empaque de doble pestaña. Marco en aluminio extrudido de 1/8" soldado en las esquinas. Topes de goma. Gancho fijador puerta. LATERAL: Senilla (una hoja)

Fuente: ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Características técnicas furgón refrigerado. [Consultado el 1 de abr de 2019]. Disponibles en : <http://www.paho.org/immunization/toolkit/resources/paho-publication/job-aides-es/cold-chain/caracteristicas-technicas-furgon-refrigerado.pdf?ua=1>

Para determinar la masa total de la cámara, sin el sistema de refrigeración y los perfiles internos para el posicionamiento de las cajas con flores se revisa, un catálogo donde nos permite revisar el peso de los paneles tipo "sándwich" según el espesor seleccionado. Como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 22. Peso según el espesor de los paneles

ESPESOR (mm)	PESO (Kg/m <sup>2</sup> )	TRANSMITANCIA TÉRMICA U (W/M <sup>2</sup> K)		
		HORIZ.	ASC.	DESC.
60	12,05	0,39	0,40	0,39
80	13,55	0,29	0,29	0,29
100	15,10	0,23	0,24	0,23
120	16,60	0,19	0,19	0,19
150	18,85	0,16	0,16	0,15
200	22,65	0,12	0,12	0,12

Fuente: EUROPERFIL. Paneles sándwich y placas aislantes. [Consultado el 1 de abr de 2019]. Disponible en: <http://euoperfil.com/newweb/resources/img/catalogos/385ce5a656514610a386b23e4f7e3689.pdf>

Para determinar la masa que se genera de la cámara se puede realizar con la siguiente ecuación:

$$M_f = M * \sum A$$

Donde:

$M_f$ : Masa final de la cámara en kg

M: Masa del panel en  $\frac{kg}{m^2}$

$\sum A$ : Sumatoria de las áreas de la cámara

Se procede a realizar las respectivas áreas de la cámara, se implementarán 3 paneles con dimensiones diferentes para los paneles tipo “sándwich”.

$$A = L * L$$

$$A_1 = 3.34 m * 2 m = 6.68 m^2$$

$$A_2 = 2 m * 2 m = 4 m^2$$

$$A_3 = 3.34 m * 1.84 m = 6.1456 m^2$$

Con estos datos se procede a determinar el peso final de los paneles utilizados para la cámara.

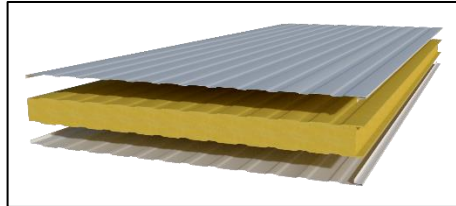
$$M_f = 13,55 \frac{kg}{m^2} * (26.68 m^2 + 4 m^2 + 6.1456 m^2)$$

$$M_f = 227.987 kg * 2 = 455.974 kg$$

4.1.3 Piso. El piso de la cámara debe estar aislado y debidamente reforzado para soportar el peso de los equipos y de las cajas con flores que se van a transportar, por lo cual se debe seleccionar una espuma aislante con una alta resistencia a la compresión.

Para el diseño del piso de la cámara se determinó el mismo aislante que se utilizara para paredes y techos (poliuretano expandido).

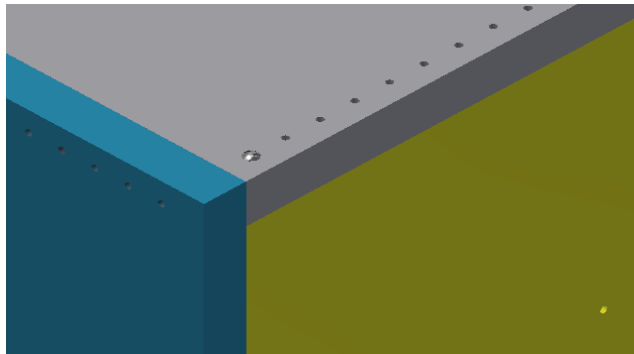
Figura 30. Composición y aislamiento del piso



Fuente: CABISUAR  
CONSTRUCCIONES  
MODULARES. Características del panel de sandwich. [Consultado el 1 de abr de 2019]. Disponibles en: <http://cabisuar.com/caracteristicas-del-panel-sandwich/>

4.1.4 Paredes y techo. Para el montaje de las paredes y el techo se va a utilizar elementos de fijación, con el objetivo de soportar los paneles de poliuretano en la estructura; la unión de las paredes, el techo y los elementos de fijación va a ser tipo rompecabezas donde tienen una determinada forma para encajar entre ellos, para que permita una mejor adherencia entre los paneles tipo “sándwich”.

Figura 31. Sistema de unión entre paredes y techo



Fuente: elaboración propia

Para garantizar la hermeticidad de la cámara se implementarán dos factores importantes para la cámara como son el “adhesivo elástico multipropósito para aplicaciones interiores y exteriores”<sup>46</sup>, como lo es el SIKAFLEX -11FC+ este tipo de

---

<sup>46</sup> SIKA. Hoja de datos del producto sikaflex®-11 fc+. [Consultado el 1 de abr de 2019]. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/co-ht\\_Sikaflex-11%20FC+.pdf](file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/co-ht_Sikaflex-11%20FC+.pdf)

adhesivo nos da una mejor hermeticidad y puede trabajar en “cualquier tipo de materiales que estén sometidos a cambios de temperatura o movimiento”<sup>47</sup>. En temperaturas entre -40 °C y 80 °C, este tipo de adhesivo se colocará en las uniones de las paredes y los techos tanto internos como externos. Como se muestra en la siguiente figura.

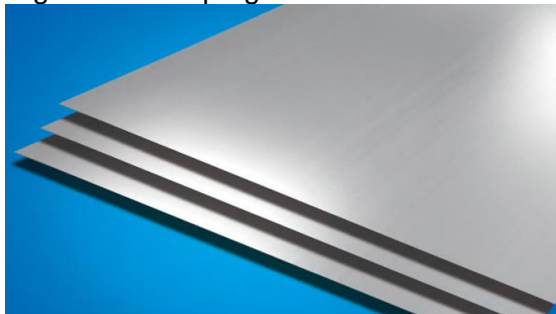
Figura 32. SIKAFLEX -11FC+



Fuente: SIKA. Hoja de datos del producto sikaflex®-11 fc+. [Consultado el 1 de abr de 2019]. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/co-ht\\_Sikaflex-11%20FC+.pdf](file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/co-ht_Sikaflex-11%20FC+.pdf)

Al igual se implementará un recubrimiento en las esquinas de toda la cámara en chapa de acero galvanizado como recubrimiento externo para obtener una mejor fijación entre los paneles de poliuretano y obtener una hermeticidad mayor en la cámara. Como se muestra en la siguiente figura.

Figura 33. Chapa galvanizada



Fuente: CORPACERO. Catálogo de productos. [Consultado 1 de abr de 2019]. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Catalogo%20Corpacero%202017\\_vers6%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Catalogo%20Corpacero%202017_vers6%20(1).pdf)

---

<sup>47</sup> SIKA. Hoja de datos del producto sikaflex®-11 fc+. [Consultado el 1 de abr de 2019]. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/co-ht\\_Sikaflex-11%20FC+.pdf](file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/co-ht_Sikaflex-11%20FC+.pdf)

La chapa que se necesita para este refuerzo debe ser ligero al igual que económico. Por ese motivo se selecciona el siguiente dimensionamiento.

Tabla 3. Medidas y peso laminas

DIMENSIONES mm.	UNIDAD DE MEDIDA	PESO TEÓRICO Kg./m <sup>2</sup>	SUPERFICIE m <sup>2</sup>
ESPESOR 0,5 MM			
CH.GALVAN.2000X1000	TM	4,12	2
ESPESOR 0,6 MM			
CH.GALVAN.2000X1000	TM	4,95	2
ESPESOR 0,8 MM			
CH.GALVAN.2000X1000	TM	6,59	2
ESPESOR 1 MM			
CH.GALVAN.2000X1000	TM	8,24	2
CH.GALVAN.3000X1500	TM	8,24	4,5
CH.GALVAN.4000X1000	TM	8,24	4
CH.GALVAN.6000X1500	TM	8,24	9

Fuente: CORPACERO. Catálogo de productos. [Consultado 1 de abr de 2019]. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Catalogo%20Corpacero%202017\\_vers6%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Catalogo%20Corpacero%202017_vers6%20(1).pdf)

La cantidad que necesitamos total es solo una por tal motivo el peso que se obtendrá por este recubrimiento es igual a 8.24 Kg/m<sup>2</sup>

4.1.5 Puertas. La puerta de entrada y salida de la cámara tiene que estar totalmente aislada para evitar las pérdidas de calor generada por ambiente, este sistema debe tener un tamaño ideal para el acceso de operarios que realizaran el cargue y descargue de los productos; el sistema de cierre y ajuste de la puerta debe garantizar la hermeticidad y preservación de las temperaturas, humedades, velocidades, etc. Que se simulen dentro del cuarto, evitando la infiltración del aire exterior.

Para el proyecto se seleccionó un sistema de compuertas abatibles con el objetivo de no interferir con el espacio interno y externo de la cámara. El tamaño de la puerta para la cámara es de 2 m de altura por 2 m de ancho; con un espesor de 8 cm. Como se muestra en la figura siguiente.

Figura 34. Compuertas abatibles



Fuente: SOLUCIONES INTELIGENTES EN ACCESOS. Puertas para caja de tráiler y camión abatibles. [Consultado el 8 de abr de 2019]. Disponibles en: <http://www.solucionesenaccesosm.com.mx/producto/puerta-para-caja-de-trailer-y-camion-abatibles/>

4.1.6 Almacenamiento interno. Para el almacenamiento interno el material que se utilizará es “P.V.C. espumado destaca principalmente por su ligereza (en torno al doble que una plancha de P.V.C. compacto), siendo especialmente útil para trabajos en los que el peso es un requisito fundamental”<sup>48</sup>, el cual es inmune al ataque de microorganismos, no se afecta con la humedad y soporta la temperatura de trabajo dentro de la cámara. Es un “producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo a policloruro de vinilo. La resina que resulta de esta polimerización es la más versátil de la familia de los plásticos, pues además de ser termoplástica, a partir de ella se pueden obtener productos rígidos y flexibles. El PVC es el único material plástico entre los más comunes que no es 100% derivado del petróleo, teniendo como principal materia prima a un recurso inagotable en la naturaleza, la sal del mar, por ende, es un material 100% reciclable, aunque tiene un ciclo de vida útil prolongada”<sup>49</sup>. Se selecciono un espesor de 6 mm con unas características mecánicas que se muestran en la siguiente tabla.

Este tipo de material trabaja a unas temperaturas entre -20°C a 60°C<sup>50</sup>.

---

<sup>48</sup> ARTEPLASTICA. P.V.C. espumado. [Consultado el 8 de abr de 2019]. Disponible en: [https://arteplastica.es/wp-content/uploads/2017/03/PVC\\_espumado-1.pdf](https://arteplastica.es/wp-content/uploads/2017/03/PVC_espumado-1.pdf)

<sup>49</sup> PVCIELO. Catálogo de productos. [Consultado el 8 de abr de 2019]. Disponible en: [https://www.proveedor.com.co/uploads/adjunto/CATALOGO\\_PVCIELO\\_\(1\).pdf](https://www.proveedor.com.co/uploads/adjunto/CATALOGO_PVCIELO_(1).pdf)

<sup>50</sup> ARTEPLASTICA. P.V.C. espumado. [Consultado el 8 de abr de 2019]. Disponible en: [https://arteplastica.es/wp-content/uploads/2017/03/PVC\\_espumado-1.pdf](https://arteplastica.es/wp-content/uploads/2017/03/PVC_espumado-1.pdf)



Tabla 4. Propiedades mecánicas del PVC espumado

PROPIEDAD	MODELO DE PRUEBA	UNIDAD	VALOR	VALOR
<b>MECÁNICAS</b>				
Densidad (aparente)	DIN 53 479	g/cm <sup>3</sup>	0.5	0.7
Resistencia a la tensión	DIN 53 455	N/mm <sup>2</sup>	12	20
Elongación a la ruptura	DIN 53 455	%	15	15
Resistencia a la flexión	DIN 53 452	N/mm <sup>2</sup>	20	30
Resistencia a la compresión (rango de elasticidad)	DIN 53 421	N/mm <sup>2</sup>	> 3.0	> 3.0
Esfuerzo de compresión a 30%	DIN 53 421 (tomando como base)	N/mm <sup>2</sup>	> 6.5	> 13
Módulo de elasticidad	DIN 53 421 (tomando como base)	N/mm <sup>2</sup>	850	1100
Resistencia al impacto	DIN 53 453	kJ/m <sup>2</sup>	20	15
Dureza shore D	DIN 505		48	55

Fuente: ACRILICOS VEYPA LTDA. Lamina PVC espumado. [consultado el 13 de abr de 2019]. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Lamina-PVC-espumado.pdf>

Se implementará una estructura tipo colmena como se mencionó en el capítulo 3.3.1. Tendrá unas láminas base de 0.51 m de ancho y 1.062 m de largo, al igual que una lámina de soporte de 3.186 m de ancho y 1.8 m de largo y para tener una seguridad en el almacenamiento se implementaron topes del mismo material en forma de lámina con una longitud de 1.05 m y 0.04 m de alto, al igual que una de 0.51 m de largo y 0.04 m de alto.

El peso generado de estas láminas se calculará teniendo en cuenta la densidad y el volumen.

$$V = L * L * L$$

$$V_1 = 0.51 \text{ m} * 1.062 \text{ m} * 0.006 \text{ m} = 3.24 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_2 = 3.186 \text{ m} * 1.8 \text{ m} * 0.006 \text{ m} = 0.0344 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 1.05 \text{ m} * 0.04 \text{ m} * 0.006 \text{ m} = 2.52 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_4 = 0.51 \text{ m} * 0.04 \text{ m} * 0.006 \text{ m} = 1.224 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Teniendo estos valores se procede a calcular la masa de las láminas con la densidad.

$$\rho = \frac{M}{V}$$

$$M = V * \rho$$

$$M_1 = (3.24 \times 10^{-3} \text{ m}^3 * \frac{(100 \text{ cm})^3}{1 \text{ m}^3}) * 0.7 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ gr}} = 2.268 \text{ Kg}$$

$$M_2 = (0.0344 \text{ m}^3 * \frac{(100 \text{ cm})^3}{1 \text{ m}^3}) * 0.7 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ gr}} = 24.08 \text{ Kg}$$

$$M_3 = (2.52 \times 10^{-4} \text{ m}^3 * \frac{(100 \text{ cm})^3}{1 \text{ m}^3}) * 0.7 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ gr}} = 0.1764 \text{ Kg}$$

$$M_4 = (1.224 \times 10^{-4} \text{ m}^3 * \frac{(100 \text{ cm})^3}{1 \text{ m}^3}) * 0.7 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ gr}} = 0.0857 \text{ Kg}$$

Posteriormente se procede a calcular la masa total ejercida por el almacenamiento interno ( $M_{Ti}$ ) de un solo conjunto.

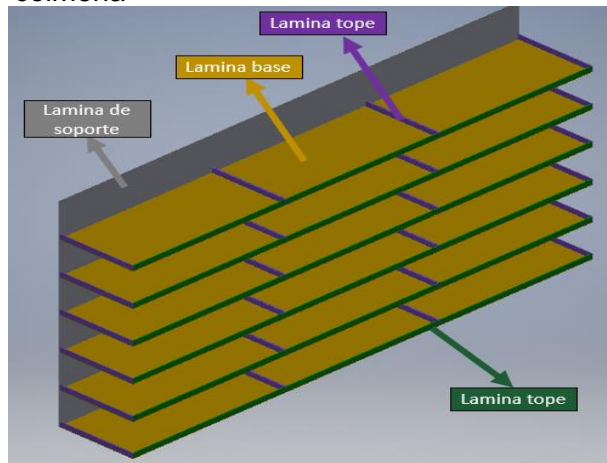
$$P_{Ti} = M_1 + M_2 + M_3 + M_4$$

$$M_{Ti} = (18 * 2.268 \text{ Kg}) + 24.08 \text{ Kg} + (18 * 0.1764 \text{ Kg} + 24 * 0.0857 \text{ Kg})$$

$$M_{Ti} = 70.136 \text{ Kg}$$

Las partes del almacenamiento interno se muestra en la siguiente figura.

Figura 35. Partes del almacenamiento tipo colmena



Fuente: elaboración propia

Se implementarán dos conjuntos internos iguales como se muestra en la figura 32 que tienen una capacidad de 36 cajas por conjunto con un total de 72 cajas tipo tabaco para transportar.

#### 4.2 CÁLCULO SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Para realizar una adecuada selección de los componentes del sistema de refrigeración es necesario realizar el cálculo de cargas térmicas a las cuales la cámara estará sometida, teniendo en cuenta los diferentes factores que puedan afectar con el ambiente interno. Se tendrá en cuenta las condiciones a las cuales va a estar sometida.

La ubicación en la cual se va a transporta la cámara se mencionó en el capítulo 2.1.7 y 2.1.8, por tal motivo los cálculos que se realizaran están basados en datos históricos generales para la ciudad de Bogotá D.C.

4.2.1 Cálculo cantidad de calor del ambiente. Uno de los parámetros fundamentales para el diseño del sistema de refrigeración es el volumen total que existe en el sitio a tratar, teniendo en cuenta la geometría del espacio, el aire desplazado y el volumen total. Como se muestra en la siguiente ecuación.

$$V_W = V_T - V_D$$

- ✓ Cálculo volumétrico de aire ( $V_T$ ). Es la cantidad de aire total que existe en el recinto a tratar, sin tener presente los elementos que están dentro de la cámara. Teniendo en cuenta el capítulo 4.1.1 el volumen de la cámara es igual a  $14 \text{ m}^3$ .
- ✓ Cálculo del volumen de aire desplazado ( $V_D$ ). Es la cantidad de volumen de aire desplazado que tiene un objeto dentro de un cuarto frío teniendo una relación que existe entre número de objetos por  $\text{m}^3$ .

Se tendrá en cuenta las dimensiones del almacenamiento interno para este cálculo suponiendo que este conjunto es macizo.

$$V = L * L * L$$

$$V = 3.186 \text{ m} * 0.516 \text{ m} * 1.8 \text{ m} = 2.96 \text{ m}^3$$

Teniendo el cálculo del volumen de aire y el de aire desplazado procedemos a calcular el volumen de trabajo.

$$V_W = 14 \text{ m}^3 - 2.96 \text{ m}^3 = 11.04 \text{ m}^3$$

4.2.2 Extracción de agua del ambiente. Para reducir el calor es necesario condensar agua del medio ambiente. Conocer la cantidad de agua que hay en el medio ambiente es conveniente para determinar el volumen de almacenamiento que debe tener el cárter del evaporador.

Ecuación 2. Cantidad de agua

$$g = \Delta g * V_W * \rho_{\text{Aire}}$$

Fuente: MIRANDA. Ángel. Técnicas de climatización. 2 ed. España.: MARCOMBO. 2008. P 29.

Para determinar la cantidad de gramos de agua ( $\Delta g = \Delta HA$ ) tomaremos las condiciones iniciales y finales del sistema, y las evaluaremos en la carta psicrométrica para la ciudad de Bogotá donde valoraremos el diseño.

Las condiciones de diseño de enfriamiento iniciales serán la temperatura de bulbo seco y humedad relativa de Bogotá.

Cuadro 23. Condiciones de temperatura de Bogotá

Condiciones de diseño anuales para enfriamiento					
Enfriamiento DB (°C) / MCWB (°F)					
0.40%		1%		2%	
DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB
20,9	13,8	20,2	13,7	19,8	13,8

Fuente: elaboración propia con base en ACAIRE. Libro de condiciones climáticas. [Consultado el 15 de abr de 2019]. Disponible en: <https://acaire.org/libro-de-condiciones-climaticas/>

Las condiciones finales de diseño serán las establecidas en los capítulos 2.1.1 y 2.1.2.

Para las condiciones iniciales obtenidas en la carta psicrométrica (anexo A) y utilizando la aplicación Psychroapp, como se muestra a continuación.

Figura 36. APP



Fuente: APKPURE. Munters PsychroApp. [consultado el 29 de oct de 2019]. Disponible en: <https://apkpure.com/es/munters-psychroapp/linric.psychroapp>

Tenemos unos valores de:

Cuadro 24. Condiciones de diseño

	Condiciones iniciales	Condiciones finales	Unidades
<b>TDB</b>	19.8	3	°C
<b>HR</b>	55	95	%
<b>HA</b>	10.88	6.18	gr/kg

Fuente: elaboración propia con base en PsychroApp.

Para determinar la densidad del aire tomaremos las variables iniciales para Bogotá que es donde se va a determinar el diseño y determinaremos el volumen específico

de aire seco utilizando la aplicación Psychroapp como se mencionó anteriormente, poniendo los valores ya mencionados.

$$\rho_{Aire} = \frac{1}{\gamma}$$

Donde:

$\rho_{Aire}$  = Densidad del aire  
 $\gamma$  = Volumen especifico de aire seco

$$\rho_{Aire} = \frac{1}{1.18 \frac{m^3}{kg}} = 0.847 \frac{Kg}{m^3}$$

Posteriormente calculamos la cantidad de agua en el medio:

$$g = \left( 10.88 \frac{gr}{Kg} - 6.18 \frac{gr}{Kg} \right) * 11.04 m^3 * 0.847 \frac{Kg}{m^3} = 98.56 gr = 0.0439 Kg$$

4.2.3 Energía al retirar. Es la energía que se debe retirar del evaporador del ambiente para que alcance unas condiciones determinadas y específicas que se definen por:

Ecuación 3. Energía al retirar

$$Q = \Delta Q_{SL} * M_a$$

Fuente: CENGEL. Yunus. Transferencia de calor y masa un enfoque practico. 3 ed. México.: The McGraw-Hill Companies, 2007. 155 p.

Donde:

$Q$  = Energía a retirar  
 $\Delta Q_{SL}$  =  $\Delta$  de entalpia en kilojulios por kilogramos de aire seco  
 $M_a$  = masa del aire a tratar

Para determinar los datos de la diferencia de entalpias en kilojulios por kilogramos de aire seco, se toman los valores iniciales y finales determinados en el capítulo anterior usando la carta psicrométrica (anexo A).

$$\Delta Q_{SL} = \left( 47.41 \frac{Kj}{Kg} - 18.4 \frac{Kj}{Kg} \right) = 29.01 \frac{Kj}{Kg}$$

La masa del aire es la cantidad necesaria de aire a tratar, su relación es directamente proporcional entre el volumen de trabajo y la densidad del aire de Bogotá teniendo presente las variables ya mencionadas para determinarla:

$$M_a = \rho_{aire} * V_W$$

$$M_a = 0.847 \frac{Kg}{m^3} * 11.04 m^3 = 9.356 Kg$$

Se procede a determinar la cantidad de energía a retirar:

$$Q = 29.01 \frac{Kj}{Kg} * 9.356 Kg$$

$$Q = 271.41 Kj$$

Para determinar la potencia frigorífica, se determinará con el tiempo de transporte establecido en el capítulo 2.1.6.

$$Q = \frac{Q_f}{t} = \frac{271.41 Kj}{12600 s} = 0.0215 KW$$

4.2.4 Cálculo de cargas térmicas de la cámara. Independiente del aire que es un elemento que modifica las condiciones, existen factores que pueden afectar la cantidad de calor hay en el medio.

4.2.4.1 Energía por conducción. Es la forma de transferencia de calor a través de un cuerpo, y que tiene lugar sin movimiento alguno de dicho cuerpo; es el resultado de una acción molecular o electrónica<sup>51</sup>.

Ecuación 4. Energía generada por conducción

$$Q_k = A * \frac{k}{x} * \Delta T$$

Fuente: CENGEL. Yunus. Transferencia de calor y masa un enfoque practico. 3 ed. México.: The McGraw-Hill Companies, 2007. P 18.

---

<sup>51</sup> PITA. Edward. Principios y sistemas de refrigeración. México D.F.1991. p 128.

Donde:

A= Es el área de la superficie que está en contacto al medio, afectando la temperatura

K= Es la constante de conductividad térmica de la superficie del material que está afectando el medio.

x= Es espesor de la superficie que está afectando el medio.

$\Delta T$ = Es el diferencial de temperatura que tiene la superficie.

- ✓ Cálculo paneles tipo sándwich. Se determinará la energía por conducción genera por los paneles, teniendo presentes las diferentes dimensiones y el espesor ya seleccionado, al igual que su conductividad térmica.

$$\begin{aligned}A_1 &= 3.34 \text{ m} * 2 \text{ m} = 6.68 \text{ m}^2 \\A_2 &= 2 \text{ m} * 2 \text{ m} = 4 \text{ m}^2 \\A_3 &= 3.34 \text{ m} * 1.84 \text{ m} = 6.1456 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Se determinan las áreas respectivas y se tiene una conductividad térmica del poliuretano de 0.023 W/m°K ya seleccionada y un espesor de 0.08 m, se procede a realizar el cálculo correspondiente.

$$\begin{aligned}Q_{k1} &= (6.68\text{m}^2) * \frac{0.023 \frac{W}{m * K}}{0.08 \text{ m}} * (19.8 \text{ }^\circ\text{C} - 3^\circ\text{C}) = 32.26 \text{ W} \\Q_{k2} &= (4\text{m}^2) * \frac{0.023 \frac{W}{m * K}}{0.08 \text{ m}} * (19.8 \text{ }^\circ\text{C} - 3^\circ\text{C}) = 19.32 \text{ W} \\Q_{k3} &= (6.1456\text{m}^2) * \frac{0.023 \frac{W}{m * K}}{0.08 \text{ m}} * (19.8 \text{ }^\circ\text{C} - 3^\circ\text{C}) = 29.68 \text{ W}\end{aligned}$$

Posteriormente se calcula la energía generada por conducción de los paneles tipo sándwich.

$$\begin{aligned}Q_{kp} &= 2 * (Q_{k1} + Q_{k2} + Q_{k3}) \\Q_{kp} &= 2 * (32.26 \text{ W} + 19.32 \text{ W} + 29.68 \text{ W}) = 162.53 \text{ W}\end{aligned}$$

- ✓ Cálculo por conducción del almacenamiento interno. Se realizará por cada parte, teniendo en cuenta la cantidad.

Tabla 5. Propiedades térmicas del PVC espumado

Vicat temperatura de reblandecimiento Vicat A	DIN 53 460	°C	78	75
Temperatura de deflexión bajo carga acc,ISO 75 (HDT)	DIN 53 461	°C	68	60
Coefficiente de expansión térmica lineal (-30 °C a + 50 °C)	DIN 53 752	mm/m°C	0.08	0.08
Conductividad térmica	DIN 52 616	W/mK	0.06	0.10

Fuente: ACRILICOS VEYPA LTDA. Lamina PVC espumado. [consultado el 13 de abr de 2019]. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Lamina-PVC-espumado.pdf>

Se tendrá un espesor de 0.006 m para todas las partes del panel y una conductividad ya establecida en la tabla 4.

Ecuación 5. Resistencia térmica

$$R = \frac{x}{k * A}$$

Fuente: CENGEL. Yunus. Transferencia de calor y masa un enfoque practico. 3 ed. México.: The McGraw-Hill Companies, 2007. P 18.

Donde:

X: espesor

k: conductividad térmica

A: área

- Lamina de soporte. Se calculará teniendo en cuenta las dimensiones de contacto que son 3.186 m y 1.8 m.

$$R_{k1} = \frac{0.006 \text{ m}}{0.1 \frac{W}{m * K} * (3.186m * 1.8m)} = 0.010462 \frac{K}{W}$$

- Lamina base. Se calculará teniendo en cuenta las dimensiones de contacto que son 0.51 m y 1.062 m, al igual que la cantidad que son 18.

$$R_{k2} = \frac{0.006 \text{ m}}{0.1 \frac{W}{m * K} * (0.51 \text{ m} * 1.062 \text{ m})} * 18 = 1.99401 \frac{K}{W}$$

- Lamina de tope 1. Se calculará teniendo en cuenta las dimensiones de contacto que son 1.05 m y 0.04 m, al igual que la cantidad que son 18.



$$R_{k3} = \frac{0.006 \text{ m}}{0.1 \frac{W}{m \cdot K} * (1.05 \text{ m} * 0.04 \text{ m})} * 18 = 25.71428 \frac{K}{W}$$

- Lamina de tope 2. Se calculará teniendo en cuenta las dimensiones de contacto que son 0.51 m y 0.04 m, al igual que la cantidad que son 24.

$$R_{k3} = \frac{0.006 \text{ m}}{0.1 \frac{W}{m \cdot K} * (0.51 \text{ m} * 0.04 \text{ m})} * 24 = 70.58823 \frac{K}{W}$$

Posteriormente se procede a calcular la cantidad de energía generada por conducción del almacenamiento interno.

$$R_{kai} = \frac{R_{k1} + R_{k2} + R_{k3} + R_{k4}}{(19.8^{\circ}\text{C} - 3^{\circ}\text{C})}$$

$$R_{kai} = \frac{0.010462 \frac{K}{W} + 1.99401 \frac{K}{W} + 25.71428 \frac{K}{W} + 70.58823 \frac{K}{W}}{16.5}$$

$$Q_{kai} = 0.1708932 * 2 = 0.34178644 \text{ W}$$

- ✓ Cálculo por conducción generada por las rosas. Para determinar este valor se procede a calcular con la siguiente ecuación, teniendo presente el calor específico de las flores.

Tabla 6. Calor específico de diferentes productos

Varios	Tempra. conservación °C	Humedad relativa %	Tiempo conservación recomendado	Punto de congelación °C	Calor esp. antes cong. Kc/Kg/°C	Calor esp. después cong. Kc/Kg/°C	Calor latente Kcal/Kg	Calor respiración Kcal/Tm/24h
Arbustos	-3 a -1	70/80	6/8 meses	-4	0,82	0,35	58,0	200-2.000
Azúcar	+7 a +9	55/60	1/3 años		0,35	0,30	4,0	390-2.200
Bombones	+15 a +17	50/55	6 meses		0,93			
Cacao	+0 a +2	55/65	más de 1 año		0,35	0,28	16,0	100-900
Cacahuetes	+0 a +2	40/45	1/6 meses	-2	0,22	0,21	2,0	10-1.000
Café Verde	+2 a +3	80/85	2/4 meses		0,28/0,32	0,23/0,25	8-12	250-1.800
Castañas	+0 a +1	70/75	6/10 meses		0,45	0,35	12,0	350-2.200
Caviar (en cubetas)	+1 a +2	80/85	15 días	-6,5	0,70	0,31	50,0	160-1.200
Cerveza botellas, botes	+2 a +3	60/65	3/6 meses	-2,2	0,92	0,47	72,0	
Cerveza metálico	+1 a +3	65/70	5/6 meses	-2,2	0,92	0,44	72,0	
Chocolate con leche	+15 a +17	50/55	6/12 meses		0,21	0,21	8,0	
Flores, cortadas, en general	+0 a +1	85/90	3/14 días	-2	0,92	0,35	58,0	200-2.800

Fuente: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL. Instalaciones térmicas energéticamente eficientes. [Consultado el 15 de abr de 2019]. Disponibles en: <http://industriales.usal.es/>

Ecuación 6. Energía transferida

$$Q_f = m * C_p * \Delta T$$

Fuente: CENGEL. Yunus. Transferencia de calor y masa un enfoque práctico. 3 ed. México.: The McGraw-Hill Companies, 2007. P 17.

Se procede a calcular el calor teniendo presente la masa ya establecida en el capítulo 2.1.4.

$$Q_f = 12.5 \text{ Kg} * 0.35 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} * ^\circ\text{C}} * \frac{4.184 \text{ Kj}}{1 \text{ Kcal}} * (19.8 ^\circ\text{C} - 3^\circ\text{C}) = 307.524 \text{ Kj}$$
$$Q_f = 72 * 207.524 \text{ Kj} = 22141.73 \text{ Kj}$$

Para determinar la potencia frigorífica de las flores, se determinará con el tiempo de transporte establecido en el capítulo 2.1.6.

$$Q_{kf} = \frac{Q_f}{t} = \frac{22141.73 \text{ Kj}}{12600 \text{ s}} = 1.757 \text{ KW}$$

Por último, se determina la carga térmica total del sistema.

$$Q_T = Q + Q_{kp} + R_{kai} + Q_{kf}$$
$$Q_T = (0.0325 * 1000) + 162.53 \text{ W} + 0.34178644 \text{ W} + (1.757 * 1000)$$
$$Q_T = 1952.69494 \text{ W} = 1.952 \text{ KW} = 6662.8 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$$

4.2.5 Selección de los componentes del sistema de refrigeración. Para la selección de los componentes se debe tener unos datos necesarios para poder realizar el cálculo como lo son, la potencia frigorífica, el refrigerante, el lugar de instalación, condiciones del producto a conservar, entre otros.

Se determina las condiciones de funcionamiento del sistema:

Para estas condiciones se seleccionó el refrigerante R404A el cual “es una mezcla de gases refrigerantes HFC casi azeotrópica, con cero agotamientos a la capa de ozono, utilizada en equipos nuevos de refrigeración de medias y bajas temperaturas”<sup>52</sup> y siendo un refrigerante muy utilizado para el transporte de diferentes productos.

---

<sup>52</sup> GASSERVEI.R404A. [Consultado el 24 de abr de 2019]. Disponible en: <https://www.gas->

- ✓ Temperatura y presión de condensación. Para determinar la temperatura de condensación  $T_k$ , es necesario determinar el salto térmico que tiene el condensador  $\Delta T_T$ , que es la diferencia que existe entre la temperatura de condensación y la temperatura que tiene el fluido refrigerador que puede ser aire o agua a la entrada.

Cuadro 25. Temperaturas de condensación

Condensador	$\Delta T_T$	Tk
Aire	10 – 20°C	Tae + 15
Agua	10 – 17 °C	Twe + (13 a 15)

Fuente: OLIVA. José Fernando. Selección de los elementos de una instalación frigorífica. Sevilla.: sector de enseñanza de CSIF. 2009. P 7.

Se calcula la temperatura de condensación usando la temperatura máxima seca de verano en Bogotá establecida en el cuadro 21.

Cuadro 26. Condiciones de diseño para Bogotá

Condiciones de Diseño Anuales para Enfriamiento, Deshumidificación y Entalpia															
Mes	Rango DB Mes más Caliente	Enfriamiento DB/MCWB						Evaporación WB/MCDB						MCWS/PCWD para 0,4% DB	
		0,4%		1%		2%		0,4%		1%		2%		MCWS	PCWD
5	21,2	DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB	MCWS	PCWD
		20,9	13,8	20,2	13,7	19,8	13,8	15,5	18,5	15,2	18,4	14,9	17,9	1,0	-

Fuente: ACAIRE. Libro de condiciones climáticas. [Consultado el 15 de abril de 2019]. Disponible en: <https://acaire.org/libro-de-condiciones-climaticas/>

$$T_k = 21.2^{\circ}C + 15^{\circ}C = 36.2^{\circ}C$$

Posteriormente se calcula la presión de condensación  $P_k$  utilizando el diagrama de presión-entalpia del refrigerante seleccionado, teniendo presente la temperatura de condensación mostrada en el anexo B.

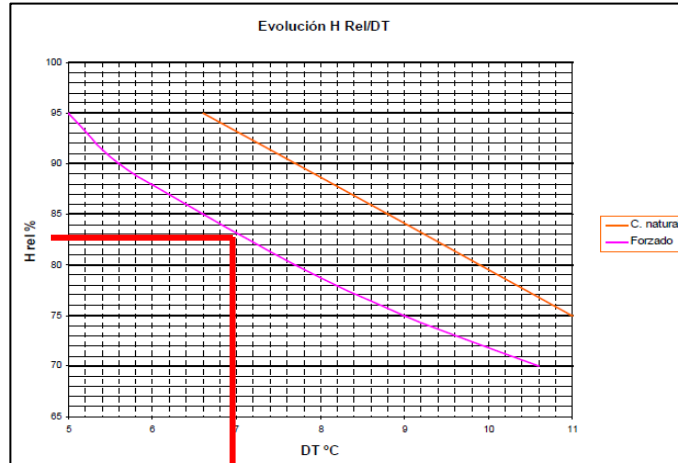
$$P_k = 16.68 \text{ bar} \rightarrow 241.922 \text{ PSI}$$

- ✓ Temperatura y presión de evaporación. Para determinar las condiciones de trabajo de evaporación se selecciona el salto térmico que se presenta en el evaporador ( $DT$ ) ya que es el factor que influye en el intercambiador de calor.

Para realizar el cálculo del salto térmico, la humedad relativa del aire en Bogotá “oscila durante el año entre 77 y 83 %, siendo mayor en los meses de abril y

noviembre y menor en julio y agosto”<sup>53</sup>. Tomaremos la humedad relativa más alta para el cálculo.

Figura 37. Humedad relativa vs salto térmico DT



Fuente: OLIVA. José Fernando. Selección de los elementos de una instalación frigorífica. Sevilla.: sector de enseñanza de CSIF. 2009. P 7.

Se tiene un salto térmico de 7 °C y un valor de 3°C para la cámara, se procede a calcular la temperatura de evaporación ( $T_o$ ) con la siguiente ecuación.

Ecuación 7. Temperatura de evaporación

$$T_o = T_c - DT$$

Fuente: OLIVA. José Fernando. Selección de los elementos de una instalación frigorífica. Sevilla.: sector de enseñanza de CSIF. 2009. P 12.

$$T_o = 3^{\circ}C - 7^{\circ}C = -4^{\circ}C$$

<sup>53</sup> IDEAM. Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos. [Consultado el 19 de abril de 2019]. Disponibles en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc>

Posteriormente se calcula la presión de evaporación  $P_o$  utilizando el diagrama de presión-entalpía del refrigerante seleccionado, teniendo presente la temperatura de evaporación mostrada en el anexo A.

$$P_o = 5.3 \text{ bar} \rightarrow 76.87 \text{ PSI}$$

- ✓ Relación de compresión. Es una variable fundamental para seleccionar el compresor en el sistema de refrigeración, ya que está ligado a la eficiencia volumétrica y la capacidad del flujo de caudal del mismo.

Ecuación 8. Relación de compresión

$$\tau = \frac{P_k}{P_o}$$

Fuente: OLIVA. José Fernando. Selección de los elementos de una instalación frigorífica. Sevilla.: sector de enseñanza de CSIF. 2009. P 14.

$$\tau = \frac{16.68 \text{ bar}}{5.3 \text{ bar}} = 3.147$$

4.2.5.1 Cálculo y selección de compresor. Para los “sistemas de aire comprimido pequeños, los compresores de pistón siguen siendo la opción más utilizada. Para la mayoría de estas aplicaciones la calidad y demanda de aire relativamente baja, hace del compresor de pistón la opción más económica. Sin embargo, un segmento de esta industria requiere una mejor calidad de aire comprimido. Un taller de reparación automotriz especializado, por ejemplo, tiene una mayor demanda de aire y requiere una mejor calidad de aire que otros talleres de servicio”<sup>54</sup>.

Teniendo presente lo anterior se selecciona el compresor tipo pistón para nuestra selección para bajas temperaturas.

---

<sup>54</sup> KAESERCOMPRESORES. Compresores de tornillo vs compresores de pistón. [Consultado el 3 de May de 2019]. Disponible en: <http://airecomprimidokaeser.com/index.php/2015/07/01/compresores-tornillo-vs-compresores-piston-2/>

Cuadro 27. Tipo de compresor

Selección de compresores			
Baja temperatura		Media temperatura	
Pot ≤ 10 Cv	Pot > 10 Cv	Pot ≤ 20 Cv	Pot > 20 Cv
Pistón	Tornillo	Rotativo/Pistón	Tornillo

Fuente: OLIVA. José Fernando. Selección de los elementos de una instalación frigorífica. Sevilla.: sector de enseñanza de CSIF. 2009. P 26.

Para realizar el calculo el primer paso es trazar el ciclo de acondicionamiento de aire sobre el diagrama de mollier del refrigerante R404A (anexo B), y así poder identificar las diferentes variables que se necesitan para realizar el calculo, además se tuvo en cuenta que para obtener una mejor presión y prevenir el ingreso de liquido al compresor se manejara un recalentamiento util de 5°C y un recalentamiento total de 10°C, al igual que la temperatura de salida del compresor es de 15°C mayor a la temperatura de condensación obteniendo un factor de seguridad. Como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7. Valores del ciclo de acondicionamiento de aire

Valores diagrama refrigerante R404A			
N°	Temperatura °C	Entalpia (Kj/Kg)	Volumen especifico (m3/Kg)
1	Evaporación -4	256.19	0.0395
2	Recalentamiento útil 1	370.54	
3	Recalentamiento total 6	374.9	
4	Salida compresor 51.2	401.04	

Fuente: elaboración propia

- ✓ Producción frigorífica neta ( $q_{om}$ ). Es el total de calor que hay en el evaporador por cada kg de refirgerante que se transporta por el.

Ecuación 9. Cantidad de calor por kg de refrigerante

$$q_{om} = h_2 - h_1$$

Fuente: OLIVA. José Fernando. Selección de los elementos de una instalación frigorífica. Sevilla.: sector de enseñanza de CSIF. 2009. P 28.

$$q_{om} = 370.54 \frac{Kj}{Kg} - 256.19 \frac{Kj}{Kg} = 114.35 \frac{Kj}{Kg}$$

- ✓ Caudal masico de refrigerante ( $C_m$ ). Es la cantidad de refrigerante que pasa por el evaporador el cual tiene como variable la potencia frigorifica ( $P_f$ ), que es igual a la carga termica ya calcula.

Ecuación 10. Caudal másico

$$C_m = \frac{P_f}{q_{om}}$$

Fuente: OLIVA. José Fernando. Selección de los elementos de una instalación frigorífica. Sevilla.: sector de enseñanza de CSIF. 2009. P 28.

$$C_m = \frac{1.952 \text{ KW}}{114.35 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}}$$

$$C_m = 0.0170764 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} * \frac{3600\text{s}}{1 \text{ h}}$$

$$C_m = 61.47531 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

- ✓ Volumen de aspiración ( $V_a$ ). Teniendo presente que el compresor es una maquina que maneja fluidos es importante tener presente el volumen de refrigerante que debe aspirar el compresor y se tomara el volumen especifico del punto mas critico en la linea de aspiracion de la tabla 6.

Ecuación 11. Volumen de aspiración

$$V_a = C_m * v$$

Fuente: OLIVA. José Fernando. Selección de los elementos de una instalación frigorífica. Sevilla.: sector de enseñanza de CSIF. 2009. P 30.

$$V_a = 61.47531 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 0.0395 \frac{\text{m}^3}{\text{Kg}}$$

$$V_a = 2.4282747 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

- ✓ Volumen desplazado. Es la cantidad de refrigerante que un compresor puede desplazar en una unidad de tiempo.

Para determinar el volumen desplazado es necesario determinar el rendimiento volumétrico que esta ligado a la relacion de compresion como se muestra a continuacion.

Ecuación 12. Rendimiento volumétrico

$$\eta v = 1 - 0.05 * \tau$$

Fuente: OLIVA. José Fernando. Selección de los elementos de una instalación frigorífica. Sevilla.: sector de enseñanza de CSIF. 2009. P 31.

$$\eta v = 1 - 0.05 * 3.14716 = 0.84264$$

Teniendo el rendimiento volumetrico se procede a calcular el volumen de barrio o volumen desplazado con la siguiente ecuacion.

Ecuación 13. Volumen desplazado

$$Vb = \frac{Va}{\eta v}$$

Fuente: OLIVA. José Fernando. Selección de los elementos de una instalación frigorífica. Sevilla.: sector de enseñanza de CSIF. 2009. P 31.

$$Vb = \frac{2.4282747 \frac{m^3}{h}}{0.84264} = 2.88174 \frac{m^3}{h}$$

- ✓ Potencia teórica para la compresión. Para poder determinar la potencia es necesario conocer el calor de trabajo ( $q_{cm}$ ), que se calcula con la siguiente ecuación.

Ecuación 14. calor de trabajo por compresión

$$q_{cm} = h_4 - h_3$$

Fuente: OLIVA. José Fernando. Selección de los elementos de una instalación frigorífica. Sevilla.: sector de enseñanza de CSIF. 2009. P 33.

$$q_{cm} = 401.04 \frac{Kj}{Kg} - 374.9 \frac{Kj}{Kg}$$

$$q_{cm} = 26.14 \frac{Kj}{Kg}$$



Ya calculado la potencia de calor de trabajo de compresión, se procede a realizar el cálculo de potencia teórica de compresión con el caudal másico del refrigerante.

Ecuación 15. Potencia teórica

$$Pt = q_{cm} * Cm$$

Fuente: OLIVA. José Fernando. Selección de los elementos de una instalación frigorífica. Sevilla.: sector de enseñanza de CSIF. 2009. P 31.

$$Pt = 26.14 \frac{Kj}{Kg} * (61.47531 \frac{Kg}{h} * \frac{1h}{3600s})$$
$$Pt = 0.44637 KW$$

- ✓ Potencia real del compresor. De lo anterior calculado debemos tener en cuenta el rendimiento termodinámico del compresor, también llamado rendimiento indicado ( $\eta_i$ ) que nunca es igual a el 100%. El rendimiento volumétrico es aproximado a el rendimiento indicado ( $\eta_i \approx \eta_v$ ).

Ecuación 16. Potencia real

$$Pr = \frac{Pt}{\eta_i}$$

Fuente: OLIVA. José Fernando. Selección de los elementos de una instalación frigorífica. Sevilla.: sector de enseñanza de CSIF. 2009. P 34.

$$Pr = \frac{0.44637 KW}{0.84264} = 0.529738 KW$$

- ✓ Potencia del motor eléctrico del compresor. Es la potencia con la que el compresor genera el enfriamiento y asegura el funcionamiento del sistema, para realizar el cálculo se analiza que todo motor eléctrico tiene perdidas mecánicas que generan una variación en el rendimiento del motor ( $\eta_m$ ) que tiene un entorno entre 85% - 90%, como también se tiene perdidas eléctricas ( $\eta_e$ ) iguales a el 95%<sup>55</sup>.

---

<sup>55</sup> OLIVA. José Fernando. Selección de los elementos de una instalación frigorífica. Sevilla.: sector de enseñanza de CSIF. 2009. P 35.

Ecuación 17. Potencia real

$$P = \frac{Pr}{\eta_m * \eta_e}$$

Fuente: OLIVA. José Fernando. Selección de los elementos de una instalación frigorífica. Sevilla.: sector de enseñanza de CSIF. 2009. P 35.

$$P = \frac{0.529738 \text{ KW}}{0.9 * 0.95} = 0.619576 \text{ KW}$$

Teniendo ya los cálculos teóricos se procede a seleccionar el compresor identificado las variables con los catálogos de fabricantes, como se muestra a continuación.

Cuadro 28. Variables compresor

Variables para selección		
Potencia frigorífica	6662.872418	BTU/h
Cantidad de calor (qom)	114.35	Kj/Kg
Caudal masico	61.47531	Kg/h
Potencia real (Pr)	0.529738	Kw
Potencia motor (P)	0.619576	Kw
Refrigerante	R404A	

Fuente: elaboración propia

Teniendo presente las variables se procede a realizar la selección del compresor con los diferentes proveedores obteniendo como resultado un compresor MTZ018-1VM, donde las especificaciones se encuentran en el siguiente cuadro. Y sus dimensiones en el anexo C.

Cuadro 29. Especificaciones compresor

Especificaciones del compresor		
Modelo	MTZ018	
Tecnología	Alternativo	
Refrigerante	R404A	
Capacidad de enfriamiento nominal	1.76	KW
Frecuencia	60	Hz
Alimentación	208-230	V
Potencia del motor	0.746	Kw
Caudal masico	68	Kg/h

Fuente: elaboración propia con base en DANFOSS. Compresores alternativos Maneurop Danfoss MT/MTZ. [consultado el 3 de may de 2019]. Disponible en: <http://www.indubel.com.ar/pdf/biblioteca/danfoss/catalogos/maneurop/compresores-hermeticos/mtz-tecnico-frcc-ud-211949.pdf>

En la siguiente tabla se muestra los diámetros de las conexiones del compresor ya mencionado.

Tabla 8. Dimensiones de las conexiones

	DESIGNACIÓN	DIAMETRO(IN)
1	ASPIRACIÓN	0.5
2	DESCARGA	0.375

Fuente: elaboración propia con base en DANDFOSS. Compresores alternativos Maneurop Danfoss MT/MTZ. [consultado el 3 de may de 2019]. Disponible en: <http://www.indubel.com.ar/pdf/biblioteca/danfoss/catalogos/maneurop/compresores-hermeticos/mtz-tecnico-frcc-ud-211949.pdf>

4.2.5.2 Cálculo y selección del evaporador. La primera variable a evaluar fue el sistema de circulación de aire ya seleccionado de convección forzada, que obliga a acelerar el proceso de la cámara con un ventilador, que permite que el intercambiador de calor tenga un mejor rendimiento.

Para seleccionar es necesario verificar la capacidad de enfriamiento del evaporador, ya que este debe ser igual a la del compresor evitando que el sistema quedara desequilibrado. Se pueden encontrar dos situaciones si no se hace el factor de seguridad adecuado las cuales son; que se genere una gran cantidad de humedad y se dañen los productos por hongos, entre otros, o que la humedad sea muy baja y se sequen los productos. Por tal motivo se procede a realizar una potencia frigorífica corregida teniendo presente unos parámetros establecidos.

Ecuación 18. Potencia frigorífica corregida

$$Q_c = \frac{Q_T}{FT * FR}$$

Fuente: INTARCON. Método de cálculo. [consultado el 3 de may de 2019]. Disponibles en: <http://www.intarcon.com/pdfs/ES/Metodo%20c%C3%A1lculo%20evaporadores.pdf>

Donde:

Qt=potencia frigorífica

FT= Factor de corrección de la condición de cálculo

FR= Factor de corrección del refrigerante

Según la norma ENV328 de 1993 se tiene un factor de corrección del refrigerante presente en la siguiente tabla para evaporadores para un refrigerante R404A con una temperatura de 3 °C.

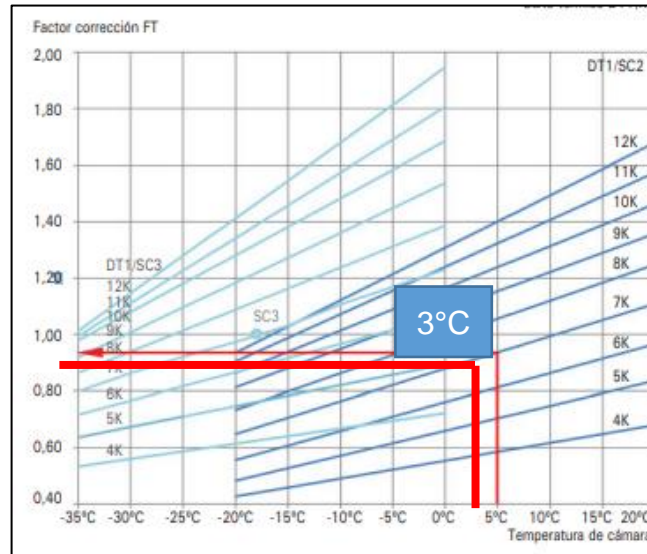
Tabla 9. Factor de corrección del refrigerante

Condición	Temperatura de cámara	R404A	R134A	R507	R22	R407 *
SC1	10°C	1	0,93	1	0,99	1,10
SC2	0°C	1	0,91	1	0,98	1,06
SC3	-18°C	1	0,89	1	0,97	1,00
SC4	-25°C	1	-	1	0,97	0,97

Fuente: INTARCON. Método de cálculo. [consultado el 3 de may de 2019]. Disponibles en: <http://www.intarcon.com/pdfs/ES/Metodo%20c%C3%A1lculo%20evaporadores.pdf>

Para determinar el factor de corrección de la condición de cálculo se necesita el DT ya establecido en capítulo anteriores y la temperatura que se necesita en la cámara igual a 3°C.

Figura 38. Factor de corrección de la condición de calculo



Fuente: INTARCON. Método de cálculo. [consultado el 3 de may de 2019]. Disponibles en: <http://www.intarcon.com/pdfs/ES/Metodo%20c%C3%A1lculo%20evaporadores.pdf>

Tomando las variables ya mencionadas nos da un FT de 0.92.

$$Q_c = \frac{1.95269494 \text{ KW}}{0.92 * 1}$$

$$Q_c = 2.1224945 \text{ KW} = 7242.2526282 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$$

Teniendo la potencia frigorífica corregida se seleccionó un evaporador y se obtuvo un modelo FBA4080E, ya que este maneja la capacidad de enfriamiento más cercana y que cumple con las dimensiones (anexo D) para su instalación en la cámara. Y sus especificaciones están en el siguiente cuadro.

Cuadro 30. Dimensiones conexiones

	Designación	Diametros (in)
1	Líquido	0,5
2	Succión	0,5

Fuente: elaboración propia con base en HEATCRAFT. Evaporadores modelo FBA. [consultado el 3 de May de 2019]

Cuadro 31. Especificaciones evaporador

Especificaciones del evaporador		
Modelo	FBA4080E	
Marca	Heatcraft	
Refrigerante	R404A	
Nº ventiladores	2	
Capacidad de enfriamiento nominal	2,233	KW
	1920	Kcal/h
Frecuencia	60	Hz
Diámetro ventilador	0,254	m
Peso	23	Kg

Fuente: elaboración propia con base en HEATCRAFT. Evaporadores modelo FBA. [consultado el 3 de May de 2019].

4.2.5.3 Cálculo y selección del condensador. El condensador genera que el fluido refrigerante pierda calor por una variación térmica con un fluido de refrigeración exterior y esto dé como resultado su condensación.

Para determinar el tipo de condensador es necesario calcular la potencia que se genera para el condensador mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 19. Potencia de condensación

$$P_{cd} = Q_t + P$$

Fuente: OLIVA. José Fernando. Selección de los elementos de una instalación frigorífica. Sevilla.: sector de enseñanza de CSIF. 2009. P 70.

Donde:

QT=Potencia frigorifa

P=potencia del motor del compresor

$$P_{cd} = 1.95269494 \text{ KW} + 0.746 \text{ KW} = 2.698694 \text{ KW}$$

Teniendo la potencia se seleccionó un condensador y se obtuvo un modelo CTR01100, ya que este maneja la capacidad de enfriamiento más cercana y que cumple con las dimensiones para su instalación en la cámara (anexo E). Y sus especificaciones están en el siguiente cuadro.

Cuadro 32. Especificaciones condensador

Especificaciones del Condensador		
Modelo	CTR00092	
Marca	Thermocoil	
Refrigerante	R404A	
Capacidad de enfriamiento nominal	2,827	KW
Peso	7.1	Kg
Conexión Liquido	0.375	in
Conexión Succión	0.375	In
Nº ventiladores	1	

Fuente: elaboración propia con base en THERMOCOIL. Serpentes condensadores y evaporadores. [Consultado el 3 de may de 2019]. Disponible en: <https://thermocoil.com/wp-content/uploads/2018/04/serpentes.pdf>

4.2.5.4 Cálculo y selección del sistema de expansión. Para el sistema de expansión se tomó una válvula de "expansión termostática regulan la inyección de líquido refrigerante en los evaporadores. La inyección se controla en función del recalentamiento del refrigerante. Por tanto, son especialmente adecuadas para inyección de líquido en evaporadores "secos", en los cuales el recalentamiento a la

salida del evaporador es proporcional a la carga de éste<sup>56</sup>. Ya que en sus aplicaciones principales esta la refrigeración para transporte.

Tres son las presiones que actúan para accionar la válvula a una posición abierta o cerrada. La presión del bulbo ( $P_b$ ), resultante de la presión ejercida por el fluido en el interior del bulbo, el vástago y la cabeza de la válvula, actúa sobre la parte superior del diafragma a fin de abrir la válvula a, La presión ( $P_r$ ), del resorte actúa sobre la aguja con el fin de cerrar la válvula. La presión ( $P_e$ ) del evaporador actúa sobre la parte inferior del diafragma para cerrar la válvula.

Ecuación 20. Presión del bulbo

$$P_b = P_r + P_e$$

Fuente: Pita. Edward. Principios y sistemas de refrigeración. Primera Edición. México. Editorial Limusa. 1991. P 193.

Para determinar los valores de las presiones se necesita las temperaturas que actúan sobre estas, por tal motivo se procede a calcular la temperatura de bulbo con la tabla 6 y posteriormente se utiliza la tabla de propiedades del refrigerante para determinar la presión que ejerce (anexo F).

Ecuación 21. Temperatura de bulbo

$$T_b = T_s + T_k$$

Fuente: Pita. Edward. Principios y sistemas de refrigeración. Primera Edición. México. Editorial Limusa. 1991. P 194.

T<sub>b</sub>= temperatura de bulbo

T<sub>s</sub>= temperatura de recalentamiento

T<sub>k</sub>= temperatura de evaporación

$$T_b = 6^{\circ}C + (-4^{\circ}C)$$

$$T_b = 2^{\circ}C = 35.6^{\circ}F$$

Con la temperatura de bulbo procedemos a determinar la presión de bulbo con la tabla de propiedades del R404A (anexo F).

$$P_b = 93.5294 \text{ PSI} = 6.448 \text{ bar}$$

Posteriormente procedemos a calcular la presión de resorte.

---

<sup>56</sup> DANFOSS. Válvulas de expansión termostática. [consultado el 3 de may de 2019]. Disponible en: [http://files.danfoss.com/TechnicalInfo/Dila/01/PBAA0A405\\_T2.pdf](http://files.danfoss.com/TechnicalInfo/Dila/01/PBAA0A405_T2.pdf)

$$Pr = Pb - Pe$$

$$Pr = 6.448 \text{ bar} - 5.3 \text{ bar} = 1.148 \text{ bar}$$

Teniendo la presión se seleccionó una válvula de expansión termostática y se obtuvo un modelo TCAE-068U4304, ya que este maneja la presión necesaria y el refrigerante adecuado y que cumple con las dimensiones para su instalación en la cámara (anexo G). Y sus especificaciones están en el siguiente cuadro.

Cuadro 33. Características válvula de expansión

Características válvula de expansión			
Conexiones	Entrada	3/8	In
	Salida	5/8	In
Temperatura	Máxima	10	°C
	Mínima	-40	°C
Presión	Máxima	45.5	bar

Fuente: elaboración propia con base en DANFOSS. Válvula termostática de expansión, TCAE. [Consultado el 4 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://store.danfoss.com/en/Cooling/Valves/Expansion-Valves/Thermostatic-Expansion-Valves-%28Parts-Program%29/Thermostatic-expansion-valve%2C-TCAE/p/068U4304>

4.2.5.5 Cálculo sistema de tuberías. Para realizar el cálculo es necesario conocer las diferentes líneas presentes en el sistema de refrigeración, que son:

- Línea de descarga. Es la conexión entre la salida del compresor hasta la entrada del condensador donde fluye un refrigerante en estado gaseoso.
- Línea de aspiración. Esta línea empieza desde la salida del evaporador hasta llegar a la entrada del compresor donde fluye un refrigerante en estado gaseoso.
- Línea de líquido. Esta línea se establece desde la salida del condensador llegando a la entrada de la válvula de expansión donde fluye un refrigerante en estado líquido.

Para realizar el primer cálculo de la línea de aspiración del sistema de refrigeración fue necesario contar con la temperatura promedio resultante a la salida del evaporador y a la entrada del compresor, teniendo esta variable se determinó las propiedades del refrigerante (anexo F) y con el diagrama presión- entalpia, en la línea.



Cuadro 34. Propiedades del R404A en línea de aspiración

Propiedades línea de aspiración		
Temperatura salida de evaporador	-4	°C
Temperatura entrada compresor	6	°C
temperatura promedio	1	°C
Densidad del refrigerante	30.80	Kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad dinámica	0.0000098340	Ns/m <sup>2</sup>
Gravedad	9.810000	m/s <sup>2</sup>
Rugosidad del cobre	0.0000015	m

Fuente: elaboración propia con base en Thermophysical properties of refrigerants [Consultado el 4 de may 2019]. Disponible en: <http://www.baltimoreaircoil.com/english/resource-library/file/1485>

Teniendo presente que la línea está conectada entre el evaporador hasta el compresor se instalara un filtro secador que evite la entrada de líquidos y contaminantes en el compresor. Con las propiedades ya determinadas del refrigerante se selecciona un filtro antiácido DAS083 de la marca DANFOSS (Anexo H).

Para realizar el cálculo es necesario determinar los diámetros de entrada y salida de los componentes que tienen la línea de aspiración.

Cuadro 35. Dimensiones líneas de aspiración

Diametros Línea de aspiración		
Diametro salida evaporador	0,5	in
Diametro entrada y salida filtro antiácido	0,375	in
Diametro entrada compresor	0,5	in

Fuente: elaboración propia

En este cálculo se busca determinar la mínima caída de presión y que a la vez la disminución de temperatura sea mínima.

Ecuación 22. Caída de presión en tuberías

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

Fuente: MOTT Robert L. Mecánica de fluidos. 6ta edición. México Editorial Pearson.2006., p.233.ISBN 970-26-0805-8.

Donde:

$\Delta P$ : caídas de presión

$f$ : factor de fricción

$L$ : Longitud de la tubería

$v$ : Velocidad del fluido refrigerante

$\theta$ : Diámetro de la tubería

Para determinar la velocidad que tiene el fluido es necesario calcular el caudal que tiene el refrigerante ( $C$ ) teniendo presente las propiedades del refrigerante y el caudal másico del compresor que alimenta a todas las líneas del sistema de refrigeración y el área transversal ( $A_t$ ).

Ecuación 23. Área transversal

$$A_t = \frac{\pi}{4}(\theta)^2$$

Fuente: MOTT Robert L. Mecánica de fluidos. 6ta edición. México Editorial Pearson.2006., p.233.ISBN 970-26-0805-8.

$$A_t = \frac{\pi}{4}(0.0127m)^2$$
$$A_t = 0.000126677m^2$$

Teniendo el caudal y el área transversal del tubo se puede determinar la velocidad a la cual el refrigerante se transporta por la primera sección de la línea de aspiración que va desde la salida del evaporador hasta el filtro antiácido y el segundo que va desde el filtro antiácido hasta la entrada del compresor.

Ecuación 24. Caudal del fluido

$$C = v * A_t$$

Fuente: MOTT Robert L. Mecánica de fluidos. 6ta edición. México Editorial Pearson.2006., p.241. ISBN 970-26-0805-8.

$$v = \frac{C}{A_t}$$
$$v = \frac{0.0000151624 \frac{m^3}{s}}{0.000126677 m^2}$$
$$v = 0.119693 \frac{m}{s}$$

Donde:

$C$ : Caudal del refrigerante  
 $v$ : velocidad del refrigerante  
 $AT$ : Arena transversal del tubo

Posteriormente se procede a determinar el número de Reynolds para determinar el tipo de flujo en el que se encuentra el refrigerante.

Ecuación 25. Numero de Reynolds

$$Re = \frac{\rho * v * \theta}{\mu}$$

Fuente: MOTT Robert L. Mecánica de fluidos. 6ta edición. México Editorial Pearson.2006., p.230. ISBN 970-26-0805-8.

Donde

$Re$ : Número de Reynolds  
 $\rho$ : Densidad del fluido refrigerante  
 $v$ : velocidad del fluido refrigerante  
 $\theta$ : Diámetro de la tubería  
 $\mu$ : Viscosidad dinámica

$$Re = \frac{30.8 \frac{Kg}{m^3} * 0.119693 \frac{m}{s} * 0.0127m}{9.83 \times 10^{-6} \frac{N * s}{m^2}}$$

$$Re = 4762.8803$$

Teniendo presente que el número de Reynolds nos dio mayor que 2000 se toma un flujo en estado turbulento, y así determinar el factor de fricción ( $f$ ).

Ecuación 26. Factor de fricción

$$f = \frac{0.25}{(\log (\frac{1}{3.7 * (\frac{\theta}{\epsilon})} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}))^2}$$

Fuente: MOTT Robert L. Mecánica de fluidos. 6ta edición. México Editorial Pearson.2006., p.230. ISBN 970-26-0805-8.

$$f = \frac{0.25}{\left(\log \left( \frac{1}{3.7 * \left( \frac{0.0127m}{1.50 \times 10^{-6}m} \right)} + \frac{5.74}{4762.8803^{0.9}} \right)\right)^2}$$

$$f = 0.03856$$

Por último, se determina las caídas de presión en la primera parte de la línea de aspiración con una longitud de 0.621362 m.

$$\Delta P_1 = \frac{\rho * f * L * v^2}{2 * \theta}$$

$$\Delta P_1 = \frac{30.8 \frac{Kg}{m^3} * 0.03856 * 0.621362m * \left(0.119693 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 0.0127 m}$$

$$\Delta P_1 = 0.416213 Pa$$

Una vez determina la caída de presión de la primera parte se procede a calcular la segunda sección de esta línea de aspiración con la misma metodología.

- Calculo área transversal

$$A_t = \frac{\pi}{4} (0.01m)^2$$

$$A_t = 0.000079m^2$$

- Velocidad del flujo de refrigerante

$$v = \frac{0.0000151624 \frac{m^3}{s}}{0.000079 m^2}$$

$$v = 0.193049 \frac{m}{s}$$

- Numero de Reynolds

$$Re = \frac{30.8 \frac{Kg}{m^3} * 0.193049 \frac{m}{s} * 0.01m}{9.83 \times 10^{-6} \frac{N * s}{m^2}}$$

$$Re = 6048.7245$$

Ya que el número de Reynolds nos dio mayor que 2000 se toma un flujo en estado turbulento, y así determinar el factor de fricción ( $f$ ).

$$f = \frac{0.25}{\left(\log \left( \frac{1}{3.7 * \left( \frac{0.01m}{1.50 \times 10^{-6}m} \right)} + \frac{5.74}{6048.7245^{0.9}} \right)\right)^2}$$

$$f = 0.03595$$

Por último, se determina las caídas de presión en la segunda parte de la línea de aspiración con una longitud de 0.23525 m.

$$\Delta P_2 = \frac{\rho * f * L * v^2}{2 * \theta}$$

$$\Delta P_2 = \frac{30.8 \frac{Kg}{m^3} * 0.03595 * 0.23525 m * \left(0.193049 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 0.01 m}$$

$$\Delta P_2 = 0.485446 Pa$$

Teniendo las caídas de presión del sistema de aspiración, es necesario calcular las pérdidas generadas por los accesorios en cada tramo de la línea, donde fue indispensable hallar unas variables con ayuda del diagrama de Moody (Anexo I) y teniendo presente  $Le/D$  de accesorios según el libro de mecánica de fluido de Robert L. Mott, se determina el  $K$  multiplicando los factores  $F$  y  $Le/D$  ya mencionados.

Cuadro 36. Pérdidas generadas por los accesorios línea de aspiración

LÍNEA DE ASPIRACIÓN						
OBJETO	DIÁMETRO (in)	CANTIDAD	K	Le/D	F	D/e
Codo 90°	1/2	3	1.20	30	0.04	8466.67
Reductor	1/2 - 3/8	1	0.11	-----	-----	-----
Expansor	3/8 - 1/2	1	0.11	-----	-----	-----
Codo 90°	1/2	2	0.39	30	0.01	6666.67
T	1/2	1	0.80	20	0.04	8466.67

Fuente: elaboración propia

Teniendo ya las variables de cada accesorio y con ayuda de la ecuación de perdidas menores se determinó la caída total de presión en la línea de aspiración.

Ecuación 27. Perdida de presión en accesorios

$$\Delta P_{accesorios} = k * \frac{v^2}{2} * \rho$$

Fuente: MOTT Robert L. Mecánica de fluidos. 6ta edición. México Editorial Pearson.2006., p.230. ISBN 970-26-0805-8.

$$\Delta P_{accesorios} = (k1 * \frac{v^2}{2} * \rho * 6) + (k2 * \frac{v^2}{2} * \rho) + (k3 * \frac{v^2}{2} * \rho)$$

$$\begin{aligned} \Delta P_{accesorios} = & \left( 1,2 * \frac{\left(0,119693 \frac{m}{s}\right)^2}{2} * 30,8 \frac{Kg}{m^3} * 3 \right) \\ & + \left( 0,11 * \frac{\left(0,119693 \frac{m}{s}\right)^2}{2} * 30,8 \frac{Kg}{m^3} \right) \\ & + \left( 0,11 * \frac{\left(0,193049 \frac{m}{s}\right)^2}{2} * 30,8 \frac{Kg}{m^3} \right) \\ & + \left( 0,39 * \frac{\left(0,193049 \frac{m}{s}\right)^2}{2} * 30,8 \frac{Kg}{m^3} * 2 \right) \\ & + \left( 0,8 * \frac{\left(0,193049 \frac{m}{s}\right)^2}{2} * 30,8 \frac{Kg}{m^3} \right) \end{aligned}$$

$$\Delta P_{accesorios} = 1.788419 Pa$$

Para terminar el calcula de las pérdidas de presión de la línea de aspiración se procede a sumar las presiones de los tramos rectos como en los accesorios.

$$\begin{aligned} \Delta P_{Ta} &= \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_{accesorios} \\ \Delta P_{Ta} &= 0.416213 Pa + 0.485446 Pa + 1.788419 Pa \\ \Delta P_{Ta} &= 2.69 Pa \end{aligned}$$

Una vez calculada la línea de aspiración se procede a calcular las pérdidas de presión en la línea de descarga, donde es necesario calcular la temperatura promedio entre l temperatura de salida del compresor y la entrada del condensador, en esta línea de descarga, el refrigerante se encuentra en estado gaseoso.

Cuadro 37. Propiedades de la línea de descarga

Propiedades línea descarga		
Temperatura salida de evaporador	51.2	°C
Temperatura entrada compresor	51.2	°C
temperatura promedio	51.2	°C
Densidad del refrigerante	77.52	Kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad dinámica	0.0000114195	Ns/m <sup>2</sup>
Gravedad	9.810000	m/s <sup>2</sup>
Rugosidad del cobre	0.0000015	m

Fuente: elaboración propia con base en Thermophysical properties of refrigerants [Consultado el 4 de may 2019]. Disponible en : <http://www.baltimoreaircoil.com/english/resource-library/file/1485>

Para ejecutar el cálculo es necesario determinar los diámetros de entrada y salida de los componentes que tienen la línea de descarga.

Cuadro 38. Diámetros línea descarga

Diámetros Línea descarga		
Diámetro salida Compresor	0.375000	in
Diámetro entrada condensador	0.375000	in

Fuente: elaboración propia

Para determinar la velocidad que tiene el fluido es necesario calcular el caudal que tiene el refrigerante ( $C$ ) teniendo presente las propiedades del refrigerante y el caudal másico del compresor que alimenta a todas las líneas del sistema de refrigeración y el área transversal ( $A_t$ ).

$$A_t = \frac{\pi}{4} (0.01m)^2$$

$$A_t = 0.000079m^2$$

Posteriormente se procede a determinar la velocidad del refrigerante en la línea de descarga.

$$v = \frac{0.0000151624 \frac{m^3}{s}}{0.000079 m^2}$$

$$v = 0.193054 \frac{m}{s}$$

Consecutivamente se procede a determinar el número de Reynolds para determinar el tipo de flujo en el que se encuentra el refrigerante.

$$Re = \frac{77.52 \frac{Kg}{m^3} * 0.193054 \frac{m}{s} * 0.01m}{1.14195 \times 10^{-5} \frac{N * s}{m^2}}$$

$$Re = 13105.1$$

Ya que el número de Reynolds nos dio mayor que 2000 se toma un flujo en estado turbulento, y así determinar el factor de fricción ( $f$ ).

$$f = \frac{0.25}{\left( \log \left( \frac{1}{3.7 * \left( \frac{0.01m}{1.50 \times 10^{-6}m} \right) + \frac{5.74}{13105.1^{0.9}}} \right) \right)^2}$$

$$f = 0.029091$$

Por último, se determina las caídas de presión en la segunda parte de la línea de descarga con una longitud de 0.249 m.

$$\Delta P_3 = \frac{\rho * f * L * v^2}{2 * \theta}$$

$$\Delta P_3 = \frac{77.52 \frac{Kg}{m^3} * 0.029091 * 0.249 m * \left( 0.193054 \frac{m}{s} \right)^2}{2 * 0.01 m}$$

$$\Delta P_3 = 1.0464 Pa$$

Teniendo las caídas de presión del sistema de descarga, es necesario calcular las pérdidas generadas por los accesorios en cada tramo de la línea, como se realizó en la anterior línea.

Cuadro 39. Accesorios línea de descarga

LÍNEA DE DESCARGA						
OBJETO	DIÁMETRO (in)	CANTIDAD	K	Le/D	F	D/e
Codo 90°	1/2	2	0.39	30	0.013	6666.67

Fuente: elaboración propia

Una vez calculadas las variables de cada accesorio y con ayuda de la ecuación de perdidas menores se determinó la caída total de presión en la línea de descarga.

$$P_{accesorios} = \left( 0.39 * \frac{\left( 0.193054 \frac{m}{s} \right)^2}{2} * 77.52 \frac{Kg}{m^3} * 2 \right)$$

$$P_{accesorios} = 1.12671 Pa$$



Por último, se calcula las pérdidas de presión de la línea de descarga sumando las presiones de los tramos rectos como en los accesorios.

$$\begin{aligned}\Delta P_{Ta} &= \Delta P_3 + \Delta P_{accesorios} \\ \Delta P_{Ta} &= 1.0464 Pa + 1.12671 Pa \\ \Delta P_{Ta} &= 2.1731 Pa\end{aligned}$$

Para finalizar con el sistema de tuberías se procede a calcular la línea de líquido que esta desde la salida del condensador pasa por la válvula de expansión y termina en la salida del evaporador.

Para determinar el cálculo de la caída de presión de la primera sección se implementó un filtro acumulador para el almacenamiento de aceite y la filtración de partículas e impurezas. Se seleccionó un filtro DCL023Z5000 de Danfoss que se escogió según el refrigerante y la capacidad frigorífica del sistema.

Al igual se seleccionó un filtro secador que nos permite contener las impurezas que se transportan por el sistema y que el acumulador no puede contener de referencia DCR 0485 de Danfoss (Anexo J) al igual se seleccionó un visor de referencia SGP 6s de Danfoss (Anexo K) que nos ayuda a determinar la humedad del refrigerante que circula por el sistema.

Una vez determinado los componentes del sistema en la línea de líquido se procede a realizar los cálculos de las pérdidas de presión en los accesorios y las tuberías rectas, utilizando la metodología anterior.

Cuadro 40. Propiedades de la línea de líquido

Propiedades línea Líquido		
Temperatura promedio	36.2	°C
Densidad del refrigerante	869.57	Kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad dinámica	0.0000110316	Ns/m <sup>2</sup>
Gravedad	9.810000	m/s <sup>2</sup>
Rugosidad del cobre	0.0000015	m

Fuente: elaboración propia

Para realizar el cálculo es necesario determinar los diámetros de entrada y salida de los componentes que tienen la línea de líquido.

Cuadro 41. Diámetros línea de líquido

Diámetros Línea liquido		
Diametro salida Condensador	0,38	in
Diametro entrada-salida acumulador	0,25	in
Diametro entrada-salida filtro secador	0,63	in
Diametro entrada-salida visor de liquido	0,25	in
Diametro entrada valvula de expansión	0,38	in
Diametro salida valvula de expansión	0,63	in
Diametro entrada evaporador	0,5	in

Fuente: elaboración propia

Contando ya con los diámetros de cada componente en la línea de líquido se procede a realizar la metodología para determinar las caídas de presión en este tramo.

- Cálculo área transversal

$$A_t = \frac{\pi}{4} (0.01m)^2$$

$$A_t = 0.000079m^2$$

- Velocidad del flujo de refrigerante

$$v = \frac{0.0000151624 \frac{m^3}{s}}{0.000079 m^2}$$

$$v = 0.193049 \frac{m}{s}$$

- Numero de Reynolds

$$Re = \frac{869,57 \frac{Kg}{m^3} * 0.193 \frac{m}{s} * 0.01m}{1.10316 \times 10^{-5} \frac{N * s}{m^2}}$$

$$Re = 152171.2657$$

Ya que el número de Reynolds nos dio mayor que 2000 se toma un flujo en estado turbulento, y así determinar el factor de fricción ( $f$ ).

$$f = \frac{0.25}{\left(\log \left( \frac{1}{3.7 * \left( \frac{0.01m}{1.50x10^{-6}m} \right)} + \frac{5.74}{152171.2657^{0.9}} \right)^2 \right)}$$

$$f = 0.01747194$$

Por último, se determina las caídas de presión en la segunda parte de la línea de líquido con una longitud de 0.631621m.

$$\Delta P_4 = \frac{\rho * f * L * v^2}{2 * \theta}$$

$$\Delta P_4 = \frac{869,57 \frac{Kg}{m^3} * 0.01747194 * 0.631621m * \left(0.193049 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 0.01 m}$$

$$\Delta P_4 = 17.8816 Pa$$

Teniendo las caídas de presión del sistema de líquido en la primera sección, es necesario calcular las pérdidas generadas por los accesorios en cada tramo de la línea.

Cuadro 42. Accesorios primer tramo línea de liquido

LÍNEA DE LIQUIDO						
OBJETO	DIÁMETRO (in)	CANTIDAD	K	Le/D	F	D/e
Codo 90°	3/8	2	0.48	30	0.016	6666.67
Reductor	3/8 - 1/4	1	0.15	-----	-----	-----
Expansor	1/4 - 5/8	1	0.19	-----	-----	-----
Codo 90°	5/8	2	0.42	30	0.014	10583.33
Reductor	5/8 - 1/4	1	0.19	-----	-----	-----

Fuente: elaboración propia

Una vez calculadas las variables de cada accesorio y con ayuda de la ecuación de perdidas menores se determinó la caída total de presión en la línea de líquido en el primer tramo.

$$\Delta P_{accesorios} = \left( 0,48 * \frac{\left(0,193049 \frac{m}{s}\right)^2}{2} * 869,57 \frac{Kg}{m^3} * 2 \right) \\ + \left( 0,15 * \frac{\left(0,193049 \frac{m}{s}\right)^2}{2} * 869,57 \frac{Kg}{m^3} \right) \\ + \left( 0,19 * \frac{\left(0,193049 \frac{m}{s}\right)^2}{2} * 869,57 \frac{Kg}{m^3} \right) \\ + \left( 0,42 * \frac{\left(0,193049 \frac{m}{s}\right)^2}{2} * 869,57 \frac{Kg}{m^3} * 2 \right) \\ + \left( 0,19 * \frac{\left(0,193049 \frac{m}{s}\right)^2}{2} * 869,57 \frac{Kg}{m^3} \right)$$

$$\Delta P_{accesorios} = 37.7541 Pa$$

Para el cálculo del segundo tramo que va desde la salida del visor a la entrada de la válvula de expansión se tomó un diámetro de ¼ de pulgada y una longitud de 0.176243 m usando la metodología anterior.

- Calculo área transversal

$$A_t = \frac{\pi}{4} (0.006m)^2 \\ A_t = 0.000079m^2$$

- Velocidad del flujo de refrigerante

$$v = \frac{0.0000151624 \frac{m^3}{s}}{0.0000282743 m^2} \\ v = 0.536246 \frac{m}{s}$$

- Numero de Reynolds

$$Re = \frac{869,57 \frac{Kg}{m^3} * 0.536246 \frac{m}{s} * 0.006m}{1.10316 \times 10^{-5} \frac{N * s}{m^2}}$$

$$Re = 253618.7762$$

Ya que el número de Reynolds nos dio mayor que 2000 se toma un flujo en estado turbulento, y así determinar el factor de fricción ( $f$ ).

$$f = \frac{0.25}{\left(\log \left( \frac{1}{3.7 * \left( \frac{0.006m}{1.50 \times 10^{-6}m} \right)} + \frac{5.74}{253618.7762^{0.9}} \right)\right)^2}$$

$$f = 0.017$$

Por último, se determina las caídas de presión en la segunda parte de la línea de líquido con una longitud de 0.176243 m.

$$\Delta P_5 = \frac{\rho * f * L * v^2}{2 * \theta}$$

$$\Delta P_5 = \frac{869,57 \frac{Kg}{m^3} * 0.017 * 0.176243m * (0.536246 \frac{m}{s})^2}{2 * 0.006 m}$$

$$\Delta P_5 = 62.4173 Pa$$

Teniendo las caídas de presión del sistema de líquido en la segunda sección, es necesario calcular las pérdidas generadas por los accesorios en cada tramo de la línea.

Cuadro 43. Accesorios segundo tramo línea de líquido

LÍNEA DE LIQUIDO						
OBJETO	DIÁMETRO (in)	CANTIDAD	K	Le/D	F	D/e
Codo 90°	1/4	2	0.57	30	0.019	4000.00
Expansor	1/4 - 3/8	1	0.15	-----	-----	-----

Fuente: elaboración propia

$$\Delta P_{accesorios} = \left( 0,57 * \frac{\left(0.536246 \frac{m}{s}\right)^2}{2} * 869.57 \frac{Kg}{m^3} * 2 \right)$$

$$+ \left( 0.15 * \frac{\left(0.536246 \frac{m}{s}\right)^2}{2} * 869.57 \frac{Kg}{m^3} \right)$$

$$\Delta P_{accesorios} = 161.2844 Pa$$

Para terminar el último cálculo de la línea de líquido que va desde la salida de la válvula de expansión y la entrada del evaporador se tiene un diámetro de 5/8 de pulgada y una longitud de 0.249352.

- Cálculo área transversal

$$A_t = \frac{\pi}{4} (0.015875m)^2$$

$$A_t = 0.000197933m^2$$

- Velocidad del flujo de refrigerante

$$v = \frac{0.0000151624 \frac{m^3}{s}}{0.000197933 m^2}$$

$$v = 0.076601 \frac{m}{s}$$

- Numero de Reynolds

$$Re = \frac{869,57 \frac{Kg}{m^3} * 0.076601 \frac{m}{s} * 0.015875m}{1.10316 \times 10^{-5} \frac{N * s}{m^2}}$$

$$Re = 95855.915$$

Ya que el número de Reynolds nos dio mayor que 2000 se toma un flujo en estado turbulento, y así determinar el factor de fricción ( $f$ ).

$$f = \frac{0.25}{(\log(\frac{1}{3.7 * (\frac{0.015875m}{1.50 \times 10^{-6}m})} + \frac{5.74}{95855.915^{0.9}}))^2}$$

$$f = 0.01856751$$

Por último, se determina las caídas de presión en la segunda parte de la línea de líquido con una longitud de 0.176243 m.

$$\Delta P_6 = \frac{\rho * f * L * v^2}{2 * \theta}$$

$$\Delta P_6 = \frac{869,57 \frac{Kg}{m^3} * 0.01856751 * 0.249352 m * (0.076601 \frac{m}{s})^2}{2 * 0.015875 m}$$

$$\Delta P_g = 0.744056 Pa$$

Teniendo las caídas de presión del sistema de líquido en la última sección, es necesario calcular las pérdidas generadas por los accesorios en cada tramo de la línea.

Cuadro 44. Accesorios tercer tramo línea de líquido

LÍNEA DE LIQUIDO						
OBJETO	DIÁMETRO (in)	CANTIDAD	K	Le/D	F	D/e
Codo 90°	5/8	1	0.54	30	0.018	10583.33
Reductor	5/8 - 1/2	1	0.12	-----	-----	-----
T	1/2	1	0.39	20	0.0195	8466.67

Fuente: elaboración propia

$$\Delta P_{accesorios} = \left( 0,54 * \frac{\left(0,076601 \frac{m}{s}\right)^2}{2} * 869,57 \frac{Kg}{m^3} \right) + \left( 0,12 * \frac{\left(0,076601 \frac{m}{s}\right)^2}{2} * 869,57 \frac{Kg}{m^3} \right) + \left( 0,39 * \frac{\left(0,076601 \frac{m}{s}\right)^2}{2} * 869,57 \frac{Kg}{m^3} \right)$$

$$\Delta P_{accesorios} = 1.683824 Pa$$

Como parte final de las caídas de presión se realiza la sumatoria de los valores obtenidos en todas las líneas y los accesorios que se utilizaran.

$$\begin{aligned} \Delta P_{Total} &= 0.416213Pa + 0.485446Pa + 1.788419Pa \\ &+ 1.0464Pa + 1.12671Pa + 17.8816Pa \\ &+ 37.7541Pa + 62.4173Pa + 161.2844Pa \\ &+ 0.744056Pa + 1.683824 \end{aligned}$$

$$\Delta P_{Total} = 286.63 Pa = 0.041572 PSI$$

Ya que las longitudes de las tuberías no son largas y las presiones del sistema están entre 76.87 PSI y 241.922 PSI, se logra concluir que las pérdidas de presión en las tuberías del sistema de refrigeración no son significativas en el funcionamiento. El tipo de tubería que se utilizó está en el anexo K.

Como se mencione en el capítulo 3.4 en la selección de alternativas se evaluó dos sistemas una ideal y uno real donde se seleccionó un sistema real por los bajos costos tanto de mantenimiento como el costo inicial de adquisición, pero se realiza

el cálculo y se seleccionan de los componentes de un sistema ideal para tener una base previa de lo que se busca para el diseño de la cámara climatizada móvil para el transporte de flores.

Realizaremos una comparación de los dos sistemas evaluando los beneficios que presenten cada uno.

Como primera parte de esta comparación se identifica el sistema real que se va a manejar en la cámara teniendo presente que la potencia requerida es  $1.95269494 \text{ KW}$  que es igual a  $6662.872418 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$ .

Teniendo presente lo anterior se selecciona un sistema de refrigeración Supra 450 de marca Carrier el cual cumple con las necesidades requeridas como lo son el tipo de refrigerante, las dimensiones, la potencia frigorífica y que es un sistema autónomo (anexo L).

En esta comparación se tomó una escala de puntuación de 1 a 5, donde 5 es excelente y 1 deficiente.

Cuadro 45. Comparación sistema ideal VS real

	Sistema ideal	Sistema real
Costo inicial	4	3
Mantenimiento	5	2
Rendimiento	5	5
Eficiencia	5	5
Variabilidad de temperatura	5	1

Fuente: elaboración propia

Se tomaron 5 variables a comparar donde:

- El costo inicial del sistema ideal es más asequible que el del sistema real
- El mantenimiento del sistema ideal está ligado a la compra del equipo, donde se ofrece un mantenimiento gratis por 2 años y a comparación del real este no maneja ningún tipo de mantenimiento, pero se le da esta calificación ya que es un sistema básico el cual ayuda a su fácil inspección o actividades que se le deben realizar para su vida útil.
- El rendimiento en los dos sistemas es excelente ya que fueron diseñados para cumplir con los parámetros ya especificados.
- Los dos sistemas manejan una eficiencia sobresaliente ya que se hizo una selección de componentes y equipos, teniendo en cuenta los datos calculados.
- La variabilidad de temperatura en el sistema ideal es excelente porque se pueden manejar diferentes rangos de temperaturas lo cual nos permite una variabilidad de productos sin importar sus características iniciales (temperatura



y humedad). En el sistema real la calificación es baja porque este sistema está calculado y seleccionado para un producto en específico y no nos permite realizar ningún tipo de modificación en los rangos iniciales del proceso.

### 4.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Para este capítulo se tendrá presente las características que tiene el sistema ideal autónomo ya seleccionado, lo cual nos indica que este equipo de refrigeración no necesita de otro componente que no sea de la selección de un tanque de depósito de combustible, ya que los demás componentes que se necesitan en un sistema Diesel están integrados dentro del equipo de refrigeración como lo son la bomba Diesel para el transporte del combustibles, filtros, motor Diesel, controladores de presión, catalizador de oxidación Diesel, etc.

Este tipo de sistemas de refrigeración autónomo tiene un sistema con motor eléctrico trifásico, alterno que se conecta a tomas con las siguientes características.

Figura 39. Características motor eléctrico

Modo eléctrico con motor

Voltaje / Fase / Frecuencia	230/400/3/50 Hz 240/460/3/60 Hz
Capacidad	3,6 kW

Fuente: CARRIER. Supra 450. [Consultado el 23 de sep de 2019]. Disponibles en: <https://www.carrier.com/truck-trailer/es/es/products/es-truck-trailer/truck/supra-450/>

Este tipo de alimentación eléctrica se utiliza para las paradas técnicas o cuando la máquina no está en ruta y se desea mantener la temperatura de la cámara teniendo una toma cercana con las características ya mencionadas, y así poder desactivar el motor Diesel con la pantalla de control del sistema y poder economizar una gran cantidad de combustible.

Cuando el equipo está en ruta se tiene un motor de combustión Diesel el cual tiene las siguientes características.

Figura 40. Características motor CT2-29-TV

MODEL NUMBER (Carrier / Kubota)		CT2-29-TV / Z482-E2B	CT3-44-TV / D722-E2B
TYPE		Vertical, Water-cooled, 4 cycle IDI diesel engine	
NUMBER OF CYLINDERS		2	3
BORE X STROKE mm X mm (in. X in.)		67 X 68 (2.64 X 2.68)	
TOTAL DISPLACEMENT cm <sup>3</sup> (cu.in.)		479 (29.23)	719 (43.88)
BRAKE HORSEPOWER	SAE Intermittent H.P. kW (HP) / RPM	9.3 (12.5) / 3600	14.0 (18.0) / 3600
MAXIMUM BARE SPEED RPM		3800	
IDLING SPEED RPM		900 To 1000	
COMBUSTION CHAMBER		Spherical Type (E-TVCS)	
FUEL INJECTION PUMP		Bosch MD Type Mini Pump	
GOVERNOR		Centrifugal Ball Mechanical Governor	
INJECTION NOZZLE		Bosch Throttle-Type	
INJECTION TIMING (before T.D.C.)		19 to 21°	
FIRING ORDER		1-2	1-2-3
INJECTION PRESSURE (Valve Opening Pressure)		13.73 MPa (140 kgf/cm <sup>2</sup> , 1991 psi.)	
COMPRESSION RATIO		23.5 : 1	
LUBRICATING SYSTEM		Forced Lubrication by Pump	
COOLING SYSTEM		Pressurized Radiator, Forced Circulation With Water Pump	
STARTING SYSTEM		Cell Starter (With Glow Plug)	
STARTING MOTOR		12V, 0.8 kW	
RECOMMENDED BATTERY CAPACITY (5 Hour Capacity)		12V, 28AH, equivalent	12V, 36AH, equivalent
CHARGING GENERATOR		12V, 150 W	12V, 150 W
FUEL		Diesel Fuel No.2-D (ASTM D975)	
LUBRICATING OIL		*Quality Better Than CF Class (API), SAE 10W-30 or 15W-40	
LUBRICATING OIL CAPACITY		2.5 L (2.64 U.S. Quarts)	3.8 L (4.02 U.S. Quarts)
		3.3 L (3.5 U.S. Quarts) (TFX-1 Only)	
Weight (DRY) kg (lbs.)		53.1 (117.1)	63.1 (139.1)

Fuente: CARRIER. Workshop manual for CT2-29-TV. [Consultado el 30 de sep de 2019]. Disponible en: <http://www.seabox.com/files/Manuals/SB528.0-Ref-Unit-Manual.pdf>

Posteriormente se verifica la potencia que suministra el proveedor con la carga frigorífica que se calcula en el capítulo 4.2. Para este cálculo es necesario saber la eficiencia que genera el motor Diesel (MEC) el cual tiene unos “rendimientos entre el 70% y el 80%”<sup>57</sup>.

Una vez determinado esta eficiencia se procede a utilizar la ecuación 16 para determinar la potencia que necesita el compresor ya seleccionado con la potencia frigorífica ya calculada, la eficiencia del compresor suministrada por la guía y la eficiencia del 80% del motor Diesel.

$$P = \frac{0.529738 \text{ KW}}{0.9 * 0.8}$$

$$P = 0.73 \text{ KW}$$

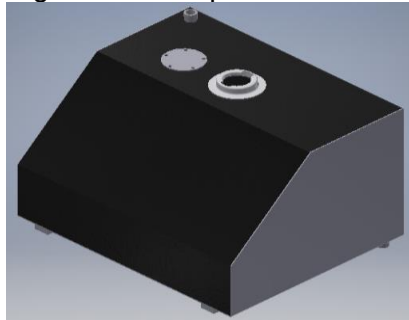
Teniendo la potencia real que se necesita, se compara con la potencia que ofrece el motor del sistema de refrigeración autónomo Carrier supra 450 el cual es de 0.8

<sup>57</sup> PAYRI, f. DESANTES, j.m. Motores de combustión interna alternativos. Barcelona. Reverté. 2011. P 13. ISBN: 978-84-8363-705-0

KW, lo que nos indica que el motor nos genera la potencia necesaria para nuestra carga frigorífica.

4.3.1 Selección del tanque de combustible. Para la selección del tanque de almacenamiento de combustible se realiza una investigación con el servicio técnico mecánico de un distribuidor de Carrier en la ciudad de Cajicá, donde nos indica que 1 galón de combustible Diesel da un rendimiento de 1 hora de energía para el sistema de refrigeración seleccionado, por lo tanto, se escoge un tanque de 6.5 galones, como se muestra a continuación.

Figura 41. Tanque Diesel



Fuente: elaboración propia

El tanque debe estar totalmente fabricado en acero inoxidable ya que este va a estar trabajando a la intemperie. Se sugiere este tipo de tanque con unas dimensiones de 253 mm de alto, 406 mm de ancho, 330 mm de profundidad aproximadamente, según el programa de Autodesk Inventor se determina el peso de este tanque.

Figura 42. Características mecánicas

Masa	9 kg
Volumen	69 in <sup>3</sup>
Área	1858 in <sup>2</sup>

Fuente: elaboración propia con base en Autodesk Inventor

Posteriormente se calcula el peso total del tanque con el combustible Diesel para el cálculo estructural, para este cálculo se necesita la densidad del Diesel.

Cuadro 46. Propiedades Diesel

PARÁMETRO	UNIDADES	ESPECIFICACIÓN Vigencia (Febrero 1° de 2007)	MÉTODOS DE ENSAYO
Densidad a 15 °C	Kg/m <sup>3</sup>	860 – 900	ASTM D 4052 ASTM D 1298 ASTM D 287 ISO 3675 ISO 12185

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Y MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 180782. (30 de may de 2007). [en línea]. [consultado 30 de sep de 2019]. Disponible en: <http://www.aescolombia.com.co/Descargables/FichasTécnicas/Ficha-tecnica-Densidad-Biocombustible-ACPM.pdf>

$$V = 6.5 \text{ galones} * \frac{1 \text{ m}^3}{264.172 \text{ gal}} = 0.0246 \text{ m}^3$$

$$M = \rho * V$$

$$M = 900 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0.0246 \text{ m}^3 = 22.14 \text{ Kg}$$

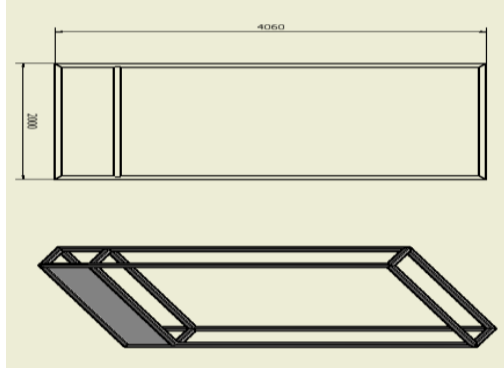
#### 4.4 SELECCIÓN DEL SISTEMA MÓVIL

Para tener una adecuada selección del tráiler se debe tener ciertos aspectos y variables que permitan el buen funcionamiento de la cámara climatizada los cuales son;

- ✓ Dimensiones
- ✓ Capacidad de carga
- ✓ Acoplamiento

4.4.1 Dimensiones. Teniendo las dimensiones establecidas en la estructura que tiene unos valores ya determinados, se tomarán las dimensiones necesarias para la selección del tráiler transportador las cuales son el largo y el ancho, como se muestra a continuación.

Figura 43. Dimensiones estructura



Fuente: elaboración propia

Donde el largo es de 4.06 m y el ancho de 2 m.

4.4.2 Capacidad de carga. El tráiler encargado de movilizar la cámara climatizada y la estructura debe estar diseñada para soportar la sumatoria de masas de los componentes que conforman este diseño, más la masa ejercida por las flores. Estas masas ya fueron calculadas en capítulos anteriores.

Masa total: 2175.817 Kg

Se tomará una tolerancia de más 100 kg, donde tenemos como resultado para la selección del tráiler una masa total de 2275 Kg.

4.4.3 Acoplamiento. El sistema de acoplamiento debe brindar seguridad y soporte al tráiler, ya que nos proporcionara la unión entre el vehículo y el diseño de la cámara climatizada. Ya que cualquier tipo de falla en este componente puede generar riesgos o impactos considerables en el funcionamiento del sistema o incluso afectaciones a personas.

Se implementará un acoplamiento por bola para el tráiler, ya que es el acoplamiento más seguro y fácil de instalar en cualquier sistema. Como se muestra a continuación.

Figura 44. Acoplamiento tipo bola



Fuente: VIDRI. Soporte para bola tráiler estándar. [Consultado el 26 de may de 2019]. Disponible en: <https://www.vidri.com.sv/producto/85451/Soporte-para-bola-trailer-est%C3%A1ndar.html>

Teniendo los requerimientos se seleccionó un tráiler TOPLINE 680 (anexo M).

$$F.S = \frac{3600Kg}{2275 Kg} = 1.582$$

Se calcula el factor de seguridad teniendo la capacidad que soporta el tráiler y la capacidad que se genera por el sistema obteniendo un factor de seguridad de 1.582, el cual es un valor valido para las condiciones de operación, ya que existe una variabilidad de carga.

El material de construcción de este tráiler es positivo para el impacto ambiental y que maneja acero galvanizado que disminuye la corrosión en el sistema.

El sistema de acoplamiento cumple con las normas del código nacional de tránsito terrestre, ya que es un sistema seguro y cuenta con un sistema alternativo para el acoplamiento con cadenas.

Figura 45. Tráiler Topline 680



Fuente: FORCAR. Topline 680. [consultado el 26 de may de 2019]. Disponible en: <http://www.remolquesforcar.com/productos/remolques-nuevos/plataforma-con-ruedas-interiores-topline-680/>

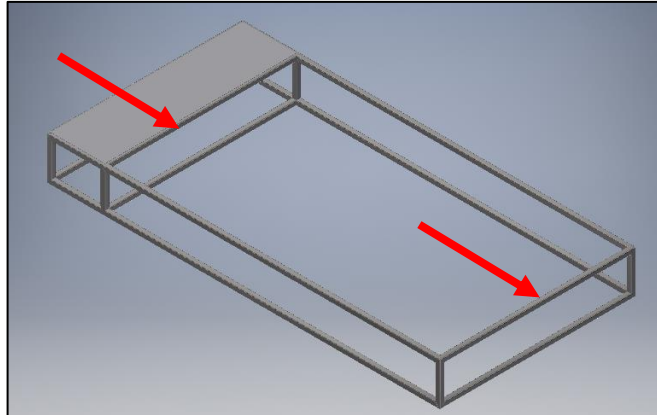
## 4.5 CÁLCULO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

En esta sección se evaluará las cargas que estarán sometidas en la estructura.

Debido que el sistema que estará encargado de la movilización del equipo de refrigeración será seleccionado por los requerimientos del mismo, se diseñará una estructura que nos permite enlazarse a el tráiler, que tenga el espacio para la cámara con el equipo de refrigeración seleccionado, al igual que la fuente de alimentación, por tal motivo se realiza una estructura que nos permite soportar el peso al igual que la distribución de todos los equipos

4.5.1 Análisis de vigas. Debido a la geométrica de la cámara y los componentes de ella, se realiza el análisis de vigas mostradas en la figura 37.

Figura 46. Vigas de soporte



Fuente: elaboración propia

Se procede a determinar la masa total que las vigas seleccionadas van a soportar ( $M_{Tv}$ ).

$$M_{Tv} = 70.136 \text{ Kg} + 455.974 \text{ Kg} + 900 \text{ Kg} + 343 \text{ Kg} + 22.14 \text{ Kg} + 28 \text{ Kg} + 9 \text{ Kg}$$

$$M_{Tv} = 1828.25 \text{ Kg}$$

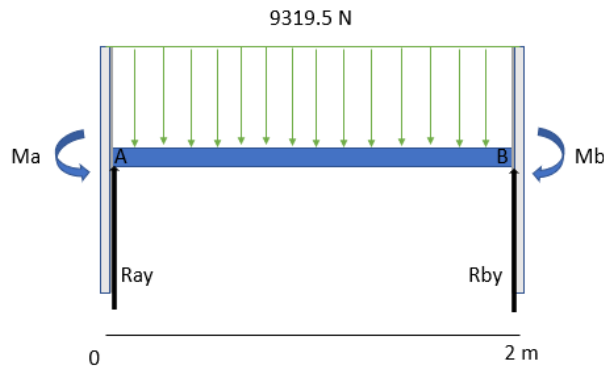
Estas masas ya fueron calculadas en los capítulos anteriores y se toma una estimación del peso con los tornillos y soldadura de 1900 Kg. Es decir que la fuerza que debe soportar cada viga es de;

$$F = 1900 \text{ Kg} * 9.81 \frac{m}{s^2} = 18639 \text{ N}$$

Donde la fuerza será distribuida uniformemente en la longitud de la viga (2 m), y en este diagrama, se genera un doble empotramiento, entonces;

$$\text{Carga distribuida} = \frac{F}{L} = \frac{18639 \text{ N}}{2 \text{ m}} = 9319.5 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

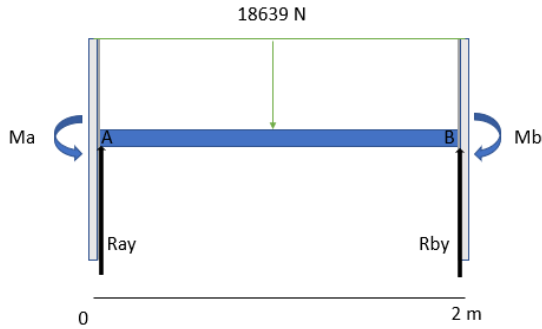
Figura 47. Diagrama de cuerpo libre viga



Fuente: elaboración propia

Se procede a calcular el momento máximo que puede soportar la viga para luego determinar el perfil más adecuado que debe llevar la estructura volviendo la carga distribuida en una carga puntual.

Figura 48. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: elaboración propia

$$\sum F_Y = 0$$

$$0 = R_A - 18639 \text{ N} + R_c$$

$$R_A = R_c$$

Posteriormente se hace el cálculo de los momentos de inercia constantes con doble empotramiento, estos se realizan por medio de las siguientes ecuaciones.

Figura 49. Momentos de empotramiento

Momentos de empotramiento $I = \text{cte}$				
CARGAS	M	M'	M	M'
	$-\frac{Qab}{2l^2}(l+b)$	$\frac{Qab}{2l^2}(l+a)$	$-\frac{Qab}{l^2}b$	$\frac{Qab}{l^2}a$
	$-\frac{3}{16}Ql$	$\frac{3}{16}Ql$	$-\frac{1}{8}Ql$	$\frac{1}{8}Ql$
	$-\frac{3}{2}Qa(1-\frac{a}{l})$	$\frac{3}{2}Qa(1-\frac{a}{l})$	$-Qa(1-\frac{a}{l})$	$Qa(1-\frac{a}{l})$
	$-\frac{1}{3}Ql$	$\frac{1}{3}Ql$	$-\frac{2}{9}Ql$	$\frac{2}{9}Ql$
	$-\frac{15}{32}Ql$	$\frac{15}{32}Ql$	$-\frac{5}{16}Ql$	$\frac{5}{16}Ql$
	$-\frac{1}{8}ql^2$	$\frac{1}{8}ql^2$	$-\frac{1}{12}ql^2$	$\frac{1}{12}ql^2$

Fuente: UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA. [sitio web]. Montevideo: Estabilidad de las construcciones II. [Consulta: 12 sep 2019] Archivo pdf. Disponible en: [http://www.fadu.edu.uy/estabilidad-ii/files/2012/06/Panorama-conceptual\\_Ficha-N%C2%B02-M%C3%A9todo-de-Cross.pdf](http://www.fadu.edu.uy/estabilidad-ii/files/2012/06/Panorama-conceptual_Ficha-N%C2%B02-M%C3%A9todo-de-Cross.pdf)



$$M = M_a = -\frac{1}{12} ql^2$$

$$M = M_a = -\frac{1}{12} \left( 9319.5 \frac{N}{m} \right) * (2 m)^2$$

$$M = M_a = -3106.5 Nm$$

$$M' = M_b = -\frac{1}{12} ql^2$$

$$M = M_b = \frac{1}{12} \left( 9319.5 \frac{N}{m} \right) * (2 m)^2$$

$$M' = M_b = 3106.5 Nm$$

$$0 = M_A - M_c + (R_A * 0) + (-17325.54 N * 1m) + (R_c * 2m)$$

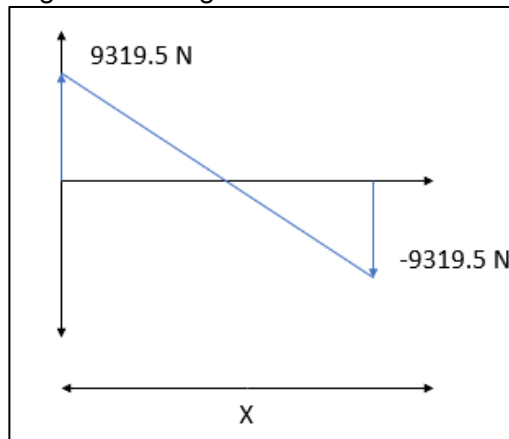
$$0 = -3106.5 Nm - (-3106.5 Nm) - (18639 N * 1m) + (R_c * 2m)$$

$$R_c = \frac{(18639 N * 1m)}{2m}$$

$$R_c = 9319.5 N = R_A$$

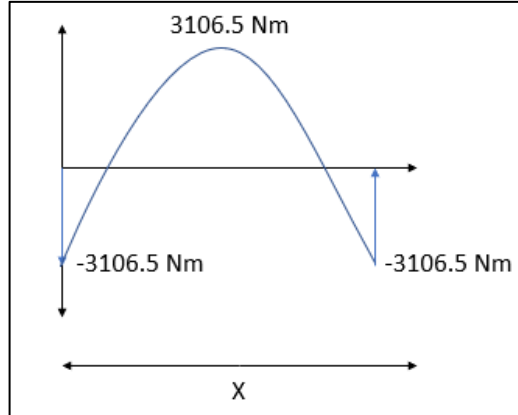
A continuación, mostramos los diagramas de momento flector y de fuerza cortante.

Figura 50. Diagrama fuerza cortante



Fuente: elaboración propia

Figura 51. Diagrama momento flector



Fuente: elaboración propia

Determinado el momento máximo y el esfuerzo cortante se selecciona un material para la estructura A36 por ser un acero comercial y económico con las características presentadas en la tabla 9.

Tabla 10. Características del acero A36

Designación del material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
A36	$t \leq 8$ pulg	58	400	36	250	21
A242	$t \leq 3/4$ pulg	70	480	50	345	21
A242	$t \leq 1 1/2$ pulg	67	460	46	315	21
A242	$t \leq 4$ pulg	63	435	42	290	21
A500	Tubo estructural formado en frío, redondo o de otras formas					
	Redondo, grado A	45	310	33	228	25
	Redondo, grado B	58	400	42	290	23
	Redondo, grado C	62	427	46	317	21
	Otra forma, grado A	45	310	39	269	25
	Otra forma, grado B	58	400	46	317	23
	Otra forma, grado C	62	427	50	345	21
A501	Tubo estructural formado en caliente, redondo o de otras formas	58	400	36	250	23
A514	Templado y revenido, $t \leq 2 1/2$ pulg	110-130	760-895	100	690	18%
A572	42, $t \leq 6$ pulg	60	415	42	290	24
A572	50, $t \leq 4$ pulg	65	450	50	345	21
A572	60, $t \leq 1 1/2$ pulg	75	520	60	415	18
A572	65, $t \leq 1 1/2$ pulg	80	550	65	450	17
A588	$t \leq 4$ pulg	70	485	50	345	21
A992	Perfiles W	65	450	50	345	21

*Nota:* ASTM A572 es uno de los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA), y sus propiedades son similares a las del acero SAE J4100, especificadas por la SAE.

Fuente: DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS. ROBERT L. MOTT. Cuarta edición. 2006. Editorial PEARSON, pág. 495

Se procede a calcular el esfuerzo permisible por el material.

Ecuación 28. Esfuerzo permisible

$$\sigma_{permisible} = \frac{\sigma_y}{F.S}$$

Fuente: MANUFACTURA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA, s. Kalpakjian quinta ed. vol. i. p 182.

Donde:

$\sigma_y$ = esfuerzo de fluencia del material

F.S= factor de seguridad

El factor de seguridad debe estar entre 1.5 a 2.0<sup>58</sup>.

$$\sigma_{permisible} = \frac{250 \text{ MPa}}{1.7} = 147.1 \text{ MPa}$$

Una vez calculado el esfuerzo permisible se calcula el módulo de sección mínimo requerido ( $S_{requerido}$ ).

Ecuación 29. Módulo de sección

$$S_{requerido} = \frac{M_{Max}}{\sigma_{permisible}}$$

Fuente: DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO. JACK MCCORMAN. Quinta edición. Alfaomega, p 238.

$$S_{requerido} = \frac{3106.5 \text{ Nm}}{147.1 \times 10^6 \text{ Pa}} = 2.111828 \times 10^{-5} \text{ m}^3 = 21.11828 \text{ cm}^3$$

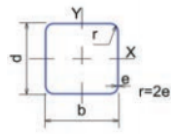
Una vez cálculo el módulo de sección mínimo requerido se selecciona el tipo de viga para la estructura.

Según el catálogo del cuadro 46 se toma un perfil 75X75X4 con un S requerido de 24.05  $\text{cm}^3$  con un radio de giro de 2,87 cm y un área de 10.95  $\text{cm}^2$ .

---

<sup>58</sup> DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO. JACK MCCORMAN. Quinta edición. Alfaomega, pág. 240.

Cuadro 47. Perfil



PERFIL CUADRADO							
TAMAÑO PERFIL		ESPESOR DE PARED e mm	PESO NEGRO (kg/m)	ÁREA cm <sup>2</sup>	FLEXIÓN		
TAMAÑO NOMINAL PULG.	MM				MOMENTO INERCIA Ix = Iy cm <sup>4</sup>	MÓDULO ELÁSTICO Sx = Sy cm <sup>3</sup>	RADIO DE GIRO rx = ry cm
1 X 1	25 X 25	1,50	1,06	1,35	1,22	0,97	0,95
		2,00	1,36	1,73	1,48	1,19	0,93
		2,50	1,64	2,09	1,69	1,35	0,90
1 4/7 X 1 4/7	40 X 40	1,50	1,77	2,25	5,49	2,75	1,56
		2,00	2,31	2,94	6,94	3,47	1,54
		2,50	2,82	3,59	8,22	4,11	1,51
2 X 2	50 X 50	1,50	2,24	2,85	11,07	4,43	1,97
		2,00	2,93	3,73	14,15	5,66	1,95
		2,50	3,60	4,59	16,94	6,78	1,92
		3,00	4,25	5,41	19,47	7,79	1,90
2 1/3 X 2 1/3	60 X 60	1,50	2,71	3,45	19,52	6,51	2,38
		2,00	3,56	4,54	25,14	8,38	2,35
		2,50	4,39	5,59	30,34	10,11	2,33
		3,00	5,19	6,61	35,13	11,71	2,31
2 3/4 X 2 3/4	70 X 70	1,50	3,18	4,05	31,46	8,99	2,79
		2,00	4,19	5,34	40,73	11,64	2,76
		2,50	5,17	6,59	49,41	14,12	2,74
		3,00	6,13	7,81	57,53	16,44	2,71
3 X 3	75 X 75	3,00	6,60	8,41	71,62	19,10	2,92
		4,00	8,59	10,95	90,19	24,05	2,87
		5,00	10,57	13,69	109,46	29,04	2,82

Fuente: TUBOSCOLMENA. Perfil cuadrado. [Consultado el 24 de may de 2019]. Disponible en: <http://tuboscolmena.com/colmena/wp-content/uploads/2018/03/perfil-estructural.pdf>

A continuación, se calcula la resistencia de diseño.

Ecuación 30. Resistencia de diseño

$$Rd = \phi * Ag * \sigma_y$$

Fuente: DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO. JACK MCCORMAN. Quinta edición. Alfaomega, p 45.

Donde:

- $\phi$  = Factor de diseño (0.9)
- $Ag$  = Área Gross del perfil
- $\sigma_y$  = Esfuerzo de fluencia del material

$$Rd = 0.9 * 1095 \text{ mm}^2 * 250 \text{ MPa} * \frac{1 \text{ Kgf}}{9.80665 \text{ MPa}}$$

$$Rd = 25123.26 \text{ Kgf}$$

Se debe asegurar que la viga soporta la carga a la cual va a estar sometida por tal motivo la resistencia de diseño debe ser mayor a la carga de 18639 N que es igual a 1900.649 Kgf.

$$Rd > F$$

$$25123.26 \text{ Kgf} > 1900.649 \text{ Kgf}$$

Una vez determinado el tipo de perfil se procede a calcular la viga más crítica como se realiza a continuación.

Ecuación 31. Carga mayorada

$$P = F * 1.4$$

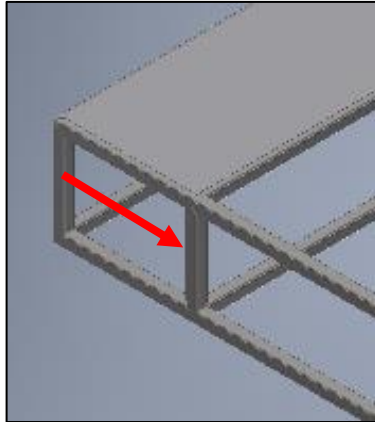
Fuente: DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO. JACK MCCORMAN. Quinta edición. Alfaomega, p 53.

$$P = 18639 N * 1,4 = 26094.6 N$$

$$Rd \geq P$$

$$25123.26 Kgf \geq 2660.908 Kgf$$

Figura 52. Viga crítica



Fuente: elaboración propia

Una vez determinada la carga mayorada y teniendo una longitud de 0.4m se procede a determinar el factor de longitud.

Ecuación 32. Factor de longitud

$$\lambda = \frac{K * L}{\pi * r} * \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}$$

Fuente: DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO. JACK MCCORMAN. Quinta edición. Alfaomega, p 58.

Donde:

L= Longitud de la viga

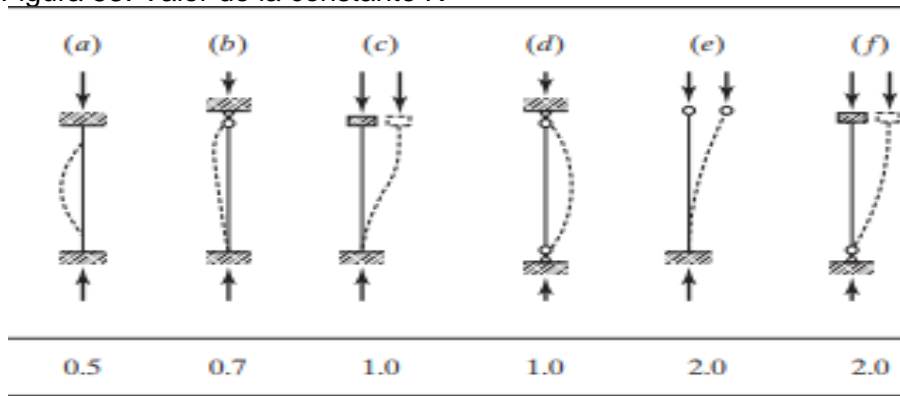
K= constante que depende del extremo fijo

$r$  = radio de giro  
 $\sigma_y$  = esfuerzo de fluencia  
 $E$  = módulo de elasticidad del material

El factor de longitud  $\lambda$  me determinara si es una columna larga o una columna corta, si el valor es menor a 1.5 la columna es corta; pero si el valor es mayor a 1.5 la columna es larga<sup>59</sup>.

Para una columna empotrada en ambos extremos hace que el factor  $k$  tenga un valor de 0.5<sup>60</sup>. Como se muestra en la siguiente figura.

Figura 53. Valor de la constante K



Fuente: MCCORMAC, Jack C. y CSERNAK, Stephen F. Diseño de Estructuras de Acero. 5 ed. México, Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C. V., 2012. 143p ISBN: 978-607-707-559-2.

$$\lambda = \frac{0.5 * 400}{\pi * 28.7} * \sqrt{\frac{25,3 \frac{Kgf}{mm^2}}{20349,32 \frac{Kgf}{mm^2}}} = 0.078$$

Se determina que la columna es corta y se calcula la fuerza crítica ejercida para este tipo de columnas con la siguiente ecuación.

Ecuación 33. Fuerza critica

$$\sigma_{cr} = (0,658)^{\lambda^2} * \sigma_y$$

Fuente: DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO. JACK MCCORMAN. Quinta edición. Alfaomega, p 191.

<sup>59</sup> DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO. JACK MCCORMAN. Quinta edición. Alfaomega, pág. 79

<sup>60</sup> Ibid

$$\sigma_{cr} = (0,658)^{0,0782} * 25,3 \frac{Kgf}{mm^2} = 25.2356 \frac{Kgf}{mm^2}$$

$$\sigma_{cr} < \sigma_y$$

$$25.2356 \frac{Kgf}{mm^2} < 25,3 \frac{Kgf}{mm^2}$$

El esfuerzo crítico debe ser menor al esfuerzo de fluencia del material  $\sigma_{cr} < \sigma_y$ <sup>61</sup>, Como conclusión el material cumple con las necesidades en cuanto a esfuerzo.

Para finalizar el cálculo de estructura se realiza el chequeo por esbeltez.

Ecuación 34. Chequeo por esbeltez

$$\frac{K * L}{r} < 200$$

Fuente: DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO. JACK MCCORMAN. Quinta edición. Alfaomega, p 105.

$$\frac{0.5 * 400mm}{28.7mm} < 200$$

$$6.9686 < 200$$

Como conclusión el perfil cumple con todas las necesidades tanto de esfuerzo como el chequeo de esbeltez.

Como parte final se calcula la masa ejercida por la estructura teniendo cuatro vigas de 4.06 m, 6 vigas de 2 m y 6 vigas de 0.4 m.

$$M_{Tes} = 8.59 \frac{Kg}{m} * (30.64m) = 263.197 Kg$$

Se determina h para conocer el espesor requerido para la lámina de la estructura con el esfuerzo admisible ya calculado como se muestra a continuación.

$$S_{requerido} = \frac{M_{Max}}{\sigma_{permisible}}$$

---

<sup>61</sup> DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO. JACK MCCORMAN. Quinta edición. Alfaomega, p 196.

$$\frac{1}{6} * b * h^2 = \frac{M_{Max}}{\sigma_{permisible}}$$

$$h = \sqrt{\frac{M}{\sigma_{permisible} * \frac{1}{6} * b}}$$

$$h = \sqrt{\frac{3106.5 Nm}{147 \times 10^6 Pa * \frac{1}{6} * 4m}} = 5.63 \times 10^{-3} m$$

$$h = 5.63 mm$$

Una vez calculado el espesor de la lámina se procede a seleccionar el calibre 6, que se necesita con unas dimensiones de 2 m x 0.5 m, que será la lámina que soportará el sistema de alimentación y sus componentes como se muestra en la siguiente figura.

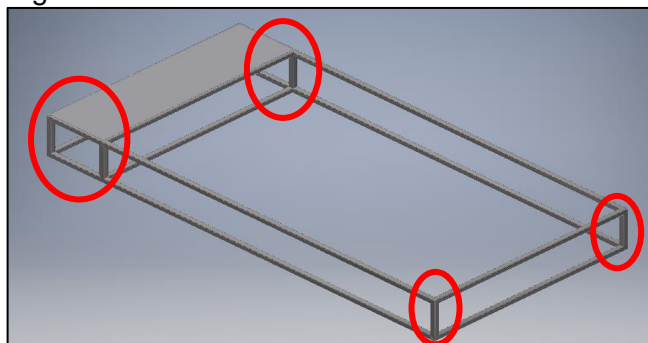
Figura 54. Calibre lámina

ESPESOR			PESO(KG)			
Milímetros	Calibre	Pulgadas	1000 x 2000	1200 x 2400	1000 x 6000	1200 x 6000
4,00	8		62,80	90,43	188,40	226,06
4,50	7	3/16	70,65	101,74	211,95	254,34
6,00	3	1/4	94,20	135,65	282,60	339,12
8,00	-	5/16	-	180,86	-	452,16
9,00	-	3/8	-	203,47	-	508,68

Fuente: Catálogo de lámina hot rolled. Disponible en: [https://www.svcmscentral.com/SVsitefiles/lacampananew/producto/doc/ae20fd\\_lamina\\_hot\\_rolled.pdf](https://www.svcmscentral.com/SVsitefiles/lacampananew/producto/doc/ae20fd_lamina_hot_rolled.pdf)

4.5.2 Cálculo de soldadura. Para realizar el cálculo de soldadura se tendrá presente dos tipos cargas ejercidas en la estructura.

Figura 55. Puntos de soldadura



Fuente: elaboración propia



Ecuación 35.Carga flexión

$$f1 = \frac{M}{S_w}$$

Fuente: NORTON, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. P 801. ISBN: 978-607-32-0589-4

Ecuación 36.Carga vertical

$$f2 = \frac{V}{A_w}$$

Fuente: NORTON, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. P 801. ISBN: 978-607-32-0589-4

Donde:

$f$  = Fuerza por pulgada de lado de soldadura

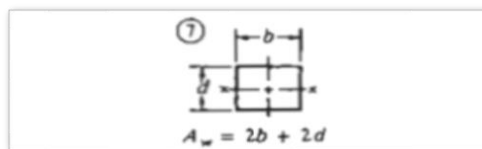
$M$  = Momento

$V$  = Cortante

$A_w$  = Pulgada de soldadura

Para calcular el  $A_w$  se debe tener la geometría de la siguiente figura.

Figura 56. Geometría perfil



Fuente: NORTON, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. P 811. ISBN: 978-607-32-0589-4

De la imagen se extrae la ecuación.

$$A_w = 2b + 2d$$

Donde tenemos b y d, de la sección seleccionada para la estructura que son igual a 75 mm x 75 mm.

$$A_w = 2(2.953in) + 2(2.953in) = 11.812 in$$

$$V = P$$

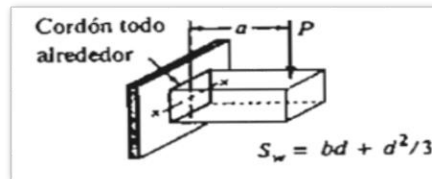
$$P = 1900kg \left( \frac{2.20462lb}{1kg} \right)$$

$$P = 4188.77 lb$$

$$f1 = \frac{4188.77 lb}{11.812in}$$

$$f1 = 354.62 \frac{lb}{in}$$

Figura 57. Soldadura a flexión



Fuente: NORTON, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. P 811. ISBN: 978-607-32-0589-4

$$M = Pa$$

$$M = 950 Kg \left( \frac{2.20462lb}{1kg} \right) * 39.37 in$$

$$M = 82456.09 lb in$$

$$f2 = \frac{M}{S_w}$$

$$S_w = bd + \frac{d^2}{3}$$

$$S_w = (2.953in)(2.953in) + \frac{(2.953 in)^2}{3}$$

$$S_w = 11.627 in^2$$

$$f_2 = \frac{82456.09 \text{ lb in}}{11.627 \text{ in}^2} = 7091.77 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

$$f_R = \sqrt{f_1^2 + f_2^2}$$

$$f_R = \sqrt{\left(354.62 \frac{\text{lb}}{\text{in}}\right)^2 + \left(7091.77 \frac{\text{lb}}{\text{in}}\right)^2}$$

$$f_R = 7100.63 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

Un electrodo E70 tiene un esfuerzo permisible de  $0.30(70\ 000) = 21\ 000 \text{ psi}$ <sup>62</sup>.

Ecuación 37. Pulgada de soldadura

$$w = \frac{\textit{Fuerza resultante}}{\textit{Esfuerzo permisible}}$$

Fuente: NORTON, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. P 802. ISBN: 978-607-32-0589-4

$$w = \frac{7100.63 \frac{\text{lb}}{\text{in}}}{21000 \frac{\text{lb}}{\text{in}}}$$

$$w = 0.338 \text{ in}$$

Como resultado de los anteriores cálculos se tiene un tamaño mínimo del cordón de 0.338 in para el perfil ya seleccionado anteriormente

---

<sup>62</sup> NORTON, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. P 812. ISBN: 978-607-32-0589-4

Figura 58. Tamaño mínimo soldadura

Tamaños mínimos de soldadura en filetes\*

Esesor del metal base (T)	Tamaño mínimo de la soldadura
tamaño en pulgadas	
$T \leq 1/4$	1/8
$1/4 < T \leq 1/2$	3/16
$1/2 < T \leq 3/4$	1/4
$3/4 < T$	5/16
tamaños en mm	
$T \leq 6$	3
$6 < T \leq 12$	5
$12 < T \leq 20$	6
$20 < T$	8

Fuente: NORTON, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. P 800. ISBN: 978-607-32-0589-4

Teniendo presente el espesor ya seleccionado se tiene un tamaño mínimo de la soldadura de 1/8 in con una referencia de E7018 o wiz 18s utilizado para estructuras por su gran resistencia a la tracción de 70.000 psi.

Cuadro 48. Soldadura

Clasificación AWS	Nombre WEST ARCO	Diámetro mm (in)	Longitud (mm)	Amperaje recomendado (A)
<b>E7018</b>	<b>WIZ 18 S</b>	2.4 (3/32)	300	70-100
		<b>3.2 (1/8)</b>	<b>350</b>	<b>100-145</b>
		4.0 (5/32)	350	135-200
		4.8 (3/16)	350	170-270

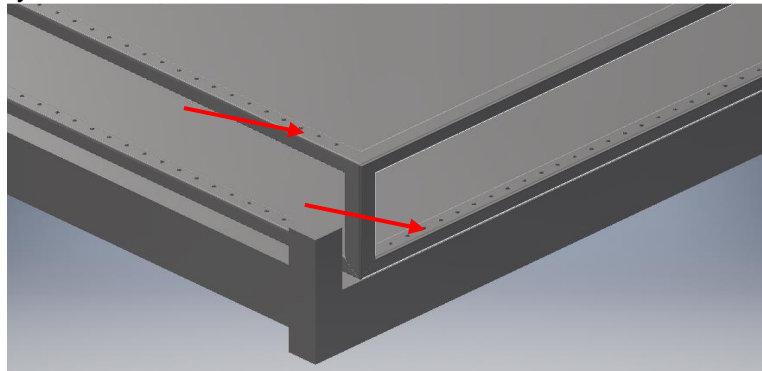
Fuente: GUÍA DE ELECTRODOS PARA SOLDAR WEST ARCO. Soldaduras west arco. [Consultado el 19 de sep de 2019]. Disponible en: <https://www.westarco.com/westarco/sp/support/documentati on/upload/catalogo-resumido-westarco.pdf>

#### 4.6 CÁLCULO TORNILLOS

A continuación, se realizará el cálculo de los tornillos para los diferentes sistemas de la cámara climatizada como lo son el sistema de almacenamiento interno, la unión de los paneles, el sistema de refrigeración y la fijación de la cámara para la estructura y el remolque.

4.6.1 Cálculo de tornillos para estructura, tráiler y cámara. Como se muestra en la figura 33 se deben fijar las paredes de los paneles con tornillos zincado ya que este tipo de tornillo nos permiten trabajar en óptimas condiciones en los diferentes cambios de temperatura y humedad. Por lo tanto, se empleará la metodología de cálculo del “Diseño de máquinas de Robert L Norton<sup>11</sup> 2011 cuarta edición, en el capítulo 11, en donde aborda el diseño de tornillos y sujetadores”<sup>63</sup>, y así poder obtener una referencia de tornillos que se han capaces de soportar las cargas a las cuales van a estar sometidos, analizándolos a esfuerzos a tensión y ha cortante.

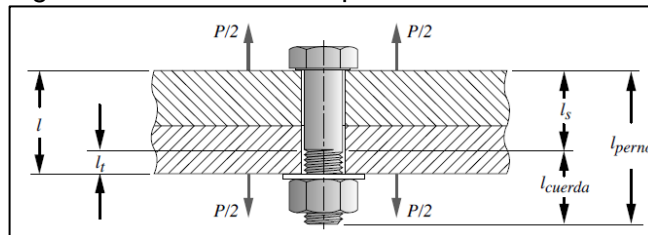
Figura 59. Distribución de tornillos para estructura, tráiler y cámara



Fuente: elaboración propia

✓ Cálculo tornillos sometidos a tensión.

Figura 60. Ensamble con perno a tensión



Fuente: ROBERT L NORTON. Diseño de máquinas, un enfoque integrado. Cuarta edición. 2011. Editorial PEARSON. Pag 745.

Se determina la carga  $P$  la cual está sometiendo el tornillo a un esfuerzo a tensión como se muestra en la figura 34.

<sup>63</sup> ALARCON, Sergio y CRUZ, Jefferson. Diseño de un equipo móvil de refrigeración para el almacenamiento y transporte de leche cruda en zonas rurales. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. 2017. P 37.

Se tendrán en cuenta la masa total de los paneles ( $M_f$ ), la masa total del conjunto de almacenamiento interno cada uno ( $M_{Ti}$ ), el sistema de refrigeración, las flores a transportar y la estructura.

En el capítulo anterior se calcularon las masas sin tener presente la masa generada por la estructura.

$$M = 1766.11 \text{ Kg} + 134.51 \text{ Kg} = 1900.62 \text{ Kg}$$

Para el cálculo de tornillos es necesario realizar una iteración escogiendo unas dimensiones con el fin de seleccionar el tornillo adecuado, para una carga P se escoge un tamaño de 3/8 in como se muestra en tabla 13.

Tabla 11. Medidas de tornillos

Tamaño	Cuerdas gruesas, UNC				Cuerdas finas, UNF		
	Diámetro mayor $d$ (in)	Cuerdas por pulgada	Diámetro menor $d_r$ (in)	Área de esfuerzo por tensión $A_t$ (in <sup>2</sup> )	Cuerdas por pulgada	Diámetro menor $d_r$ (in)	Área de esfuerzo por tensión $A_t$ (in <sup>2</sup> )
0	0.0600	—	—	—	80	0.0438	0.0018
1	0.0730	64	0.0527	0.0026	72	0.0550	0.0028
2	0.0860	56	0.0628	0.0037	64	0.0657	0.0039
3	0.0990	48	0.0719	0.0049	56	0.0758	0.0052
4	0.1120	40	0.0795	0.0060	48	0.0849	0.0066
5	0.1250	40	0.0925	0.0080	44	0.0955	0.0083
6	0.1380	32	0.0974	0.0091	40	0.1055	0.0101
8	0.1640	32	0.1234	0.0140	36	0.1279	0.0147
10	0.1900	24	0.1359	0.0175	32	0.1494	0.0200
12	0.2160	24	0.1619	0.0242	28	0.1696	0.0258
1/4	0.2500	20	0.1850	0.0318	28	0.2036	0.0364
5/16	0.3125	18	0.2403	0.0531	24	0.2581	0.0581
3/8	0.3750	16	0.2938	0.0775	24	0.3209	0.0878
7/16	0.4375	14	0.3447	0.1063	20	0.3725	0.1187
1/2	0.5000	13	0.4001	0.1419	20	0.4350	0.1600
9/16	0.5625	12	0.4542	0.1819	18	0.4903	0.2030
5/8	0.6250	11	0.5069	0.2260	18	0.5528	0.2560
3/4	0.7500	10	0.6201	0.3345	16	0.6688	0.3730
7/8	0.8750	9	0.7307	0.4617	14	0.7822	0.5095
1	1.0000	8	0.8376	0.6057	12	0.8917	0.6630

Fuente: ROBERT L NORTON. Diseño de máquinas, un enfoque integrado. Cuarta edición. 2011. Editorial PEARSON. Pag 726.

Una vez seleccionado el tornillo al cual vamos a calcular se procede calcular la carga P a la cual van a estar ejercidos los tornillos.

$$P = 1900.62 \text{ Kg} = 4190.15 \text{ Lb}$$

Teniendo presente la tabla 13 las variables para la iteración son las siguientes.

- $d=0.375$  in
- $D=0.8125$  in
- $l=4$  in
- $P=83.803$  lb
- $A_t=0.0775$  in<sup>2</sup>

Teniendo las variables se procede a calcular las longitudes de la cuerda y el vástago, como se muestra a continuación.

Ecuación 38. Longitud cuerda, vástago y total

$$\begin{aligned} l_{cuerda} &= 2d + 0.25 \\ l_s &= l_{perno} - l_{cuerda} \\ l_t &= l - l_s \end{aligned}$$

Fuente: ROBERT L NORTON. Diseño de máquinas, un enfoque integrado. Cuarta edición. 2011. Editorial PEARSON. P 750.

$$\begin{aligned} l_{cuerda} &= 2(0.375 \text{ in}) + 0.25 = 1 \text{ in} \\ l_s &= 4 \text{ in} - 1 \text{ in} = 3 \text{ in} \end{aligned}$$

Posteriormente se halla la longitud de sujeción.

$$l_t = 4 \text{ in} - 3 \text{ in} = 1 \text{ in}$$

Se procede a calcular la rigidez del perno.

Ecuación 39. Rigidez en el perno

$$\frac{1}{K_b} = \frac{l_t}{A_t * E} + \frac{l_s}{A_b * E}$$

Fuente: ROBERT L NORTON. Diseño de máquinas, un enfoque integrado. Cuarta edición. 2011. Editorial PEARSON. P 750.

$$\frac{1}{K_b} = \frac{1 \text{ in}}{0.0775 \text{ in}^2 * 30 \times 10^6} + \frac{3 \text{ in}}{\pi * (0.375 \text{ in})^2 * 30 \times 10^6} = 748740.2049 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

El siguiente paso es calcular la rigidez en el material base.

Ecuación 40. Rigidez del material

$$K_m = \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} * \frac{E_m}{l}$$

Fuente: ROBERT L NORTON. Diseño de máquinas, un enfoque integrado. Cuarta edición. 2011. Editorial PEARSON. P 750.

$$K_m = \frac{\pi * ((0.8125 \text{ in})^2 - (0.375 \text{ in})^2)}{4} * \frac{30 \times 10^6}{4 \text{ in}} = 3060291.672 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

Luego se calcula la rigidez de la junta.

Ecuación 41. Rigidez de la junta

$$C = \frac{K_b}{K_m + K_b}$$

Fuente: ROBERT L NORTON. Diseño de máquinas, un enfoque integrado. Cuarta edición. 2011. Editorial PEARSON. P 750.

$$C = \frac{748740.2049 \frac{lb}{in}}{3060291.672 \frac{lb}{in} + 748740.2049 \frac{lb}{in}} = 0.19657$$

A continuación, se calcula la carga del perno y del material.

Ecuación 42. Carga perno y material

$$P_b = C * P$$
$$P_m = (1 - C) * P$$

Fuente: ROBERT L NORTON. Diseño de máquinas, un enfoque integrado. Cuarta edición. 2011. Editorial PEARSON. P 750.

$$P_b = 0.19657 * 83.803 \text{ lb} = 16.47313 \text{ lb}$$
$$P_m = (1 - 0.19657) * 83.803 \text{ lb} = 67.3299 \text{ lb}$$

Se procede a calcular las cargas resultantes del perno y material.

Ecuación 43. Carga resultantes perno y material

$$F_b = F_i + P_b$$
$$F_m = F_i - P_m$$

Fuente: ROBERT L NORTON. Diseño de máquinas, un enfoque integrado. Cuarta edición. 2011. Editorial PEARSON. P 750.

$$F_b = 4190.15 \text{ lb} + 16.47313 \text{ lb} = 4206.623 \text{ lb}$$
$$F_m = 4190.15 \text{ lb} - 67.3299 \text{ lb} = 4122.82 \text{ lb}$$

Posteriormente se calcula el esfuerzo de tensión máximo

Ecuación 44. Esfuerzo de tensión máxima

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_t}$$

Fuente: ROBERT L NORTON. Diseño de máquinas, un enfoque integrado. Cuarta edición. 2011. Editorial PEARSON. P 750.



$$\sigma_b = \frac{4206.623 \text{ lb}}{0.0775 \text{ in}^2} = 54285.876 \text{ psi}$$

Para determinar el factor de seguridad es necesario determinar la resistencia a la fluencia del perno que se muestra en la tabla 11.

Tabla 12. Especificación y resistencia SAE de pernos

Especificaciones y resistencias de la SAE para pernos de acero					
Número de grado de la SAE	Intervalo del tamaño del diám. ext. (in)	Resistencia de prueba mínima (kpsi)	Resistencia a la fluencia mínima (kpsi)	Resistencia a la tensión mínima (kpsi)	Material
1	0.25-1.5	33	36	60	bajo o medio carbono
2	0.25-0.75	55	57	74	bajo o medio carbono
2	0.875-1.5	33	36	60	bajo o medio carbono
4	0.25-1.5	65	100	115	medio carbono, forjado en frío
5	0.25-1.0	85	92	120	medio carbono, Q&T*
5	1.125-1.5	74	81	105	medio carbono, Q&T
5.2	0.25-1.0	85	92	120	martensita al bajo carbono, Q&T
7	0.25-1.5	105	115	133	aleación al medio carbono, Q&T
8	0.25-1.5	120	130	150	aleación al medio carbono, Q&T
8.2	0.25-1.0	120	130	150	martensita al bajo carbono, Q&T

\* Templado y revenido

Fuente: ROBERT L NORTON. Diseño de máquinas, un enfoque integrado. Cuarta edición. 2011. Editorial PEARSON. P 744.

Ecuación 45. Factor de seguridad

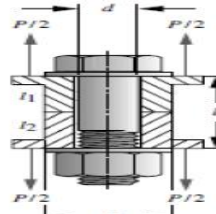
$$F.S = \frac{S_y}{\sigma_b}$$

Fuente: ROBERT L NORTON. Diseño de máquinas, un enfoque integrado. Cuarta edición. 2011. Editorial PEARSON. P 750.

$$F.S = \frac{92000 \text{ psi}}{54285.876 \text{ psi}} = 1.695$$

✓ Cálculo de tornillos sometidos a esfuerzo cortante.

Figura 61. Tornillos sometidos a esfuerzo cortante



Fuente: ROBERT L NORTON. Diseño de máquinas, un enfoque integrado. Cuarta edición. 2011. Editorial PEARSON. P 749.

Se debe tener en cuenta la carga a la cual va a estar sometido el tornillo que es de 4190.15 lb (v).

Ecuación 46. Resistencia mínima por cortante

$$\tau_{falla} = 0.577 * \sigma_y$$

Fuente: ROBERT L NORTON. Diseño de máquinas, un enfoque integrado. Cuarta edición. 2011. Editorial PEARSON. P 773.

$$\tau_{falla} = 0.577 * 92000 \text{ psi} = 53084 \text{ psi}$$

Teniendo presente el factor de seguridad resultante se procede a determinar el esfuerzo permisible

Ecuación 47. Esfuerzo permisible

$$\tau_{permisible} = \frac{\tau_{falla}}{F.S}$$

Fuente: ROBERT L NORTON. Diseño de máquinas, un enfoque integrado. Cuarta edición. 2011. Editorial PEARSON. P 744.

$$\tau_{permisible} = \frac{53084 \text{ psi}}{1.695} = 31322.95 \text{ psi}$$

Procedemos a calcular el área mínima requerida y posteriormente el diámetro mínimo requerido.

Ecuación 48. Área mínima requerida

$$A_{min} = \frac{V}{\tau_{permisible}}$$

Fuente: ROBERT L NORTON. Diseño de máquinas, un enfoque integrado. Cuarta edición. 2011. Editorial PEARSON. P 744.

$$A_{min} = \frac{4190.15 \text{ lb}}{31322.95 \text{ psi}} = 0.13377 \text{ in}^2$$

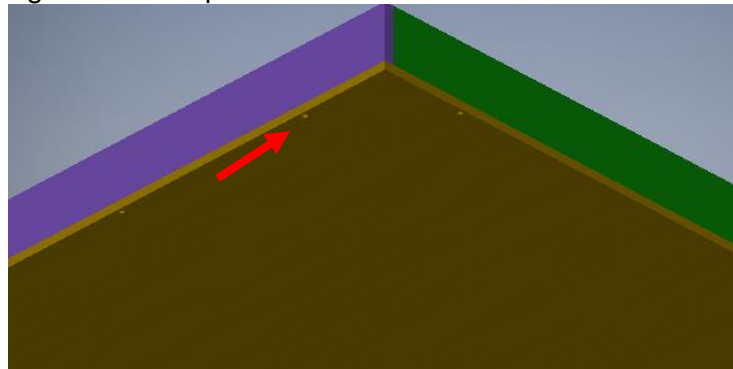
$$A_{min} = \pi * r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.13377 \text{ in}^2}{\pi}} = 0.20635 \text{ in} = 0.524133 \text{ cm} * 2 = 1.05 \text{ cm}$$

Realizando los cálculos de los tipos de esfuerzos para los tornillos se determinó que, para una conveniente sujeción de la cámara con la estructura, el almacenamiento interno con la cámara y la estructura con el tráiler se requieren tornillos de diámetro igual o mayor a 0,4375 in, debido al análisis por esfuerzos cortantes los cuales resultan ser mayores que los esfuerzos a tensión, por lo tanto, los tornillos recomendados normalizados son de 1/2 de pulgada los cuales tienen una resistencia adecuada para la aplicación. 1/2 UNC-2 A Grado 5,2 de longitud 4 in.

4.6.2 Calculo tornillos para componentes almacenamiento interno. En este capítulo determinaremos el cálculo de los tornillos para los componentes del almacenamiento interno usando la metodología anterior.

Figura 62. Componentes de almacenamiento interno



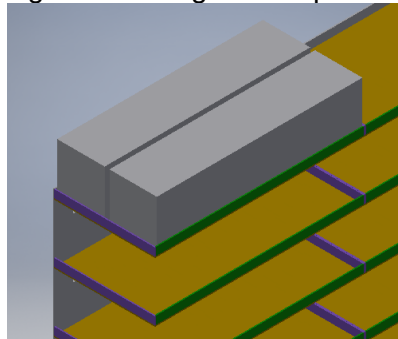
Fuente: elaboración propia

- ✓ Calculo tornillos sometidos a tensión. Se determina la carga P la cual está sometiendo el tornillo a un esfuerzo a tensión como se muestra en la figura 34.

Se tendrán en cuenta la masa de dos cajas, las cuales son las que generan los esfuerzos sobre los paneles internos de la cámara.

$$M = 12.5 \text{ Kg} * 2 = 25 \text{ Kg}$$

Figura 63. Carga sobre paneles



Fuente: elaboración propia

Para el cálculo de tornillos es necesario realizar una iteración escogiendo unas dimensiones con el fin de seleccionar el tornillo adecuado, para una carga P se escoge un tamaño de 4 como se muestra en tabla 10.

Una vez seleccionado el tornillo al cual vamos a calcular se procede a calcular la carga P a la cual van a estar ejercidos los tornillos.

$$P = 25 \text{ Kg} = 55.12 \text{ Lb}$$

Teniendo presente la tabla 10 las variables para la iteración son las siguientes.

$$d=0.112 \text{ in}$$

$$D=0.4375 \text{ in}$$

$$l=1.25 \text{ in}$$

$$P=13.78 \text{ lb}$$

$$A_t=0.00795 \text{ in}^2$$

Teniendo las variables se procede a calcular las longitudes de la cuerda y el vástago, como se muestra a continuación.

$$l_{\text{cuerda}} = 2(0.112 \text{ in}) + 0.25 = 0.474 \text{ in}$$

$$l_s = 1.25 \text{ in} - 0.474 \text{ in} = 0.776 \text{ in}$$

Posteriormente se halla la longitud de sujeción.

$$l_t = 1.25 \text{ in} - 0.776 \text{ in} = 0.474 \text{ in}$$

Se procede a calcular la rigidez del perno.

$$\frac{1}{K_b} = \frac{0.474 \text{ in}}{0.00795 \text{ in}^2 * 30 \times 10^6} + \frac{0.776 \text{ in}}{\pi * (0.112 \text{ in})^2 * 30 \times 10^6} = 190676.0802 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

El siguiente paso es calcular la rigidez en el material base.

$$K_m = \frac{\pi * ((0.4375 \text{ in})^2 - (0.112 \text{ in})^2)}{4} * \frac{30 \times 10^6}{1.25 \text{ in}} = 3371473.984 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

Luego se calcula la rigidez de la junta.

$$C = \frac{190676.0802 \frac{\text{lb}}{\text{in}}}{3371473.984 \frac{\text{lb}}{\text{in}} + 190676.0802 \frac{\text{lb}}{\text{in}}} = 0.05353$$

A continuación, se calcula la carga del perno y del material.

$$P_b = 0.05353 * 13.78 \text{ lb} = 0.7376 \text{ lb}$$

$$P_m = (1 - 0.05353) * 13.78 \text{ lb} = 13.0423 \text{ lb}$$

Se procede a calcular las cargas resultantes del perno y material.

$$F_b = 55.12 \text{ lb} + 0.7376 \text{ lb} = 55.8576 \text{ lb}$$

$$F_m = 55.12 \text{ lb} - 13.0423 \text{ lb} = 42.0776 \text{ lb}$$

Posteriormente se calcula el esfuerzo de tensión máximo

$$\sigma_b = \frac{55.8576 \text{ lb}}{0.006 \text{ in}^2} = 9258.8641 \text{ psi}$$

Para determinar el factor de seguridad es necesario determinar la resistencia a la fluencia del perno que se muestra en la tabla 11.

$$F.S = \frac{92000 \text{ psi}}{9258.8641 \text{ psi}} = 9.93$$

✓ Cálculo de tornillos sometidos a esfuerzo cortante. Se debe tener en cuenta la carga a la cual va a estar sometido el tornillo que es de 55.12 lb (v).

$$\tau_{falla} = 0.577 * 92000 \text{ psi} = 53084 \text{ psi}$$

Teniendo presente el factor de seguridad resultante se procede a determinar el esfuerzo permisible

$$\tau_{permisible} = \frac{53084 \text{ psi}}{9.93} = 5342.3646 \text{ psi}$$

Procedemos a calcular el área mínima requerida y posteriormente el diámetro mínimo requerido.

$$A_{min} = \frac{55.12 \text{ lb}}{5342.3646 \text{ psi}} = 0.01032 \text{ in}^2$$

$$A_{min} = \pi * r^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{0.01032 \text{ in}^2}{\pi}} = 0.0573 \text{ in} = 0.14556 \text{ cm} * 2 = 0.29112 \text{ cm}$$

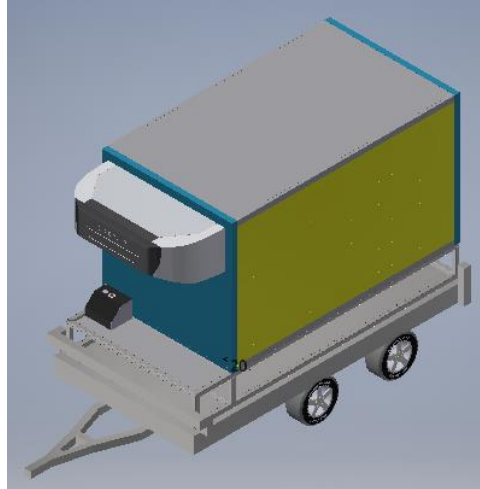
Realizando los cálculos de los tipos de esfuerzos para los tornillos se determinó que, para una conveniente sujeción de los componentes del almacenamiento interno se requieren tornillos de diámetro igual o mayor a 0,0573 in, debido al análisis por esfuerzos cortantes los cuales resultan ser mayores que los esfuerzos a tensión, por lo tanto, los tornillos recomendados normalizados son de 1/8 de

pulgada los cuales tienen una resistencia adecuada para la aplicación. 1/8 UNC-2  
A Grado 5,2 de longitud 1.25 in.

## 5. MANUALES DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

### 5.1 MANUAL DE INSTALACIÓN

Figura 64. Cámara climatizada



Fuente: elaboración propia

Para la instalación de esta máquina, se necesita personal que tenga el conocimiento de las herramientas básicas para el buen manejo y ubicación de los componentes.

Se deben utilizar los EPP ya mencionados en el manual de seguridad y las siguientes herramientas.

Cuadro 49. Herramientas de instalación

HERRAMIENTAS DE INSTALACIÓN		
Martillo de presión	Taladro	SIKAFLEX -11FC+
		
Llaves		
		

Fuente: elaboración propia

La instalación se debe realizar en el tráiler ya seleccionado en el capítulo 4, teniendo un espacio prudente de cualquier persona que no esté capacitada para esta instalación.

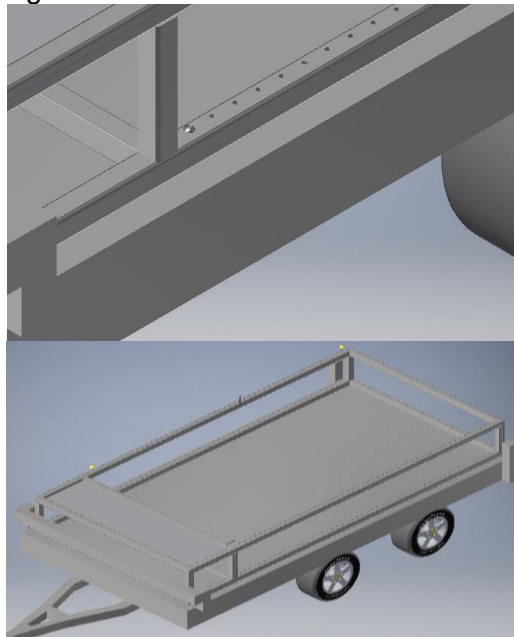
Esta instalación se dará en los siguientes pasos:

- Paso 1: Instalación de la estructura
- Paso 2: Instalación del tanque Diesel
- Paso 3: Instalación de los paneles tipo sándwich, recubrimiento con la chapa galvanizado y aplicación del líquido aislante
- Paso 4: Instalación del equipo de refrigeración
- Paso 5: Instalación del almacenamiento interno dentro de la cámara
- Paso 6: Instalación de la puerta abatible

**IMPORTANTE:** Todas las uniones de soldadura se deben realizar con los epp correspondientes y con el personal calificado.

- Paso 1: Instalación de la estructura
- ✓ Asegúrese de que la base del tráiler seleccionado se encuentra en perfecto estado y que el entorno está totalmente limpio, para la ubicación de la estructura.
- ✓ Instalé la estructura con los tornillos ya calculados y las herramientas correspondientes en los dos extremos de la estructura, asegurándose de que haya un equilibrio en todos los perfiles de la estructura.

Figura 65. Paso 1



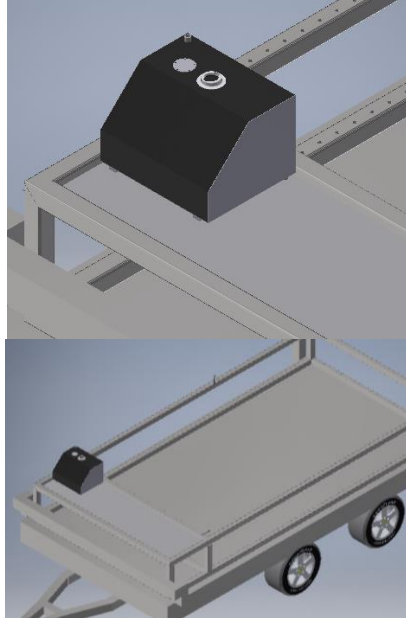
Fuente: elaboración propia

- Paso 2: Instalación del tanque Diesel



- ✓ Verifique el buen estado del tanque de combustible Diesel, al igual que la zona de instalación este en perfectas condiciones.
- ✓ Utilice los tornillos suministrados por el proveedor y realice los agujeros necesarios para la instalación.

Figura 66. Paso 2

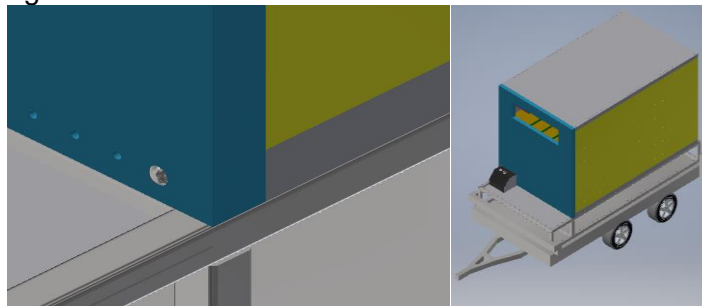


Fuente: elaboración propia

La instalación del tanque debe realizarse en la esquina izquierda de la cámara climatizada móvil para el transporte de flores como se muestra en la figura 65.

- Paso 3: Instalación de los paneles tipo sándwich, recubrimiento con la chapa galvanizado y aplicación del líquido aislante
- Verifique el buen estado de la estructura he instale los paneles tipo sándwich con el recubrimiento de chapa galvanizada he instale los tornillo calculados, con las correspondientes herramientas.

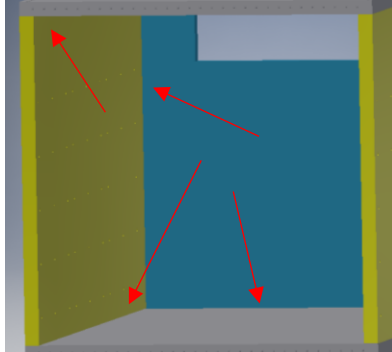
Figura 67. Paso 3



Fuente: elaboración propia

- Aplique dentro de la cámara el aislante mencionado en el capítulo 4.1 en las esquinas que se presentan en el interior de la cámara

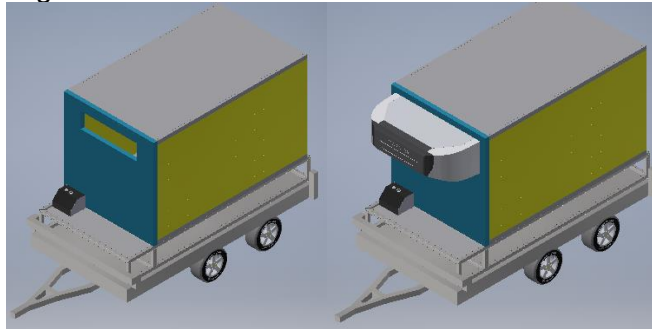
Figura 68. Aislante



Fuente: elaboración propia

- Paso 4: Instalación del equipo de refrigeración
- ✓ Esta instalación está contemplada dentro de la compra del equipo, pero en caso de ser desmontado para un mantenimiento o cambio de un componente, se da unas pautas para su instalación; coloque el equipo dentro del espacio designado y áncelo con los pernos o tornillos suministrados por el proveedor.

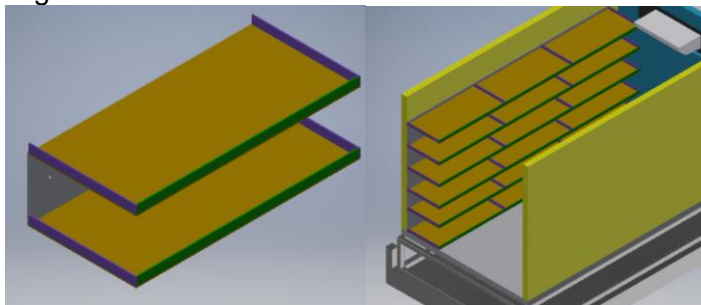
Figura 69. Paso 4



Fuente: elaboración propia

- Paso 5: Instalación del almacenamiento interno dentro de la cámara
- ✓ Verifique el buen estado de los componentes y coloque los tornillo calculados para ellos, instalando componente por componente del almacenamiento interno como se muestra a continuación.

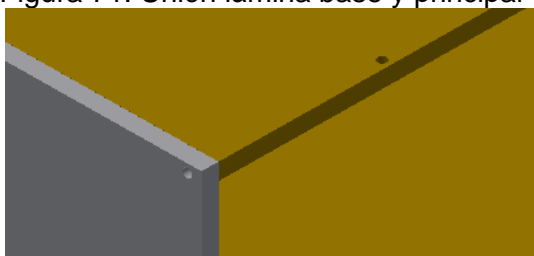
Figura 70. Paso 5



Fuente: elaboración propia

Para la instalación del almacenamiento interno se debe instalar las láminas base sobre la lámina principal del almacenamiento con los tornillos ya calculados.

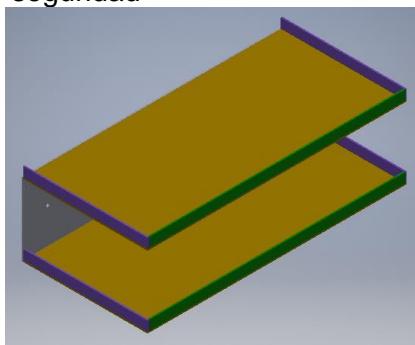
Figura 71. Unión lámina base y principal



Fuente: elaboración propia

Luego instalar las láminas de seguridad corta y larga utilizando los tornillos ya calculados.

Figura 72. Unión láminas de seguridad

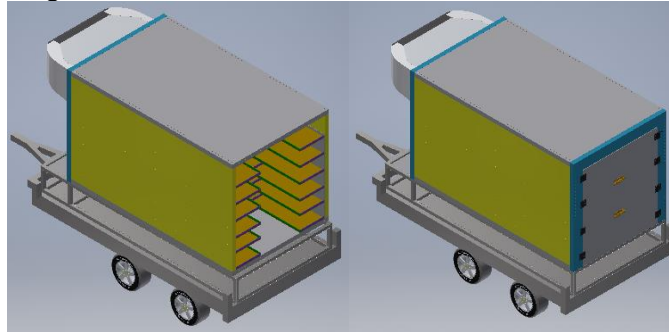


Fuente: elaboración propia

Por último, instalar los paneles en conjunto, formando un grupo de 3 paneles de profundidad y 6 paneles de altura como se muestra en la figura 70, teniendo presente los tornillos ya calculados.

- Paso 6: Instalación de la puerta abatible
- ✓ Realice una inspección visual de los componentes de la puerta abatible he instálela con los tornillos ya calculados, probando su buen funcionamiento.

Figura 73. Paso 6



Fuente: elaboración propia

Como parte final de este manual se recomienda la puesta en marcha del equipo con el fin de realizar una prueba para poder detectar de forma visual y auditiva de cualquier irregularidad que se pueda presentar.

## 5.2 MANUAL DE OPERACIÓN

El buen funcionamiento de la maquina depende mucho de cómo se realiza la operación de esta, existen variables para su adecuado funcionamiento, por lo que la persona encargada debe tener el pleno conocimiento de las funciones que debe desempeñar antes de poner en marcha la cámara climatizada móvil y así por mitigar riesgos para la maquina o para las personas cercanas a ella.

### 5.2.1 Datos del equipo.

Tabla 13. Datos básicos del equipo

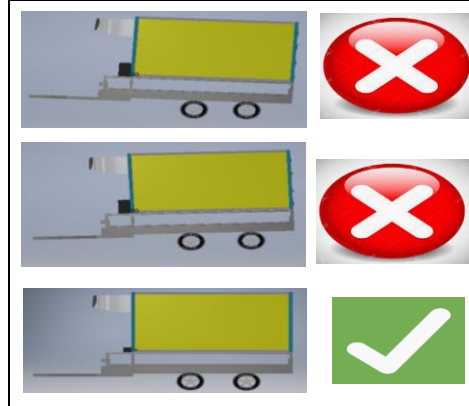
Sistema de refrigeración	sistema por compresión
Fuente de energetica	Electrica
Tipo de batería (V/A)	12v/155 amp
Dimensiones trailer	406cmx215cmx250cm
Tamaño del rin	Rin 13c
Equipo de refrigeración	Carrier supra 450 (autónomo)
Control del equipo de refrigeración	Remoto
Tanque	combustible Diesel

Fuente: elaboración propia

5.2.2 Operación del equipo. Es primordial que antes de poner en marcha la maquina se realice una inspección visual del funcionamiento de los accesorios y de posibles anomalías que esta pueda presentar, se debe realizar un recorrido de 360° para observar los siguientes aspectos;

- Verifique el buen agarre de las llantas del tráiler contra el suelo, la presión de aire de las llantas, su estabilidad y buena conexión en su acople.

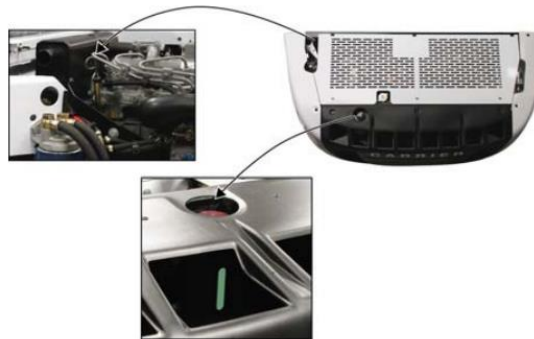
Figura 74. Estabilidad de operación



Fuente: elaboración propia

- Verifique el nivel de aceite del equipo de refrigeración y el nivel del refrigerante antes de poner el equipo en modo ruta.

Figura 75. Nivel de aceite y refrigerante



Fuente: CARRIER. Instrucciones de funcionamiento. [Consultado el 30 de sep de 2019]. Disponibles en: <http://fridiel.com/wp-content/uploads/pdf/MANUAL%20SUPRAS.pdf>

- Verifique el buen estado del tanque de combustible y que el cableado del sistema de refrigeración este en perfecto estado.
- Verifique que no se encuentre agentes externos en ninguna parte del equipo que, puedan generar algún tipo de inconsistencia.

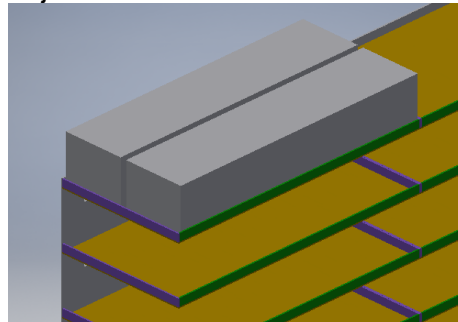
Nota: La inspección debe ser netamente visual, en caso de cualquier irregularidad del sistema refrigeración o del tanque de almacenamiento del combustible, utilice

los epp correspondientes y comuníquese con el servicio técnico especializado de la máquina.

5.2.3 Encendido y controlador del sistema de refrigeración. Para realizar una buena manipulación del equipo debe seguir los siguientes pasos.

- Realizar la carga de las 72 cajas de flores en el almacenamiento interno ubicándolas en parejas si sobreponer ninguna como se muestra a continuación.

Figura 76. Posicionamiento de las cajas



Fuente: elaboración propia

- Suministrar la cantidad de combustibles Diesel dentro del tanque, verificando su adecuando almacenamiento y que no se presente ningún tipo de inconformidad en el proceso.
- Modificar los parámetros de temperatura requeridos en el controlador del equipo de refrigeración supra 450, teniendo presente la función de cada botón dentro del tablero.

Figura 77. Controlador APX Carrier



Fuente: CARRIER. Apx control system. [Consultado el 30 de sep de 2019]. Disponibles en: <https://www.utcccs-cdn.com/hvac/docs/2000/Public/03/62-11554.pdf>

En caso de cualquier duda con el control del equipo comunicarse con la línea de servicio del proveedor.

- Teniendo el proceso anterior, el equipo ya debe estar en óptimas condiciones y listo para realizar el acoplamiento a un vehículo de tracción, para su posterior movilización y realizar su función de manera correcta.

### 5.3 MANUAL DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento es una acción que se debe realizar periódicamente, lo cual nos ayuda a prolongar la vida útil de cualquier máquina, equipo e instalación, al igual que todos los componentes de la máquina. Se debe tener muy presente que el mantenimiento que se realiza periódicamente se hace con los sentidos del olfato, auditivo y visual, donde tratamos de buscar cualquier anomalía en la máquina que nos pueda perjudicar su buen funcionamiento.

El manual de mantenimiento que se desarrolló para este proyecto está contemplando por rutinas de limpieza, inspección y lubricación. Se orienta en mantener los elementos de la maquina en recomendables condiciones, al igual que prevenir cualquier tipo de accidente o costos no previstos; partiendo de un mantenimiento preventivo.

Como se mencionó anteriormente se recomienda:

- Que el equipo de refrigeración se encuentre apagado
- Los seguros de las compuertas y demás componentes se encuentren en buen estado y funcionamiento
- Se encuentre totalmente asegurada la cámara a cualquier tipo de movimiento.

La persona destinada realizar el mantenimiento, debe mantener las zonas de almacenamiento limpias en cada proceso que se utiliza la cámara.

Para realizar un buen mantenimiento se debe tener en cuenta las partes a las cuales se debe estar haciendo inspección o cambio si es necesario. En la siguiente tabla podremos apreciar los componentes de la cámara que necesitan de un mantenimiento.

Dividiremos el mantenimiento por secciones como lo son; sistema de almacenamiento interno, sistema de almacenamiento externo, sistema de alimentación, sistema móvil y sistema de refrigeración.

Tabla 14. Manual mantenimiento

Sistema	Componente	Actividad	Frecuencia	Falla
Sistema de almacenamiento interno	Lamina Pvc	Inspección	Mensual	Fractura o fisura
	Tornillos	Ajuste	Bimestral	Fractura
Sistema de almacenamiento externo	Paneles tipo sándiwch	Inspección	Mensual	Fractura
	Tornillos	Ajuste	Bimestral	Fractura
Sistema de alimentación	Tanque	Inspección	Semanal	Escape de combustible
Sistema móvil	Llantas	Ajuste	Trimestral	Baja presión
	Rodamientos	Lubricación	Trimestral	Desgaste
	Estructura	Inspección	Trimestral	Fractura
	Amortiguadores	Inspección	Trimestral	Fractura
Sistema de refrigeración	Refrigerante	Inspección	Mensual	Fugas
	Sujetadores	Inspección	Bimestral	Fractura
	Motor (E y C)	Inspección	Mensual	Bajo rendimiento
	Batería	Inspección	Semanal	Desgaste

Fuente: elaboración propia

Una vez determinada la frecuencia y la inspección de mantenimiento para la máquina, se procede a explicar en detalle cada trabajo que se realizará. Es un manual de mantenimiento básico para el buen funcionamiento y la vida útil de la cámara climatizada móvil para el transporte de flores.

En la inspección se realizará cualquier tipo de cambio o refuerzo, ya que son piezas con un alto nivel de seguridad e importancia del equipo.



Tabla 15. Inspección

Elemento	Actividad
Lamina PVC	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Compruebe mensual el buen funcionamiento e inspeccione el desgaste que se presente y realice el cambio de las piezas que sea necesario</li> </ul>
Paneles tipo sándwich	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Realice una inspección visual del subsistema buscando cualquier tipo de desgaste o inconformidad, si se encuentra alguna inconformidad realice el cambio de la pieza o componente</li> </ul>
Motor (E y C)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Realice una inspección visual y auditiva del aceite y del funcionamiento correcto del motor eléctrico y de combustible</li> </ul>
Tanque	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Realice una inspección visual de cualquier tipo de fuga que pueda presentar el tanque al igual de usar el olfato para detectar anomalías</li> </ul>
Baterías	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Realice una inspección visual de los componentes, al igual que una calibración mensual para mantener la estabilidad de alimentación, en caso de desgaste o falta de energía realice el cambio de los componentes necesarios</li> </ul>
Estructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mantenga una inspección mensual de los perfiles que no presente ningún tipo de fisura o desgaste, que pueda afectar su buen funcionamiento de lo contrario realizar el cambio o reforzar la pieza afectada</li> </ul>
Amortiguadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Compruebe visualmente el buen funcionamiento de los amortiguadores, al igual que no presenten ningún tipo de desgaste o inconformidad, de lo contrario realizar el cambio o ajuste necesario</li> </ul>
Refrigerante	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Mantenga una inspección mensual del nivel del refrigerante el cual debe estar en las medidas ya establecidas por el fabricante, si se presenta una inconformidad comunicarse con el proveedor del equipo para el cambio o abastecimiento del refrigerante requerido</li> </ul>

Fuente: elaboración propia

Para el ajuste se debe tener cuenta el cambio de piezas y calibración de algunos componentes.

Tabla 16. Ajuste

Elemento	Actividad
Tornillos (almacenamiento interno y externo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Se debe realizar un ajuste bimestral de la buena sujeción de los tornillos, al igual que una inspección de la rosca y rectificar cualquier tipo de inconformidad</li> </ul>
Llantas	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Se debe realizar el ajuste y calibración de aire de las llantas, la igual que realizar el cambio de estas cuando presenten desgaste</li> </ul>
Sujetadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Se debe realizar un ajuste bimestral de la buena sujeción de los sujetadores</li> </ul>

Fuente: elaboración propia

Tabla 17. Lubricación

Elemento	Actividad
Rodamientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Se debe realizar la limpieza y lubricación trimestral de los rodamientos que hacen parte del sistema móvil, para su buen funcionamiento, teniendo en cuenta las especificaciones del proveedor</li> </ul>

Fuentes: elaboración propia

Como parte final de este manual se recomienda realizar una inspección diaria de todos los componentes básicos de la máquina, teniendo como prioridad la seguridad del usuario u operario para poder mantener un buen funcionamiento y una larga vida útil de la cámara climatizada móvil para el transporte de flores. Esta inspección diaria se realizará con los sentidos del olfato, el auditivo y el visual, con el fin de encontrar cualquier tipo de inconformidad, falla o desgaste que se pueda presentar en la máquina.

Se realizará una última tabla mostrando las posibles soluciones en caso de fallas de los componentes de cada sistema.

Cualquier tipo de componente ya mencionado en caso de falla se tiene que realizar el cambio inmediato de las piezas ya que son parte fundamental de cada sistema y puede generar un riesgo, por tal motivo se tiene que estar realizando los seguimientos ya mencionados en la tabla 16 para contrarrestar cualquier tipo de inconformidad.

Tabla 18. Falla

Componente	Falla	Actividad
Lamina PVC	Fractura o fisura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de fracturas o fisuras realizar el cambio inmediato de la pieza utilizando los epp correspondientes</li> </ul>
Paneles tipo sándwich	Fractura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se presenta cualquier tipo de espacio no deseado que pueda alterar la hermeticidad de la cámara realizar un recubrimiento con un aislante térmico mientras se realiza el cambio</li> </ul>
Motor (E y C)	Bajo rendimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de falla de cualquier motor utilizar el de respaldo ya sea eléctrico o de combustión y comunicarse inmediatamente con el distribuidor local</li> </ul>
Tanque	Escape de combustible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se presenta cualquier tipo de fisura en el tanque realizar un aislamiento mientras se realiza el cambio de la pieza</li> </ul>
Baterías	Desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de falla realizar el cambio de baterías por las suministradas por el proveedor</li> </ul>
Estructura	Fractura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se presenta cualquier tipo de fisura dirigirse a el taller más cercano y realizar la soldadura correspondiente con un electrodo E7018</li> </ul>
Amortiguadores	Fractura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de falla comunicarse con el proveedor más cercano y realizar el cambio inmediato de la pieza</li> </ul>
Refrigerante	Fugas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se presenta cualquier tipo de fuga utilizar los epp correspondientes y comunicarse con el servicio técnico</li> </ul>
Tornillos (almacenamiento interno y externo)	Fractura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de fractura realizar el cambio del tornillo</li> </ul>
Llantas	Baja presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se presenta una disminución notoria de presión realizar el ajuste necesario de lo contrario hacer el cambio de la pieza</li> </ul>
Sujetadores	Fractura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de fracturas realizar el cambio inmediato de la pieza</li> </ul>
Rodamientos	Desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se presenta cualquier tipo de anomalía o ruido comunicarse con el proveedor más cercano y realizar el cambio de la pieza</li> </ul>

Fuente: elaboración propia

#### 5.4 MANUAL DE SEGURIDAD

En el manual de seguridad es una herramienta fácil y práctica para prevenir e identificar riesgos de la cámara climatizada móvil, teniendo como primera prioridad los EPP (elementos de protección personal), al igual que consejos para la seguridad de los operarios y/o personas que se ven involucradas directamente con la máquina en servicio.

Para contrarrestar cualquier tipo de riesgos ya sean por vibración o sonido, mecánicos y/o eléctricos se deben manejar unos EPP específicos que se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 50. EPP

EPP DE SEGURIDAD		
Guantes para manipular refrigerante	Guantes de trabajo	Gafas de seguridad
		
Mascarilla de respiración	Casco de seguridad	Botas de seguridad
		
Ropa de trabajo		
		

Fuente: elaboración propia con base en manual de buenas prácticas en refrigeración. [Consultado el 28 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/Manual-Buenas-Practicas-Refrigeraci%C3%B3n.pdf>

Para cualquier tipo de montaje o mantenimiento se deben usar los EPP ya mencionados, también debe tener presente las observaciones de seguridad ya establecidas de los fabricantes en los catálogos.

Adicionalmente, se recomienda tener una adecuada señalización en las áreas de trabajo donde se evidencie cualquier tipo de riesgo y también delimitar las zonas con potencial de peligro para operarios o personas que tengan contacto con la máquina, y así evitar cualquier tipo de riesgo durante el funcionamiento de la cámara climatizada móvil para el transporte de flores.

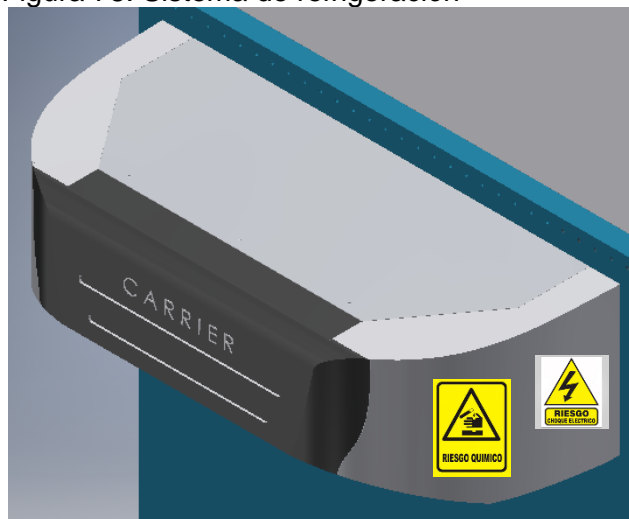
Cuadro 51. Señalización preventiva

Señalización preventiva		
Riesgo eléctrico	Riesgo mecánico	Riesgo auditivo
		

Fuente: elaboración propia

Una vez identificada la importancia de la señalización básica y de los epp se procede a identificar su ubicación dentro de la maquina

Figura 78. Sistema de refrigeración

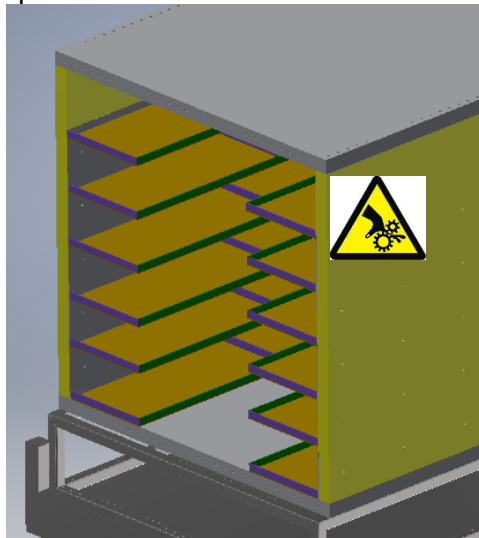


Fuente: elaboración propia

Para el sistema de refrigeración se tiene dos tipos de señalización el de riesgo eléctrico y el de riesgo químico.

Para las puertas abatibles y el almacenamiento interno se pondrá una señalización de punto de atrapamiento o riesgo mecánico ya que en cualquier momento del cargue y descargue del producto se puede presentar este tipo de riesgo.

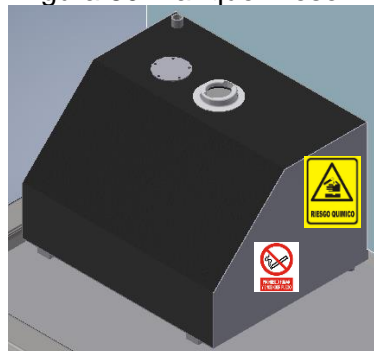
Figura 79. Almacenamiento y puertas abatibles



Fuente: elaboración propia

Se tendrá al igual en el tanque de almacenamiento de combustible Diesel una señalización preventiva para su máxima seguridad.

Figura 80. Tanque Diesel



Fuente: elaboración propia

Para el tanque se colocarán tres señalizaciones como lo son el de riesgo químico, prohibido fumar y el rombo de seguridad para tanques de combustible Diesel.

Figura 81. Rombo de seguridad



Fuente: KAESER INGENIERIA. Tanques de combustible diesel. [Consultado el 30 de sep de 2019]. Disponible en: <https://kasingeneria.wordpress.com/accesorios-para-plantas-de-emergencia/tanques-de-combustible-diesel/>

Al igual se tiene la descripción de cada componente del rombo de seguridad como se muestra a continuación.

Figura 82. Rombo de seguridad componentes



Fuente: LIFEDER. ¿Qué es el rombo de seguridad y para qué sirve?. [consultado el 30 de sep de 2019]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/rombo-de-seguridad/>

## 6. IMPACTO AMBIENTAL DEL DISEÑO

Realizar un estudio ambiental es importante en el diseño, ya que observamos las diferentes afectaciones potenciales que pueden afectar el medio ambiente en todas sus variables, al igual el lugar donde opera la máquina. Teniendo como prioridad el crecimiento actual del cuidado del ecosistema y la reducción de los efectos que generan los desechos, gases, fluidos, entre otras. Al igual que los residuos que se generen del diseño y la manufactura.

Por tal motivo se realizará el estudio de impacto ambiental que tiene como principal objetivo disminuir de manera eficaz los riesgos que se presenten por el diseño, el montaje y la operación de la maquina hacia el medio ambiente. Además de examinar el debido uso, manipulación y operación del refrigerante que se va a tratar, el cual genera “cero agotamientos a la capa de ozono”<sup>64</sup>, pero tiene efectos de gas invernadero que deben ser controlados.

### 6.1 PARÁMETROS DE CALIFICACIÓN DE IMPORTANCIA

Para determinar el impacto generado por el diseño se procede a seguir los pasos establecido en la guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental de Vicente Conesa Fernández-Vítora (matriz CONESA).

- ✓ Naturaleza. Nos determina si el impacto generado es positivo o negativo
- ✓ Extensión (EX). Es el área de influencia del impacto que tiene con el hábitat del proyecto.
- ✓ Intensidad (I). representa el valor del impacto causado en el área en la que se produce el efecto.
- ✓ Momento (MO). Tiempo de manifestación desde el inicio de la acción y la apertura del efecto sobre el entorno.
- ✓ Persistencia (PE). Es el tiempo de permanencia del efecto o el impacto en el medio.
- ✓ Reversibilidad (RV). Tiempo de retorno a las condiciones iniciales del entorno afectado.
- ✓ Recuperabilidad (MC). Tiempo de recuperación del entorno afectado por el diseño.
- ✓ Sinergia (SI). Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea<sup>65</sup>.

---

<sup>64</sup> GASSERVEI.R404A. [Consultado el 24 de abr de 2019]. Disponible en: <https://www.gas-servei.com/es/componentes/sustitutos-indirectos-del-r-22/r-404a>

<sup>65</sup> ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. Guía metodológica para la Evaluación de



- ✓ Acumulación (AC). Es el incremento que tiene la alteración en el entorno.
- ✓ Efecto (EF). Es el efecto de un factor, como consecuencia de una acción.
- ✓ Periodicidad (PR). Es la regularidad de la alteración en el entorno.

Con el objetivo de evaluar el impacto se da un porcentaje a cada variable, al igual que un rango de importancia de la alteración generada

Cuadro 52. Importancia del efecto

Rango de importancia	Clase de efecto	Trama
0≤25	Compatible	Verde
26≤50	Moderado	Amarillo
51≤75	Critico	Rojo
76≤100	Severo	Naranja

Fuente: elaboración propia con base a la guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental de Vicente Conesa Fernández-Vítora.

Para determinar la trama se debe determinar la importancia (IA) del efecto.

Ecuación 49. Importancia del impacto

$$I = +/- [3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

Fuente: ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. Guía metodológica para la Evaluación de Aspectos e impactos Ambientales. [Consultado el 24 de abr de 2019]. Disponibles en: [http://intranetsdis.integracionsocial.gov.co/anexos/documentos/3.4\\_proc\\_adminis\\_gestion\\_bienes\\_servicios/\(08052013\)guia\\_final.pdf](http://intranetsdis.integracionsocial.gov.co/anexos/documentos/3.4_proc_adminis_gestion_bienes_servicios/(08052013)guia_final.pdf)

---

Aspectos e impactos Ambientales. [Consultado el 24 de abr de 2019]. Disponibles en: [http://intranetsdis.integracionsocial.gov.co/anexos/documentos/3.4\\_proc\\_adminis\\_gestion\\_bienes\\_servicios/\(08052013\)guia\\_final.pdf](http://intranetsdis.integracionsocial.gov.co/anexos/documentos/3.4_proc_adminis_gestion_bienes_servicios/(08052013)guia_final.pdf)

Cuadro 53. Parámetros de calificación de importancia

<b>NATURALEZA (NA)</b>		<b>INTENSIDAD (I)</b>	
Impacto positivo	+	Baja	1
Impacto negativo	-	Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
<b>EXTENSIÓN (EX)</b>		<b>MOMENTO (MO)</b>	
Puntual	1	Largo plazo	1
Local	2	Mediano plazo	2
Extenso	4	Corto plazo	4
Total	8	Inmediato	4
Critico	(+4)	Crítico	(+4)
<b>PERSISTENCIA (PE)</b>		<b>REVERSIBILIDAD (RV)</b>	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Mediano plazo	2
permanente	4	irreversible	4
<b>SINERGIA (SI)</b>		<b>ACUMULACIÓN (AC)</b>	
Sin sinergismo	1	Simple	1
Sinérgico	2	acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
<b>EFECTO (EF)</b>		<b>PERIODICIDAD (PR)</b>	
Indirecto (secundario)	1	Irregular o periódico o discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
<b>RECUPERABILIDAD (MC)</b>			
Recuperable de manera inmediata	1		
Recuperable a mediano plazo	2		
Mitigable	4		
irrecuperable	8		

Fuente: elaboración propia con base a la guía metodología para la evaluación del impacto ambiental de Vicente Conesa Fernández-Vítora.

## 6.2 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Se procede a realizar la matriz CONESA identificando factores ambientales que estén expuestos, teniendo en cuenta los parámetros establecidos en el anterior capítulo y los impactos o alteraciones ambientales que se generen en el diseño.

Cuadro 54. Matriz CONESA

Proceso	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	N A	E X	I	M O	P E	R V	S I	A C	E F	P R	M C	I A
Fabricación	Residuos solidos de los paneles tipo sandwich, estructura de soporte en A36 y perfiles en L	contaminacion de suelo y generacion de ruidos	-	1	2	2	2	1	1	1	4	2	2	23
Fabricación	residuos solidos del almacenamiento interno con PVC espumado	contaminacion en el suelo	-	1	1	1	1	1	1	1	4	2	2	18
Fabricación	residuos solidos de la tubería para el sistema de refrigeración	contaminacion en el suelo	-	1	2	2	2	1	1	1	4	2	2	23
Fabricación	residuos solidos del adhesivo elastico	contaminacion en el suelo	-	2	2	4	2	1	1	1	4	2	2	27
Transporte	Combustible Diesel	Contaminacion aire y agua	-	4	2	6	2	2	2	1	4	2	4	37
Transporte	Refrigerante R404A	Contaminacion aire y agua	-	2	1	4	2	1	1	1	4	2	2	24
Montaje	carga del fluido refrigerante en el sistema	Contaminacion aire y suelo	-	2	1	2	2	1	1	1	4	2	2	22
Operación	consumo de energia electricia	contaminacion aire	-	2	2	2	2	1	1	1	4	2	2	25
Transporte	Cambio de llantas	Contaminacion en el suelo	-	2	4	4	4	1	1	1	1	2	2	32

Fuente: elaboración propia

Realizando la matriz se concluye que los factores que son más notorios son; el adhesivo, el consumo eléctrico, las llantas del sistema móvil y el combustible Diesel (este impacto no es tan notorio ya que la cantidad de combustible que se utiliza es mínima por que el tiempo de operación de la máquina es corto).

Como conclusión de esta matriz se observa que el diseño de la cámara climatizada móvil tiene un impacto bajo sobre el medio ambiente por que el rango en el que esta es menor a 51 y los impactos mayores a este valor necesitan tener una intervención inmediata.

## 7. ANÁLISIS DE COSTOS

Para este último capítulo del proyecto, se realiza el cálculo estimado de los costos del proyecto, donde se realiza un listado de precios de cada componente del diseño de la cámara climatizada móvil para el transporte de flores, con el propósito de determinar la suma total de dinero necesario para la implementación, sin tener en cuenta los gastos generados por el mantenimiento.

Al igual en este capítulo se tendrá en cuenta los costos generados por fabricación o instalación como los de ingeniería los cuales juegan un papel importante en la puesta en marcha de la cámara climatizada móvil para el transporte de flores.

Cuadro 55. Costos de materiales

Componente	Referencia	Marca	Cantidad	Costo por unidad	Costo total
Sistema de refrigeración	Supra 450	Carrier	1	\$20,150,000.00	\$20,150,000.00
Refrigerante	Refrigerante R404A	TcoolGAS	1	\$49,900.00	\$49,900.00
Combustible	Diesel	Texaco	6.5	\$8,481.00	\$55,126.50
Almacenamiento externo	Panel sandwich	CYPE ingenieros	4	\$100,661.00	\$402,644.00
	Puerta abatible		1	\$181,661.00	\$181,661.00
Almacenamiento interno	Laminas de PVC Espumado	Trovicel	6	\$127,757.00	\$766,542.00
Estructura	Lamina A36 calibre 6		1	\$178,000.00	\$178,000.00
	Perfil estructural 75x75		4	\$40,900.00	\$163,600.00
Tráiler	Topline 680	Remolquesforcar	1	\$7,382,003.00	\$7,382,003.00
Tornillos	1/2 in x 4 in		510	\$750.00	\$382,500.00
Tornillos	1/8 in x 1.25 in		432	\$450.00	\$194,400.00
<b>Costo total</b>					<b>\$29,906,376.50</b>

Fuente: elaboración propia

Una vez realizadas todas las cotizaciones de los equipos necesarios para la fabricación totalizando los valores unitarios con la cantidad necesaria se obtuvo un costo total de \$ 29.906.376,50 pesos colombianos.

Posteriormente se procede a cotizar el precio de los costos de fabricación teniendo en cuenta la mano de obra y las actividades a realizar para la instalación.

Cuadro 56. Costos de fabricación

<b>Costos de fabricación</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>
Soldadura	\$350,000.00
Taladro	\$50,000.00
Instalación	\$150,000.00
<b>Costo total</b>	<b>\$550,000.00</b>

Fuente: elaboración propia

Luego se procede a determinar los costos de ingeniería como los son; Talento humano, gastos maquinaria, equipos y fungibles.

Para este costo se debe tener en cuenta el salario mensual de un ingeniero mecánico según Aciem que es igual a “4 salarios mínimos mensuales legales mensuales vigentes”<sup>66</sup>. Donde el valor del salario mínimo legal vigente en Colombia es de “\$ 828.116”<sup>67</sup>.

Cuadro 57. Costo de ingeniería

COSTOS DE INGENIERIA				
Items	Unidad	Valor unidad	Cantidad	Total
Talento humano				
Proponente	Horas	\$16,430.00	800	\$13,144,000.00
Gastos maquinaria y equipos				
Computadora	Meses	\$90,000.00	8	\$720,000.00
Software	Licencia	\$210,000.00	1	\$210,000.00
Fungibles				
Papel	Resma	\$12,000.00	1	\$12,000.00
Tinta	Cartucho	\$24,000.00	1	\$24,000.00
Costo total				\$14,110,000.00

Fuente: elaboración propia

Como parte final del proyecto se totaliza todos los costos que están involucrado en la fabricación de la cámara climatizada móvil para el transporte de flores. Como se muestra a continuación.

Cuadro 58. Costo total del proyecto

Valor total del proeycto	
ITEM	VALOR
Costos de materiales	\$29,906,376.50
Costos de fabricación	\$550,000.00
Costos de ingeniería	\$14,110,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$44,566,376.50</b>

Fuente: elaboración propia

Se procede a indagar el precio de un furgón refrigerado usado, con las características similares y se tiene un precio de \$ 52.000.000,00 pesos colombianos. Se concluye que el diseño de la cámara climatizada móvil para el transporte de flores tiene un precio aceptable para microempresas que no tienen la facilidad de adquirir este tipo de furgones refrigerados.

<sup>66</sup> ACIEM. Manual de referencia de tarifas de ingeniería. [consultado el 2 de oct de 2019]. Disponibles en: <https://aciem.org/manual-de-referencia/>

<sup>67</sup> MINTRABAJO. Aumento del salario mínimo para el 2019. [Consultado el 2 de oct de 2019]. Disponible en: <http://www.mintrabajo.gov.co/prensa/comunicados/2018/diciembre/aumento-del-salario-minimo-para-2019-se-concerto-en-6>

## 8. CONCLUSIONES

- En el proceso actual que manejan las flores que va desde la poscosecha hasta el transporte, se presenta una inconformidad en la cadena de frío, lo cual nos afecta la vida útil de las flores en el momento que llegan al consumidor final.
- Para el adecuado funcionamiento de la cámara climatizada móvil se concluye la importancia de las variables ambientales, de ubicación y de tiempo, pues son factores críticos para el desarrollo del diseño, dado que los componentes de la máquina están relacionados con ellas.
- Se concluye que dentro de las diferentes alternativas que satisfacen el diseño, se seleccionó el sistema de refrigeración por compresión ideal como el más adecuado para la cámara climatizada móvil para el transporte de flores.
- Basado en las alternativas, el diseño consta de selecciones de componentes, cálculos de piezas y validaciones de elementos que permiten el desarrollo y el buen funcionamiento de la cámara climatizada móvil para el transporte de flores.
- Dado que el equipo es nuevo, se concluye que las personas que tengan interacción con la cámara climatizada móvil para el transporte de flores, deben tener pleno conocimiento de la instalación, la operación, el mantenimiento y la seguridad de la máquina para poder mitigar cualquier tipo de riesgo.
- Aunque el diseño presenta un sistema de alimentación por medio de motor Diesel, se concluye que el impacto ambiental generado es bajo, ya que las emisiones de gas son controladas por un catalizador de oxidación, el cual nos permite mitigar cualquier tipo de afectación en el ambiente.
- Se evidencia una disminución de costos entre la cámara climatizada móvil para el transporte de flores y el sistema de transporte actual.

## BIBLIOGRAFÍA

ACESCO. Ficha técnica acero galvanizado. [Consultado 13 de mar de 2019]. Disponibles en: <http://www.acesco.com/archivos/descargas/acero-galvanizado-ficha-tecnica.pdf>

ACIEM. Manual de referencia de tarifas de ingeniería. [consultado el 2 de oct de 2019]. Disponibles en: <https://aciem.org/manual-de-referencia/>

ALARCON, Sergio y CRUZ, Jefferson. Diseño de un equipo móvil de refrigeración para el almacenamiento y transporte de leche cruda en zonas rurales. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. 2017.

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C. Guía metodológica para la Evaluación de Aspectos e impactos Ambientales. [Consultado el 24 de abr de 2019]. Disponibles en: [http://intranetsdis.integracionsocial.gov.co/anexos/documentos/3.4\\_proc\\_adminis\\_gestion\\_bienes\\_servicios/\(08052013\)guia\\_final.pdf](http://intranetsdis.integracionsocial.gov.co/anexos/documentos/3.4_proc_adminis_gestion_bienes_servicios/(08052013)guia_final.pdf)

AMBIENTE SOLUCIONES. Enfriadores evaporativos. [Consultado el 19 de mar de 2019]. Disponibles en: [https://www.ambientesoluciones.com/sitio/contenidos\\_mo.php?it=248](https://www.ambientesoluciones.com/sitio/contenidos_mo.php?it=248)

ARTEPLASTICA. P.V.C. espumado. [Consultado el 8 de abr de 2019]. Disponible en: [https://arteplastica.es/wp-content/uploads/2017/03/PVC\\_espumado-1.pdf](https://arteplastica.es/wp-content/uploads/2017/03/PVC_espumado-1.pdf)

Artículo La Cadena de Frío y Los Procesos Logísticos. EAN Panamá 2004  
CABISUAR CONSTRUCCIONES MODULARES. Características del panel de sandiwch. [Consultado el 13 de mar de 2019]. Disponibles en: <http://cabisuar.com/caracteristicas-del-panel-sandwich/>

CALORYFRIO.COM. Sistema de refrigeración aire acondicionado: compresión y absorción. [Consultado el 21 de mar de 2019]. Disponible en: <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-instalaciones-componentes/sistemas-de-refrigeracion-compresion-absorcion.html>

CASTILLEJO HERNÁNDEZ, Pablo. Cámara germinadora de semillas. Titulación para ingeniero técnico industrial mecánico. Pamplona. Universidad Pública de Navarra. 2014.

CENGEL, Yunus. Transferencia de calor y masa. En: intercambiadores de calor. México, 2007.

DANFOSS. Válvulas de expansión termostática. [consultado el 3 de may de 2019]. Disponible en: [http://files.danfoss.com/TechnicalInfo/Dila/01/PBAA0A405\\_T2.pdf](http://files.danfoss.com/TechnicalInfo/Dila/01/PBAA0A405_T2.pdf)

DHL. Pesos y dimensiones en él envió. [Consultado el 19 de mar de 2019]. Disponibles en: <https://www.exportacondhl.com/pesos-y-dimensiones/>

DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO. JACK MCCORMAN. Quinta edición. Alfaomega.

DOMÍNGUEZ, René. Válvula de expansión termostática. En: ingeniería eléctrica general [En línea]. Año 2013. [citado 20 abr., 2018]. ISSN 2326-6880. Disponible en:

<https://mail.google.com/mail/u/1/#inbox/162cf097ece176a0?projector=1&messagePartId=0.1>

FERRETERÍA. Tipos de compresores existentes y para que se usan cada uno. [Consultado el 27 de feb de 2019]. Disponible en: <https://www.masferreteria.com/blog/tipos-de-compresores-usos/>

FLECHAS CAMACHO, Ana Luisa. Movilidad y Transporte: Un enfoque territorial. Universidad Nacional de Colombia. 2006.

GASSERVEI.R404A. [Consultado el 24 de abr de 2019]. Disponible en: <https://www.gas-servei.com/es/componentes/sustitutos-indirectos-del-r-22/r-404a>

GONZÁLEZ SIERRA, Carlos. Refrigeración industrial: montaje y mantenimiento de instalaciones frigoríficas. Barcelona, ES: Cano Pina, 2012.

HADENBURG, Robert E. Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerías y viveros. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Costa Rica, 1988.

IDEAM. Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos. [Consultado el 19 de abril de 2019]. Disponibles en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/418894/Caracter%C3%ADsticas+de+Ciudades+Principales+y+Municipios+Tur%C3%ADsticos.pdf/c3ca90c8-1072-434a-a235-91baee8c73fc>

INDIGO TECNOLOGÍA LTDA. Cámaras climatizadas. párr. 1. [sitio web]. [consultado el 08 de oct del 2018]. Disponible en: <http://www.indigotecnologia.com/camaras-climatizadas.html>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogotá D.C: El instituto, 2018. ISBN 9789588585673 153p.



INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Tiempo y clima. Mapa Temperatura media – máxima - mínima. Bogotá. CO. [En Línea]. Disponible en: [www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/seguimiento](http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/seguimiento)

KAESERCOMPRESORES. Compresores de tornillo vs compresores de pistón. [Consultado el 3 de May de 2019]. Disponible en: <http://airecomprimidokaeser.com/index.php/2015/07/01/compresores-tornillo-vs-compresores-piston-2/>

KLASMAN, Rolando. Artículo “Enfriar las flores”. Universidad de Buenos Aires. Argentina. 2001.[consultado 4 de marzo de 2019]. <http://www.buscagro.com/biblioteca/RolandoKlasman/postcosecha.pdf>.

MCADAMS. William H. Heat Transmission. New York: McGraw Hill, 1942.

MENDOZA, Calixto, ALFARO, Jesús y PATERNINA, Carlos. Manual práctico para gestión logística. [en línea]. [consultado 08 de oct de 2018]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/653185.pdf>

MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 004100. (28 de dic de 2004). P. 05. [en línea]. [consultado 19 de feb de 2019]. Disponible en: file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/Resolucion\_4100\_2004.pdf

MINTRABAJO. Aumento del salario mínimo para el 2019. [Consultado el 2 de oct de 2019]. Disponible en: <http://www.mintrabajo.gov.co/prensa/comunicados/2018/diciembre/aumento-del-salario-minimo-para-2019-se-concerto-en-6>

MOVERTIS. 5 tipos de remolques que debes conocer. [Consultado el 13 de mar de 2019]. Disponible en: <https://www.movetis.com/blog/transporte/5-tipos-remolque>

MUÑOZ, Johan. Diseño de una cámara climatizada, automatizada, con manejo de información por telemetría y condiciones operativas controladas para pruebas de equipos y materiales. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de Ingenierías. 2018.

NORTON, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. 4 ed. México, Pearson Educación, 2011. ISBN: 978-607-32-0589-4

OLIVA. José Fernando. Selección de los elementos de una instalación frigorífica. Sevilla.: sector de enseñanza de CSIF. 2009.

PANELES DE SÁNDWICH. Análisis de riesgo-costes de las opciones en el mercado de soluciones constructivas utilizando estos elementos prefabricados. [Consultado el 13 de mar de 2019]. Disponibles en: <https://www.mapfre.com/ccm/content/documentos/fundacion/prev-ma/revista-seguridad/n108-paneles-sandwich.pdf>

PAYRI, f. DESANTES, j.m. Motores de combustión interna alternativos. Barcelona. Reverté. 2011. ISBN: 978-84-8363-705-0

Pita. Edward. Principios y sistemas de refrigeración. primera Edición. México. Editorial Limusa. 1991. ISBN 968-18-3969-2

POLIURETANOS. Producto paneles encolados. [ Consultado el 27 de mar de 2019]. Disponible en: <http://poliuretanos.com/productos/paneles/pepir.html>

PVCIELO. Catálogo de productos. [Consultado el 8 de abr de 2019]. Disponible en: [https://www.proveedor.com.co/uploads/adjunto/CATALOGO\\_PVCIELO\\_\(1\).pdf](https://www.proveedor.com.co/uploads/adjunto/CATALOGO_PVCIELO_(1).pdf)

RAPIN, Pierre; JACQUARD, Patrick. Formulario del frío. Editorial Marcombo S.A. Barcelona 1999.

RONNY, Fulcaldo. Ciclo de refrigeración y acondicionamiento de aire. Bogotá., 2017.

N

SIKA. Hoja de datos del producto sikaflex®-11 fc+. [Consultado el 1 de abr de 2019]. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/co-ht\\_Sikaflex-11%20FC+.pdf](file:///C:/Users/Usuairo/Downloads/co-ht_Sikaflex-11%20FC+.pdf)

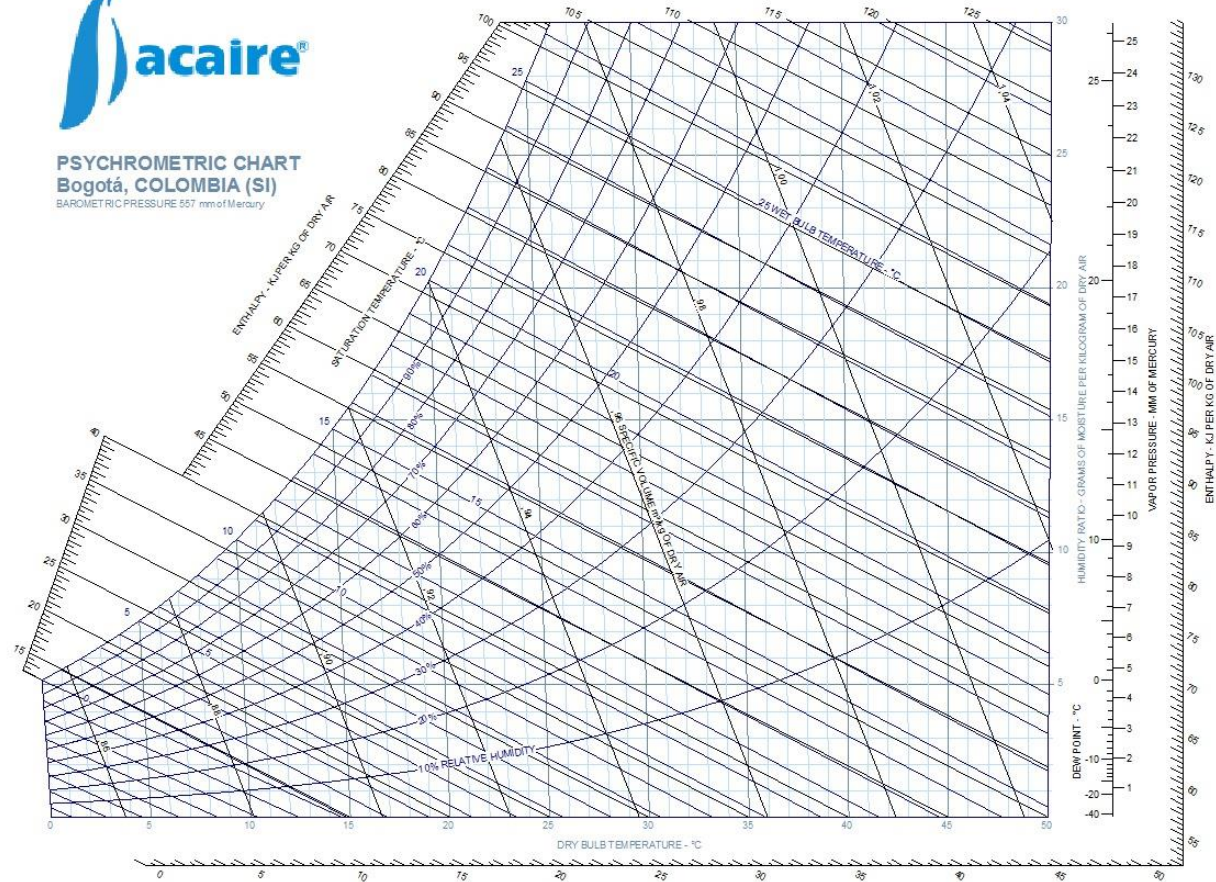
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN. Tipos y configuración de sistemas de refrigeración. [Consultado el 21 de mar de 2019]. Disponibles en: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17271/1/refrigeracion.pdf>.

ANEXOS

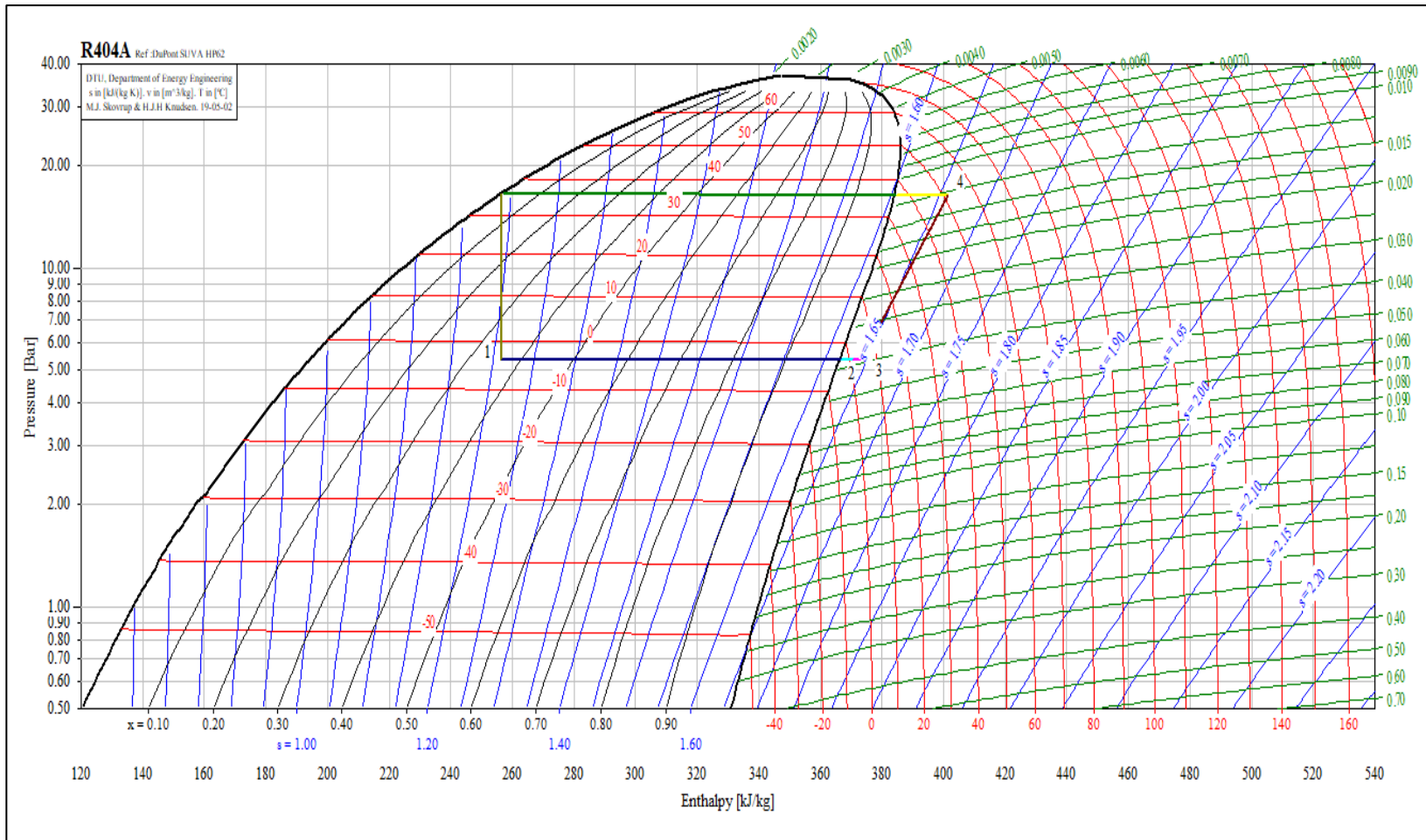
ANEXOS  
ANEXO A  
CARTA PSICROMÉTRICA



PSYCHROMETRIC CHART  
Bogotá, COLOMBIA (SI)  
BAROMETRIC PRESSURE 557 mm of Mercury

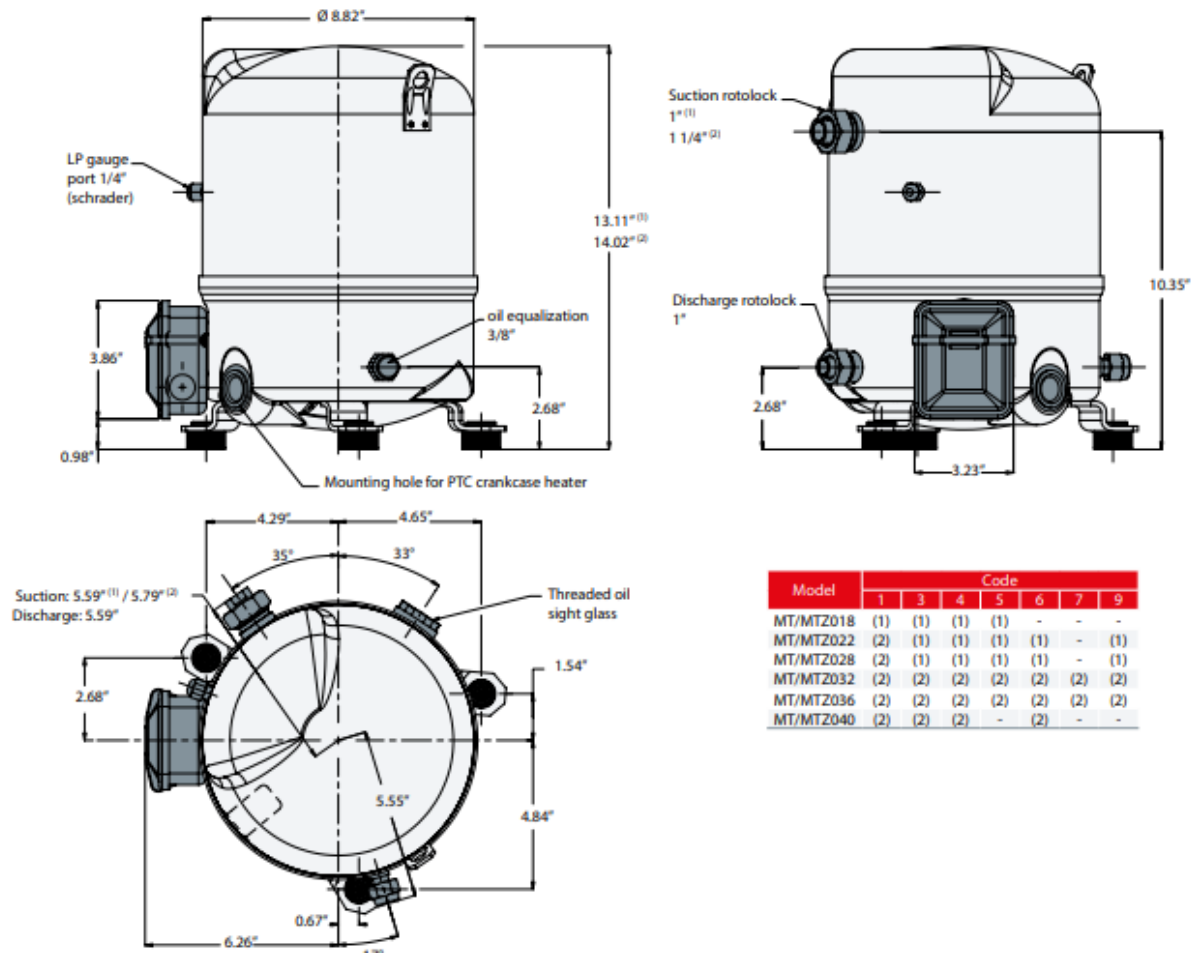


## ANEXO B DIAGRAMA DE MOLLIER R-404a



Fuente: elaboración propia con base refrigeration utilities

## ANEXO C DIMENSIONES DEL COMPRESOR



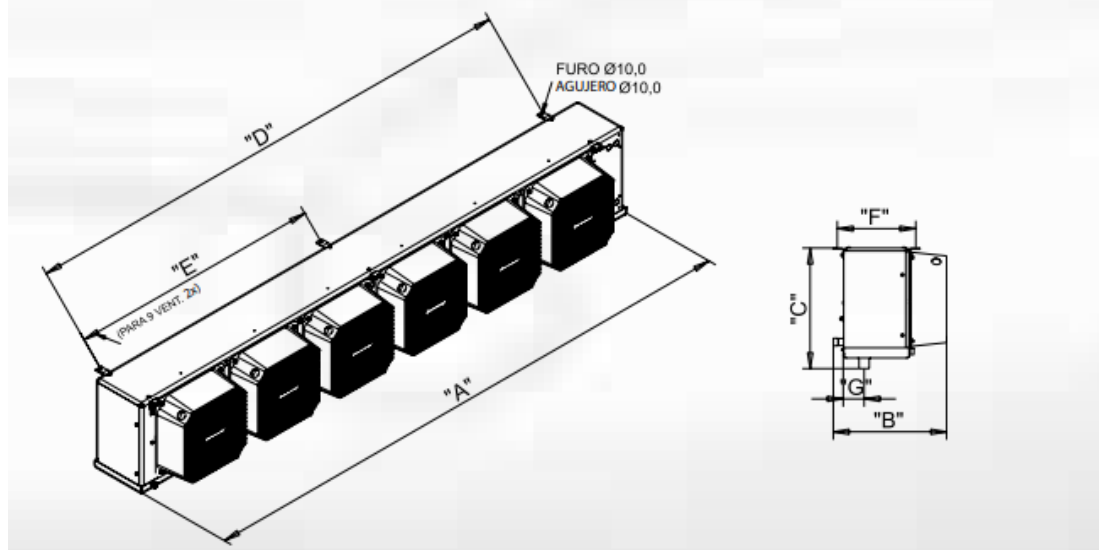
Model	Code								
	1	3	4	5	6	7	9		
MT/MTZ018	(1)	(1)	(1)	(1)	-	-	-		
MT/MTZ022	(2)	(1)	(1)	(1)	(1)	-	(1)		
MT/MTZ028	(2)	(1)	(1)	(1)	(1)	-	(1)		
MT/MTZ032	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)		
MT/MTZ036	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)		
MT/MTZ040	(2)	(2)	(2)	-	(2)	-	-		

Fuente: DANFOSS. Maneurop reciprocating compressors MT/MTZ. [Consultado el 3 de may de 2019]. Disponible en: <https://assets.danfoss.com/documents/DOC260140012497/DOC260140012497.pdf>

## ANEXO D DIMENSIONES DEL EVAPORADOR

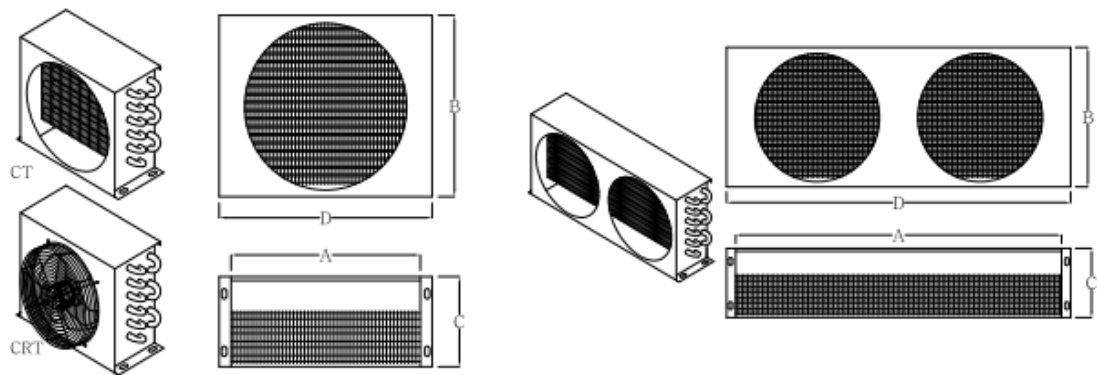
### Datos Dimensionales

Modelo		Dimensiones						
4 aletas pol./ pul.	6 aletas pol./ pul.	A	B	C	D	E	F	G
FBA4050E	FBA6060E	538	346	388	353	-----	255,85	62
FBA4080E	FBA6090E	844	346	388	655	-----	255,85	62
FBA4090E	FBA6100E	844	346	388	655	-----	255,85	62
FBA4110E	FBA6130E	1170	346	388	983	-----	255,85	62
FBA4140E	FBA6170E	1170	346	388	983	-----	255,85	62
FBA4160E	FBA6190E	1498	346	388	1309,26	-----	255,85	62
FBA4180E	FBA6220E	1498	346	388	1309,26	-----	255,85	62
FBA4210E	FBA6250E	1827	346	388	1636	981	255,85	62
FBA4240E	FBA6280E	1827	346	388	1636	981	255,85	62
FBA4320E	FBA6370E	2153	346	388	1963	981	255,85	62
FBA4370E	FBA6430E	2153	346	388	1963	981	255,85	62
FBA4450E	FBA6530E	2808	346	388	2618	1308	255,85	62
FBA4540E	FBA6630E	3212	346	388	3026	1022	255,85	62



Fuente: HEATCRAFT. Evaporadores modelo FBA. [consultado el 3 de may de 2019]. Disponible en: <http://www.refrimarket.com.co/wp-content/uploads/2018/02/FBA-Bohn-Catalogo.pdf>

ANEXO E  
DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS DEL CONDESADOR



\*EC = Entre Cabezales

\*HP-D = 2 Ventiladores

CARACTERÍSTICAS GENERALES														
ÍTEM	MODELO		FILAS N° TUBOS	REFERENCIA COMERCIAL	MEDIDAS (mm).				VENTILADOR		RENDIMIENTO		PESO (Kg)	
	CT	CRT			A	B	C	D	CAUDAL (CFM)	N° x DIA (mm)	BTUH	WATT	CT	CRT
1	00027		2 x 9	1/5 HP	230	245	90	270	480	1 x 200	2.949	864	1,5	3,8
2	00032		2 x 10	1/4 HP	265	285	90	305	480	1 x 200	3.220	943	1,8	4,1
3	00035		2 x 10	1/4 HP	305	285	90	345	520	1 x 200	3.620	1.061	2	4,3
4	00048		3 x 10	1/3 HP	265	285	120	305	660	1 x 250	5.554	1.627	2,2	5
5	00051		3 x 10	1/3 HP	305	285	120	345	724	1 x 250	6.307	1.848	2,5	5,3
6	00061		4 x 10	1/2 HP	265	285	140	305	600	1 x 250	6.799	1.992	2,7	5,5
7	00064		4 x 10	1/2 HP	305	285	140	345	700	1 x 250	7.683	2.222	3	5,8
8	00092		4 x 12	3/4 HP	315	335	150	355	780	1 x 300	9.650	2.827	4,1	7,1
9	00107		4 x 9	3/4 HP-D	485	245	120	525	860	2 x 200	10.740	3.128	5	9,6
10	00139		4 x 14	1 HP	400	365	150	440	820	1 x 300	14.093	4.129	5,8	8,3
11	00141		4 x 10	1 HP-D	560	285	140	600	1.250	2 x 250	14.280	4.184	6	11,6
12	00190		3 x 20	1 1/2 HP	540	520	180	580	1.630	1 x 400	22.742	6.663	8,5	13,5
13	00201		4 x 12	1 1/2 HP-D	660	335	140	700	1.450	2 x 250	22.590	6.619	8	13,6
14	00273		4 x 20	2 HP	540	520	180	580	1.600	1 x 400	27.328	8.007	12,5	17,5
15	00290		4 x 13	2 HP-D	815	340	150	855	1.800	2 x 300	29.365	8.604	10,7	16,7
16	00390		3 x 26	3 HP	635	720	160	695	3.150	1 x 500	40.114	11.753	14	22
17	00400		3 x 20	3 HP-D	865	520	160	925	3.200	2 x 350	40.501	11.867	14	24
18	00474		4 x 26	4 HP	635	670	180	695	2.950	1 x 500	47.389	13.885	17,5	26
19	00490		3 x 22	4 HP-D	1.015	580	160	1.075	3.600	2 x 350	49.282	14.440	16	26
20	00580		4 x 28	5 HP	635	720	190	695	4.500	1 x 500	57.500	16.848	19	28
21	00570		3 x 22	5 HP-D	1.120	580	170	1.180	4.300	2 x 400	57.246	16.773	18	30
22	00700		4 x 32	6 HP	815	820	190	875	4.316	1 x 500	70.831	20.753	36	45
23	00710		3 x 24	6 HP-D	1.270	630	180	1.330	5.800	2 x 450	74.589	21.855	34	40
24	00810		4 x 32	7 1/2 HP	1.015	820	300	1.075	4.700	1 x 630	81.000	23.733	48	63
25	00900		3 x 28	7 1/2 HP-D	1.270	730	210	1.340	6.500	2 x 450	88.960	26.065	49	65
26	01100		3 x 28	8 HP-D	1.524	730	210	1.594	8.700	2 x 500	107.860	31.638	52	58
27	01320		4 x 28	10 HP-D	1.525	730	250	1.595	8.200	2 x 500	128.350	37.607	54	71,6
28	01380		4 x 32	12 HP-D	1.525	835	250	1.595	8.600	2 x 500	138.000	40.434	77	94

Fuente: elaboración propia con base en THERMOCOIL. Serpientes condensadores y evaporadores. [Consultado el 3 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://thermocoil.com/wp-content/uploads/2018/04/serpientes.pdf>

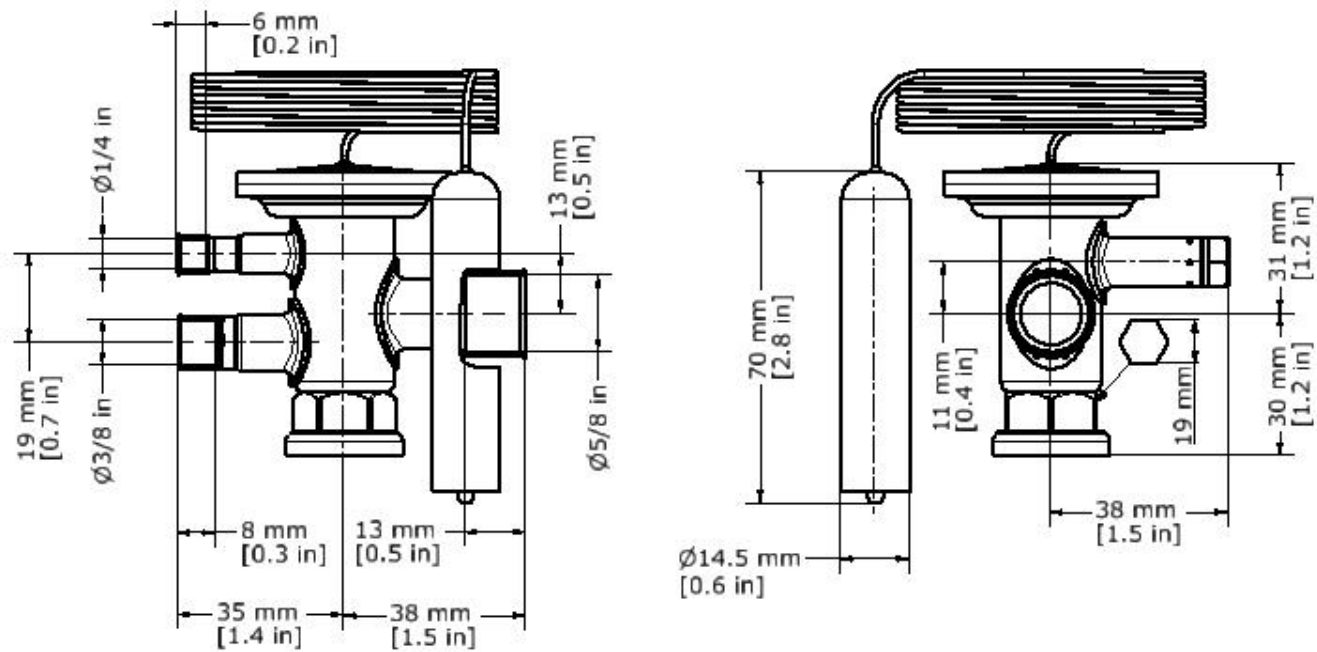


## ANEXO F PROPIEDADES DEL REFRIGERANTE

**Refrigerant 404A [R-125/134a/134a (44/52/4)] Properties of Liquid on Bubble Line and Vapor on Dew Line**

Pressure, psia	Temp., *F		Density, Volume, lb/ft <sup>3</sup> , ft <sup>3</sup> /lb		Enthalpy, Btu/lb		Entropy, Btu/lb-F		Specific Heat, c <sub>p</sub> , Btu/lb-F			Vel. of Sound, ft/s		Viscosity, lb <sub>m</sub> /ft-h		Thermal Cond., Btu-h ft <sup>-2</sup> -F		Surface Pres-Tension, sure, dyne/cm psia	
	Bubble	Dew	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	C <sub>p</sub> /C <sub>v</sub>	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor		
1	-129.56	-127.50	89.61	36.2311	-26.33	71.76	-0.07039	0.22616	0.2907	0.1554	1.161	3173	439.8	1.695	0.0181	0.0695	0.00369	17.42	1
1.5	-120.05	-118.11	88.64	24.7754	-23.56	73.11	-0.06215	0.22201	0.2901	0.1589	1.160	3050	444.6	1.518	0.0186	0.0678	0.00388	16.92	1.5
2	-112.90	-111.03	87.92	18.9245	-21.49	74.14	-0.05611	0.21920	0.2900	0.1615	1.159	2964	448.1	1.403	0.0190	0.0666	0.00403	16.53	2
2.5	-107.10	-105.29	87.33	15.3578	-19.81	74.98	-0.05129	0.21710	0.2902	0.1637	1.159	2898	450.7	1.320	0.0193	0.0657	0.00414	16.22	2.5
3	-102.18	-100.42	86.83	12.9493	-18.38	75.69	-0.04727	0.21544	0.2905	0.1656	1.159	2845	452.9	1.255	0.0195	0.0647	0.00425	15.94	3
4	-94.08	-92.40	86.01	9.8941	-16.02	76.86	-0.04076	0.21292	0.2912	0.1688	1.159	2760	456.3	1.159	0.0199	0.0634	0.00442	15.49	4
5	-87.49	-85.87	85.33	8.0300	-14.10	77.82	-0.03555	0.21106	0.2920	0.1715	1.159	2694	458.9	1.088	0.0203	0.0623	0.00456	15.11	5
6	-81.89	-80.32	84.76	6.7705	-12.46	78.64	-0.03119	0.20960	0.2929	0.1738	1.159	2639	461.0	1.033	0.0205	0.0614	0.00468	14.79	6
7	-77.00	-75.46	84.25	5.8607	-11.02	79.35	-0.02742	0.20841	0.2937	0.1758	1.160	2592	462.7	0.989	0.0208	0.0606	0.00478	14.50	7
8	-72.64	-71.14	83.80	5.1716	-9.74	79.98	-0.02409	0.20741	0.2944	0.1777	1.161	2551	464.1	0.952	0.0210	0.0599	0.00488	14.25	8
10	-65.08	-63.64	83.01	4.1954	-7.51	81.07	-0.01839	0.20581	0.2959	0.1811	1.162	2481	466.4	0.892	0.0214	0.0587	0.00505	13.79	10
12	-58.65	-57.25	82.34	3.5353	-5.60	82.00	-0.0136	0.20457	0.2974	0.1840	1.164	2422	468.1	0.845	0.0217	0.0577	0.00519	13.41	12
14	-53.01	-51.65	81.74	3.0582	-3.91	82.81	-0.00944	0.20357	0.2987	0.1866	1.166	2372	469.4	0.806	0.0220	0.0568	0.00532	13.06	14
14.7 <sup>b</sup>	-51.20	-49.85	81.55	2.9217	-3.37	83.07	-0.00812	0.20326	0.2991	0.1875	1.166	2355	469.8	0.795	0.0221	0.0566	0.00536	12.95	14.7
16	-47.98	-46.65	81.20	2.6968	-2.41	83.53	-0.00577	0.20273	0.3000	0.1891	1.167	2327	470.4	0.774	0.0222	0.0561	0.00544	12.75	16
18	-43.42	-42.11	80.71	2.4132	-1.03	84.18	-0.00246	0.20203	0.3012	0.1913	1.169	2286	471.2	0.747	0.0225	0.0554	0.00554	12.47	18
20	-39.24	-37.96	80.26	2.1845	0.23	84.78	0.00055	0.20141	0.3024	0.1935	1.171	2249	471.9	0.723	0.0227	0.0548	0.00564	12.20	20
22	-35.37	-34.11	79.83	1.9960	1.40	85.32	0.00332	0.20088	0.3035	0.1955	1.173	2215	472.4	0.701	0.0229	0.0542	0.00573	11.96	22
24	-31.77	-30.53	79.44	1.8379	2.50	85.83	0.00588	0.20041	0.3046	0.1974	1.175	2184	472.8	0.682	0.0230	0.0537	0.00582	11.73	24
26	-28.39	-27.17	79.06	1.7033	3.53	86.30	0.00827	0.19998	0.3056	0.1992	1.176	2154	473.1	0.665	0.0232	0.0532	0.00590	11.52	26
28	-25.21	-24.01	78.71	1.5873	4.51	86.75	0.01051	0.19960	0.3067	0.2010	1.178	2127	473.3	0.649	0.0234	0.0527	0.00598	11.31	28
30	-22.20	-21.02	78.37	1.4863	5.44	87.16	0.01263	0.19925	0.3077	0.2027	1.180	2101	473.5	0.634	0.0235	0.0523	0.00605	11.12	30
32	-19.34	-18.17	78.05	1.3974	6.32	87.56	0.01463	0.19894	0.3086	0.2043	1.182	2076	473.6	0.621	0.0237	0.0519	0.00612	10.94	32
34	-16.62	-15.46	77.74	1.3187	7.16	87.93	0.01653	0.19864	0.3096	0.2059	1.184	2052	473.6	0.608	0.0238	0.0515	0.00619	10.76	34
36	-14.01	-12.87	77.44	1.2484	7.97	88.29	0.01834	0.19838	0.3105	0.2074	1.186	2030	473.6	0.597	0.0239	0.0511	0.00625	10.59	36
38	-11.52	-10.39	77.15	1.1852	8.75	88.62	0.02007	0.19813	0.3115	0.2089	1.188	2008	473.5	0.586	0.0241	0.0507	0.00632	10.43	38
40	-9.12	-8.01	76.87	1.1281	9.50	88.95	0.02172	0.19790	0.3124	0.2104	1.190	1987	473.4	0.576	0.0242	0.0504	0.00638	10.27	40
42	-6.81	-5.71	76.60	1.0763	10.22	89.26	0.02331	0.19768	0.3133	0.2119	1.192	1967	473.3	0.566	0.0243	0.0501	0.00644	10.12	42
44	-4.59	-3.50	76.34	1.0290	10.92	89.56	0.02484	0.19748	0.3141	0.2133	1.194	1948	473.1	0.557	0.0244	0.0497	0.00649	9.97	44
46	-2.44	-1.36	76.09	0.9857	11.60	89.84	0.02632	0.19729	0.3150	0.2146	1.196	1930	472.9	0.548	0.0245	0.0494	0.00655	9.83	46
48	-0.36	0.71	75.84	0.9459	12.25	90.12	0.02774	0.19711	0.3158	0.2160	1.198	1912	472.7	0.540	0.0246	0.0492	0.00660	9.70	48
50	1.65	2.71	75.60	0.9091	12.89	90.38	0.02911	0.19694	0.3167	0.2173	1.200	1894	472.5	0.532	0.0247	0.0489	0.00665	9.56	50
55	6.43	7.47	75.03	0.8285	14.41	91.01	0.03237	0.19655	0.3188	0.2206	1.205	1853	471.8	0.514	0.0250	0.0482	0.00678	9.25	55
60	10.89	11.90	74.48	0.7609	15.84	91.58	0.03539	0.19621	0.3208	0.2237	1.210	1814	471.0	0.498	0.0252	0.0476	0.00690	8.95	60
65	15.07	16.07	73.97	0.7033	17.19	92.11	0.03822	0.19590	0.3228	0.2267	1.215	1778	470.1	0.483	0.0254	0.0470	0.00701	8.67	65
70	19.02	20.00	73.47	0.6537	18.47	92.61	0.04088	0.19562	0.3247	0.2297	1.220	1744	469.2	0.470	0.0257	0.0465	0.00712	8.41	70
75	22.76	23.72	72.99	0.6104	19.69	93.07	0.04339	0.19537	0.3267	0.2325	1.226	1712	468.1	0.457	0.0259	0.0460	0.00723	8.16	75
80	26.32	27.27	72.54	0.5724	20.86	93.50	0.04578	0.19514	0.3286	0.2354	1.231	1681	467.0	0.446	0.0261	0.0455	0.00733	7.92	80
85	29.71	30.64	72.09	0.5387	21.98	93.91	0.04804	0.19492	0.3305	0.2382	1.236	1651	465.9	0.435	0.0263	0.0450	0.00742	7.70	85
90	32.96	33.88	71.67	0.5085	23.05	94.30	0.05021	0.19471	0.3324	0.2409	1.242	1623	464.7	0.425	0.0264	0.0446	0.00753	7.48	90
95	36.07	36.98	71.25	0.4815	24.09	94.66	0.05229	0.19452	0.3342	0.2436	1.248	1596	463.5	0.416	0.0266	0.0442	0.00763	7.27	95
100	39.07	39.96	70.84	0.4570	25.10	95.00	0.05428	0.19434	0.3361	0.2464	1.254	1569	462.2	0.407	0.0268	0.0438	0.00772	7.07	100
110	44.73	45.60	70.06	0.4145	27.01	95.64	0.05804	0.19400	0.3399	0.2518	1.266	1520	459.6	0.391	0.0271	0.0430	0.00792	6.69	110
120	50.02	50.86	69.32	0.3789	28.82	96.21	0.06155	0.19368	0.3437	0.2572	1.279	1473	456.8	0.376	0.0275	0.0423	0.00810	6.34	120
130	54.99	55.81	68.60	0.3485	30.53	96.73	0.06485	0.19338	0.3475	0.2626	1.292	1429	454.0	0.363	0.0278	0.0416	0.00829	6.01	130
140	59.68	60.48	67.90	0.3222	32.16	97.20	0.06795	0.19309	0.3514	0.2682	1.306	1387	451.1	0.351	0.0281	0.0410	0.00848	5.69	140
150	64.13	64.91	67.23	0.2994	33.73	97.62	0.07090	0.19281	0.3553	0.2739	1.321	1347	448.2	0.339	0.0284	0.0404	0.00866	5.4	150
160	68.36	69.13	66.57	0.2793	35.23	98.01	0.07371	0.19253	0.3594	0.2797	1.336	1309	445.2	0.329	0.0288	0.0399	0.00885	5.12	160
170	72.40	73.15	65.93	0.2614	36.68	98.37	0.07639	0.19226	0.3635	0.2857	1.353	1273	442.1	0.319	0.0291	0.0394	0.00904	4.85	170
180	76.26	76.99	65.30	0.2454	38.08	98.69	0.07896	0.19198	0.3678	0.2919	1.370	1238	439.0	0.310	0.0294	0.0388	0.00922	4.60	180
190	79.97	80.68	64.68	0.2311	39.44	98.98	0.08143	0.19170	0.3722	0.2984	1.388	1204	435.8	0.301	0.0297	0.0384	0.00941	4.36	190
200	83.53	84.23	64.07	0.2181	40.76	99.25	0.08381	0.19143	0.3767	0.3051	1.408	1171	432.6	0.293	0.0300	0.0379	0.00961	4.13	200
220	90.27	90.94	62.87	0.1955	43.29	99.70	0.08833	0.19085	0.3864	0.3194	1.450	1108	426.1	0.277	0.0307	0.0370	0.01000	3.70	220
240	96.57	97.21	61.70	0.1764	45.70	100.05	0.09259	0.19026	0.3969	0.3333	1.498	1048	419.4	0.263	0.0313	0.0362	0.01041	3.30	240
260	102.48	103.09	60.53	0.1601	48.02	100.32	0.09663	0.18962	0.4086	0.3530	1.553	991	412.6	0.250	0.0320	0.0354	0.01084	2.93	260
280	108.06	108.64	59.37	0.1460	50.25	100.51	0.10047	0.18895	0.4216	0.3730	1.616	936	405.7	0.238	0.0328	0.0347	0.01131	2.59	280
300	113.34	113.90	58.20	0.1336	52.42	100.61	0.10417	0.18823	0.4364	0.3959	1.690	884	398.7	0					

ANEXO G  
DIMENSIONES DE LA VALLVULA DE EXPASION



DANFOSS. Válvula termostática de expansión, TCAE. [Consultado el 4 de may de 2019]. Disponible en: <https://store.danfoss.com/en/Cooling/Valves/Expansion-Valves/Thermostatic-Expansion-Valves-%28Parts-Program%29/Thermostatic-expansion-valve%2C-TCAE/p/068U4304>

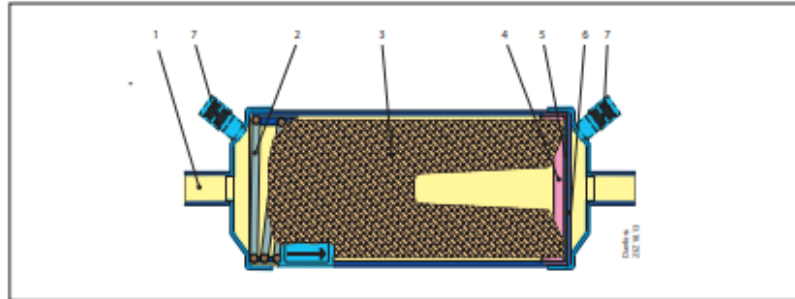
## ANEXO H DIMENSIONES FILTRO ANTIÁCIDO



Data sheet | ELIMINATOR® Hermetic burn-out filter drier, type DAS

### Design / function

1. Inlet
2. Spring
3. Solid core
4. Polyester mat
5. Metal mesh
6. Perforated plate
7. Schrader valve

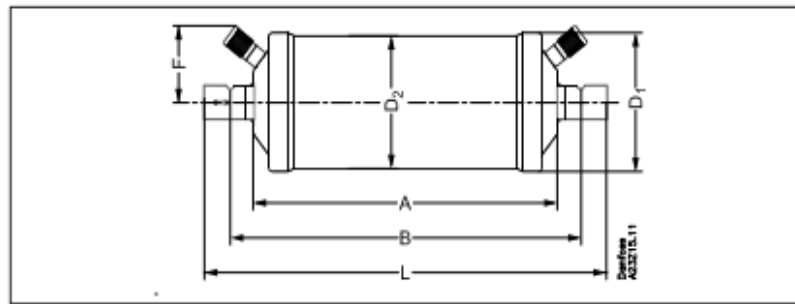


The large diameter of the hermetic burn-out filter drier means that flow velocity is suitably low and the pressure drop minimal.

Powder formation is eliminated because the solid core grains are bonded and cannot move against each other.

### Dimensions and weights

#### Solder connections

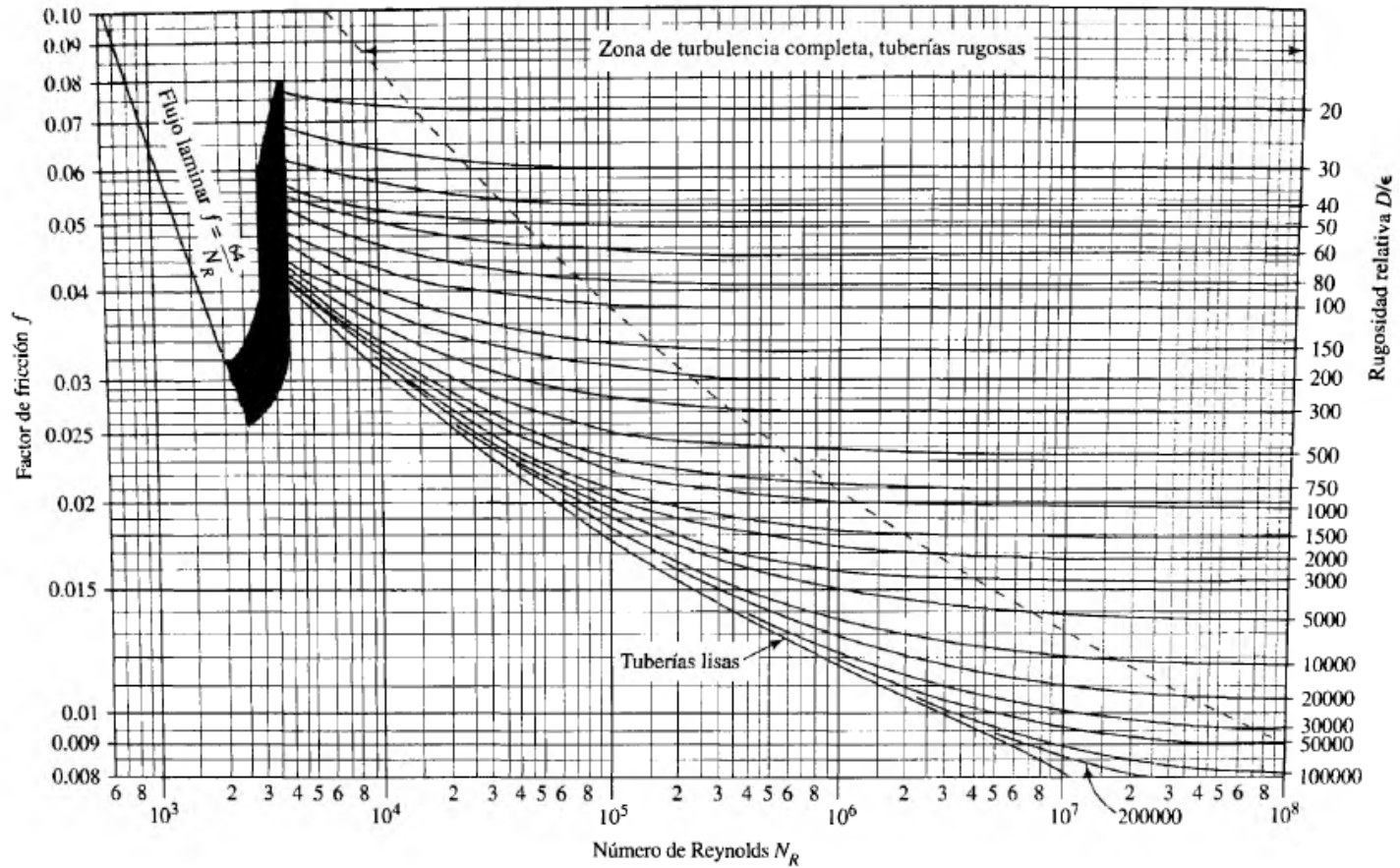


Type	A [mm]	B [mm]	L [mm]	D <sub>1</sub> [mm]	D <sub>2</sub> [mm]	F [mm]	Net weight [Kg]
DAS 083sVV	101	120	139	58	54	40	0.47
DAS 084sVV	101	122	143	58	54	40	0.50
DAS 085sVV	101	125	149	58	54	40	0.50
DAS 086sVV	101	131	161	58	54	40	0.50
DAS 164sVV	110	131	152	80	76	50	0.83
DAS 165sVV	110	134	158	80	76	50	0.84
DAS 166sVV	110	140	170	80	76	50	0.84

Fuente: Danfoss. Eliminator hermetic burn-out filter drier. [en línea]. [citado 21 de may., 2019]. Disponible en:

<https://www.electricalautomationnetwork.com/PDF/ENGLISH/DANFOSS-REFRIGERACION/DKRCC.PD.EH0.A5.02DASAZ.pdf>

## ANEXO I DIAGRAMA DE MOODY



Fuente: MOTT Robert L. Mecánica de fluidos. 6ta edición. México Editorial Pearson.2006., p.237. ISBN 970-26-0805-8.

## ANEXO J CATALOGÓ FILTROS

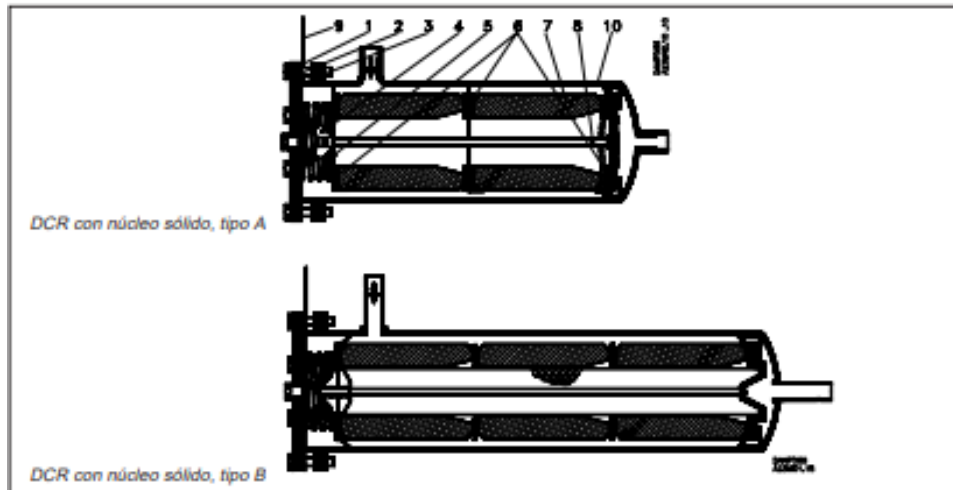
### *Carcasa del filtro secador si núcleo sólido*

Tipo	Conexión, acero <sup>1)</sup>		Tipo	Conexión, cobre			Número
	Soldar acero pulg.	N° de código		Soldar cobre ODF		N° de código	
				pulg.	mm		
<b>DCR 0485</b>	<b>1/2</b>	<b>023U1050</b>	DCR 0485s	1/2	16	023U2250	1
DCR 0487	3/4	023U1051	DCR 0487s	3/4	22	023U2251	1
DCR 0489	1	023U1052	DCR 0489s	1	28	023U2252	1
DCR 0489	1	023U1053	DCR 0489s	1 1/4		023U2253	1
DCR 04811	1 1/4	023U1054	DCR 04811s	1 3/4	35	023U2254	1
DCR 04813	1 1/2	023U1055	DCR 04813s	1 5/8		023U2255	1
			DCR 04813s		42	023U2256	1
DCR 04817	2	023U1057	DCR 04817s	2 1/4	54	023U2257	1
DCR 04821	2 1/2	023U1076	DCR 04821s	2 5/8		023U2276	1
DCR 0967	3/4	023U1058	DCR 0967s	7/8	22	023U2258	2
DCR 0969	1	023U1059	DCR 0969s	1	28	023U2259	2
DCR 0969	1	023U1060	DCR 0969s	1 1/4		023U2260	2
DCR 09611	1 1/4	023U1061	DCR 09611s	1 3/4	35	023U2261	2
DCR 09613	1 1/2	023U1062	DCR 09613s	1 5/8		023U2262	2
DCR 09613	1 1/2	023U1063	DCR 09613s		42	023U2263	2
DCR 09617	2	023U1064	DCR 09617s	2 1/4	54	023U2264	2
DCR 14411	1 1/4	023U1067	DCR 14411s	1 3/4	35	023U2267	3
DCR 14413	1 1/2	023U1068					
DCR 14413	1 1/2	023U1069	DCR 14413s		42	023U2269	3
DCR 14417	2	023U1070	DCR 14417s	2 1/4	54	023U2270	3
DCR 19211	1 1/4	023U1071					
DCR 19213	1 1/2	023U1072	DCR 19213s	1 5/8		023U2272	4
DCR 19213	1 1/2	023U1073					
DCR 19217	2	023U1074	DCR 19217s	2 1/4	54	023U2274	4

### *Núcleo sólido para DCR*

Tipo	Description	N° de código		
		9 unidades		1 unidad
		Con junta	Sin junta	
48-DN	Capacidad de secado extra-alta	023U4081	023U4082	023U4080
48-DU	Tamices moleculares	023U1092	023U1093	023U1091
48-DA	"burn-out"	023U5081	023U5082	023U5080
48-F	Filtro mecánico	023U1621		

Nota: Para la selección y el dimensionamiento véase DN/DU, RD.6A.G2.05.



Fuente: Danfoss Filtro secador con núcleo sólido. [en línea]. [consultado 22 May., 2019]. Disponible en: <http://mail4.ansal.com.ar/Documentacion/pdfs/960659.pdf>

## ANEXO K VISOR

### SGP—Sight Glasses



Danfoss sight glasses indicate the presence of moisture in refrigeration and air conditioning systems.

Danfoss Type	Version	Connection (in.)	Ambient temp. (°F)	Max. working pressure (psig)	Danfoss Code No.
SGP 6 N	Flare int. x ext.	¼ x ¼	-60 to 175	750	<b>014L0171</b>
SGP 10 N		¾ x ¾			<b>014L0172</b>
SGP 12 N		½ x ½			<b>014L0173</b>
SGP 6s N	ODF x ODF solder	¼ x ¼			<b>014L0181</b>
SGP 10s N		¾ x ¾			<b>014L0182</b>
SGP 12s N		½ x ½			<b>014L0183</b>
SGP 16s N		¾ x ¾			<b>014L0145</b>
SGP 22s N		¾ x ¾			<b>014L0186</b>
SGP 1/2 RN	NPT	½			<b>014L0006</b>

Fuente: Danfoss sight glasses. [en línea]. [Consultado 22 May 2019]. Disponible en: <https://assets.danfoss.com/documents/DOC238586497503/DOC238586497503.pdf>

## ANEXO L TUBERIAS



TIPO	DIÁMETRO		ESPESOR DE PARED	PESO POR ROLLO	LONGITUD DE ROLLO	USOS Y APLICACIONES		
	NOMINAL	EXTERIOR						
L	1/4"	6.35mm	3/8" 0.375"	9.525mm	0.030" 0.762 mm	7.575 lb 3.439 kg	18.30 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tomas domiciliarias de agua potable, gas L.P. y natural</li> <li>• Aire acondicionado</li> <li>• Refrigeración</li> </ul>
	3/8"	9.5mm	1/2" 0.500"	12.700mm	0.035" 0.889mm	11.907lb 5.406kg		
	1/2"	12.7mm	5/8" 0.625"	15.875mm	0.040" 1.016mm	17.127lb 7.776kg		
	5/8"	15.785mm	3/4" 0.750"	19.090mm	0.042" 1.067mm	21.760lb 9.879 kg		
	3/4"	19mm	7/8" 0.875"	22.225mm	0.045" 1.143mm	27.337 lb 12.411kg		
	1"	25mm	1/18" 1.125"	28.575mm	0.050" 1.270mm	39.341lb 17.861 kg		
USOS GENERALES Y REFRIGERACIÓN	1/8"	3.175 mm	1/8" 0.125"		0.030" 0.762 mm	1.735 lb 0.788kg	15.24 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalaciones de gas L.P. y natural</li> <li>• Aire acondicionado</li> <li>• Refrigeración (Tubería con puntas selladas y deshidratada)</li> </ul>
	3/16"	4.762mm	3/16" 0.187"		0.030" 0.762 mm	2.870lb 1.303kg		
	1/4"	6.350mm	1/4" 0.250"		0.030" 0.762 mm	4.022lb 1.826kg		
	5/16"	7.937mm	5/16" 0.312"		0.032" 0.813mm	5.460lb 2.479kg		
	3/8"	9.525mm	3/8" 0.375"		0.032" 0.813mm	6.665lb 3.023kg		
	1/2"	12.700mm	1/2" 0.500"		0.032" 0.813mm	9.094lb 4.125 kg		
	5/8"	15.875mm	5/8" 0.625"		0.035" 0.889mm	12.586lb 5.714kg		
	3/4"	19.00mm	3/4" 0.750"		0.035" 0.889mm	15.240lb 6.924kg		

Fuente: NACOBRE. Tubería flexible [en línea]. [Consultado 22 May 2019]. Disponible en: <http://www.nacobre.com.mx:8080/documents/58344/4230620/Catalogo-tubos-Nacobre.pdf/24dcf458-ddd0-435a-8a95-9e4631cf3906>



## Coupling • Reducing

C x C

Wrot Style #: WC-400R



Item No.	Diameter	Each Wt.	Inner Qty.	Master Qty.
W 01004 †	1/4" x 3/16"	0.0100	50	2,000
W 01005 †	1/4" x 1/8"	0.0000	50	2,000
W 01010 †	3/8" x 5/16	0.0100	50	1,700
W 01011 †	3/8" x 1/4"	0.0100	50	2,000
W 01019 †	1/2" x 3/8"	0.0100	50	1,700
W 01021 †	1/2" x 1/4"	0.0200	50	1,200
W 01023 †	5/8" x 1/2"	0.0300	100	1,000
W 01025 †	5/8" x 3/8"	0.0300	100	1,000
W 01027 †	5/8" x 1/4"	0.0300	100	1,000
W 01029 †	3/4" x 5/8"	0.0500	100	600
W 01030 †	3/4" x 1/2"	0.0400	100	600
W 01031 †	3/4" x 3/8"	0.0400	100	600
W 01035 †	7/8" x 3/4"	0.0600	100	1,000
W 01036 †	7/8" x 5/8"	0.0800	50	500
W 01037 †	7/8" x 1/2"	0.0600	50	500
W 01038 †	7/8" x 3/8"	0.0600	50	500
W 01049 †	1-1/8" x 7/8"	0.1300	25	250
W 01050 †	1-1/8" x 3/4"	0.1100	25	250
W 01051 †	1-1/8" x 5/8"	0.1100	25	250
W 01052 †	1-1/8" x 1/2"	0.1100	25	250
W 01056 †	1-3/8" x 1-1/8"	0.2000	10	100
W 01058 †	1-3/8" x 7/8"	0.1700	10	100
W 01060 †	1-3/8" x 5/8"	0.1700	10	100
W 01064 †	1-5/8" x 1-3/8"	0.2300	10	100
W 01065 †	1-5/8" x 1-1/8"	0.2300	10	100
W 01067 †	1-5/8" x 7/8"	0.2400	10	100
W 01069 †	1-5/8" x 5/8"	0.2200	10	100
W 01073 †	2-1/8" x 1-5/8"	0.4300	-	100
W 01074 †	2-1/8" x 1-3/8"	0.4300	-	100
W 01075 †	2-1/8" x 1-1/8"	0.4600	-	100
W 01077 †	2-1/8" x 7/8"	0.4000	-	100
W 01079 †	2-1/8" x 5/8"	0.4100	-	75
W 01083 †	2-5/8" x 2-1/8"	0.6500	-	50
W 01084 †	2-5/8" x 1-5/8"	0.7500	-	50
W 01085 †	2-5/8" x 1-3/8"	0.7000	-	50
W 01086 †	2-5/8" x 1-1/8"	0.7100	-	50
W 01093	3-1/8" x 2-5/8"	1.0600	-	25
W 01094	3-1/8" x 2-1/8"	1.1000	-	25
W 01095	3-1/8" x 1-5/8"	1.0100	-	25
W 10101	3-5/8" x 3-1/8"	1.2200	-	25
W 10108	4-1/8" x 3-5/8"	1.8700	-	20
W 10109	4-1/8" x 3-1/8"	0.7600	-	20
W 10110	4-1/8" x 2-5/8"	1.8800	-	15
W 10111	4-1/8" x 2-1/8"	1.9700	-	20

Fuente: STREAMLINE. HVACR wholesale catalog. [en línea]. [citado 24 May 2019]. Disponible en: [http://www2.renkulde.no/MKDocume.nsf/D4D20A0F6998F9AAC1257A4D004BAFD7/\\$FILE/Streamline%20HVACR%20Wholesale%20Catalog.pdf](http://www2.renkulde.no/MKDocume.nsf/D4D20A0F6998F9AAC1257A4D004BAFD7/$FILE/Streamline%20HVACR%20Wholesale%20Catalog.pdf)





### 90° Elbow • Short Radius

C x C

Wrot Style #: WE-500



Item No.	Diameter	Each Wt.	Inner Qty.	Master Qty.
W 02003 †	1/4"	0.0100	50	2,000
W 02009 †	3/8"	0.0200	50	1,700
W 02017 †	1/2"	0.0300	50	1,000
W 02022 †	5/8"	0.0500	100	1,000
W 02028 †	3/4"	0.0800	50	500
W 02034 †	7/8"	0.1100	50	500
W 02040 †	1"	0.2200	20	200
W 02047 †	1-1/8"	0.2400	25	250
W 02084 †	1-3/8"	0.3000	10	100
W 02085 †	1-5/8"	0.4200	10	100
W 02086 †	2-1/8"	0.7600	10	50
W 02087 †	2-5/8"	1.1900	5	25
W 02088	3-1/8"	1.8800	5	25
W 02089	3-5/8"	2.7700	2	10
W 02090	4-1/8"	4.0000	2	10
W 02097	6-1/8"	13.7300	-	1
W 02011 †	3/8" x 1/4"	0.0200	50	750
W 02019 †	1/2" x 3/8"	0.0300	50	750
W 02023 †	5/8" x 1/2"	0.0500	50	500
W 02025 †	5/8" x 3/8"	0.0500	50	500
W 02029 †	3/4" x 5/8"	0.0600	50	500
W 02030 †	3/4" x 1/2"	0.0700	50	500
W 02035 †	7/8" x 3/4"	0.1100	50	500
W 02036 †	7/8" x 5/8"	0.1100	50	500
W 02037 †	7/8" x 1/2"	0.1100	50	500
W 02049 †	1-1/8" x 7/8"	0.1700	25	250
W 02050 †	1-1/8" x 3/4"	0.1600	25	250
W 02051 †	1-1/8" x 5/8"	0.1800	25	250
W 02052 †	1-1/8" x 1/2"	0.2000	25	150
W 02056 †	1-3/8" x 1-1/8"	0.3200	20	200
W 02077 †	1-5/8" x 1-3/8"	0.3300	5	100
W 02078 †	2-1/8" x 1-5/8"	0.6000	5	50

Fuente: STREAMLINE. HVACR wholesale catalog. [en línea]. [citado 24 May 2019]. Disponible en:

[http://www2.renkulde.no/MKDokume.nsf/D4D20A0F6998F9AAC1257A4D004BAFD7/\\$FILE/Streamline%20HVACR%20Wholesale%20Catalog.pdf](http://www2.renkulde.no/MKDokume.nsf/D4D20A0F6998F9AAC1257A4D004BAFD7/$FILE/Streamline%20HVACR%20Wholesale%20Catalog.pdf)



## Tee

C x C x C

Wrot Style #: WT-600



Item No.	Diameter	Each Wt.	Inner Qty.	Master Qty.
W 40302 †	3/16"	0.0100	50	1,700
W 40306 †	1/4"	0.0100	100	2,400
W 40313 †	5/16"	0.0100	50	1,700
W 04000 †	3/8"	0.0200	50	1,700
W 04001 †	1/2"	0.0400	50	500
W 04006 †	5/8"	0.0700	50	500
W 04017 †	3/4"	0.1200	25	250
W 04031 †	7/8"	0.1600	25	250
W 04048 †	1-1/8"	0.2900	10	100
W 04068 †	1-3/8"	0.4200	5	50
W 04084 †	1-5/8"	0.6000	5	50
W 40102 †	2-1/8"	1.1400	5	25
W 40123 †	2-5/8"	1.7200	2	20
W 40152	3-1/8"	2.7700	2	10
W 40190	3-5/8"	5.6600	1	5
W 40200	4-1/8"	5.9900	1	5
W 40400	5-1/8"	12.3800	-	1
W 40500	6-1/8"	20.8500	-	1

Fuente: STREAMLINE. HVACR wholesale catalog. [en línea]. [citado 24 May 2019]. Disponible en: [http://www2.renkulde.no/MKDokume.nsf/D4D20A0F6998F9AAC1257A4D004BAFD7/\\$FILE/Streamline%20HVACR%20Wholesale%20Catalog.pdf](http://www2.renkulde.no/MKDokume.nsf/D4D20A0F6998F9AAC1257A4D004BAFD7/$FILE/Streamline%20HVACR%20Wholesale%20Catalog.pdf)

## ANEXO M SISTEMA DE REFRIGERACIÓN REAL

	CAPACIDAD DE REFRIGERACIÓN (vatios) **				CAUDAL DE AIRE (m <sup>3</sup> /h)	PESO incl. evaporador (kg)			
	Modo Ruta		Eléctrico			S	T	X	
	0°C	-20°C	0°C	-20°C					
Mono-temperatura	Supra 450	4365	2515	3810	2240	1590	340	343	NA
	Supra 550	5455	3165	4670	2770	2150	391	394	NA
	Supra 750	6780	3750	5920	3120	2140	429	432	437
	Supra 850	7800	4900	6450	4240	2500	461	464	466
	Supra 1050	9100	5600	7800	5000	3350	617	NA	621
	Supra 1150	10500	6350	8900	5400	3350	626	NA	630
Swap Body/Transporte intermodal	Supra 750 SW	6780	3750	5920	3120	2140	442	NA	NA
	Supra 850U	7790	4600	6820	4200	2950	453	NA	NA
Bajochasis	Supra 950U	10600	6100	8300	5600	2840	553	558	NA
	Supra 750 MT	6140	3810	5560	3840	Hasta 2500	411*	414*	419*
Multi-temperatura	Supra 850 MT	6300	4490	5000	3750	Hasta 2500	443*	446*	448*
	Supra 1150 MT	11150	6450	9150	5600	Hasta 3600	576*	NA	NA
	Supra 1250 MT	11600	7200	9800	6350	Hasta 3600	586*	NA	NA
	Supra 1150U MT	10700	5960	10200	5750	Hasta 3600	NA	566*	NA

### ACCESORIOS

- Batería
- Caja de batería
- Depósito de combustible de 75l, 90 l o 200 l
- Inversor automático de fase
- Filtro de aceite bypass
- Alargador para el cambio de aceite
- Calentador de combustible
- Panel de mandos remoto con cable alargador
- Sensor aire suministrado
- Interruptor de puerta
- Caja estanca para mando cabina
- DataCOLD 300 & 600

\* Sólo sección del condensador

\*\* Temperatura ambiente a +30°C (según procedimiento de A.T.P.)

Fuente: CARRIER. Supra. [consultado el 24 de may de 2019]. Disponibles en: [https://www.utcccs-cdn.com/hvac/docs/2000/Public/OE/TT\\_EMEA\\_SUPRA\\_SPA.pdf](https://www.utcccs-cdn.com/hvac/docs/2000/Public/OE/TT_EMEA_SUPRA_SPA.pdf)

ANEXO N  
TRAÍLER TOPLINE 680

[/fusion\_builder\_column]

## **LAS CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES**

**MEDIDAS ÚTILES REMOLQUE:** *406 x 215 cm*

**DIMENSIÓN RUEDAS:** *195/50 R13C*

**RESISTENCIA EJE:** *2 x 1800 kg*

**HOMOLOGACIÓN:** *3500/3000/2700 kg*

**PESO DEL REMOLQUE:** *640 kg*

**TIPO DE CHASIS:** *Acero soldado y galvanizado*

**TIPO DE SUELO:** *Madera finlandesa*

**CONEXIÓN REMOLQUE:** *Piña de 3 polos*

**PUNTOS DE AMARRE:** *8 anclajes de acero empotrados*

Fuente: FORCAR. Topline 680. [consultado el 26 de may de 2019].  
Disponible en: <http://www.remolquesforcar.com/productos/remolques-nuevos/plataforma-con-ruedas-interiores-topline-680/>

ANEXO Ñ  
LISTA DE PLANOS

1. Cámara climatizada móvil para el transporte de flores
2. Conjunto almacenamiento interno
  - 2A. Estructura
  - 3A. Tanque Diesel
  - 5A. Panel sandwich vertical
  - 6A. Panel sandwich horizontal
  - 7A. Panel sandwich
  - 9A. Lámina principal almacenamiento
  - 10A. Lámina de seguridad corta
  - 11A. Lámina de seguridad larga
  - 12A. Lámina base