



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

“Fludinámica computacional para la determinación de los factores que influyen en el tiempo de enfriado en un túnel de frío”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Castillo García, Leonel Keen (ORCID: 0000-0002-5000-5833)

ASESOR:

Dr. Villareal Albitres, William Fernando (ORCID: 0000-0003-1743-6014).

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistema electromecánicos

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

A mis padres, quienes son el motor y motivo para perseguir mis sueños; y las fuerzas que necesitaba para continuar y perseguir lo que tanto anhelaba.

A mis familiares, por apoyarme e incentivarme a conseguir mis metas y sueños trazados.

Leonel Keen Castillo García

Agradecimiento

Agradecer en primer lugar a Dios, por haberme dado la existencia y por ser el apoyo en los momentos más duros y difíciles. A mis padres, y familiares, por confiar en mí, así mismo por ser la principal motivación para esforzarme a ser cada día mejor y alcanzar mis propósitos trazados a lo largo de la vida, dejando en claro que este es uno de los primeros esfuerzos para formar una vida profesional sólida y confiable.

Leonel Keen Castillo García

Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice	iv
Resumen	ix
Abstract.....	x
I. Introducción	1
II. Métodos	1
2.1. Diseño de Investigación	33
2.2. Variables, Operacionalización.....	33
2.3. Población y Muestra	36
2.4. Técnica e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	36
2.5. Métodos de Análisis de Datos.....	39
2.6. Aspectos Éticos	40
III. Resultados.....	41
3.1. Cálculos térmicos	41
3.2. Desarrollo del software de simulación para diseñar la configuración geométrica del túnel de enfriamiento	56
3.3. Desarrollo de la metodología de trabajo de experimentación computacional	60
3.4. Simular un túnel de frío para analizar el comportamiento del flujo y temperatura.....	63
IV. Discusión	66
V. Conclusiones	67
VI. Recomendaciones.....	68
Referencias.....	69

Anexos.....71

Índice de Tablas

Tabla 1. Operacionalización.....	34
Tabla 2. Coeficientes de conductividad, conductancia y resistencia térmica de los materiales utilizados en el túnel de frío	44
Tabla 3. Temperaturas del piso según el espesor de aislamiento	44
Tabla 4. Detalle de las medidas del túnel.....	44
Tabla 5. Registro de Temperaturas en la pared 1	45
Tabla 6. Registro de Temperaturas en la pared 2	46
Tabla 7. Registro de Temperaturas en la pared 3	46
Tabla 8. Registro de Temperaturas en la pared 4	47
Tabla 9. Registro de Temperaturas en el techo del túnel	47
Tabla 10. Registro de Temperaturas en el piso del túnel	48
Tabla 11. Promedio total de temperaturas registradas en el túnel.....	48
Tabla 12. Registros de flujos máxicos en el túnel producto terminado parte superior interna.....	49
Tabla 13. Registros de flujos máxicos en el túnel producto terminado parte inferior interna.....	51
Tabla 14. Resumen total de resultados térmicos.....	56

Índice de Figuras

Figura 1. Exportaciones agropecuarias Valor FOB (millones US\$).	4
Figura 2. Túnel de frío – Agroindustrial BETA.	5
Figura 3. Representación del sistema termodinámico.	10
Figura 4. Energía almacenada.	11
Figura 5. Energía transitoria.....	11
Figura 6. Clasificación de las propiedades de un sistema.	12
Figura 7. Representación de la ley Cero.	13
Figura 8. Representación de la primera ley de la termodinámica.	14
Figura 9. Representación de violación del enunciado de Kelvin-Planck.	15
Figura 10. Esquema y diagrama T-s para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.....	17
Figura 11. Esquema y diagrama T-s para el ciclo real de refrigeración por compresión de vapor.....	18
Figura 12. Transferencia de calor por conducción.	19
Figura 13. Transferencia de calor por convección.	19
Figura 14. Diagrama de un ciclo básico de refrigeración.	20
Figura 15. Lados.	21
Figura 16. Ciclo Carnot de refrigeración.	23
Figura 17. Diagramas (T vs s) para el ciclo de refrigeración.	23
Figura 18. Diagramas (T vs s) y (P vs h) para el ciclo de refrigeración.	23
Figura 19. Diagrama del ciclo de Carnot en función de la presión y el volumen. ..	25
Figura 20. Diagrama del ciclo de Carnot en función de la temperatura y la entropía.	26
Figura 21. Túnel californiano (ver el sentido del aire).....	28
Figura 22. Túnel vertical (ver el sentido del aire).	29
Figura 23. Utilización de la CFD.....	30
Figura 24. Funciones de contorno.	39
Figura 25. Túnel de enfriamiento modelo californiano de (complejo agroindustrial beta s. A, Piura).	41
Figura 26. Vista de planta de la distribución de puntos para registro de temperatura.	45

Figura 27. Vista de planta de la malla para la medición de flujos máxicos.....	49
Figura 28. Vista de planta de la malla para la medición de flujos máxicos en el túnel producto terminado parte inferior interna.....	50
Figura 29. Vista isométrica de la extrusión de las paredes y de la lona.....	56
Figura 30. Vista isométrica del diseño de pallet en el programa Solidworks.....	57
Figura 31. Vista isométrica del diseño del túnel de enfriamiento en el programa SolidWorks.....	58
Figura 32. Inicio del proyecto de Flow simulación.....	58
Figura 33. Colocación de parametros de temperatura , flujo y presión	59
Figura 34. Cargando wizard.....	59
Figura 35. Selección de ventiladores.	59
Figura 36. Selección de condición de frontera.....	60
Figura 37. Ingreso de carga térmica de la uva.	60
Figura 38. Vista gráfico de los parámetros a trabajar.....	61
Figura 39. Iteración del sistema.	61
Figura 40. Vista gráfico del ingreso del refrigerante en un estado inicial.....	62
Figura 41. Vista gráfico de la interacción del refrigerante R – 22, por medio de una rapidez de transferencia de calor por convección forzada.	62
Figura 42. Vista gráfico de la simulación del túnel de frío, por medio de una rapidez de transferencia de calor por convección forzada.....	63
Figura 43. Vista gráfico de la simulación del análisis de la java, por medio de una rapidez de transferencia de calor por convección forzada.	64
Figura 44. Vista gráfico de la simulacion del comportamiento del refrigerante R – 22, por medio de una rapidez de tranferencia de calor por convección forzada. ..	65

Resumen

La empresa Complejo Agroindustrial Beta exporta uvas en caja de polietileno. La cual se optó como solución diseñar un túnel de frío donde trabajará con un refrigerante R – 22. La investigación es de tipo descriptivo - analítico, donde se diseñó una fludinamica computacional para la determinación de los factores que influyen en el tiempo de enfriado. Lo cual los datos recopilados están basados en hechos reales donde se planteó registrar las medidas de temperatura y flujo del túnel de frio para llevar acabo las mencionadas mediciones fueron necesarios los siguientes instrumentos como termómetro digital manual para medición de temperatura ambiente dentro y fuera del túnel, como consiguiente se utilizó un termómetro infrarrojo para obtener las temperaturas de las paredes techo etc. y por último se utilizó un anemómetro para tomar las lecturas de flujo másico en el ingreso y salida de los ventiladores,, donde a través de un software de modelamiento y simulación se logró analizar y verificar cada punto del estudio flu dinámico computacional (CFD), para validar los resultados obtenidos en el simulador, con los datos medidos en el túnel de enfriamiento.

Se procedió con la simulación del túnel de enfriamiento obteniendo como resultados el comportamiento del flujo y la temperatura para así poder proponer las mejoras de acuerdo a las interacciones tomadas por el software de simulación.

Palabras Clave: CFD, Refrigeración, R – 22, Fludinámica Computacional.

Abstract

The company Complejo Agroindustrial Beta exports grapes in a polyethylene box. Which was chosen as a solution to design a cold tunnel where it will work with a R - 22 refrigerant. The research is descriptive - analytical, where a computational fluidinamica was designed to determine the factors that influence the cooling time. The data collected are based on real events where it was planned to record the temperature and flow measurements of the cold tunnel to carry out the aforementioned measurements. The following instruments were required as a manual digital thermometer for measuring ambient temperature inside and outside the tunnel, as a result an infrared thermometer was used to obtain the temperatures of the ceiling walls etc. and finally an anemometer was used to take the mass flow readings in the entrance and exit of the fans, where through a modeling and simulation software it was possible to analyze and verify each point of the computational dynamic flow study (CFD), to validate the results obtained in the simulator, with the data measured in the cooling tunnel.

We proceeded with the simulation of the cooling tunnel obtaining as a result the behavior of the flow and the temperature in order to be able to propose the improvements according to the interactions taken by the simulation software.

Keywords: CFD, Refrigeration, R - 22, Computational Fludinamica.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

1.1.1 A nivel Internacional

Actualmente en la alimentación existe una crisis, y esta problemática está a nivel mundial, sin embargo, las acciones tomadas aún no pueden erradicar el índice de pobreza, y justamente en ello es donde se debe de empezar. La ONU debe tomar las acciones adecuadas, pero hasta el momento sólo ha tratado de bajar ello, sin conseguir un resultado favorable para las familias de todo el mundo (Grolleaud, 2012).

Un método eficaz es la utilización de la refrigeradora, este producto hace que los alimentos se encuentren aptos para su consumo durante un determinado lapso, pero a ello cabe resaltar que, no todos cuentan con estos productos. (Fonseca & Bergues, 2012).

Dentro de un índice adecuado y un porcentaje crucial, se ha detectado que los alimentos son mejor conservados en este tipo de método, pues este reduce la temperatura contra los organismos que lo descomponen (Pilatosky, 2007).

Los índices porcentuales son los encargados de mostrarnos y verificamos en las estadísticas que lo mencionado es lo más acorde para mantener los alimentos en buen estado para su consumo dentro de un determinado tiempo.

En el 2015, se verificó que en diversos países se encontraría una mejor preservación gracias a la metodología que aplican. Y debido a ello se ha reconocido la labor del sistema de refrigeración (Duván Chaverra, 2016).

Es por ello en la actualidad las empresas exportadoras de mariscos frescos en Latinoamérica se han implementado con los sistemas de enfriamiento.

“En Ecuador, la industria del camarón, el crecimiento fue muy acelerado que después de dos décadas de haber iniciado con esta actividad, Ecuador ya se situaba entre los principales exportadores de camarón, gracias a las condiciones climáticas y a la adaptabilidad de la especie *litopenaeus vanamei*” (Martinez Aumala, 2018).

“La línea de congelación por aire forzado es de 34 MOD, estándar definido de manera empírica por la experiencia en el trabajo realizado, la definición de un estándar de manera empírica trae consigo otros problemas como el costo de CIF (costo indirecto de fabricación) elevado, el mayor uso de espacio en el área de empaque y por ende todo esto genera más consumo de recursos y gastos en general” (Martinez Aumala, 2018).

“El material de congelación genera operaciones adicionales que se pudieran suprimir al cambiar el mismo, no existe un estudio para determinar cuál es el mejor material de congelación a utilizar en el caso de la congelación por IQF (Individual Quick Frozen) en la línea de congelación por aire forzado. Los tiempos para realizar procedimientos como el de limpieza o defrost en el equipo varían de turno a turno o por maniobrabilidad del operador” (Martinez Aumala, 2018).

Los sistemas de enfriamiento también son utilizados para las empresas Agroexportadoras realizando así cámaras de congelado como: “las Industrias Cerro, ellas están encargadas de separar la fruta y su pulpa, cabe resalta que, su producto bandero es la mora, para llegar a realizar todos estos procesos es necesario utilizar la maquinaria respectiva, y estas industrias

cuentan con todo ello, pero hace falta un lugar adecuado para la conservación de todas las frutas” (Gracia Patron, 2017).

Y lógicamente por la extracción de la pulpa es necesario los congeladores, o las cámaras de refrigeración para poder conservar y mantener los estándares exigidos, así como los de calidad y el del buen consumo (Gracia Patron, 2017).

1.1.2 A nivel Nacional

Es importante reconocer que la agro exportación es considerado como el sector más importante, ya que es vital para nuestra economía. Es resaltante que, va en aumento el porcentaje de las ventas, sin embargo, se debe mantener y pensar que existen diversos factores involucrados como son el agua, el suelo, entre otros que se trabajan.

Por tanto, es necesario verificar constantemente el aumento y aprovechamiento de la parte eléctrica, ya que con ello funcionarán los congeladores y/o cámaras de enfriamiento para mantener la producción de las empresas y con ello entregar una adecuada materia de exportación (OSINERGMIN, 2016).

Durante la campaña de octubre del 2016 – marzo del 2017 de las exportaciones de uvas, alcanzarían un nuevo récord cercano a los US\$ 700 millones, 8% más respecto a la campaña anterior (US\$ 646 millones), proyectó el banco Scotiabank. "Nuestra proyección asume un aumento en torno al 10% en el volumen exportado, a alrededor de 315,000 toneladas métricas TM, esto se debe tanto al incremento de las áreas sembradas como a la mayor productividad de los cultivos", señaló la analista senior del Departamento de Estudios Económicos del Scotiabank, Erika Manchego. (Gestión.pe).

A nivel mundial, el Perú es el quinto exportador de uvas, con 7% del volumen total exportado al 2015. Siendo Chile el primer

exportador de uvas (17% de participación), seguido de Italia (11%), Estados Unidos (9%) y Sudáfrica (9%). (Gestión.pe).

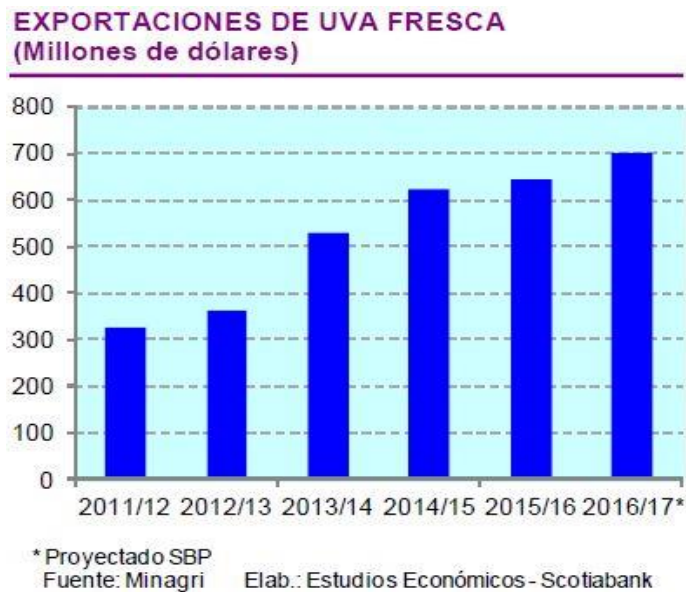


Figura 1. Exportaciones agropecuarias Valor FOB (millones US\$).

Fuente: minagri.

“A las visitas realizadas a empresas agroexportadoras en Piura, se ha recolectado información sobre el consumo eléctrico de los sistemas de refrigeración, y éste representa alrededor del 80% del consumo total de la planta; esto es debido a que el proceso de enfriamiento toma lugar con mayor frecuencia, en horas punta. Considerando a la uva como ejemplo, el proceso de enfriamiento dura de 8 a 12 horas” (Guzmán-Ortiz, 2018).

1.1.3 A nivel Local

En la actualidad el complejo Agroindustrial BETA, tiene una serie de plantas de proceso a nivel nacional para determinados productos como uva, palta, arándano, tangelo. La planta Agroindustrial BETA – RECRÍA viene funcionando en la localidad de Huapalás que pertenece al Distrito de Chulucanas, Provincia de Morropón, departamento de Piura con un área de 14 880 m² para proceso de uva.

Estos productos pasan por una serie de procesos para garantizar su calidad al momento de su consumo, a este conjunto de procesos se le conoce como cadena de frío; el cual permite preservar el alimento mediante bajas temperaturas; además de la baja proliferación de los microorganismos que se presentan en la fruta bajo condiciones de frío.

En la planta RECRIA se realiza el enfriamiento de uva para la exportación a distintos países, pero se está evidenciando una baja eficiencia en los túneles de enfriamiento de producto terminado el cual debe disminuir la temperatura de la uva de 18°C a una temperatura final de -1.5°C en un tiempo aproximado de 8 horas, pero en la realidad el túnel de enfriamiento logra estas temperaturas en un tiempo de 10 a 11 horas, generándose mayores costos de energía, deshidratación en la uva por excesivo tiempo en el proceso de enfriamiento; además de retrasos en envíos que puede generar pudrición en la uva durante el transporte.



Figura 2. Túnel de frío.

Fuente: agroindustrial BETA.

1.2 Trabajos Previos

(Martínez Aumala, 2018) comenta que, “El presente estudio propone un aumento de productividad en la línea de congelación por aire forzado,

mediante la identificación de problemáticas con respecto a horas improductivas, mano de obra directa y material de congelación. Se desarrolló un sistema para el control de indicadores de eficiencia y pérdidas por horas improductivas, con el fin de medir la capacidad real de la línea de producción y el número de horas improductivas y definir una propuesta confiable y sostenible. El material de congelación propuesto disminuye el ciclo de congelación de 41 a 35 minutos y se aumenta la producción de 4400 a 5000 libras por hora congeladas, se reduce el estándar de mano de obra directa de 34 a 24 operarios en el proceso, se definió un procedimiento en formato Lección de un punto para reducir las horas improductivas. La propuesta del estudio tiene como beneficio económico un total de \$19.561,75 dólares mensuales” (Martinez Aumala, 2018).

A pesar de esto no se hizo la investigación sobre los factores que determinan el grado de enfriamiento.

(Jordán Sánchez , 2018) indica lo siguiente, que parte de su objetivo es dejar en claro que los congeladores y las cámaras de enfriamiento son sumamente necesarias para los proyectos e industrias que se dedican a la exportación de alimentos y en constantemente con todos los involucrados en este rubro. Es necesario mencionar que con este proyecto se llegará a erradicar muchas fallas y sobre todo se podrá tener en cuenta a todas las cargas de alimentos que llegan a otros países, y con ello son efectos los equipos y los cálculos que se deben realizar (Jordán Sánchez , 2018).

(Guzmán-Ortiz, 2018), tras su ardua investigación, nos indica lo siguiente.

Que se llega a una conclusión donde la energía es vital para mantener las industrias, puesto que sin ellas no funcionarían las empresas y sus máquinas, resaltando que los consumos son ejecutables según su utilización. Los procesos y los ciclos son indispensables para poder mantener un control en específico.

Aquí se verifican los planos que se plantean para poder construir una planta que nos ayudaría a llegar a completar el objetivo principal de este trabajo, y con ello se llegaría al fin buscado, que es el mantener los alimentos y hacerlos llegar a su determinado destino. En los diversos capítulos se va detallando las estrategias planteadas donde nos mostrará la forma de poder aplicar a través de las fórmulas y las estadísticas (Guzmán-Ortiz, 2018).

La teoría se encuentra en el primer apartado, pero sobre todo los métodos y las variables en consideración se encuentra en el segundo capítulo, pero para ser más específicos lo aplicado de la teoría lo vemos en los resultados y en la discusión se discute la parte de lo obtenido con lo esperado y las conclusiones a las que se llegan, así como las recomendaciones que se deben tener en cuenta (Guzmán-Ortiz, 2018).

Patrón (2017) alega que, todo lo esperado se mantiene según lo aplicado y que ello sea seguro. En este caso, las plantas con sus congeladores para frutas y sus derivados son sumamente importantes. Puesto que, los diseños son aplicados según las estadísticas observadas; se escogen la conductividad térmica, para no llegar a tener ninguna pérdida, ya que ello es lo que esperan las industrias.

Al haberse determinado un ciclo se debe tener en cuenta las recomendaciones que se dan y se hacen llegar por las empresas, las dimensiones dadas y las explicadas deben ser según su alto, largo y ancho; sobre todo con lo que se opera según el refrigerante y este debe ser -20° .

Una de las normas de exportación y de calidad es que el producto se encuentre en adecuado valor, el mantenimiento debe contar cumplir con dichas exigencias para que se mantengan congelados y el sabor del producto sea lo esperado.

En los últimos 20 años el uso de la computadora ha ido crecido a raíz de las altas demandas de procesamiento dado. Esta herramienta

computacional ha permitido analizar o llevar a cabo experimentos computacionales para determinar las causas de velocidad, presión y temperatura.

El uso de la Fludínámica computacional ha ido creciendo para estudiar problemas de tecnología en sistema frigoríficos, sistemas hidráulicos.

En el desarrollo del presente proyecto se simuló el comportamiento hidráulico en platos perforados para la destilación de mezclas binarias mediante CFD.

Las herramientas computacionales para la aplicación de la dinámica computacional de fluidos (CFD) al estudio de distintos sistemas, su uso y rendimiento en los últimos años han incrementado, principalmente en lo que se refiere a aplicaciones en el diseño y simulación de los equipos industriales.

Es aprovechable todo lo esperado para mantener el estándar de los paquetes comerciales de CFD Fluent v6.2.16 y Gambit v2.2.30. Se fructifican los equipos de Fluent para imaginar los instrumentos en la hidráulica que trascienden al cambiar los componentes físicos del plato, como pueden ser las dimensiones de los vertederos y el número y tamaño de las perforaciones del plato.

Son específicos las perforaciones y por ello es necesario una buena aplicación, ya que las diversas series nos permiten cambiar al campo donde el rango es mucho más alto. Por ello, se debe aplicar manteniendo en alto los 5 k mol/h de una mezcla de n-pentano y n-hexano.

Para Pérez et al (2016) es necesario que, se evalúe la fundición de sulfuros contiene un alto porcentaje tóxico y ello impacta de una manera muy negativa al medio ambiente.

En tanto la metodología trata de simular el sistema de una manera que enfría a través del CFD y ello es aplicado por los gases, permitiendo

adaptar la parte física, y ello se corrobora con los instrumentos de medición de escala.

Adaptando de modo factible se obtiene el comportamiento de los gases de fundición teniendo un mínimo error, ello estadísticamente hablando. Ello está en el recorrido que pasa entre la cámara y la campana de enfriamiento de las respectivas máquinas.

1.3 Teorías Relacionadas al tema

1.3.1 Fundamentos de termodinámica

Si se habla de terminología se está mencionando a la ciencia que estudia la energía y todos sus derivados, así mismo a sus estados (Cengel & Boles, 2015).

1.3.1.1 Sistema termodinámico

Es la parte específica donde se estudiará dicho sistema mencionado, es decir este es aislado de lo demás y ello se puede dar de forma real hasta imaginaria, donde muchos indican que es la famosa frontera. Estos son estudiados y clasificados como los tipos de sistema abierto o cerrado (Cengel & Boles, 2015).

✓ Sistema cerrado o “masa de control”:

Es una cantidad determinada de masa, y ello especifica que no se mezcla con ninguna otra. Pero cabe resaltar que, transformada en energía ella si es aceptable a entrar.

✓ Sistema abierto o “volumen de control”:

Aquí se evalúa el espacio seleccionado, ya que cualquier sistema puede insertarse en la mencionada frontera como se ha venido indicando con anterioridad.

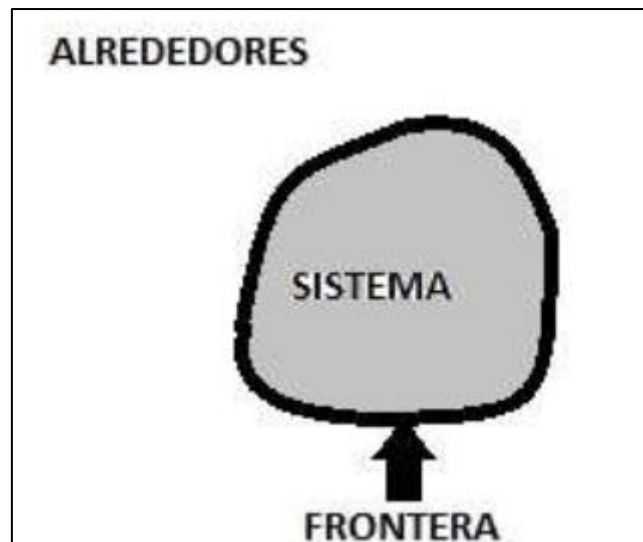


Figura 3. Representación del sistema termodinámico.

Fuente: minagri.

Es necesario mencionar los tipos de sistemas termodinámicos:

- ✓ La entropía se encarga de los desórdenes moleculares y midiendo los determinados sistemas.
- ✓ La energía es capaz de verificar los efectos que producen los sistemas, así como los cambios y las causas de la refrigeración en sí.

1.3.2 Clasificación de la Energía

A través de los manuales respectivos de la ASHRAE, mencionaré los más importantes en ellos encontramos a la energía almacenada y a la transitoria.

1.3.2.1 Energía almacenada

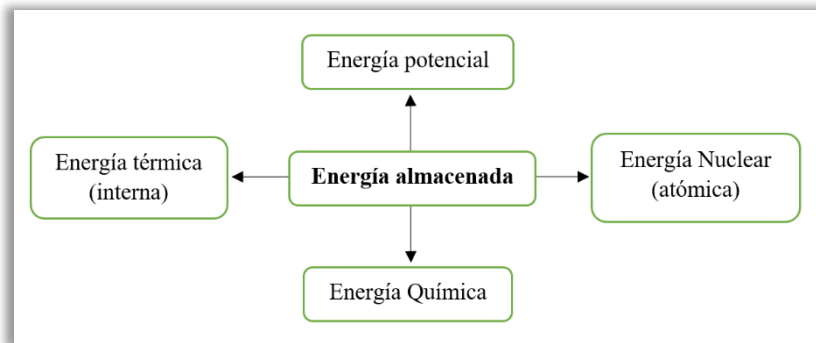


Figura 4. Energía almacenada.

Fuente: elaboración propia.

1.3.2.2 Energía transitoria

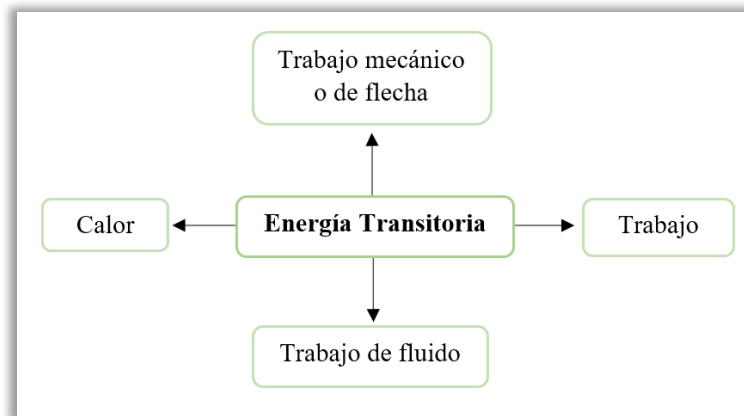


Figura 5. Energía transitoria.

Fuente: elaboración propia.

1.3.3 Propiedades de un Sistema

Está en función a las características de un sistema.

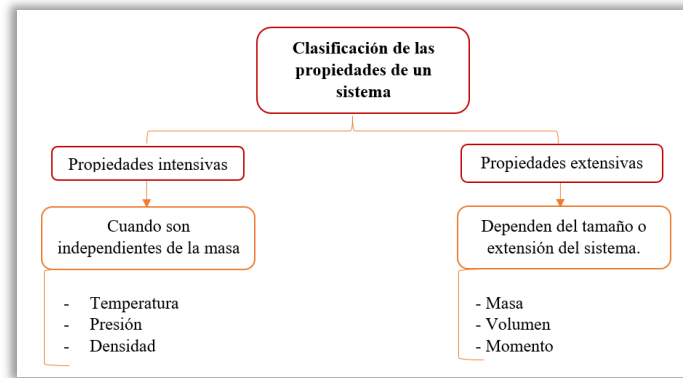


Figura 6. Clasificación de las propiedades de un sistema.

Fuente: elaboración propia.

Hablar de todas las propiedades que son independientes y con una gran intensidad, se estará mencionando al estado que tiene un determinado sistema (Cengel & Boles, 2015). Cuando se alude a las propiedades con extensión con una especificación de unidades y su intensidad respectiva, se indica que es la entropía (Cengel & Boles, 2015).

Si se especifica la unidad KJ entonces se considera como una propiedad intensiva, ello está plasmado en las unidades y reconocida en la NAS (Cengel & Boles, 2015).

1.3.4 Ley Cero de la Termodinámica

Hace referencia al equilibrio térmico y esto alcanza hasta el entrelazamiento de los cuerpos, y está aprobado que si ya se encuentran dos puntos y se cruza un tercero también es considerado de esta manera, ya que está establecido según la ley (Cengel & Boles, 2015).

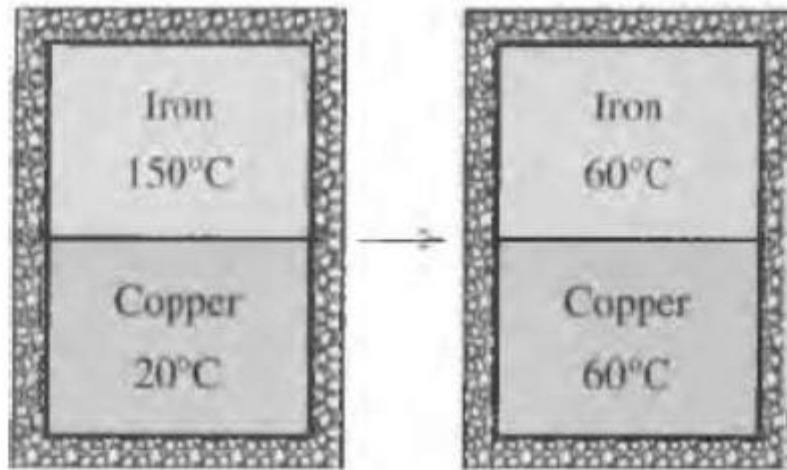


Figura 7. Representación de la ley Cero.

Fuente: minagri.

1.3.5 Primera ley de la Termodinámica

Esta es conocida como un principio de conservación netamente en la energía, dejando claro que su base queda en sólido, de ahí parte su constancia como la primera ley de la mencionada y esto es fundamentado por las diversas observaciones y resultados obtenidos ya que no es posible ni destruir, así como crear y ello es justificable en vista durante los procesos estimados (Cengel & Boles, 2015).

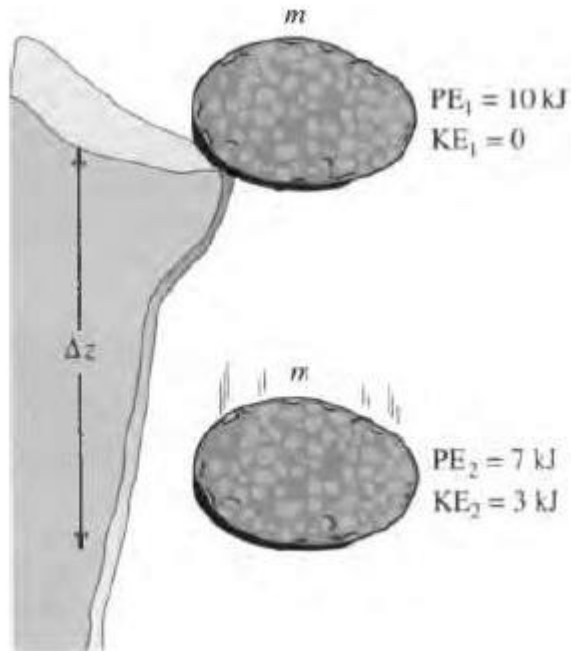


Figura 8. Representación de la primera ley de la termodinámica.

Fuente: minagri.

1.3.6 Segunda ley de la Termodinámica

Es verídico decir que esta ley indica todo sobre el uso de la máquina específicamente térmica y ello se encuentra tras el calor de la parte trabajada útilmente. El científico Kelvin-Planck nos menciona muchas cosas sobre dicha maquinaria y todo en específico en un enunciado claro y preciso:

Dónde no se deja de lado al ciclo que se persigue y donde se opera el trabajo, estimando todo el dispositivo de la máquina (Cengel & Boles, 2015).

Se explica que la parte térmica intercambia un tipo de calefacción de tal manera que las temperaturas se varían de un porcentaje y estadística de alta hacia la baja. Tal como nos comenta el autor antes citado, las temperaturas varían y a través de ellos se miden el tipo y como se realizan los trabajos, el porcentaje que arroja y el fluido como tal, teniendo en cuenta la parte ambiental, es decir a dónde van los gases e intercambios. (Cengel & Boles, 2015).

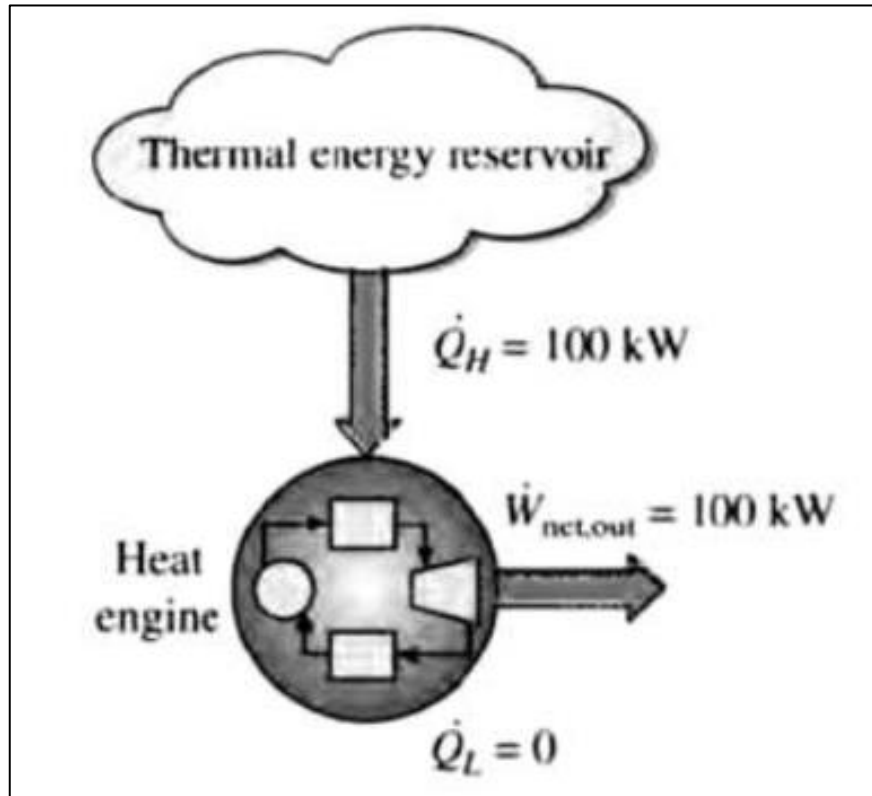


Figura 9. Representación de violación del enunciado de Kelvin-Planck.

Fuente: minagri.

1.3.7 Refrigeración

Es por el cual se mide y se protegen los alimentos o hasta los productos que requieran una temperatura en específicamente para su conservación (de -3°C a 5°C) con la única finalidad de mantenerlos en óptimas condiciones para su uso. Esto es gracias a la extracción de la energía, lo que hace que se valla poco a poco reduciendo su temperatura y manteniéndose en un estado óptimo.

Esto es factible y recomendable para los alimentos de casa, para ciertos tipos de medicamentos que necesitan mantenerse muchas veces varios grados bajo cero, para las industrias que trabajan con productos que deben mantenerse durante un largo tiempo.

1.3.8 Ciclo de refrigeración por compresión de vapor

Seguidamente, se dan a conocer los ciclos de refrigeración por compresión de vapor ideal y real.

A. Ideal

Este ciclo es usado con mayor frecuencia para sistemas de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor. Es conformado por cuatro procesos, y estos los podemos ubicar en las figuras anteriormente detalladas.

- **Proceso 1-2 Compresión isentrópica:**

Ese vapor comprimido que puede ingresar por parte mediante un determinado ciclo, y se le considera dentro de la condensación. En este espacio la temperatura debe aumentar y lógicamente se da al límite de que refrigera.

- **Proceso 2-3: Rechazo de calor a presión constante**

En este apartado interviene la parte media donde debe el vapor estar sobrecalentado para que pueda ser visto como líquido saturado. Y aquí también se sigue viendo que la temperatura va por encima del medio.

- **Proceso 3-4: Expansión isotrópica**

Aquí es necesario que pase por un tipo tubo y se traslade hasta la válvula donde hará efecto sus funciones, llevando a la presión sobre el estado del saturado, aquí el refrigerante se expande. Finalmente, cae por mucho la temperatura, a diferencia de los anteriormente mencionados, puesto que así se encuentra establecido y regido para los correctos funcionamientos.

- **Proceso 4-1: Absorción de calor a presión constante**

El vapor es limitado y hasta se evapora por completo ya que prima el calor del espacio, este es mezclado según su vapor. Este se convierte en un ciclo constante ya que

vuelve a ingresar al compresor, y ello se encuentra completo de esa manera.

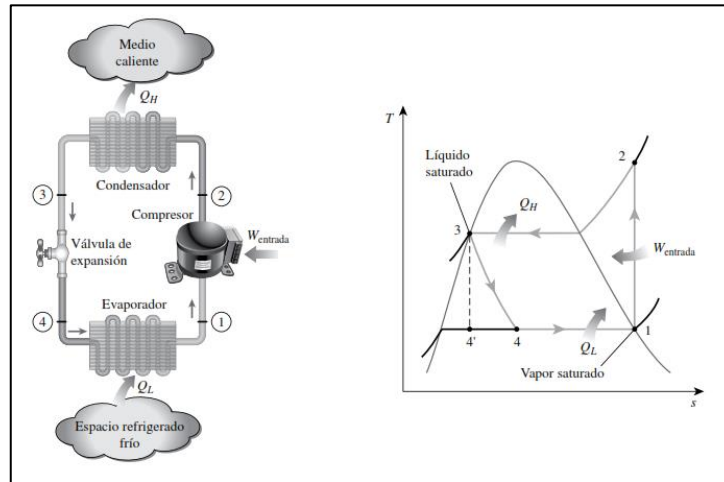


Figura 10. Esquema y diagrama T-s para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.

Fuente: (Cengel & Boles, 2015)

B. Real

En este tipo el ciclo suspende a diversos aspectos los cuales dejan solo al principal y en ello conlleva a sus componentes en total. Dos fuentes comunes de irreversibilidad son la fricción del fluido y la transferencia de calor con dirección al permitente o a lo esperado (Cengel & Boles, 2015).

En la anterior figura podemos apreciar al diagrama T-S correspondiente y como varía el ciclo por compresión de su vapor.

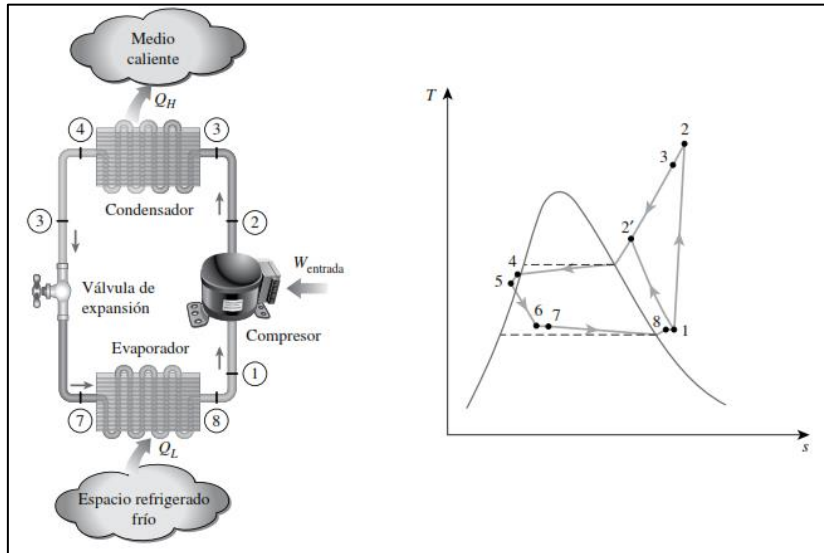


Figura 11. Esquema y diagrama T-s para el ciclo real de refrigeración por compresión de vapor.

Fuente: (Cengel & Boles, 2015)

1.3.9 Fundamento de transferencia de calor

1.3.9.1 Transferencia de calor por conducción

Es cuando se transfiere las energías de cada tipo de partícula de una forma menor energéticamente (Çengel & Ghajar, Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications, 2015).

Se puede considerar como el básico para mantener la parte sólida, líquida y gaseosa en respecto al calor de tipo transferencia.

Observándolo en la siguiente figura dónde está verificable e interpretado de una manera sumamente adecuada:

$$\text{Razón de transferencia de calor} \propto \frac{(\text{Área}) * (\text{Diferencia de temperatura})}{\text{Espesor}}$$

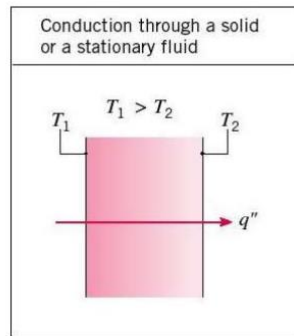


Figura 12. Transferencia de calor por conducción.

Fuente: (Cengel & Boles, 2015)

1.3.9.2 Transferencia de calor por convección

La energía se transfiere de tal forma que el movimiento adecuado se compare con los efectos y el movimiento de la conducción de mecanismos de transferencia esto es dado de forma donde las superficies se puedan dar en sólido, líquido y en parte en gaseosos y estas adherentes en los movimientos.

A mayor velocidad del fluido, mayor transferencia de calor por convección.

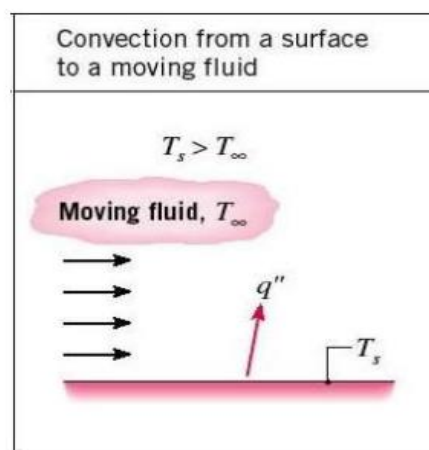


Figura 13. Transferencia de calor por convección.

Fuente: (Cengel & Boles, 2015)

1.3.10 Ciclo mecánico de refrigeración

En el esquema que se visualiza con anterioridad se puede verificar que se destacan entre diversos procesos donde se tendrían que llevar a cabo los tipos de componentes y sus características resaltantes ellos identificándolos como tal, el famoso diagrama de Mollier como principal sistema de refrigeración.

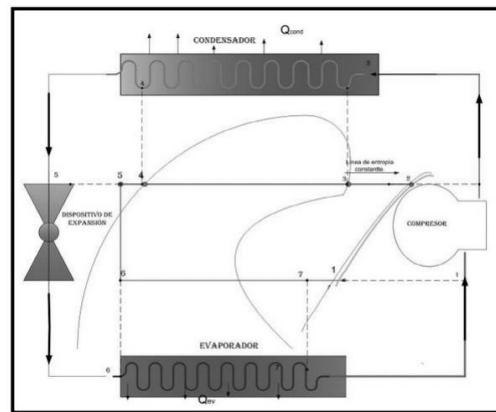


Figura 14. Diagrama de un ciclo básico de refrigeración.

Fuente: (Cengel & Boles, 2015)

Principalmente el tipo de propósito de un proceso de refrigeración es extirpar calor de la materia prima, provisiones, líquidos, vapores y de cualquier otro objeto que se desee refrigerar, importar de los manuales de la mecánica como de la conducta de los fábricas y plantas directas florecientes durante el adelanto de la ciencia.

Es un proceso cerrado en el cual no hay pérdida de materia y todas las condiciones se repiten indefinidamente.

Debemos de entender que el sistema está dividido en dos partes y ellas serán explicadas más adelante.

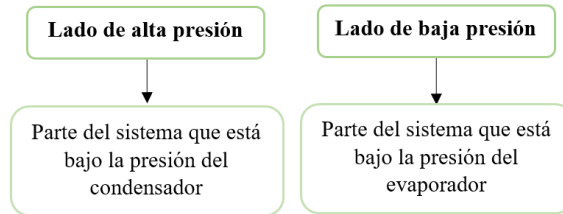


Figura 15. Lados.

Fuente: elaboración propia.

1.3.10.1 Lado de alta presión

Compresor

Se comprime el refrigerante del gas, y este proceso se debe a la constancia del gas que se encuentra en una parte ya sobrecaliente, y en ella la parte de la presión, la condensación y el gas que debe estar en constante.

Condensador:

Este recibe la parte condensada de parte tanto natural como de la parte forzada, donde se llega a refrigerar por el tema de los tubos de sus procesos y procedimientos contrarios donde el problema se fija en el funcionamiento. El enfriamiento puede medirse con la parte de la temperatura tipo promedio dónde se verá al condensador con la igualdad a la del ambiente y físicamente de 15K y por ella debe verificarse la parte superficial del refrigerante.

Dispositivo de expansión:

Este elemento trata de producir una caída de la presión obligándola a mantener la evaporación en su ritmo.

Para ella se medirá la longitud del tubo o de las válvulas que deben de tener el tamaño

adecuado equivalente a su longitud, donde se medirá el largo en especial.

Lado de baja presión:

Evaporador: si se le agrega más calor de lo referido del estado del tipo con las condiciones respectivas extrayendo el gas donde los productos se deben mantener refrigerados.

Si se calcula de tal manera que se se llega a garantizar el total del producto con un cambio poco resultante al compresor, observando a todos la sección, prácticamente es representado de parte tarde y se coloca una falla donde prácticamente se debe detectar en rápido y la escarcha de la sección se condiciona.

Cumpliendo un ciclo brevemente y succionador verificando al compresor que su gas ya esté en gran detalle y el gas se vea en torno sobrecalentado.

Si está en alto la escarcha producida por la refrigeración se debe actual de tal manera que continúe con ello y se mantenga en el nivel deseado.

1.3.11 Ciclo Carnot de refrigeración

Es la parte donde se identifica la perfección del sistema hablado, y sobre todo el ciclo Carnot es perfecto dónde el coeficiente es atrayente de una máquina y se calculará de la siguiente manera, estos son reversibles y adecuados:

$$c.o.p. = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

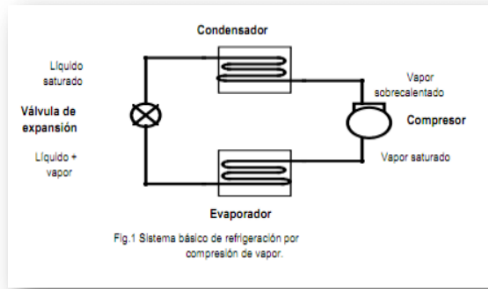


Figura 16. Ciclo Carnot de refrigeración.

Fuente: elaboración propia.

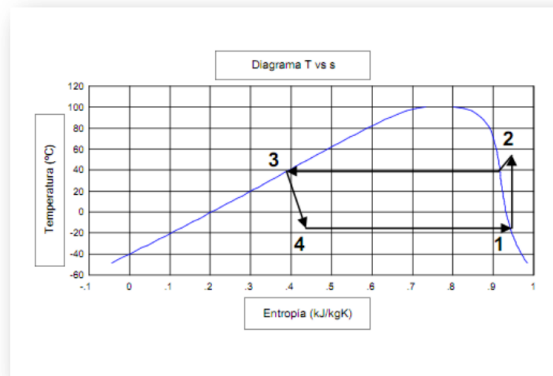


Figura 17. Diagramas (T vs s) para el ciclo de refrigeración.

Fuente: elaboración propia.

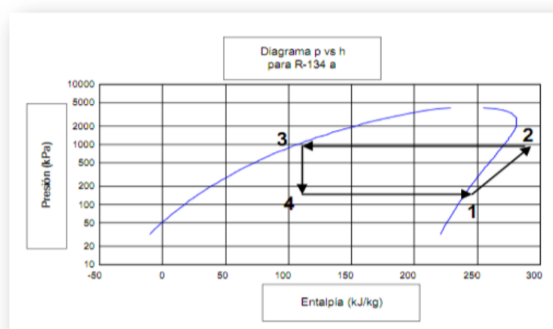


Figura 18. Diagramas (T vs s) y (P vs h) para el ciclo de refrigeración.

Fuente: elaboración propia.

Está indicada una máquina buena que trabaja con la absorción, de esta fuente con la temperatura que sede a la subida y bajada sobre un exterior perfecto. Ello definido como todo el ciclo, se identificará así:

$$\eta = \frac{w_{util}}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

El ciclo es realizado por la máquina dónde funciona como un ciclo donde las temperaturas son adecuadas. Se verifican 4 etapas y entre ellas tenemos: dos procesos isotermos (a temperatura constante) y dos adiabáticos (aislados térmicamente). El principio de la termodinámica es escrito de los signos para obtener los criterios específicos.

1.3.11.1 Expansión isoterma

Los procesos parten de una situación en particular con el gas sobre todos con la temperatura esperada del gas. En ella la fuente que se transfiere según el calor que la temperatura emana y de la que se espera sobre todo al cilindro. Si su temperatura esperada es sobre el enfriamiento y constantemente se mantiene el gas en sí. Si el gas es ideal no se debe cambiar tal como se explicó con anterioridad y según las pautas y los tipos que existen y teniendo en cuenta las leyes en este caso la primera, manteniendo la potencia de la energía y el trabajo en sí, manteniendo en desprecio los cambios que estos generan:

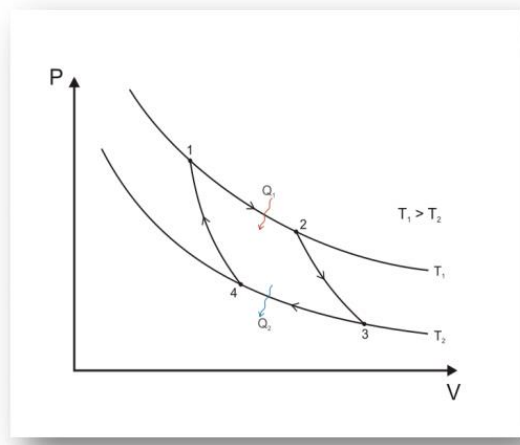


Figura 19. Diagrama del ciclo de Carnot en función de la presión y el volumen.

Fuente: elaboración propia.

1.3.11.2 Expansión adiabática

Culmina en un punto donde se espera el cambio para la expansión en culminada. Si no se haya el cambio y la temperatura se debe exigir los cambios a los cuales la temperatura abarca. El gas desea un enfriamiento adecuado, dónde lo esperado debe generarse con el ciclo y la temperatura asiática por ello el trabajo de transferencia se realiza con el flujo y el ciclo de la temperatura siempre manteniendo las cosas en su lugar:

$$Q_{23} = 0; U_{23} < 0 \Rightarrow U_{23} = -W_{23} \Rightarrow W_{23} > 0.$$

Si no se realiza el cambio del calor, la entropía se conserva invariable: $S_{23} = 0$

1.3.11.3 Compresión isoterma

El calor se cambia por mantener en movimiento frío y el gas se derivan de ello con lo que se espera y la compresión en sí, circulando para la obtención. Si no varía la temperatura tampoco lo hace la energía

interna, el sistema con el calor bajan y se arreglan con ello se analizan los cambios para verificar ello:

$$Q_{34} < 0; U_{34} = 0 \Rightarrow 0 = U_{34} = Q_{34} - W_{34} \Rightarrow W_{34} = Q_{34} \Rightarrow W_{34} < 0$$

La entropía baja por el calor es mínima y si fuera de distinta manera cambiaría:

$$S_{34} = \frac{Q_{34}}{T^2} < 0$$

1.3.11.4 Compresión adiabática

El estado de inicio al cambiar se verifica en el ciclo, donde lo esperado no es lo obtenido. La energía va en aumento, es decir la interna y con ello se verifican los nudos dónde se verifica según la siguiente fórmula:

$$Q_{41} = 0; U_{41} > 0 \rightarrow U_{41} = -W_{41} \rightarrow W_{41} < 0$$

Conocido por un proceso adiabático, no varía y se mantiene como adiabático y se divide de la siguiente manera:

$$S_{41} = 0$$

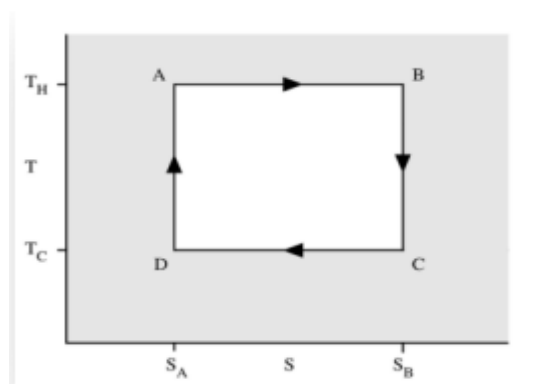


Figura 20. Diagrama del ciclo de Carnot en función de la temperatura y la entropía. Fuente: elaboración propia.

1.3.12 Refrigerante

La energía de enfriamiento, se sitúa en sustancias diferentes, las cuales son expeditas para mantener el ciclo esperado. El refrigerante ideal es capaz de descargar en el condensador y con ella la energía térmica se convierte en la específica para obtener esos cambios y conclusiones de las fórmulas.

Los refrigerantes reales regresan al evaporador obligando un innegable conjunto de energía térmica, lo que produce la deflación de su cabida para impregnar atrevimiento caluroso en el lado de depreciación. (Cengel, y otros, 2009).

1.3.13 El Pre frío

Los métodos de pre frío (o enfriamiento rápido) más monopolizados son las sistemáticas por porciones. Existen dos tipos, el túnel californiano y el túnel vertical. Ambos consisten en un domicilio de entre 8 y 11[m] de largo, entre 4 y 6[m] de ancho y entre 3 y 5,5[m] de altura y asimismo sus entrañables narran con evaporadores y instrumentos.

1.3.13.1 Túnel californiano

Es monopolizado con decana periodicidad. En este túnel el aire traspasa las hileras de pallets por los estribos. Para estar dispositivos de que el aire no integre por la parte gigante o por el anverso de los pallets, los corredores conservan una funda que envuelve por arriba las dos filas y el pasadizo céntrico y cae por al frente.

El ciclo que persigue el aire es el siguiente: primero es impulsado por los ventiladores a través del evaporador, donde es enfriado. Luego ingresa por los costados de las respectivas filas de pallets donde pierde presión. Cuando renuncia los cajones llega al pasadizo de disminución coacción y es chupado nuevamente por el aparato. Se visualiza el movimiento del flujo en la figura con anterioridad por ello se derivan lo explicado.

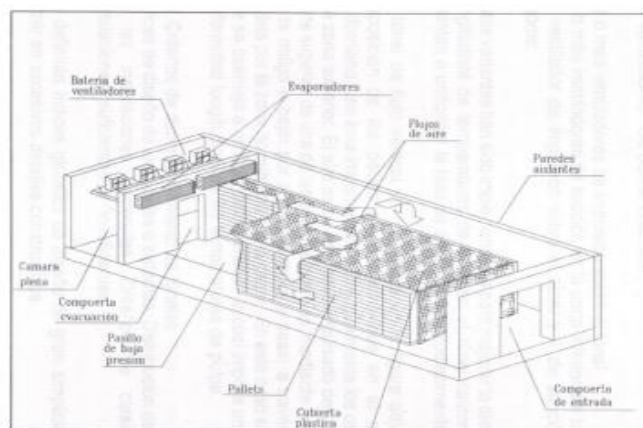


Figura 21. Túnel californiano (ver el sentido del aire).

Fuente: minagri.

1.3.13.2 Túnel vertical

Este túnel es análogo al californiano, la disconformidad está en el molesto de la pleamar del aire y en el desembarazo de los mecanismos. En este túnel los instrumentos y evaporadores se hallan en un estribor del túnel, lo cual tiene la ventaja de que toda la fruta que se ubica a lo largo de la fila sea enfriada de manera similar. En un túnel vertical, al parejo que, en californiano, el aire afiliarse a las filas

de pallets por los costados, sin embargo, se verifica con el mejoramiento de sus pasos. El aire está ubicado donde debería de ser por ello es explicable más adelante, donde sus conductos serán expuestos.

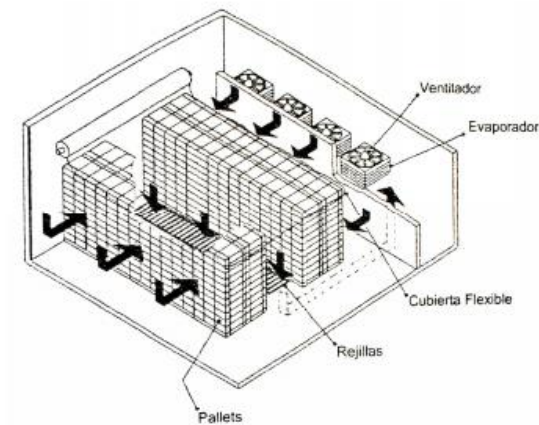


Figura 22. Túnel vertical (ver el sentido del aire).

Fuente: elaboración propia.

1.3.14 Fluido dinámico computacional (CFD)

A mediados de los 70, los algoritmos matemáticos necesarios para la resolución de las ecuaciones del flujo fluido empezaron a desarrollarse y en esta investigación se verificaron todas ellas, dónde es aplicable para todas las partes expositivas, las figuras anteriores son detalladas, y hablan y mencionan cada una. Por donde es necesario distinguir sus tipos y los aplicados de los gases de la refrigeración.

La Dinámica de Fluidos Computacional o CFD es el área de conocimiento que trata sobre la simulación numérica de flujos fluidos, transferencia de calor y fenómenos relacionados tales como combustión, reacciones

químicas, Aero acústica etc. Se originó con diversas formas, pero las más resaltantes y agregadas son las dos disciplinas: mecánica de los fluidos y cálculo numérico. Las ecuaciones que rigen el flujo fluido tienen origen en la mecánica de los fluidos y pueden ser resueltas por medio de diferentes métodos numéricos. La CFD tiene una utilización muy amplia por ingenieros y científicos para un amplio espectro de aplicaciones como, por ejemplo:

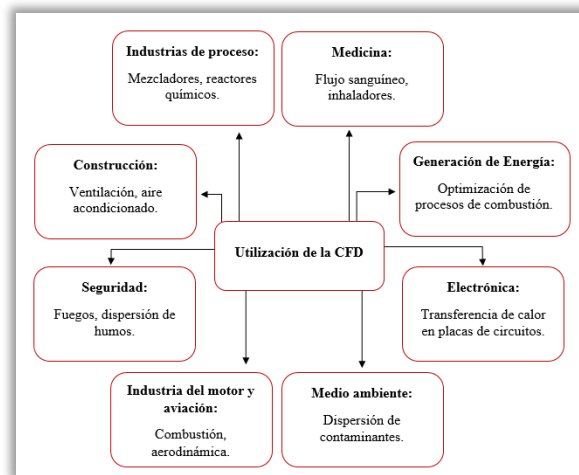


Figura 23. Utilización de la CFD.

Fuente: minagri.

1.4 Formulación del Problema

¿En qué medio es posible determinar los factores que influyen en el tiempo mediante la Fludínámica computacional?

1.5 Justificación del Estudio

1.5.1 Técnica

Este proyecto es importante porque ayudará a optimizar el proceso de enfriamiento de uva con el uso eficiente de energía a través de la reducción de tiempo de enfriamiento del producto,

además permitirá el desarrollo de la tecnología de refrigeración para un mejor aprovechamiento del mismo.

1.5.2 Económica

Esta investigación permitirá un ahorro económico a través del ahorro energético y el tiempo de permanencia del producto en el túnel de frío, el cual será el óptimo; esto beneficiará a la empresa y a los trabajadores de la misma.

1.5.3 Social

El rediseño del túnel de frío tiene un impacto positivo ya que se logrará la disminución del tiempo de permanencia del producto en el mismo, con lo cual los trabajadores disminuirán su tiempo de permanencia en el túnel, viéndose beneficiados, además el ahorro energético va a permitir ampliar la frontera eléctrica.

1.5.4 Ambiental

Este proyecto permitirá verificar que el refrigerante usado en el túnel de frío sea el adecuado para el trabajo que va a realizar, por otro lado, la disminución del tiempo de permanencia en el túnel de frío permitirá un impacto ambiental positivo.

1.6 Hipótesis

Si es posible determinar los factores que influyen en el tiempo de enfriado mediante la Fludínámica computacional.

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo General

Determinación de los factores que influyen en el tiempo en un túnel de refrigeración.

1.7.2 Objetivos Específicos

- ✓ Registrar medidas reales de temperatura y flujo del túnel de frío.
- ✓ Desarrollar software de simulación para diseñar la configuración geométrica del túnel de enfriamiento.
- ✓ Desarrollar metodología de trabajo de experimentación computacional.
- ✓ Simular el túnel de frío para analizar el comportamiento del flujo y temperatura.

II. MÉTODOS

2.1. Diseño de Investigación

El presente proyecto fue considerado aplicativo así mismo cuantitativo porque su respuesta es decir el resultado de las pruebas experimentales fue numérica con elaboración de gráficas y tablas.

También, porque se basa en la teoría de la mecánica de fluidos y de la transferencia de calor. Es cuantitativa porque es de carácter, por su respuesta numérica elaborada con gráficas y tablas porque pretende resolver un problema de la vida real.

Otra característica de la presente tesis es que se pretendió encontrar el efecto o influencia de una variable sobre una nueva respuesta.

Siendo posible evaluar los campos de temperatura, presión, velocidad. En un túnel de frío, esta tesis se considera de carácter computacionalmente experimental (modelamiento y simulación).



2.2. Variables, Operacionalización


Respecto a la operacionalización de las variables no contempla la definición ni análisis de las variables dependientes e independientes puesto que no se pretende encontrar el efecto influencia, si no indagar el comportamiento de las principales variables de un fluido.

El objetivo de esta investigación es explorar e indagar las posibles fallas de este túnel de enriamiento.

2.2.1. Operacionalización

TABLA 1. Operacionalización

Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional	Variable	Escala de medición	Instrumento
Temperatura	Es una compostura de la ímpetu o cuantía de calor que posee un organismo y establece la orientación en la cual destila el entusiasmo.	Medida de calor rechazado o admitido en el túnel de frío	Celsius Kelvin Fahrenheit	C° K° F°	Termómetro 
Presión	Potencia que practica un gas, deducido o un consistente sobre la superficie.	Movimiento de partículas de un fluido por unidad de tiempo	Pascal	Pa	Vacuómetro 

Ventilación	Viento en corriente el cual se origina en trayectoria tendida.	Flujo másico: cantidad de partícula por unidad de tiempo	Metros / segundos	(m/s)	<p>Anemómetro</p> 
-------------	--	--	-------------------	-------	---

Fuente: elaboración propia.

2.3. Población y Muestra

2.3.1. Población

Considerando que es un equipo de un solo lugar está constituido por el túnel de frío de la empresa Complejo Agroindustrial Beta S.A.

2.3.2. Muestra

El túnel de frío de diseño californiano es para el enfriado rápido de productos agrícolas en este caso uva, el trabajo regular es de 8 horas por proceso llegando a una temperatura objetivo de -1.5 el ambiente. Actualmente este túnel está funcionando de 10 a 11 horas por proceso para recién llegar a la temperatura objetivo mencionada.

Es por eso que se ha tomado esta referencia en la empresa complejo agroindustrial beta s.a.

2.4. Técnica e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas de recolección de Datos

Observación

A través de esta técnica se calculará los diversos parámetros de funcionamiento del túnel de frío de la empresa Agroindustrial BETA SA., para la carga máxima, tiempo de enfriamiento, consumo de energía, etc.

Revisión documentaria

Nos permite buscar diversos tipos de túnel de frío, parámetros de operación, material adecuado, selección de diversos elementos estandarizados para el túnel de frío.

2.4.2. Instrumentos de recolección de Datos

Ficha de Registro de carga térmica

Documento que permitirá llevar un control y registro de los parámetros térmicos, eléctricos y mecánicos de funcionamiento del túnel de frío, para poder caracterizar establecer rangos mínimos y máximos de operación.

Ficha de Control de Diseño

Este documento permitirá evaluar la funcionalidad y operatividad del túnel de frío de la empresa Agroindustrial BETA en el proceso de enfriado de uva.

Ficha de Revisión Documentaria

Esta ficha ayudará a llevar un control de los distintos documentos que se van a consultar para diseñar el túnel de frío, como normas de diseño, manuales diversos, fichas técnicas, etc.

2.4.3. Equipos e instrumentos

Los siguientes equipos e instrumentos son:

a) Equipos

- Una laptop personal marca Acer, Core i5, 8 GB memoria RAM, 2GB tarjeta gráfica, Windows 2010.
- Un software solidworks 2016 el cual nos ayudara a realizar la simulación computacional, demostrando el comportamiento de la temperatura, presión, flujo.
- Un software Microsoft office 2010

b) Instrumentación

- 01 termómetro manual, rango de -0.2_84.4 °C, error ± 0.5 m³/s.
- 03 vacuómetro rango, 0-80" Hg, error ± 0.05 psi g.
- 01 anemómetro rango, 0.4 a 30.0 m/s, error ± 0.5 m³/s.
- 01 carel MT512, rango de -10-50 °C, error ± 0.5 m³/s

2.4.4. Descripción del experimento

Siendo la siguiente tesis de tipo computacionalmente experimental es decir diseño de modelo computacional.

2.4.4.1. Modelamiento

Patrones de flujo temperatura, presión, flujo fue del túnel de frío.

2.4.4.2. Modelamiento geométrico

La geometría del túnel de frío fue desarrollado mediante el software comercial solidworks.

2.4.4.3. Geometría de la malla

Para poder determinar los valores de las variables mencionadas en las diferentes regiones del túnel de frío, solidworks usa un sistema de mallado en el cual se encuentra los resultados algebraicos que representan las ecuaciones de gobierno de un fluido (ecuaciones diferenciales parciales). El número y tamaño de las mallas serán definidos por el solidworks.

La determinación de los campos de velocidad, temperatura y presión requiere la definición de los modelos matemáticos y las propiedades del fluido para tal efecto el fluido estadístico fue aire en condiciones de operaciones reales a la que se oponen la plana de frío. Las condiciones de contorno de nuestro objeto de estudio el túnel de frío. Fueron determinados de acuerdo a la figura.

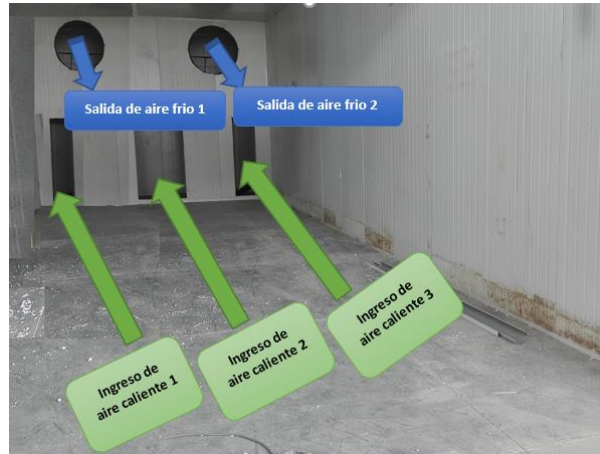


Figura 24. Funciones de contorno.

Fuente: elaboración propia.

2.4.5. Validez

La presente investigación computacional se está realizando con instrumentos calibrados y validados. Además, se ha tenido en cuenta los instrumentos de recolección de datos como el aspecto metodológico de la actual indagación con la finalidad de determinar los parámetros de funcionamiento.

2.4.6. Confiabilidad

Los datos recogidos en este experimento computacional fueran sometidos al rigor estadístico. Para determinar si existen diferencia en los resultados para diferentes condiciones de contorno.

El valor de confiabilidad usa el 50% esto significa la probabilidad de datos obtenidos expresen valores muy cercanos a lo real indicados en tabla.

2.5. Métodos de Análisis de Datos

Usando el análisis de los datos técnicos estadística descriptiva de la prueba T y F para evaluar y determinar el grado de diferencia.

2.6. Aspectos Éticos

Como investigador hago mi compromiso para venerar la pertenencia erudita, la confianza de las identificaciones entregadas por la empresa y la sinceridad de las derivaciones y en la tesis que presento, el diseño de la máquina trazada no tiene una consecuencia perjudicial en la compañía si no por el inverso un favor para la mencionada.

III. RESULTADOS

3.1. Cálculos térmicos

3.1.1. Características y condiciones físicas del túnel

3.1.1.1. Túnel de enfriamiento

Este túnel estudiado ha sido diseñado para enfriar cualquier tipo de producto frescos como fruta, verdura, carne, etc. Estos equipos cuentan con una doble base en que se instalan electro ventiladores de aumentada fuerza y la capacidad de los evaporadores. Dichos electros aparatos acrecientan el apremio del aire movible de tal cualidad que consiga “pasar” entre la fruta paletizada más cuantía de ciclos por dispositivo de estación y por lo tanto el aire frío llega más rápido al centro del pallet. Cumplen la función de mantener en buen estado y con un tipo de aleación de rápido y culminación.



Figura 25. Túnel de enfriamiento modelo californiano de (complejo agroindustrial beta s. A, Piura).

Fuente: minagri.

3.1.1.2. Paredes

Las paredes laterales y posteriores están fabricadas con dos chapas de acero pre pintado de 0.5mm de espesor y núcleo de poliestireno expandido, la densidad promedio es de 20(kg/m³) el espesor es de 100mm.

3.1.1.3. Techo

Al igual que las paredes está fabricado de poliestireno, pero su densidad varía entre (18-20 kg/m³ con tolerancia de ± 2 kg/m³) obtenido así lo que se espera y las soluciones dadas, así como los actos de agregados, y el espesor es de 200mm.

3.1.1.4. Piso

Tiene un vaciado de losa industrial con concreto premezclado f'c 210 kg/cm² reforzado con fibra metálica de alto desempeño en dosis 20 kg/m³, espesor de la losa es de 0.25m, revestimiento de piso polimérico de poliuretano a 5mm de espesor. Dicha aplicación se verá en la superficie como un tipo de sellado a una contra disposición donde se verificará el concreto y ello es semirrígido.

3.1.1.5. Puerta de ingreso

Hoja artificial con división sándwich distinguido o mecánico (según variantes) cuyo cuerpo es igual a 40 mm de. Se utiliza para su elaboración plancha pre lacado sobre espada recubierto, según las normas.

El entrañable del compartimiento está combinado de poliuretano prolongado con una consistencia escarpín de

40 kg/m³, exento de CFC y HCFC. Se utilizan dos conformaciones de división.

3.1.1.6. Condiciones externas

Debido a que en la ciudad de Chulucanas las condiciones de temperaturas del ambiente son elevadas el enfriamiento se considera en condiciones extremas (intensidad de calor), para el funcionamiento del túnel de frío.

3.1.1.7. Condiciones interiores

Las condiciones a tomar dentro de túnel son las siguientes:

- Temperatura
- Flujo másico
- Presión
- Cantidad de frío para la carga

3.1.2. Método de cálculo térmico

3.1.2.1. Características y condiciones térmicas del túnel

Para los cálculos térmicos se consideran valores de la conductividad térmica de cada uno de los materiales y también el área que se ocupan en el túnel.

A continuación, se detallan los valores del índice de conductividad.

TABLA 2. Coeficientes de conductividad, conductancia y resistencia térmica de los materiales utilizados en el túnel de frío

Material	Conductividad λ (W/K.m)	Conductancia U (W/K.m ²)	Resistencia a la Conductividad R (K.m ² /W)
Poliestireno (Paredes)	0.036	0.36	2.774
Poliestireno (Techo)	0.036	0.180	5.560
Poliuretano (Puerta)	0.022	0.82	

Fuente: Metecno & Superfrigo (2017).

TABLA 3. Temperaturas del piso según el espesor de aislamiento

Recinto	Temperatura interior °c	Temperatura suelo °c	Espesor de aislamiento mm
Túnel	-1.5	0.6	250

Fuente: elaboración propia.

TABLA 4. Detalle de las medidas del túnel

Material	Base (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Espesor (mm)
Pared 1	5	-	4.40	22	100
Pared 2	-	13.40	4.40	58.96	100
Pared 3	5	-	4.40	22	100
Pared 4	-	13.40	4.40	58.96	100
Techo	5	13.40	-	67	200

Piso	5	13.40	-	67	250
Puertas	2.70	-	2.70	7.29	40

Fuente: elaboración propia.

3.1.2.2. Registro de temperaturas en el túnel de enfriamiento

Para poder registrar las temperaturas de una manera uniforme, se procedió a utilizar nueve puntos por cada pared, distribuidos uno en cada extremo y un al medio respecto al ancho, y respecto a la altura se tomó uno a 0.20 m, 2 m y 4.20 m del suelo respectivamente en la parte y externa de cada muro.

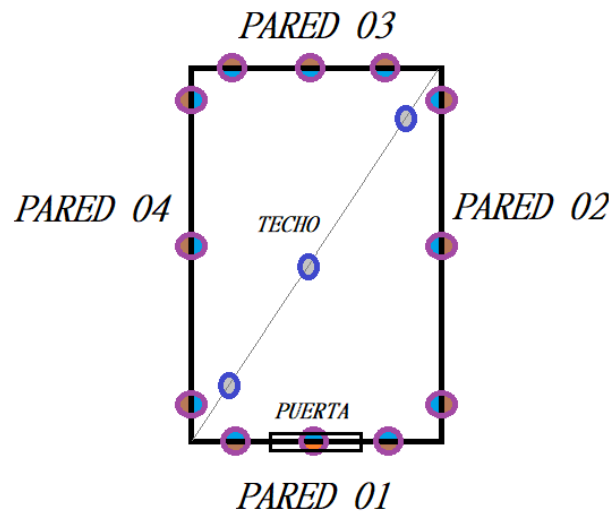


Figura 26. Vista de planta de la distribución de puntos para registro de temperatura.

Fuente: elaboración propia.

Las temperaturas obtenidas, se detallan a continuación en las siguientes tablas:

TABLA 5. Registro de Temperaturas en la pared 1

PARED 01	INTERNA	EXTERNA
	°C	°C

T1	-0.8	25
T2	-0.6	23
T3	-0.9	24.2
T4	-1	25.4
T5	-0.8	22.8
T6	-0.7	25.6
T7	-0.8	25.8
T8	-1.1	25.7
T9	-0.9	25.8

Fuente: elaboración propia.

TABLA 6. *Registro de Temperaturas en la pared 2*

PARED 02	INTERNA °C	EXTERNA °C
T1	-0.3	23.8
T2	-0.8	23.8
T3	-0.8	23.7
T4	-0.8	24
T5	-1	23.5
T6	-0.9	24
T7	-1.1	23.9
T8	-1	23.5
T9	-1.2	24.1

Fuente: elaboración propia.

TABLA 7. *Registro de Temperaturas en la pared 3*

PARED 03	INTERNA °C	EXTERNA °C
T1	-0.8	24.2

T2	-0.5	24
T3	-0.6	23.9
T4	-0.8	24
T5	-0.9	24
T6	-0.8	24.2
T7	-1.2	24
T8	-1.3	23.9
T9	-1.5	24.6

Fuente: elaboración propia.

TABLA 8. Registro de Temperaturas en la

pared 4

PARED 04	INTERNA °C	EXTERNA °C
T1	-1	25
T2	-0.8	24
T3	-0.9	25
T4	-1	23.9
T5	-1.2	23.6
T6	-0.9	25.4
T7	-0.9	25.4
T8	-1	25.4
T9	-1.1	24.9

Fuente: elaboración propia.

TABLA 9. Registro de Temperaturas en el techo del túnel

TECHO	INTERNA °C	EXTERNA °C
T1	-1	38
T2	-1.1	38
T3	-0.9	40

Fuente: elaboración propia.

TABLA 10. *Registro de Temperaturas en el piso del túnel*

PISO	INTERNA °C
T1	0.7
T2	0.5
T3	0.8

Fuente: elaboración propia.

Para poder realizar los cálculos térmicos, procedemos a promediar las temperaturas registradas al interior y exterior del túnel de enfriamiento, las temperaturas obtenidas, se detallan en la siguiente tabla:

TABLA 11. *Promedio total de temperaturas registradas en el túnel*

MATERIAL	INTERNA °C	EXTERNA °C
PARED 01	-0.8	24.8
PARED 02	-0.9	23.8
PARED 03	-0.9	24.1
PARED 04	-0.9	24.7
TECHO	-1	38.7
PISO	0.7	-

Fuente: elaboración propia.

3.1.2.3. Registro de flujo másico en el túnel de enfriamiento

Para poder realizar mediciones de flujo, en el túnel de frío se dibujó una malla con las medidas del túnel de 11m de largo por 4.80 m de ancho para poder tener medidas en 9 puntos distintos obteniendo las medidas de 1.20m x 2m para los tres primeros puntos y las medidas de 1.20m x 3.5m para los puntos intermedios y así poder determinar

las caídas de flujo a lo largo del túnel. Para esto se realizaron dos pruebas una en la parte superior y una en la parte inferior.

a. Parte superior interna del túnel

A continuación, se muestra la distribución de los puntos, para medir el flujo másico:

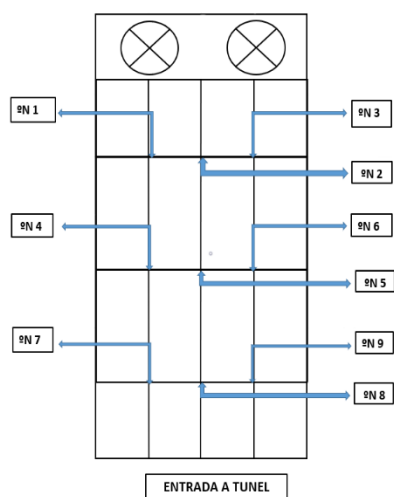


Figura 27. Vista de planta de la malla para la medición de flujos máxicos.

Fuente: elaboración propia.

Definido los nueve puntos, se obtuvieron los siguientes resultados, respecto a los flujos máxicos en la parte superior interna del túnel, los registros se detallan en la siguiente tabla:

TABLA 12. Registros de flujos máxicos en el túnel producto terminado parte superior interna

Numero de medición	Flujo (m/s)	Numero de medición	Flujo (m/s)	Numero de medición	Flujo (m/s)
ºN 1	9.4	ºN 2	8.9	ºN 3	9.7

°N 4	2.5	°N 5	2.8	°N 6	2.0
°N 7	2.8	°N 8	3.0	°N 9	2.3

Fuente: elaboración propia.

b. Parte inferior interna del túnel

A continuación, se muestra la distribución de los puntos, para medir el flujo másico:

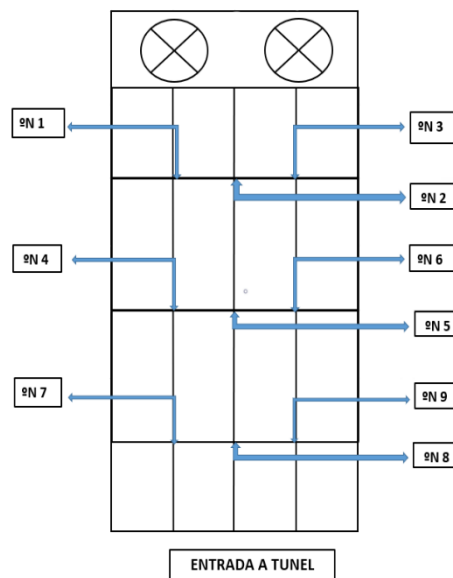


Figura 28. Vista de planta de la malla para la medición de flujos máxicos en el túnel producto terminado parte inferior interna.

Fuente: elaboración propia.

Definido los nueve puntos, se obtuvieron los siguientes resultados, respecto a los flujos máxicos en la parte inferior interna del túnel, los registros se detallan en la siguiente tabla:

TABLA 13. Registros de flujos máxicos en el túnel producto terminado parte inferior interna

Número de medición	Flujo (m/s)	Número de medición	Flujo (m/s)	Número de medición	Flujo (m/s)
°N 1	3.2	°N 2	2.5	°N 3	2.3
°N 4	2.7	°N 5	2.6	°N 6	3.4
°N 7	2.8	°N 8	3.0	°N 9	2.0

Fuente: elaboración propia.

3.1.2.4. Cálculo de las pérdidas transferencia de calor por conducción en las paredes del túnel de enfriamiento

Para obtener los resultados de cantidad de calor al interior del túnel, utilizamos las siguientes ecuaciones:

Ecuación de Calor: $Q_m = U * A * (t_2 - t_1)$

Dónde:

Q_m = Calor del material ($\frac{BTU}{h}$)

U = Conductancia del material ($\frac{W}{K * m^2}$)

A = Área (m²)

t_2 = Temperatura externa

t_1 = Temperatura interna

Ecuación conductancia del material: $U = \frac{1}{R}$

Dónde:

U = Coeficiente global de transferencia de calor ($\frac{W}{K * m^2}$)

R = Índice de resistencia térmica ($\frac{K*m^2}{W}$)

Ecuación de resistencia de material: $R = \frac{e}{\lambda}$

Dónde:

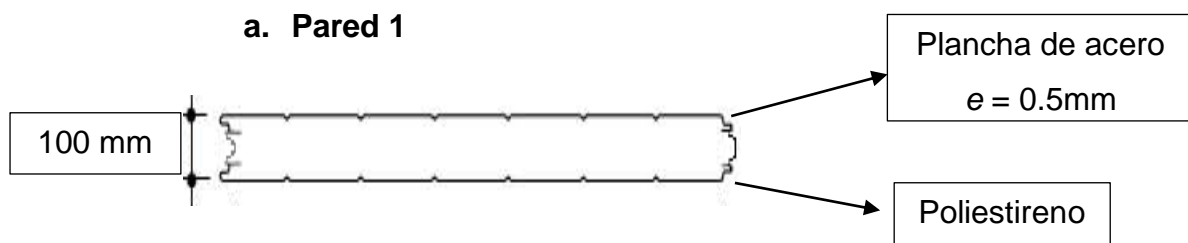
R = Índice de resistencia térmica del material ($\frac{K*m^2}{W}$)

e = Espesor del material (m)

λ = Conductividad del material ($\frac{W}{K*m}$)

Para poder desarrollar las ecuaciones antes mencionadas y poder determinar las pérdidas de frío, se procede a rotular las partes del túnel de enfriamiento, tal como se muestra a continuación:

3.1.2.5. Cálculo de pérdidas de frío en las paredes



Datos:

$$\text{Área} = A_{\text{Total}} - A_{\text{Puerta}} = \text{Área} = 22 \text{ m}^2 - 7.29 \text{ m}^2 = \text{Área} = 14.71 \text{ m}^2$$

$$\text{Espesor} = 100 \text{ mm}$$

$$U = 0.360 \text{ w/k.m}^2$$

$$T_1 (\text{°T interna}) = -0.8 \text{ °C} = 272.2 \text{ °k}$$

$$T_2 (\text{°T externa}) = 24.8 \text{ °C} = 297.8 \text{ °k}$$

$$Q_m = U * A * (t_2 - t_1)$$

$$Q_{P_1} = 0.360 \left(\frac{W}{K*m^2} \right) * (14.71 \text{ m}^2) (297.8 - 272.2) \text{ °k}$$

$$Q_{P_1} = 0.360 \left(\frac{W}{K*m^2} \right) * (14.7 \text{ m}^2) (25.6) \text{ °k}$$

$$Q_{P_1} = 135.47 \text{ W}$$

b. Pared 2

Datos:

$$\text{Área} = 58.96 \text{ m}^2$$

$$\text{Espesor} = 100 \text{ mm}$$

$$U = 0.360 \text{ w/k.m}^2$$

$$T_1 (\text{°T interna}) = -0.84 \text{ °C} = 272.16 \text{ °k}$$

$$T_2 (\text{°T externa}) = 23.8 \text{ °C} = 296.8 \text{ °k}$$

$$Q_{P_2} = 0.360 \left(\frac{W}{K \cdot m^2} \right) * (58.96 \text{ m}^2) (296.8 - 272.2) \text{ °k}$$

$$Q_{P_2} = 0.360 \left(\frac{W}{K \cdot m^2} \right) * (58.96 \text{ m}^2) (24.64) \text{ °k}$$

$$Q_{P_2} = 522.99 \text{ W}$$

c. Pared 3

Datos:

$$\text{Área} = 22 \text{ m}^2$$

$$\text{Espesor} = 100 \text{ mm}$$

$$U = 0.360 \text{ w/k.m}^2$$

$$T_1 (\text{°T interna}) = -0.9 \text{ °C} = 272.1 \text{ °k}$$

$$T_2 (\text{°T externa}) = 24 \text{ °C} = 297 \text{ °k}$$

$$Q_{P_3} = 0.360 \left(\frac{W}{K \cdot m^2} \right) * (22 \text{ m}^2) (297 - 272.1) \text{ °k}$$

$$Q_{P_3} = 0.360 \left(\frac{W}{K \cdot m^2} \right) * (22 \text{ m}^2) (24.9) \text{ °k}$$

$$Q_{P_3} = 197.21 \text{ W}$$

d. Pared 4

Datos:

$$\text{Área} = 58.96 \text{ m}^2$$

$$\text{Espesor} = 100 \text{ mm}$$

$$U = 0.360 \text{ w/k.m}^2$$

$$T_1 (\text{°T interna}) = -0.9 \text{ °C} = 272.1 \text{ °k}$$

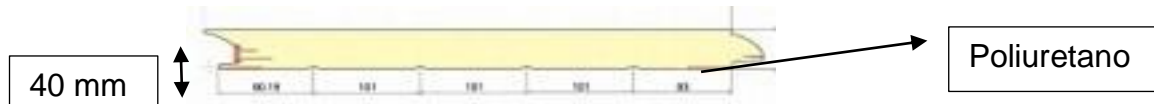
$$T_2 (\text{°T externa}) = 24.7 \text{ °C} = 297.7 \text{ °k}$$

$$Q_{P_4} = 0.360 \left(\frac{W}{K \cdot m^2} \right) * (58.96 \text{ m}^2) (297.7 - 272.1) \text{ } ^\circ\text{k}$$

$$Q_{P_4} = 0.360 \left(\frac{W}{K \cdot m^2} \right) * (58.96 \text{ m}^2) (25.6) \text{ } ^\circ\text{k}$$

$$Q_{P_4} = 543.37 \text{ W}$$

e. Cálculo de pérdidas de frío en la puerta



Datos:

$$\text{Área} = 7.29 \text{ m}^2$$

$$\text{Espesor} = 40 \text{ mm}$$

$$U = 0.82 \text{ w/k.m}^2$$

$$T_1 (\text{°T interna}) = -0.8 \text{ } ^\circ\text{C} = 272.2 \text{ } ^\circ\text{k}$$

$$T_2 (\text{°T externa}) = 22.9 \text{ } ^\circ\text{C} = 295.9 \text{ } ^\circ\text{k}$$

$$Q_{Puerta} = 0.82 \left(\frac{W}{K \cdot m^2} \right) * (7.29 \text{ m}^2) (295.9 - 272.2) \text{ } ^\circ\text{k}$$

$$Q_{Puerta} = 0.82 \left(\frac{W}{K \cdot m^2} \right) * (7.29 \text{ m}^2) (23.7) \text{ } ^\circ\text{k}$$

$$Q_{Puerta} = 141.67 \text{ W}$$

Suma total de pérdidas de frío por todas las paredes:

$$Q_{paredes} = Q_{P_1} + Q_{P_2} + Q_{P_3} + Q_{P_4} + Q_{Puerta}$$

$$Q_{paredes} = (135.47 + 522.29 + 197.21 + 543.37 + 141.67)$$

$$Q_{paredes} = 1540.01 \text{ W}$$

3.1.2.6. Cálculo de pérdidas de frío en el techo



Datos:

Espesor = 200 mm

$U = 0.180 \text{ w/k.m}^2$

T_1 (°T interna) = -1 °C = 272 °k

T_2 (°T externa) = 3805 °C = 311.5 °k

$$Q_{techo} = 0.180 \left(\frac{W}{K*m^2} \right) * (67 \text{ m}^2) (311.5-272) \text{ °k}$$

$$Q_{techo} = 0.180 \left(\frac{W}{K*m^2} \right) * (67 \text{ m}^2) (39.5) \text{ °k}$$

$$Q_{techo} = 476.37 \text{ W}$$

3.1.2.7. Cálculo de pérdidas de frío en el piso

Conductividad térmica del concreto = $\lambda =$

0.17 W/°k

Obteniendo la resistencia.

$$R = \frac{0.25m}{0.17 \frac{W}{m^{\circ}k}} \quad R = 1.47 \text{ m}^2/\text{k/w}$$

Obteniendo la conductancia.

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{1.47 \frac{m^2}{W}} = U = 0.68 \text{ w/m}^2\text{°k}$$

El calor del piso.

Datos:

Área = 67 m²

$U = 0.68 \text{ w/m}^2\text{°k}$

T_2 (°T piso) = 0.6°C = 273.6 °k

T_1 (°T túnel) = -1.5°C = 271.5 °k

$$Q_{Piso} = 0.68 \left(\frac{W}{K*m^2} \right) * (67 \text{ m}^2) (273.6-271.5) \text{ °k}$$

$$Q_{\text{Piso}} = 0.68 \left(\frac{W}{K \cdot m^2} \right) * (67 \text{ m}^2) (2.1) \text{ } ^\circ\text{k}$$

$$Q_{\text{Piso}} = 95.676 \text{ W}$$

TABLA 14. Resumen total de resultados térmicos

Material	Resultados en vatios (W)
Paredes (poliestireno, e =100 mm)	1540.00
Piso (concreto)	95.676
Techo (poliestireno, e = 200mm)	476.37
Suma total	2112.046

Fuente: elaboración propia.

3.2. Desarrollo del software de simulación para diseñar la configuración geométrica del túnel de enfriamiento

3.2.1. Diseño del túnel de enfriamiento

Para poder simular, se procedió en primer lugar a dibujar en el programa SOLIDWORKS 2016, mediante el uso de la vista planta, se empezó con la extrusión de los muros y detalles del túnel de enfriamiento.

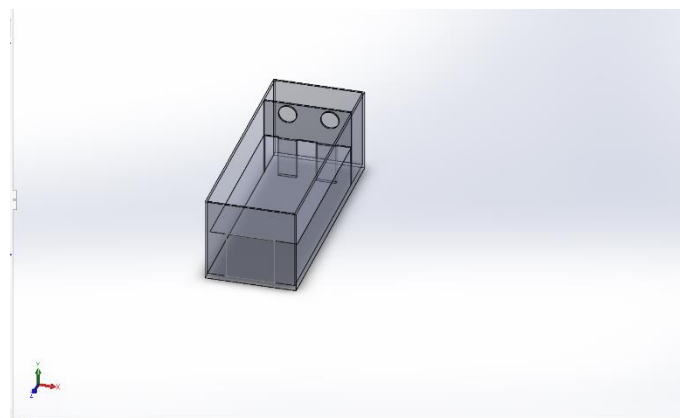


Figura 29. Vista isométrica de la extrusión de las paredes y de la lona.

Fuente: elaboración propia.

Después de tener el diseño del túnel, se dibujaron los pallets, los cuales están conformados con 114 cajas de polietileno y una parihuela de pino con diseño americano con medidas de 1.20m de largo por 1.02m de ancho sujeto por angulos de carton prensado de 2”.



Figura 30. Vista isométrica del diseño de pallet en el programa Solidworks.

Fuente: elaboración propia.

Durante esta etapa, también se realiza la asignación de materiales, como los fueron: El polietileno para las paredes y techo, concreto armado para el piso del túnel de enfriamiento, El plástico para la caja de uva, el cartón para los ángulos laterales y el pino para la parihuela.

Dibujado el pallet, se empezó a ensamblar todos los componentes para la simulación, el diseño final del túnel en programa SolidWorks, se muestra a continuación:

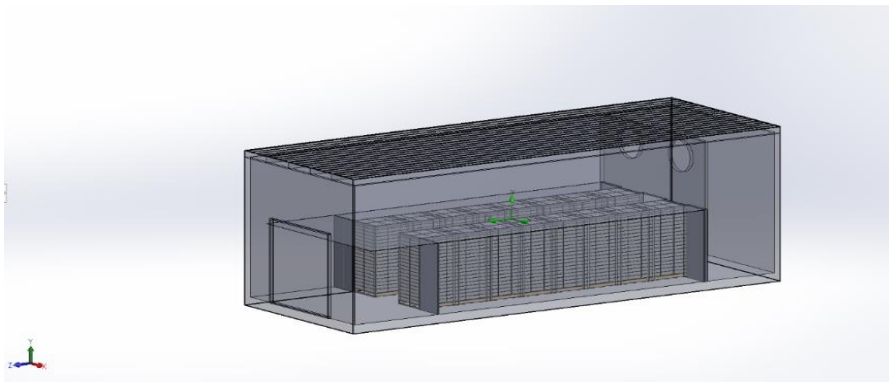


Figura 31. Vista isométrica del diseño del túnel de enfriamiento en el programa SolidWorks.

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Desarrollo del software de simulación

Para realizar la simulación del proyecto se ha utilizado el software de simulación para desarrollar la presente investigación que responda el correcto funcionamiento del túnel de enfriamiento. Seleccionamos la opción Flow simulation y seleccionamos la pestaña wizard (figura 32) y más adelante colocar los parámetros de temperatura y flujo (figura 33).

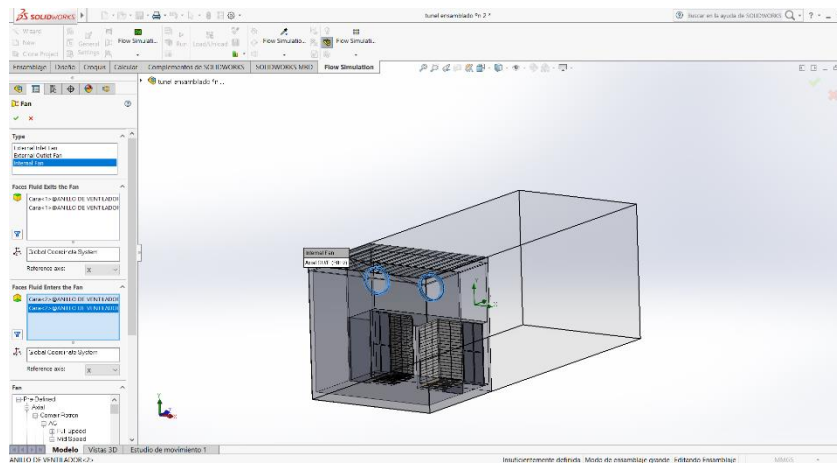


Figura 32. Inicio del proyecto de Flow simulación.

Fuente: elaboración propia.

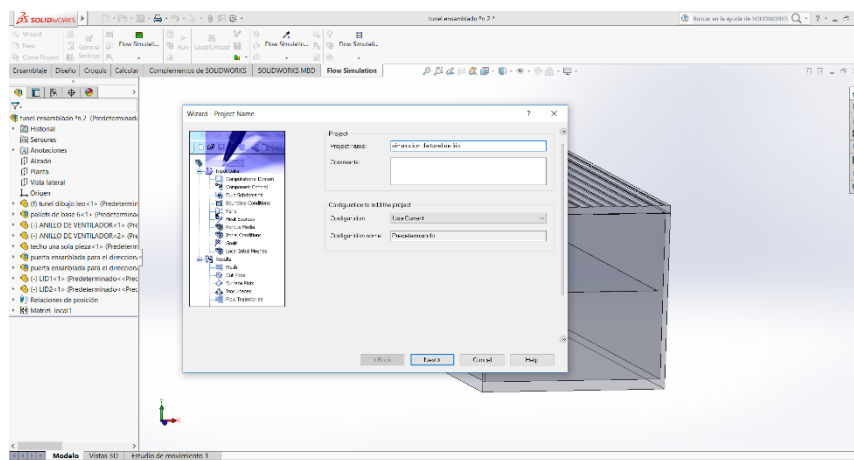


Figura 33. Colocación de parámetros de temperatura , flujo y presión

Fuente: elaboración propia.

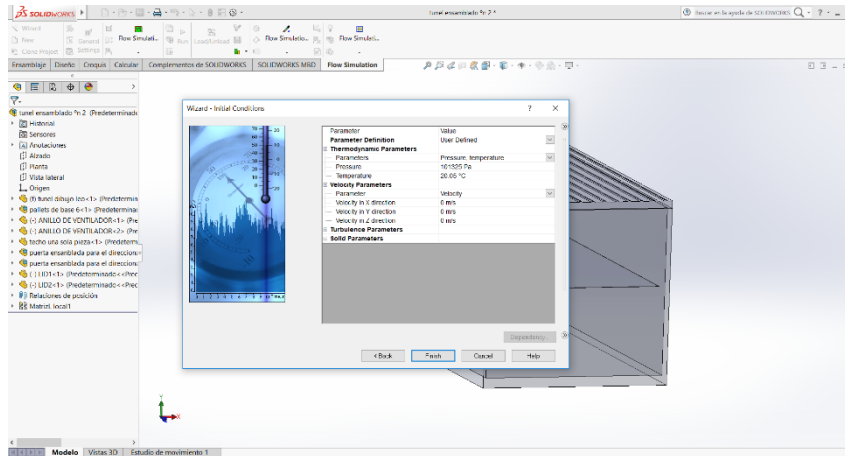


Figura 34. Cargando wizard.

Fuente: elaboración propia.

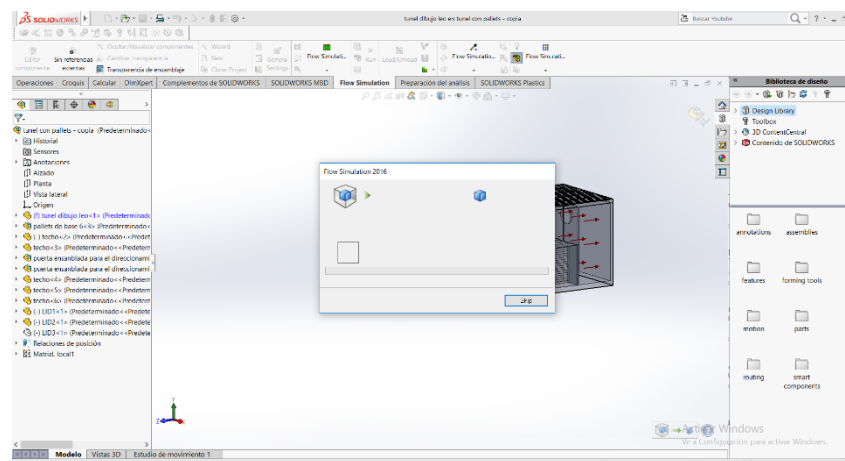


Figura 35. Selección de ventiladores.

Fuente: elaboración propia.

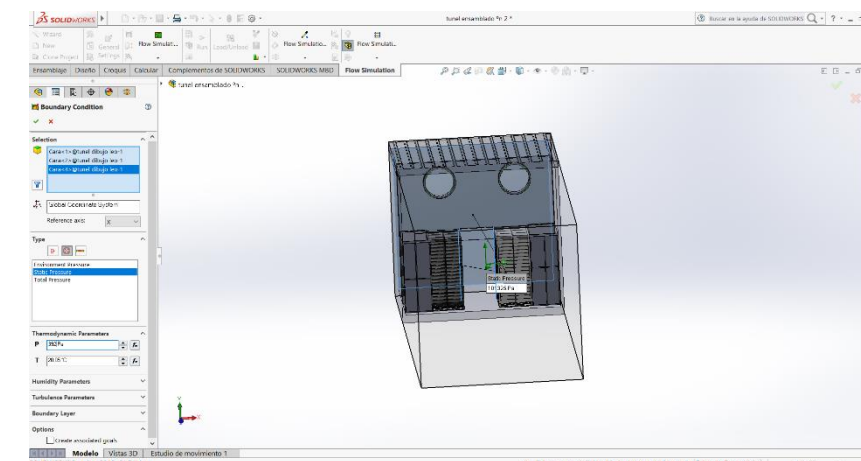


Figura 36. Selección de condición de frontera.

Fuente: elaboración propia.

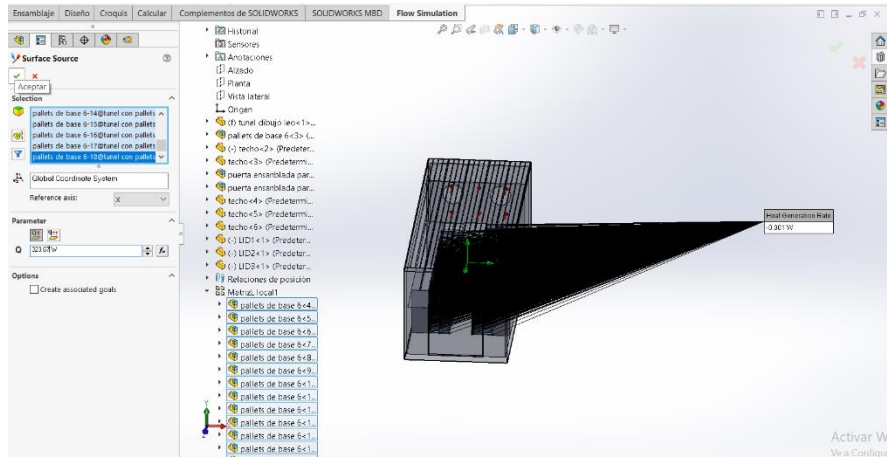


Figura 37. Ingreso de carga térmica de la uva.

Fuente: elaboración propia.

3.3. Desarrollo de la metodología de trabajo de experimentación computacional

Para el desarrollo de la metodología de experimentación computacional, se optó por el método, planteado por los investigadores Rudolf Eggert (Eggert, 2010), y, George Dieter y Linda Schmidt (Dieter y Schmidt, 2012) la cual consiste en la descripción del proceso de experimentación computacional. Dividiéndolo en los siguientes pasos:

Paso 1:

Para el desarrollo del trabajo de la experimentación computacional, llevamos como primer punto ingresar los parámetros de ingreso necesarios. La cual hemos obtenido anteriormente en Ítem 3.1.

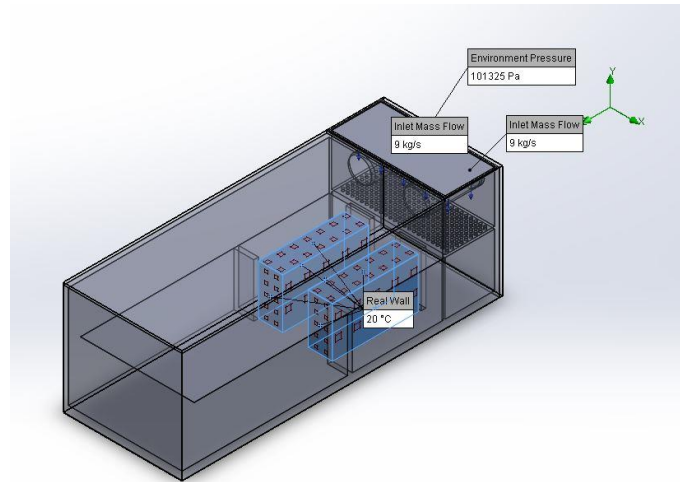


Figura 38. Vista gráfico de los parámetros a trabajar.

Fuente: elaboración propia.

Paso 2:

Para dar inicio a la simulación ejecutamos la iteración, esto nos ayudará a definir cuán exacto quieres realizar el análisis, a comparativo, esto se puede tomar como un tipo de mallado.

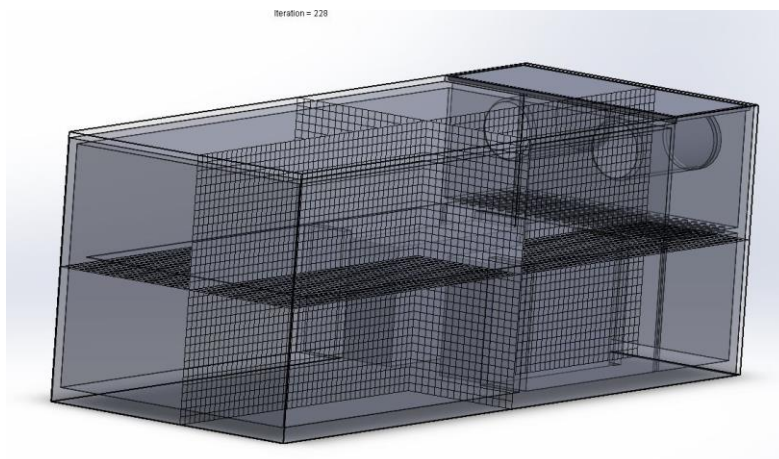


Figura 39. Iteración del sistema.

Fuente: elaboración propia.

Paso 3:

Establecemos el ingreso del refrigerante R – 22, en un estado inicial. Así como también establecemos la temperatura de los jvas de uva a una temperatura de 20°C. Los datos de ingreso se han obtenido anteriormente en Ítem 3.1.

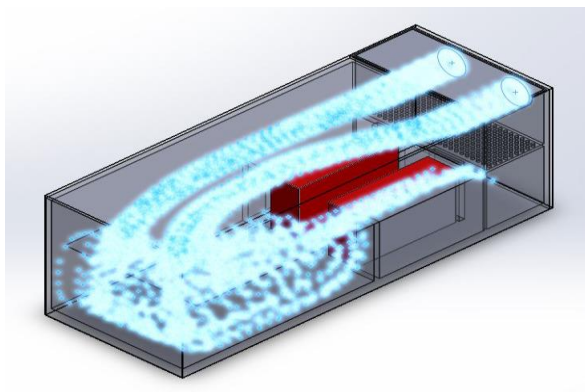


Figura 40. Vista gráfico del ingreso del refrigerante en un estado inicial.

Fuente: elaboración propia.

Paso 4:

Apreciamos que luego de un tiempo estimado el refrigerante R – 22 interactúa con las cajas de uva por medio de una transferencia de calor por convección forzada. Por lo cual podemos apreciar que los jvas de uva han llegado a una temperatura deseada de -3.2° C.

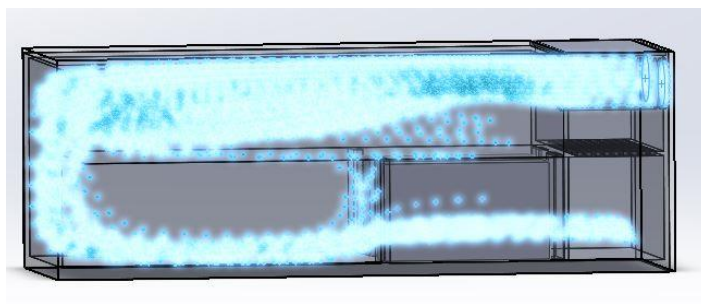


Figura 41. Vista gráfico de la interacción del refrigerante R – 22, por medio de una rapidez de transferencia de calor por convección forzada.

Fuente: elaboración propia.

3.4. Simular un túnel de frío para analizar el comportamiento del flujo y temperatura

Mediante la presente simulación se obtuvo una serie de resultados que las podemos representar mediante gráficas, las cuales serán detalladas a continuación:

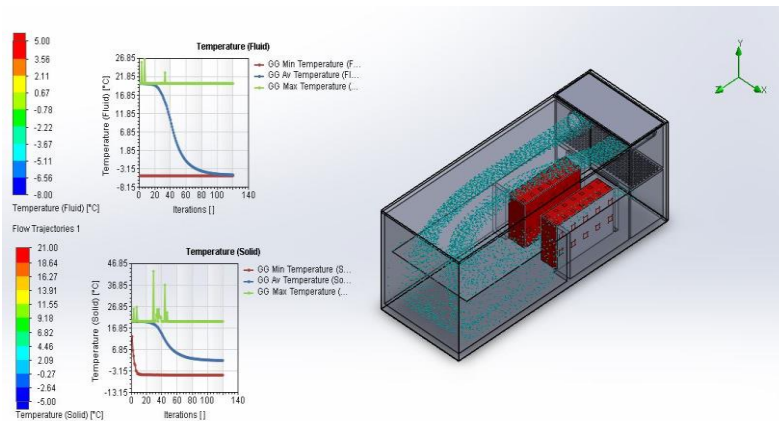


Figura 42. Vista gráfico de la simulación del túnel de frío, por medio de una rapidez de transferencia de calor por convección forzada.

Fuente: elaboración propia.

Gráfico de apreciaciones del análisis del bloque de javas: Apreciaremos las curvas de temperatura para analizar el comportamiento de las jabs ante el ingreso del refrigerante R – 22, donde podemos apreciar que:

- Teniendo tres instancias, donde la línea de color verde fue tomada en un estado inicial donde la Temperatura de encuentra a 20°C, por defecto del programa de simulación acciona una concentración de calor elevándola 27°C. Esta instancia se desprecia ya que el software de simulación lo toma cuando no hay ingreso de refrigerante.
- La línea de color naranja fue tomada en una segunda instancia, donde nos referencia la interacción a través del tiempo, la cual va disminuyendo su temperatura,

debido a que el refrigerante está interactuando con las jabas hasta estabilizarse a una cierta temperatura.

- En la línea de color azul fue tomada en una instancia final, donde se puede apreciar el resultado de la interacción entre el refrigerante y las jabas hasta un estado donde la temperatura llega a $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

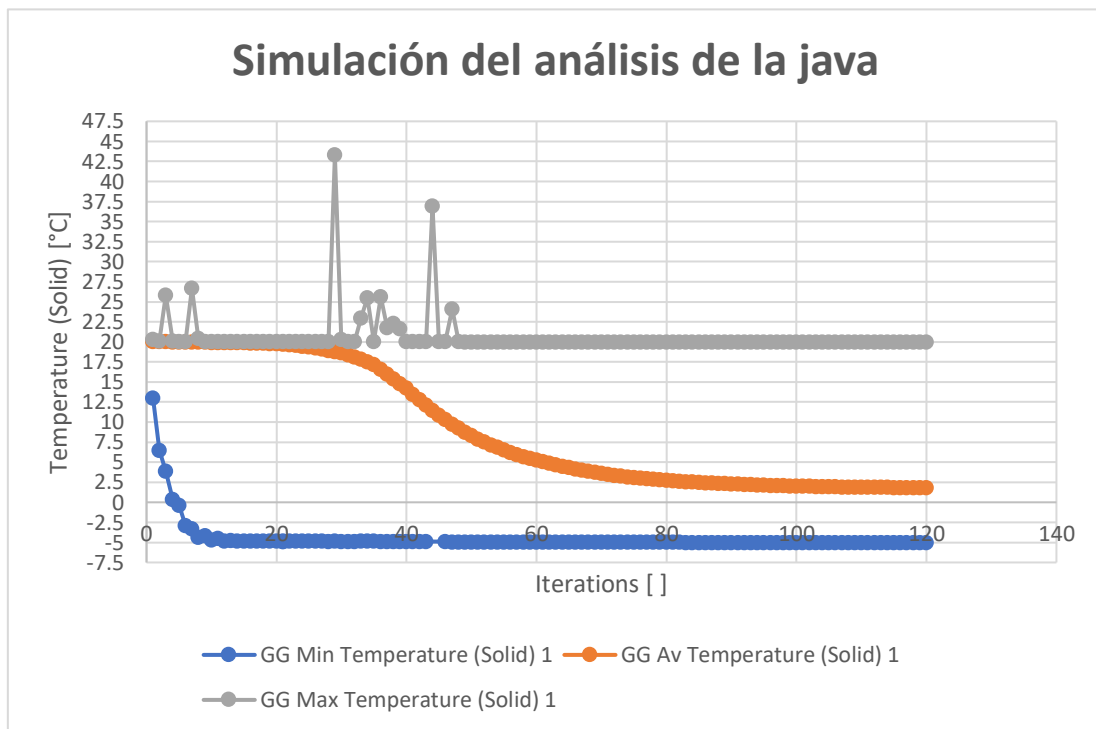


Figura 43. Vista gráfico de la simulación del análisis de la java, por medio de una rapidez de transferencia de calor por convección forzada.

Fuente: elaboración propia.

Gráfico de apreciaciones del comportamiento del refrigerante R – 22:

Apreciaremos las curvas de temperatura de comportamiento que presenta el refrigerante R – 22 en sus tres instancias, donde podemos apreciar que:

- La línea de color verde es tomada en un estado inicial donde el refrigerante no interactúa con el ambiente, es decir en una interacción cero donde apreciamos que el

refrigerante se mantiene con sus propiedades intactas. Esta instancia se desprecia ya que el software de simulación lo analiza cuando no interactúa con las bandejas, es decir cuando el refrigerante se encuentra en reposo.

- La línea de color azul es tomada en una segunda instancia, donde nos referencia la interacción a través del tiempo, la cual nos muestra que el refrigerante sufre cambios de temperatura, lo cual demuestra que está absorbiendo calor de los bloques de java hasta establecerse a una cierta temperatura.
- En la línea de color rojo nos indica que en una instancia final el refrigerante toma una temperatura de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, dando como producto final un refrigerante estabilizado y teniendo como resultado la caja de uva a $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

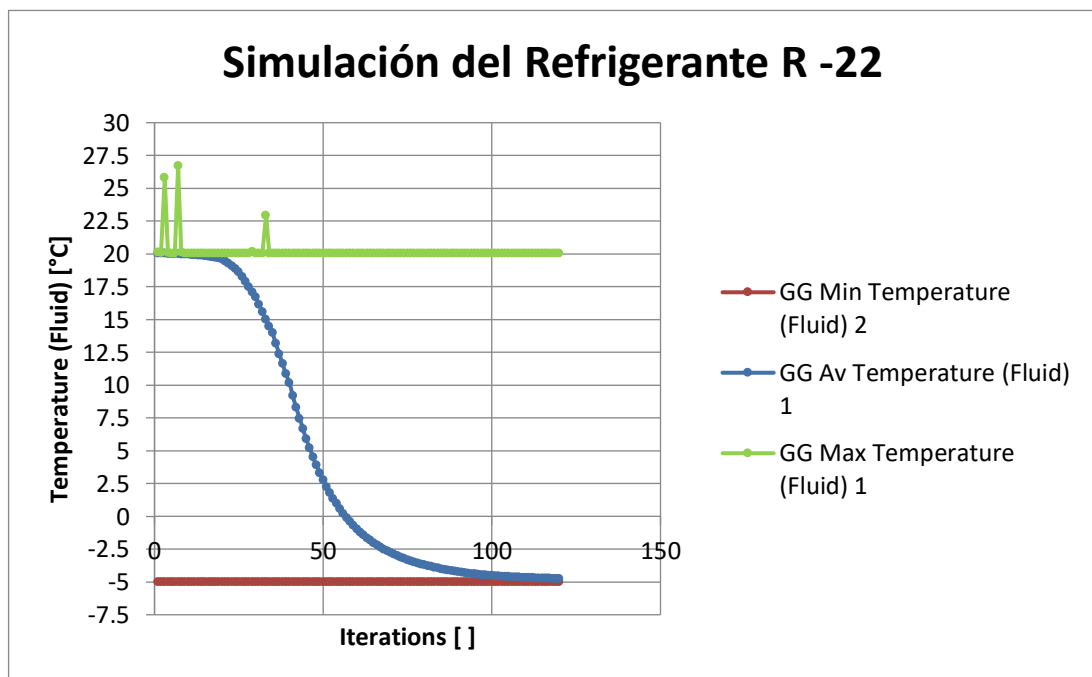


Figura 44. Vista gráfico de la simulación del comportamiento del refrigerante R – 22, por medio de una rapidez de transferencia de calor por convección forzada.

Fuente: elaboración propia.

IV. DISCUSIÓN

Tras luego de haber tomado medidas de temperatura y flujo del refrigerante R – 22 en el túnel de frío, procedimos a realizar una comparación teórica y práctica entre mis variables tal cual los investigadores Loayza & Ramírez (2017) realizaron en su proyecto de investigación sobre la optimización de la distribución de aire acondicionado en el interior de un autobús. Por lo cual obtuvimos resultados favorables donde cumplimos con los requerimientos de la empresa COMPLEJO INDUSTRIAL BETA.

Realizado el cálculo de pérdidas de transferencia de calor por conducción en las caras del túnel de frío, nos da una idea para realizar el comparativo con el software de simulación, así como el investigador Bustamante (2014) realizó una evaluación del tipo de caja en el tiempo de enfriado y presión de succión en un túnel de aire forzado en fruto de mandarina. Lo cual nos sirvió como referencia en los procesos de cálculo y las condiciones que se tuvieron que tomar en cuenta. Logrando demostrar que el proceso empleado es correcto.

Al haber culminado el diseño de la configuración geométrica mediante el software de modelamiento, se notó cierto tipo de restricciones al momento de ejecutar el análisis de simulación, esto se debe a los pequeños detalles del software. Dado a este detalle Solid Works Solution (2019) nos brinda una alternativa de salida. La cual consiste en unificar las piezas del presente diseño.

Para los análisis de simulación térmica y de flujo refrigerante R – 22 se realizaron varias pruebas. Se basó en los procedimientos que hizo el asistente de modelamiento Solid Work (2018). Llevándolos a cabo con éxito, logrando obtener una eficiencia similar al modelamiento guía. Facilitando la visualización del comportamiento que tiene el refrigerante R – 22 ante la presencia de los bloques de uva, cuyos bloques se encuentran a una temperatura de 20 °C.

V. CONCLUSIONES

- La toma de mediciones facilitó mucho en la culminación del presente proyecto, que, mediante la utilización de equipos de medición, previamente calibrados obtuvimos datos reales. Lo cual me permitió calcular las pérdidas de transferencia de calor en las paredes del túnel de enfriamiento.
- Concluimos que mediante el software de modelamiento se pudo definir la geometría del túnel de enfriamiento, estableciendo los parámetros y las condiciones de trabajo. Dando paso al siguiente objetivo.
- En cuanto al método computacional damos fe que los datos obtenidos bajo los criterios considerados y los parámetros empleados, logran satisfacer las necesidades del cliente brindando confiabilidad
- Se logró simular el túnel de enfriamiento, así como también se aprecia el comportamiento del refrigerante sobre los bloques de uva. Cabe resaltar que trabaja bajo un ciclo cerrado.
- La simulación de este proyecto ha permitido pronosticar la reducción del 27% del tiempo de enfriamiento, esto debido a la propuesta de mejora en el diseño y la utilización de los materiales, permitiendo mantener las temperaturas óptimas por la mejora en la circulación del flujo másico y para la reducción de las pérdidas de frío.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar un mantenimiento trimestral al túnel de enfriamiento para constatar que dicho túnel no sufra de fugas y así no genere pérdidas.
- Una de las condiciones de la empresa COMPLEJO AGROINDUSTRIAL BETA, es realizar el cambio de filtro cada 3 meses.
- Las simulaciones de trabajo guardan cierto tipo de restricciones, esto quiere decir que la simulación del diseño debe ser lo menos compleja posible, para evitar que el programa de simulación nos presente obstáculos ante dicha simulación.
- Plantear un rediseño del túnel, trabajando como parámetros el recorte de la lona colgante. Con la finalidad de analizar si el rediseño incrementa su eficiencia generando ganancias tanto en tiempo como económicas.

REFERENCIAS

- Budynas, R., Nisbett, J., & Ríos Sánchez, M. Á. (2008). *DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY* (Octava ed.). D.F., Mexico: McGraw-Hill.
- Eguren, F., & Marapi, R. (2015). LA AGROEXPORTACIÓN EN EL PERÚ. *La Revista Agraria*, 7-14.
- Fonseca, S., & Bergues, C. (2012). ESTUDIO DE LA CINÉTICA DEL SECADO DE GRANOS EN EL PROTOTIPO DE SECADOR SOLAR. *Tecnología Química*, 59-64.
- García-Robles, Jesús Manuel, Mercado-Ruiz, Jorge Nemesio, Tobón-Quijano, José Iván, Valencia-Abud, Mónica Yared, Gurrola-Sánchez, Dalia, Báez-Sañudo, Reginaldo, EFICIENCIA DEL PREENFRIADO SOBRE LA DESHIDRATACIÓN Y TASA RESPIRATORIA DE UVA DE MESA (*Vitis vinifera*L.). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* [en línea] 2015, 16 [Fecha de consulta: 20 de julio de 2019] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81339864013>> ISSN 1665-0204
- Gengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). *TERMODINÁMICA*. Mexico D.F: McGrawHill.
- Gracia Patron, A. D. (2017). *DISEÑO DE UNA CÁMARA DE CONGELACIÓN PARA LA PLANTA PROCESADORA DE PULPAS DE FRUTAS DE INDUSTRIAS DEL CERRO*. Riobamba - Ecuador: Escuela Superior Politécnica Chimborazo.
- Gracia Patrón, A. D. (2017). *DISEÑO DE UNA CÁMARA DE CONGELACIÓN PARA LA PLANTA PROCESADORA DE PULPAS DE FRUTAS DE INDUSTRIAS DEL CERRO*. Riobamba - Ecuador: Escuela Superior Politécnica el Chimborazo.
- Grolleaud, M. (2012). *PÉRDIDAS POST COSECHA: UN CONCEPTO MAL DEFINIDO O MAL UTILIZADO*. Cordova - Argentina: Documento de la FAO. (N°115230).
- Guzmán-Ortiz, W. (2018). *DISEÑO DE PLANTA PILOTO DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL Y DE ESTRATEGIA DE CONTROL*. Piura - Perú: Universidad de Piura.

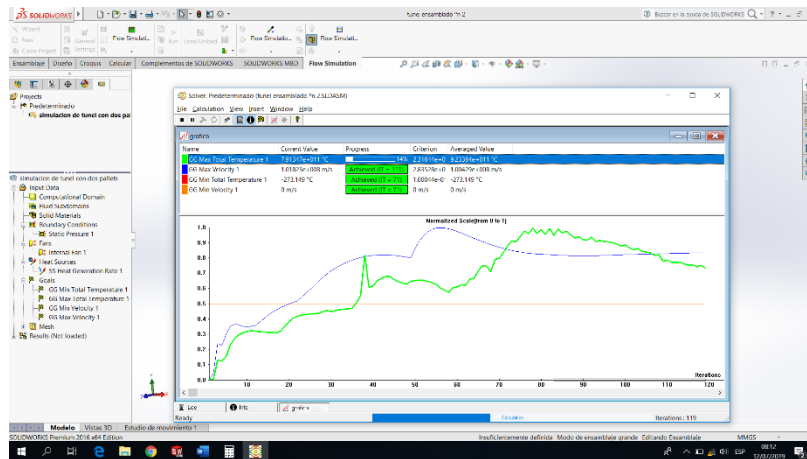
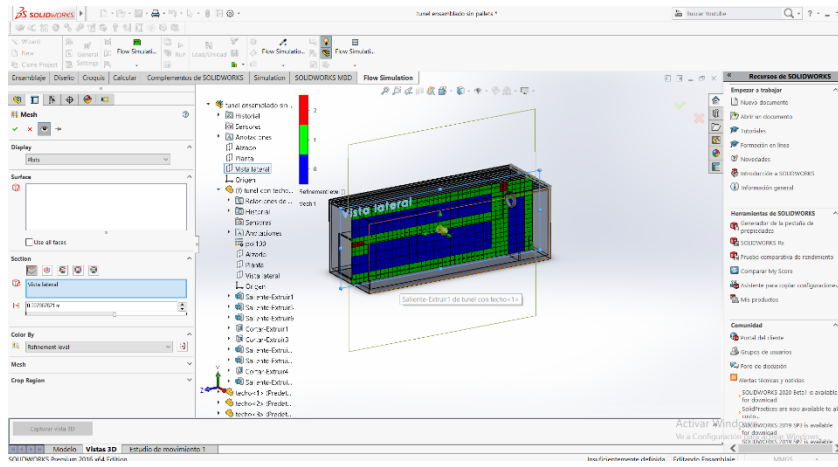
- Jordán Sánchez , E. (2018). *DISEÑO DE TRES CÁMARAS FRIGORÍFICAS DE CONSERVACIÓN Y UNA DE CONGELCIÓN PARA ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS AVÍCOLAS SITUADA EN LA POBLACIÓN DE HELLÍN (ALBACETE) TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA*. Valencia - España: Universidad Politénica de Valencia.
- Juan Pablo Zoffoli, Paulina Naranjo, Jessica Rodriguez (s.f). ASPECTO DE PRE Y POSCOSECHA QUE INFLUYEN EN EL DETERIORO POSCOSECHA DE UVA DE MESA. Pontificia Universidad Católica de Chile. Obtenido de https://www.agro-technologie.es/index_htm_files/Uva%20de%20mesa.pdf
- Lescano Diaz, (2008). Diseño e instalación de un sistema de refrigeración por compresión de vapor para el congelamiento y exportación de pota al mercado asiático. Pag 43.
- Martinez Aumala, M. F. (2018). *PROPUESTA DE AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE CONGELACIÓN POR AIRE FORZADO EN UNA EMPACADORA DE CAMARÓN*. Guayaquil - Quito: Universidad de Guayaquil.
- OSINERGMIN. (2016). *LA INDUSTRIA DE LA ELECTRICIDAD EN EL PERÚ: 25 AÑOS DE APOORTE AL CRECIMIENTO ECONÓMICO DEL PAÍS*. Magdalena del Mar, Lima.
- Pilatowsky, F. (2007). *RERIGERACIÓN SOLAR*. Memoria ANES.
- Sistemas de aire forzado. (2018). Obtenido de https://nanopdf.com/download/sistemas-de-aire-forzado_pdf
- Túneles californianos (25 junio, 2014). Obtenido de <http://www.blog.simec.biz/tuneles-californianos/>
- Uva de Mesa en el norte: PxQ – Costos + Calidad. (2018). Obtenido de <http://www.redagricola.com/cl/uva-de-mesa-en-el-norte-pxq-costos-calidad/>

ANEXOS

Anexo 1: Recolección de Datos

RECOLECCIÓN DE DATOS			
			
Toma De Lectura De Flujo Masico Salida De Ventilador	Toma De Lectura De Flujo Masico Entrada De La Puerta Principal	Toma De Lectura De Temperaturas	Toma De Lectura De Flujo Y Temperatura
			
Toma De Lectura De Flujo En La Parte Superior Del Tunel De Enfriamiento	Toma De Lectura De Temperatura De Ambiente	Toma De Lectura De Temperatura En Las Paredes Internas Del Tunel	Toma De Lectura De Temperatura De La Salida De Los Pallets

Anexo 2: Vista de selección de tipo de malla



Anexo 3: Cubierta Pol

Cubierta Pol

Aislados

Características Técnicas



Terminación	Zincaluz	Zincaluz	Azaro (*)	Adaptabilidad	Recto	Usos	Cubiertas	Pendiente Mínima
	Zincaluz	Poliuretano	0,5/0,4					
	Zincaluz	Poliestireno	Aislación	Espesores (mm)	50, 75, 100	Horizontal	Revestimientos	5%
	Poliestireno	Poliestireno	150, 200					
	Poliestireno	Poliuretano				Vertical		

Nota:

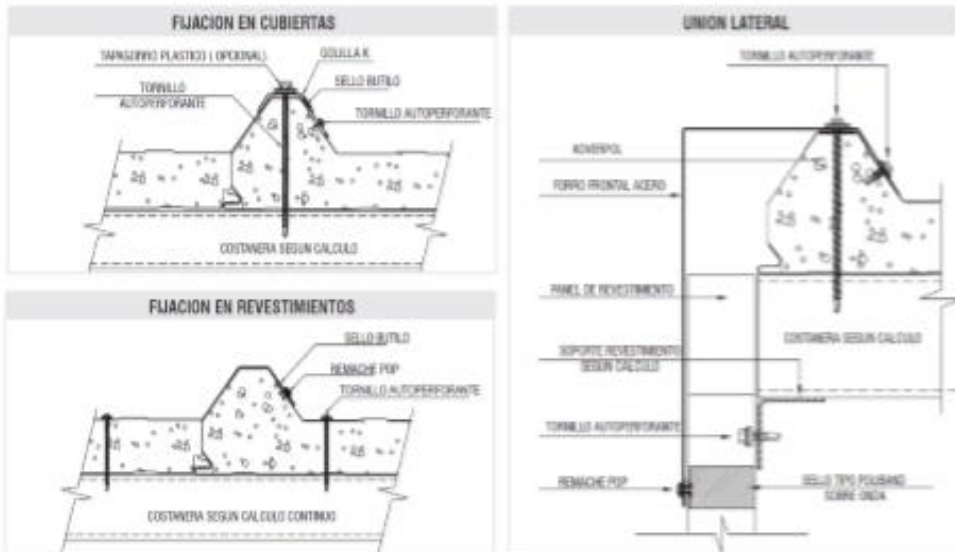
- (*) Valores corresponden a espesores de acero cara superior e inferior respectivamente.
- Para otros espesores ver factibilidad técnica con el departamento de Especificación.

Propiedades Térmicas

Espesor Valla (mm)	Peso (kg/m ²)	Largo Máximo (m)	PROPIEDADES TÉRMICAS			
			Cubiertas		Revestimientos	
			Resistencia (m ² K/W)	Transmitancia (W/m ² K)	Resistencia (m ² K/W)	Transmitancia (W/m ² K)
50	8,57	8,0	1,601	0,625	1,632	0,613
75	9,07	12,0	2,271	0,440	2,382	0,424
100	9,57	14,0	2,934	0,341	2,944	0,337
150	10,57	14,0	4,250	0,235	4,280	0,234
200	11,57	14,0	5,540	0,180	5,590	0,179

- Según NCh 853.01 91 para poliuretano densidad 20 kg/m³ y temperatura 20°C.
- Valores basados en panel con espesores de acero 0,5 y 0,4 mm superior e inferior respectivamente.

Esquemas de Instalación



Nota:

- El tipo de fijación dependerá de la costanera que se utilice. Para otros detalles de instalación consultar al departamento de Especificación.
- Nuestro productos están en constante proceso de renovación y desarrollo, por lo que pueden estar sujetos a modificaciones.

Ver: <http://www.b-hygenic.com>

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO:



INC - INDEPENDENCIA PERU PolySto

DR. SESAR JACQUELINE ARCECINCA CASTILAR

Tel: +511 231-1864 C. 16476273 99121101

E-mail: cenfriono@gmail.com - polystoperu@gmail.com



Anexo 4: Panel



Características Técnicas

Variable

Avance UBI 1140 mm

Terminación

- Zincalum | Zincalum
- Preguntado | Zincalum
- Preguntado | Preguntado

Espesores (mm)

Acero
0,5/0,5

Aislación
50,75, 100
120,150,200
250

Adaptabilidad

Recto

Usos

Revestimiento
Vertical
Cielo Falso

Notas:
 - Para detallamiento sobre costuras, consultar a departamento Especificación.
 - Disponemos propiedad PVDF, factibilidad sobre 500 m², previa consulta departamento Especificación.

Propiedades Térmicas

Espesor (mm)	Peso (kg/m ²)	Largo Máximo (m)	Exposición Horizontal (Fija Ascendente)			Exposición Vertical (Fija Horizontal)		
			Resistencia Térmica ¹ (m ² K/W)	Transmisión Térmica		Resistencia Térmica (m ² K/W)	Transmisión Térmica	
				W/m ² K	Koalm ² C		W/m ² K	Koalm ² C
50	9,1	8	1,442	0,693	0,597	1,472	0,679	0,584
75	9,6	12	2,093	0,478	0,411	2,123	0,471	0,405
100	10,1	14	2,744	0,364	0,354	2,774	0,360	0,310
120	10,5	14	3,295	0,306	0,264	3,295	0,303	0,261
150	11,1	14	4,046	0,247	0,213	4,076	0,245	0,211
200	12,1	14	5,348	0,187	0,161	5,378	0,186	0,160
250	13,1	14	6,650	0,150	0,129	6,680	0,150	0,129

(1): Según NCh 853, 0191 para densidad de poliestireno 20 Kg/m³ y Temperatura 20 °C.

Esquemas de Instalación

FIJACION MURO CIELO

POA

CIELO

PERFIL 'U'

REMACHE POP

CORTA-BAJA-BARRAS PUENTE TORNEADO

INTERIOR

INTERIOR

FIJACION POLIAMIDA

COLGADOR

ESTRUCTURA OGALVALCO

CADENA GALVANIZADA 5 MM

PERNO 'Y' CON HILO

TENSOR GALVANIZADO

PERNO 'Y' CON HILO

TUERCA

ARANDELA GALVANIZADA

TAPA

BASE DE TORNEO

PERNO HEXAGONAL

FIJACION MURO INTERIOR

POA

REMACHE POP

REMACHE POP

PERFIL 'U' GALVANIZADO

TORNILLO ROSCATA CON TIRABUJÓN PLÁSTICO

FIJACION ARANDELA ACERO GALVANIZADO

Notas:
 El tipo de fijación dependerá de la costura que se utilice. Para otros detalles de instalación consultar al departamento de Especificación.
 Para obtener más información de este producto consulte Manual Técnico.
 Nuestros productos están en constante proceso de innovación y desarrollo, por lo que pueden estar sujetos a modificaciones. Móvil: 864737273
 Visita: <http://www.b-hogsonperu.com>

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO:

Anexo 5: Productos terminados



		<h3>Ficha Técnica de Productos Terminados</h3>	
Preparado por: Nicolás Martínez	Aprobado por: Marcelo Vidal	Fecha: Julio 2016	Versión: 2016

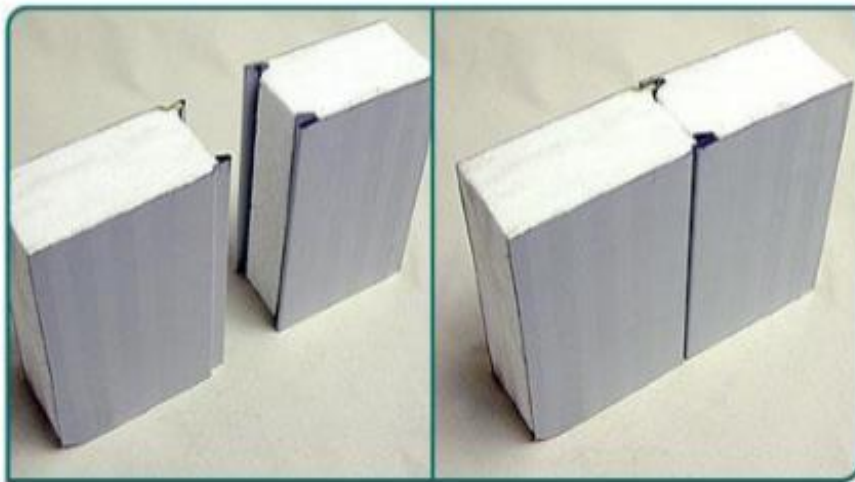


Nombre del Producto	Panel de Poliestireno (POL) <i>Superfrigo</i>
Descripción del Producto	Producto elaborado con 2 chapas de acero pre-pintado de 0,5mm de espesor y núcleo de poliestireno expandido, densidad promedio de 20(Kg/m ³). Espesores desde los 50mm hasta los 250mm con un avance útil de 1.160mm y un largo máximo de hasta 9.700mm
Características del Producto	El panel sándwich es un producto industrial diseñado para realizar cerramientos en la construcción industrial y residencial, especialmente en la industria del aislamiento. Es principalmente utilizado como aislante térmico, acústico, como impermeabilizante y como cerramiento; destacar que es un producto resistente y ligero lo que permite utilizarlo con un mínimo esfuerzo.
Lugar de Manufacturación	Producto elaborado en planta de producción de casa matriz de Superfrigo Ltda., ubicada en calle San Fernando #937, Parque industrial Jardines del Sur, San Bernardo. Santiago-Chile

Material	Densidad	Peso	Conductividad Térmica	Resistencia Esfuerzo	Compresión Deformación
	(Kg/m ³)	(Kg/m ²)	(Kcal/h·m·°C)	(Kg/cm ²)	%
Poliuretano PUR	40	12	0,017	5,00	4,5
Poliestireno POL	20	10	0,03	1,03	6,6

*La tabla ha sido desarrollada con las características de un panel de 100mm de espesor, SUPERFRIGO está capacitado para desarrollar paneles de 50 a 150mm de espesor.

Fuente: Enciclopedia de la Refrigeración de Juan Antonio Ramirez



Anexo 6: Puertas



DOOR PANEL

PUERTAS SECCIONALES



DESCRIPCIÓN

Panel metálico para puertas seccionales, tipo sándwich, inyectado en línea continua con poliuretano expandido de alta densidad (38 kg/m³), con ambas caras en lámina de acero galvanizada prepintada.

Paneles fabricados en un ancho útil de 500 mm.

CARACTERÍSTICAS

- Los paneles para puertas seccionales vienen con refuerzo interno, lo que ayuda a darle mayor resistencia mecánica.
- Óptimo aislamiento térmico y acústico.
- Producción en línea continua lo que ofrece un elemento monolítico de excelente calidad.
- Excelente acabado arquitectónico exterior e interior.
- Ligero.

USOS

- Para la fabricación de puertas seccionales con panel sándwich, tipo industrial o residencial con alta apariencia estética.
- Elemento para fachadas y divisiones interiores recomendado en todo tipo de construcción que requiera características estéticas.
- Elemento de muro autoportante para construcción modular.

