

**PLAN DE NEGOCIO PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA DE
REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL**

BERMÚDEZ PEÑA, ANDRÉS FELIPE

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
BOGOTÁ D.C.
2017**

**PLAN DE NEGOCIO PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA DE
REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL**

BERMÚDEZ PEÑA, ANDRÉS FELIPE

**Trabajo de Grado en la modalidad de Plan de Negocio para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

**Director:
Ing. Jairo Darío Murcia Murcia**

**Codirector:
Ing. Manuel Orlando Hernández Vásquez**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
BOGOTÁ D.C.
2017**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
INTRODUCCIÓN	10
1. GENERALIDADES.....	11
1.1. ORIGEN Y MOTIVACIÓN DEL PROYECTO.....	11
1.2. SITUACIÓN PROBLÉMICA.....	11
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	12
1.4. OBJETIVOS.....	13
1.4.1. Objetivo General	13
1.4.2. Objetivos Específicos	13
1.5. ALCANCE Y LIMITACIONES	14
1.5.1. Alcance	14
1.5.2. Limitaciones	14
2. ESTUDIO DE MERCADOS	15
2.1. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO.....	15
2.1.1. Diseño, fabricación y montaje de cuartos fríos.....	15
2.1.2. Mantenimiento de sistemas de refrigeración de cuartos fríos	16
2.2. ZONA DE INFLUENCIA.....	17
2.3. PERFIL DEL CONSUMIDOR	20
2.4. ANALISIS DEL SECTOR.....	21
2.5. ANALISIS DE LA COMPETENCIA.....	23
2.6. DEMANDA HISTÓRICA	26
2.7. MERCADO POTENCIAL	31
2.7.1. Cálculo de la población	31
2.7.2. Diseño de la encuesta.....	31
2.7.3. Tamaño de la muestra	33
2.7.4. Análisis de la encuesta.....	33

2.7.5.	Cálculo del mercado potencial	40
2.8.	ESTRATEGIA COMERCIAL.....	43
3.	INGENIERÍA DEL PROYECTO	44
3.1.	MARCO TEÓRICO	44
3.1.1.	Cuartos Fríos	44
3.1.1.1.	Sistema por compresión de vapor.	44
3.1.1.2.	Sistema por absorción de vapor	46
3.1.2.	Refrigerantes.....	46
3.1.2.1.	Refrigerantes puros	47
3.1.2.2.	Mezclas	48
3.2.	DISEÑO DE UN CUARTO FRÍO	48
3.2.1.	Generalidades.....	48
3.2.2.	Temperaturas.....	49
3.2.2.1.	Temperatura del lugar.	49
3.2.2.2.	Temperatura interior del cuarto frío.	49
3.2.3.	Dimensionamiento.....	50
3.2.4.	Cálculo de cargas.....	53
3.2.4.1.	Calor generado debido a otras fuentes (<i>Q_{otras fuentes}</i>).....	53
3.2.4.2.	Calor generado por los productos (<i>Q_{productos}</i>).....	57
3.2.5.	Definición del refrigerante y del ciclo.....	60
3.2.5.1.	Selección del refrigerante.	60
3.2.5.2.	Desarrollo del ciclo termodinámico de refrigeración.	61
3.2.6.	Selección de equipos	66
3.2.6.1.	Selección de la unidad condensadora	66
3.2.6.2.	Evaporador	69
3.2.6.3.	Válvula de expansión termostática	70
3.3.	DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS	71
3.3.1.	Posicionamiento de equipos	71
3.3.2.	Sistemas de control.....	73
3.3.2.1.	Acumulador de succión.	73
3.3.2.2.	Presostato de baja presión	73

3.3.2.3.	Presostato de alta presión	74
3.3.2.4.	Separador de aceite	74
3.3.2.5.	Filtro secador	74
3.3.2.6.	Válvula solenoide.....	74
4.	ANÁLISIS FINANCIERO	76
4.1.	COSTO DE MATERIALES POR EQUIPO	76
4.2.	COSTO DE MANO DE OBRA POR UN EQUIPO	77
4.3.	COSTO DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA, POR EQUIPO.....	78
4.4.	COSTO DE MÁQUINAS Y EQUIPOS	78
4.5.	COSTO DE LOCACIÓN	78
4.6.	COSTO TOTAL	79
4.7.	COSTO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA	79
4.8.	ANÁLISIS DE COSTOS RESPECTO A LA COMPETENCIA	80
	CONCLUSIONES	83
	RECOMENDACIONES	84
	BIBLIOGRAFÍA	85

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Temperaturas de refrigeración de los Cuartos Fríos.....	15
Tabla 2 Programa de mantenimiento para cuartos fríos	17
Tabla 3. Variación en el abastecimiento de alimentos según ciudad y mercado mayorista 2016 (octubre-noviembre)	18
Tabla 4. Productores afiliados a ASOHOFrucol	20
Tabla 5. Área sembrada en flores, según reporte Instituto Colombiano Agropecuario ICA, departamentos de mayor influencia	21
Tabla 6. Distribución de pérdidas de alimentos entre frutas y verduras.....	22
Tabla 7. Análisis DOFA, RPH Ingeniería y Construcción LTDA	24
Tabla 8. Análisis DOFA, Proyetec Colombia LTDA	24
Tabla 9. Análisis DOFA, Ingeniería de Refrigeración Industrial Rojas Hnos. S.A. .	25
Tabla 10. Análisis DOFA, Alfrio S.A.S	26
Tabla 11. Frutas cultivadas y producción anual en la región de Bogotá-Cund.	26
Tabla 12. Hortalizas cultivadas y producción anual en la región de Bogotá- Cund.	27
Tabla 13. Demanda de refrigeración por tipo de fruta.....	28
Tabla 14. Demanda de refrigeración por tipo de hortaliza	28
Tabla 15. Demanda total de TRF anual de frutas	29
Tabla 16. Demanda total de TRF anual de hortalizas	30
Tabla 17. Demanda histórica anual de Toneladas de refrigeración	30
Tabla 18. Valores para el cálculo del tamaño de la muestra	33
Tabla 19. Necesidad de refrigeración	34
Tabla 20. Temperatura de conservación	34
Tabla 21. Porcentaje de producción	35
Tabla 22. Productores con sistemas de refrigeración	36
Tabla 23. Tipo de mantenimiento.....	37
Tabla 24. Porcentaje de pérdidas en la producción	37
Tabla 25. Interés de adquisición de sistemas de refrigeración	38
Tabla 26. Parámetros para la adquisición de sistemas de refrigeración.....	39
Tabla 27 Demanda histórica de Toneladas de Refrigeración	40
Tabla 28. Modelos de tendencia lineal.....	40
Tabla 29. Demanda proyecta en Toneladas de Refrigeración	41
Tabla 30. Mercado potencial en Toneladas de Refrigeración	42
Tabla 31. Propiedades de conservación de la fresa	50
Tabla 32. Medidas finales de dimensionamiento	53
Tabla 33. Calor del aire para el aire exterior que penetra en la cámara fría. kJm^3	55
Tabla 34. Renovación de aire para las condiciones normales de explotación	55
Tabla 35. Potencia calorífica aportada por las personas	57

Tabla 36. Temperaturas recomendadas, humedad relativa, calor máximo específico y calor de respiración de la fresa	58
Tabla 37. Características técnicas de R404A	61
Tabla 38. Propiedades termodinámicas en cada uno de los puntos del ciclo	63
Tabla 39. Variables específicas para la selección de la unidad condensadora	66
Tabla 40. Unidad condensadora seleccionada	68
Tabla 41. Unidad evaporadora seleccionada.....	70
Tabla 42. Válvula de expansión seleccionada	71
Tabla 43. Costo de materiales por equipo	76
Tabla 44. Carga prestacional	77
Tabla 45. Costo total de mano de obra.....	77
Tabla 46. Costos generales	78
Tabla 47. Costo de máquinas y equipos para instalación.....	78
Tabla 48. Costo de locación del proyecto	79
Tabla 49. Costo total del producto	79
Tabla 50. Costo de operación del sistema.....	80
Tabla 51. Presupuesto de Ingeniería de Refrigeración Industrial Rojas Hnos. S.A para el diseño, fabricación y montaje de un cuarto frío de acuerdo a requerimientos establecidos.....	80
Tabla 52. Presupuesto de RPH Ingeniería y Construcción para el diseño, fabricación y montaje de un cuarto frío de acuerdo a requerimientos establecidos.	81

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Figura 1. Modelo preliminar de un cuarto frio	16
Figura 2. Grafico porcentual de producción de frutas y hortalizas por departamentos en Colombia.....	18
Figura 3. Mapa de Bogotá - Cundinamarca	19
Figura 4. Producción obtenida de Frutales entre los años 2001 - 2012.....	22
Figura 5. Producción obtenida de Hortalizas entre los años 2001 -2012.....	23
Figura 6. Demanda histórica del sector agrícola en Toneladas de Refrigeración en la región de Bogotá-Cundinamarca	31
Figura 7. Necesidad de refrigeración	34
Figura 8. Temperatura de conservación	35
Figura 9. Porcentaje de producción	36
Figura 10. Productores con sistemas de refrigeración.....	36
Figura 11. Tipo de mantenimiento	37
Figura 12. Porcentaje de pérdidas en la producción.....	38
Figura 13. Interés de adquisición de sistemas de refrigeración	39
Figura 14. Parámetros para la adquisición de sistemas de refrigeración.....	39
Figura 15. Análisis del comportamiento de la demanda a través del tiempo	41
Figura 16. Análisis grafico de la demanda proyectada	42
Figura 17. Esquema y diagrama T-s para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor	45
Figura 18. Ciclo de refrigeración por absorción de simple efecto	46
Figura 19. Distribución general de los refrigerantes.....	47
Figura 20. Estiba plana plástica antideslizante	50
Figura 21. Canastilla tipo Fruver en polipropileno.....	50
Figura 22. Dimensionamiento y distribución interna del cuarto frío (Medidas en cm)	52
Figura 23. Diagrama básico del ciclo de refrigeración por compresión de vapor...62	62
Figura 24. Diagrama P-h del ciclo termodinámico	63
Figura 25. Catálogo de unidades condensadoras Danfoss	67
Figura 26. Catálogo de unidades condensadoras Danfoss	68
Figura 27. Catálogo de selección de evaporadores.....	69
Figura 28. Catálogo de selección de válvulas de expansión termostáticas Danfoss	70
Figura 29. Dimensionamiento y distribución de los equipos principales del circuito frigorífico (Medidas en cm)	72
Figura 30. Configuración del sistema de refrigeración con todos sus componentes	75

ÍNDICE DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Espesor de aislamientos	51
Ecuación 2 Requerimiento total de refrigeración	53
Ecuación 3. Transmisión de calor a través de paredes	54
Ecuación 4. Calor generado debido a renovaciones de aire.....	54
Ecuación 5. Calor liberador por iluminación.....	56
Ecuación 6. Calor liberado por personas	57
Ecuación 7. Calor generado por los productos a almacenar	58
Ecuación 8. Calor de respiración de alimentos	59
Ecuación 9. Calor de embalaje	59
Ecuación 10. Potencia total de la maquinaria	60
Ecuación 11. Rendimiento volumétrico	63
Ecuación 12. Rendimiento isentrópico.....	64
Ecuación 13. Caudal másico	64
Ecuación 14. Calor absorbido por el evaporador	64
Ecuación 15. Potencia absorbida por el compresor.....	65
Ecuación 16. Trabajo de compresión real.....	65
Ecuación 17. Potencia real del condensador.....	65
Ecuación 18. COP frigorífico real.....	66

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país que basa su economía en diversos sectores económicos dentro de los cuales se encuentra el sector agroindustrial, encargado de la producción de alimentos tanto para el consumo interno como para exportación al igual que otro tipo de productos. Actualmente Colombia produce aproximadamente 28 millones de toneladas de alimentos al año¹, de las cuales se desperdician aproximadamente 9,76 millones de toneladas anuales y de esta cifra el 19,8% se pierde en proceso de post-cosecha² debido al manejo de la cadena de frío. Por lo anterior, se genera una opción de negocio que tiene como finalidad la creación de una empresa de refrigeración industrial, que pudiera hacer frente a esta problemática desde el ámbito ingenieril.

Para el desarrollo de este proyecto se planteó un objetivo general que consistió en *determinar la factibilidad para la creación de una empresa dedicada al diseño, construcción, montaje y mantenimiento de sistemas de refrigeración industrial; a partir del planteamiento de un plan de negocio*; dicho objetivo no se pudo desarrollar mediante la estrategia planteada normalmente para el desarrollo de planes de negocio debido a la no viabilidad del proyecto desde el estudio del mercado, lo cual llevo a optar por una nueva estructura manteniendo el mismo objetivo general y se plantearon tres objetivos específicos que se desarrollarán durante todo el documento.

En el primer capítulo se encontrarán las generalidades del proyecto, la problemática que conlleva al desarrollo de este proyecto, así como la justificación, los objetivos y el alcance y limitaciones del mismo. En el segundo capítulo se podrá observar el estudio de mercados realizado en una muestra de la población de la zona de influencia seleccionada en este caso Bogotá – Cundinamarca, la definición del producto, el análisis del sector y de la competencia, así como el comportamiento de la industria de la refrigeración en esta zona y el desconocimiento por parte de la sociedad con respecto a este tema.

En el capítulo tres se encontrará la ingeniería del proyecto, la realización del diseño paso a paso y detallado de un cuarto frío como las generalidades, temperaturas, cálculo de cargas, entre otro; en el capítulo cuatro se determinará el costo de producción de un sistema frigorífico bajo condiciones establecidas en los capítulos anteriores. Finalmente, se desarrollarán las conclusiones y hallazgos del mismo.

¹ FAO. Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe - Julio 2014. [online]. 2014. P. 7. Available from: <http://www.fao.org/3/a-i3942s.pdf>

² DNP. Boletín DNP - Colombianos botan 9,76 millones de toneladas de comida al año.docx. [online]. 2016. Available from:

https://planeacionnacionalmy.sharepoint.com/personal/prensadnp_dnp_gov_co/_layouts/15/WopiFrame.aspx?guestaccesstoken=Jf%2bSvBsjjFNcmsZMs0xPkoO634lwB%2f4ypr1T9Ci7O5M%3d&docid=18f2c7356047d467bb1c45c3bcca3ac&action=view

1. GENERALIDADES

1.1. ORIGEN Y MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

El origen de este proyecto tomó como punto de partida experiencias y acercamientos por parte del autor del documento hacia el sector agroindustrial, donde se logró observar y entender la relevancia que tiene el sistema de refrigeración en los procesos industriales; de igual forma, evidenció la insuficiencia de dichos sistemas, lo cual conlleva a una disminución del tiempo de vida útil en alimentos perecederos que requieren de sistemas de conservación en ambientes controlados de temperatura, así como la generación de un alto porcentaje de desperdicio, produciendo pérdidas económicas muy significativas y residuos orgánicos bastante altos. Por lo anterior nació la propuesta de crear una empresa de refrigeración que pueda dar solución a estos problemas y así mismo lograr un impacto social, económico y ambiental positivo.

Además, con la idea de este proyecto, también se busca aplicar los conceptos aprendidos en la formación como Ingeniero Mecánico, teniendo una independencia económica el cual es uno de los puntos más motivadores para cualquier persona que quiera emprender o crear su propio negocio; y por último hacer aportes positivos a la sociedad desde los diferentes aspectos en los cuales se tenga impacto.

1.2. SITUACIÓN PROBLÉMICA

Colombia, al igual que muchos países Suramericanos, basan su economía en diversos sectores dentro de los cuales se encuentra el sector agroindustrial, este sector se encarga de la producción de alimentos y de otro tipo de productos. En Colombia la oferta disponible de alimentos para consumo humano es de 28 millones de toneladas al año³.

Sin embargo, aunque esta es una cantidad bastante alta de producción de alimentos en el país, no todos los alimentos se aprovechan; lastimosamente según un estudio realizado por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), en Colombia se pierden o desperdician 9,76 millones de toneladas de comida al año⁴. Lo cual equivale aproximadamente al 34,8% de la oferta disponible de consumo de toneladas al año.

³ FAO. Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe - Julio 2014. [online]. 2014. P. 7. Available from: <http://www.fao.org/3/a-i3942s.pdf>

⁴ DNP. Boletín DNP - Colombianos botan 9,76 millones de toneladas de comida al año.docx. [online]. 2016. Available from: https://planeacionnacionalmy.sharepoint.com/personal/prensadnp_dnp_gov_co/_layouts/15/WopiFrame.aspx?guestaccesstoken=Jf%2bSvBsijFNcmsZMs0xPkoO634lwB%2f4ypr1T9Ci7O5M%3d&docid=18f2c7356047d467bb1c45c3bccaea3ac&action=view

Analizando profundamente las estadísticas, se encuentra que este porcentaje se distribuye de la siguiente manera: el 40,5% (3,95 millones toneladas) lo hacen en la etapa de producción agropecuaria, el 19,8% (1,93 millones de toneladas) se pierde en el proceso de post-cosecha y almacenamiento, el 3,5% (342 mil toneladas) en los procesos de procesamiento industrial⁵.

El almacenamiento tiene que ver con el papel que juega la refrigeración industrial en la preservación de los diferentes tipos de productos que conforman el sector agroindustrial, además de acuerdo con la International Association of refrigerated Warehousese “IARW”, en el mundo existen más de 460 mil millones de metros cúbicos disponibles para almacenamiento en frío, de los cuales 2,46% es decir 11,6 millones de m³ están localizados en Suramérica, y sólo 0,85 millones de m³ se ubican en Colombia. Del total de 0,85 millones de m³ que existen en Colombia, 339.802 m³, es decir sólo el 40% del total de la infraestructura instalada está dedicada a ofrecer servicios a terceros o third party 3P⁶.

Por todo lo anterior, se establece una opción de negocio, para el diseño, construcción, montaje y mantenimiento de sistemas de refrigeración industrial para Colombia, que aporte a la solución de esta problemática desde una base ingenieril.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El acelerado crecimiento de la población mundial y el desplazamiento a las grandes ciudades, implica un gran reto en el abastecimiento de alimentos de manera óptima, eficiente y de calidad, para que de esta forma se pueda satisfacer las necesidades de una población que está en continuo crecimiento. De ahí que la refrigeración juegue un papel importante como una herramienta de apoyo, puesto que gracias a ella se pueden reducir significativamente las pérdidas o desperdicios de alimentos; además mejora la seguridad alimentaria, reduciendo riesgos de contaminación y de proliferación de enfermedades.⁷

Colombia es un país que cuenta con una gran cantidad de alimentos perecederos donde se encuentran los siguientes sectores: acuícola y pesquero, agrícola,

⁵ DNP. Boletín DNP - Colombianos botan 9,76 millones de toneladas de comida al año.docx. [online]. 2016. Available from: https://planeacionnacionalmy.sharepoint.com/personal/prensadnp_dnp_gov_co/_layouts/15/WopiFrame.aspx?guestaccsstocken=Jf%2BSvBsijFNcmsZMs0xPkoO634lwB%2F4ypr1T9Ci7O5M%3D&docid=18f2c7356047d467bb1c45c3bccaea3ac&action=view

⁶ GCCA. Capacity and Growth of Refrigerated Warehousing by Country. . 2014. No. Figure 1, p. 2010–2014

⁷ PROCOLOMBIA. Logística de perecederos y cadena de frío en Colombia. *Cartilla Cadena de Frío* [online]. 2014. P. 112. Available from: http://www.colombiatrade.com.co/sites/all/modules/custom/mccann/mccann_ruta_exportadora/files/06-cartilla-cadena-frio.pdf

agroindustrial, farmacéutico, flores y plantas vivas y pecuario; los cuales sin un adecuado manejo resultan en pérdidas económicas y desperdicio debido a los deficientes controles de temperatura que se encuentran durante los procesos de producción. Asimismo se podría reducir el desperdicio alimentario en los países en vía de desarrollo, si contarán con equipos de refrigeración adecuados, teniendo en cuenta que actualmente las pérdidas de alimentos pueden llegar a ser del 50% del total producido⁸.

La creación de esta empresa tiene una contribución social debido a que generará nuevos empleos para suplir todas las líneas de negocio que se puedan desarrollar a partir del presente trabajo, dando de esta manera oportunidades laborales tanto a personas con experiencia laboral como a quienes inicien su vida profesional. También, se busca de esta manera que la industria de productos alimenticios que necesite refrigeración cuente con respaldo y asesoría sobre conservación de alimentos perecederos, optimización de ingresos y costos, beneficios por buen manejo de condiciones higiénicas y calidad entre otras, para que de esta manera esta industria tenga un aporte de forma positiva a la economía colombiana y se logre que el gobierno le dé mayor importancia a los sectores que abarcan la economía agroindustrial.

El análisis de la importancia del tema conlleva a la necesidad de constituir una empresa que sea capaz de dar apoyo desde una base ingenieril, adecuando sistemas de refrigeración y mantenimiento que cumplan a cabalidad con los requerimientos que demandan los sectores industriales mencionados o mejorar los que ya se tienen instalados, de esta manera se evitará que se sigan desperdiciando toneladas de productos perecederos y se aportará para que estos sectores sigan creciendo a través del tiempo.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Determinar la factibilidad para la creación de una empresa dedicada al diseño, construcción, montaje y mantenimiento de sistemas de refrigeración industrial; a partir del planteamiento de un plan de negocio.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar, mediante un estudio de mercados, la viabilidad para la creación de una empresa dedicada a la refrigeración industrial.

⁸ FIMECHE, Prf Ian M. Arbon Ceng Cenv, AYRES, Micheal, CAMPBELL, Richard, FAZEKAS, Dr. Dora and FIMECHE, Dr. Tim Fox Ceng Cenv. A TANK OF COLD : CLEANTECH LEAPFROG TO A MORE FOOD SECURE WORLD . [online]. 2015. Available from: <http://www.imeche.org/policy-and-press/reports/detail/a-tank-of-cold-cleantech-leapfrog-to-a-more-food-secure-world>

- Desarrollar mediante un estudio técnico un prototipo que responda a las necesidades del consumidor objeto.
- Determinar el costo final del proyecto basado en los resultados obtenidos en el estudio técnico.

1.5. ALCANCE Y LIMITACIONES

1.5.1. Alcance

El plan de negocio que se presenta a continuación tiene como alcance la formulación y evaluación técnica y financiera para la creación de una empresa dedicada a la refrigeración industrial, enfocada en los alimentos perecederos que se producen en el departamento de Cundinamarca. El aspecto fundamental que se trabaja en este documento es la viabilidad de ejecutar una idea de negocio que aporte a la tecnificación del sector agroindustrial y además de ello potencialice al mismo, para que se convierta en uno de los pilares fundamentales de la economía colombiana.

El proyecto se limitará a estudiar la viabilidad y factibilidad de implementar una empresa de refrigeración con bases sólidas en la ingeniería mecánica, que sea capaz de brindar asesoría y soluciones eficientes en los eslabones de almacenamiento y post-cosecha de la cadena de frío, mediante el diseño, fabricación, montaje y mantenimiento de cámaras frigoríficas o cuartos fríos, de acuerdo a las necesidades del cliente, garantizando la preservación y calidad de sus productos. Es importante resaltar que este documento no involucra la ejecución del proyecto.

1.5.2. Limitaciones

Falta de información, datos y estadísticas actualizadas respecto a la temática trabajada en el proyecto, por parte de entidades oficiales de los sectores agroindustrial y de refrigeración. Debido a esto y al poco conocimiento en general de los temas manejados en el proyecto la adquisición de datos se convierte en un proceso más complicado y selectivo.

Es importante resaltar que la investigación realizada contiene datos estadísticos basados en épocas de clima normales, no contempla fenómenos climatológicos que puedan afectar las cosechas que cambien de alguna forma dichos datos.

2. ESTUDIO DE MERCADOS

2.1. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Teniendo en cuenta que: “producto” se define, como: todo objeto que se puede ofrecer en un mercado para su atención, adquisición, uso o consumo, y que podrá satisfacer un deseo o una necesidad; y que de igual forma un producto también puede ser un servicio que se presta⁹. Por lo tanto, partiendo de esta definición la empresa ofrecerá dos servicios los cuales estarán dirigidos a todo el sector que tenga manejo de productos perecederos o que necesiten sistemas de refrigeración, estos son explicados a continuación respectivamente.

2.1.1. Diseño, fabricación y montaje de cuartos fríos

La línea de diseño, fabricación y montaje, está encaminada a entregar como producto final cuartos fríos de alta calidad que respondan a las expectativas propias del cliente; partiendo de su definición se tiene que un cuarto frío es un lugar determinado para la manipulación de productos frescos y productos no elaborados, con temperaturas muy inferiores a las de su entorno. En la industria de alimentos, los cuartos fríos deben mantener una temperatura constante que permita la buena conservación de los alimentos. Para eso se cuenta con varios dispositivos que controlan no solo la temperatura, sino también la humedad relativa, el tiempo refrigerado, entre otras variables.

Los cuartos fríos constarán con elementos diferenciadores de acuerdo al tipo de producto que se almacenará, puesto que no todos los productos manejan el mismo tipo de propiedades para su conservación. El producto estará dirigido a impactar sectores como el de las frutas, las hortalizas, los cárnicos, la pescadería, la pastelería entre otros que requieran que sus productos sean producidos en temperaturas inferiores al ambiente externo, por lo tanto, se manejan temperaturas de operación como las que se observan en Tabla 1 de acuerdo al producto y los requerimientos del cliente.

Tabla 1 Temperaturas de refrigeración de los Cuartos Fríos

TIPOS DE CUARTOS FRIOS	TEMPERATURA DE OPERACIÓN	TIPO DE PRODUCTOS
Conservación de frutas	[5°C, -5°C]	Frutas, hortalizas, flores, productos lácteos, alcohol, chocolate, arroz, vino, huevos frescos, carne fresca.
Conservación de pescado	[-10°C, -20°C]	Pescado congelado, carne congelada, pollo congelado, huevos congelados.
Almacenamiento de productos	[-20°C, -35°C]	Pescado fresco y congelar los productos de arroz, los helados y así

⁹ MURCIA, Jairo. *PROYECTOS Formulación y criterios de evaluación*. 2009. ISBN 978-958-682-750-8.

		como de almacenamiento a baja temperatura.
Congelación	[10°C, -60°C]	Bio-farmacéutica, y frigorífico de baja temperatura de tratamiento en frío.

Fuente. Universidad Nacional Abierta y Distancia.¹⁰

Básicamente los cuartos fríos ofrecidos se componen de la unión de paneles aislantes en poliuretano acoplados los unos a los otros con dispositivos mecánicos, recubiertos de diferentes láminas de metal para el acabado interior como exterior del mismo, respetando la normativa establecida para la conservación del respectivo producto. De igual forma, contarán con una puerta principal y puertas secundarias, además también tendrán sistemas electrónicos con los cuales se podrá controlar la temperatura dentro del interior del cuarto frío, todo esto se hará de acuerdo a las necesidades y requerimientos del cliente. En la Figura 1 se observa el modelo preliminar de lo que será el producto final de acuerdo a las características explicadas anteriormente.

Figura 1. Modelo preliminar de un cuarto frío



Fuente. Unifrio S.A¹¹

2.1.2. Mantenimiento de sistemas de refrigeración de cuartos fríos

La segunda línea de negocio está encaminada a prestar servicio de mantenimiento a los sistemas de refrigeración de cualquier tipo de cuartos fríos, este servicio se desarrolla mediante la implementación de planes de mantenimiento periódicos los cuales se desarrollan bajo las modalidades de mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo y correctivo, de acuerdo a las necesidades y condiciones del usuario. Para ello se entrega un cronograma inicial el cual se observa en la Tabla

¹⁰UNAD. LECCION 39 CUARTOS FRIOS. [online]. [Accessed 2 February 2017]. Available from: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211618/EXELARNING/leccion_39_cuartos_frios.html

¹¹ UNIFRIO. Cuarto Frío. [online]. [Accessed 17 February 2017]. Available from: <http://www.cuartofrio.mx/>

2, el cual estará propenso a cambios dependiendo a las dimensiones del cuarto frío y tiempo de funcionamiento del mismo.

Tabla 2 Programa de mantenimiento para cuartos fríos

ACTIVIDAD	FRECUENCIA
Sistemas de alarma	Diariamente
Eliminación de agua, hielo y nieve de los agujeros del techo	Diariamente
Compruebe el funcionamiento de los cierres de las puertas	Semanalmente
Alarma de fuego	Semanalmente
Compruebe el funcionamiento de las salidas de emergencia	Semanal o según se requiera por la legislación
Inspección "Walk round"	Mensualmente
Inspección de los sellos de vapor de los paneles del techo	Trimestralmente
Inspección de los sellos de vapor de los paneles de las paredes	Semestralmente
Sistemas mecánicos	Anualmente como máximo
Inspección de las barras de suspensión del panel del techo de la cámara frigorífica y sus accesorios	Anualmente
Análisis termográfico	En la puesta en marcha y posteriormente cada cinco años
Sistemas eléctricos	Cinco años
Encuesta de condición profesional	Diez años

Fuente. Maintenance of refrigeration equipment¹²

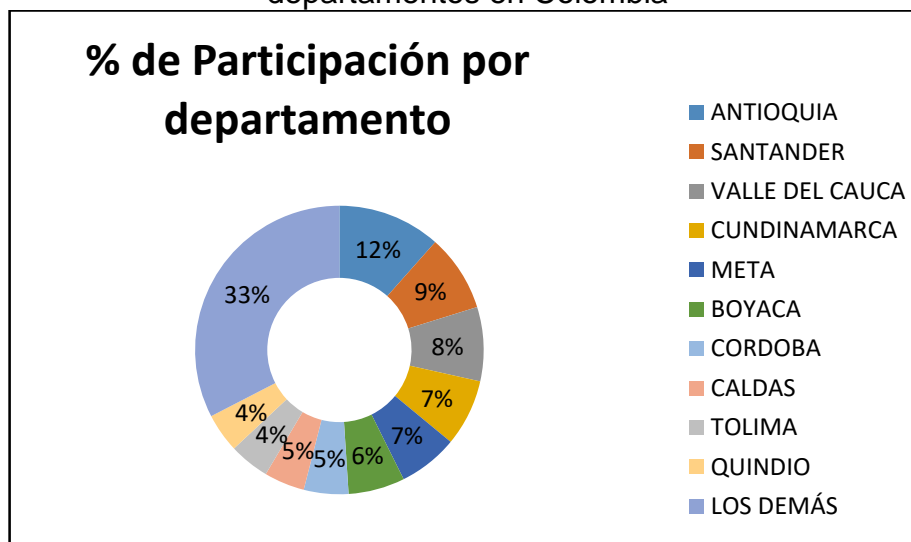
Es importante resaltar que estos intervalos se aplican solo si se tiene un funcionamiento totalmente óptimo; si se presenta alguna anomalía se debe actuar de inmediato para evitar afectaciones en los productos que se refrigeran, además también se debe llevar un control diario de las mismas.

2.2. ZONA DE INFLUENCIA

La zona de influencia seleccionada para el desarrollo del plan de negocio es el Departamento de Cundinamarca, junto con el Distrito Capital de Bogotá (Bogotá-Cundinamarca) debido a que según los estudios realizados por la Asociación de Horticultores y Fruticultores de Colombia (ASOHOFRUCOL) este se ubica como el cuarto territorio con mayor porcentaje de participación en la producción de frutas y hortalizas en el país como se observa en la Figura 2.

¹² VACCINE, W H O. Maintenance of refrigeration equipment. . 2014. No. 961

Figura 2. Grafico porcentual de producción de frutas y hortalizas por departamentos en Colombia



Fuente. ASOHOFRUCOL¹³

De igual manera en el departamento de Cundinamarca se encuentra la ciudad de Bogotá que de acuerdo al más reciente Boletín Mensual de Abastecimiento de Alimentos que se observa en la Tabla 3, es la ciudad de Colombia que acopia el mayor número de toneladas de alimentos del país.

Tabla 3. Variación en el abastecimiento de alimentos según ciudad y mercado mayorista 2016 (octubre-noviembre)

CIUDAD	CENTRAL	OCTUBRE (t)	NOVIEMBRE (t)
Armenia	Mercar	9.031	8.234
Barranquilla	Barranquillita	29.340	28.285
Barranquilla	Granabastos	7.416	6.955
Bogotá	Corabastos	166.209	197.132
Bogotá	Las Flores	3.189	3.106
Bucaramanga	Centroabastos	33.642	30.529
Cali	Santa Helena	24.650	23.710
Cali	Cavasa	18.912	17.217
Cúcuta	Cenabastos	18.755	16.813
Cúcuta	La Nueva Sexta	1.683	1.094
Ipiales	Centro de Acopio	6.292	6.520
Ipiales	Ipiales Somos Todos	n.d.	2.403
Medellín	CMA	71.195	69.363
Medellín	Plaza Minorista José María Villa	15.056	14.208
Neiva	Surabastos	7.532	7.604

¹³ ASOHOFRUCOL. Área sembrada, producción y rendimientos. [online]. [Accessed 22 December 2016]. Available from: <http://www.asohofrucol.com.co/interna.php?cat=3&scat=33&act=1>

Pasto	El Potrerillo	n.d.	10.608
Pereira	Mercasa	10.316	10.503
Tunja	Complejo de Servicios del Sur	6.114	7.414
Villavicencio	CAV	6.644	6.565
TOTAL		435.978	467.992

Fuente. Sipsa - DANE¹⁴

Figura 3. Mapa de Bogotá - Cundinamarca



Fuente. Contraloría General de la Nación¹⁵

Cundinamarca es uno de los 32 Departamentos de Colombia, con una extensión de tierra de 22.478 Km² en donde se identifican 15 diferentes provincias tal como se muestra en la Figura 3, las mismas agrupan a 117 municipios. También es importante resaltar que por su diversidad de climas que oscilan desde extremadamente fríos a extremadamente cálidos y variedad de suelos hacen que Cundinamarca sea uno de los Departamentos favorables para actividades agrícolas y ganaderas en donde sobresale la producción de flores y el actual crecimiento en la producción de hortalizas con una participación a nivel de exportación del 42,9% entre Cundinamarca y Bogotá DC.¹⁶

¹⁴ DANE-DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS. Ingreso de alimentos a los principales mercados del país entre octubre y noviembre de 2016. . 2016. P. 1–10.

¹⁵ CONTRALORIA GENERAL DE LA NACIÓN. Agenda Ciudadana “Generación de ingresos rurales en la sabana de Cundinamarca”. . 2010. P. 1–37.

¹⁶ PROCOLOMBIA. Logística de perecederos y cadena de frío en Colombia. *Cartilla Cadena de Frío* [online]. 2014. P. 112. Available

from: http://www.colombiatrader.com.co/sites/all/modules/custom/mccann/mccann_ruta_exportadora/files/06-cartilla-cadena-frio.pdf

2.3. PERFIL DEL CONSUMIDOR

El consumidor principal gira entorno a los productores de frutas y hortalizas, y en los grandes comercializadores de los centros de acopio más grandes de Bogotá-Cundinamarca. Es por eso que se realizó una investigación en ASOHOFrucol debido a que esta cubre a los productores de la mayor variedad de productos perecederos; en la Tabla 4, se observa una clasificación del número de productores afiliados por departamento, de esta se analiza que la región de Bogotá-Cundinamarca es el segundo territorio con mayor número de productores. Es importante aclarar que, aunque ASOHOFrucol es la asociación más grande de hortifruticultores del país, lastimosamente solo abarca el 9,8% del total de los productores, tanto así que el director de investigación de esta entidad para Bogotá-Cundinamarca afirma que aproximadamente existen alrededor de 9.970 productores entre grandes y pequeños.

Tabla 4. Productores afiliados a ASOHOFrucol

DEPARTAMENTO	Nº DE PRODUCTORES
Huila	1.004
Cundinamarca	977
Nariño	506
Tolima	394
Meta	385
Norte de Santander	247
Valle del Cauca	224
Risaralda	209
Antioquia	204
Santander	122
Boyacá	115
Córdoba	112
Quindío	109
Atlántico	105
Cauca	105
Sucre	96
Bolívar	77
Casanare	63
La Guajira	54
Caldas	51
Cesar	37
Magdalena	6
TOTAL	3.750

Fuente. Atención al usuario ASOHOFrucol

El segundo punto de atención se centra en empresas de otros sectores que manejen sistemas de refrigeración y cuartos fríos, tales como son las fincas productoras de flores, que como se observa en la Tabla 5, Bogotá-Cundinamarca maneja el mayor

porcentaje de área sembrada de flores del país con un 70,5%, lo que convierte a este sector en un nicho apropiado para comercializar los servicios ofertados.

Tabla 5. Área sembrada en flores, según reporte Instituto Colombiano Agropecuario ICA, departamentos de mayor influencia

ICA (2009)	%	ÁREA EN FLORES REPORTADA (ha)
Nacional	100,0	7849,0
Cundinamarca	70,5	5532,0
Antioquia	18,5	1450,9
Valle	5,3	417,1
Risaralda	2,4	192,0
Caldas	1,4	112,3
Boyacá	1,0	78,6
Otros	0,8	66,1

Fuente. Censo de Fincas Productoras de Flores En 28 municipios de la Sabana de Bogotá y Cundinamarca 2009 - DANE¹⁷

Por último, se tendrá también como estrategia atraer nuevos clientes de diferentes sectores que requieran de sistemas de refrigeración para la conservación o producción de sus productos, dentro de los cuales se encuentran empresas de lácteos, de cárnicos, de fármacos, entre muchas otras.

2.4. ANALISIS DEL SECTOR

Según el Ministerio de Salud y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2012), en Colombia, durante el año 2010 se desperdiciaron en la post-cosecha 1.426.932 toneladas de alimentos, distribuidos entre fruta y verdura¹⁸ como se observa en la Tabla 6. Lo cual permite observar que hay un amplio mercado para intervenir debido a que existe una gran escases de sistemas de refrigeración que conserven estos productos, para así evitar estas pérdidas que impactan de manera negativa en diferentes sectores de la sociedad.

¹⁷ DANE. Censo de Fincas Productoras de Flores En 28 municipios de la Sabana de Bogotá y Cundinamarca 2009. *Dane* [online]. 2010. P. 1–59. Available from: http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/flores/Informe_resultados_2009.pdf datos estadísticos del censo a fincas productoras de flores

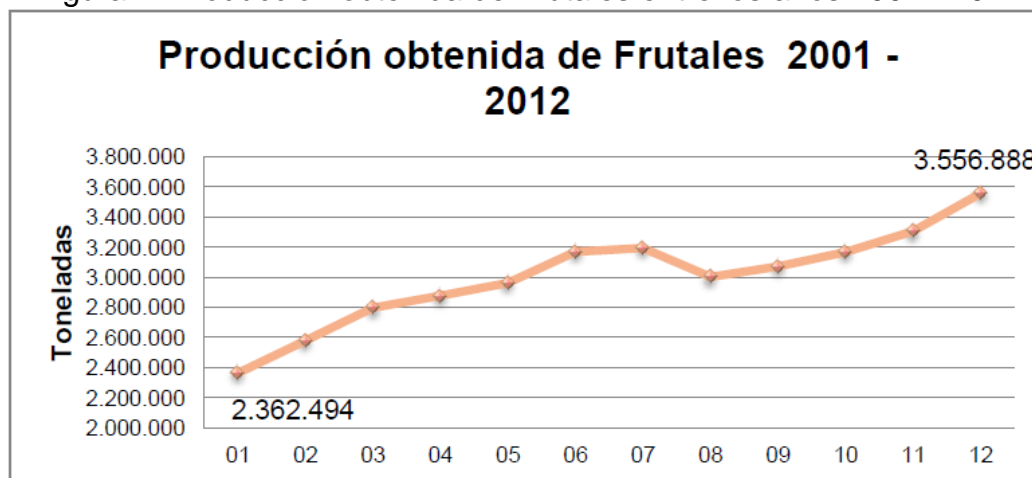
¹⁸ SUÁREZ, Ana. El Hambre y el desperdicio de alimentos en Colombia: reto de logística inversa y responsabilidad social. *EDITORIAL. LOGÍSTICA. LA* [online]. 2014. [Accessed 23 December 2016]. Available from: <https://editorial.logistica.la/2014/10/19/el-hambre-y-el-desperdicio-de-alimentos-en-colombia-reto-de-logistica-inversa-y-responsabilidad-social/>

Tabla 6. Distribución de pérdidas de alimentos entre frutas y verduras

PRODUCTO	TONELADAS TOTAL	PORCENTAJE
Frutas	1.154.923	22,93%
Verduras	272.009	16,30%

Fuente. El Hambre y el desperdicio de alimentos en Colombia: reto de logística inversa y responsabilidad social.¹⁹

Figura 4. Producción obtenida de Frutales entre los años 2001 - 2012



Fuente. Procolombia. Logística de perecederos y cadena de frío en Colombia²⁰

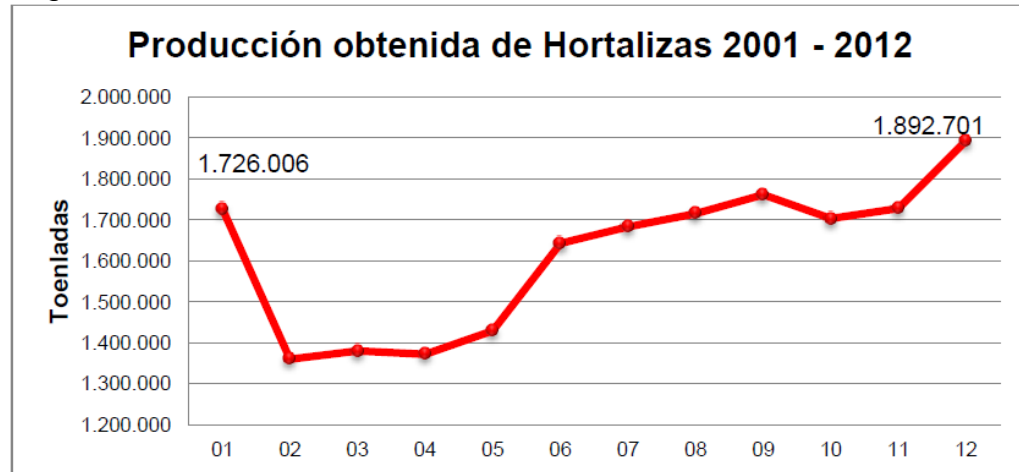
Como se observa en la Figura 4 y Figura 5, durante los últimos años la producción tanto de frutas como de hortalizas ha venido creciendo anualmente debido a los diferentes programas de apoyo por parte del gobierno para incentivar a los productores, lo que conlleva a la tecnificación de los procesos para poder solucionar los problemas de pérdidas que aumentan de una manera proporcional al incremento de la producción. Actualmente, ante el fuerte problema que se está observando el gobierno nacional ha decidido implementar el programa “Desperdicio Cero” con el que se busca evitar la pérdida de comida en todos los eslabones desde el productor hasta el consumidor, financiando y acompañando a los productores en la compra de maquinaria que permita la conservación adecuada de los alimentos. Según indicó el Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural (Aurelio Iragorri), se quiere reducir las pérdidas en las cadenas de distribución y suministro. Se disminuirán los desperdicios con mejoras en manejo de pos cosecha, empaque y transporte

¹⁹ Ídem

²⁰ PROCOLOMBIA. Logística de perecederos y cadena de frío en Colombia. *Cartilla Cadena de Frío* [online]. 2014. P. 112. Available from: http://www.colombiatrader.com.co/sites/all/modules/custom/mccann/mccann_ruta_exportadora/files/06-cartilla-cadena-frio.pdf

adecuado. El manejo preventivo de la sanidad agrícola y pecuaria reducirá el riesgo de enfermedades en productos.²¹

Figura 5. Producción obtenida de Hortalizas entre los años 2001 -2012



Fuente. Procolombia. Logística de perecederos y cadena de frío en Colombia²²

Por lo tanto, se observa que, aunque por muchos años este sector ha sido olvidado por parte del gobierno, aporta mucho a la economía del país que ha venido creciendo de manera positiva durante los últimos años y aunque se ha desarrollado con bastantes falencias, está empezando a atravesar un periodo de cambio que tendrá un impacto positivo no solo en el mismo sino en otros sectores que le competen directa e indirectamente.

2.5. ANALISIS DE LA COMPETENCIA

El sector del aire acondicionado y la refrigeración se conoce hace mucho tiempo a nivel mundial, en Colombia aún no se ha desarrollado en su totalidad, de allí que exista una gran cantidad de competidores que en su mayoría sean de naturaleza informal que manejan muy bajos estándares de calidad y que en algunas ocasiones desconocen la normatividad establecida para estos temas. Actualmente, existen pocas empresas que se dedican a la refrigeración industrial, sin embargo de acuerdo al registro de la Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE)²³ se identificaron cuatro empresas en la ciudad de Bogotá dedicadas a esto, las cuales son:

²¹ Gobierno lanza programa “Desperdicio Cero” y adopta medidas frente a la pérdida de comida. [online]. [Accessed 23 December 2016]. Available from: <http://es.presidencia.gov.co/noticia/161125-Gobierno-lanza-programa-Desperdicio-Cero-y-adopta-medidas-frente-a-la-perdida-de-comida>

²² Gobierno lanza programa “Desperdicio Cero” y adopta medidas frente a la pérdida de comida. [online]. [Accessed 23 December 2016]. Available from: <http://es.presidencia.gov.co/noticia/161125-Gobierno-lanza-programa-Desperdicio-Cero-y-adopta-medidas-frente-a-la-perdida-de-comida>

²³ ACAIRE. MIEMBROS | ACAIRE. [online]. [Accessed 2 January 2017]. Available from: <http://acaire.org/acaire/miembros/>

- RPH Ingeniería y Construcción Ltda.
- Proyetec Colombia Ltda.
- Ingeniería de Refrigeración Industrial Rojas Hermanos S.A.
- Alfrio Ltda.

Con el objeto de identificar los aspectos más importantes que afectan directamente el mercado y permita desarrollar una estrategia y una organización que aporte soluciones a la problemática presentada, se elabora una matriz DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas, Aptitudes) la cual arrojará la posición en la que se encuentra el proyecto respecto a sus competidores y se pueden evidenciar en la Tabla 7, Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10.

Tabla 7. Análisis DOFA, RPH Ingeniería y Construcción LTDA

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Poca experiencia en el sector de refrigeración industrial. • Déficit de alianzas estratégicas. • Poca promoción en el mercado. • Costes unitarios más elevados que los competidores directos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Posicionarse como una de las mejores empresas en el sector de la refrigeración industrial en Colombia. • Encontrar nuevos socios estratégicos a nivel internacional. • Posicionarse como comercializadora autorizada de marcas internacionales.
FORTALEZAS	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Cuenta con certificaciones de calidad como lo es la ISO 9001. • Buena estrategia de mercadeo por medios. • Personal altamente calificado para los proyectos. • Respaldo de marcas importantes nacionales e internacionales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Empresas con mayor experiencia en el sector de aire acondicionado y refrigeración. • Competencia desleal, talleres que no cumplen con normatividad establecida.

Fuente. Autor

Tabla 8. Análisis DOFA, Proyetec Colombia LTDA

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Pocos años en el sector comercial respecto a otras empresas. • La información suministrada en página web sobre sus servicios y productos es poca. • Poca publicidad. • Solo cuenta con sede en Bogotá. 	<ul style="list-style-type: none"> • Posicionarse como una de las mejores empresas en el sector del aire acondicionado. • Encontrar nuevos socios estratégicos a nivel internacional. • Ampliar más su mercado y su experiencia en el sector • Posicionarse como comercializadora autorizada de marcas internacionales.

FORTALEZAS	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Certificaciones de calidad en sus productos y servicios. • Cuenta con servicio a nivel nacional. • Respaldo de marcas importantes nacionales e internacionales. • Personal altamente calificado para los proyectos. • Clientes altamente reconocidos dentro de la industria colombiana. 	<ul style="list-style-type: none"> • Empresas con menor experiencia en el sector de aire acondicionado y refrigeración. • Competencia desleal, talleres que no cumplen con normatividad establecida.

Fuente. Autor

Tabla 9. Análisis DOFA, Ingeniería de Refrigeración Industrial Rojas Hnos. S.A.

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • La información suministrada en página web sobre sus servicios y productos es muy poca. • Poca publicidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Posicionarse como la mejor empresa del sector de la refrigeración en Colombia. • Innovación en tecnología referente al sector. • Encontrar nuevos socios estratégicos a nivel internacional. • Ampliar su mercado a otros países. • Posicionarse como comercializadora número uno autorizada de marcas internacionales.
FORTALEZAS	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Certificaciones de calidad en sus productos. • Cuenta con servicio a nivel nacional. • Respaldo de marcas importantes nacionales e internacionales. • Personal altamente calificado para los proyectos. • Clientes reconocidos dentro de la industria colombiana. • Muchos años de experiencia en el sector. • Sedes de atención en diferentes ciudades del país. • Se encuentra vinculado a asociaciones importantes de refrigeración tanto a nivel nacional como internacional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Empresas con menor experiencia en el sector de aire acondicionado y refrigeración. • Competencia desleal, talleres que no cumplen con normatividad establecida.

Fuente. Autor

Tabla 10. Análisis DOFA, Alfrio S.A.S

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • La información suministrada en página web sobre sus servicios y productos es muy poca. • Cuenta con solo sede de atención en Bogotá. 	<ul style="list-style-type: none"> • Posicionarse como la mejor empresa del sector de la refrigeración en Colombia. • Innovación en tecnología referente al sector. • Encontrar nuevos socios estratégicos a nivel internacional. • Posicionarse como comercializadora número uno autorizada de marcas internacionales.
FORTALEZAS	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Certificaciones de calidad en sus productos. • Diversificación de líneas de negocio. • Cuenta con servicio a nivel nacional. • Respaldo de marcas importantes nacionales e internacionales. • Personal altamente calificado para los proyectos. • Clientes reconocidos dentro de la industria colombiana. • Muchos años de experiencia en el sector. 	<ul style="list-style-type: none"> • Empresas con mayor y menor experiencia, certificadas en el sector de aire acondicionado y refrigeración. • Competencia desleal, talleres que no cumplen con normatividad establecida.

Fuente. Autor

2.6. DEMANDA HISTÓRICA

Para determinar la demanda histórica del sector de la refrigeración en la zona de influencia expuesta, lo primero que se realizó fue una investigación de cuáles son las frutas y hortalizas que se cultivan en la región de Bogotá-Cundinamarca, teniendo en cuenta el número de toneladas producidas anualmente de cada uno de ellos, los resultados de esta investigación se observan en la Tabla 11 y Tabla 12, en ellas se evidencia que esta región produce alrededor de 20 tipos de frutas y 13 tipos de hortalizas.

Tabla 11. Frutas cultivadas y producción anual en la región de Bogotá-Cund.

CULTIVO	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Aguacate	1.091	2.018	480	1.493	1.649	3.046	3.567	3.981
Banano	44.838	28.092	32.729	31.704	43.014	28.597	35.882	36.773
Chirimoya	19	0	0	0	0	0	0	0

Ciruela	0	0	0	83	68	0	0	0
Curuba	1.426	1.190	726	854	464	86	109	224
Durazno	4.389	4.260	2.826	2.008	2.028	908	1.238	1.253
Feijoa	24	16	6	19	3	11	65	66
Fresa	20.432	22.423	31.117	23.937	28.545	22.783	22.563	22.869
Granadilla	4.507	9.468	7.368	6.326	3.398	2.768	1.975	2.518
Guayaba	1.868	1.888	2.282	2.190	2.940	3.831	3.748	3.756
Limón	0	280	301	428	234	220	325	329
Mandarina	14.791	10.791	11.026	9.850	6.551	4.117	4.125	4.297
Mango	62.593	66.320	64.988	66.970	68.116	90.154	90.444	90.790
Manzana	0	0	8	0	18	18	21	20
Maracuyá	3.169	473	1.000	1.828	1.815	1.553	1.689	1.897
Mora	30.936	34.074	34.219	26.581	22.843	25.946	25.099	25.436
Naranja	37.611	39.437	23.323	24.143	16.004	11.654	11.131	11.210
Papaya	39	1.050	1.144	383	805	102	210	210
Piña	4.055	10.040	8.744	11.466	17.731	22.030	23.410	23.616
Tomate de árbol	16.105	16.775	38.798	28.563	34.910	46.645	42.120	43.170

Fuente. Anuario de frutas y hortalizas 2011²⁴, Agronet²⁵

Tabla 12. Hortalizas cultivadas y producción anual en la región de Bogotá- Cund.

CULTIVO	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ajo	1.426	875	768	1.287	871	471	540	923
Apio	18.190	13.015	7.784	535	2.593	5.880	5.789	5.625
Brócoli	7.753	8.006	6.436	2.741	3.401	7.936	8.067	7.635
Calabaza	2.850	700	450	3.267	3.493	4.608	5.409	5.238
Cebolla Cabezona	60.657	41.850	48.435	61.932	48.984	71.038	54.099	54.518
Cebolla Junca	516	240	345	663	325	21	857	546
Coliflor	1.420	1.478	4.175	2.525	3.223	3.213	3.007	2.740
Espinaca	3.264	4.079	7.172	9.532	7.074	7.280	7.016	9.060
Habichuela	16.623	32.353	29.920	18.474	21.536	25.868	27.576	30.641
Lechuga	21.867	42.474	42.980	31.471	34.277	53.915	50.270	46.497
Pepino Guiso	1.440	6.999	4.105	5.033	6.122	3.585	4.239	3.366
Rábano	75	113	84	132	132	182	268	329
Repollo	13.247	28.699	25.597	20.662	17.602	19.440	21.586	18.573
Tomate	40.480	42.186	43.171	44.159	45.145	55.143	48.109	19.282
Zanahoria	109.434	127.362	130.003	109.208	101.505	77.686	79.068	73.875

Fuente. Anuario de frutas y hortalizas 2011²⁶, Agronet²⁷

²⁴ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. *Resultados Evaluaciones Agropecuarias Municipales 2011* [online]. 2011. ISBN 9789588536118. Available from: <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estadísticas.aspx>

²⁵ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Agronet Inicio. [online]. 2016. [Accessed 17 February 2017]. Available from: <http://www.agronet.gov.co/Paginas/default.aspx>

²⁶ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. *Resultados Evaluaciones Agropecuarias Municipales 2011* [online]. 2011. ISBN 9789588536118. Available from: <http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estadísticas.aspx>

²⁷ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Agronet Inicio. [online]. 2016. [Accessed 17 February 2017]. Available from: <http://www.agronet.gov.co/Paginas/default.aspx>

Luego de tener la información mencionada anteriormente, se investiga la cantidad de refrigeración requerida para la conservación adecuada de estos alimentos, esto se hace mediante la selección de una unidad técnica de refrigeración, para este proyecto se selecciona la TRF (Tonelada de Refrigeración). En las Tabla 13 y Tabla 14 se puede observar en detalle la demanda de refrigeración por tonelada de cada tipo de producto.

Tabla 13. Demanda de refrigeración por tipo de fruta

CULTIVO	VATIOS/Tn	BTU/Tn	TRF/Tn
Aguacate	464	1.583,23	0,132
Banano	164	559,29	0,047
Chirimoya	1.480	5.049,96	0,421
Ciruela	105	358,27	0,030
Curuba	591	2.016,57	0,168
Durazno	325	1.108,94	0,092
Feijoa	149	508,40	0,042
Fresa	245	835,97	0,070
Granadilla	106	361,68	0,030
Guayaba	413	1.409,21	0,117
Limón	47	160,37	0,013
Mandarina	60	204,72	0,017
Mango	166	566,41	0,047
Manzana	92	313,91	0,026
Maracuyá	531	1.811,84	0,151
Mora	214	730,19	0,061
Naranja	67	228,61	0,019
Papaya	71	242,26	0,020
Piña	59	201,31	0,017
Tomate de árbol	71	242,26	0,020

Fuente. Procesamiento de alimentos²⁸

Tabla 14. Demanda de refrigeración por tipo de hortaliza

CULTIVO	VATIOS/Tn	BTU/Tn	TRF/Tn
Ajo	81	276,38	0,023
Apio	110	375,33	0,031
Brócoli	532	1.815,25	0,151
Calabaza	269	917,86	0,076
Cebolla Cabezona	21	71,65	0,006
Cebolla Junca	288	982,69	0,082

²⁸ ORREGO, Carlos. E. *Procesamiento De Alimentos*. 2003. ISBN 9589322808.

Coliflor	242	825,73	0,069
Espinaca	357	1.218,13	0,102
Habichuela	276	941,75	0,078
Lechuga	149	508,40	0,042
Pepino Guiso	98	334,38	0,028
Rábano	109	371,92	0,031
Repollo	169	576,65	0,048
Tomate	66	225,20	0,019
Zanahoria	117	399,22	0,033

Fuente. Procesamiento de alimentos²⁹

Luego de tener la información mostrada anteriormente, se pasa a realizar una relación entre las TRF y las toneladas de producción de cada tipo de alimento por cada uno de los años presentados en las tablas anteriores, mediante esta relación se logra obtener la Tabla 15 y la Tabla 16 donde se observa el número total de toneladas de refrigeración demandadas anualmente de frutas y de hortalizas en la región de Bogotá-Cundinamarca.

Tabla 15. Demanda total de TRF anual de frutas

CULTIVO	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Aguacate	144	266	63	197	218	402	471	525
Banano	2.107	1.320	1.538	1.490	2.022	1.344	1.686	1.728
Chirimoya	8	0	0	0	0	0	0	0
Ciruela	0	0	0	2	2	0	0	0
Curuba	240	200	122	143	78	14	18	38
Durazno	404	392	260	185	187	84	114	115
Feijoa	1	1	0	1	0	0	3	3
Fresa	1.430	1.570	2.178	1.676	1.998	1.595	1.579	1.601
Granadilla	135	284	221	190	102	83	59	76
Guayaba	219	221	267	256	344	448	439	439
Limón	0	4	4	6	3	3	4	4
Mandarina	251	183	187	167	111	70	70	73
Mango	2.942	3.117	3.054	3.148	3.201	4.237	4.251	4.267
Manzana	0	0	0	0	0	0	1	1
Maracuyá	479	71	151	276	274	235	255	286
Mora	1.887	2.079	2.087	1.621	1.393	1.583	1.531	2
Naranja	715	749	443	459	304	221	211	213
Papaya	1	21	23	8	16	2	4	4
Piña	69	171	149	195	301	375	398	401
Tomate de árbol	322	336	776	571	698	933	842	863
TOTAL	11.353	10.984	11.525	10.591	11.254	11.629	11.937	12.190

Fuente. Autor

²⁹ ORREGO, Carlos. E. *Procesamiento De Alimentos*. 2003. ISBN 9589322808.

Tabla 16. Demanda total de TRF anual de hortalizas

CULTIVO	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ajo	33	20	18	30	20	11	12	21
Apio	569	407	243	17	81	184	181	176
Brócoli	1.173	1.211	974	415	514	1.200	1.220	1.155
Calabaza	218	54	34	250	267	352	414	401
Cebolla Cabezona	362	250	289	370	292	424	323	326
Cebolla Junca	42	20	28	54	27	2	70	45
Coliflor	98	102	287	174	222	221	207	189
Espinaca	331	414	728	968	718	739	712	920
Habichuela	1.305	2.539	2.348	1.450	1.690	2.030	2.164	2.405
Lechuga	926	1.799	1.821	1.333	1.452	2.284	2.130	1.970
Pepino Guiso	40	195	114	140	171	100	118	94
Rábano	2	4	3	4	4	6	8	10
Repollo	637	1.379	1.230	993	846	934	1.037	893
Tomate	760	792	810	829	847	1.035	903	362
Zanahoria	3.641	4.237	4.325	3.633	3.377	2.584	2.630	2.458
TOTAL	10.136	13.422	13.253	10.659	10.529	12.107	12.131	11.422

Fuente. Autor

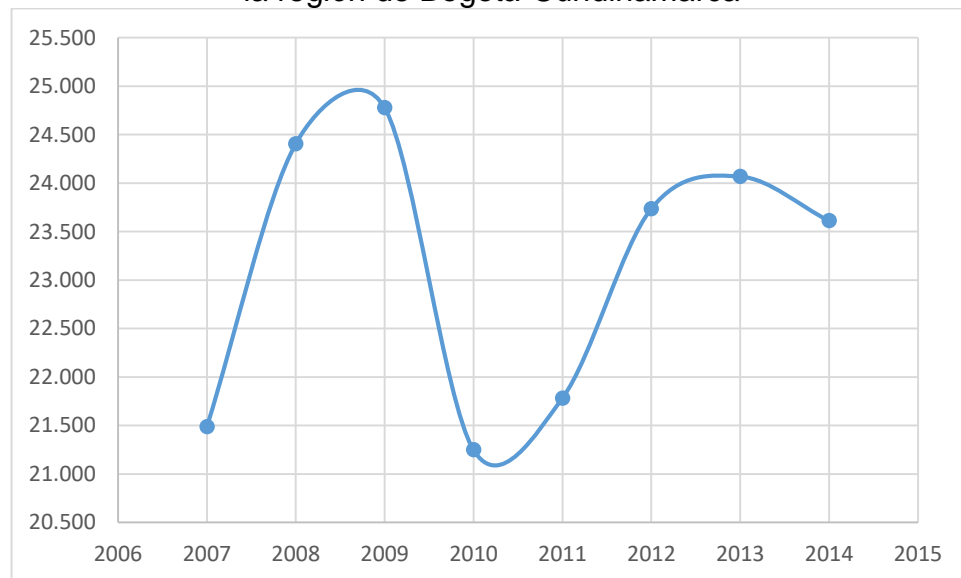
Por último, después de tener la demanda total de toneladas de refrigeración anual tanto de frutas y hortalizas, se pasa a realizar un consolidado final que se observa en la Tabla 17 donde se observa las toneladas de refrigeración total demandadas en la zona de influencia establecida.

Tabla 17. Demanda histórica anual de Toneladas de refrigeración

AÑO	TRF
2007	21.489
2008	24.406
2009	24.778
2010	21.250
2011	21.783
2012	23.736
2013	24.068
2014	23.612

Fuente. Autor

Figura 6. Demanda histórica del sector agrícola en Toneladas de Refrigeración en la región de Bogotá-Cundinamarca



Fuente. Autor

En la Figura 6 se muestra el comportamiento de la demanda histórica del sector de frutas y hortalizas con respecto a las toneladas de refrigeración en la región de Bogotá-Cundinamarca de esta se puede concluir que siempre ha tenido una tendencia a crecer, sin embargo entre el año 2009 y 2010 se observa una fuerte caída, esto debido a que a en estos años, Colombia se vio afectada por el fenómeno del niño y el fenómeno de la niña, lo que conllevó a una afectación directa en los producción de estos alimentos y de igual forma afecta todos los sectores que se ven involucrados, lo cual se ve representando en la figura mencionada.

2.7. MERCADO POTENCIAL

2.7.1. Cálculo de la población

La población que se desea alcanzar es la de todos los productores de frutas y verduras ubicados en el Departamento de Cundinamarca, según el estudio de mercado existen 9.970 productores de frutas y verduras en el Departamento de acuerdo a la información suministrada por ASOHOFrucol.

2.7.2. Diseño de la encuesta

La encuesta que se aplicó consta de 8 preguntas, lo suficientemente concretas para garantizar resultados fiables, todas las preguntas son de opción múltiple con única respuesta y se muestran a continuación:

1. *¿Los productos que su empresa produce y/o comercializa requieren de refrigeración para su conservación?*

- a. SI: _____
b. NO: _____
2. *¿Sabe cuál es la temperatura adecuada para la conservación de sus productos?*
a. SI: _____
b. NO: _____
3. *¿Qué porcentaje de su producción al año es exportada hacia otros países del mundo?*
a. No exporto (0%): _____
b. 1% - 10%: _____
c. 11% - 20%: _____
d. 21% - 30%: _____
e. 31% - 40%: _____
f. 41% - 50%: _____
g. 51% - 60%: _____
h. 61% - 70%: _____
i. 71% - 80%: _____
j. 81% - 90%: _____
k. 91% - 100%: _____
4. *¿Su empresa, cuenta actualmente con un sistema de refrigeración?*
a. SI: _____
b. NO: _____
5. *Si la respuesta anterior fue afirmativa, entonces, ¿Su empresa maneja algún tipo de mantenimiento para su sistema de refrigeración?*
a. SI: _____
b. NO: _____
¿Cuál? _____
6. *Debido al mal manejo de los productos en la etapa de post-cosecha ¿Cuál es el porcentaje de pérdidas que tiene en promedio de su producción anual?*
a. 1% - 10%: _____
b. 11% - 20%: _____
c. 21% - 30%: _____
d. 31% - 40%: _____
e. 41% - 50%: _____
f. 51% - 60%: _____
7. *¿Estaría usted dispuesto a adquirir un sistema de refrigeración para mejorar la calidad y evitar pérdidas (desperdicios) de sus productos?*
a. SI: _____
b. NO: _____

8. De los siguientes parámetros ¿cuál considera usted el más importante para la adquisición de un sistema de refrigeración?

- a. Costo: _____
- b. Certificaciones de calidad del proveedor: _____
- c. Trayectoria del proveedor: _____
- d. Conocimiento de la Normatividad por parte del proveedor: _____
- e. Garantía: _____

2.7.3. Tamaño de la muestra

Debido a que se conoce el tamaño total de la población (Ver título 2.7.1.) donde se aplica la encuesta mostrada anteriormente, entonces el valor del tamaño de la muestra se calcula por medio de la siguiente formula:

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

Donde:

- n:** Tamaño de la muestra (Numero de encuestas que se deben realizar)
- N:** Tamaño de total de la población o universo
- Z_α:** Nivel de confianza
- p:** Probabilidad de éxito, o proporción esperada
- q:** Probabilidad de fracaso
- d:** Precisión (Error máximo admisible en términos de proporción)

Para realizar el cálculo final se determinaron los valores que se observan en la Tabla 18, donde se estableció que el número de encuestas a aplicar son 96.

Tabla 18. Valores para el cálculo del tamaño de la muestra

ITEM	VALOR
N	25.740
Z_α	1,96 (95%)
p	50%
q	50%
d	10%
n	96

Fuente. Autor

2.7.4. Análisis de la encuesta

Se decide realizar un total de 100 encuestas a los productores de frutas y hortalizas de la región de Bogotá – Cundinamarca, para ello se visitan los municipios que componen la zona de influencia, donde se sabe de antemano que se van a encontrar de manera directa a los productores, sin embargo, también se acudió a la Central Mayorista de Corabastos, centro de acopio de alimentos más grande del

país ubicada en la zona de estudio. A continuación, se muestran los resultados obtenidos de las encuestas aplicadas.

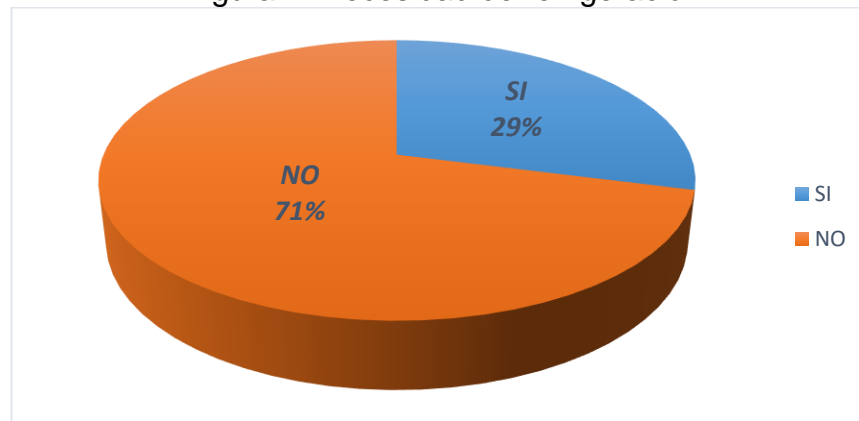
Pregunta 1. ¿Los productos que su empresa produce y/o comercializa requieren de refrigeración para su conservación?

Tabla 19. Necesidad de refrigeración

PREGUNTA UNO		
OPCION	CANTIDAD	PARTICIPACIÓN
SI	29	29%
NO	71	71%
TOTAL	100	100%

Fuente. Autor

Figura 7. Necesidad de refrigeración



Fuente. Autor

Comentario: El 71% de los encuestados respondió que sus productos no necesitaban refrigeración para su conservación, puesto que ellos argumentan que la temperatura donde se cultiva es suficiente para la conservación de los mismos durante un periodo de tiempo moderado, además que sus productos se siembran y cosechan respecto a las condiciones climáticas de la zona.

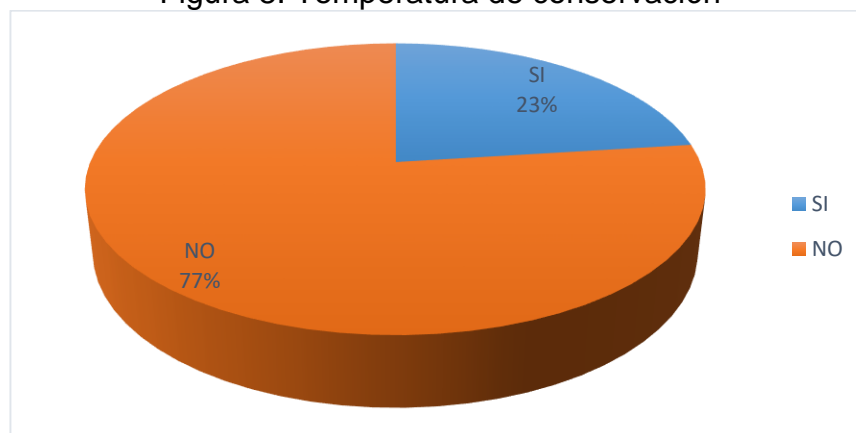
Pregunta 2. ¿Sabe cuál es la temperatura adecuada para la conservación de sus productos?

Tabla 20. Temperatura de conservación

PREGUNTA DOS		
OPCION	CANTIDAD	PARTICIPACIÓN
SI	23	23%
NO	77	77%
TOTAL	100	100%

Fuente. Autor

Figura 8. Temperatura de conservación



Fuente. Autor

Comentario: El mayor porcentaje mostro un desconocimiento total respecto a la temperatura de conservación de los productos, puesto que para ellos no es un punto relevante para su negocio además argumentan que nunca han recibido una capacitación donde le demuestren la importancia de conocer esto.

Pregunta 3. ¿Qué porcentaje de su producción al año es exportada hacia otros países del mundo?

Tabla 21. Porcentaje de producción

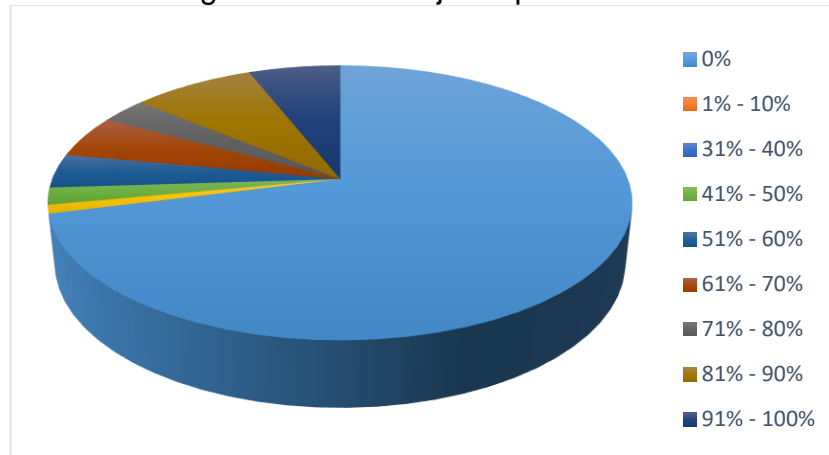
PREGUNTA TRES		
OPCION	CANTIDAD	PARTICIPACIÓN
0%	71	71,00%
1%-10%	-	0,00%
11%-20%	-	0,00%
21%-30%	1	1,00%
31%-40%	-	0,00%
41%-50%	2	2,00%
51%-60%	4	4,00%
61%-70%	5	5,00%
71%-80%	3	3,00%
81%-90%	8	8,00%
90%-100%	6	6,00%
TOTAL	100	100,00%

Fuente. Autor

Comentario: Para tener un estimado respecto a cuanto puede ser el porcentaje de exportación de frutas y hortalizas en la región de Bogotá – Cundinamarca se realizó esta pregunta, lo cual arrojo como resultado que el 29,00% de los encuestados exportan y que, al valorar, acudiendo a la estadística (Valor esperado), se estableció

que el 21,45% de la producción anual se exporta y el restante (78,55%) queda para como consumo interno del país.

Figura 9. Porcentaje de producción



Fuente. Autor

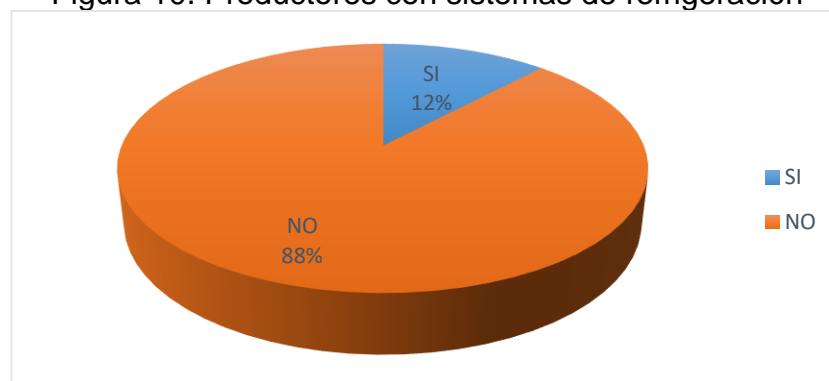
Pregunta 4. ¿Su empresa, cuenta actualmente con un sistema de refrigeración?

Tabla 22. Productores con sistemas de refrigeración

PREGUNTA CUATRO		
OPCION	CANTIDAD	PARTICIPACIÓN
SI	12	12%
NO	78	78%
TOTAL	100	100%

Fuente. Autor

Figura 10. Productores con sistemas de refrigeración



Fuente. Autor

Comentario: Aunque se pudo observar anteriormente que el porcentaje de productores exportadores es del 29,00%, en los resultados de esta pregunta se ve

que solo el 12,00% de estos cuentan con un sistema de refrigeración esto se debe a que solo este pequeño porcentaje le encuentra importancia a tener un sistema de refrigeración que prolongue la vida útil de sus productos, puesto que para ellos esto genera mayor rentabilidad.

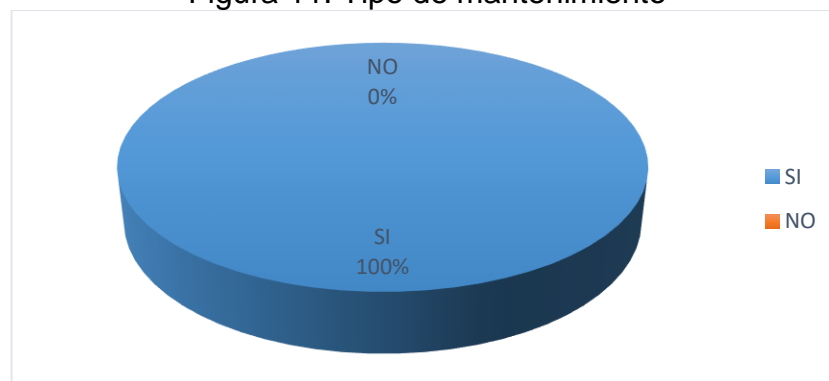
Pregunta 5. Si la respuesta anterior fue afirmativa, entonces, ¿Su empresa maneja algún tipo de mantenimiento para su sistema de refrigeración?

Tabla 23. Tipo de mantenimiento

PREGUNTA CINCO		
OPCION	CANTIDAD	PARTICIPACIÓN
SI	12	12%
NO	0	0%
TOTAL	12	12%

Fuente. Autor

Figura 11. Tipo de mantenimiento



Fuente. Autor

Comentario: El resultado arrojado fue que el 100% de las personas que tienen un sistema de refrigeración cuentan con un tipo de mantenimiento, la mayoría respondió que maneja un sistema de alarmas que lleva a tener un mantenimiento preventivo y evitar llegar a un mantenimiento correctivo, por otra parte, el grupo de personas restantes comentaron que el mantenimiento se lo encargan a un tercero o al mismo proveedor del sistema.

Pregunta 6. Debido al mal manejo de los productos en la etapa de post-cosecha ¿Cuál es el porcentaje de pérdidas que tiene en promedio de su producción anual?

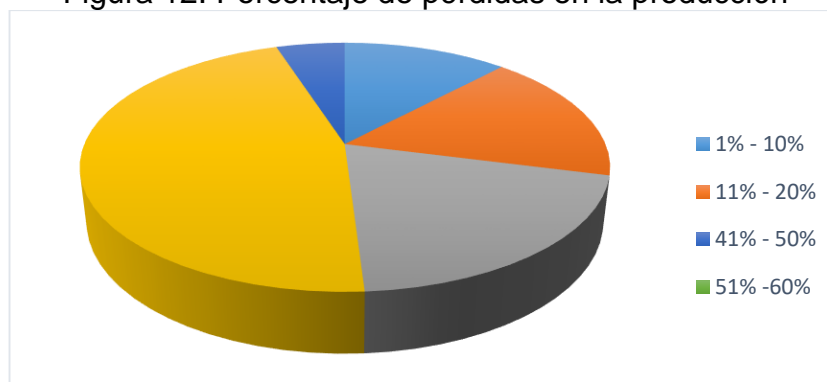
Tabla 24. Porcentaje de pérdidas en la producción

PREGUNTA SEIS		
OPCION	CANTIDAD	PARTICIPACIÓN
1%-10%	12	12%
11%-20%	17	17%

21%-30%	20	20%
31%-40%	46	46%
41%-50%	5	5%
51%-60%	0	0%
TOTAL	100	100%

Fuente. Autor

Figura 12. Porcentaje de pérdidas en la producción



Fuente. Autor

Comentario: Se observa que la mayoría de los productores pierden entre el 31% - 40% de la producción anual, lo cual concuerda respecto a lo mostrado en el planteamiento del problema y conlleva a validar la información planteada anteriormente en el documento, ahora bien, acudiendo a la estadística (Valor esperado), se estableció que el 27,00% de la producción se pierde por mal manejo, dada la falta de refrigeración dentro de su operación.

Pregunta 7. ¿Estaría usted dispuesto a adquirir un sistema de refrigeración para mejorar la calidad y evitar pérdidas (desperdicios) de sus productos?

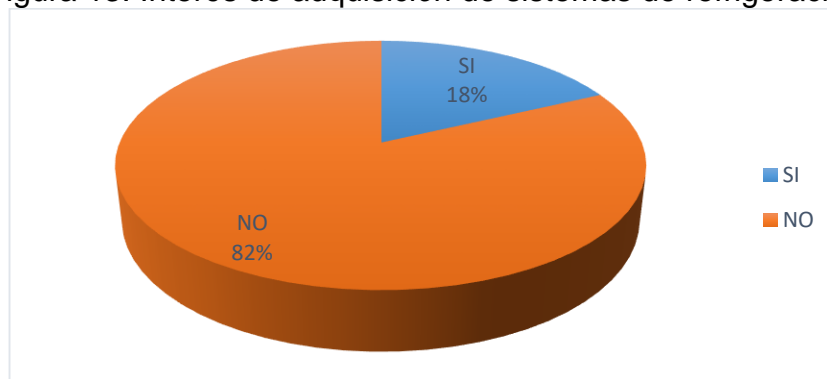
Tabla 25. Interés de adquisición de sistemas de refrigeración

PREGUNTA SIETE		
OPCION	CANTIDAD	PARTICIPACIÓN
SI	18	18%
NO	82	82%
TOTAL	100	100%

Fuente. Autor

Comentario: Aunque se ha observado que existen grandes porcentajes de pérdidas en la producción anual de frutas y hortalizas de la región, la mayoría de los productores no encuentran la necesidad de adquirir un sistema de refrigeración debido a que ellos argumentan que es un costo innecesario que no les traería mayores ganancias.

Figura 13. Interés de adquisición de sistemas de refrigeración



Fuente. Autor

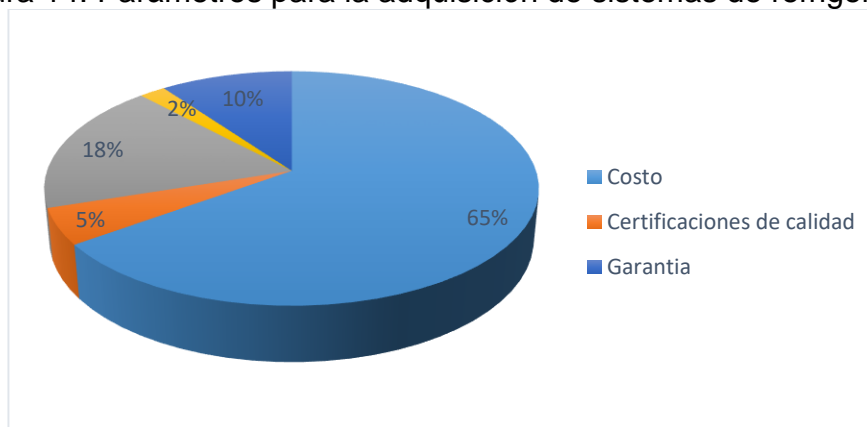
Pregunta 8. De los siguientes parámetros ¿Cuál considera usted el más importante para la adquisición de un sistema de refrigeración?

Tabla 26. Parámetros para la adquisición de sistemas de refrigeración

PREGUNTA OCHO		
OPCION	CANTIDAD	PARTICIPACIÓN
Costo	65	65%
Certificaciones de calidad	5	5%
Trayectoria del proveedor	18	18%
Conocimiento de la normatividad	2	2%
Garantía	10	10%
Total	100	100%

Fuente. Autor

Figura 14. Parámetros para la adquisición de sistemas de refrigeración



Fuente. Autor

Comentario: La mayoría de los productores respondieron que el principal parámetro a tener en cuenta en la adquisición de un sistema de refrigeración es el costo, puesto que ellos dicen que tener un sistema de estos equivale a una inversión

muy alta que probablemente no es recuperable, debido a los precios de compra de sus productos.

2.7.5. Cálculo del mercado potencial

Para establecer el mercado potencial y la demanda proyectada del proyecto, es necesario tener la demanda histórica la cual fue trabajada en el numeral 2.6 del presente documento. De igual manera en la Tabla 27 se pueden observar cada uno de los valores de la demanda de toneladas de refrigeración de la zona de influencia en años anteriores tanto de frutas y hortalizas, como el total entre ambos tipos de productos.

Tabla 27 Demanda histórica de Toneladas de Refrigeración

AÑO	FRUTAS	HORTALIZAS	TOTAL
2007	11.353	10.136	21.489
2008	10.984	13.422	24.406
2009	11.525	13.253	24.778
2010	10.591	10.659	21.250
2011	11.254	10.529	21.783
2012	11.629	12.107	23.736
2013	11.937	12.131	24.068
2014	12.190	11.422	23.612

Fuente. Autor

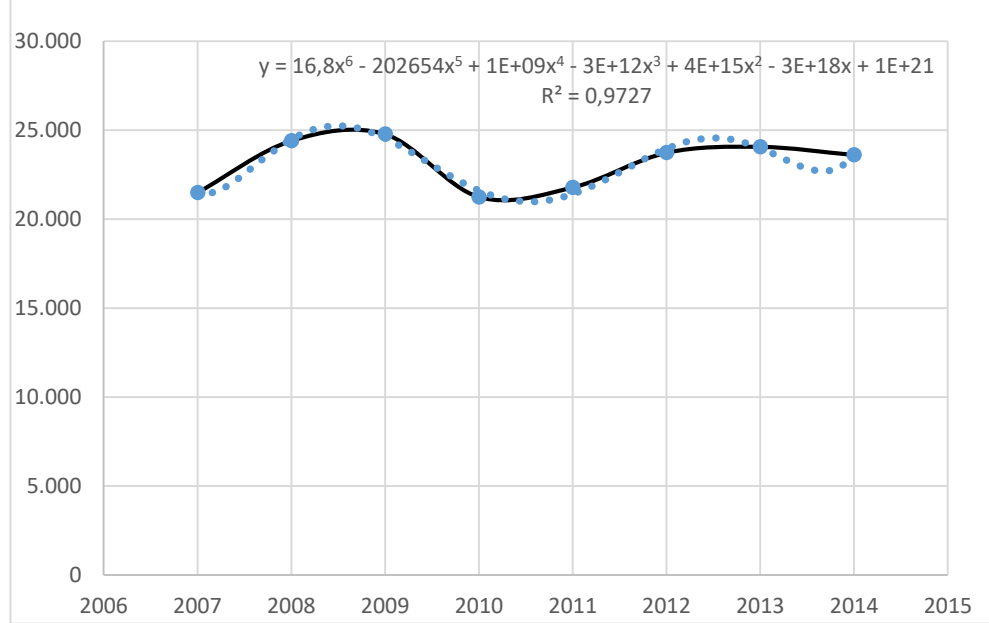
Después de obtener los datos presentados, se grafican dando como resultado la Figura 15, en la cual se analiza el comportamiento obtenido y de esta manera poder tener una línea de tendencia que permita predecir el comportamiento del mercado en años posteriores. En este caso después de comparar los diferentes modelos de tendencia que se usan y sus coeficientes de determinación, como se observa en la Tabla 28, se decide que el que más se asemeja al comportamiento obtenido es el polinómico de grado seis que da como resultado un coeficiente de tendencia ($R^2 = 0,9727$) bastante cercano al 1.

Tabla 28. Modelos de tendencia lineal

MODELO	R^2
Lineal	0,048
Exponencial	0,053
Logarítmico	0,062
Potencial	0,0664
Polinómica °6	0,9727

Fuente. Autor

Figura 15. Análisis del comportamiento de la demanda a través del tiempo



Fuente. Autor

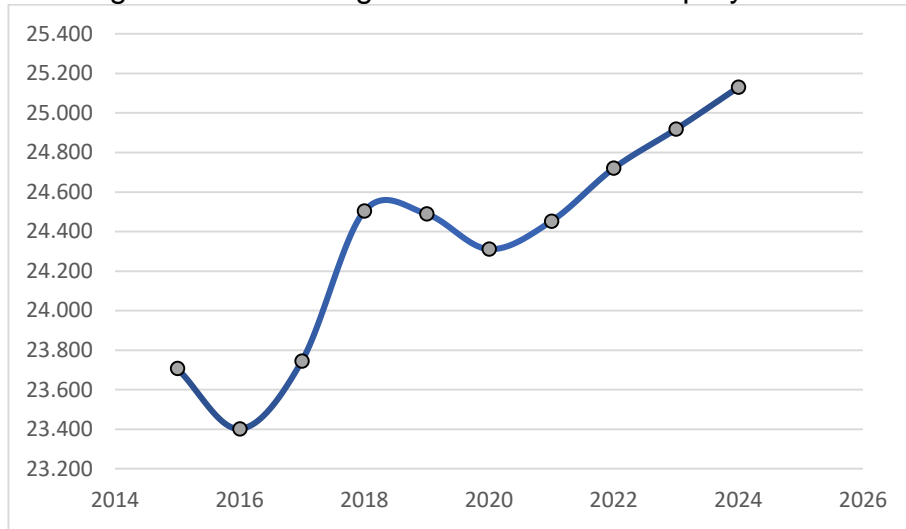
Mediante la ecuación $y = 16,8x^6 - 202653x^5 + 1e^9x^4 - 3e^{12}x^3 + 4e^{15}x^2 - 3e^{18}x + e^{21}$ la cual representa el comportamiento gráfico explicado anterior, se proyecta la demanda reemplazando la variable x por el número de año, obteniendo de esta forma el total de Toneladas de Refrigeración que se esperan para el mismo, al realizar esto se obtiene los valores de la Tabla 29 y la Figura 16, donde se puede ver el comportamiento del mercado hacia años futuros entendiéndose como la demanda proyectada de este proyecto.

Tabla 29. Demanda proyecta en Toneladas de Refrigeración

AÑO	TRF
2015	23.707
2016	23.401
2017	23.745
2018	24.503
2019	24.489
2020	24.311
2021	24.452
2022	24.720
2023	24.918
2024	25.130

Fuente. Autor

Figura 16. Análisis gráfico de la demanda proyectada



Fuente. Autor

Finalmente, para establecer el mercado potencial, se toman los porcentajes obtenidos de las preguntas que más información aportan al respectivo estudio de mercado, en este caso la pregunta 1, 3, 4, 6 y 7 que al ser multiplicados por los valores de la demanda proyectada da como resultado la Tabla 30, en la cual se evidencia que, aunque anualmente la tendencia de la demanda de toneladas de refrigeración es aumentar y sus cifras son bastante altas, el mercado potencial no es tan grande como se espera puesto que como se ve es bastante reducido respecto a los valores de la proyección de la demanda.

Tabla 30. Mercado potencial en Toneladas de Refrigeración

AÑO	DEMANDA PROYECTADA	MERCADO POTENCIAL
2015	23.707	55,90
2016	23.401	55,18
2017	23.745	55,99
2018	24.503	57,78
2019	24.489	57,75
2020	24.311	57,33
2021	24.452	57,66
2022	24.720	58,29
2023	24.918	58,76
2024	25.130	59,26

Fuente. Autor

2.8. ESTRATEGIA COMERCIAL

La comercialización es la actividad que permite al productor hacer llegar un bien o un servicio al consumidor con los beneficios de tiempo y lugar³⁰ de allí que la estrategia comercial tenga tanta importancia al momento de ofertar un servicio y llegar al consumidor final. En este caso se abordará la estrategia comercial desde varios puntos, el primero es a través de una página web, en la cual se le mostrará al posible consumidor aspectos fundamentales del proyecto como su misión, visión, trayectoria, certificaciones, marcas aliadas, proyectos ejecutados, entre otras, que le puedan brindar al usuario confianza y seguridad sobre la empresa. Además, se dará una explicación de los servicios ofrecidos de tal forma que la persona que visite la página tenga claro como son los procesos internamente y por último se brindaran opciones para que esta se pueda comunicar directamente para empezar un procedimiento de adquisición del servicio.

También se contará con un departamento comercial con personal calificado, para visitar y ofrecer a cada uno de los clientes potenciales los servicios ofertados. De igual forma estas mismas personas acompañaran al usuario en todo el proceso desde la adquisición hasta la puesta en funcionamiento, garantizando tranquilidad y buen trato al consumidor. Por otra parte, se ubicará un aviso en la guía de páginas amarillas de publicar que siendo un medio masivo de comunicación e información permitirá un directo contacto con el cliente; las páginas amarillas de publicar dan la posibilidad de pertenecer tanto a la guía física como en la virtual en donde se participa hasta en 40 secciones relacionadas.

Por último, se pretende lograr un acuerdo con asociaciones gremiales que permitan un contacto con clientes potenciales dentro de las cuales se encuentran ASOHOFRUCOL³¹, la SAC (Sociedad de Agricultores de Colombia)³² y ACAIRE³³ con sus respectivas representaciones en el departamento.

³⁰ BACCA URBINA, Gabriel. *Evaluación de proyectos*. 2001.

³¹ ASOHOFRUCOL. [online]. [Accessed 5 January 2017]. Available from: <http://www.asohofrucol.com.co/>

³² SAC - Sociedad de Agricultores de Colombia [online]. 2016. [Accessed 5 January 2017]. Available from: <http://www.sac.org.co/es/>

³³ ACAIRE | :: ACAIRE :: [online]. [Accessed 5 January 2017]. Available from: <http://acaire.org/>

3. INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1. MARCO TEÓRICO

3.1.1. Cuartos Fríos

Un cuarto frío es un tipo de habitación especial, en donde se mantiene la temperatura baja mediante la ayuda de máquinas e instrumentos de precisión. Los cuartos fríos son el principal componente de infraestructura para la conservación de productos perecederos, cuya producción viene en aumento anualmente. También ayudan en la estabilización de precios y poder distribuir uniformemente la demanda, por lo tanto, ofrece ventajas tanto para los productores como para los consumidores.

Un cuarto frío brinda a los productores la oportunidad de producir cultivos altamente comerciales y obtener precios atractivos. Los consumidores por su parte obtienen productos de alta calidad con baja fluctuación en los precios. Por otra parte, la ausencia de cuartos fríos y de instalaciones relacionadas con la cadena de frío, hace que los productores se vean obligados a vender sus productos inmediatamente después de la cosecha, lo que tiene como resultado un exceso de oferta y precios muy bajos de compra.

Los alimentos y muchos otros productos pueden ser conservados en cuartos fríos a bajas temperaturas, lo que retrasa la producción de microorganismos, puesto que estos son agentes de deterioro los más comunes son las bacterias, levaduras y mohos. La temperatura necesaria para la conservación depende del tiempo de almacenamiento y del tipo de producto; los cuartos fríos se pueden utilizar para almacenar una sola mercancía o múltiples materias primas, lo cual depende de la aplicación del cuarto frío.

Los cuartos fríos son esenciales para extender la vida útil, el periodo de comercialización, evitar el exceso de oferta, reducir los cuellos de botella de transporte durante los picos más altos de producción y mantener la calidad del producto.

Un cuarto frío consta de un sistema de refrigeración para mantener la temperatura deseada dentro del recinto. Estos sistemas trabajan pueden trabajar bajo uno de los siguientes principios:

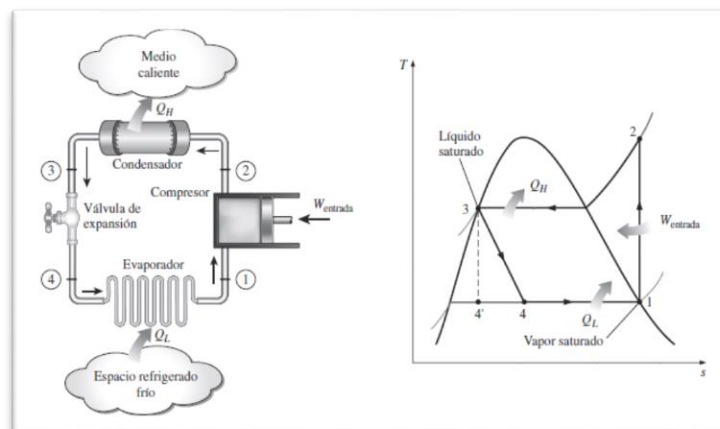
3.1.1.1. Sistema por compresión de vapor. El ciclo de refrigeración por compresión de vapor es el que más se utiliza en refrigeradores, sistemas de acondicionamiento de aire y bombas de calor³⁴. Se compone de cuatro procesos como se puede observar en la Figura 17.

³⁴ CENGEL, Yunes and BOLES, Michael. *Termodinámica*. Séptima. McGraw-Hill Interamericana de España S.L., 2014.

- **1-2 Compresión isentrópica en un compresor.** Comprime el refrigerante en forma de gas sobrecalentado. Este es un proceso a entropía constante y lleva el gas sobrecalentado de la presión de succión (ligeramente por debajo de la presión de evaporación) a la presión de condensación, en condiciones de gas sobrecalentado.
- **2-3 Rechazo de calor a presión constante en un condensador.** Extrae el calor del refrigerante por medios naturales o artificiales (forzado). El refrigerante es recibido por el condensador en forma de gas y es enfriado al pasar por los tubos hasta convertir toda la masa refrigerante en líquido; su diseño debe garantizar el cumplimiento de este proceso, de lo contrario se presentarán problemas de funcionamiento.
- **3-4 Estrangulamiento en un dispositivo de expansión.** Es el elemento que estrangula el flujo del líquido refrigerante para producir una caída súbita de presión obligando al líquido a entrar en evaporación. Puede ser una válvula de expansión o un tubo de diámetro muy pequeño en relación a su longitud [capilar].
- **4-1 Absorción de calor a presión constante en un evaporador.** Suministra calor al vapor del refrigerante que se encuentra en condiciones de cambio de estado de líquido a gas, extrayendo dicho calor de los productos o del medio que se desea refrigerar.³⁵

Después de cumplir el ciclo, el sistema se cierra nuevamente al ingresar de nuevo el refrigerante al compresor en condiciones de gas sobrecalentado, dando de nuevo inicio al proceso.

Figura 17. Esquema y diagrama T-s para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor



Fuente. CENGEL, Yunes and BOLES, Michael. Termodinámica, Capítulo 11³⁶

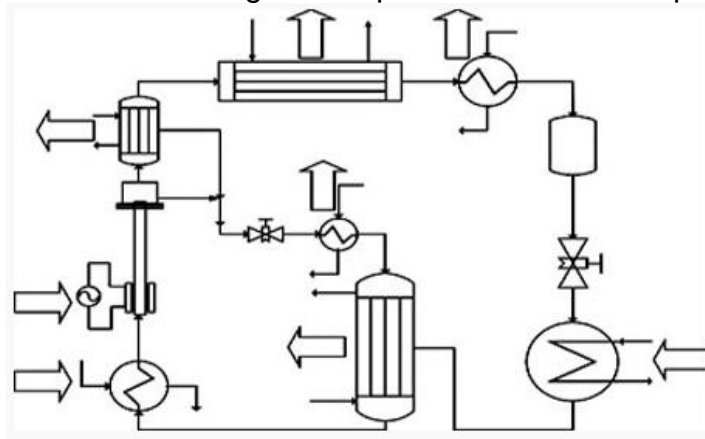
³⁵ PUEBLA, Jorge. *Manual De Buenas Prácticas En Refrigeración*. 2003. ISBN 980-12-1448-1

³⁶ CENGEL, Yunes and BOLES, Michael. *Termodinámica*. Séptima. McGraw-Hill Interamericana de España S.L., 2014.

3.1.1.2. Sistema por absorción de vapor. Como se observa en la Figura 18, un ciclo por absorción consta de los tres procesos comunes al ciclo de compresión de vapor, estos son: la condensación (condensador), la evaporación (evaporador) y la expansión (válvula de expansión).

El ciclo por absorción sustituye al compresor por dos procesos propios de los fenómenos de absorción; absorbedor y un generador. El absorbedor recibe el fluido de trabajo como vapor saturado a baja presión y lo pone en contacto con otra fase o compuesto (líquido o sólido); el fluido de trabajo, al entrar en contacto con este líquido o sólido experimenta un fenómeno de absorción y se une al líquido o sólido en cuestión, liberando una cantidad dada de calor de absorción. El equipo de desorción libera el fluido de trabajo absorbido en el líquido o el sólido al adicionar una cantidad de calor de desorción.

Figura 18. Ciclo de refrigeración por absorción de simple efecto



Fuente. Revista Mundo HVACR ³⁷

3.1.2. Refrigerantes

Un refrigerante es el fluido de trabajo primario usado para absorber y transmitir calor en un sistema de refrigeración. Los refrigerantes absorben calor a baja temperatura y baja presión y liberan calor a una temperatura y presión más altas. La mayoría de los refrigerantes experimentan cambios de fase durante la absorción de calor - evaporación - y liberación de calor – condensación.³⁸

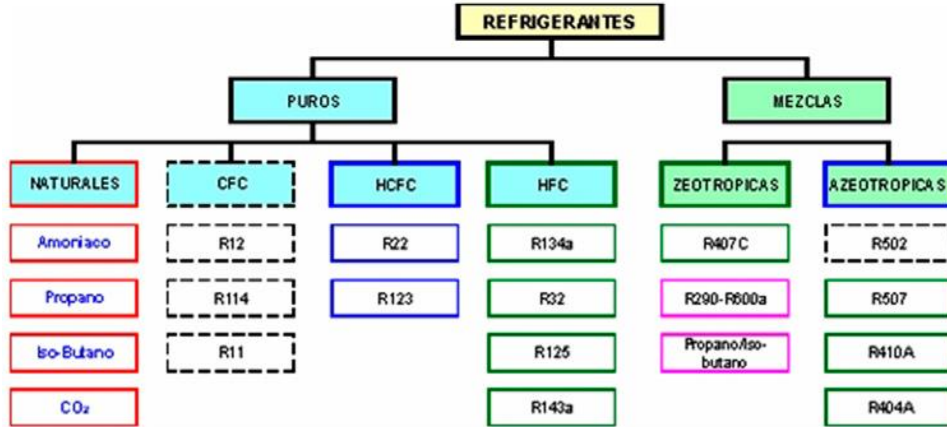
Los refrigerantes se pueden clasificar de acuerdo a sus componentes químicos entre refrigerantes puros y mezclas, en la Figura 19 se observa la clasificación

³⁷ REVISTA MUNDO HVACR. Ciclos de Refrigeración por Absorción - Mundo HVACR. [online]. 2016. [Accessed 2 June 2017]. Available from: <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2008/09/ciclos-de-refrigeracion-por-absorcion/>

³⁸ WANG, Shan Kuo. *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration* [online]. 2000. ISBN 0070681678. Available from: <http://books.google.com/books?id=0tVSAAAAMAAJ&pgis=1>

general y además de ello también los refrigerantes que son comúnmente utilizados en las aplicaciones actuales de refrigeración.

Figura 19. Distribución general de los refrigerantes



Fuente. Absorsitem - Ciclo de compresión³⁹

3.1.2.1. Refrigerantes puros

- **Naturales.** Son sustancias que no dañan la capa de ozono y tienen un muy bajo Potencial de Calentamiento Global (PCG), aunque si pueden tener afectaciones ambientales, pero en un grado mucho menor que el de otro tipo de refrigerantes. Dentro de los refrigerantes considerados como naturales se encuentra el dióxido de carbono, el amoníaco y los hidrocarburos, que se han usado como refrigerantes desde antes de 1950, su uso ha aumentado debido al menor impacto que tienen sobre el daño planeta.
- **Clorofluorocarbonados (CFC).** Como su nombre lo indica estos refrigerantes son compuestos de cloro, flúor y carbono. Estos refrigerantes son de baja toxicidad, no corrosivos y compatibles con otros materiales. No son inflamables ni explosivos. El calentamiento puede hacer que ellos se descompongan en sus elementos internos causando afecciones al tejido humano. Son particularmente dañinos para el sistema respiratorio. Los refrigerantes CFC más comunes son el R-11, R-12, R-114, R-114 y R-115.
Se considera que los CFC son uno de los mayores causantes del daño en la capa de ozono. Por acuerdo internacional, este tipo de refrigerantes no deben ser producidos desde el año 1995, sin embargo, todavía son muy usados en unidades residenciales.
- **Hidroclorofluorocarbonados (HCFC).** Este tipo de refrigerantes son moléculas compuestas de metano o etano en combinación con halógeno. Esto forma una nueva molécula que es considerada halogenada parcialmente los HCFC tienen vida corta y causan menor daño al ozono que los que son completamente halogenados, por consiguiente, tienen un reducido efecto en el calentamiento

³⁹ ABSORSISTEM. Ciclo de compresión. [online]. [Accessed 6 June 2017]. Available from: <http://www.absorsistem.com/tecnologia/compresion/ciclo-de-compresion>

global. Los HCFC tales como el R-22 y el R-123 son considerados refrigerantes interinos lo que quiere decir que se usaran hasta que se disponga su reemplazo. La E.P.A (Agencia de Protección Ambiental) requiere la eliminación de los HCFC para el año 2030.

- **Hidrofluorocarbonados (HFC).** Estos refrigerantes contienen uno o más átomos de hidrogeno y no contienen ningún átomo de cloro. Los HFC son considerados con un potencial de daño a la capa de ozono de cero, sin embargo, tienen efecto para el calentamiento global. Dentro de los HFC se encuentran refrigerantes tales como el R-134a y el R-124.

El R-134a es usado en los sistemas nuevos, específicamente diseñados para su uso, sin embargo, no se le puede considerar como el reemplazo del R-12, debido que para hacer un cambio de esto se debe considerar otros aspectos para evitar daños en los sistemas.

3.1.2.2. Mezclas

- **Azeotrópicas.** Estas son mezclas de componentes múltiples de refrigerantes que se evaporan y condensan como una sola sustancia y no cambian su composición volumétrica o temperatura de saturación cuando se evaporan o condensan a una presión constante. Las propiedades de los refrigerantes azeotrópicos son completamente diferentes de las de sus componentes y pueden tratarse convenientemente como un compuesto químico único.
- **Zeotrópicas.** Son mezclas de componentes múltiples de refrigerantes que se evaporan y condensan como una sola sustancia, cambian la composición volumétrica o la temperatura de saturación cuando se evaporan o condensan a una presión constante.

3.2. DISEÑO DE UN CUARTO FRÍO

3.2.1. Generalidades

Con el resultado obtenido en el estudio de mercado del proyecto, que arrojó la no viabilidad económica debido a que tanto los productores como algunos comerciantes no encuentran interés en la adquisición de sistemas de refrigeración para sus productos, se decide desarrollar un prototipo que responda a la problemática establecida. Para el desarrollo de este prototipo, se establecen condiciones iniciales dentro de las que se tienen que este se ubicara en la zona de influencia del proyecto más exactamente dentro de una de las bodegas de La Central de Corabastos, que es la central de acopio más grande del país de frutas y hortalizas.

Por otra parte, se decide que el producto que se va a refrigerar es fresa puesto que esta fruta es producida en la región de Bogotá – Cundinamarca y sus condiciones de conservación son mucho más exigentes que la de otros productos. A Corabastos ingresa un promedio de 15.000 kg diarios de fresa, el promedio de venta varía entre

un 40% siendo el peor escenario y un 100% siendo este el mejor escenario;⁴⁰ por lo tanto, se determina que para un día de ventas crítico la cantidad de producto que se tendría que almacenar y refrigerar es 9.000 kg.

Con lo mencionado anteriormente se establecen las condiciones iniciales para el desarrollo del proyecto, puesto que estos datos son esenciales para el diseño de un cuarto frío eficiente y óptimo para la conservación del producto.

3.2.2. Temperaturas

En el diseño de cualquier cuarto frío se deben establecer dos temperaturas, que se convierten en los parámetros fundamentales e importantes para el correcto desarrollo del diseño. Estas temperaturas son la temperatura del lugar donde trabajara el cuarto frío y la temperatura interna del mismo que en su mayoría de casos es la misma de conservación del producto que se almacena.

3.2.2.1. Temperatura del lugar. Esta temperatura hace referencia a las condiciones climáticas donde se ubicará y funcionara el cuarto frío, para este proyecto como se indicó anteriormente el cuarto frío se desarrollará para las condiciones de la ciudad de Bogotá. Por lo tanto, teniendo en cuenta que según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) la temperatura máxima que se ha alcanzado en esta ciudad ha sido de 25,1°C en el mes de enero del año 2017⁴¹, se decide trabajar con una temperatura ambiente de 26°C siendo un valor crítico que excede a la temperatura promedio y al punto máximo que ha tenido la ciudad a través de su historia.

3.2.2.2. Temperatura interior del cuarto frío. Esta temperatura se relaciona con la temperatura de conservación del producto que se va a almacenar, debido a que esta es una propiedad de cada uno. Para el desarrollo de este proyecto se decide trabajar con la fresa como producto a refrigerar debido a que es una de las frutas con mayor porcentaje de producción en la zona de influencia, además de ello tiene propiedades más críticas de conservación y su tiempo de vida es muy corto sino se le da un adecuado manejo.

En la

Tabla 31 se observa las propiedades de almacenamiento de la fresa, en la cual es importante destacar que la temperatura adecuada para su conservación es de 0°C, por lo tanto esta misma determina la temperatura interior a la que va a estar el cuarto en este caso se manejará una temperatura entre 0°C y 1°C que garantiza el

⁴⁰ DANE. Características de las instalaciones y el abastecimiento en Corabastos. *Boletín trimestral ABASTECIMIENTO DE ALIMENTOS*. 2012. Vol. 1, p. 8.

⁴¹ SOSTENIBLE, SEMANA. Bogotá y Medellín registran las temperaturas más altas de su historia. [online]. [Accessed 13 July 2017]. Available from: <http://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/bogota-registra-la-temperatura-mas-alta-en-su-historia/37055>

adecuado manejo y conservación de la fresa durante su periodo de vida de almacenamiento.

Tabla 31. Propiedades de conservación de la fresa

PRODUCTO	TEMPERATURA		Humedad Relativa (por ciento)	Vida aproximada de almacenamiento
	°C	°F		
Fresa	0	32	90-95	5 – 7 días

Fuente. Manual de prácticas de manejo post cosecha de los productos hortofrutícolas a pequeña escala⁴²

3.2.3. Dimensionamiento

De acuerdo con lo mencionado en el numeral anterior se concluye que después de terminar el tiempo de ventas diario aproximadamente 9.000 kg de fresa pasan a ser almacenados para el siguiente día. Para tener un buen periodo de conservación del producto se debe buscar maneras adecuadas para almacenarlo, además de ello buscar elementos que permitan el flujo adecuado del aire.

Por lo tanto, para garantizar el flujo del aire se recomienda utilizar estibas plásticas para cubrir el suelo como la observada en la Figura 20 la cual tiene como dimensiones 1 m x 1,20 m x 0,15 m, además también canastillas diseñadas para el almacenamiento de frutas y hortalizas como la que observa en la Figura 21 que tiene dimensiones 0,25 m de altura, 0,40 m de ancho y 0,60 m de largo y resisten una carga máxima de 30kg.

Figura 20. Estiba plana plástica antideslizante



Fuente. Plasticestibas⁴³

Figura 21. Canastilla tipo Fruver en polipropileno

⁴² KADER, A.A. *Manual de practicas de manejo postcosecha de los productos hortofrutícolas a pequeña escala* [online]. 1993. [Accessed 16 July 2017]. Available from: <http://www.fao.org/Wairdocs/X5403S/x5403s0a.htm>

⁴³ PLASTICESTIBAS. Estibas plasticas | Fabrica y comercializadora de productos de plastico. [online]. [Accessed 8 June 2017]. Available from: <http://www.plasticestibas.com/>



Fuente. Plasticestibas⁴⁴

De igual forma, para poder garantizar la buena conservación del producto, se requiere buscar un material aislante para las paredes del cuarto, con un espesor que se determina mediante la Ecuación 1, que tendrá como función disminuir la transferencia de calor hacia el interior del cuarto, para ello se decide manejar como material el poliuretano expandido ya que es el material más utilizado en la fabricación de instalaciones frigoríficas, el cual se encuentra con gran facilidad en el mercado colombiano.

Ecuación 1. Espesor de aislamientos

$$e = \frac{\lambda(t_e - t_i)}{q}$$

Donde:

➤ λ : Conductividad térmica del material aislante $W/m^{\circ}C$

El valor de la conductividad térmica del poliuretano se obtiene mediante fichas técnicas de fabricantes.

$$\lambda: 0,020 W/m^2^{\circ}C$$

➤ t_e : Temperatura exterior del cuarto $^{\circ}C$

$$t_e: 26^{\circ}C$$

➤ t_i : Temperatura interior del cuarto $^{\circ}C$

$$t_i: 0^{\circ}C$$

➤ q : Flujo de calor máximo W/m^2

El flujo de calor máximo se debe asumir bajo estas dos condiciones:

➤ Cámara de conservación $8 W/m^2$

➤ Cámara de congelación $6 W/m^2$

$$q: 8 W/m^2$$

➤ e : Espesor del aislamiento m

$$e = \frac{\lambda(t_e - t_i)}{q}$$

$$e = \frac{0,020 \frac{W}{m^{\circ}C} (26^{\circ}C - 0^{\circ}C)}{8 \frac{W}{m^2}}$$

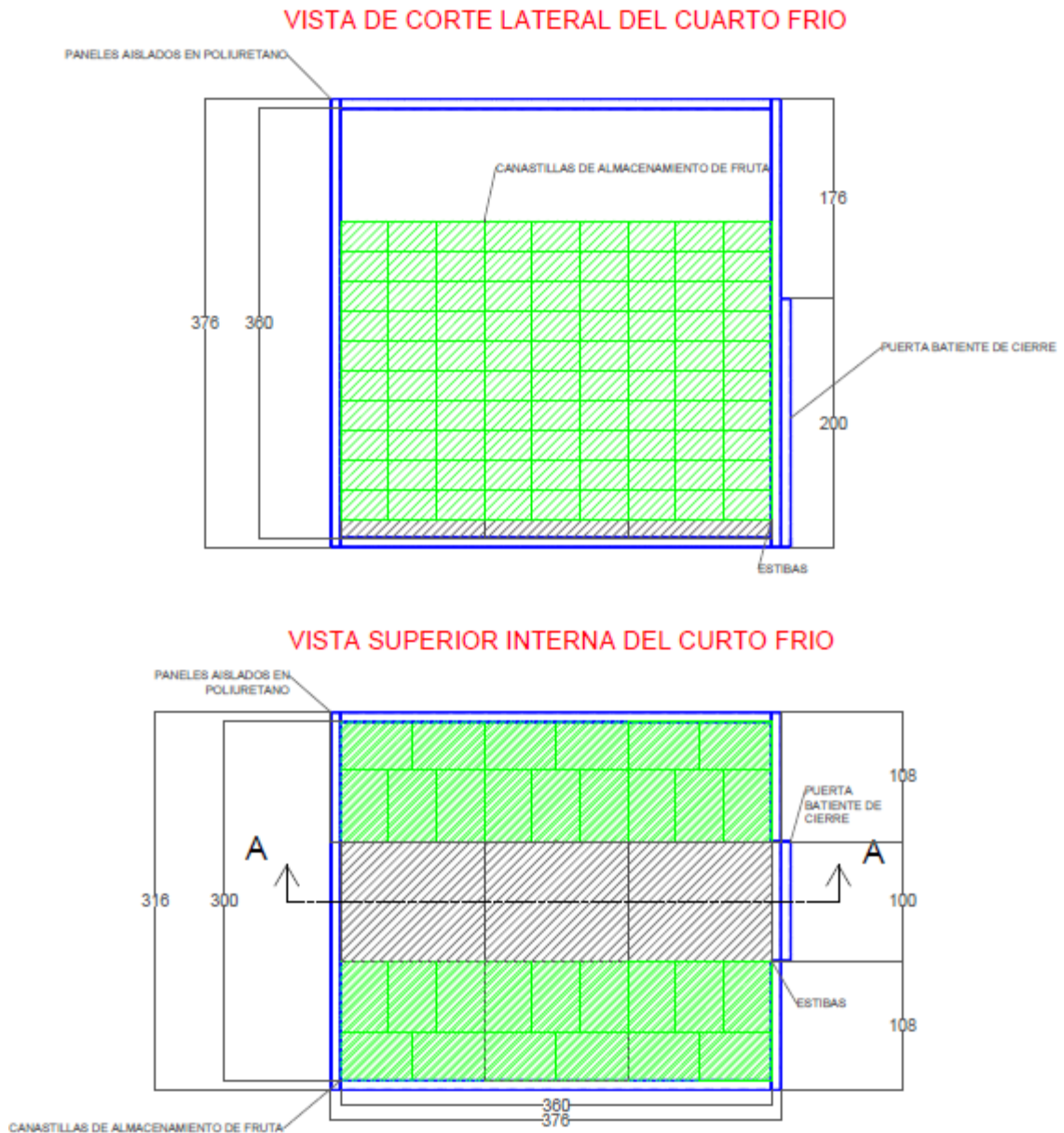
$$e = 0,065 m$$

$$e = 3 \text{ in}$$

⁴⁴ Idem

Respecto con la información anterior, se analizan posibles distribuciones dentro del cuarto frío, para poder almacenar toda la cantidad de producto además garantizando la conservación del mismo. Al final se determinó que la distribución más pertinente sería la que se observa en la Figura 22, en la cual se ve que el cuarto frío tendrá 9 estibas y en 6 de ellas se ubicarán de a 50 canastillas de 30kg de fresa, haciendo una multiplicación básica arroja que se almacenarán 300 canastillas, que es equivalente a 9.000 kg .

Figura 22. Dimensionamiento y distribución interna del cuarto frío (Medidas en cm)



Fuente. Autor

Con la información anterior se llega al dimensionamiento final del cuarto frío, estas medidas se encuentran en la Tabla 32. Es importante resaltar que dicha información permite poder realizar el cálculo de cargas térmicas que se muestra en el siguiente apartado y se hace necesario para llevar a cabo correctamente el proceso de diseño.

Tabla 32. Medidas finales de dimensionamiento

Variable	Símbolo	Valor	Unidad
Espesor de aislamiento	e	0,08	m
Largo del cuarto frío	l	3,6	m
Ancho del cuarto frío	a	3,0	m
Altura del cuarto frío	h	3,6	m
Cantidad de producto a almacenar	m	9000,0	kg

Fuente. Autor

3.2.4. Cálculo de cargas

El cálculo de cargas térmicas hace referencia a la magnitud de calor que se debe extraer de un cuarto frío, debido a diversos factores que intervienen. Aunque comúnmente se habla de calor, en realidad se trata de potencias, bien sean caloríficas o frigoríficas que se miden en $kcal/h$, en W o en kW .

En el momento de hacer el cálculo es importante tener presente la necesidad de realizar el descongelamiento de los evaporadores, ya que la potencia frigorífica de la maquina se determinará para una duración de funcionamiento menor a 24 horas por día. En cuartos fríos que manejan temperaturas interiores mayores o iguales a 0 °C, se estima un funcionamiento de 16 horas dejando 8 horas para realizar el proceso de descongelamiento, mientras en cuartos que manejan temperaturas inferiores a 0 °C se estima un funcionamiento de 18 horas, dejando 6 horas para descongelamiento, pero además de ello este tipo de cuartos deben tener un aporte suplementario de energía para realizar adecuadamente este proceso.

El requerimiento total de refrigeración, se obtiene a partir de la Ecuación 2 la cual se desglosa durante el desarrollo de este apartado.

Ecuación 2 Requerimiento total de refrigeración

$$\dot{Q}_{total} = \dot{Q}_{otras\ fuentes} + \dot{Q}_{productos}$$

3.2.4.1. Calor generado debido a otras fuentes ($\dot{Q}_{otras\ fuentes}$). Hace referencia a los flujos de calor generados a través de los cerramientos del cuarto frío por transmisión de paredes, suelo y techo, la refrigeración para el aire exterior que se introduce, la ventilación, las cargas térmicas debidas a ventiladores, bombas, iluminación eléctrica, personas que manipulan los productos, entre otras.

- **Transmisión de calor a través de paredes y cerramientos.** La tasa de calor que entra en la cámara por transmisión de calor a través de las paredes viene dada a través de la Ecuación 3.

Ecuación 3. Transmisión de calor a través de paredes

$$\dot{Q}_t = KA\Delta t$$

Donde:

- **K:** Coeficiente global de transmisión $W/m^2\text{°C}$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{h_i}}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{1,6 \frac{W}{m^2\text{°C}}} + \frac{1}{0,020 \frac{W}{m^2\text{°C}}} + \frac{1}{1,6 \frac{W}{m^2\text{°C}}}}$$

$$K = 0,019 \frac{W}{m^2\text{°C}}$$

- **A:** Superficie de cerramiento m^2

$$A = [2(h * a)] + [2(h * l)] + [2(l * a)]$$

$$A = [2(3,6 m * 3 m)] + [2(3,6 m * 3,6 m)] + [2(3,6 m * 3 m)]$$

$$A = 69,12 m^2$$

- **Δt :** Salto térmico en la cámara °C

$$\Delta t = t_e - t_i$$

$$\Delta t = 26 \text{°C} - 0 \text{°C}$$

$$\Delta t = 26 \text{°C}$$

- **\dot{Q}_t :** Tasa de calor W

$$\dot{Q}_t = KA\Delta t$$

$$\dot{Q}_t = 0,019 \frac{W}{m^2\text{°C}} * 69,12 m^2 * 26 \text{°C}$$

$$\dot{Q}_t = 34,15 W$$

- **Aire exterior entrante a la cámara.** Siempre es necesarios proceder a una aireación de la cámara fría. En la mayoría de ocasiones esta ventilación se produce por la frecuencia de apertura de las puertas para la entrada y salida de personas o de producto. La tasa de calor generada por el aire exterior entrante a la cámara está dada por la Ecuación 4.

Ecuación 4. Calor generado debido a renovaciones de aire

$$\dot{Q}_a = V(\Delta h)n$$

Donde:

➤ **V:** Volumen de la cámara m^3

$$V = a * l * h$$

$$V = 3 m * 3,6 m * 3,6 m$$

$$V = 38,88 m^3$$

➤ **Δh :** Calor del aire obtenido mediante la Tabla 33 kJ/m^3

$$\Delta h = 67,06 \frac{kJ}{m^3}$$

Tabla 33. Calor del aire para el aire exterior que penetra en la cámara fría. kJ/m^3

$t_i \backslash t_e$	+15°C		+20°C		+25°C		+30°C	
	70%	80%	50%	60%	50%	60%	50%	60%
	H.R	H.R	H.R	H.R	H.R	H.R	H.R	H.R
15°C	-	-	2,77	7,0	16,8	23,3	34,5	42,7
10°C	105,5	13,8	16,6	20,9	30,9	37,5	48,8	57,2
5°C	22,8	26,2	29,0	33,5	43,7	50,5	62,1	70,6
0°C	34,4	37,9	40,8	45,4	55,9	62,9	74,9	83,7
-5°C	44,6	48,2	51,2	55,8	66,4	73,5	85,5	94,4
-10°C	54,8	58,4	61,4	66,1	77,0	84,2	96,6	106
-15°C	64,5	68,2	71,3	76,1	87,2	94,6	107	116
-20°C	73,4	77,1	80,4	85,3	96,6	104	117	127
-25°C	82,9	86,8	90,1	95,1	107	114	127	137
-30°C	92,6	96,5	99,8	105	117	125	138	148
-35°C	102	106	110	115	127	135	149	159
-40°C	113	117	121	126	138	147	161	171

Fuente. Enciclopedia de la climatización: Refrigeración⁴⁵

Tabla 34. Renovación de aire para las condiciones normales de explotación <<cámaras negativas>> y <<cámaras por encima de 0°C>>

Volumen de la cámara (m^3)	Renovación de aire diario n/d		Volumen de la cámara (m^3)	Renovación de aire diario n/d	
	-	+		-	+
	2,5	52		7	20
3,0	47	63	25	14,5	19,5
4,0	40	53	30	13,0	17,5
5,0	35	47	40	11,5	15,0
7,5	28	38	50	10,0	13,0

⁴⁵ RAMÍREZ, Juan Antonio. Nueva enciclopedia de climatización. Refrigeración. Ediciones. Barcelona, 2000. ISBN 978-8432965418.

10,0	24	32	60	9,0	12,0
------	----	----	----	-----	------

Fuente. Enciclopedia de la climatización: Refrigeración⁴⁶

➤ **n:** Numero de renovaciones de aire por día tomado de la Tabla 34
n: 15,2

➤ **\dot{Q}_a :** Tasa de calor *W*
 $\dot{Q}_a = V(\Delta h)n$
 $\dot{Q}_a = 38,88 \text{ m}^3 * 67,06 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} * 15,2$
 $\dot{Q}_a = 39630,85 \text{ kJ}$
 $\dot{Q}_a = 458,69 \text{ W}$

➤ **Calor liberado por la iluminación interior.** Las lámparas que se encuentran en el interior de la cámara liberan un calor, el cual puede ser calculado por medio de la Ecuación 5.

Ecuación 5. Calor liberador por iluminación

$$\dot{Q}_i = \frac{p \cdot t}{24}$$

Donde:

➤ **p:** Potencia total de todas las lámparas *W*

De acuerdo a Heatcraft se debe asumir una potencia de $10,86 \text{ W/m}^2$ ⁴⁷, teniendo en cuenta el área del techo del cuarto frío se puede calcular la potencia total de las lámparas al interior del mismo.

$$p = 10,86 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} (a * l)$$

$$p = 10,86 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} (3 \text{ m} * 3,6 \text{ m})$$

$$p = 117,29 \text{ W}$$

➤ **t:** Tiempo de funcionamiento de las lámparas *horas/día*

$$t = 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}}$$

➤ **\dot{Q}_i :** Tasa de calor *W*

$$\dot{Q}_i = \frac{p \cdot t}{24}$$

⁴⁶ RAMÍREZ, Juan Antonio. *Nueva enciclopedia de climatización. Refrigeración*. Ediciones. Barcelona, 2000. ISBN 978-8432965418.

⁴⁷ HEATCRAFT REFRIGERATION PRODUCTS. *Commercial Refrigeration Cooling and Freezing Load Calculations and Reference Guide*. . 2008. Vol. 2008, no. August 2006.

$$\dot{Q}_i = \frac{117,29 \text{ W} * 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}}}{24 \frac{\text{horas}}{\text{día}}}$$

$$\dot{Q}_i = 39,1 \text{ W}$$

- **Calor liberado por las personas.** Cualquier persona que ingrese al cuarto genera un calor, esta cantidad se calcula de acuerdo a la Ecuación 6:

Ecuación 6. Calor liberado por personas

$$\dot{Q}_p = \frac{q \cdot n \cdot t}{24}$$

Donde:

- Calor generado por persona tomado de la Tabla 35 W
 $q = 270 \text{ W}$

Tabla 35. Potencia calorífica aportada por las personas

Temperatura de la cámara (°C)	Potencia liberada por persona (W)
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390
-25	420

Fuente.

- Número de personas en la cámara
 $n = 2$
- Tiempo de permanencia dentro de la cámara horas/día
 $t = 4 \text{ horas/día}$

- \dot{Q}_p : Tasa de calor W

$$\dot{Q}_p = \frac{q \cdot n \cdot t}{24}$$

$$\dot{Q}_p = \frac{270 \text{ W} * 2 * 4 \frac{\text{horas}}{\text{día}}}{24 \frac{\text{horas}}{\text{día}}}$$

$$\dot{Q}_p = 90 \text{ W}$$

3.2.4.2. Calor generado por los productos ($\dot{Q}_{\text{productos}}$). Representa la carga térmica a eliminar procedente del calor sensible, del calor latente de solidificación,

de las reacciones químicas y del calor absorbido para la congelación del agua de los alimentos o productos que se desean refrigerar.

➤ **Refrigeración de los alimentos.** Corresponde a las condiciones de conservación del producto con temperaturas superiores a la de congelación, esta carga calorífica se obtiene a partir de la Ecuación 7.

Ecuación 7. Calor generado por los productos a almacenar

$$\dot{Q}_r = C_p m (T_e - T_i)$$

Donde:

➤ Calor específico másico del producto antes de la congelación $kJ/kg^\circ K$ tomado de la Tabla 36

$$C_p = 3,85 \frac{kJ}{kg^\circ K}$$

Tabla 36. Temperaturas recomendadas, humedad relativa, calor máximo específico y calor de respiración de la fresa

Alimento	Temperatura de almacenamiento (°C)	Humedad relativa (%)	Duración de almacenamiento	Punto de congelación	Calor másico antes de la solidificación $kJ/kg^\circ K$	Calor de respiración $kJ/kg.día$
Fresa	-5 / 0	90-95	5 – 7 días	-0,8	3,85	5,47

Fuente.

➤ Masa del producto que se debe enfriar kg

De acuerdo a lo explicado en numerales anteriores el cuarto frío está diseñado para refrigerar 9000kg diarios de fresa, por lo tanto la masa total de producto que se debe enfriar corresponde a ese valor.

$$m = 9000 \text{ kg}$$

➤ Temperatura del producto al entrar a la cámara $^\circ C$

Debido a que la temperatura ambiente promedio del lugar donde se ubicara el cuarto frío es de 26°C, se asume que el producto ingresara a esta misma temperatura.

$$t_e = 26 \text{ }^\circ C$$

➤ Temperatura del producto al final del enfriamiento $^\circ C$

La temperatura del producto al final del enfriamiento se toma igual a la temperatura interior del cuarto frío, puesto que esta es la temperatura mínima que va alcanzar y con ella se asegura un buen proceso de conservación del producto.

$$t_i = 0 \text{ }^\circ C$$

➤ Tasa de calor W

$$\dot{Q}_r = C_p m (T_e - T_i)$$

$$\dot{Q}_r = \frac{3,85 \frac{kJ}{kg \cdot K} * 9000 kg(26 \text{ }^\circ C - 0 \text{ }^\circ C)}{86,4}$$

$$\dot{Q}_r = 10427,08 W$$

➤ **Calor de respiración de los alimentos.** En alimentos como las frutas y verduras, estos siguen su proceso de maduración dentro del cuarto, lo que lleva a que liberen un calor de respiración, el cual se puede determinar a través de la Ecuación 8.

Ecuación 8. Calor de respiración de alimentos

$$\dot{Q}_s = \frac{C_s m}{86,4}$$

Donde:

➤ Calor de respiración tomado de la Tabla 36 $kJ/kg \cdot día$

$$C_s = 5,47 \frac{kJ}{kg \cdot día}$$

➤ Masa del producto kg

$$m = 9000 kg$$

➤ Tasa de calor W

$$\dot{Q}_s = \frac{5,47 \frac{kJ}{kg \cdot día} * 9000 kg}{86,4}$$

$$\dot{Q}_s = 569,79 W$$

➤ **Calor de embalaje.** Corresponde al calor generado por el envolvimiento del producto este se puede determinar a partir de la Ecuación 9. En el caso de la conservación de frutas, este calor por embalaje puede ser un 10% en cuartos grandes y de un 20%, para cámaras pequeñas. Debido a que este cuarto frio es grande se decide trabajar con el valor del 10%.

Ecuación 9. Calor de embalaje

$$\dot{Q}_e = 10\% \dot{Q}_r$$

Donde:

➤ Tasa de calor W

$$\dot{Q}_e = 10\% \dot{Q}_r$$

$$\dot{Q}_e = 10\%(10427,08 W)$$

$$\dot{Q}_e = 1042,70 W$$

Después de realizarse todos los cálculos correspondientes a los diferentes factores que componen las cargas térmicas se pasa a resolver totalmente la Ecuación 2, de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{total}(\dot{Q}_T) &= \dot{Q}_{otras\ fuentes}(\dot{Q}_F) + \dot{Q}_{productos}(\dot{Q}_P) \\ \dot{Q}_{total}(\dot{Q}_T) &= (\dot{Q}_t + \dot{Q}_a + \dot{Q}_i + \dot{Q}_p) + (\dot{Q}_r + \dot{Q}_s + \dot{Q}_e) \\ (\dot{Q}_T) &= (34,15W + 458,69W + 39,1W + 90W) + (10427,08W + 569,79W + 1042,70W) \\ \dot{Q}_{total}(\dot{Q}_T) &= \mathbf{12661,51\ W} \end{aligned}$$

Ecuación 10. Potencia total de la maquinaria

$$N_R = \dot{Q}_{total} \frac{24}{t}$$

Donde:

➤ \dot{Q}_{total} (Carga térmica total W)
 $\dot{Q}_{total}(\dot{Q}_T) = 12661,51\ W$

➤ Horas de funcionamiento diario $horas$

Se estima un tiempo de funcionamiento de 16 horas, que de acuerdo a lo explicado al inicio de este título es el más óptimo ya que con este periodo de tiempo se garantiza un proceso de descongelamiento natural evitando incurrir en mayores gastos en más componentes del sistema.

$$t = 16\ horas$$

➤ N Potencia frigorífica de la maquinaria W

$$\begin{aligned} N_R &= \dot{Q}_{total} \frac{24}{t} \\ N_R &= 12661,51\ W \frac{24\ horas}{16\ horas} \\ N_R &= \mathbf{18992,26\ W} \\ N_R &= \mathbf{18,99\ kW} \end{aligned}$$

Luego de tener la carga frigorífica total del cuarto, mediante la Ecuación 10 se calcula la potencia frigorífica de la maquinaria necesaria para poder garantizar la adecuada conservación del producto y de igual manera un sistema eficiente.

3.2.5. Definición del refrigerante y del ciclo

3.2.5.1. Selección del refrigerante. Como se menciona anteriormente, un gas refrigerante es un fluido térmico que circula por el sistema, quien absorbe y rechaza calor en las diferentes etapas y equipos por los cuales circula. Por lo tanto, se menciona como gas o sustancia portadora, capaz de transportar e intercambiar calor con el medio ambiente, cediendo calor a alta temperatura y absorbiéndolo a baja temperatura.

Por otro lado, las investigaciones realizadas hasta la fecha, no existe un refrigerante ideal que no tenga contraindicaciones respecto a la contaminación del medio

ambiente o que su nivel toxicidad sea nulo frente a la manipulación del ser humano; lo que conlleva a realizar una búsqueda apropiada para seleccionar el refrigerante más óptimo de acuerdo a las variables de cada sistema.

Con la aprobación del protocolo de Montreal el 16 de septiembre de 1987 y sus posteriores revisiones, se pone fecha para la desaparición de sustancias refrigerantes que contribuyen a la destrucción de la capa de ozono, tales como: R12, R22, entre otros. A partir del 1 de enero de 1996 se fija un calendario para la progresiva desaparición de los refrigerantes HCFC, incluido el R-22. Dicho calendario toma como referencia el año 1989 y fija para determinados años los límites de utilización de estas sustancias.

Los HFC son sustancias que han venido en reemplazo de los antiguos refrigerantes, por esta razón y considerando sus propiedades en comparación a las de operación se determina la utilización del refrigerante R404a. Debido a que este refrigerante es recomendado para usarse en sistemas de refrigeración de baja y media temperatura como la temperatura manejada en el desarrollo de este proyecto que es de 0°C, además este refrigerante maneja las siguientes temperaturas técnicas que permiten establecer condiciones iniciales para el cálculo del ciclo termodinámico estas se observan en la Tabla 37, lo que lo convierte en el refrigerante más adecuado para el desarrollo de este proyecto.

Tabla 37. Características técnicas de R404A

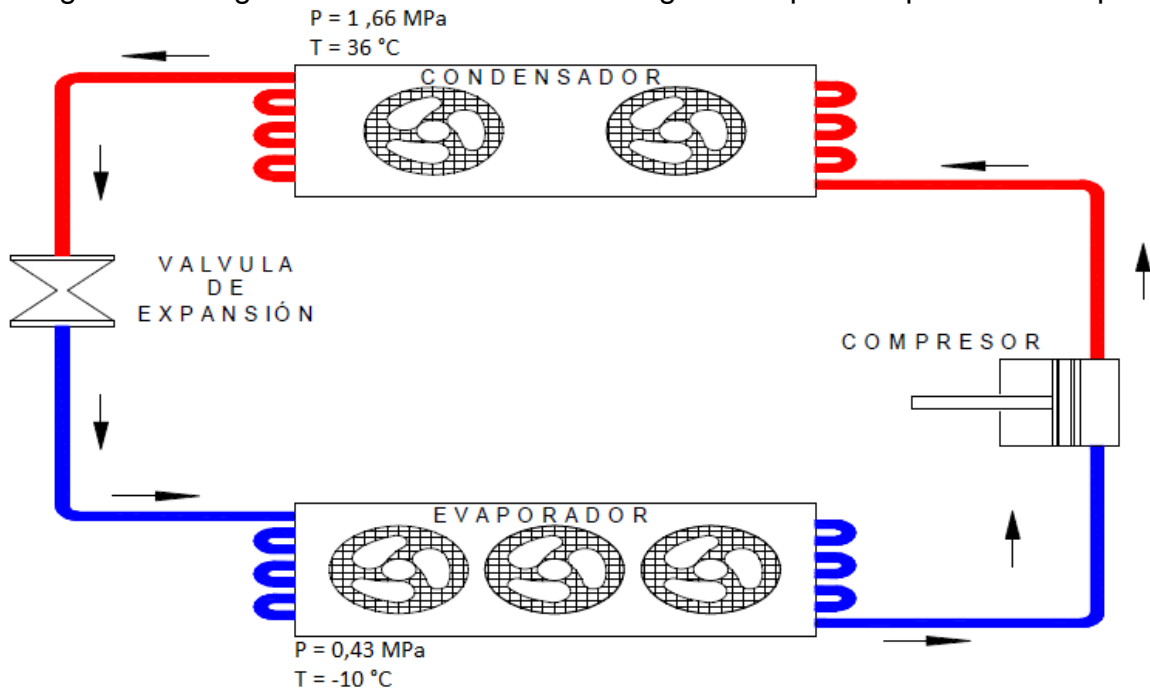
Característica Técnica	Temperatura °C
Temperatura a la entrada del evaporador	-25°C
Temperatura a la entrada del condensador	45°C
Subenfriamiento	5°C

Fuente. Refecol⁴⁸

3.2.5.2. Desarrollo del ciclo termodinámico de refrigeración. Existen dos ciclos de refrigeración principales los cuales son el ciclo por compresión de vapor y el ciclo por absorción de vapor; dentro del ciclo por compresión de vapor se encuentran algunas variaciones como es el ciclo de una etapa, multietapa, de cascada entre otros. Para este proyecto de selección el ciclo por compresión de vapor de una etapa debido a que la temperatura que maneja el cuarto frío es una temperatura de conservación mas no de alimentación que requeriría del uso de un ciclo más sofisticado que garantice temperaturas muy bajas, debido a que este sistema tiene un menor costo puesto que no contiene tantos elementos como los otros. En la Figura 23 se observa un diagrama básico del ciclo propuesto, en el que se evidencia la temperatura de evaporación y de condensación al igual que sus presiones, datos indispensables para el desarrollo del ciclo.

⁴⁸ REFECOL. FICHA TÉCNICA. [online]. 2009. [Accessed 30 July 2017]. Available from: <http://www.refecol.com.ec/wp-content/uploads/2014/06/FichaTecnica-R404A.pdf>

Figura 23. Diagrama básico del ciclo de refrigeración por compresión de vapor



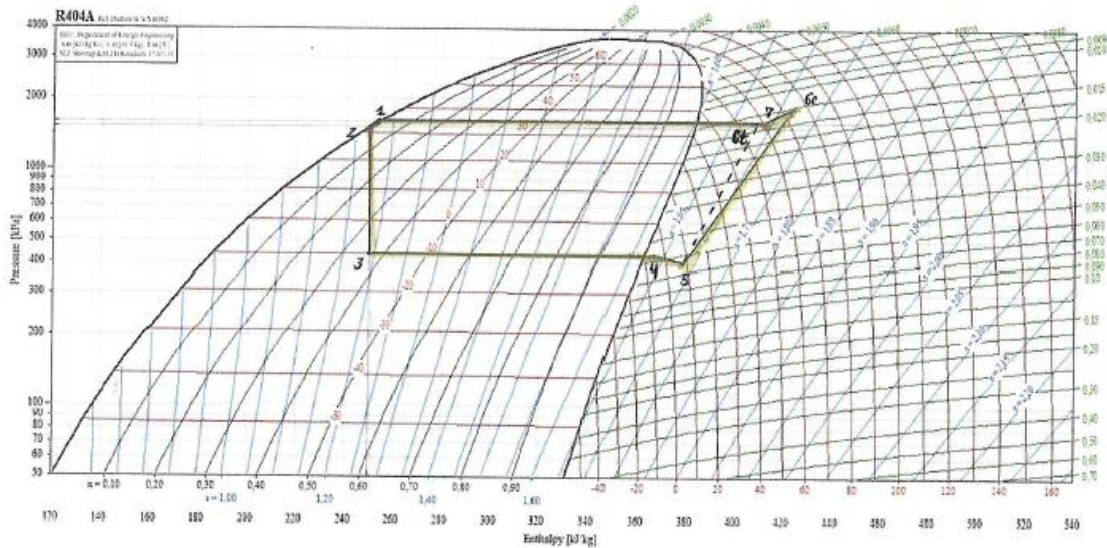
Fuente. Autor

Para el desarrollo del ciclo se deben imponer condiciones de trabajo al circuito frigorífico, debido a que existen una serie de pérdidas de temperatura y presiones que van a influir en el rendimiento frigorífico de la instalación, para este proyecto se tomaron en cuenta las siguientes condiciones de diseño de acuerdo a lo explicado en La Enciclopedia de la Climatización:

- Potencia frigorífica necesaria 18,31 kW la cual se calculó anteriormente.
- Temperatura de condensación de 36°C con subenfriamiento y pérdida de presión 1 grado en la tubería de líquido.
- Temperatura de evaporación -10°C con un recalentamiento en el evaporador de 5°C y en la línea de aspiración 13°C con una pérdida de presión equivalente a 2 grados
- En la descarga existe un subenfriamiento de 10°C y una pérdida de presión en la entrada del condensador equivalente a 1 grado.
- Rendimiento mecánico del 75%

Luego de establecer las condiciones de diseño, se pasa a hallar las propiedades termodinámicas de cada uno de los puntos que compone el ciclo mediante el uso del diagrama de presión vs entalpía (P-h), que se observa en la Figura 24 el cual se encuentra dibujado el ciclo a calcular, lo que lleva a obtener los valores presentados en la Tabla 38.

Figura 24. Diagrama P-h del ciclo termodinámico



Fuente. Autor

Tabla 38. Propiedades termodinámicas en cada uno de los puntos del ciclo

Punto	Temperatura °C	Presión KPa	Entalpía kJ/kg	Entropía J/kg°K	Calidad
1	36	1662,0	257,3	1,193	-
2	35	1621,9	255,1	1,186	-
3	-10	437,4	255,1	1,211	0,393
4	-5	437,4	366,8	1,635	-
5	8	407,4	378,5	1,683	-
6t	59,4	1662,0	409,8	1,683	-
6r	72,9	1706,0	423,9	1,723	-
7	62,9	1662,0	413,6	1,694	-

Fuente. Autor

Luego de calcular las propiedades térmicas de cada uno de los puntos del ciclo establecido, se pasan a calcular características específicas que muestran el comportamiento de los equipos dentro del ciclo como se muestra a continuación:

➤ **Rendimiento volumétrico.** En sistemas de refrigeración se conoce como la eficiencia que tiene el compresor, la cual se calcula mediante la Ecuación 11:

Ecuación 11. Rendimiento volumétrico

$$\eta_v = 1 - 0,02 \left(\frac{P_{6r}}{P_5} \right)$$

Donde:

➤ Rendimiento volumétrico %

$$\eta_v = 1 - 0,02 \left(\frac{P_{6r}}{P_5} \right)$$

$$\eta_v = 1 - 0,02 \left(\frac{1706 \text{ kPa}}{407,4} \right)$$

$$\eta_v = 0,92$$

$$\eta_v = \mathbf{92\%}$$

➤ **Rendimiento isentrópico.** Es la razón entre el trabajo requerido para elevar la presión de un gas a un valor específico de forma isentrópica, la cual se calcula mediante la Ecuación 12:

Ecuación 12. Rendimiento isentrópico

$$\eta_{iso} = \eta_v \eta_m$$

Donde:

➤ Rendimiento isentrópico %

$$\eta_{iso} = \eta_v \eta_m$$

$$\eta_{iso} = (0,92)(0,75)$$

$$\eta_{iso} = 0,69$$

$$\eta_{iso} = \mathbf{69\%}$$

➤ **Caudal másico.** Es la magnitud física que expresa la variación de la masa con respecto al tiempo en el circuito del ciclo, se calcula mediante la Ecuación 13.

Ecuación 13. Caudal másico

$$\dot{m} = \frac{N_F}{h_4 - h_3}$$

Donde:

➤ Caudal másico kg/s

$$\dot{m} = \frac{N_F}{h_4 - h_3}$$

$$\dot{m} = \frac{18,99 \text{ kW}}{366,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 255,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$\dot{m} = \mathbf{0,170 \frac{kg}{s}}$$

- **Calor absorbido por el evaporador.** Es la cantidad de calor que absorbe la unidad evaporadora dentro del cuarto frío, cuando está en funcionamiento. Este se calcula mediante la Ecuación 14.

Ecuación 14. Calor absorbido por el evaporador

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

Donde:

- Caudal absorbido por el evaporador kJ/kg

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

$$q_{er} = 366,8 \frac{kJ}{kg} - 255,1 \frac{kJ}{kg}$$

$$q_{er} = 111,7 \frac{kJ}{kg}$$

- **Potencia absorbida por el compresor.** La potencia que absorbe el compresor se calcula mediante la Ecuación 15.

Ecuación 15. Potencia absorbida por el compresor

$$N_c = (h_{6r} - h_5)\dot{m}$$

Donde:

- Potencia absorbida por el compresor W

$$N_c = (h_{6r} - h_5)\dot{m}$$

$$N_c = \left(423,9 \frac{kJ}{kg} - 378,5 \frac{kJ}{kg}\right) 0,170 \frac{kg}{s}$$

$$N_c = 7,72 W$$

- **Trabajo de compresión real.** Es el trabajo que realiza el compresor para que se pueda llevar a cabo el ciclo de refrigeración, se calcula por medio de la Ecuación 16.

Ecuación 16. Trabajo de compresión real

$$W_{cr} = (h_{6r} - h_5)$$

Donde:

- Trabajo de real de compresión kJ/kg

$$W_{cr} = (h_{6r} - h_5)$$

$$W_{cr} = \left(423,9 \frac{kJ}{kg} - 378,5 \frac{kJ}{kg}\right)$$

$$W_{cr} = 45,4 \frac{kJ}{kg}$$

- **Potencia real en el condensador.** Es la potencia requerida para el trabajo eficiente del condensador dentro del circuito frigorífico, esta potencia se puede calcular por medio de la Ecuación 17.

Ecuación 17. Potencia real del condensador

$$\dot{Q}_{cr} = (h_{6r} - h_1)\dot{m}$$

Donde:

➤ Potencia real en el condensador kW

$$\dot{Q}_{cr} = (h_{6r} - h_1)\dot{m}$$

$$\dot{Q}_{cr} = \left(423,9 \frac{kJ}{kg} - 257,3 \frac{kJ}{kg} \right) 0,170 \frac{kg}{s}$$

$$\dot{Q}_{cr} = 28,32 kW$$

➤ **COP frigorífico real.** También llamado coeficiente de operatividad, es la relación entre el calentamiento o enfriamiento proporcionado por el circuito y el trabajo consumido. Se puede calcular por medio de la Ecuación 18.

Ecuación 18. COP frigorífico real

$$COP_r = \left(\frac{q_{er}}{w_{cr}} \right)$$

Donde:

➤ Coeficiente de operatividad NA

$$COP_r = \left(\frac{111,7 \frac{kJ}{kg}}{45,4 \frac{kJ}{kg}} \right)$$

$$COP_r = 2,46 \frac{kJ}{kJ}$$

3.2.6. Selección de equipos

Como se ha expuesto en este documento, un sistema de refrigeración se compone de cuatro equipos fundamentales para su correcto funcionamiento, estos equipos son un compresor, un condensador, un evaporador y una válvula de expansión; mediante la instalación de estos cuatro equipos se puede decir que se tiene un sistema de refrigeración completo, sin embargo, existen otros equipos secundarios que intervienen en el sistema que influyen en el funcionamiento del sistema que serán explicados más adelante.

Para el cuarto frío que se ha desarrollado en este proyecto, se hace la selección de equipos por selección de catálogo teniendo en cuenta valores obtenidos en el cálculo de cargas y en el desarrollo del ciclo termodinámico. Se decide trabajar con dos marcas reconocidas en el mercado colombiano, una marca internacional y una nacional en este caso Danfoss y Thermocoil respectivamente.

3.2.6.1. Selección de la unidad condensadora. Una unidad condensadora es un conjunto de equipos en el cual se encuentran el compresor, el condensador y recipiente de líquido, todos estos ubicados sobre una misma estructura también llamada bancada.

Tabla 39. Variables específicas para la selección de la unidad condensadora

Variable	Valor
Temperatura de evaporación	-10°C
Temperatura exterior o ambiente al cuarto frío	26°C
Potencia frigorífica de la maquinaria	18,99 kW

Fuente. Autor

En el momento de seleccionar la unidad condensadora, los datos necesarios para poder realizar una selección adecuada del equipo de acuerdo al catálogo presentando en la Figura 25 y

Figura 26 son: la temperatura exterior, la temperatura de evaporación y la potencia requerida (Tabla 39), que fueron estimados en numerales anteriores del documento.

Figura 25. Catálogo de unidades condensadoras Danfoss
Datos técnicos y pedidos

Optyma™ - R404A / R507 LBP

Ventiladores	Condiciones de prueba	Unidad	Código Versión A02	Código eléctrico	Compresor	Temp. amb. [°C]	Rango de capacidad de refrigeración en [W] a determinadas temperaturas de evaporación [°C]						Consumo de potencia [W] a una temp. de evap. de -25 °C	
							-40 °C	-35 °C	-30 °C	-25 °C	-20 °C	-15 °C		-10 °C

SH = 10 K					27	32	38	43	27	32	38	43	27	32	38	43	27	32	38	43							
OP-LGHC271	114X5043	E	NTZ271		5100	6850	8850	11100	13500	16050	18700																
					4500	6100	7900	9950	12100	14450	16850																
					3750	5150	6800	8550	10450	12500	14600															8600	
					3100	4400	5800	7400	9100	-	-																
OP-LGHC048	114X5089	E	NTZ048		750	1100	1450	1900	2350	2850	3400																
					650	950	1300	1700	2100	2550	3050																
					500	800	1100	1450	1800	2200	2650																
					400	650	950	1250	1550	-	-																1650
OP-LGHC068	114X5090	E	NTZ068		1350	1800	2350	2950	3650	4350	5100																
					1150	1600	2100	2650	3250	3900	4600																
					950	1350	1800	2300	2850	3450	4050																
					800	1150	1550	2000	2500	-	-																
OP-LGHC096	114X5091	E	NTZ096		1550	2150	2850	3650	4600	5650	6750																
					1350	1850	2500	3250	4100	5050	6100																
					1050	1550	2100	2750	3500	4350	5300																
					850	1250	1750	2350	3050	-	-																
OP-LGHC108	114X5092	E	NTZ108		1900	2650	3500	4500	5650	6850	8100																
					1650	2350	3100	4050	5050	6150	7300																
					1350	1950	2650	3450	4350	5300	6350																
					1050	1600	2250	3000	3800	-	-																
OP-LGHC136	114X5093	E	NTZ136		2550	3400	4500	5700	7100	8600	10250																
					2200	3000	4000	5100	6400	7800	9300																
					1800	2550	3400	4400	5550	6800	8150																
					1500	2150	2950	3850	4850	-	-																
OP-LGHC215	114X5094	E	NTZ215		3950	5400	7100	9050	11250	13700	16350																
					3400	4750	6350	8150	10150	12400	14850																
					2750	3950	5400	7000	8800	10800	13000																
					2150	3250	4550	6000	7650	-	-																
OP-LGHC271	114X5095	E	NTZ271		5250	7050	9150	11500	14100	16850	19800																
					4600	6250	8200	10350	12700	15250	17900																
					3850	5350	7050	8950	11000	13250	15600																
					3200	4550	6050	7750	9600	-	-																

Condiciones de prueba
SH 10K
 Temperatura ambiente: 32 °C
 Recalentamiento: 10 K
 Subenfriamiento: 0 K

Código eléctrico
 E: compresor 400 V / trifásica / 50 Hz, ventilador 230 V / monofásica / 50 Hz
 G: compresor = 230 V monofásica a 50 Hz; ventilador = 230 V monofásica a 50 Hz

Versión
 A02: con recipiente, válvula de cierre, interruptor de presión universal (KP17WB), tubos flexibles y caja de conexiones eléctricas

Consumo de potencia calculado para una temperatura ambiente de 32 °C

Fuente. Danfoss⁴⁹

Figura 26. Catálogo de unidades condensadoras Danfoss
Datos técnicos y pedidos

Optyma™ - R404A / R507 LBP

Unidad	Bobina del condensador			Ventilador del condensador	Volumen del recipiente [l]	Fig.	Dimensiones [mm]			Línea [in]		Peso [kg] (version A01)	
	Tipo	Caudal de aire [m³/h]	Vol. Interno [dm³]	Ø asp. vent. [mm]			Altura AL	Anchura AN	Profund. PR	De aspiración	De líquido	Bruto	Neto

⁴⁹ DANFOSS. *Catálogo de selección rápida.*

OP-LGHC271	L4	5850	6,3	1x500	14	5	759	900	900	1 1/8	1/8	166	151
OP-LGHC048	C3	1.300	1,6	2x254	3	6	392	700	500	1/8	1/8	52	45
OP-LGHC068	D3	2800	1,5	2x300	6	6	442	800	600	1/8	1/2	62	55
OP-LGHC096	E3	2600	2,2	2x300	6	6	442	800	600	1/8	1/2	78	71
OP-LGHC108	G3	4600	2,3	2x350	8	6	555	1000	700	1/8	1/2	102	89
OP-LGHC136	H3	3600	4,7	2x350	8	6	555	1000	700	1/8	1/2	107	94
OP-LGHC215	L3	8600	5,1	2x450	14	6	671	1200	800	1 1/8	1/8	152	138
OP-LGHC271	L3	8600	5,1	2x450	14	6	671	1200	800	1 1/8	1/8	158	144

Fuente. Danfoss⁵⁰

De acuerdo a lo anterior, el equipo seleccionado es (Ver Tabla 40):

Tabla 40. Unidad condensadora seleccionada

UNIDAD SELECCIONADA	CARACTERISTICAS
Unidad condensadora Optyma marca Danfoss OP-LGHC271	Capacidad de refrigeración 19,8 kW Compresor modelo NTZ271 a 440V/trifásica/50Hz 2 Ventiladores a 230V/monofásico/50Hz Caudal del condensar 8600 m ³ /h Volumen del recipiente 14 litros Dimensiones: Largo 80cm, Alto 67cm y Ancho 120 cm

Fuente. Autor


3.2.6.2. Evaporador. Es el elemento de la instalación donde se produce el efecto refrigerante. Es un intercambiador de calor, donde el calor de la cámara pasa al interior del evaporador por efecto de la ebullición del fluido refrigerante en su interior.⁵¹ Para la selección del evaporador que llevara el cuarto frío, se trabaja con el catálogo de la marca Thermocoil, quien maneja evaporadores con

⁵⁰ DANFOSS. *Catálogo de selección rápida*.


⁵¹ FRANCO LIJO, Juan Manuel. *Manual de Refrigeración* [online]. 2006. Available from: https://books.google.com.co/books?id=F7-dmrTI0TAC&pg=PA104&dq=evaporadores&hl=es-419&sa=X&ved=0CCEQ6AEwAWoVChMI3YnD9af_xwIVxzweCh3SBg54#v=onepage&q=evaporadores&f=false

descongelamiento por aire y son diseñados para aplicaciones de cámaras frigoríficas industriales y comerciales que requieren una alta velocidad de enfriamiento. Para la selección del evaporador se manejan las mismas variables que se utilizan para la selección de la unidad condensadora que se encuentran en la Tabla 39.

Figura 27. Catálogo de selección de evaporadores



Difusores De Alta Silueta



NOMENCLATURA

DAS-XXX X -X

7=7 Aletas por Pulgada
6=6 Aletas por Pulgada
4=4 Aletas por Pulgada

TIPO DE DESCONGELACION
A= Descongelación por Aire
E=Descongelación Eléctrica
G=Descongelación Por Gas

RENDIMIENTO
Valor que multiplicado x 1000 indica los btu/hr nominales.

TIPO DE PRODUCTO
Difusor De Alta Silueta

MODELO	RENDIMIENTO EN BTUH Dt=Te-Tc=10°F(5,6°C) Temperatura Evaporación (°F)								C.F.M	Motor H.P	Ventilador Nº xDIA.	DIMENSIONES		
												Largo mm	Conexiones	
	30	20	10	0	-10	-20	-30	-40					Liq.	Suct.
DAS-160A-6	21,088	20,413	19,401	18,388	17,472	16,870	16,364	16,027	3600	1/3	1x20"	1,012	1/2DE	1 1/8"DE
DAS-230A-6	28,955	28,028	26,639	24,452	23,991	23,164	22,469	22,006	5200	1/3	1x22"	1,266	1/2DE	1 1/8DE
DAS-300A-6	37,525	36,324	34,523	31,689	31,092	30,020	29,119	28,519	7150	1/3	2x20"	1,520	1/2DE	1 1/8DE
DAS-340A-6	42,175	40,825	38,801	35,616	34,945	33,740	32,728	32,053	7200	1/3	2x20"	1774	1/2DE	1 1/8DE
DAS-370A-6	46,375	44,891	42,665	39,163	38,424	37,100	35,987	35,245	7220	1/3	2x20"	2,028	5/8DE	1 3/8DE
DAS-460A-6	57,913	56,059	53,280	48,906	47,984	46,330	44,940	44,014	10380	1/3	2x22"	2,282	5/8DE	1 3/8DE
DAS-500A-6	62,513	60,512	57,512	52,791	51,795	50,010	48,510	47,510	10400	1/3	2x22"	2,536	5/8DE	1 5/8DE
DAS-550A-6	68,250	60,066	62,790	57,636	56,549	54,600	52,962	51,870	10800	1/3	3x20"	2,790	5/8DE	1 5/8DE
DAS-700A-6	86,975	84,192	80,017	73,449	72,064	69,580	67,493	66,101	15300	1/3	3x22"	3,298	5/8DE	1 5/8DE
DAS-180A-7	22,353	21,637	20,565	19,492	18,521	17,882	17,346	16,988	3550	1/3	1x20"	1,012	1/2DE	1 1/8DE
DAS-250A-7	30,692	29,710	28,237	25,919	25,430	24,554	23,817	23,326	5150	1/3	1x22"	1,266	1/2DE	1 1/8DE
DAS-320A-7	39,777	38,504	36,594	33,590	32,957	31,821	30,867	30,230	7100	1/3	2x20"	1,520	1/2DE	1 1/8DE
DAS-360A-7	44,706	43,275	41,129	37,753	37,041	35,764	34,691	33,976	7150	1/3	2x20"	1,774	1/2DE	1 1/8DE
DAS-400A-7	49,158	47,584	45,225	41,513	40,730	39,326	38,146	37,360	7200	1/3	2x20"	2,028	5/8DE	1 3/8DE
DAS-490A-7	61,387	59,423	56,476	51,840	50,863	49,110	47,637	46,654	10330	1/3	2x22"	2,282	5/8DE	13/8DE
DAS-530A-7	66,263	64,143	60,962	55,958	54,903	53,011	51,420	50,360	10360	1/3	2x22"	2,536	5/8DE	1 5/8DE
DAS-580A-7	72,345	70,030	66,557	61,094	59,942	57,876	56,140	54,982	10750	1/3	3x20"	2,790	5/8DE	1 5/8DE
DAS-730A-7	92,194	89,243	84,818	77,856	76,388	73,755	71,542	70,067	15230	1/3	3x22"	3,298	5/8DE	1 5/8DE

Fuente. Thermocoil⁵²

Después de analizar los valores obtenidos por medio de los cálculos y los valores suministrados en el catálogo de la marca Thermocoil (Ver Figura 27), se concluye que el equipo más recomendado para instalar en el interior del cuarto frío es el que se especifica en la Tabla 41.

Tabla 41. Unidad evaporadora seleccionada

UNIDAD SELECCIONADA	CARACTERISTICAS
---------------------	-----------------

⁵² THERMO-COIL. :::Difusores De Aire Forzado ::: [online]. [Accessed 3 August 2017]. Available from: <http://www.thermocoil.com/daf002.html>

Unidad evaporadora marca Thermocoil, modelo DAS-530A-7	Capacidad de refrigeración 10,79kW Caudal del evaporador 17597 m ³ /h 2 Ventiladores de diámetro 22" Dimensiones: Largo 2,53m, Alto 70cm y Ancho 40cm
---	---

Fuente. Autor

3.2.6.3. Válvula de expansión termostática. La válvula de expansión, es uno de los cuatro componentes principales del ciclo de refrigeración, juega un papel muy importante en el funcionamiento y en la seguridad del sistema. Este es un dispositivo que se encarga de la medición del flujo de refrigerante para abastecer el evaporador, con la cantidad de líquido correcta para que garantice que a la salida de este solo exista vapor.

La válvula de expansión tiene como objetivo garantizar que exista sobrecalentamiento constante, es decir, que el fluido se encuentre en un estado gaseoso con el mismo sobrecalentamiento cuando el sistema esté funcionando para el punto de operación para el cual fue diseñado.

Figura 28. Catálogo de selección de válvulas de expansión termostáticas Danfoss **Datos técnicos y pedidos**

TE 5 – TE 55

Conjunto de orificio

Capacidad. Rango: -40 – 10 °C / -40 – 50 °F



Tipo	Orificio	R407F		R407A		R134a		R404A/R507		R407C		R22		Código
		[kW]	[TR]	[kW]	[TR]	[kW]	[TR]	[kW]	[TR]	[kW]	[TR]	[kW]	[TR]	
TE5	0,5	11,1	3,14	10,3	2,92	6,68	1,9	8,17	2,32	10,7	3,04	10,4	2,96	067B2788
	1	20,3	5,76	18,8	5,35	12,2	3,47	14,9	4,24	19,6	5,57	19,1	5,43	067B2789
	2	28,1	8,00	25,9	7,37	17,0	4,83	20,5	5,83	27,2	7,73	26,3	7,48	067B2790
	3	35,8	10,2	33,3	9,48	21,8	6,2	26,3	7,48	34,8	9,9	33,8	9,61	067B2791
TE12	4	49,0	13,9	45,3	12,9	29,7	8,45	35,7	10,2	47,4	13,5	46,0	13,1	067B2792
	5	71,0	20,3	56,0	16,1	37,7	10,7	50	14,4	55	15,9	57	16,3	067B2708
	6	95,0	27,1	75,0	21,4	50	14,2	64	18,2	73	21	76	21,7	067B2709
TE20	7	115	32,7	96,0	27,5	65	18,7	81	23,1	94	26,8	97	27,8	067B2710
	8	141	40,0	126	36,0	77	22,1	87	24,8	118	33,6	128	36,4	067B2771
TE55 ¹⁾	9	161	45,9	148	42,1	92	26,2	102	29	136	38,7	150	42,7	067B2773
	9B	124	35,3	112	31,8	77	21,9	84	24,1	112	31,1	113	32,1	067G2705
TE 55	10	173	49,1	166	47,4	111	31,6	128	36,4	161	45,8	169	48,1	067G2701
	11	188	53,0	181	52,0	122	34,7	138	39,2	175	49,8	184	52	067G2704
	12	207	59,0	199	57,0	134	38,1	152	43,2	191	54	202	57	067G2707
	13	250	71,0	242	69,0	166	47,2	182	51	232	66	245	69	067G2710

La capacidad nominal se basa en las siguientes condiciones:
 Temperatura de evaporación $t_e = 4,4\text{ }^\circ\text{C} / 40\text{ }^\circ\text{F}$
 Temperatura de condensación $t_c = 38\text{ }^\circ\text{C} / 100\text{ }^\circ\text{F}$
 Temperatura del líquido $t_l = 37\text{ }^\circ\text{C} / 98\text{ }^\circ\text{F}$

Fuente. Danfoss⁵³

Para la selección de la válvula de expansión, se trabaja mediante el catálogo de la marca Danfoss (Ver Figura 28), para la selección de este dispositivo se trabajan las mismas variables que se utilizaron para la selección de la unidad condensadora y la unidad de evaporadora que se encuentran en la Tabla 39.

⁵³ DANFOSS. *Catálogo de selección rápida.*

Después de analizar la información anterior se concluye que la válvula de expansión más recomendado para instalar en el circuito de refrigeración es la que se especifica en la Tabla 42.

Tabla 42. Válvula de expansión seleccionada

UNIDAD SELECCIONADA	CARACTERISTICAS
Válvula de expansión TE5 referencia 067B2788	Capacidad nominal para refrigerante R.404A 20,5kW

Fuente. Autor

3.3. DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS

3.3.1. Posicionamiento de equipos

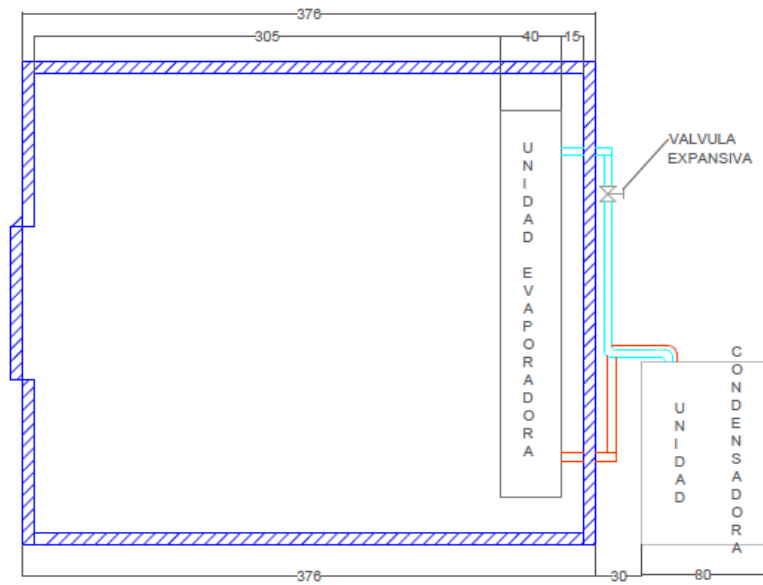
Debido a que los equipos principales que componen el sistema de refrigeración producen una carga térmica alta (Compresor, condensador, evaporador y válvula de expansión), lo más recomendado es ubicarlos de tal forma que siempre mantengan un campo de ventilación apropiado para evitar un sobre calentamiento en los mismos que puedan ocasionar fallas y también que no generen carga térmica adicional al interior del cuarto.

Es aconsejable para el evaporador ubicarlo siempre en la superficie del techo del cuarto frío junto a una de las paredes formando un ángulo de 90°, también es bueno dejarlo separado de la pared para que el equipo pueda tener un espacio de respiración y evitar calentamiento en el mismo. Por último, se debe ubicar por encima de la cantidad de producto que se va a almacenar y centrado dentro de la longitud interna del cuarto de esta manera se garantiza una circulación apropiada de aire dentro del cuarto, obteniendo de esta manera la temperatura de refrigeración adecuada.

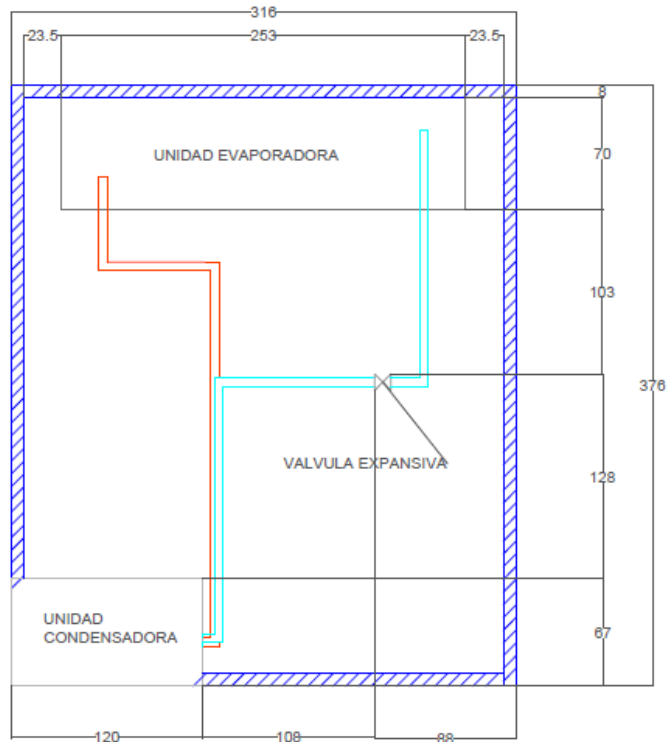
La unidad condensadora al incluir el compresor genera una carga térmica bastante alta, por lo tanto, este equipo se debe ubicar por lo menos a 0,30 m de la pared más cercana a su ubicación, ya que si el equipo se deja unido al cuarto el proceso de condensación va a ser más demorado puesto que la unidad necesita estar recirculando aire para poder hacer este proceso eficientemente. También, se recomienda dejarla un poco retirada porque el calor generado se infiltraría al interior del cuarto generando una nueva carga térmica al sistema. Por todo lo mencionado anteriormente es que se decide ubicar los equipos de acuerdo al plano que se evidencia en la Figura 29.

Figura 29. Dimensionamiento y distribución de los equipos principales del circuito frigorífico (Medidas en cm)

VISTA SUPERIOR



VISTA POSTERIOR



Fuente. Autor

3.3.2. Sistemas de control

Actualmente la mayoría de cámaras frigoríficas como de sistemas industriales funcionan con un porcentaje de automatización bastante alto, debido a que en

muchos casos tener un control manual resulta ser un poco complicado y muy poco confiable, pues requiere de personal muy bien calificado para desarrollar estas funciones.

Dentro de un cuarto frío son muchas las variables que pueden controlar para garantizar el óptimo funcionamiento del sistema, dentro de estas se encuentran:

- Temperatura y humedad relativa dentro del cuarto.
- Suministro del evaporador
- Temperatura de condensación
- Arranque y paro del compresor
- Intervalos para iniciar el proceso de descongelamiento.

Automatizar un sistema implica el montaje de los equipos secundarios adecuados, que protejan los equipos básicos antes alguna anomalía dentro de la operación del sistema y que sirvan como un indicador de alguna falla, para que de esta manera se pueda actuar a tiempo y no llegar a situaciones de estado crítico o de daños severos. Sin embargo, para poder garantizar el correcto funcionamiento de estos equipos, se debe realizar un control periódico de los mismos.

3.3.2.1. Acumulador de succión. Es un accesorio que sirve para proteger a los compresores en caso de regreso de líquido del evaporador. Este se compone por dos tanques horizontales, en el tanque superior se separa el líquido del gas, este se regresa al compresor y el líquido que queda cae por efecto gravitacional al tanque inferior, este se almacena y cuando llega a un respectivo nivel se manda de regreso a los evaporadores o al recibidor.

El acumulador de succión debería ubicarse en la línea de succión tan cerca como sea posible del compresor. La capacidad de retención del refrigerante real que necesita un acumulador está dirigida por el requerimiento de cada aplicación en particular.

3.3.2.2. Presostato de baja presión. Este dispositivo actúa cuando la presión en la línea de aspiración sea inferior a la establecida. Una caída de presión ocasiona una temperatura de evaporación muy baja, lo que puede causar el daño de los productos almacenados o el propio circuito de refrigeración.

La presión de trabajo del presostato debe ser fijada por debajo de la presión de evaporación, pero por encima de la presión que puede provocar la congelación o daños en el producto por un excesivo flujo de aire. Las causas más frecuentes por las que puede actuar este equipo son:

- El evaporador no está alimentando correctamente, lo que conlleva a un mal funcionamiento de la válvula de expansión.
- La carga del refrigerante en el circuito es baja.

- Presencia de aceite en el evaporador.

3.3.2.3. Presostato de alta presión. Es un elemento que actúa cuando la presión en la condensadora es muy alta, protege al sistema contra la sobrecarga y posible rotura de las tuberías, conllevando a la parada del compresor. Este se ubica en la línea de descarga a la salida del compresor.

El presostato de alta presión será de activación manual de esta manera se evita que se conecte automáticamente, antes de haber detectado y solucionado el causante de la anomalía. Una alta presión puede ocasionarse por:

- Enfriamiento anormal de la condensadora.
- Acumulación de refrigerante líquido en la parte baja del condensador
- El control de presión está ajustado a un nivel muy alto.

3.3.2.4. Separador de aceite. Este es un elemento diseñado para separar el aceite lubricante del refrigerante, antes que entre a otros componentes del sistema y regresarlo al compresor. El uso del separador de aceite en los sistemas de refrigeración se ha vuelto muy común, es considerado por la mayoría de los ingenieros, como un elemento esencial en instalación de unidades de baja temperatura.

Un separador de aceite también ocasiona un efecto silenciador en las pulsaciones del gas de descarga del compresor. El diseño básico de un separador de aceite reduce estas pulsaciones, cambiando la velocidad y dirección del gas de descarga, reduciendo así el nivel de ruido.

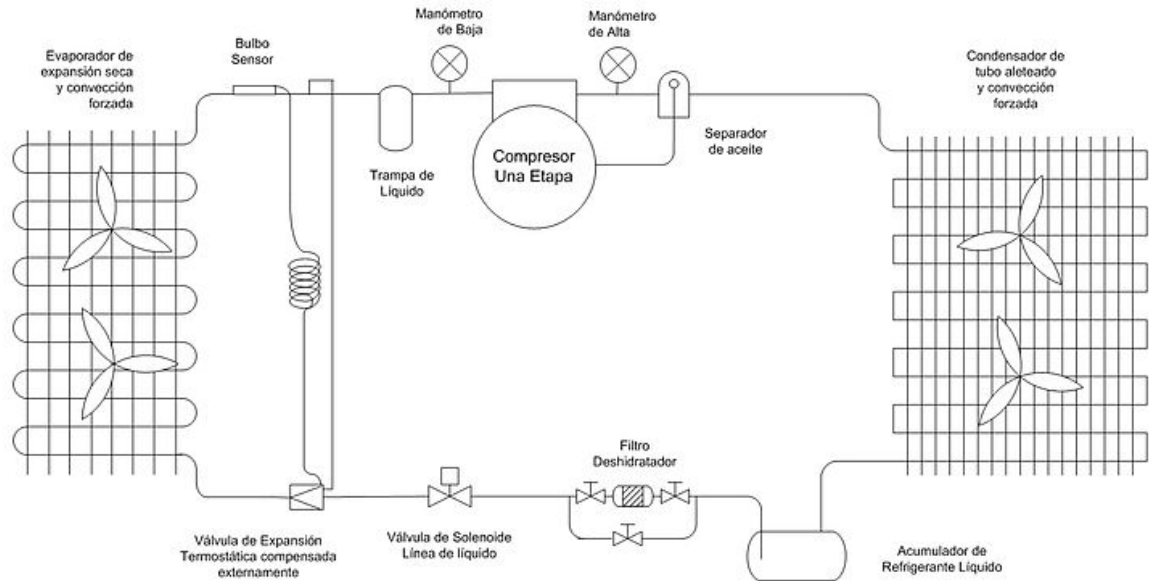
3.3.2.5. Filtro secador. Es un dispositivo que se instala en la línea de líquido. Su función es absorber la humedad interna que pueda presentar el circuito. Puesto que el vapor de agua es muy peligroso para el compresor, porque provoca la corrosión de las partes metálicas, al igual que también a causa del vapor de agua puede congelarse el orificio de la válvula de expansión, provocando un mal funcionamiento del sistema y daños bastante graves al mismo.

3.3.2.6. Válvula solenoide. La válvula solenoide es el componente que se utiliza más a menudo para controlar el flujo de refrigerante. Esta válvula posee una bobina magnética que, cuando tiene corriente, levanta el émbolo de su interior. Estas válvulas pueden ser del tipo normalmente abierto o normalmente cerrado. La primera no abre hasta que recibe corriente, y la de tipo normalmente abierto se halla siempre así, y no cierra hasta que llega corriente a la misma.

La válvula solenoide es la responsable del cierre o apertura del flujo de fluido. Este tipo de válvula lleva siempre grabada una flecha para indicar la dirección del flujo de refrigerante.

En la Figura 30 se representa la configuración del sistema de refrigeración del cuarto frío, con sus cuatro equipos principales y sus respectivos elementos de control, explicados anteriormente:

Figura 30. Configuración del sistema de refrigeración con todos sus componentes



Fuente. Alejandro Jadad

4. ANÁLISIS FINANCIERO

La determinación y el reconocimiento de la problemática del desperdicio masivo de alimentos es el primer paso para la para plantear como solución el uso de sistemas de refrigeración, mediante cuartos fríos, se logra obtener un mejor manejo de los productos, un adecuado tiempo de conservación y menores perdidas tanto para productores como para comerciantes. El costo de la implementación puede ser en primera instancia relativamente costoso, pero por medio de estos se optimiza un proceso y se aumentan las ganancias. Teniendo en cuenta todos los factores que influyen en el valor final del producto mediante este capítulo se muestra el costo aproximado de la fabricación del prototipo planteado en este documento

4.1. COSTO DE MATERIALES POR EQUIPO

El costo de materiales por equipo hace referencia a todos los equipos y materiales necesarios para poder realizar la construcción y montaje del cuarto frío, en la Tabla 43, se muestra cada uno de los componentes necesarios con su respectiva unidad y valor monetario.

Tabla 43. Costo de materiales por equipo

Ítem	Cant.	Unidad	Valor	
			Unitario	Total
Cortina plástica de Thermofilm	1,00	UND	377.155	377.155
Juego completo de automatismos, accesorios y controles. Válvula de expansión TE5 Danfoss	1,00	UND	4.330.250	4.330.250
Lámparas led herméticas IP-65 IT-100	4,00	UND	84.034	336.136
Materiales de instalación y presentación	120,00	mL	15.974	1.916.880
Panel modular tipo sándwich, inyectado con poliuretano de alta densidad	58,32	m ²	121.849	7.106.234
Panel piso (Placas en poliuretano)	10,60	m ²	78.782	835.089
Puerta isotérmica batiente	1,00	UND	2.100.840	2.100.840
Tablero de control eléctrico, mando y seguridad Full Gauge	1,00	UND	1.500.000	1.500.000
Tubería de cobre con aislamiento, chaqueta de aluminio inyectada en poliuretano.	15	mL	75.000	1.125.000
Unidad condensadora de congelación OP-LGHC271 Danfoss	1,00	UND	6.299.000	6.299.000
Unidad de evaporación (Difusor) DAS-530A-7 Thermocoil	1,00	UND	4.226.000	4.226.000
TOTAL				30.152.584

Fuente. Autor

4.2. COSTO DE MANO DE OBRA POR UN EQUIPO

El costo de mano de obra, hace referencia al personal que se necesita para el diseño, fabricación, montaje y puesta en marcha del cuarto frío, para ello es necesario tener en cuenta el valor nominal mensual de cada persona en su respectivo cargo, al igual que la carga prestacional (Ver Tabla 44), posteriormente se obtendrá el costo final de mano de obra durante los días necesarios para realizar el proceso completo descrito anteriormente esto se puede observar en la Tabla 45; es importante resaltar que los valores nominales manejados en esta tabla están basados en un estudio realizado por la revista Semana donde deja ver el salario promedio de un ingeniero mecánico con algunos años de experiencia y para los demás cargos la información se encuentra basada en estadísticas manejadas por la bolsa de empleos Indeed.

Tabla 44. Carga prestacional

Ítem	Valor
Cesantías	8,33%
Intereses a las cesantías	1,00%
Primas	8,33%
Vacaciones	4,17%
Pensiones	12,00%
Salud	8,50%
ARP	2,00%
Parafiscales	9,00%
TOTAL	53,33%

Fuente. Unidad de pensiones y parafiscales

Tabla 45. Costo total de mano de obra

Costeo	Cargo			
	Ingeniero	Operarios	Eléctrico	Refrigeración
Cantidad	1	2	1	1
Valor nominal	2.000.000	1.000.000	1.500.000	1.500.000
Sub-Total	2.000.000	2.000.000	1.500.000	1.500.000
Carga Prestacional	1.066.600	1.066.600	799.950	799.950
Total Mes	3.066.600	3.066.600	2.299.950	2.999.950
Días de servicio	15	9	2	9
Costo individual	1.533.300	919.980	153.330	689.985
TOTAL	3.296.595			

Fuente. Autor

4.3. COSTO DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA, POR EQUIPO

Para realizar el montaje definitivo del equipo y ponerlo en funcionamiento, es necesario incurrir en costos de traslado de equipos de instalación como de materiales de construcción, además de ello del cobro por todo el proceso de instalación del cuarto frío con su sistema frigorífico completo, estos costos se ven reflejados en la Tabla 46.

Tabla 46. Costos generales

Ítem	Cant.	Unidad	Valor	
			Unitario	Total
Transporte de equipos y materiales	1,00	GLB	1.900.000	1.900.000
TOTAL				1.900.000

Fuente. Autor

4.4. COSTO DE MÁQUINAS Y EQUIPOS

Para llevar a cabo la instalación de un producto como el desarrollado en este proyecto, es necesario contar con equipos que faciliten la instalación y reduzcan el esfuerzo físico por parte del personal encargado de esto. En la Tabla 47, se encuentran relacionados los equipos necesarios para facilitar este proceso.

Tabla 47. Costo de máquinas y equipos para instalación

Ítem	Cant.	Valor		
		Unitario	Total	
Atornillador inalámbrico	2	280.000	560.000	
Cortador de tubos de cobre	1	1.152.000	1.152.000	
Cortadora de láminas	1	300.000	300.000	
Kit (Bomba de vacío + Manómetros de medición)	1	1.000.000	1.000.000	
Kit herramientas varias	1	500.000	500.000	
Multímetro digital	1	165.000	165.000	
Soplete de gas butano	1	40.000	40.000	
Taladro inalámbrico	2	360.000	720.000	
TOTAL				4.437.000

Fuente. Autor

4.5. COSTO DE LOCACIÓN

Para el desarrollo de este proyecto se hace necesario tener un lugar en el cual se almacenen los diferentes materiales, equipos y herramientas, para poder realizar la

construcción final del cuarto frío, en la Tabla 48 se evidencia el valor mensual de un lugar que sirve para llevar a cabo el almacenamiento.

Tabla 48. Costo de locación del proyecto

Ítem	Cant.	Unidad	Valor	
			Unitario	Total
Arriendo mensual de una bodega de 400m ² , localidad de Fontibón	1,00	GLB	5.300.000	5.300.000
TOTAL				5.300.000

Fuente. Autor

4.6. COSTO TOTAL

Después de haber calculado todos los costos que se encuentran involucrados en el desarrollo completo del proyecto, se realiza la suma de todos los costos y con ello se obtiene el costo final del producto que se encuentra en la Tabla 49, en la cual se indica que el costo total de fabricación del cuarto frío establecido es de **45.086.179 COP**.

Tabla 49. Costo total del producto

Ítem	Cant.
Materiales por Equipo	30.152.584
Mano de obra elaboración un Equipo	3.296.595
Costo de Instalación y Puesta en Marcha, por Equipo	1.900.000
Costo de Máquinas y Equipos	4.437.000
Locación	5.300.000
TOTAL	45.086.179

Fuente. Autor

4.7. COSTO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA

El costo de operación hace referencia a cuanto es el valor monetario que se requiere para tener en funcionamiento el sistema de refrigeración. Para los sistemas como el presentando en este documento, el costo de operación se mide en la cantidad de vatios que requiere el sistema para funcionar de manera óptima, el número de horas de funcionamiento y el valor del vatio para el lugar donde estará ubicado.

Teniendo en cuenta toda información manejada en otros apartados de este trabajo, se sabe que:

- De acuerdo a la ficha técnica la unidad condensadora tiene un consumo energético promedio de 9400 W para alcanzar la temperatura deseada dentro del interior del cuarto.
- El tiempo de funcionamiento del cuarto frío es equivalente a 16 horas diarias.
- Según CODENSA⁵⁴ el valor del KW para la ciudad de Bogotá, para el estrato en donde estará ubicado el sistema es de \$374,7.

Por lo tanto, el costo de operación del sistema se representa en la Tabla 50, en la cual se observa el costo de operación diario equivale a \$56.355 y el costo de operación mensual es igual a \$1.690.646.

Tabla 50. Costo de operación del sistema

Consumo de energía	Horas de operación	Valor del KW/h
9400 W	16	374,7
TOTAL DIARIO	56.355	
TOTAL MENSUAL	1.690.646	

Fuente. Autor

4.8. ANÁLISIS DE COSTOS RESPECTO A LA COMPETENCIA

Para saber la posición del proyecto frente al mercado actual, es necesario realizar una comparación entre los costos obtenidos, explicados anteriormente y los costos de dos de las compañías analizadas en el Capítulo 2 en este caso Ingeniería de Refrigeración Industrial Rojas Hnos. S.A y RPH Ingeniería y Construcción. En la Tabla 51 y la Tabla 52, se observan los valores totales de fabricación de un cuarto frío con todas las condiciones desarrolladas en este documento, estos valores son suministrados directamente por las compañías mediante solicitudes de cotización.

Tabla 51. Presupuesto de Ingeniería de Refrigeración Industrial Rojas Hnos. S.A para el diseño, fabricación y montaje de un cuarto frío de acuerdo a requerimientos establecidos.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
 AISLAMIENTOS TÉRMICOS 			
	Paneles modulares de paredes, inyectados en poliuretano ECOLOGICO en 3" de espesor y densidad de 38 Kg/m ³ con acabado interior y exterior en lámina galvanizada prepintada en color blanco, de fácil limpieza. Selle hermético machihembrado.	m ²	62
	Puerta de Tipo BATIENTE isotérmica, aisladas en poliuretano inyectado en 3" con densidad de 38 Kg/m ³ , construida en lámina prepintada interna y	Und	1

⁵⁴ CODENSA. Valor del kilovatio en Colombia disminuye. [online]. 2017. [Accessed 18 September 2017]. Available from: <https://www.codensa.com.co/hogar/valor-del-kilovatio-en-colombia-disminuye>

externamente, (0.95 X 1.90) con refuerzo en Alfajor y marco en aluminio con boceleria en pvc		
Luminaria led 2*18	Und	2
Cortina plástica de thermofilm 90*1,90	Und	1
Accesorios de modulación: Cantoneras, canal porta paredes, perfilaría en PVC , silicona , tornillos auto perforantes, componente, estopa	Glb	1
EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN Y ACCESORIOS		
UNIDAD CONDENSADORA DE 2,0 HP MEDIA TEMPERATURA ensamblada con compresor hermético marca Tecumseh Francés Trifásico a 220 voltios, para operar con refrigerante R 507 ensamblado con panel condensador por aire forzado de 1 motores, botella recibidora de líquido, se ensambla con base estructural en lamina, separador de aceite, controles de presión, válvula solenoide, visor, filtro, indicador.	Und	1
EVAPORADOR BAJA SILUETA ALTA TEMPERATURA: para ciclo de Descongelación, por aire, construido con panel multicircuitos en tubería Estriada de cobre y laminillas de aluminio y persiana cool. (con Válvula de expansión) Las principales características de nuestro evaporador son: tiro de aire mejorado bajo nivel de ruido excelente ajuste, bajo consumo de energía y de fácil instalación y mantenimiento.	Und	1
TABLERO ELECTRICO GENERAL ALTA TEMPERATURA (O PANEL DE CONTROL): De fuerza y mando para el control automático de todos difusores, ensamblado con elementos eléctricos (KRYPAL), como son los breaker, contactores, bimetálicos, lleva un control electrónico marca FULL GUAGE, protector eléctrico de fases, lámpara señalizadora, base metálica para el ensamble, su respectivo cableado, caja metálica con su chapa de seguridad	Und	1
ACCESORIOS DE INSTALACIÓN: redes de tubería de cobre, accesorios de cobres, tubería EMT y cableado para tendido eléctrico, accesorios galvanizados y soportaría, tubería PVC sanitaria para desagüe. Calculados aproximados a 10 m	Glb	1
INGENIERÍA Y MONTAJE		
Construcción, arranque, puesta en marcha y seguimiento de los equipos.	Glb	1
Otros costos estimados, incluye fletes, pólizas y gastos administrativos.	Und	1
TOTAL		25.287.943

Fuente. Ingeniería de Refrigeración Industrial Rojas Hnos. S.A

Tabla 52. Presupuesto de RPH Ingeniería y Construcción para el diseño, fabricación y montaje de un cuarto frío de acuerdo a requerimientos establecidos.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
AISLAMIENTOS TÉRMICOS			
	PANEL TECHO, PISO Y PAREDES TIPO: FRIGOWALL METCOL Panel modular tipo sándwich, inyectado con poliuretano de alta densidad (38Kg/m3) ACABADO (LAS DOS CARAS): Lamina de acero galvanizado con revestimiento interior tipo BACK COAT apto para garantizar la adhesión de la espuma de poliuretano a la lámina metálica y acabado final exterior aplicado mediante un proceso continuo de inmersión y secado al horno, resistente a la humedad y a bajas temperaturas.	m2	57,63
	PANEL PISO (PLACAS DE POLIURETANO): Doble barrera de vapor (material impermeabilizante, polietileno grueso y poliuretano traslapado)	m2	11

MATERIALES DE INSTALACIÓN Y PRESENTACIÓN: Remates metálicos internos y externos pared – pared y pared – techo /biseles de fijación panel a piso /silicona / poliuretano / remaches / chazos / BISELES DE PRESENTACIÓN EN UNIÓN PARED – PARED Y PARED – TECHO INTERNOS TIPO MEDIACAÑA DE PVC.	mL	105
PUERTA ISOTÉRMICA MECO: CHAPA MTH importadas (Italia), Lámina galvanizada con pintura en polvo electrostática por ambas caras con lamina calibre 26.	Und	1
CORTINA PLÁSTICA DE THERMOFILM (REFORZADO): 2 mm de espesor traslape 2/3 partes. Med (m): 2.0 X 1 .0	Und	1
ILUMINACIÓN: Lámparas led herméticas. IP-65 IT-100 2X18W	Und	4
EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN Y ACCESORIOS		
UNIDAD CONDENSADORA CONGELACION: Con compresor Hermético DANFOSS para media temperatura, con condensador enfriado por aire con sus elementos de protección y control.	Und	1
UNIDAD DE EVAPORACIÓN (DIFUSOR): MARCA: THERMOCOIL. Modelo: cubicol de media silueta para media temperatura.	Und	1
JUEGO COMPLETO DE AUTOMATISMOS, ACCESORIOS, CONTROLES, MATERIALES ESPECIALES PARA REFRIGERACIÓN. Comprende: Válvula de expansión, válvula solenoide, filtro secador, visor de líquido con indicador de humedad (Marca Danfoss), carga completa con refrigerante (R- 507A), tubería de cobre para las líneas de succión y liquido (15 MTS), accesorios de cobre, soldadura, Tubería eléctrica EMT (RETIE) y cableado eléctrico THHN para acondicionamiento de instalaciones, Soldaduras, barrido y pruebas con gas inerte.	Und	1
TABLERO DE CONTROL ELÉCTRICO, MANDO Y SEGURIDAD: Comprende: Gabinete metálico con cumplimiento de la norma NEMA 4, Interruptores de Protección, Contactores y Relés SHINT, Controlador Electrónico (FULL GAUGE) para las funciones descongelación, registro de temperatura y temporizado marca Full Gauge, Regletas para distribución del cableado eléctrico, luces piloto, codillos de operación, etc.	Und	1
INGENIERÍA Y MONTAJE		
Construcción, arranque, puesta en marcha y seguimiento de los equipos.	Glb	1
Otros costos estimados, incluye fletes, pólizas y gastos administrativos.	Und	1
TOTAL		29.134.495

Fuente. RPH Ingeniería y Construcción

De acuerdo a la información suministrada anteriormente, se observa que hay una diferencia bastante notoria entre el costo obtenido en el desarrollo de este proyecto y las compañías analizadas, esto normalmente se debe a que estas empresas tienen una trayectoria bastante marcada dentro del mercado, al igual que cuentan con el apoyo de marcas importantes dentro del sector de la refrigeración, lo que conlleva a que el costo de adquisición de los equipos y diferentes materiales que intervienen durante el desarrollo y posterior ejecución del proyecto, sean mucho menores respecto a los precios que se encuentran normalmente en el mercado.

CONCLUSIONES

Se evidencia una gran problemática en el sector agroindustrial colombiano ya que existe un alto porcentaje de pérdidas y desperdicios en la producción total de frutas y verduras del país, esto debido a malos manejos del producto por parte del agricultor o comerciante y a la falta de tecnificación en el sector.

Se establece una no viabilidad del proyecto desde el mercado, debido a que el consumidor objeto del proyecto, no encuentra una necesidad de adquirir sistemas de refrigeración puesto que argumentan que es un costo elevado y no ven un beneficio, que retribuya el costo de la inversión. Además, se evidencia una falta de conocimiento en la importancia de la cadena de fría y el cómo esta contribuye al buen manejo de alimentos perecederos y a la disminución de las pérdidas o desperdicios.

Después de desarrollar este proyecto se evidencio como el sector agroindustrial nacional posee una alta necesidad por servicios de calidad que permita llevar este sector a un ámbito internacional y no solamente se quede en el ámbito nacional como ocurre actualmente en un alto porcentaje.

Gracias a la investigación realizada en el estudio de mercado, se logra plantear el diseño de un prototipo que responda a la problemática planteada, teniendo como punto base un producto que tiene las condiciones de manejo más críticas como lo es la fresa, de igual forma gracias a ello se logra establecer el correcto dimensionamiento y seleccionamiento de equipos, que logran dar respuesta a las necesidades del mercado.

A partir del diseño del cuarto frío, se establece el costo unitario del mismo en el cual se incluyen las diferentes variables que intervienen en el proceso productivo del mismo, obteniendo un costo total equivalente a 45.086.179 COP.

El costo de fabricación del cuarto frio puede ser menor al presentado, debido a que el proceso de diseño se desarrolló con una temperatura critica que es superior a la temperatura promedio que se tiene en el lugar de instalación del cuarto, lo que conlleva a que se tenga que seleccionar equipos mucho más potentes y por ende más costosos.

Con el presente trabajo se muestra como una problemática con un alto porcentaje de impacto social, se puede solucionar o dar alternativas de solución desde profesiones como la ingeniería mecánica, aportando de manera positiva a diferentes ámbitos como el social y el económico.

RECOMENDACIONES

Para futuros estudios, es ideal que el estudio de mercado se realice demostrando cuanto puede dejar de ganar un productor a causa de las pérdidas y desperdicios de sus productos mediante el uso de sistemas de refrigeración. Todo esto explicado mediante la relación de beneficio – costo, teniendo en cuenta el valor del producto en el mercado y la cantidad de producto que se pierde.

Es importante que el gobierno nacional lleve a cabo campañas educativas, para que aquellas personas que laboran en el sector agroindustrial, entiendan la importancia de la cadena de frío para que de esta manera tengan un mejor manejo de sus productos, logren disminuir el porcentaje de pérdidas y aumenten el porcentaje de sus ganancias.

El gobierno nacional debe realizar una inversión económica, en la tecnificación del sector agrícola colombiano para fortalecerlo y potenciarlo como uno de los sectores con mayor influencia en el crecimiento de la economía del país.

Para que el costo de adquisición de un sistema de refrigeración por persona sea menor, es bueno empezar a formar agremiaciones de pequeños productores que manejen el mismo producto o que por lo menos los productos tengan las mismas condiciones de conservación.

Realizar nuevas investigaciones para empezar a formular y diseñar, sistemas auto generadores de energía o que trabajen con otro tipo de energías fuera de las convencionales, así de esta manera se pueda llegar a zonas no interconectadas de la geografía colombiana.

BIBLIOGRAFÍA

ABSORSISTEM. Ciclo de compresión. [online]. [Accessed 6 June 2017]. Available from: <http://www.absorsistem.com/tecnologia/compresion/ciclo-de-compresion>

ACAIRE | :: ACAIRE :: [online]. [Accessed 5 January 2017]. Available from: <http://acaire.org/>

ACAIRE. MIEMBROS | ACAIRE. [online]. [Accessed 2 January 2017]. Available from: <http://acaire.org/acaire/miembros/>

ASOHOFrucOL. [online]. [Accessed 5 January 2017]. Available from: <http://www.asohofrucol.com.co/>

ASOHOFrucOL. Área sembrada, producción y rendimientos. [online]. [Accessed 22 December 2016]. Available from: <http://www.asohofrucol.com.co/interna.php?cat=3&scat=33&act=1>

BACCA URBINA, Gabriel. Evaluación de proyectos. 2001.

CENGEL, Yunes and BOLES, Michael. Termodinámica. Séptima. McGraw-Hill Interamericana de España S.L., 2014.

CODENSA. Valor del kilovatio en Colombia disminuye. [online]. 2017. [Accessed 18 September 2017]. Available from: <https://www.codensa.com.co/hogar/valor-del-kilovatio-en-colombia-disminuye>

CONTRALORIA GENERAL DE LA NACIÓN. Agenda Ciudadana “Generación de ingresos rurales en la sabana de Cundinamarca”. . 2010. P. 1–37.

DANE. Características de las instalaciones y el abastecimiento en Corabastos. Boletín trimestral ABASTECIMIENTO DE ALIMENTOS. 2012. Vol. 1, p. 8.

DANE. Censo de Fincas Productoras de Flores En 28 municipios de la Sabana de Bogotá y Cundinamarca 2009. Dane [online]. 2010. P. 1–59. Available from: http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/flores/Informe_resultados_2009.pdf datos estadísticos del censo a fincas productoras de flores

DANE-DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS. Ingreso de alimentos a los principales mercados del país entre octubre y noviembre de 2016. . 2016. P. 1–10.

DANFOSS. Catálogo de selección rápida.

DNP. Boletín DNP - Colombianos botan 9,76 millones de toneladas de comida al año.docx. [online]. 2016. Available from: https://planeacionnacional-my.sharepoint.com/personal/prensa/dnp_dnp_gov_co/_layouts/15/WopiFrame.aspx?guestaccesstoken=Jf%2BSvBsjjFNcmsZMs0xPkoO634lwB%2F4ypr1T9Ci7O5M%3D&docid=18f2c7356047d467bb1c45c3bccaea3ac&action=view

FAO. Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe - Julio 2014. [online]. 2014. P. 7. Available from: <http://www.fao.org/3/a-i3942s.pdf>

FIMECHE, Prf Ian M. Arbon Ceng Cenv, AYRES, Micheal, CAMPBELL, Richard,

FAZEKAS, Dr. Dora and FIMECHE, Dr. Tim Fox Ceng Cenv. A TANK OF COLD: CLEANTECH LEAPFROG TO A MORE FOOD SECURE WORLD. [online]. 2015. Available from: <http://www.imeche.org/policy-and-press/reports/detail/a-tank-of-cold-cleantech-leapfrog-to-a-more-food-secure-world>

FRANCO LIJO, Juan Manuel. Manual de Refrigeracion [online]. 2006. Available from:https://books.google.com.co/books?id=F7-dmrTI0TAC&pg=PA104&dq=evaporadores&hl=es-419&sa=X&ved=0CCEQ6AEwAWoVChMI3YnD9af_xwIVxzweCh3SBg54#v=onepage&q=evaporadores&f=false

GCCA. Capacity and Growth of Refrigerated Warehousing by Country. . 2014. No. Figure 1, p. 2010–2014.

Gobierno lanza programa “Desperdicio Cero” y adopta medidas frente a la pérdida de comida. [online]. [Accessed 23 December 2016]. Available from: <http://es.presidencia.gov.co/noticia/161125-Gobierno-lanza-programa-Desperdicio-Cero-y-adopta-medidas-frente-a-la-perdida-de-comida>

HEATCRAFT REFRIGERATION PRODUCTS. Commercial Refrigeration Cooling and Freezing Load Calculations and Reference Guide. . 2008. Vol. 2008, no. August 2006.

KADER, A.A. Manual de prácticas de manejo post cosecha de los productos hortofrutícolas a pequeña escala [online]. 1993. [Accessed 16 July 2017]. Available from: <http://www.fao.org/Wairdocs/X5403S/x5403s0a.htm>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Agronet Inicio. [online]. 2016. [Accessed 17 February 2017]. Available from: <http://www.agronet.gov.co/Paginas/default.aspx>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Resultados Evaluaciones Agropecuarias Municipales 2011 [online]. 2011.

ISBN 9789588536118. Available from:
<http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estadísticas.aspx>

ORREGO, Carlos. E. Procesamiento De Alimentos. 2003. ISBN 9589322808.

PLASTICESTIBAS. Estibas plasticas | Fabrica y comercializadora de productos de plastico. [online]. [Accessed 8 June 2017]. Available from:
<http://www.plasticestibas.com/>

PROCOLOMBIA. Logística de perecederos y cadena de frío en Colombia. Cartilla Cadena de Frío [online]. 2014. P. 112. Available from:
http://www.colombiatrade.com.co/sites/all/modules/custom/mccann/mccann_ruta_exportadora/files/06-cartilla-cadena-frio.pdf

PUEBLA, Jorge. Manual De Buenas Prácticas En Refrigeración. 2003. ISBN 980-12-1448-1.

RAMÍREZ, Juan Antonio. Nueva enciclopedia de climatización. Refrigeración. Ediciones. Barcelona, 2000. ISBN 978-8432965418.

REFECOL. FICHA TÉCNICA. [online]. 2009. [Accessed 30 July 2017]. Available from:
<http://www.refecol.com.ec/wp-content/uploads/2014/06/FichaTecnica-R404A.pdf>

REVISTA MUNDO HVACR. Ciclos de Refrigeración por Absorción - Mundo HVACR. [online]. 2016. [Accessed 2 June 2017]. Available from:
<https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2008/09/ciclos-de-refrigeracion-por-absorcion/>

SAC - Sociedad de Agricultores de Colombia [online]. 2016. [Accessed 5 January 2017]. Available from: [http://www.sac.org.co/es/SOSTENIBLE, SEMANA. Bogotá y Medellín registran las temperaturas más altas de su historia. \[online\]. \[Accessed 13 July 2017\]. Available from: <http://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/bogota-registra-la-temperatura-mas-alta-en-su-historia/37055>](http://www.sac.org.co/es/SOSTENIBLE, SEMANA. Bogotá y Medellín registran las temperaturas más altas de su historia. [online]. [Accessed 13 July 2017]. Available from: http://sostenibilidad.semana.com/impacto/articulo/bogota-registra-la-temperatura-mas-alta-en-su-historia/37055)

SUÁREZ, Ana. El Hambre y el desperdicio de alimentos en Colombia: reto de logística inversa y responsabilidad social. EDITORIAL. LOGÍSTICA .LA [online]. 2014. [Accessed 23 December 2016]. Available from:
<https://editorial.logistica.la/2014/10/19/el-hambre-y-el-desperdicio-de-alimentos-en-colombia-reto-de-logistica-inversa-y-responsabilidad-social/>

THERMO-COIL. :::Difusores De Aire Forzado ::: [online]. [Accessed 3 August 2017]. Available from: <http://www.thermocoil.com/daf002.html>

UNAD. LECCION 39 CUARTOS FRIOS. [online]. [Accessed 2 February 2017]. Available from: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211618/EXELARNING/leccion_39_cuartos_frios.html

UNIFRIO. Cuarto Frio. [online]. [Accessed 17 February 2017]. Available from: <http://www.cuartofrio.mx/>

VACCINE, W H O. Maintenance of refrigeration equipment. . 2014. No. 961.

WANG, Shan Kuo. Handbook of Air Conditioning and Refrigeration [online]. 2000. ISBN 0070681678. Available from: <http://books.google.com/books?id=0tVSAAAAMAAJ&pgis=1>

1. CODENSA. Valor del kilovatio en Colombia disminuye. [online]. 2017. [Accessed 18 September 2017]. Available from: <https://www.codensa.com.co/hogar/valor-del-kilovatio-en-colombia-disminuye>