

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



**“DISEÑO DE UNA CAMARA DE CONSERVACION DE VACUNAS
SINOPHARM PARA CUBRIR CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE 265
M3 EN LA EMPRESA HOFARM EN LURIN-LIMA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

Casachagua Iñiguez, Danthi Williams

ASESOR:

Páez Apolinario Eliseo

Villa el Salvador

2021

DEDICATORIA:

Dedico el presente trabajo a mi mamá Betty, por haberme brindado su apoyo incondicional

El presente trabajo dedico a mi hermano Henry por brindarme sus consejos y apoyo que permitieron realizar este trabajo.

INDICE

LISTADO DE FIGURAS	v
LISTADO DE TABLAS	vii
RESUMEN	viii
INTRODUCCION	1
CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES	2
1.1 Contexto:	2
1.2 Delimitación temporal y espacial del trabajo:	2
1.2.1 Delimitación temporal:	2
1.2.2 Delimitación espacial:	2
1.3 Objetivos:	2
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Antecedentes:	4
2.1.1 Antecedentes internacionales:	4
2.1.2 Antecedentes nacionales:	5
2.2 Bases teóricas:	7
2.2.1 Conceptos principales de refrigeración:	7
2.2.2 Aislamiento:	14
2.2.3 Ciclos de refrigeración:	15
2.2.4 Ciclo real de refrigeración por compresión:	19
2.2.5 Partes de una cámara de conservación:	21
2.2.6 Aplicaciones de la refrigeración:	23
2.2.7 Sistemas de refrigeración:	24
2.2.8 Refrigerante 404 A:	25
2.2.9 Controladores de temperatura:	28
2.2.10 Vacuna:	30
2.2.11 Conservación de vacunas:	30
2.2.12 Exposición a la luz:	30
2.2.13 Temperatura:	30
2.2.14 Medidas utilizadas para proteger las vacunas:	31
2.2.15 Cámaras frigoríficas para almacenamiento de vacunas:	31
2.3 Definición de términos básicos:	32
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL	34

3.1	Determinación y análisis del problema:	34
3.2	Modelo de solución propuesto:	35
3.2.1	Flujograma de solución de problema.	35
3.2.2	Dimensión y distribución de cámara de conservación:	36
3.2.3	Ubicación de unidad evaporadora dentro de cámara de conservación:	41
3.2.4	Ubicación unidad evaporadora dentro de antecámara:	42
3.2.5	Distribución de luminarias:	43
3.2.6	Ubicación de unidad condensadora cámara y antecámara:	44
3.2.7	Elementos constitutivos de cámara de conservación:	46
3.2.8	Cálculo de carga térmica cámara de conservación:	55
3.2.9	Selección de elementos de sistema de refrigeración:	83
3.2.10	Lógica de funcionamiento cámara de conservación:	95
3.2.11	Sistema eléctrico de fuerza:	98
3.3	RESULTADOS:	99
	CONCLUSIONES:	103
	RECOMENDACIONES:	104
	BIBLIOGRAFIA	105
	ANEXO	107

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2.1	15
<i>ciclo de refrigeración ideal</i>	15
Figura 2.2	17
<i>Diagrama presión-entalpía (P-h) de un ciclo ideal por compresión</i>	17
Figura 2.3	19
<i>Ciclo de refrigeración real temperatura-entropía (T-S)</i>	19
Figura 2.4	27
Comparación de presión-temperatura (P-T) del refrigerante R-404A y R-502.....	27
Figura 3.1	37
<i>Medidas de cámara de conservación</i>	37
Figura 3.2	38
<i>Altura de la cámara de conservación</i>	38
Figura 3.3	38
Altura antecámara.....	38
Figura 3.4	39
<i>Medidas de antecámara</i>	39
Figura 3.5	40
<i>Distribución de rack en cámara de conservación</i>	40
Figura 3.6	41
<i>Ubicación de unidad evaporadora cámara de conservación</i>	41
Figura 3.7	42
<i>Ubicación unidad evaporadora antecámara</i>	42
Figura 3.8	43
<i>Ubicación de luminaria cámara de conservación</i>	43
Figura 3.9	44
<i>Ubicación de luminarias antecámara</i>	44
Figura 3.10	45
<i>Ubicación de unidad condensadora</i>	45
Figura 3.11	46
<i>Dimensión foso planta</i>	46
Figura 3.12	47

<i>Medidas hueco panel.</i>	47
Figura 3.13	48
<i>Dimensiones generales puerta corrediza.</i>	48
Figura 3.14	50
Panel de poliestireno expandido.	50
Figura 3.15	52
<i>Tratamiento térmico piso de cámara de conservación.</i>	52
Figura 3.16	84
Código de identificación para selección de unidad evaporadora	84
Figura 3.17	95
Ubicación de sensor de temperatura.....	95
Figura 3.18:	99
Ubicación de cajas de vacuna Sinopharm dentro de cámara.	99
Figura 3.19	100
Ubicación de unidad evaporadora dentro de cámara de conservación.....	100
Figura 3.20:	101
Ubicación de termómetros digitales colocados en puntos críticos de cámara de conservación de vacunas.....	101
Figura 3.21:	102
Temperatura de cámara de conservación en puntos críticos.	102
.....	102

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.1	26
Propiedades físicas del refrigerante.....	26
Tabla 2.2	28
Tabla de presión temperatura R-404A.....	28
Tabla 3.1	50
Especificación técnica de panel de poliestireno expandido.....	50
Tabla 3.2	53
Especificación técnica de planchas de poliestireno expandido.....	53
Tabla 3.3	63
Propiedades del gas ideal del aire	63
Tabla 3.4	66
Propiedades del aire a una atmosfera de presión.....	66
Tabla 3.5	75
Tabla de calor emitido por persona.....	75
Tabla 3.6	83
Capacidad de unidad evaporadora MIPAL HDL	83
Tabla 3.7	86
Capacidad de unidad condensadora DANFOSS.....	86
Tabla 3.8	89
Diámetro tubería de cobre sistema de baja presión.....	89
Tabla 3.9	91
Diámetro tubería de cobre sistema alta presión (líquido).....	91
Tabla 3.10	92
Factor de corrección R404 A por caída de presión.....	92
Tabla 3.11	93
Factor de corrección R404A a temperatura de líquido.....	93
Tabla 3.12	94
Tabla selección de valvula de expansion termostatica para R404A, R408A Y 502. ...	94

RESUMEN

El diseño de la cámara de conservación se realizará para la empresa HOFARM ubicado en Lurín-Lima.

La alta demanda de vacunas que requieren los países para inmunizar a su población ha puesto a flote el déficit de capacidad de almacenamiento de vacunas como el caso de Perú que se vio forzado a instalar cámaras de conservación.

El proyecto consta de tres capítulos. El primer capítulo hace referencia a la delimitación del proyecto, definición de objetivos. El segundo capítulo trata del marco teórico donde se describe los principios de refrigeración. El tercer capítulo hace mención al diseño y cálculo de la cámara de conservación, análisis y selección de componentes principales del sistema de refrigeración.

La cámara de conservación deberá garantizar una temperatura uniforme al interior de la cámara (rango de temperatura 2 °C a 8 °C) con una capacidad de almacenamiento de 980, 800 dosis de vacunas Sinopharm garantizando su correcta conservación dentro de los límites indicados en la ficha técnica.

INTRODUCCION

El déficit de la capacidad de almacenamiento para las vacunas Sinopharm que tiene el Perú ha obligado a diferentes empresas privadas del sector salud a instalar cámaras de conservación para cubrir la demanda de almacenamiento de vacunas.

Esta necesidad ha obligado a la empresa LABORATORIOS HOFARM instalar una cámara de conservación que cumpla con los requerimientos de temperatura para el almacenamiento de las vacunas Sinopharm.

El desarrollo del proyecto consta de tres capítulos con conclusiones y recomendaciones:

El primer capítulo hace referencia a la delimitación del espacio y tiempo de desarrollo del proyecto, definición de objetivos.

El segundo capítulo trata del marco teórico donde se describe los principios de refrigeración, tipos de controladores de temperatura para cámaras de conservación de vacunas, y conservación de vacunas.

El tercer capítulo hace mención al diseño y cálculo de la cámara de conservación, análisis y selección de componentes del sistema de refrigeración.

Las conclusiones y recomendaciones hacen referencia a los objetivos conseguidos en el desarrollo del proyecto de diseño de cámara de conservación para vacunas Sinopharm.

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

1.1 Contexto:

La empresa laboratorios HOFARM es una empresa dedica a la venta de productos farmacéuticos, medicinales, y de tocador. Cuenta con laboratorios y almacenes en el distrito de Ate y Lurín en la ciudad de Lima.

1.2 Delimitación temporal y espacial del trabajo:

1.2.1 Delimitación temporal:

El diseño y ejecución del proyecto se realizará en un periodo de 4 meses. Inicio 14 de agosto del 2021 hasta 09 de diciembre de 2021.

1.2.2 Delimitación espacial:

El proyecto se desarrolló en la empresa LABORATORIOS HOFARM ubicado en Lurín-Lima, Perú.

1.3 Objetivos:

Objetivo 01: Diseñar una cámara de conservación de vacunas Sinopharm para cubrir capacidad de almacenamiento de 326 m³.

Objetivo 02: Diseñar una distancia de separación óptima de evaporadores para conseguir una temperatura homogénea dentro de cámara de conservación.

Objetivo 03: Diseñar sistema de refrigeración de respaldo (back up) para mantener la temperatura constante dentro de la cámara de conservación si el sistema de refrigeración llegue a fallar.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes:

2.1.1 Antecedentes internacionales:

Catucuago, F. & Tipan, L, (2015), UPS, titulado “Diseño Y Construcción De Una Cámara Frigorífica Modular De 9.6 M3 Para La Conservación De Vacunas, Localizado En La Ciudad De Quito, Ecuador” para obtener el título profesional de ING. Mecánico, el objetivo del trabajo realizado consta diseñar e instalar una cámara de conservación para vacunas, siguiendo la norma HACCP (sistema de análisis y puntos críticos de control) y recomienda realizar el cálculo de carga de refrigeración teniendo todos los materiales de paredes y pisos. El aporte que brinda al presente trabajo es el análisis de puntos críticos de control.

Mollinedo, R., (2014), UMSA, titulado “Diseño De Una Cámara Frigorífica Para La Conservación De Sangre En El Hospital Municipal Boliviano Holandés De La Ciudad El Alto – La Paz” para obtener el grado de licenciatura, el objetivo diseñar una cámara de conservación siguiendo las recomendaciones de las normas ASHRAE (Sociedad Americana De Ingenieros De Calefacción, Refrigeración Y Aire Acondicionado) donde el rango de temperatura sea de 2 °C – 8 °C, recomienda el correcto hermetizado in situ para evitar condensación que pueda afectar al rendimiento de la cámara como también la humedad cause efectos secundarios a la estructura de la cámara de conservación. El aporte que brinda hacia el presente de trabajo es el cálculo de pérdidas por fricción en las tuberías de cobre en el sistema de alta y baja presión en una cámara de conservación como la forma de selección de componentes de la cámara de conservación.

Yajamìn, O., (2012), EPN, titulado “diseño e implementación de un módulo didáctico que realice el monitoreo y control de temperatura, para la conservación de medicamentos termolábiles” para obtener el título de ingeniero en electrónica y control, el objetivo es diseñar un módulo que realice monitoreo y control de temperatura para una cámara de conservación. Recomienda que los sistemas de refrigeración trabajen con una tolerancia, para evitar un cambio brusco de temperatura en determinado momento que se llegue a su capacidad nominal de diseño; recomienda la instalación de un sistema adicional con la misma capacidad de diseño (back up). El aporte que brinda al siguiente trabajo es modelo de control de temperatura y tipo de controlador de temperatura que utiliza para el control de temperatura dentro del ambiente a refrigerar.

2.1.2 Antecedentes nacionales:

Gonzales, D., (2020), UCV, titulado “Diseño De Un Sistema De Respaldo De Energía Eléctrica Para Funcionamiento De Cámara De Vacunas – GERESA Lambayeque 2018” para obtener el título profesional de ING. Mecánico Eléctrico, el trabajo realizado tiene como objetivo brindar un sistema de respaldo de energía eléctrica para las cámaras de conservación de vacunas, recomienda el cálculo del espacio neto a utilizar dentro de la cámara teniendo el espacio suficiente donde se pueda transitar dentro de ella, el cálculo del grupo electrógeno (sistema de respaldo de energía eléctrica) tendrá que tener una tolerancia de un 25% del valor de consumo calculado para suplir con el requerimiento de energía del equipos del sistema de refrigeración (compresor, motor ventilador y resistencia) y así el grupo electrógeno no trabaje a plena carga y tenga un mayor ciclo de vida útil. El aporte que brinda al siguiente es el sistema de respaldo de energía eléctrica por parte de un grupo electrógeno.

Silva, C., (2020), UCV, titulado “utilización de refrigerantes R404A Y R507 para determinar el efecto en la eficiencia energética del sistema de aire acondicionado comercial en cámara frigorífica para vacunas Jaén – Cajamarca” para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, el trabajo realizado tiene como objetivo determinar el efecto de la eficiencia del sistema de refrigeración con los refrigerantes R404A y R507. Recomienda el uso del gas refrigerante R404A dado su bajo costo de instalación, pero tiene un porcentaje mayor de consumo de energía 30.39%. el aporte que brinda al siguiente trabajo es la eficiencia del gas refrigerante R404A para su uso en sistemas de refrigeración para cámaras de conservación de vacunas.

Manchego, C. & Vera, J., (2020), UC, titulado “Diseño de una cámara frigorífica para la conservación de medicinas en comunidades alejadas de la región Selva del Perú” para obtener el grado académico de bachiller en Ingeniería Mecánica, el objetivo del presente trabajo es diseñar, calcular carga térmica y seleccionar los elementos que compondrán la cámara, haciendo uso del reglamento general de edificaciones (RNE). Recomienda el cálculo de coeficiente de convección, en base a los datos teóricos de flujo de calor; recomienda implementar paquetes fríos para mantener temperatura de diseño en caso sufra algún desperfecto en sistema de refrigeración. El aporte que brinda el siguiente trabajo es el cálculo de coeficiente de convección, que se lleva a cabo en las paredes de la cámara de conservación.

2.2 Bases teóricas:

2.2.1 Conceptos principales de refrigeración:

2.2.1.1 Refrigeración:

La refrigeración se define como el proceso de retirar calor de un ambiente destinado a mantener temperaturas bajas, para poder conservar alimentos o medicinas por un mayor tiempo.

Para poder retirar calor del ambiente a conservar, se necesita de un medio que traslade el calor del ambiente a enfriar hacia el exterior, El medio encargado de trasladar el calor interior hacia el exterior es el gas refrigerante. (Dosatt, 2001, p.109)

2.2.1.2 Congelación:

Se da cuando las moléculas que se encuentran bajo un enlace débil llegan a formar un enlace molecular fuerte, formando cristales, este estado de la materia es muy útil para poder conservar frutas, verduras y medicinas. Las frutas cuando están congeladas no pierden por completo sus propiedades nutricionales, solo se ve afectado en un 15% a 20%, con esto se consigue contar con alimentos frescos por un mayor tiempo comparado con los alimentos que se dejan a temperatura ambiente.

La utilización del frío para conservar los alimentos data de la prehistoria, desde entonces se usaba nieve y hielo para conservar las presas cazadas. Se dice que sir Francis Bacon contrajo neumonía, que acabaría con su vida, tras intentar congelar pollos rellenándolos de nieve. Sin embargo, hubo que esperar hasta la década de 1930 para asistir a la comercialización de los

primeros alimentos congelados, que fue posible gracias al descubrimiento de un método de congelación rápida.(Catucuago Zurita & Tipán Suntaxi, 2015, p. 30)

2.2.1.3 Calor:

Es la transferencia de energía que se da entre dos sistemas que se encuentran a diferentes temperaturas. No se puede transferir calor cuando dos sistemas se encuentran a la misma temperatura.

Varias frases de uso común como flujo de calor, adición de calor, rechazo de calor, absorción de calor, eliminación de calor, ganancia de calor, pérdida de calor, almacenamiento de calor, generación de calor, calentamiento eléctrico, calentamiento mediante resistencias, calentamiento por fricción, calentamiento por gas, calor de reacción, liberación de calor, calor específico, calor sensible, calor latente, calor de desecho, etc. No son congruentes con el estricto significado termodinámico de calor. Sin embargo, estas frases tan arraigadas en el vocabulario de científicos y personas comunes generalmente no producen malentendidos, ya que por lo común son interpretados apropiadamente y no de manera literal.(Cengel & Boles, 2011, p. 60)

2.2.1.4 Transferencia de calor:

Este proceso físico se da cuando dos cuerpos presentan diferentes temperaturas, el de mayor temperatura le transfiere calor al cuerpo de menor temperatura.

La transferencia de calor hacia un sistema (ganancia de calor) incrementa la energía de las moléculas y por tanto la del sistema; asimismo, la transferencia de calor desde un sistema (perdida de calor) la disminuye, ya que la energía transferida como calor viene de la energía de las moléculas del sistema.(Cengel & Boles, 2011, p. 73)

2.2.1.5 Conducción:

Es el proceso de transferir energía por medio de moléculas o átomos que se encuentran con mayor energía hacia una molécula o átomo de menor energía. El estado de la materia donde se da conducción puede ser sólido, líquido y gas.

La conducción en los gases y líquidos se debe a las colisiones y a la difusión de las moléculas durante su movimiento aleatorio. En los sólidos se debe a la combinación de las vibraciones de las moléculas en una red y al transporte de energía por parte de los electrones libres.(Cengel & Ghajar, 2011, p. 17)

2.2.1.6 Convección:

Es el proceso de transferir energía a través de un fluido en movimiento, se puede dar también la transferencia a través de un sólido hacia un fluido en movimiento que se encuentra adyacente a la cara del sólido.

La convección comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de los fluidos. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección. En ausencia de cualquier movimiento masivo de fluido, la transferencia de calor entre una superficie

sólida y el fluido en contacto, es por conducción pura.(Cengel & Ghajar, 2011, p. 25)

2.2.1.7 Radiación:

La radiación se presenta de varias maneras una de ellas es descomposición subatómica, este proceso emite partículas alfa (α), beta (β). También la radiación está presente en la luz como ondas electromagnéticas (rayos UV, rayos X, rayos gamma).

La radiación como transferencia de energía se da, cuando un cuerpo se encuentra a altas temperaturas este emite ondas electromagnéticas, que se encarga de transferir energía hacia un cuerpo que se encuentra a una menor temperatura.

A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de calor por radiación no requiere la presencia de un medio interventor. De hecho, la transferencia de calor por radiación es la más rápida (a la velocidad de la luz) y no sufre atenuación en un vacío. Esta es la manera en que la energía del sol llega a la tierra.(Cengel & Ghajar, 2011, p. 27)

2.2.1.8 Conductividad térmica:

Es la capacidad que tienen los materiales para conducir el calor de un cuerpo caliente a uno más frío. Esta transferencia de calor se da igual que la conducción eléctrica, mediante los electrones libres que se encuentran en la estructura atómica del material, los electrones son capaces de transportar el calor desde un lado caótico a uno más estable.

La magnitud térmica es una magnitud intensiva porque no depende de la masa y al dividir la porción de materia en pequeños pedazos sus propiedades no son aditivas.(Conductividad térmica, 2021)

2.2.1.9 Capacidad de refrigeración:

Es la cantidad de calor que puede extraer de un medio a enfriar en una hora de funcionamiento del sistema de refrigeración. El sistema de refrigeración está compuesto por una unidad evaporadora (encargado de absorber el calor del ambiente a enfriar) y una unidad condensadora (encargado de disipar el calor hacia el medio exterior). Y sus unidades de medida son: BTU/H, toneladas de refrigeración o frigorías.(Dosatt, 2001, p.109)

2.2.1.10 Afecto refrigerante:

Es la capacidad que tiene el gas refrigerante para absorber calor. El gas refrigerante se evapora en la unidad evaporadora, donde la evaporación es generada por el flujo constante de aire que pasa por el serpentín del evaporador. (Catucuago Zurita & Tipán Suntaxi, 2015, p. 15)

2.2.1.11 Enfriamiento sensible:

Es la variación de calor que genera un cambio de temperatura en el aire. Este cambio de temperatura es generado por máquinas de calor, donde un sistema se encarga de extraer calor de una masa de aire a través de la circulación del aire por un intercambiador de calor.(Catucuago Zurita & Tipán Suntaxi, 2015, p. 16)

2.2.1.12 Enfriamiento latente:

Es la energía requerida para cambiar de fase a una sustancia ya sea refrigerante, agua, aire etc. Este proceso se lleva a cabo en el serpentín del intercambiador de calor, donde el gas refrigerante que se encuentra en estado líquido se evapora por el calor entregado del aire hacia las tuberías y aletas del intercambiador de calor. (Catucuago Zurita & Tipán Suntaxi, 2015, p. 16)

2.2.1.13 Entropía:

Es la medida de desorden que se presenta en un sistema. Con la entropía se demuestra, que los sistemas termodinámicos reales, son irreversibles. La entropía es de carácter extensivo, y su valor crece en el transcurso de un proceso que se genera de forma natural.(Cengel & Ghajar, 2011, p. 332)

2.2.1.14 Entalpia:

Es la cantidad de calor que se puede transmitir o recibir en un sistema termodinámico de transformación isobárica (presión constante). La entalpia como método de cálculo es utilizado en sistemas de aire acondicionado, calderas, turbinas etc.(Cengel & Ghajar, 2011, p. 180)

2.2.1.15 Compresión:

Es el proceso de ejercer una fuerza sobre un cuerpo líquido, sólido o gaseoso. El líquido y el sólido son muy difícil de comprimir, lo cual se necesita una fuerza demasiado grande para poder comprimir un volumen insignificante, por ende, el líquido y el sólido se considera cuerpo no compresible. Los gases (atrapados en un recipiente de volumen

determinado) son cuerpos que cuando se le aplica una fuerza determinada, estos se comprimen, disminuyen su volumen inicial, esta propiedad de los gases son muy útiles en los ciclos de refrigeración, ciclo Carnot y ciclo Rankine.(Catucuago Zurita & Tipán Suntaxi, 2015, p. 16)

2.2.1.16 Evaporación:

Es un proceso de cambio de estado, de sólido a gas o de líquido a gas. En la termodinámica el proceso de cambio de estado estudiado, es de líquido a gas.

El cambio de estado líquido – gas es estudiado por las diferentes aplicaciones que tiene en el comercio y las industrias, y una de las aplicaciones se da para la refrigeración de ambientes de conservación de diferente índole (farmacéutica, alimentos, conservación de carne etc.).(Catucuago Zurita & Tipán Suntaxi, 2015, p. 16)

2.2.1.17 Calor de compresión:

Es el calor que se genera al realizar una compresión a un gas, este calor lo recibe el gas y es generado por el trabajo realizado del compresor. (Catucuago Zurita & Tipán Suntaxi, 2015, p. 17)

2.2.1.18 Succión:

Es el proceso de generar un vacío, en un determinado lugar, esto conlleva a que el fluido circundante por depresión fluya hacia un medio de mayor presión, El encargado de realizar este proceso es una bomba centrífuga, un compresor etc.(Catucuago Zurita & Tipán Suntaxi, 2015, p. 17)

2.2.1.19 Condensación:

Es el proceso de cambio de fase, donde el fluido que se encuentra en estado gaseoso pasa a un estado más estable (líquido o sólido). (Cengel & Ghajar, 2011, p. 114)

2.2.1.20 Deshidratación:

Es el proceso de retirar agua que se encuentra en el aire, este proceso se le conoce control de humedad. (Catucuago Zurita & Tipán Suntaxi, 2015, p. 17)

2.2.1.21 Btu/h:

Es la unidad de calor que se retira o se suministra, de un medio a controlar la temperatura, por una hora de funcionamiento del equipo de aire acondicionado. (Catucuago Zurita & Tipán Suntaxi, 2015, p. 17)

2.2.2 Aislamiento:

Es el encargado de evitar las pérdidas de calor o ganancia de temperatura, en los ambientes que se necesita una temperatura constante.

2.2.2.1 Paneles de poliuretano:

Los paneles de poliuretano son utilizados para evitar la pérdida o ganancia de calor del medio exterior que rodea al ambiente a conservar. El coeficiente térmico de transferencia de calor del poliuretano a 10 °C es 0,022 W/m·K, siendo el más utilizado para la instalación de cámaras de congelación. (Industria del poliuretano rígido [IPUR], 2020)

2.2.2.2 Paneles de poliestireno expandido:

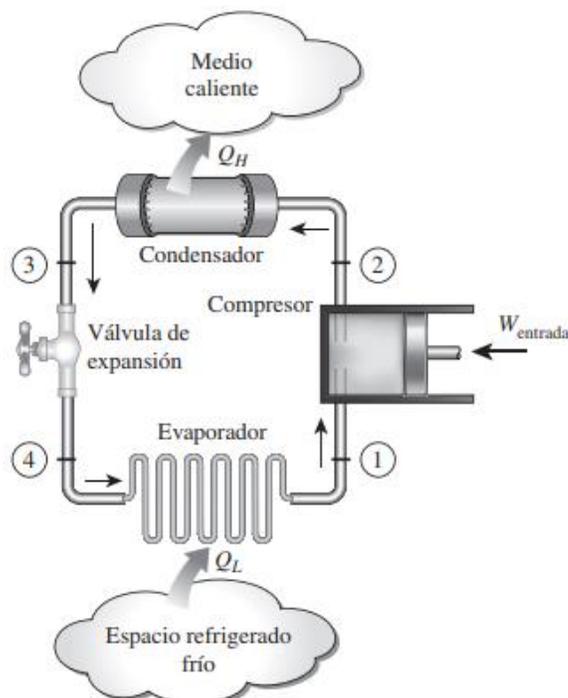
Los paneles de poliestireno expandido son utilizados para la instalación de cámaras de conservación, departamentos, hospitales, etc. Su conductividad térmica es menor que el poliuretano, pero tiene un menor costo frente al poliuretano, siendo el más utilizado para la instalación de cámaras de conservación dado su menor costo y su fácil uso. (TUMPEMESA, 2020)

2.2.3 Ciclos de refrigeración:

El ciclo de refrigeración de aire acondicionado cuenta con dos sistemas, sistema de alta presión y baja presión.

Figura 2.1

ciclo de refrigeración ideal



Nota: En la siguiente figura se observa los componentes y el ciclo ideal de los gases en un sistema de refrigeración. Tomado de Cengel & Boles, 2011, p. 619.

En el gráfico de la **figura 1.1** se puede visualizar el ciclo de refrigeración simple, a continuación, se procederá a explicar cada proceso:

(proceso 1–2): El compresor absorbe el gas refrigerante en estado gaseoso del sistema de baja presión. mediante el trabajo mecánico, lo comprime elevando su temperatura del gas refrigerante, que será descargado al sistema de alta presión.

(proceso 2-3): El gas refrigerante ingresa a la unidad condensadora a alta presión y temperatura. La temperatura del gas refrigerante siendo mayor a la temperatura del medio que lo rodea es descargado al medio exterior a través del intercambio de calor que se lleva a cabo en las aletas del serpentín del condensador, se consigue bajar la temperatura del gas refrigerante.

(proceso 3-4): El gas refrigerante a baja temperatura y alta presión ingresa a la válvula de expansión. El gas refrigerante al ingresar a la válvula de expansión tiene una caída de presión, y una disminución en su temperatura de evaporación.

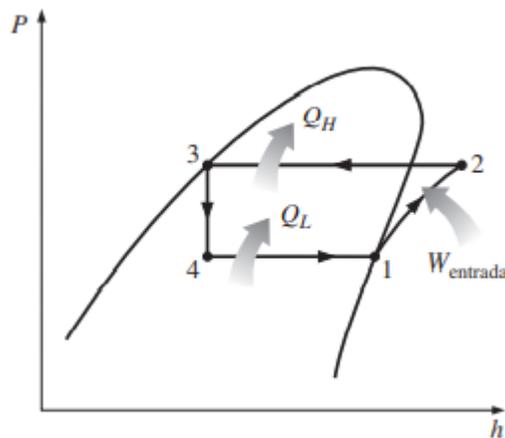
(proceso 4-1): Al ingresar el gas refrigerante, a baja presión y temperatura, a la unidad evaporadora el gas refrigerante se evapora a baja temperatura mediante el intercambio de calor que se lleva a cabo entre las aletas del serpentín del condensador y el aire del ambiente a enfriar, en este proceso se consigue la temperatura deseada en el ambiente.

2.2.3.1 Coeficiente de rendimiento (COP):

Para analizar el rendimiento de un equipo de refrigeración con flujo estacionario (ideal) analizaremos la **figura 1.2** (diagrama P-h de un ciclo ideal de refrigeración por compresión).

Figura 2.2

Diagrama presión-entalpía (P-h) de un ciclo ideal por compresión



Nota: En la figura se puede observar el ciclo ideal de compresión presión-entalpía donde se muestra el trabajo realizado por el compresor, ganancia de calor en el evaporador y disipación de calor en la unidad condensadora. Tomado de Cengel & Boles, 2011, p. 620

Donde:

Compresión (1-2):

$$W_{entrada} = - (h_2 - h_1) \quad \text{Ec. 1.1}$$

Se considera negativo, por el trabajo realizado por el compresor.

Condensación (2 – 3):

$$Q_H = (h_2 - h_3) \quad \text{Ec. 1.2}$$

Expansión (3 – 4):

$$Q_{exp} = (h_4 - h_3) = 0 \quad \text{Ec. 1.3}$$

No hay ninguna ganancia o pérdida de calor por ser ideal.

Evaporación:

$$Q_L = (h_1 - h_4) \quad \text{Ec. 1.4}$$

En este proceso el gas refrigerante gana calor del medio a enfriar, este proceso es llamado el efecto refrigerante.

Entonces el coeficiente de rendimiento de un ciclo de refrigeración por compresión (COP) vendría a ser:

$$COP_R = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Estos valores nos permiten calcular, de manera casi exacta a la realidad, la potencia del compresor que se requiere para trasladar el calor interno del ambiente hacia el medio exterior.

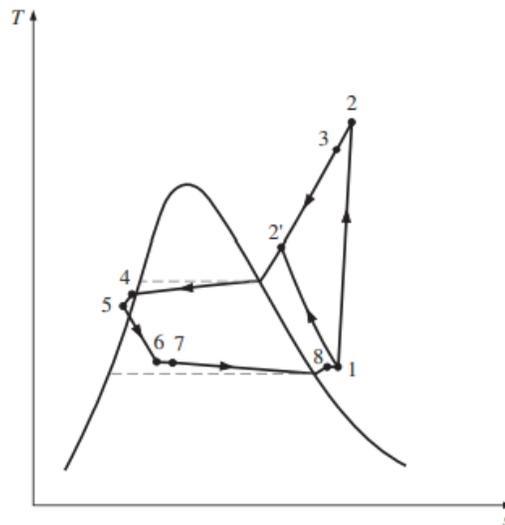
Los valores de la entalpía dependen del refrigerante con que cuenta el sistema de refrigeración, estos valores se consiguen en las tablas de propiedades termodinámicas para cada refrigerante en específico (R410A, R22, R404A etc.).

2.2.4 Ciclo real de refrigeración por compresión:

En el ciclo real de la refrigeración se toma en cuenta las pérdidas de calor, energía y caída de presión que se genera en el proceso del ciclo de refrigeración por compresión. En la **figura 2.1** (T - S) se muestra el ciclo real de refrigeración por compresión donde analizaremos el sobrecalentamiento en la succión, subenfriamiento del líquido y la caída de presión que se genera en el ciclo de refrigeración. (Cengel & Ghajar, 2011, p. 622)

Figura 2.3

Ciclo de refrigeración real temperatura-entropía (T-S)



Nota: Se puede observar el ciclo real de refrigeración donde cada número representa inicio o fin de ciclo. Extraído de Cengel & Boles, 2011, p. 622.

Sobre calentamiento en la succión:

Es necesario sobre calentar el refrigerante para evitar que llegue gas refrigerante en estado líquido al compresor; dado que el líquido no se comprime y podría dañar el correcto funcionamiento del compresor.

El gas refrigerante es sobrecalentado a la salida del serpentín de la unidad evaporadora, garantizando que el refrigerante se encuentre en estado gaseoso.

La temperatura del refrigerante en la descarga del compresor es mayor a la temperatura del sobrecalentamiento del refrigerante a la salida del serpentín del evaporador, con esto se garantiza que la temperatura en el serpentín del evaporador sea mayor que la temperatura del medio exterior y se pueda transferir el calor al medio exterior para completar ciclo de refrigeración. (Dosatt, 2001, p.152

Subenfriamiento del líquido:

El refrigerante al salir del serpentín del evaporador se encuentra en estado líquido y gas, en un porcentaje menor, por ello es necesario sub enfriar el refrigerante antes que ingrese a la válvula de expansión. Para conseguir que el refrigerante este en estado líquido, se conecta la tubería de alta presión en paralelo y pegado a la tubería de baja presión, donde se consigue el subenfriamiento y el sobrecalentamiento del refrigerante respectivamente, Esta conexión se lleva a cabo a la salida del serpentín del evaporador. (Dosatt, 2001, p.155)

Efectos de caída de presión en el ciclo:

Las caídas de presión en el ciclo de refrigeración son generadas por rozamientos en las paredes de las tuberías como también en los accesorios del sistema de refrigeración. Estas caídas de presión incrementan la capacidad del compresor lo que conlleva a un mayor consumo de energía.

La caída de presión en la línea de líquido no repercute en la eficiencia del ciclo, pero puede eventualmente ocasionar una vaporización dañina para la válvula de control de flujo por lo que generalmente se procura que esta caída de presión no exceda de los 5 psi y la temperatura de descarga también aumente. Las caídas admisibles de presión en los sistemas de refrigeración dependen del refrigerante y de las temperaturas a las que opera en ciclo. (Dosatt, 2001, p.161)

2.2.5 Partes de una cámara de conservación:

2.2.5.1 Compresor:

Es el encargado de hacer circular el refrigerante por todo el sistema. Su principal función es comprimir el refrigerante en estado gaseoso proveniente del sistema de baja presión.

Los compresores más utilizados en aire acondicionado y cámaras de conservación son los de tipo Scroll, y el tipo tornillo. El compresor tipo tornillo es utilizado para enfriar grandes espacios como centros comerciales, hostales, industria etc. (Cengel & Ghajar, 2011, p. 332)

2.2.5.2 Condensador:

Su función principal del condensador es, disipar el calor extraído del ambiente interno hacia el medio que rodea al condensador. El condensador cuenta con unos ventiladores que se encargan de hacer fluir aire, a temperatura del ambiente, por los serpentines del condensador, que estos a su vez, cuentan con aletas disipadores de calor, entregando el calor al aire que fluye por dichas aletas y con ello disminuye la temperatura del refrigerante que se encuentra estado líquido.(Cengel & Ghajar, 2011, p. 618)

2.2.5.3 Filtro secador:

Se instala a 1.5 m De la unidad condensadora o según lo vea conveniente el instalador. El filtro secador está instalado en la tubería de alta presión y su función es separar las impurezas que se encuentra en el refrigerante, y proteger a la válvula de expansión de una posible obstrucción o generar fallas en el compresor.

2.2.5.4 Válvula de expansión:

Está ubicado al ingreso de la unidad evaporadora y su función es permitir el paso del refrigerante a una presión muy baja en comparación a la presión antes del ingreso a la válvula de expansión. Al disminuir la presión del refrigerante también cambia la temperatura de ebullición haciendo que a bajas temperatura se evapore el refrigerante.

2.2.5.5 Unidad evaporadora:

Su función principal es absorber el calor del ambiente interno a enfriar. El refrigerante que se encuentra a baja presión se evapora, con una

temperatura menor que el ambiente a enfriar, absorbiendo el calor del aire que circula por las aletas del serpentín de la unidad condensadora, que luego a la salida del serpentín del evaporador se sobre calienta al gas refrigerante para obtener refrigerante en estado gaseoso en su totalidad. (Dosatt, 2001, p. 254)

2.2.6 Aplicaciones de la refrigeración:

La principal función de un sistema de refrigeración es mantener frío los productos o artículos. Para mantener la temperatura fría, dentro del ambiente de conservación, el sistema de refrigeración se encarga de trasladar el calor del ambiente interno hacia el ambiente externo.

La refrigeración tiene múltiples aplicaciones como es la refrigeración doméstica, comercial, industrial etc. (Catucuago Zurita & Tipán Suntaxi, 2015, p. 30)

2.2.6.1 Refrigeración doméstica:

Está constituido por refrigeradores y congeladores de volumen que oscilan entre 184 y 360 litros, su consumo de energía eléctrica es bajo, ahora con el avance de la tecnología vienen con un sistema inverter haciendo que el sistema de refrigeración sea más eficiente. (Catucuago Zurita & Tipán Suntaxi, 2015, p. 31)

2.2.6.2 Refrigeración comercial:

Los sistemas de refrigeración comercial son de mayor tamaño tienen un mayor consumo de energía. Los productos que se conservan son para ventas por mayor o por unidad, mayormente se encuentran en mercados,

tiendas comerciales restaurantes etc. (Catucuago Zurita & Tipán Suintaxi, 2015, p. 31)

2.2.6.3 Refrigeración industrial:

Los sistemas de refrigeración industrial son los de mayor consumo de energía eléctrica, por ende, tienen una mayor capacidad de almacenamiento, aquí se encuentran las cámaras de conservación, cámaras de congelamiento, plantas de hielo etc.

En la refrigeración industrial se requiere un constante monitoreo de la temperatura del ambiente interno, mantenimiento periódico para garantizar confiabilidad y el correcto funcionamiento del sistema de refrigeración. Su instalación cuenta con un sistema de respaldo (back up), este sistema de respaldo entra en funcionamiento cuando el sistema de refrigeración presenta averías, fallas o algún siniestro, se encarga de mantener la temperatura constante dentro del ambiente de conservación para así conservar los productos y no se echen a perder por aumento de temperatura dentro del ambiente de conservación. (Catucuago Zurita & Tipán Suintaxi, 2015, p. 31)

2.2.7 Sistemas de refrigeración:

La refrigeración se puede conseguir por compresión y por absorción, siendo la refrigeración por compresión la más usada en la industria, el comercio y doméstico.

2.2.7.1 Refrigeración por compresión:

En el sistema de refrigeración por compresión está constituido por un compresor que se encarga de hacer circular el refrigerante por todo el sistema. El compresor divide el sistema de refrigeración en dos subsistemas, sistema de alta presión y sistema de baja presión. (Cengel & Boles, 2011, p. 644)

2.2.7.2 Refrigeración por absorción:

La refrigeración por absorción implica la absorción de un refrigerante por un medio de transporte. El sistema de refrigeración por absorción más utilizado es el sistema de amoníaco-agua, donde el amoníaco (NH₃) sirve como el refrigerante y el agua (H₂O) es el medio de transporte. (Cengel & Boles, 2011, p. 644)

El sistema por absorción tiene un coeficiente energético mayor que el sistema por compresión. La aplicación del sistema de refrigeración por absorción es limitada por el espacio que ocupa y el difícil traslado, tiene una instalación compleja siendo no muy práctico en el uso de la industria.

2.2.8 Refrigerante 404 A:

El refrigerante 404 A, es un tipo de refrigerante ecológico que no daña la capa de ozono, los rangos de temperatura de trabajo son en baja y media, es una mezcla ternaria compuesta por R-125, R-134a y R-134A sus características termodinámicas los constituyen como el sustituto ideal del refrigerante R-502. Su aplicación en el comercio y la industria como maquinas mostradores, fabricación de hielo, cámaras de conservación.

Propiedades físicas del refrigerante 404A:

Tabla 2.1

Propiedades físicas del refrigerante.

PROPIEDADES FÍSICAS	UNIDADES	R-404A
Peso molecular	(g/mol)	97.61
Temperatura ebullición a (1,013 bar)	(°C)	-46.45
Deslizamiento temperatura de ebullición (a 1,013 bar)	(K)	0.7
Temperatura crítica	(°C)	72.07
Presión crítica	(bar abs)	37.31
Densidad crítica	(Kg/m ³)	484
Densidad del líquido (25°C)	(Kg/m ³)	1048
Densidad del líquido (-25°C)	(Kg/m ³)	1236
Densidad del vapor saturado (a 1,013 bar)	(Kg/m ³)	5.41
Presión del vapor (25°C)	(bar abs)	12.42
Presión del vapor (-25°C)	(bar abs)	2.49
Calor latente de vaporización (a 1,013 bar)	(KJ/Kg)	200
Calor específico del líquido (25°C) (1,013 bar)	(KJ/Kg.K)	1.64
Calor específico del vapor (25°C) (1,013 bar)	(KJ/Kg.K)	0.88
Conductibilidad térmica del líquido (25°C)	(W/mk)	0.064
Conductibilidad térmica del vapor (1,013 bar)	(W/mk)	0.0143
Solubilidad con el agua (25°C)	(ppm)	Despreciable
Límite de inflamabilidad (25°C)	(% vol)	Ninguno
Toxicidad (AEL)	(ppm)	1000
ODP	-	0
PCA (GWP)	-	3922 *

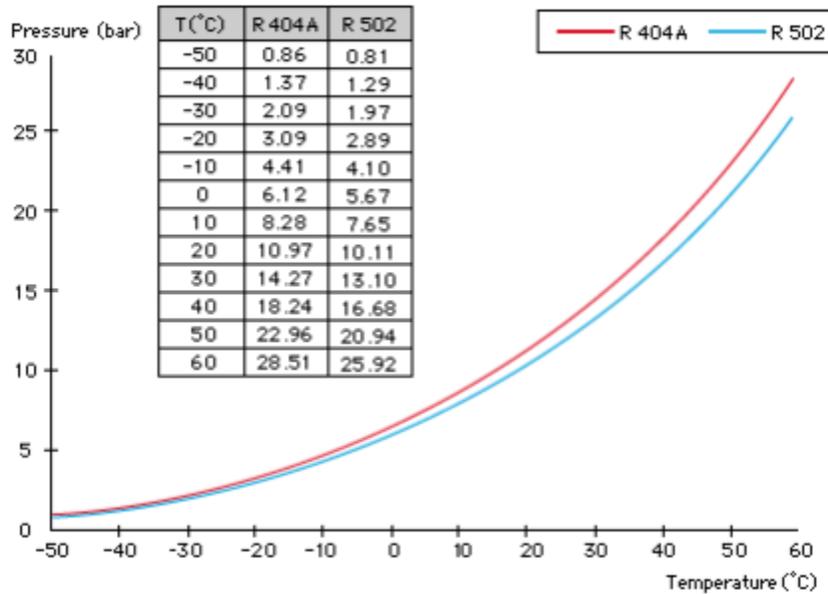
Nota: Extraído de <https://gas-servei.com/shop/docs/ficha-tecnica-r-404a-gas-servei.pdf>

2.2.8.1 Comparación de rendimientos del refrigerante R-404A con el refrigerante R-502:

Las propiedades termodinámicas del refrigerante R-404A y el R-502 son muy similares, esto queda evidenciado en la siguiente figura:

Figura 2.4

Comparación de presión-temperatura (P-T) del refrigerante R-404A y R-502.



Nota: Se observa que la presión del refrigerante R404A es mayor que el refrigerante R502 a una misma temperatura, esto conlleva a un mayor costo de instalación para el uso del refrigerante R404A. extraído de <https://gas-servei.com/shop/docs/ficha-tecnica-r-404a-gas-servei.pdf>

2.2.8.2 Tabla de presión-temperatura (P-T) del refrigerante R-404A:

En la siguiente tabla se muestra la presión y temperatura del refrigerante R-404A. La densidad, entalpía y la entropía depende de la temperatura y presión.(Gas servei, 2021, p. 4)

Tabla 2.2

Tabla de presión temperatura R-404A.

TEMP. (°C)	PRESIÓN ABSOLUTA (bar)		DENSIDAD (Kg/m ³)		ENTALPÍA (kJ/Kg)		ENTROPÍA (kJ/Kg.K)	
	BURBUJA	ROCÍO	BURBUJA	ROCÍO	BURBUJA	ROCÍO	BURBUJA	ROCÍO
-50	0.85	0.82	1319.99	4.49	135.68	337.63	0.8120	1.7191
-45	1.09	1.05	1304.99	5.64	141.64	340.80	0.8384	1.7131
-40	1.36	1.32	1289.70	7.01	147.68	343.95	0.8644	1.7079
-35	1.70	1.65	1274.09	8.62	153.79	347.07	0.8902	1.7034
-30	2.09	2.04	1258.12	10.52	159.97	350.15	0.9158	1.6993
-25	2.55	2.49	1241.76	12.73	166.24	353.18	0.9412	1.6958
-20	3.08	3.01	1224.97	15.30	172.60	356.16	0.9664	1.6926
-15	3.70	3.62	1207.70	18.25	179.04	359.07	0.9914	1.6898
-10	4.40	4.32	1189.90	21.66	185.57	361.90	1.0162	1.6873
-5	5.20	5.11	1171.52	25.55	192.20	364.65	1.0409	1.6849
0	6.11	6.01	1152.51	30.00	198.92	367.31	1.0655	1.6827
5	7.13	7.03	1132.78	35.07	205.76	369.86	1.0899	1.6806
10	8.28	8.16	1112.27	40.38	212.70	372.28	1.1143	1.6765
15	9.55	9.43	1090.89	47.38	219.77	374.57	1.1387	1.6743
20	10.97	10.84	1068.53	54.82	226.97	376.71	1.1630	1.6720
25	12.54	12.40	1045.08	63.28	234.32	378.68	1.1873	1.6695
30	14.25	14.12	1020.38	72.89	241.82	380.47	1.2117	1.6667
35	16.16	16.01	994.26	83.86	249.50	382.03	1.2362	1.6636
40	18.23	18.08	966.50	96.39	257.39	383.35	1.2609	1.6611
45	20.49	20.34	936.81	110.80	265.51	384.38	1.2859	1.6595
50	22.95	22.80	904.81	127.46	273.91	385.08	1.3113	1.6556

Nota: Tomado de <https://gas-servei.com/shop/docs/ficha-tecnica-r-404a-gas-servei.pdf>

2.2.9 Controladores de temperatura:

2.2.9.1 Controlador de temperatura ON/OFF (encendido/apagado):

La temperatura es controlada mediante encendido/apagado, se establece una temperatura mínima (off) y una temperatura máxima (on). Este tipo de sistema de control de temperatura es limitado, por el hecho de no contar con un sistema de retardo ya que los dispositivos que activan los motores,

compresores, válvulas etc. Llega prender y apagar continuamente generando un deterioro prematuro tanto del equipo como también para el dispositivo encargado de energizar los equipos. (full gauge controller, 2020, p. 1)

2.2.9.2 Controlador de temperatura proporcional:

Este sistema nos ofrece un tipo de respuesta que nos otorga una mayor estabilidad, aplicándose principalmente a procesos donde se requiere alcanzar una determinada temperatura sin sobrepasarla. Para ello el controlador regula la temperatura de los calentadores al mantenerlos encendidos solo por periodos que tienden a disminuir en la misma proporción en que nos acercamos a la temperatura deseada. Por esta razón, decimos que estos controladores operan dentro de una banda proporcional en torno a la temperatura deseada. (full gauge controller, 2020, p. 1)

2.2.9.3 Controlador de temperatura PID:

Se trata de un controlador proporcional (P) combinado con dos ajustes adicionales que permiten compensar automáticamente las variaciones de temperatura: integral (I) y derivativo (D). en este tipo de control, el énfasis este puesto en la capacidad que posee el controlador para combinar la rapidez con que se corrigen los errores con la estabilidad del sistema para que, en el intento de corregir rápidamente los errores, no se sobrepasen las temperaturas deseadas, proporcionándonos un control de temperatura más preciso y estable a la vez. (full gauge controller, 2020, p. 2)

2.2.10 Vacuna:

Definición:

Es una preparación destinada a generar inmunidad contra una enfermedad estimulando la producción de anticuerpos. Puede tratarse, por ejemplo, de una suspensión de microorganismos muertos o atenuados, o de productos o derivados de microorganismos. El método más habitual para administrar las vacunas es la inyección, aunque algunas se administran con un vaporizador nasal u oral.(Organización Mundial de la Salud [OMS], 2014, p. 1)

2.2.11 Conservación de vacunas:

Dependiendo del tipo de vacuna hay dos rangos de temperatura para el almacenamiento de las mismas: vacunas que son sensibles al congelamiento deben almacenarse a temperatura entre 2°C a 8°C. Las vacunas producidas con cepas víricas y/o liofilizadas pueden almacenarse a temperaturas entre -15°C a -25°C. (OPS/OMS, 2021, p. 1).

2.2.12 Exposición a la luz:

La exposición a la luz solar, la radiación ultravioleta y luz fluorescente pueden provocar la inactivación de las vacunas vivas atenuadas. Por ello todas estas vacunas deberán estar protegidas de la luz.(Estrategia Sanitaria Regional de Inmunizaciones [ESR], 2021).

2.2.13 Temperatura:

El factor que afecta más a las vacunas es la temperatura. La temperatura cambia la composición química y biológica de una vacuna por ende es

importante controlar la temperatura dentro del rango permitido para conservar el estado físico y biológico de las vacunas, en la mayoría de vacunas el rango de temperatura es de 2°C a 8°C.

2.2.14 Medidas utilizadas para proteger las vacunas:

2.2.14.1 Tiempo de avería corto:

Se mantendrá las puertas cerradas de la cámara frigorífica, controlando la estabilidad de la temperatura. En caso de un corte eléctrico el sistema cuenta con un sistema de respaldo (grupo electrógeno) que proveerá energía eléctrica al sistema de refrigeración, durante el periodo que dura el corte de energía eléctrica por parte de la distribuidora de energía eléctrica.(Catucuago Zurita & Tipán Suntaxi, 2015, p. 7)

2.2.14.2 Inoperatividad de los dos sistemas:

En caso ocurriera que los dos sistemas de refrigeración dejen de operar, se cuenta con una cámara que solo se ocupa el 50% de su volumen total, a este lugar se trasladaría las vacunas hasta poder solucionar las fallas que presentan los sistemas de refrigeración.

2.2.15 Cámaras frigoríficas para almacenamiento de vacunas:

Los hospitales, clínicas, postas médicas y laboratorios que almacenan vacunas deben contar con cámaras frigoríficas correctamente instalados y diseñados, para cuando se requiera la vacuna este en óptimas condiciones y se pueda suministrar al paciente sin causar ningún daño o una reacción adversa.

El volumen de las cámaras frigoríficas se debe calcular de acuerdo a la rotación de stock de las vacunas y deben tener en cuenta picos altos y bajos de consumo. Las cámaras frigoríficas deben ser de manera preferente diseñadas y construidas para conservar vacunas, evitando el uso de frigoríficos comerciales o de uso doméstico. (Catucuago Zurita & Tipán Suntaxi, 2015, p. 29)

Las cámaras frigoríficas y refrigeradoras destinado para el almacenamiento de vacunas, tiene como principal característica mantener una temperatura constante en todas las aristas de la cámara, y en los diferentes niveles que están ubicados dentro de la cámara. Deben de contar con registro de temperatura constante para poder monitorear constantemente el estado de las vacunas.

2.3 Definición de términos básicos:

Coeficiente de rendimiento (COP):

Es un coeficiente que representa el Desempeño de refrigeradores y bombas de calor, en términos generales vendría a ser la eficiencia de refrigeradores congeladores equipos de aire acondicionado etc. (Cengel & Boles, 2011, p. 616)

Temperatura de evaporación:

Es la temperatura a la cual se evapora el gas refrigerante en las tuberías del serpentín del evaporador. La temperatura de evaporación es menor a la temperatura del ambiente a enfriar (cámara de conservación). (Cengel & Boles, 2011, p. 631)

Temperatura interna:

Es la temperatura requerida dentro de cámara de conservación, el rango de temperatura para conservación en cámaras frigoríficas es de 2 °C a 8 °C. (Catucuago Zurita & Tipán Suntaxi, 2015, p. 54)

Resistencia:

Dispositivo eléctrico encargado de convertir la energía eléctrica en calor, la resistencia derretir el hielo formado en el condensador y su conexión eléctrica es en estrella con neutro para evitar algún desbalance en la conexión. (Catucuago Zurita & Tipán Suntaxi, 2015, p. 59)

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

3.1 Determinación y análisis del problema:

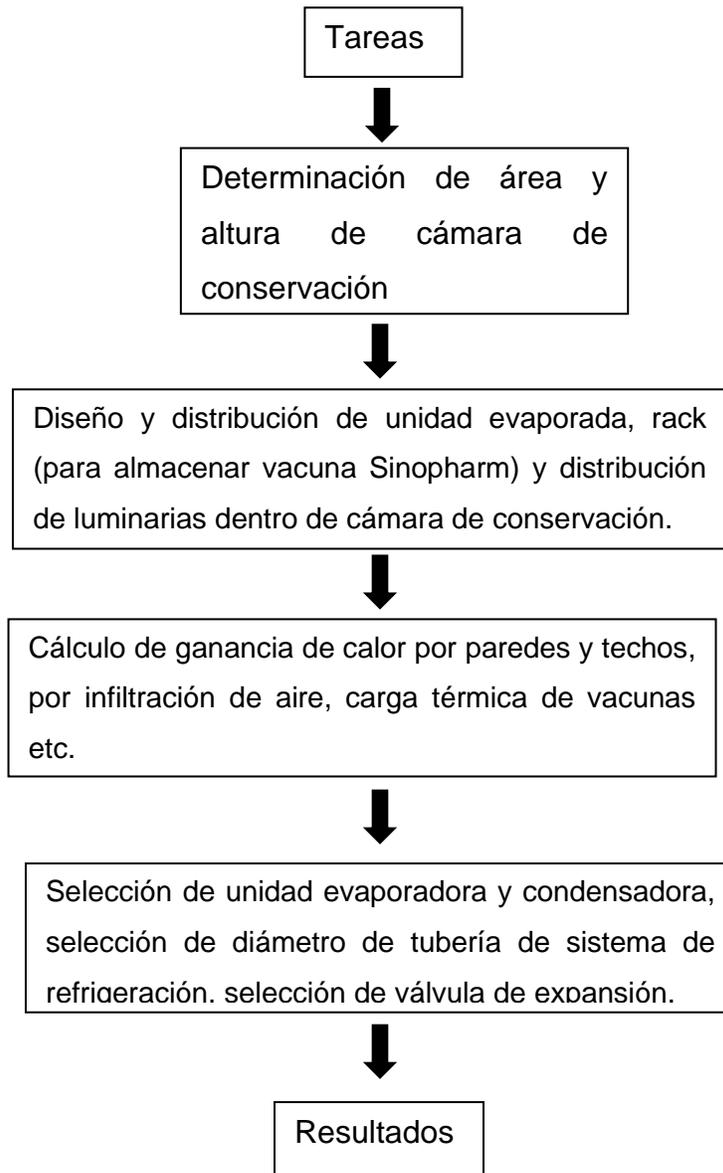
La crisis sanitaria que se vive hoy en día a nivel mundial causado por el covid19, el Perú se visto en la necesidad de importar las vacunas para inmunizar a más de 30 000 000 de habitantes. Las vacunas que se importará para inmunizar a la población será la vacuna Sinopharm, esta vacuna se puede conservar en un rango de temperatura de 2 °C a 8 °C, siendo una temperatura fácil de conseguir en una cámara de conservación.

Para poder inmunizar a toda la población es necesario importar grandes cantidades de vacunas y es necesario contar con cámaras de conservación que cumplan con la especificación de almacenamiento de la vacuna Sinofarm (temperatura de 2 °C a 8 °C). El Perú no cuenta con la cantidad suficiente de cámaras de conservación para poder almacenar los grandes lotes de vacuna Sinopharm, en vista de este déficit la empresa HOFARM lanzo a concurso la construcción de una cámara de conservación con volumen de 326 m³, y una antecámara de volumen 50 m³.

El volumen neto para almacenar las vacunas Sinopharm, considerando la distribución del rack (estante donde se ubicará las vacunas) que permita el flujo del aire frio que impulsa la unidad condensadora, será de 103.24 m³.

3.2 Modelo de solución propuesto:

3.2.1 Flujograma de solución de problema.



3.2.2 Dimensión y distribución de cámara de conservación:

La cámara de conservación será diseñada respetando el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) la sección de climatización y ventilación y la sección eléctrico-mecánico para el sistema de control y fuerza.

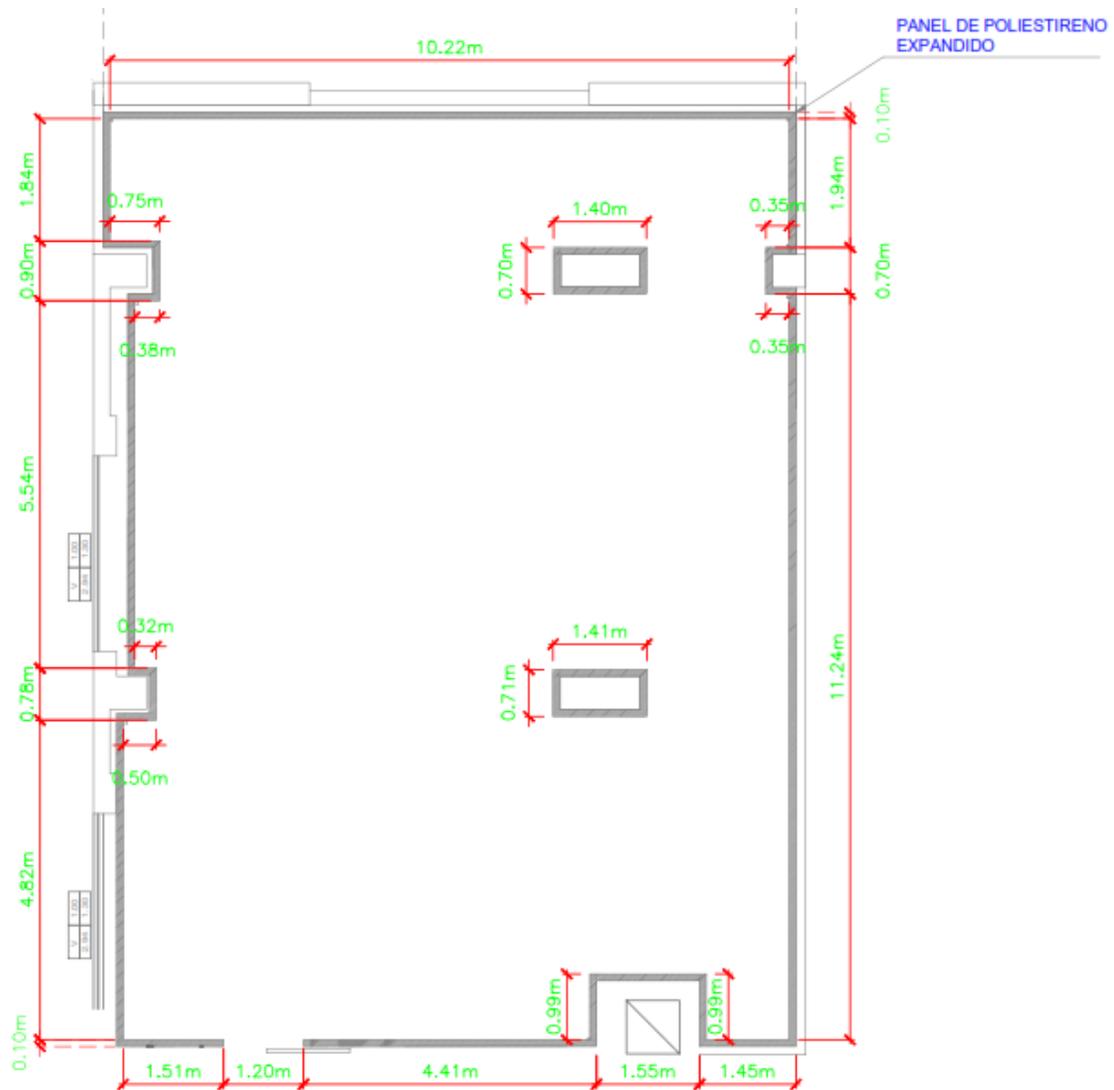
Para el cálculo diseño de carga térmica del sistema de refrigeración se considerará las recomendaciones de la ASHRAE sección sistemas de aire acondicionado y refrigeración; para el aislamiento medios termostáticos (ganancia de calor por paredes, techo piso etc) se considera las recomendaciones de la norma UNE-EN ISO 12241:2010

La cámara de conservación estará distribuida respetando la mínima distancia para que el personal se pueda desplazar dentro de la cámara y pueda realizar los trabajos de almacenamiento (ubicación de vacunas en racks), traslado de vacunas, verificación del estado de las vacunas etc.

La cámara contará con 14 bloques de rack que estos a su vez tendrán 4 niveles (ver anexo 10) donde se colocarán las cajas de la vacuna Sinopharm, en la figura 3.5 se muestra la distribución de los bloques de rack dentro de la cámara de conservación. La cámara de conservación tendrá las dimensiones que se muestra en la figura 3.1 y figura 3.2.

Figura 3.1

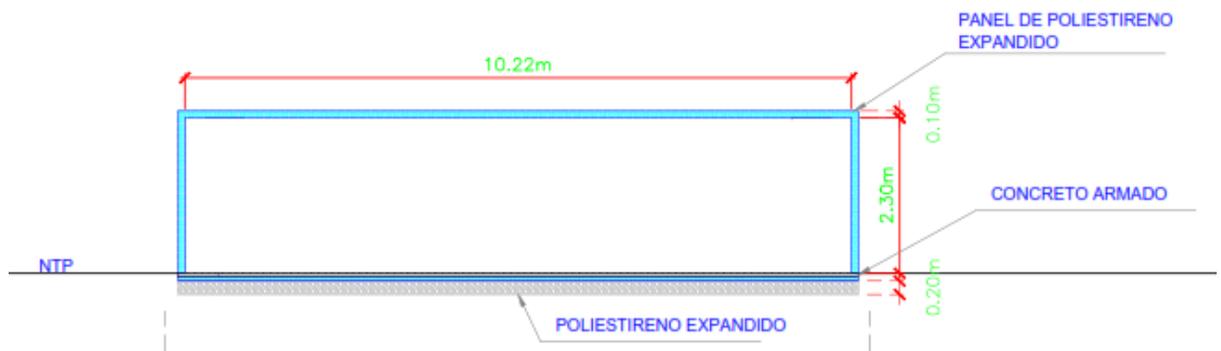
Medidas de cámara de conservación.



Nota: En la siguiente figura se observa las dimensiones de la cámara de conservación para vacunas Sinopharm. Elaboración propia.

Figura 3.2

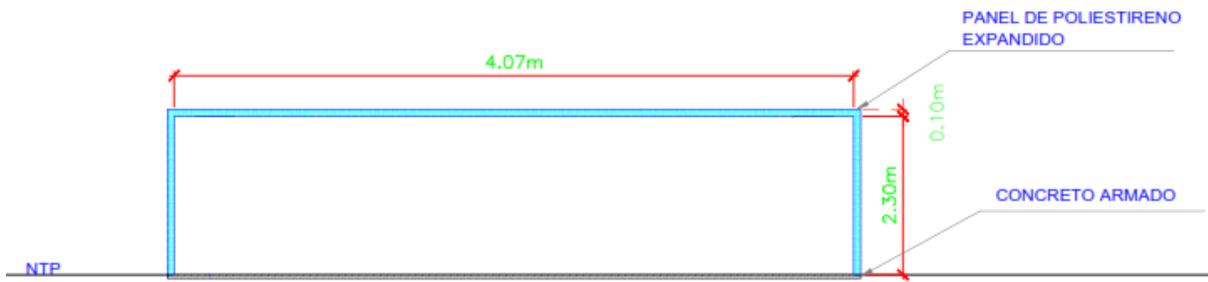
Altura de la cámara de conservación.



Nota: Elaboración propia.

Figura 3.3

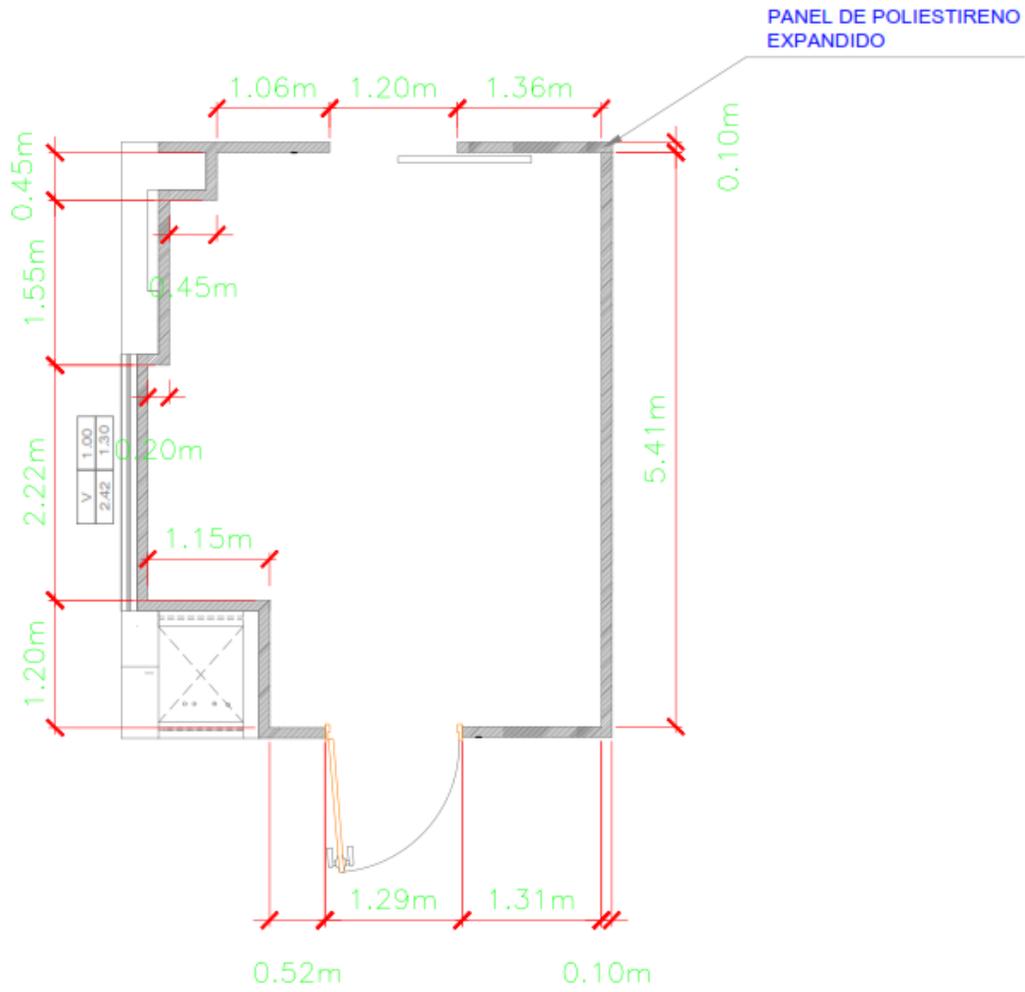
Altura antecámara.



Nota: Elaboración propia.

Figura 3.4

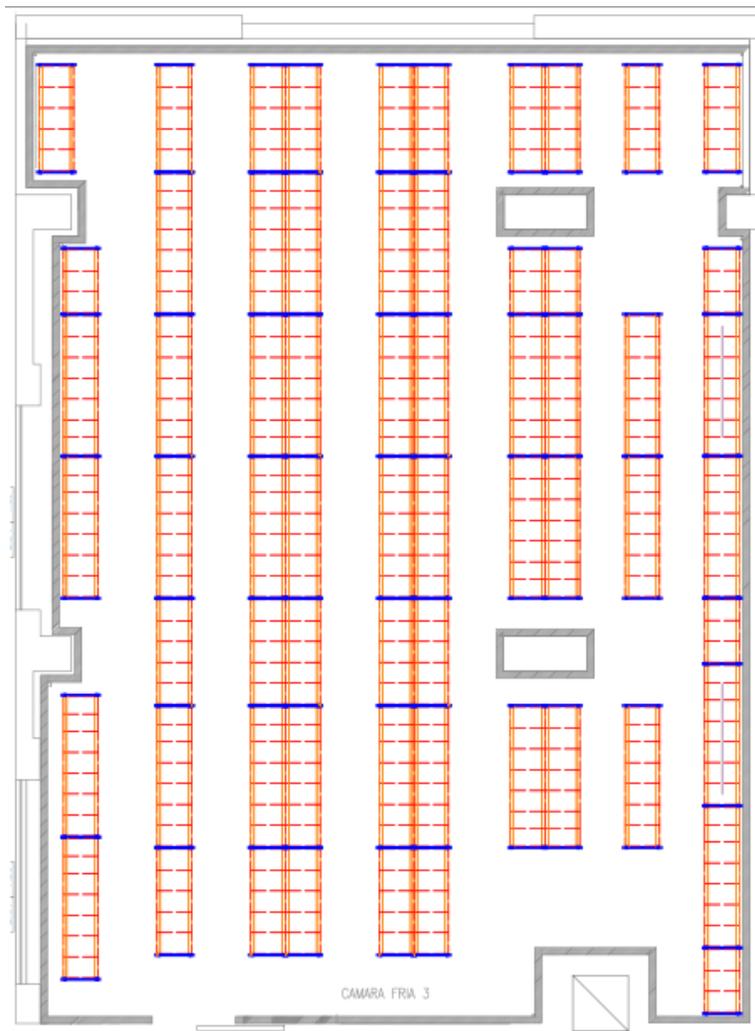
Medidas de antecámara.



Nota: Elaboración propia.

Figura 3.5

Distribución de rack en cámara de conservación



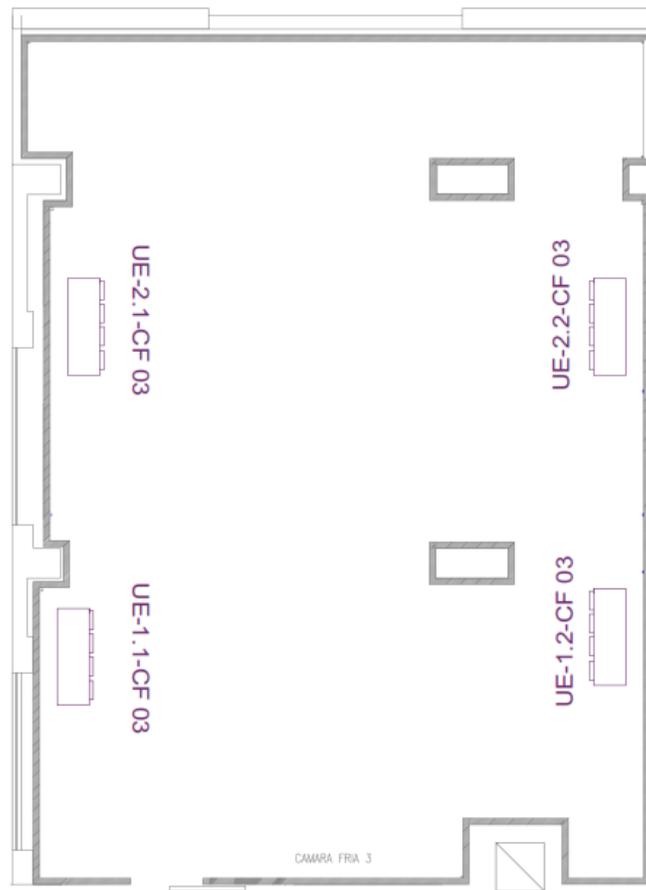
Nota: Elaboración propia.

3.2.3 Ubicación de unidad evaporadora dentro de cámara de conservación:

la unidad evaporadora se ubicará dentro de la cámara de conservación y estará ubicado de tal manera que el flujo de aire frío llegue a cubrir todo el ambiente de la cámara de conservación, manteniendo una temperatura homogénea dentro de la cámara, en la figura 3.6 se muestra la ubicación de la unidad evaporadora, la forma de instalación y dimensión de la unidad evaporadora se puede observar en el anexo 08 y anexo 09. La distancia de separación entre pared lateral–equipo, equipo–equipo, equipo-pared lateral, viene a ser la misma distancia, con esto se consigue una distribución de flujo de aire homogéneo.

Figura 3.6

Ubicación de unidad evaporadora cámara de conservación.



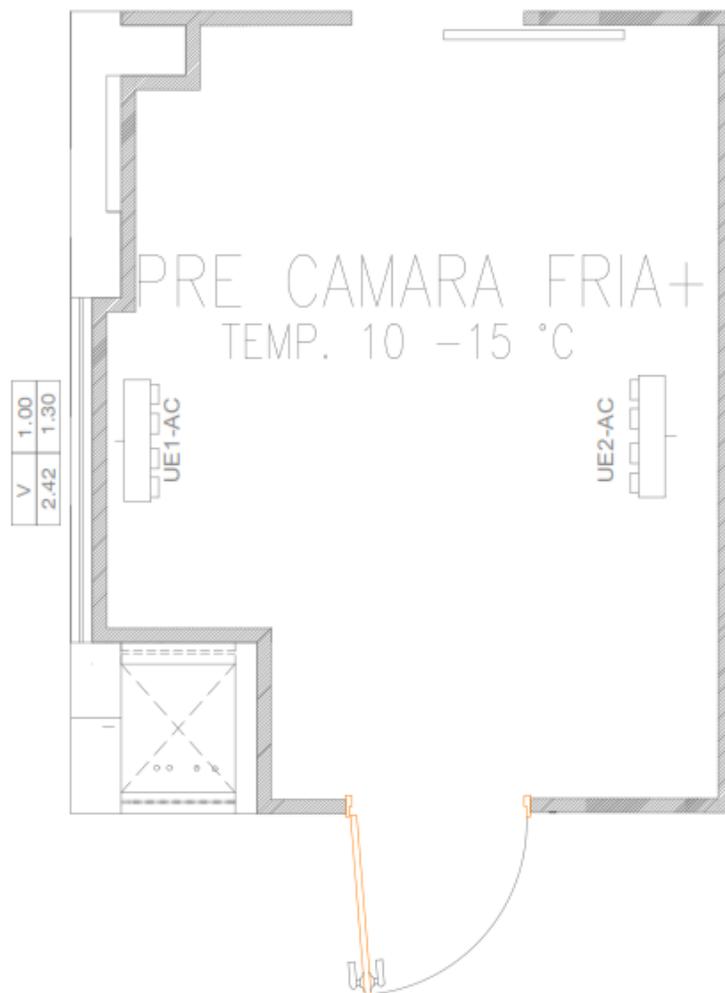
Nota: Elaboración propia.

3.2.4 Ubicación unidad evaporadora dentro de antecámara:

la ubicación de la unidad evaporadora dentro de la antecámara, estará distribuido acorde a las necesidades que se presenta dentro del ambiente que permita el traslado de personal como también el traslado de vacunas Sinopharm, como se muestra en la figura 3.7.

Figura 3.7

Ubicación unidad evaporadora antecámara.



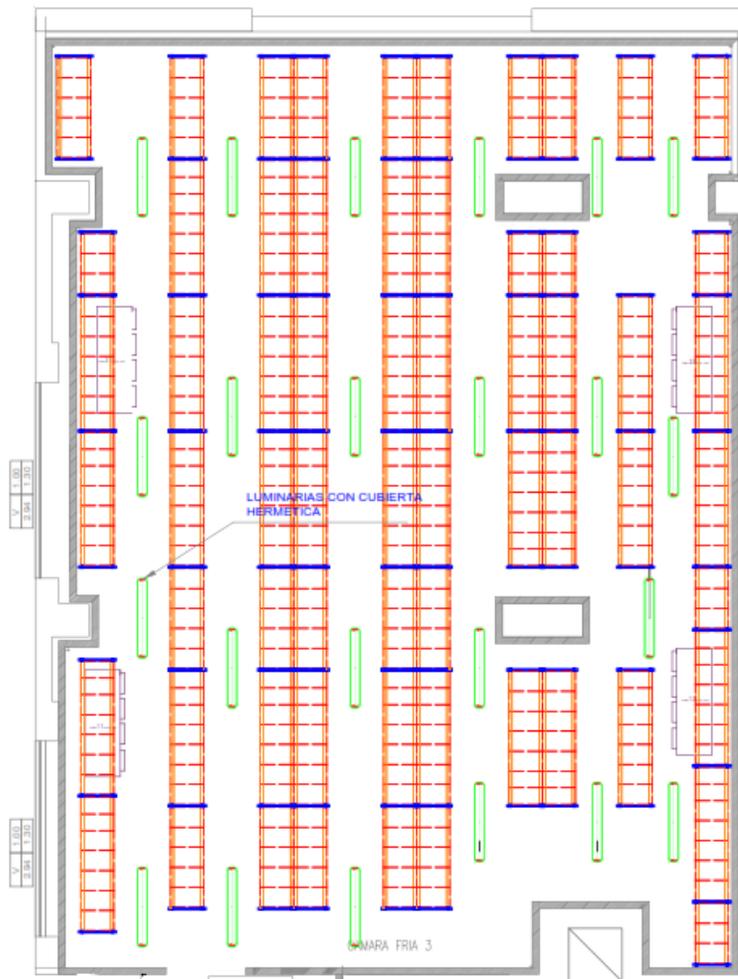
Nota: Elaboración propia.

3.2.5 Distribución de luminarias:

Las luminarias serán de tubos led con cubierta hermética, que evite el condensado dentro de la cubierta, que garantice una óptima iluminación dentro de la cámara de conservación y antecámara para que el personal encargado pueda realizar los trabajos dentro de la cámara sin sufrir ninguna pérdida de vacunas o accidente. En la figura 3.9 figura 3.10 se muestra ubicación de luminarias, ubicación de rack y condensadores.

Figura 3.8

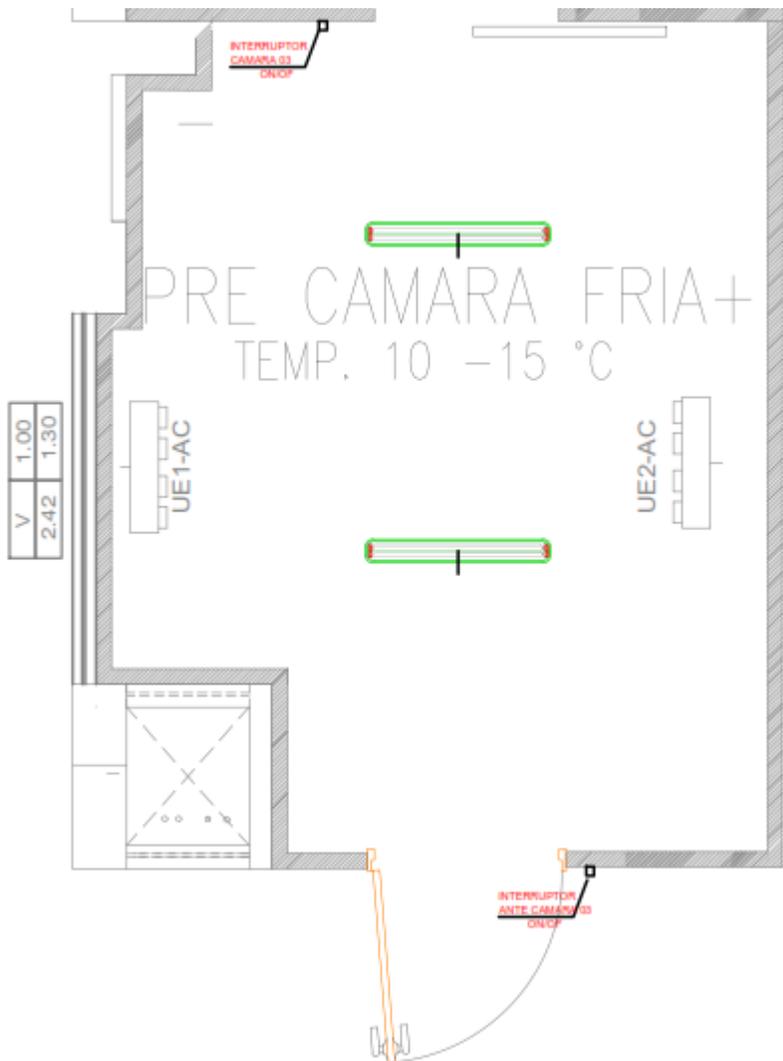
Ubicación de luminaria cámara de conservación.



Nota: Elaboración propia.

Figura 3.9

Ubicación de luminarias antecámara.



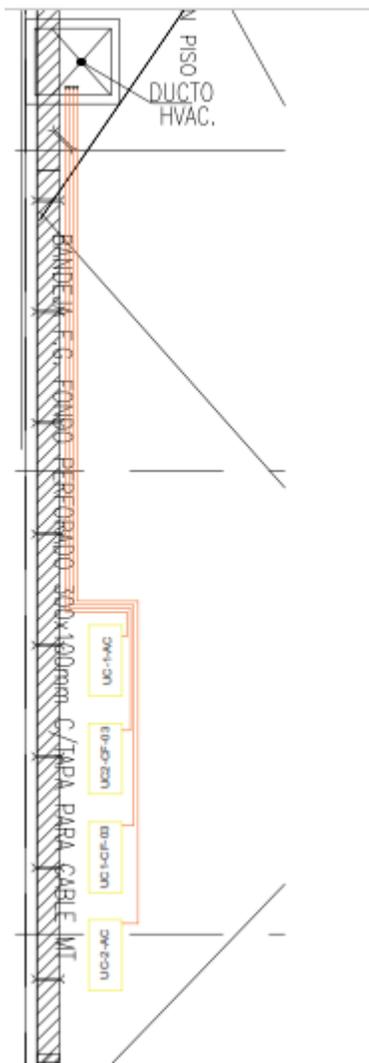
Nota: Elaboración propia.

3.2.6 Ubicación de unidad condensadora cámara y antecámara:

La unidad condensadora de cámara de conservación y antecámara se ubicarán en la azotea distribuidos como se muestra en la figura 3.11. La temperatura del ambiente externo es menor a la temperatura que disipa la unidad condensadora facilitando el traslado de calor de ambiente interno hacia el ambiente externo.

Figura 3.10

Ubicación de unidad condensadora.



Nota: Elaboración propia.

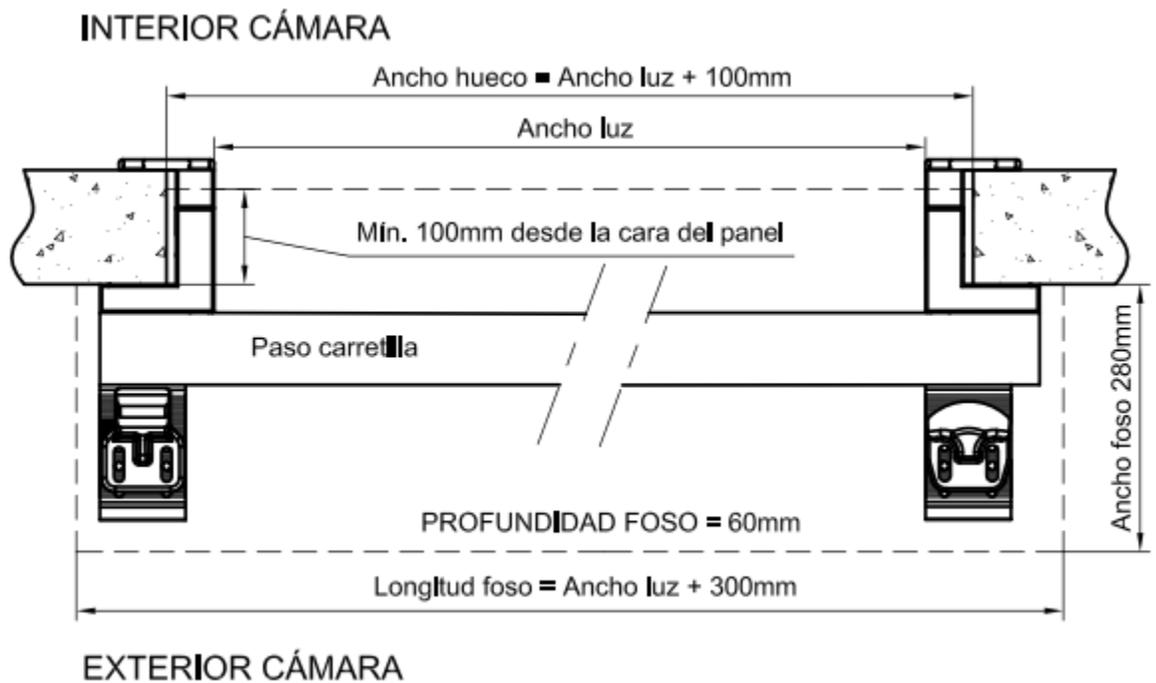
3.2.7 Elementos constitutivos de cámara de conservación:

3.2.7.1 Puerta corredera frigorífica cámara de conservación:

La puerta corredera frigorífica tendrá las dimensiones como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 3.11

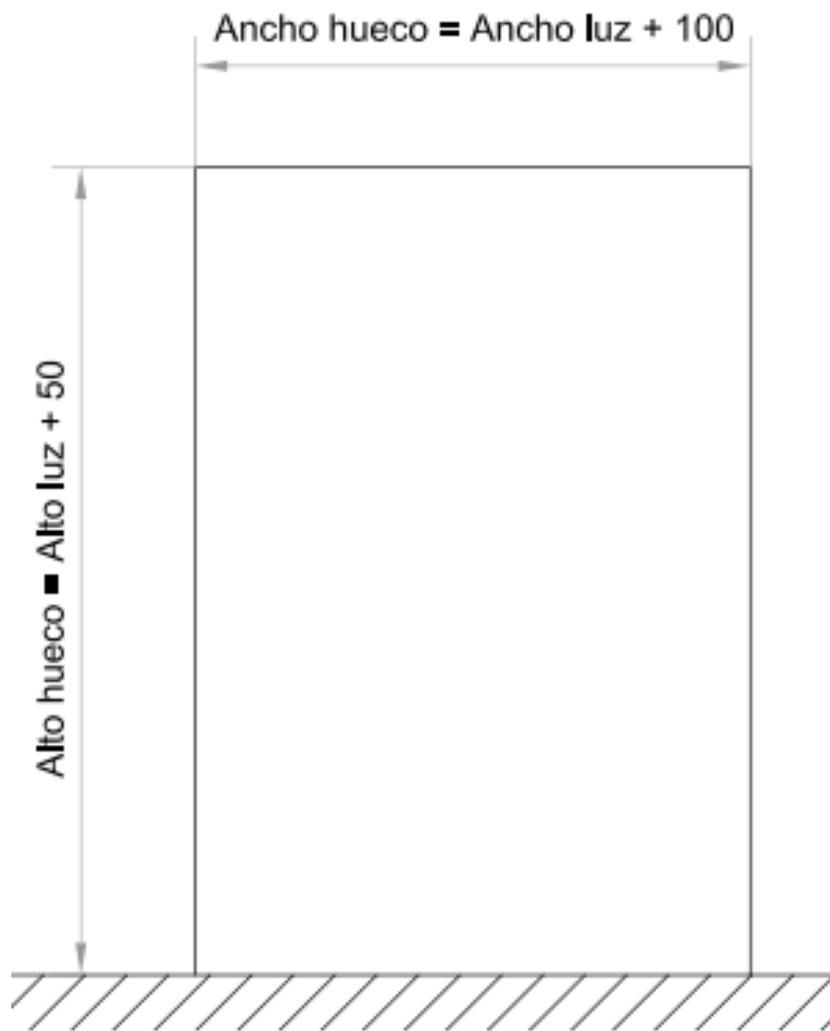
Dimensión foso planta.



Nota: Ficha técnica INFRACA, 2020, p. 73.

Figura 3.12

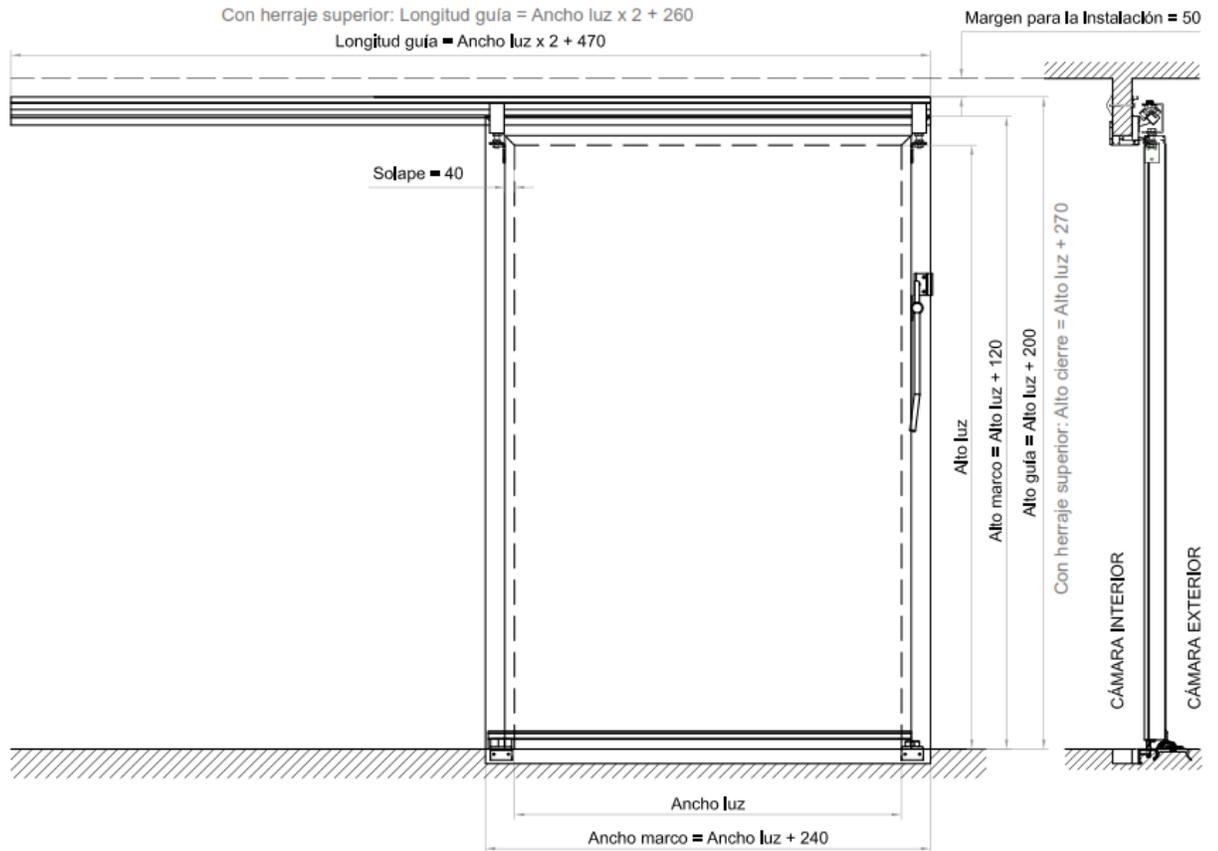
Medidas hueco panel.



Nota: Ficha técnica INFRACA, 2020, p. 73.

Figura 3.13

Dimensiones generales puerta corrediza.



Nota: Ficha técnica INFRACA, 2020, p. 73.

El ancho, alto luz y espesor de la hoja viene determinado por la siguiente medida de la puerta de cámara de conservación:

Alto luz = 2.15 m.

Ancho luz = 1.20 m.

Espesor de hoja = 80 mm.

La puerta corrediza cuenta con un sistema de cierre hermético con caída de 45°, en material de acero inoxidable y aluminio extrusionado de apertura

manual con el mínimo esfuerzo. El marco está construido en aluminio extrusionado en forma de L con doble rotura de puente térmico, tratado en anodizado de 20 micras, cuenta con contramarcos que se adaptan a cualquier espesor de panel.

La hoja de la puerta corrediza esta superpuesta sobre el marco, con bastidor interior según espesores y enmarcadas en aluminio anodizado. Cuenta con inyección PUR (Poliuretano Direcccionado e Inyectado) con densidad de 45 Kgs/m³. Estanqueidad asegurada con doble burlete de EPDM coextrusionado de alta flexibilidad. La conductividad térmica de la puerta corrediza para un espesor de 80 mm es de 0.027 (W/m.K).

3.2.7.2 Techo de cámara de conservación:

El techo de cámara de conservación será construido con paneles de poliestireno expandido cuyas dimensiones son:

Largo = 2.30 m.

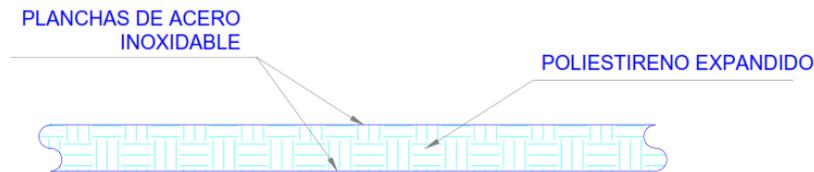
Ancho = 1.10 m.

Espesor = 100 mm.

El panel de poliestireno expandido cuenta con dos planchas de acero inoxidable en ambas caras y en la parte interna (entre las planchas de acero inoxidable) se encuentra el poliestireno expandido como se muestra en la siguiente figura 3.15.

Figura 3.14

Panel de poliestireno expandido.



Nota: Elaboración propia.

El área del techo de la cámara de conservación es:

$$\text{Área} = 115 \text{ m}^2$$

La conductividad térmica de panel de poliuretano expandido se muestra en la siguiente tabla 3.1.

Tabla 3.1

Especificación técnica de panel de poliestireno expandido.

Propiedades térmicas								
			Elementos horizontales (flujo ascendente)			Elementos horizontales (flujo ascendente)		
			Transmitancia térmica			Transmitancia térmica		
Espesor (mm)	Peso (kg/m ²)	Largo máximo (m)	Resistencia térmica (m ² *K/W)	W/m ² *K	Kcal/m ² *K	Resistencia térmica (m ² *K/W)	W/m ² *K	Kcal/m 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	0.314	2.774	0.360	0.310
120	10.5	14	3.265	0.306	0.264	3.295	0.303	0.261

Nota: TUPEMESA, 2021, p. 02

3.2.7.3 Paredes de cámara de conservación:

Las paredes de la cámara de conservación estarán compuestas por paneles de poliestireno expandido, tendrá las mismas dimensiones que los paneles del techo de la cámara de conservación:

Largo = 2.30 m.

Ancho = 1.10 m.

Espesor = 100 mm.

Área de pared cámara de conservación:

Área (laterales) = 32.71 m².

Área (frontal lado antecámara) = 5.543 m².

Área (frontal libre) = 19.734 m².

Área (fondo) = 23.966 m².

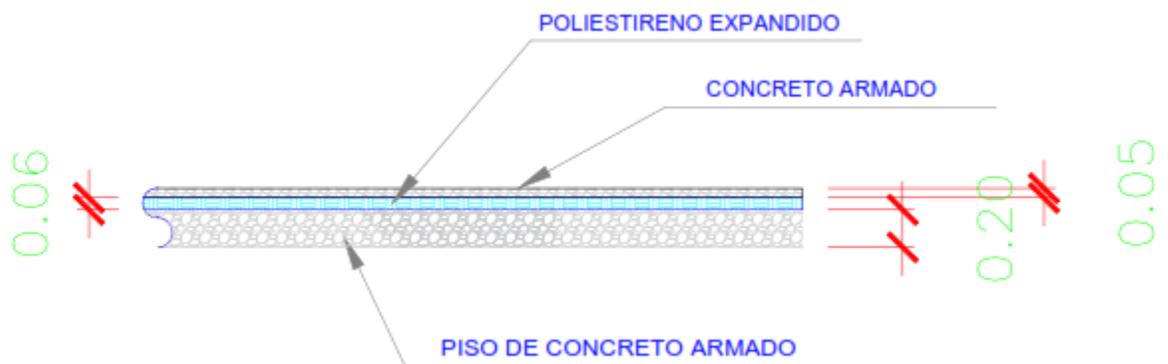
La conductividad térmica de panel de poliuretano expandido se muestra en la tabla 3.1.

3.2.7.4 Tratamiento piso cámara de conservación:

Para evitar pérdidas de calor a través del piso, se realizará tratamiento térmico al piso de la cámara de conservación. El tratamiento térmico del piso de cámara de conservación consta de poner planchas de poliestireno expandido con una capa de cemento como se muestra en figura 3.16.

Figura 3.15

Tratamiento térmico piso de cámara de conservación.



Nota: Elaboración propia.

Área del piso de cámara de conservación:

Área = 115 m².

La conductividad térmica de planchas de poliestireno expandido se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2

Especificación técnica de planchas de poliestireno expandido.

PROPIEDADES	NORMA UNE	UDS	TIPOS EPS						
			TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	TIPO V	TIPO VI	TIPO VII
DENSIDAD Nominal	EN-1602	Kg/m ³	10	12	15	20	25	30	35
DENSIDAD mínima		Kg/m ³	9	11	13.5	18	22.5	27	31.5
Espesor mínimo		mm	50	40	30	20	20	20	20
CONDUCTIVIDAD TERMICA I (10°C)	92201	mW/(mK)	46	43	39	36	35	34	33
Tensión por compresión con deformación del 10% (s10)	EN-826	KPa	30	40	65	100	150	200	250
Resistencia permanente a la compresión con deformación del 2%		KPa	-	-	15-25	25-40	35-50	45-60	55-70
Resistencia a la flexión (sB)	EN-12089	KPa	50	60	100	450	200	275	375
Resistencia al cizallamiento	EN-12089	KPa	25	35	50	75	100	135	184
Resistencia a la tracción	EN-1607 EN-1608	KPa	-	<100	110-290	170-350	320-410	300-480	420-580
Módulo de elasticidad		KPa	-	<1.5	1.6-5.2	3.4-7.0	5.9-7.2	7.7-9.5	9-10.8
Indeformabilidad al calor instantánea		°C	100	100	100	100	100	100	100
Indeformabilidad al calor duradera con 20.000 N/m ²		°C	75	75	75	80	80	80	80
Coefficiente de dilatación térmica lineal		1/K(xE-5)	5-7	5-7	5-7	5-7	5-7	5-7	5-7
Capacidad térmica específica		J/(kgK)	1210	1210	1210	1210	1210	1210	1210

Nota: DIPROPOR, 2021, p. 02.

3.2.7.5 Luminarias cámara de conservación:

La cámara de conservación contará con luminarias tipo tubos led, dado que son ahorrativos y generan poco calor, y la cubierta será hermética con protección IP 65 que evitará el condensado dentro la cubierta. La cámara de conservación contara con 46 tubos led y con 23 cubiertas herméticas. Cada cubierta hermética portara dos tubos led.

El porcentaje de energía disipado en forma calor por el tubo led es del 65%. El consumo de potencia del tubo led es de 14.5 W.

3.2.7.6 Numero de vacunas que se almacenaran:

la cantidad de vacunas que se almacenarán está determinada por la distribución del mismo en los racks de la cámara de conservación. Las dimensiones de la caja de vacunas Sinopharm son:

altura = 0.43 m.

ancho = 0.31 m.

largo = 0.235 m.

En la cámara de conservación se almacenarán un total de 2452 cajas con las dimensiones mostradas líneas arriba. Cada caja contiene 400 dosis y en total se almacenarán 980800 dosis.

3.2.7.7 Sistema de deshielo:

la cámara contara con un sistema de deshielo, su función es descongelar el hielo que se forma en el serpentín del evaporador por un tiempo de 20 minutos, tiempo suficiente para descongelar el hielo, para tal fin se instalará tres resistencias de 10 Ohm, estarán conectados en estrella y distribuidos a distancias iguales en el serpentín del condensador.

3.2.8 Cálculo de carga térmica cámara de conservación:

3.2.8.1 Ganancia de calor en paredes laterales:

Para calcular la ganancia de calor en paredes laterales se utilizará la ecuación de Fourier (conducción).

$$Q_p = K \cdot A \left(\frac{T_2 - T_1}{\Delta X} \right) \dots (3.1)$$

Donde:

Q_p = Potencia calorífica.

K = Conductividad térmica.

A = Área de la superficie.

X = Espesor del material.

Calculando ganancia de calor:

Datos:

$$\text{Área de superficie (A)} = 32.71 \text{ m}^2$$

$$\text{Conductividad térmica (K)} = 0.0364 \left(\frac{\text{W}}{\text{mK}}\right) ; \text{ Valor extraído de } \mathbf{tabla\ 3.1}$$

$$\text{Espesor del material (X)} = 0.1 \text{ m}$$

$$\text{Temperatura interna (T}_1\text{)} = 2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatura externa (T}_2\text{)} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

Reemplazando datos en ecuación de Fourier (3.1):

$$Q_{P1} = \left[0.0364 \left(\frac{\text{W}}{\text{mK}}\right)\right] (32.71 \text{ m}^2) \left(\frac{(273.15+25)\text{K} - (273.15+2)\text{K}}{0.1 \text{ m}}\right)$$

$$Q_{P1} = 273.85 \text{ W}$$

Ganancia de calor por día:

$$Q_{P1} = 273.85 * 24 \frac{\text{W}}{\text{dia}}$$

$$Q_{P1} = 6572.35 \frac{\text{W}}{\text{dia}}$$

3.2.8.2 Ganancia de calor en pared lado fondo:

Para calcular la ganancia de calor en pared lado fondo se utilizará la ecuación de Fourier (conducción).

$$Q_P = K \cdot A \left(\frac{T_2 - T_1}{\Delta X} \right) \dots (3.1)$$

Donde:

Q_P = Potencia calorífica.

K = Conductividad térmica.

A = Área de la superficie.

X = Espesor del material.

Calculando ganancia de calor:

Datos:

Área de superficie (A) = 23.966 m²

Conductividad térmica (K) = 0.0364 $\left(\frac{W}{mK}\right)$; Valor extraído de **tabla 3.1**

Espesor del material (X) = 0.1 m

Temperatura interna (T_1) = 2 °C

Temperatura externa (T_2) = 25 °C

Reemplazando datos en ecuación de Fourier:

$$Q_{P2} = \left[0.0364 \left(\frac{W}{mK} \right) \right] (23.966 \text{ m}^2) \left(\frac{(273.15+25)K - (273.15+2)K}{0.1 \text{ m}} \right)$$

$$Q_{P2} = 200.35 \text{ W}$$

Ganancia de calor por día:

$$Q_{P2} = 200.35 * 24 \frac{\text{W}}{\text{dia}}$$

$$Q_{P2} = 4815.44 \frac{\text{W}}{\text{dia}}$$

3.2.8.3 Ganancia de calor en pared frontal:

Para calcular la ganancia de calor en pared frontal se utilizará la ecuación de Fourier (conducción).

$$Q_P = K \cdot A \left(\frac{T_2 - T_1}{\Delta X} \right) \dots (3.1)$$

Donde:

Q_P = Potencia calorífica.

K = Conductividad térmica.

A = Área de la superficie.

X = Espesor del material.

Calculando ganancia de calor:

Datos:

$$\text{Área de superficie (A)} = 19.734 \text{ m}^2$$

$$\text{Conductividad térmica (K)} = 0.0364 \left(\frac{\text{W}}{\text{mK}} \right) ; \text{ Valor extraído de } \mathbf{tabla\ 3.1}$$

$$\text{Espesor del material (X)} = 0.1 \text{ m}$$

$$\text{Temperatura interna (T}_1\text{)} = 2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatura externa (T}_2\text{)} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

Reemplazando datos en ecuación de Fourier:

$$Q_{P3} = \left[0.0364 \left(\frac{\text{W}}{\text{mK}} \right) \right] (19.734 \text{ m}^2) \left(\frac{(273.15+25)\text{K} - (273.15+2)\text{K}}{0.1 \text{ m}} \right)$$

$$Q_{P3} = 165.26 \text{ W}$$

Ganancia de calor por día:

$$Q_{P3} = 165.26 * 24 \frac{\text{W}}{\text{dia}}$$

$$Q_{P3} = 3966.32 \frac{\text{W}}{\text{dia}}$$

3.2.8.4 Ganancia de calor en pared lado antecámara:

Para calcular la ganancia de calor en pared lado antecámara se utilizará la ecuación de Fourier (conducción).

$$Q_p = K \cdot A \left(\frac{T_2 - T_1}{\Delta X} \right) \dots (3.1)$$

Donde:

Q_p = Potencia calorífica.

K = Conductividad térmica.

A = Área de la superficie.

X = Espesor del material.

Calculando ganancia de calor:

Datos:

Área de superficie (A) = 5.543 m^2

Conductividad térmica (K) = $0.0364 \left(\frac{W}{mK} \right)$; Valor extraído de **tabla 3.1**

Espesor del material (X) = 0.1 m

Temperatura interna (T_1) = $2 \text{ }^\circ\text{C}$

Temperatura externa (T_2) = $10 \text{ }^\circ\text{C}$

Reemplazando datos en ecuación de Fourier:

$$Q_{P4} = \left[0.0364 \left(\frac{W}{mK} \right) \right] (5.543 \text{ m}^2) \left(\frac{(273.15+10)K - (273.15+2)K}{0.1 \text{ m}} \right)$$

$$Q_{P4} = 16.14 \text{ W}$$

Ganancia de calor por día:

$$Q_{P4} = 16.14 * 24 \frac{W}{dia}$$

$$Q_{P4} = 387.39 \frac{W}{dia}$$

3.2.8.5 Ganancia de calor en puerta corrediza:

Para calcular la ganancia de calor en puerta corrediza se utilizará la ecuación de Fourier (conducción).

$$Q_P = K.A \left(\frac{T_2 - T_1}{\Delta X} \right) \dots (3.1)$$

Donde:

Q_P = Potencia calorífica.

K = Conductividad térmica.

A = Área de la superficie.

X = Espesor del material.

Calculando ganancia de calor:

Datos:

Área de superficie (A) = 2.58 m^2

Conductividad térmica (K) = $0.027 \left(\frac{\text{W}}{\text{mK}}\right)$; Valor extraído de ficha técnica de puerta corrediza INFRACA.

Espesor del material (X) = 0.08 m

Temperatura interna (T_1) = 2 °C

Temperatura externa (T_2) = 10 °C

Reemplazando datos en ecuación de Fourier:

$$Q_{P5} = \left[0.027 \left(\frac{\text{W}}{\text{mK}}\right)\right] (2.58 \text{ m}^2) \left(\frac{(273.15+10)\text{K} - (273.15+2)\text{K}}{0.08 \text{ m}}\right)$$

$$Q_{P5} = 6.97 \text{ W}$$

Ganancia de calor por día (se considera 10 horas por día):

$$Q_{P5} = 6.97 * 10 \frac{\text{W}}{\text{día}}$$

$$Q_{P5} = 69.66 \frac{W}{\text{dia}}$$

3.2.8.6 Ganancia de calor por infiltración de aire en puerta corrediza:

Para el cálculo de ganancia térmica por infiltración de aire en puerta se tomará datos de tabla 3.3:

Tabla 3.3

Propiedades del gas ideal del aire

<i>T</i> K	<i>h</i> kJ/kg	<i>P_r</i>	<i>u</i> kJ/kg	<i>v_r</i>	<i>s°</i> kJ/kg · K	<i>T</i> K	<i>h</i> kJ/kg	<i>P_r</i>	<i>u</i> kJ/kg	<i>v_r</i>	<i>s°</i> kJ/kg · K
200	199.97	0.3363	142.56	1707.0	1.29559	580	586.04	14.38	419.55	115.7	2.37348
210	209.97	0.3987	149.69	1512.0	1.34444	590	596.52	15.31	427.15	110.6	2.39140
220	219.97	0.4690	156.82	1346.0	1.39105	600	607.02	16.28	434.78	105.8	2.40902
230	230.02	0.5477	164.00	1205.0	1.43557	610	617.53	17.30	442.42	101.2	2.42644
240	240.02	0.6355	171.13	1084.0	1.47824	620	628.07	18.36	450.09	96.92	2.44356
250	250.05	0.7329	178.28	979.0	1.51917	630	638.63	19.84	457.78	92.84	2.46048
260	260.09	0.8405	185.45	887.8	1.55848	640	649.22	20.64	465.50	88.99	2.47716
270	270.11	0.9590	192.60	808.0	1.59634	650	659.84	21.86	473.25	85.34	2.49364
280	280.13	1.0889	199.75	738.0	1.63279	660	670.47	23.13	481.01	81.89	2.50985
285	285.14	1.1584	203.33	706.1	1.65055	670	681.14	24.46	488.81	78.61	2.52589
290	290.16	1.2311	206.91	676.1	1.66802	680	691.82	25.85	496.62	75.50	2.54175
295	295.17	1.3068	210.49	647.9	1.68515	690	702.52	27.29	504.45	72.56	2.55731
298	298.18	1.3543	212.64	631.9	1.69528	700	713.27	28.80	512.33	69.76	2.57277
300	300.19	1.3860	214.07	621.2	1.70203	710	724.04	30.38	520.23	67.07	2.58810
305	305.22	1.4686	217.67	596.0	1.71865	720	734.82	32.02	528.14	64.53	2.60319
310	310.24	1.5546	221.25	572.3	1.73498	730	745.62	33.72	536.07	62.13	2.61803
315	315.27	1.6442	224.85	549.8	1.75106	740	756.44	35.50	544.02	59.82	2.63280
320	320.29	1.7375	228.42	528.6	1.76690	750	767.29	37.35	551.99	57.63	2.64737
325	325.31	1.8345	232.02	508.4	1.78249	760	778.18	39.27	560.01	55.54	2.66176
330	330.34	1.9352	235.61	489.4	1.79783	780	800.03	43.35	576.12	51.64	2.69013
340	340.42	2.149	242.82	454.1	1.82790	800	821.95	47.75	592.30	48.08	2.71787
350	350.49	2.379	250.02	422.2	1.85708	820	843.98	52.59	608.59	44.84	2.74504
360	360.58	2.626	257.24	393.4	1.88543	840	866.08	57.60	624.95	41.85	2.77170
370	370.67	2.892	264.46	367.2	1.91313	860	888.27	63.09	641.40	39.12	2.79783
380	380.77	3.176	271.69	343.4	1.94001	880	910.56	68.98	657.95	36.61	2.82344
390	390.88	3.481	278.93	321.5	1.96633	900	932.93	75.29	674.58	34.31	2.84856
400	400.98	3.806	286.16	301.6	1.99194	920	955.38	82.05	691.28	32.18	2.87324
410	411.12	4.153	293.43	283.3	2.01699	940	977.92	89.28	708.08	30.22	2.89748
420	421.26	4.522	300.69	266.6	2.04142	960	1000.55	97.00	725.02	28.40	2.92128
430	431.43	4.915	307.99	251.1	2.06533	980	1023.25	105.2	741.98	26.73	2.94468

Fuente: Extraído de Cengel, 2011, p.934.

Entonces:

$$Q_{inf} = V_i * \rho * (h_{ext} - h_{int}) \dots (3.2)$$

Donde:

Q_{inf} = Ganancia de calor por infiltración de aire en puerta.

V_i = Es el volumen de renovación de aire por hora (se mantendrá juntado la puerta corrediza se considera 5%)

ρ = Densidad del aire a 2 °C.

h_{ext} = Entalpia de aire externo.

h_{int} = Entalpia de aire interno.

Para calcular la entalpia del aire se tiene que tabular los valores de la tabla 3.3

Calculando entalpia externa:

De dato tenemos:

$$T_{ext} = 12 \text{ °C}$$

$$T_{ext} = 285 \text{ °K}$$

$$T_{int} = 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{int} = 275 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

De tabla 3.3 a temperatura de 285 °K se tiene lo siguiente:

$$h_{ext} = 285.14 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}$$

De tabla 3.3 a temperatura de 275 °K se tiene lo siguiente:

Tabulando:

$$\frac{280-275}{275-270} = \frac{280.13-x}{x-270.11}$$

$$\frac{10}{5} = \frac{280.13-x}{x-270.11}$$

$$10(x - 270.11) = 5(280.13 - x)$$

$$15x = 1400.65 + 2701.1$$

$$x = \frac{1400.65 + 2701.1}{15}$$

$$x = h_{int} = 273.45 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg}}$$

El valor de la densidad se extrae de la tabla 3.4.

Tabla 3.4

Propiedades del aire a una atmosfera de presión.

Temp. <i>T</i> , °C	Densidad ρ , kg/m ³	Calor específico c_p J/kg · K	Conductividad térmica k , W/m · K	Difusividad térmica α , m ² /s	Viscosidad dinámica μ , kg/m · s	Viscosidad cinemática ν , m ² /s	Número de Prandtl Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-5}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935

Nota: Extraído de Cengel & cimbala, 2006, P.894

De **tabla 3.4** tenemos la densidad del aire

Tabulando:

$$\frac{5-2}{2-0} = \frac{1.269-x}{x-1.292}$$

$$\frac{3}{2} = \frac{1.269-x}{x-1.292}$$

$$3(x - 1.292) = 2(1.269 - x)$$

$$5x = 3.876 + 2.54$$

$$x = \frac{3.876 + 2.54}{5}$$

$$x = \rho = 1.2828 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Calculando la renovación del aire en cámara:

$$V_i = (265 \text{ m}^3) * (0.05 \frac{1}{h})$$

$$V_i = 13.25 \frac{\text{m}^3}{h}$$

Reemplazando valores en ecuación 3.2:

$$Q_{inf} = V_i * \rho * (h_{ext} - h_{int})$$

$$Q_{inf} = \left(13.25 \frac{m^3}{h}\right) * \left(1.2828 \frac{Kg}{m^3}\right) * \left[(285.14 \frac{Kj}{Kg}) - (273.45 \frac{Kj}{Kg})\right]$$

Las horas por infiltración de aire se considera 3 al día dado que la puerta de la cámara se mantendrá cerrado todo el tiempo:

Entonces:

$$Q_{inf} = \left(13.25 \frac{m^3}{h}\right) * (3 h) * \left(1.2828 \frac{Kg}{m^3}\right) * \left[(285.14 \frac{Kj}{Kg}) - (273.45 \frac{Kj}{Kg})\right]$$

$$Q_{inf} = \left(50.9913 \frac{Kg}{dia}\right) * \left[(11.69 \frac{Kj}{Kg})\right]$$

$$Q_{inf} = 596.088 \frac{Kj}{dia}$$

Convirtiendo a watts.

$$Q_{inf} = 596088 \frac{W}{dia}$$

3.2.8.7 Ganancia de calor en techo:

Para calcular la ganancia de calor en pared del techo se utilizará la ecuación de Fourier (conducción).

$$Q_P = K \cdot A \left(\frac{T_2 - T_1}{\Delta X} \right) \dots (3.1)$$

Donde:

Q_P = Potencia calorífica.

K = Conductividad térmica.

A = Área de la superficie.

X = Espesor del material.

T_2 = Temperatura externa.

T_1 = Temperatura interna.

Calculando ganancia de calor:

Datos:

Área de superficie (A) = 115 m^2

Conductividad térmica (K) = $0.0364 \left(\frac{W}{mK} \right)$; Valor extraído de **tabla 3.1**

Espesor del material (X) = 0.1 m

Temperatura interna (T_1) = 2 °C

Temperatura externa (T_2) = 25 °C

Reemplazando datos en ecuación Fourier:

$$Q_{P7} = \left[0.0364 \left(\frac{W}{mK} \right) \right] (115 \text{ m}^2) \left(\frac{(273.15+25)K - (273.15+2)K}{0.1 \text{ m}} \right)$$

$$Q_{P7} = 962.68 \text{ W}$$

Ganancia de calor por día:

$$Q_{P7} = 962.68 * 24 \frac{W}{\text{dia}}$$

$$Q_{P7} = 23 \ 106.72 \frac{W}{\text{dia}}$$

3.2.8.8 Ganancia de calor en piso:

Para calcular la ganancia de calor en piso se utilizará la ecuación de Fourier (conducción).

$$Q_P = K.A\left(\frac{T_2 - T_1}{\Delta X}\right) \dots (3.1)$$

$$Q_P = \left(\frac{1}{R}\right) (T_2 - T_1) \dots (3.3)$$

$$R = \frac{\Delta X}{K.A}; \text{ EC.3.4}$$

Donde:

Q_P = Potencia calorífica.

K = Conductividad térmica.

A = Área de la superficie.

X = Espesor del material.

Calculando ganancia de calor:

Datos:

Área de superficie (A) = 115 m^2

Conductividad térmica plancha de poliestireno expandido (K) = $0.046 \left(\frac{W}{mK}\right)$;

Valor extraído de **tabla 3.2**

Conductividad térmica concreto armado (K_C) = $1.1 \left(\frac{W}{mK}\right)$;

Espesor de plancha de poliestireno expandido (X_2) = 0.06 m

Espesor de concreto piso (X_1) = 0.05 m

Espesor de concreto piso (X_3) = 0.2

Temperatura interna (T_1) = 2 °C

Temperatura externa (T_2) = 25 °C

Entonces:

Para calcular la resistencia equivalente se tomará en cuenta la disposición del tratamiento térmico del piso como se muestra en la figura 3.16.

Calculando la resistencia equivalente:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \dots (3.5)$$

Donde:

$$R_1 = \frac{X_1}{K_{c.A}} ; \text{ Concreto armado (piso).}$$

$$R_2 = \frac{X_2}{K.A} ; \text{ Plancha de poliestireno expandido.}$$

$$R_3 = \frac{X_3}{K_{c.A}} ; \text{ Concreto armado de piso.}$$

$$R_{eq} = \frac{X_1}{K_c.A} + \frac{X_2}{K.A} + \frac{X_3}{K_c.A}$$

$$R_{eq} = \frac{0.05 \text{ m}}{\left[1.1 \left(\frac{W}{mK}\right)\right](115 \text{ m}^2)} + \frac{0.06 \text{ m}}{\left[0.046 \left(\frac{W}{mK}\right)\right](115 \text{ m}^2)} + \frac{0.2 \text{ m}}{\left[1.1 \left(\frac{W}{mK}\right)\right](115 \text{ m}^2)}$$

$$R_{eq} = \left(\frac{0.05}{126} + \frac{0.06}{5.29} + \frac{0.2}{126}\right) \left(\frac{K}{W}\right)$$

$$R_{eq} = 0.0133 \left(\frac{K}{W}\right)$$

Calculando ganancia de calor:

$$Q_{P8} = \left(\frac{1}{R_{eq}}\right) (T_2 - T_1)$$

$$Q_{P8} = \left(\frac{1}{0.0133 \left(\frac{K}{W}\right)}\right) [(273.15 + 25)K - (273.15 + 2)K]$$

$$Q_{P8} = 1729.32 \text{ W}$$

Ganancia de calor por día:

$$Q_{P8} = 1729.32 * 24 \frac{W}{dia}$$

$$Q_{P8} = 41\,503.76 \frac{W}{dia}$$

3.2.8.9 Ganancia térmica por luminarias:

El calor generado por las luminarias en una cámara de conservación se considera del 1% a 2% de la potencia de cada luminaria. Se considera ese rango de porcentaje por el bajo calor que genera las lámparas LED.

Entonces:

$$\sum_0^{46} Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_{46} \dots (3.6)$$

$$\sum_0^{46} Q_i = (14.5 + 14.5 \dots \dots \dots 14.5) \text{ W}$$

$$\sum_0^{46} Q_i = 46(14.5) \text{ W}$$

$$\sum_0^{46} Q_i = 667 \text{ W}$$

Calculando la ganancia térmica generado por luminarias:

$$Q_L = (\sum_0^{46} Q_i) \cdot (1.5\%)$$

$$Q_L = (667 \text{ W}) \cdot (1.5\%)$$

$$Q_L = 100.05 \text{ W}$$

Ganancia de calor por día:

$$Q_L = 100.05 * 6 \frac{W}{dia}$$

$$Q_L = 600.3 \frac{W}{dia}$$

3.2.8.10 Ganancia térmica por personas:

Se considerará cuatro personas que laborarán por un periodo de 6 horas al día. El calor emitido por personas aumenta según va disminuyendo la temperatura como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.5

Tabla de calor emitido por persona.

TEMPERATURA DE LA CÁMARA EN (°C)	POTENCIA LIBERADA POR PERSONA (W)
10	210
5	240
2	258
0	270
- 5	300
- 10	330
- 15	360

Fuente: Catucuago & tipan, 2015, p.51

Entonces:

$$Q_{pers} = P * N * H \frac{W}{dia} \dots (3.7)$$

Donde:

P = Potencia liberada por persona.

N = Número de personas dentro de la cámara.

H = Número de horas que las personas se encuentran dentro de la cámara.

De datos tenemos:

$$P = 258 \text{ W.}$$

$$N = 4.$$

$$H = 6.$$

Reemplazando en ecuación 3.7:

$$Q_{pers} = (258 \text{ W}) * 4 * (6 \frac{1}{dia})$$

$$Q_{pers} = 6\,192 \frac{W}{dia}$$

3.2.8.11 Carga térmica de vacunas:

Para calcular la carga térmica de vacunas Sinopharm hará uso de la fórmula de calor específico. El total de vacunas es de 980800 dosis

$$Q_{vac} = m * Ce * (T_2 - T_1) \dots (3.8)$$

Donde:

Q_{vac} = carga térmica de vacuna.

m = masa total de vacuna Sinopharm.

Ce = calor específico de vacuna Sinopharm.

T_2 = temperatura de vacuna antes del ingreso a cámara.

T_1 = temperatura de cámara de conservación.

De datos se tiene lo siguiente:

Estos valores es lo que contiene una dosis de vacuna Sinopharm.

$$m = 6.0123 \text{ mg}$$

$$Ce = 1094 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$T_2 = 8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 2 \text{ }^\circ\text{C}$$

Reemplazando datos en ecuación 3.8:

$$Q_{vac} = (6.0123 * 10^{-6} \text{ kg}) * \left(879 \frac{\text{J}}{\text{kg} * \text{K}}\right) * [(273 + 8) - (273 + 2)]$$

$$Q_{vac} = (6.0123 * 10^{-6} \text{ kg}) * \left(879 \frac{\text{J}}{\text{kg} * \text{K}}\right) * (6 \text{ K})$$

$$Q_{vac} = 0.0317 \text{ J}$$

Ganancia de calor por día:

$$Q_{vac} = 0.0317 * 24 \frac{\text{J}}{\text{dia}}$$

$$Q_{vac} = 0.761 \frac{\text{J}}{\text{dia}}$$

Calculando la ganancia térmica total de vacunas Sinopharm:

$$Q_{vac} = 0.761 * 980800 \frac{\text{J}}{\text{dia}}$$

$$Q_{vac} = 746\,401.4374 \frac{\text{J}}{\text{dia}}$$

Convirtiendo a Watts:

$$Q_{vac} = 746401.4374 \frac{W}{dia}$$

3.2.8.12 Carga térmica de sistema de deshielo:

El sistema de deshielo se activa cada 6 horas de funcionamiento en promedio, para el cálculo se considerará que el sistema de deshielo se activará cada seis horas y por un periodo de 10 min (tiempo suficiente para descongelar el hielo formado en el serpentín del evaporador).

Se contará con seis resistencias, 3 resistencia en cada evaporador, la cámara cuenta con dos sistemas y cada sistema cuenta con dos evaporadores. Un sistema es el sistema de respaldo ante cualquier eventualidad que pueda pasar al sistema que se encuentra en operación.

Las resistencias estarán conectados a una fuente trifásica 220 V. Su conexión será en estrella con neutro, para tener balanceado las cargas ante una eventual falla de alguna resistencia.

Entonces:

$$Q_R = P_R * N * H \dots (3.9)$$

Donde:

Q_R = calor generado por las resistencias.

P_R = potencia de resistencia conectado en estrella.

N = número de evaporadores en funcionamiento.

H = horas de funcionamiento al día.

Calculando la potencia de las resistencias:

$$P_R = \sqrt{3} * V_L * I_L \dots (3.10)$$

Sabemos:

$$V_L = \frac{\sqrt{3}}{3} V_F \dots (3.11)$$

$$I_L = I_F$$

Entonces:

$V_F = I_F * R$; donde R es la resistencia del evaporador.

Reemplazamos en ecuación 3.11

$$V_L = \frac{\sqrt{3}}{3} (I_F * R) \dots (3.12)$$

Tenemos de dato:

$$V_L = 220V$$

$$R = 10 \text{ ohm}$$

Reemplazando datos en ecuación 3.12

$$220V = \frac{\sqrt{3}}{3} (I_F * 10 \text{ ohm})$$

$$I_F = \sqrt{3} (22) \text{ Amp} = I_L$$

$$I_L = \sqrt{3} (22) \text{ AmP.}$$

Reemplazando valores en ecuación 3.10

$$P_R = \sqrt{3} * 220V * (22\sqrt{3} \text{ Amp})$$

$$P_R = 14\ 520 \text{ W}$$

Reemplazando valores en ecuación 3.9:

$$Q_R = (14\ 520 \text{ W}) * 2 * \left(\frac{10*4}{60}\right) \left(\frac{1}{\text{dia}}\right)$$

$$Q_R = 19\ 360 \frac{\text{W}}{\text{dia}}$$

3.2.8.13 Cálculo de carga térmica total de cámara de conservación:

Para el cálculo de carga térmica total de cámara de conservación se tendrá que sumar todas las ganancias de calor de los diferentes elementos que componen la cámara de conservación.

Entonces:

$$Q_{total} = Q_{P1} + Q_{P2} + Q_{P3} + Q_{P4} + Q_{P5} + Q_{inf} + Q_{P7} + Q_{P8} + Q_L + Q_{pers} + Q_{vac} + Q_R \dots (3.13)$$

Reemplazando valores calculados líneas arriba:

$$Q_{total} = \left(6572.35 \frac{W}{dia}\right) + \left(4815.44 \frac{W}{dia}\right) + \left(3966.32 \frac{W}{dia}\right) + \left(387.39 \frac{W}{dia}\right) + \left(69.66 \frac{W}{dia}\right) + \left(1192170 \frac{W}{dia}\right) + \left(23106.72 \frac{W}{dia}\right) + \left(41503.76 \frac{W}{dia}\right) + \left(600.3 \frac{W}{dia}\right) + \left(6192 \frac{W}{dia}\right) + \left(746401.4374 \frac{W}{dia}\right) + \left(19360 \frac{W}{dia}\right)$$

$$Q_{total} = 1\,449\,063.377 \frac{W}{dia}$$

la potencia en watt/h:

$$Q_{total} = 60\,377.646 \frac{W}{H}$$

$$Q_{total} = 51\,915.431 \frac{Kcal}{H}$$

En este cálculo no se le adiciona el factor de seguridad dado que las temperaturas del ambiente se consideraron 25 °C durante las 24 horas, con este valor se cubre las ganancias adicionales en se puedan incurrir durante el día.

3.2.9 Selección de elementos de sistema de refrigeración:

3.2.9.1 Selección de unidad evaporadora:

Para la selección de la unidad evaporadora se considera el calor total (Q_{total}) y se busca dicho valor en la tabla 3.5. tabla de capacidad de unidad evaporadora.

Tabla 3.6

Capacidad de unidad evaporadora MIPAL HDL

Hdl DT1 = 10,8°F DT1 = 6°K W	Temperatura de evaporación										
	-40	-31	-22	-13	-4	5	14	23	32	41	50
°F	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10
031	1830	2217	2478	2761	3022	3259	3462	3654	3832	3995	4149
038	2195	2660	2974	3313	3626	3910	4153	4385	4598	4793	4978
048	2817	3413	3816	4252	4653	5018	5330	5627	5901	6151	6388
058	3381	4096	4579	5103	5584	6022	6397	6753	7082	7382	7666
064	3769	4566	5105	5688	6224	6712	7130	7527	7894	8229	8546
077	4522	5479	6125	6825	7469	8054	8556	9032	9472	9874	10254
086	5013	6073	6790	7565	8279	8928	9484	10012	10499	10945	11366
103	6015	7288	8147	9078	9935	10713	11380	12014	12599	13133	13639
129	7574	9176	10258	11431	12509	13489	14329	15127	15864	16536	17173
155	9089	11012	12310	13717	15011	16187	17195	18153	19037	19844	20609
198	11599	14052	15709	17504	19156	20657	21943	23165	24293	25323	26299
238	13919	16863	18852	21006	22987	24789	26333	27799	29153	30389	31559

Nota: Tomado de ficha técnica unidad evaporadora MIPAL.

Se considera una temperatura de evaporación de 5 °C, también sabemos que nuestro sistema contará con dos unidades evaporadoras que estarán distribuidos de tal manera que el flujo de aire llegue a cubrir todo el ambiente de cámara de conservación como recomienda la norma ASHRAE.

De tabla 3.5 se observa que cada unidad evaporadora de los dos sistemas de refrigeración serán los siguientes:

$$UE-1.1-CF-03 = 30\,389 \frac{W}{H}$$

$$UE-1.2-CF-03 = 30\,389 \frac{W}{H}$$

$$UE-2.1-CF-03 = 30\,389 \frac{W}{H}$$

$$UE-2.2-CF-03 = 30\,389 \frac{W}{H}$$

Teniendo la capacidad de cada unidad evaporadora seleccionamos el equipo teniendo en cuenta las consideraciones de la figura 3.6:

Figura 3.16

Código de identificación para selección de unidad evaporadora

Hd	A	E	042	C	O	O	C04	H	A
Hd • Hdl	Distancia entre aletas	Deshielo	Capacidad W x 100	Tubos	Conexiones y Bandeja	Acabamiento	Motor	Eléctrico	Versión
Perfil Mediano	A • 4,5mm L • 8mm		Hd • 042 hasta 318 Hdl • 031 hasta 238	A • Aluminio C • Cobre B • Cobre para CO ₂			C04 • Convencional 4 polos R04 • Rotor externo 4 polos (*) (*) Solo 220V y 380V		A 2009
	A • Por Aire B • Eléctrico en la bandeja E • Eléctrico G • Por gas evaporador y bandeja H • Por gas y eléctrico en la bandeja		0 • Estándar (expansión directa) 1 • Bridas (Al/Fe) para amoníaco 2 • 2 múltiples con niples para solución 3 • Expansión directa bandeja doble aislada 4 • Flanges e bandeja dupla aislada 5 • 2 coletes e bandeja dupla aislada			0 • Aluminio liso 1 • Gabinete blanco 2 • Protección de aletas 3 • Protección total 4 • Gabinete de acero inoxidable 5 • Gabinete de acero inoxidable y protección de aletas		H • 230V/3F/50Hz D • 380V/3F/50Hz R • 440V/3F/50Hz P • 230V/3F/60Hz U • 380V/3F/60Hz S • 440V/3F/60Hz	

Nota: Tomado de ficha técnica unidad evaporadora MIPAL para la selección de unidad evaporadora según requerimiento del cliente.

El modelo para las unidades evaporadoras sería el siguiente:

HDL L E 238 A 0 1 C04 P A

Características técnicas de la unidad evaporadora:

Voltaje: 230 V.

Fases: 3F.

Motor: Convencional.

Bandeja: estándar.

Tubos: cobre.

Capacidad: $30\,389 \frac{W}{H}$.

Deshielo: eléctrico (resistencias).

Distancia entre alabes: 8mm.

Alcance de flujo de aire: mayor alcance (HDL).

3.2.9.2 Selección de unidad condensadora:

Cada sistema de refrigeración contará con un solo condensador cuya temperatura de evaporación será de 5 °C y su capacidad se obtendrá de la siguiente tabla 3.6.

Tabla 3.7

Capacidad de unidad condensadora DANFOSS.

Modelo	Código por versión		código de siroco	compresor	Temperatura ambiente	Capacidad de refrigeración a temperatura de evaporación								
	D32	D40				-30°C	-25°C	-20°C	-15°C	-10°C	-5°C	0°C	5°C	10°C
OP-HJZ022D	114N3 223 114N3 225 114N3 227	114N3 224 114N3 226 114N3 228	R Q N R	MTZ02 2	32°C (90°F)	4 250	6 000	8 100	10 500	13 300	16 400	19 800	23 450	27 400
					35°C (95°F)	3 900	5 600	7 600	9 950	12 600	15 550	18 750	22 300	26 050
					38°C (100°F)	3 550	5 200	7 100	9 350	11 850	14 650	17 700	21 050	24 650
					43°C (109°F)	3 000	4 500	6 250	8 250	10 550	13 100	15 900	19 000	22 300
OP-HJZ028D	114N3 238 114N3 240	114N3 239 114N3 241	N Q R R	MTZ02 8	32°C (90°F)	6 300	8 650	11 400	14 550	18 150	22 150	26 650	31 500	36 800
					35°C (95°F)	5 900	8 150	10 800	13 850	17 250	21 150	25 400	30 100	35 200
					38°C (100°F)	5 450	7 650	10 150	13 100	16 400	20 100	24 200	28 650	33 550
					43°C (109°F)	4 650	6 750	9 100	11 800	14 850	18 250	22 050	26 200	30 750
OP-HGZ125D	114N3 328 114N3 330	114N3 329 114N3 331	Q R	MTZ12 5D	32°C (90°F)	296 00	39100	50100	62700	76950	92 950	110 500	129 750	150 550
					35°C (95°F)	273 00	36450	47050	59150	72800	88 100	105 000	123 450	143 450
					38°C (100°F)	250 00	33850	44000	55550	68600	83 250	99 400	117 100	136 300
					43°C (109°F)	212 50	29450	38850	49550	61600	75 100	90 050	106 550	124 500
OP-HGZ125D	114N3 338 114N3 340	114N3 339 114N3 341	Q R	MTZ16 0D	32°C (90°F)	38 250	49 550	62 500	77 250	93 750	112 000	132 000	153 550	176 700
					35°C (95°F)	35 500	46 300	58 750	72 900	88 700	106 200	125 300	146 050	168 350

					38°C (100°F)	32 700	43 150	55 000	68 500	83 600	100 350	118 650	138 600	160 050
					43°C (109°F)	28 200	37 850	48 850	61 250	75 200	90 650	107 650	126 250	146 500

Nota: Extraído de ficha técnica DANFOSS.

La capacidad de cada condensador será el siguiente:

$$UC-1-CF-03 = 153\,550 \frac{\text{Btu}}{H}$$

$$UC-2-CF-03 = 153\,550 \frac{\text{Btu}}{H}$$

De tabla 3.6 tenemos el modelo del condensador:

OP-HGZ160D Q MTZ160

Características técnicas de unidad evaporadora:

Capacidad del condensador: $153\,550 \frac{\text{Btu}}{H}$

Condensador: Hermético.

Numero de compresores: 1 unidad.

Voltaje compresor: 230V.

Fases del compresor: 3F.

Frecuencia del compresor: 60Hz

Numero de ventiladores: 2 unidades.

Voltaje ventilador: 230V.

Fases del condensador: 1F.

Frecuencia del ventilador: 60Hz.

3.2.9.3 Selección de tuberías cobre de alta y baja presión sistema de refrigeración:

3.2.9.3.1 Selección diámetro de tubería de cobre sistema (01 y 02) baja presión (succión):

Para la selección de sección de la tubería de cobre se tiene como dato la longitud de recorrido de tubería de cobre del sistema 01 y 02, la temperatura de succión, y potencia frigorífica de los dos sistemas como se muestra:

Longitud de recorrido de tubería de cobre baja presión sistema 01 = 25 m.

Longitud de recorrido de tubería de cobre baja presión sistema 02 = 35 m.

Temperatura de succión = - 7 °C.

Potencia de enfriamiento sistema 01 = 60 377.646 $\frac{W}{H}$

Potencia de enfriamiento sistema 02 = 60 377.646 $\frac{W}{H}$

Para seleccionar el diámetro de la tubería de succión del sistema de baja presión se hará uso de la siguiente tabla 3.7 brindado por el fabricante DANFOSS.

Tabla 3.8

Diámetro tubería de cobre sistema de baja presión.

Diámetro de la línea de succión - R404A e R-507																				
Capacidad Frigorífica			Temperatura de succión -7°C						Temperatura de succión -12°C						Temperatura de succión -23°C					
			Longitud Equivalente (m)						Longitud Equivalente (m)						Longitud Equivalente (m)					
Btu/h	Kcal/h	W	8 m	15 m	23 m	30 m	45 m	61 m	8 m	15 m	23 m	30 m	45 m	61 m	8 m	15 m	23 m	30 m	45 m	61 m
1000	252	293	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2
3000	756	879	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8
4000	1008	1172	3/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	7/8	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8
6000	1512	1758	1/2	1/2	5/8	5/8	7/8	7/8	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8
9000	2268	2637	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8
12000	3024	3516	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8
15000	3780	4395	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
18000	4536	5274	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	3/8
24000	6048	7032	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	3/8
30000	7560	8790	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	3/8
36000	9072	10548	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	5/8
42000	10584	12306	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	5/8
48000	12096	14064	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	5/8
54000	13608	15822	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	5/8
60000	15120	17580	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	5/8
66000	16632	19338	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	5/8
72000	18144	21096	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	5/8
78000	19656	22854	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8
84000	21168	24612	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8
90000	22680	26370	1 3/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8
120000	30240	35160	1 3/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8
150000	37800	43950	1 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8
180000	45360	52740	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8
210000	52920	61530	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8
240000	60480	70320	1 5/8	2 1/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8
300000	75600	87900	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8
360000	90720	105480	2 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 1/8	2 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8
480000	120960	140640	2 1/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8
600000	151200	175800	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	2 5/8	2 5/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	3 5/8	3 1/8	3 1/8	3 1/8	3 5/8	4 1/8	4 1/8

Nota: extraído de ficha técnica DANFOSS.

Como se puede observar en la siguiente tabla 3.7 la sección de tubería de cobre de sistema de baja presión, para el sistema 01 y sistema 02 sería el siguiente:

Diámetro tubería de cobre baja presión (succión) sistema 01 = 2 1/8".

Diámetro tubería de cobre baja presión (succión) sistema 02 = 2 1/8".

Se considera los siguientes diámetros porque son los más próximos a las longitudes de recorrido mostrados en tabla 3.7 dado que tomar diámetros superiores a la longitud del sistema se incurriría en un mayor costo de tuberías.

3.2.9.3.2 Selección diámetro tubería de cobre sistema 01 y 02 alta presión (líquido).

Para la selección de sección de la tubería de cobre se tiene como dato la longitud de recorrido del sistema 01 y 02, y la temperatura de la l, como se muestra:

Longitud de recorrido de tubería de cobre baja presión sistema 01 = 25 m.

Longitud de recorrido de tubería de cobre baja presión sistema 02 = 35 m.

Temperatura de succión = - 7 °C

Para seleccionar el diámetro de la tubería de succión del sistema de baja presión se hará uso de la siguiente tabla 3.7 brindado por el fabricante DANFOSS.

Tabla 3.9

Diámetro tubería de cobre sistema alta presión (líquido).

Diámetro de la línea de líquido - R404A								
Tanque de líquido para válvula de expansión								
Capacidad Frigorífica			Longitud Equivalente (m)					
Btu/h	Kcal/h	W	8 m	15 m	23 m	30 m	45 m	61 m
1000	252	293	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
3000	756	879	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
4000	1008	1172	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
6000	1512	1758	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
9000	2268	2637	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
12000	3024	3516	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8
15000	3780	4395	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2
18000	4536	5274	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2
24000	6048	7032	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2
30000	7560	8790	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2
36000	9072	10548	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
42000	10584	12306	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8
48000	12096	14064	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8
54000	13608	15822	1/2	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8
60000	15120	17580	1/2	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8
66000	16632	19338	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8
72000	18144	21096	1/2	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8
78000	19656	22854	1/2	5/8	5/8	5/8	5/8	7/8
84000	21168	24612	1/2	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8
90000	22680	26370	5/8	5/8	5/8	7/8	7/8	7/8
120000	30240	35160	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8
150000	37800	43950	5/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8
180000	45360	52740	7/8	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8
210000	52920	61530	7/8	7/8	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8
240000	60480	70320	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
300000	75600	87900	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
360000	90720	105480	7/8	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8
480000	120960	140640	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8
600000	151200	175800	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 3/8	1 3/8	1 3/8

Nota: Tomado de ficha técnica DANFOSS.

Como se puede observar en la siguiente tabla 3.8 la sección de tubería de cobre de sistema de alta presión, para el sistema 01 y sistema 02 sería el siguiente:

Diámetro tubería de cobre alta presión (líquido) sistema 01 = 7/8”.

Diámetro tubería de cobre alta presión (líquido) sistema 02 = 7/8”.

Se considera los siguientes diámetros porque son los más próximos a las longitudes de recorrido mostrados en tabla 3.8, tomar diámetros superiores a la longitud del sistema se incurriría en un mayor costo de tuberías.

3.2.9.4 Selección de válvula de expansión:

Para una correcta selección de la válvula de expansión (VET), se multiplica el factor de corrección por caída de presión y el factor de corrección a temperatura del líquido como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 3.10

Factor de corrección R404 A por caída de presión.

TEMPERATURA EVAPORADOR (°C)	CAIDA DE PRESION A TRAVES DE LA VET (PSI)										
	30	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275
	FC PRESION										
5°, 0°	0.55	0.71	0.87	1.00	1.12	1.22	1.32	1.41	1.50	1.58	1.66
-10°	0.49	0.63	0.77	0.89	1.00	1.10	1.18	1.26	1.34	1.41	1.48
-20°	0.44	0.58	0.71	0.82	0.91	1.00	1.08	1.15	1.22	1.29	1.35
-30° & -40°	0.41	0.53	0.65	0.76	0.85	0.93	1.00	1.07	1.13	1.20	1.25

Nota: Extraído de ficha técnica válvula de expansión SPORLAN.

Tabla 3.11

Factor de corrección R404A a temperatura de líquido.

REFRIGERANTE	TEMPERATURA DE LIQUIDO (°C)								
	-20°	-10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°
	FC LIQUIDO								
404A	2.19	2.00	1.81	1.62	1.42	1.21	1.00	0.78	0.55
408A	1.74	1.62	1.50	1.38	1.26	1.13	1.00	0.87	0.73
502	1.97	1.82	1.66	1.50	1.33	1.17	1.00	0.83	0.66
	15.55°	21.11°	26.66°	32.22°	37.77°	43.33°	48.88°	54.44°	60°
410A	1.32	1.24	1.16	1.08	1.00	0.92	0.83	0.73	0.62

Nota: Extraído de ficha técnica válvula de expansión SPORLAN.

De tabla 3.9 tenemos un factor de corrección por caída de presión de 1.22.

De tabla 3.10 tenemos un factor de corrección a temperatura de líquido de 1.21

Entonces calculando la carga térmica para la válvula de expansión:

Carga térmica de diseño: $30389 \frac{W}{H}$

Convirtiendo a toneladas de refrigeración:

Carga térmica de diseño = $8.64 \frac{TR}{H}$

Hallando la potencia de VET = $(8.64 \cdot 1.22 \cdot 1.21) \frac{TR}{H}$

$$VET = 12.75 \frac{TR}{H}$$

Con este valor se busca la VET en la siguiente tabla 3.11:

Tabla 3.12

Tabla selección de valvula de expansion termostatica para R404A, R408A Y 502.

VALVULA TIPO	CAPACIDAD NOMINAL (tons)	REFRIGERANTE																	
		404A				408A				502									
		CARGA TERMOSTATICA RECOMENDADA																	
		SC, SCP115		SZ, SZP		RC, RCP115		RZ, RZP		RC, RCP115		RZ, RZP							
		TEMPERATURA DE EVAPORADOR (°C)																	
5°	0°	-10°	-20°	-30°	-40°	5°	0°	-10°	-20°	-30°	-40°	5°	0°	-10°	-20°	-30°	-40°		
NI-F-EF-G-EG	1/8	0.14	0.14	0.15	0.15	0.13	0.11	0.19	0.19	0.20	0.21	0.19	0.16	0.14	0.14	0.15	0.15	0.14	0.11
F-EF-G-EG	1/6	0.22	0.22	0.23	0.24	0.21	0.17	0.30	0.30	0.32	0.34	0.30	0.25	0.22	0.21	0.23	0.24	0.21	0.17
NI-F-EF-G-EG	1/4	0.28	0.28	0.29	0.30	0.27	0.21	0.38	0.38	0.41	0.43	0.39	0.31	0.28	0.27	0.29	0.30	0.27	0.22
NI-F-EF-G-EG	1/2	0.54	0.52	0.56	0.57	0.51	0.40	0.73	0.72	0.77	0.81	0.74	0.59	0.53	0.52	0.56	0.58	0.52	0.41
NI-F-EF-G-EG	1	0.98	0.97	1.04	1.07	0.95	0.75	1.33	1.32	1.44	1.52	1.37	1.11	0.97	0.96	1.03	1.08	0.97	0.77
F-EF-G-EG	1-1/2	1.47	1.43	1.47	1.43	1.27	1.00	2.00	1.96	2.05	2.03	1.83	1.49	1.45	1.42	1.47	1.44	1.29	1.03
F&EF(Ext)-G&EG(Ext)-C(Int)-S	2	1.96	1.91	1.96	1.90	1.69	1.33	2.67	2.62	2.73	2.69	2.45	1.98	1.94	1.89	1.95	1.91	1.72	1.37
F&EF(Ext)-C-S	3	2.75	2.67	2.72	2.50	2.11	1.66	3.74	3.66	3.79	3.55	3.05	2.47	2.72	2.65	2.72	2.53	2.15	1.71
C-S	4	3.92	3.81	3.89	3.55	2.95	2.32	5.35	5.23	5.48	5.03	4.28	3.45	3.88	3.78	3.89	3.58	3.01	2.40
C&S(Ext)	6	5.43	4.97	4.64	4.39	3.83	2.82	7.40	6.82	6.46	6.23	5.56	4.19	5.37	4.93	4.63	4.43	3.91	2.91
S(Ext)	7	6.91	6.32	5.90	5.59	4.88	3.59	9.42	8.68	8.22	7.93	7.08	5.34	6.83	6.27	5.90	5.64	4.98	3.71
S(Ext)	10	9.87	9.04	8.43	7.60	6.12	4.51	13.5	12.4	10.5	10.8	8.87	6.70	9.76	8.96	8.42	7.66	6.24	4.65
H	1-1/2	1.48	1.38	1.37	1.43	1.25	0.94	2.01	1.89	1.92	2.03	1.81	1.40	1.46	1.37	1.37	1.44	1.27	0.97
H	3	2.76	2.57	2.48	2.38	2.08	1.57	3.76	3.53	3.46	3.37	3.01	2.33	2.73	2.55	2.48	2.40	2.12	1.62
H	4	3.94	3.68	3.50	3.27	2.91	2.20	5.37	5.04	4.87	4.65	4.22	3.26	3.90	3.65	3.50	3.30	2.97	2.27
H	6-1/2	6.40	5.97	5.68	5.22	4.52	3.42	8.73	8.19	7.92	7.41	6.56	5.08	6.33	5.93	5.68	5.27	4.61	3.53
H	9	9.36	8.73	8.31	6.98	5.19	3.92	12.8	12.0	11.5	9.91	7.52	5.83	9.26	8.66	8.30	7.04	5.29	4.05
H	12	12.8	11.9	11.4	10.1	8.31	6.28	17.5	16.4	15.8	14.4	12.0	9.34	12.7	11.9	11.4	10.2	8.47	6.49
M	15	15.5	15.1	15.1	13.4	12.4	9.48	21.1	20.7	21.0	19.0	18.0	14.1	15.3	15.0	15.1	13.5	12.6	9.79
M	20	20.2	19.7	19.5	16.8	15.5	11.9	27.5	27.0	27.3	23.9	22.5	17.7	20.0	19.6	19.5	17.0	15.8	12.3
M	25	25.2	24.6	24.4	20.5	18.2	13.9	34.3	33.7	34.0	29.1	26.4	20.7	24.9	24.4	24.4	20.7	18.6	14.4
M	30	30.4	29.7	29.4	24.4	21.1	16.1	41.4	40.7	40.9	34.6	30.5	24.0	30.1	29.4	29.4	24.6	21.5	16.7

Nota: Ficha técnica válvula de expansión termostática SPORLAN.

De tabla 3.11 tenemos la VET (válvula de expansión termostática) a 5 °C temperatura de evaporación:

VET = 12 tons; cuyo modelo es: H.

3.2.10 Lógica de funcionamiento cámara de conservación:

la lógica de funcionamiento es plasmada en el sistema de control (ver desde anexo 4 hasta el anexo 7) donde se puede ver el esquema y componentes del sistema control de la cámara de conservación.

3.2.10.1 Control de temperatura dentro de cámara de conservación:

Para controlar la temperatura dentro de la cámara de conservación se colocará un sensor de temperatura en un lugar crítico, más alejado de la corriente de aire frío, como se muestra en la siguiente figura 3.17.

Figura 3.17

Ubicación de sensor de temperatura.



Nota: elaboración propia.

La señal analógica enviado por el sensor será recepcionado por el controlador PID (controlador Full Gauge MT530 E plus), se programará la temperatura dentro de la cámara de conservación a 4 °C con un diferencial de temperatura de un 1 °C, el controlador se encargara del funcionamiento del compresor lo cual estará programado con un retardo de arranque de 4 minutos, después haber iniciado su primer arranque, esta programación se realiza para proteger al motor eléctrico del compresor porque un encendido y apagado al instante sobrecalienta el bobinado del estator, reduciendo su vida útil del compresor.

3.2.10.2 Control sistema de deshielo:

se programará el funcionamiento de las resistencias cada 6 horas, por un periodo de 20 min (tiempo estimado de descongelamiento del serpentín del evaporador), la programación se realizará en un PLC logo SIEMENS, donde el encendido de las resistencias estará concatenado al funcionamiento del motor ventilador. El funcionamiento del motor ventilador, permite el correcto descongelamiento del serpentín del evaporador, permitiendo que el flujo de aire arrastre el calor de las resistencias hacia el interior del serpentín donde se encuentra el agua congelada que no permite la transferencia del calor del aire del ambiente con el serpentín del evaporador.

Contará con un sistema de protección de corriente (relé térmico) que protegerá el sistema de deshielo ante un consumo de corriente por encima del valor programado.

3.2.10.3 Sistema de alarma:

Contará con una sirena que se activará cuando haya alguna falla en el sistema de refrigeración o alguna persona esté atrapada dentro.

Activación de alarma por fallas en el compresor (mayor consumo de corriente); el sistema de protección que se instalará para proteger el compresor será un relé térmico, este enviará una señal hacia el PLC lo cual activará la alarma y en la pantalla led se podrá visualizar el consumo de sobre corriente del compresor.

Activación de alarma por sobrepasar el rango de temperatura (2 °C a 8 °C) de la cámara de conservación. Cuando la temperatura está por debajo de 2 °C se activará la alarma y se apagará automáticamente el sistema de refrigeración, y cuando la temperatura sobrepase los 8 °C se activará la alarma y se pondrá en marcha el sistema de respaldo (back up) hasta que se solucione el problema que presenta el sistema de refrigeración, para ambos casos en la pantalla LCD de PLC se mostrará la alarma de temperatura.

Activación de alarma por hombre atrapado dentro de cámara de conservación. El personal será capacitado, sobre el funcionamiento de la cámara de conservación y como activar la alarma, en caso uno de ellos se quede atrapado dentro de la cámara de conservación. Se instalará un pulsador de parada de emergencia dentro de la cámara de conservación al lado de la puerta como recomienda la norma ASHRE, el personal que no pueda abrir la puerta pulsará el pulsador de parada de emergencia e inmediatamente se activara la sirena de emergencia, esta señal enviada por

el pulsador de parada de emergencia activara la sirena y en la pantalla LCD del PLC se mostrará la alarma de hombre atrapado.

3.2.11 Sistema eléctrico de fuerza:

para poder alimentar con energía eléctrica el sistema de refrigeración, sistema de control es necesario de un sistema eléctrico. Desde el anexo 01 hasta el anexo 03 se muestra el circuito de fuerza (alimentación eléctrica para los diferentes sistemas de la cámara de conservación).

El sistema eléctrico contara con 8 contactores, 8 relés térmicos (sistema de protección de sobre corriente) y 10 llaves térmicas. Alimentaran a la unidad evaporador, condensadora, sistema de deshielo y sistema de control.

3.3 RESULTADOS:

Se logró instalar una cámara de conservación de vacunas con capacidad de almacenamiento de 2452 cajas que en total de vacunas (dosis) son 980800 unidades. En la figura 3.18 se puede observar las vacunas almacenadas en los diferentes niveles del rack.

Figura 3.18:

Ubicación de cajas de vacuna Sinopharm dentro de cámara.



Nota: Elaboración propia.

Para garantizar una temperatura homogénea dentro de cámara de conservación se instaló la unidad evaporadora en los laterales donde permite un correcto flujo del aire en todo el ambiente de cámara de conservación, en la figura 3.19 se observa la instalación de los evaporadores.

Figura 3.19

Ubicación de unidad evaporadora dentro de cámara de conservación.



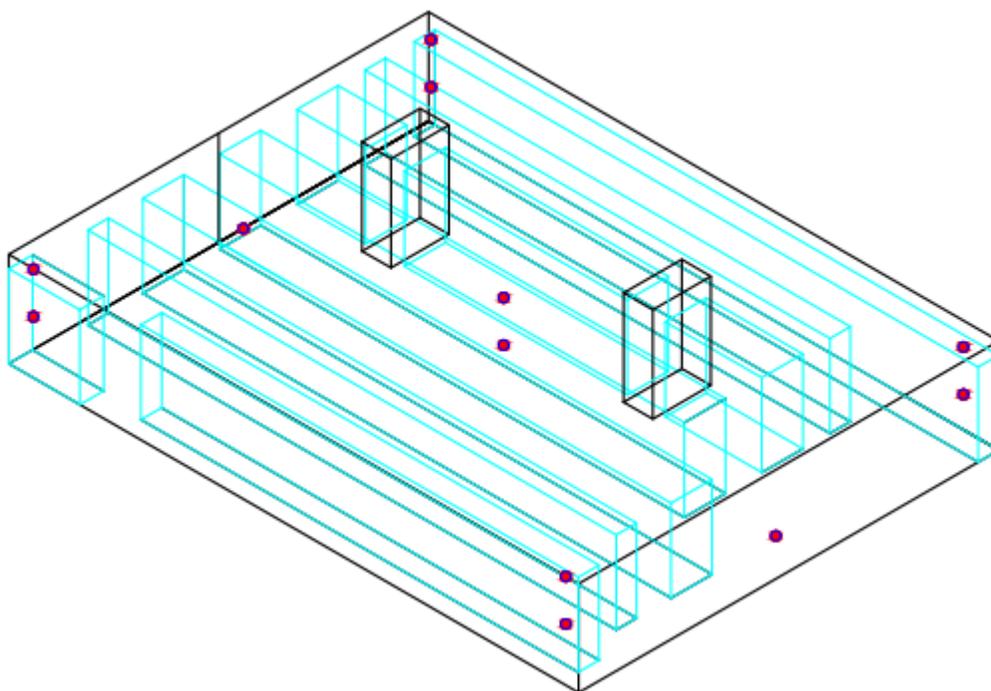
Nota: Elaboración propia.

La temperatura dentro de cámara medido por termómetros digitales colocados en los puntos críticos, como se muestra en la figura 3.20, (lugares donde el flujo del

aire frío no llega) como recomienda el Indecopi (procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático PC-018) se obtiene el siguiente gráfico de la temperatura medida durante 24 horas.

Figura 3.20:

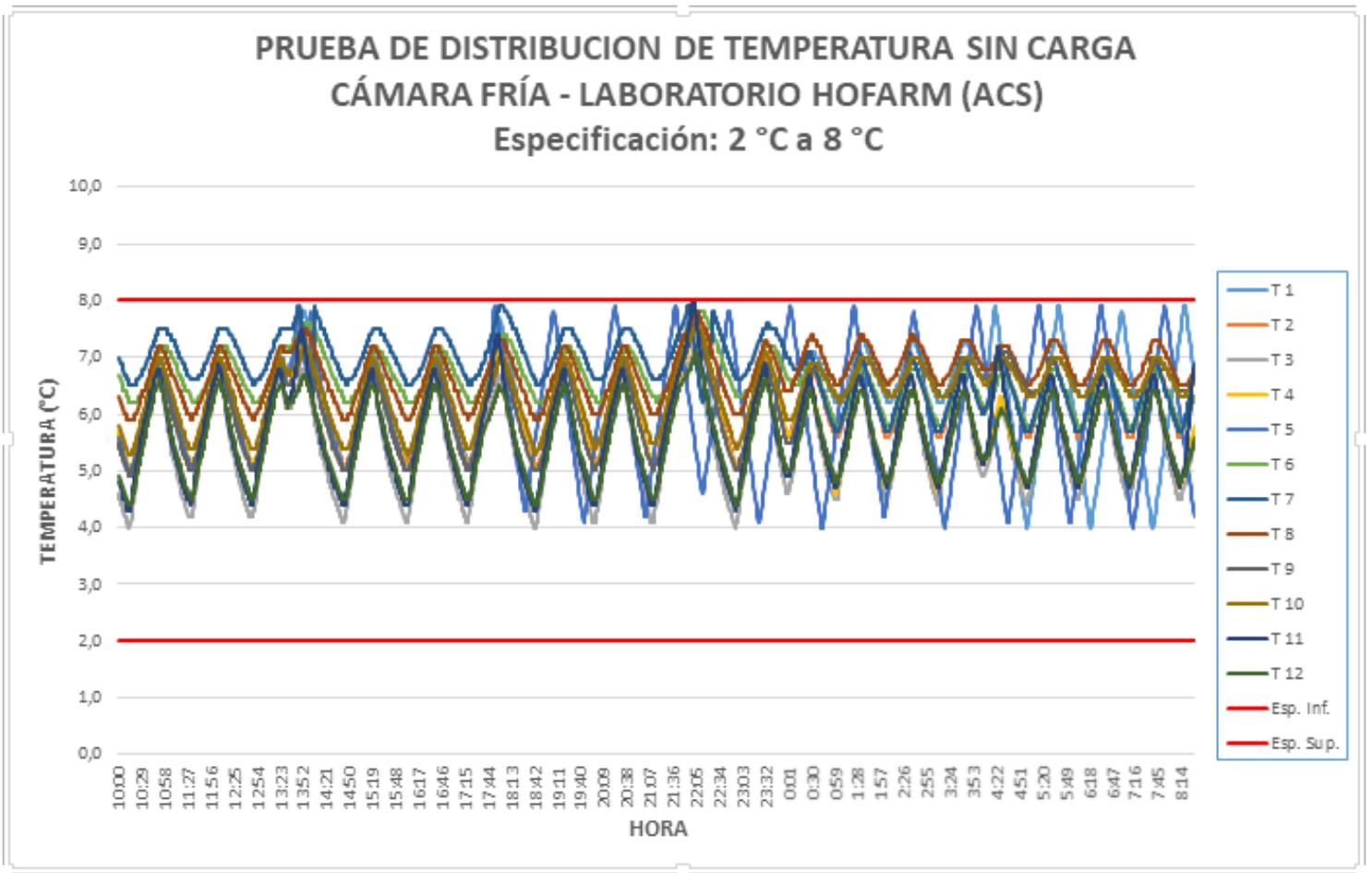
Ubicación de termómetros digitales colocados en puntos críticos de cámara de conservación de vacunas



Nota: Cada punto representa la ubicación de los termómetros digitales, elaboración propia.

Figura 3.21:

Temperatura de cámara de conservación en puntos críticos.



Nota: Elaboración propia.

Para la prueba de temperatura dentro de cámara de conservación se utilizaron 12 termómetros digitales distribuidos como se muestra en la siguiente figura.

CONCLUSIONES:

- Para diseñar la cámara de conservación y cumplir con el objetivo de cubrir capacidad de almacenamiento se hizo uso de las recomendaciones de la norma UNE-EN ISO 12241:2010 para el aislamiento de medios termostáticos. Se diseñó la cámara de conservación para un volumen de 326 m³ manteniendo una temperatura constante (4 °C a 7.7 °C), prueba que se realizó por un periodo de 24 horas, dentro de la cámara de conservación, esta temperatura se encuentra dentro de rango de temperatura 2 °C a 8 °C. con el volumen de 326 m³ se logró almacenar 980800 dosis de vacunas Sinopharm.
- Según el procedimiento para la calibración o caracterización de medios termostáticos con aire como medio termostático (PC-018 Indecopi), se instaló 12 termómetros digitales (T1, T2,.....,T12) que registraron la temperatura en puntos críticos (más alejados de la corriente de aire frío) durante 24 horas y se obtuvo que la temperatura en el punto T1 (7.7 °C) siendo el más crítico. todos los puntos se encuentran dentro del rango de temperatura $2\text{ °C} < (T1, T2, \dots, T12) < 8\text{ °C}$, se cumple con el objetivo de tener una temperatura homogénea (dentro del rango de temperatura 2 °C a 8 °C)
- Para la instalación y diseño de un sistema de respaldo según la norma RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones) sección instalaciones eléctricas-mecánicas, se obtuvo un sistema eléctrico que cumple el diseño recomendado, consta de llaves diferenciales, llaves térmicas, sistema de protección contra corriente, sistema de control de temperatura y un sistema automático que se encarga de poner en marcha el sistema de respaldo que está compuesto por un PLC (computador lógico programable) que se encarga de activar el sistema de respaldo cuando el sistema de refrigeración de cámara de conservación tenga una falla que impide su correcto funcionamiento.

RECOMENDACIONES:

- Se recomienda para el diseño de una cámara de conservación de 326 m³ considerar el cálculo de carga térmica por infiltración de aire el 5% del volumen total de la cámara de conservación como renovación de aire por hora, con este valor de volumen se logra una carga térmica que cumple con los requerimientos de temperatura dentro de cámara de conservación y un coste menor de equipamiento en el sistema de refrigeración, sin sobre dimensionar el sistema de refrigeración.
- Para que la temperatura en el punto más crítico (T1) no esté casi al límite de 8 °C, se recomienda que la temperatura de SET (temperatura programada en el controlador Full Gauge) sea de 4 °C.
- Se recomienda que, para el diseño de un sistema de respaldo, considerar el recorrido de conductores eléctricos de señal analógica sea según la recomendación de la ficha técnica, caso contrario para no afectar la señal por caída de tensión conectar una resistencia en paralelo al bulbo del sensor de temperatura o sensor de presión, que sea equivalente a la resistencia de la ficha técnica del sensor.

BIBLIOGRAFIA

Organización Panamericana de la Salud. (4 de septiembre de 2021). Cadena de frío. <https://www.paho.org/es/inmunizaci%C3%B3n/cadena-frio>

Catucuago Zurita, N. F., & Tipán Suntaxi, L. I. (2015). Diseño y construcción de una cámara frigorífica modular de 9.6m³ para conservación de vacunas. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9248>

Conductividad térmica. (12 de agosto de 2021). En Wikipedia. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Conductividad_t%C3%A9rmica&oldid=135965845

Estrategia Sanitaria Regional de Inmunizaciones. (4 de septiembre de 2021). Vacunas. <http://www.diresahuanuco.gob.pe/ESRI/vacuna.html>

Gas servei. (11 de septiembre de 2021). Ficha técnica del refrigerante R-404A. <https://gas-servei.com/shop/docs/ficha-tecnica-r-404a-gas-servei.pdf>

Asociación de la Industria del Poliuretano Rígido. (16 de agosto de 2021). La conductividad térmica de la espuma de poliuretano. <https://aislaconpoliuretano.com/conductividad-termica-espuma-de-poliuretano/>

Organización Mundial de la Salud. (28 de abril de 2021). Vacunas. <https://www.who.int/topics/vaccines/es/>

Oficina de Políticas de Enfermedades Infecciosas y VIH/SIDA. (26 de abril de 2021). Tipos de vacunas. <https://www.hhs.gov/inmunizacion/basicos/tipos/index.html>

Cengel, Y., Boles, M. (2011). Termodinámica [Archivo PDF]. <http://joinville.ifsc.edu.br/~evandro.dario/Termodin%C3%A2mica/Material%20Did%C3%A1tico/Livro%20-%20Cengel/Termodinamica%20-%20Cengel%207th%20-%20espanhol.pdf>

Cengel, Y., Ghajar, A. (2011). Transferencia de calor y masa [Archivo PDF]. <https://itscv.edu.ec/wp-content/uploads/2019/06/Transferencia-de-calor-y-masa.-Fundamentos-y-aplicaciones-Cuarta-Edici%C3%B3n.pdf>

Dossat, R. (2001). Principios de refrigeración [Archivo PDF].
<http://www.fao.org/3/y5013s/y5013s07.htm>

DANFOSS. (18 octubre 2021). Ficha técnica unidad condensadora Danfoss.

<https://assets.danfoss.com/documents/99861/AF160586440876es-000102.pdf>

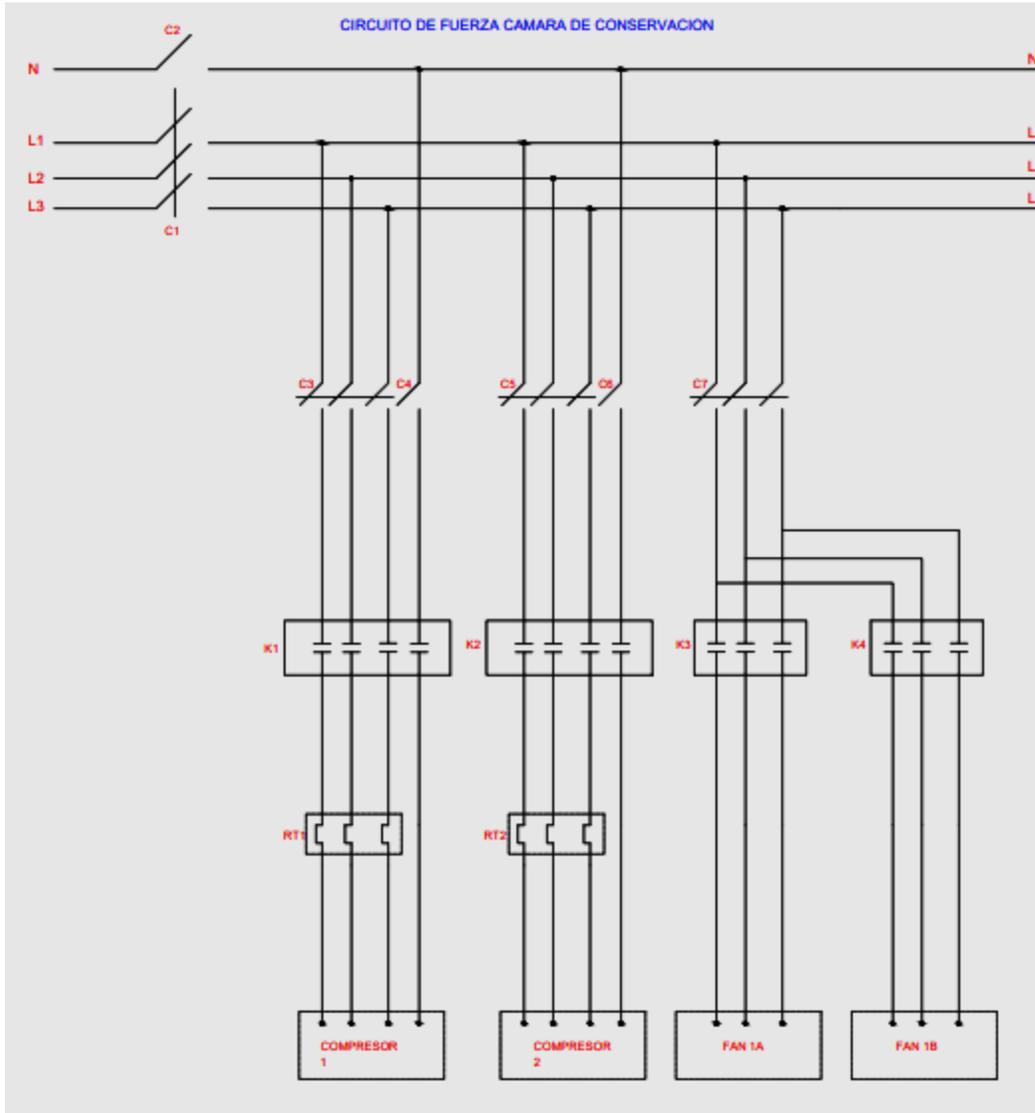
Mollinedo, R. (2014). Diseño De Una Cámara Frigorífica Para La Conservación De Sangre En El Hospital Municipal Boliviano Holandés De La Ciudad El Alto – La Paz.
<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/9321>

Manchego, C., Vera, J. (2020). Diseño de una cámara frigorífica para la conservación de medicinas en comunidades alejadas de la región Selva del Perú.
<https://hdl.handle.net/20.500.12394/9121>

ANEXO

ANEXO 01:

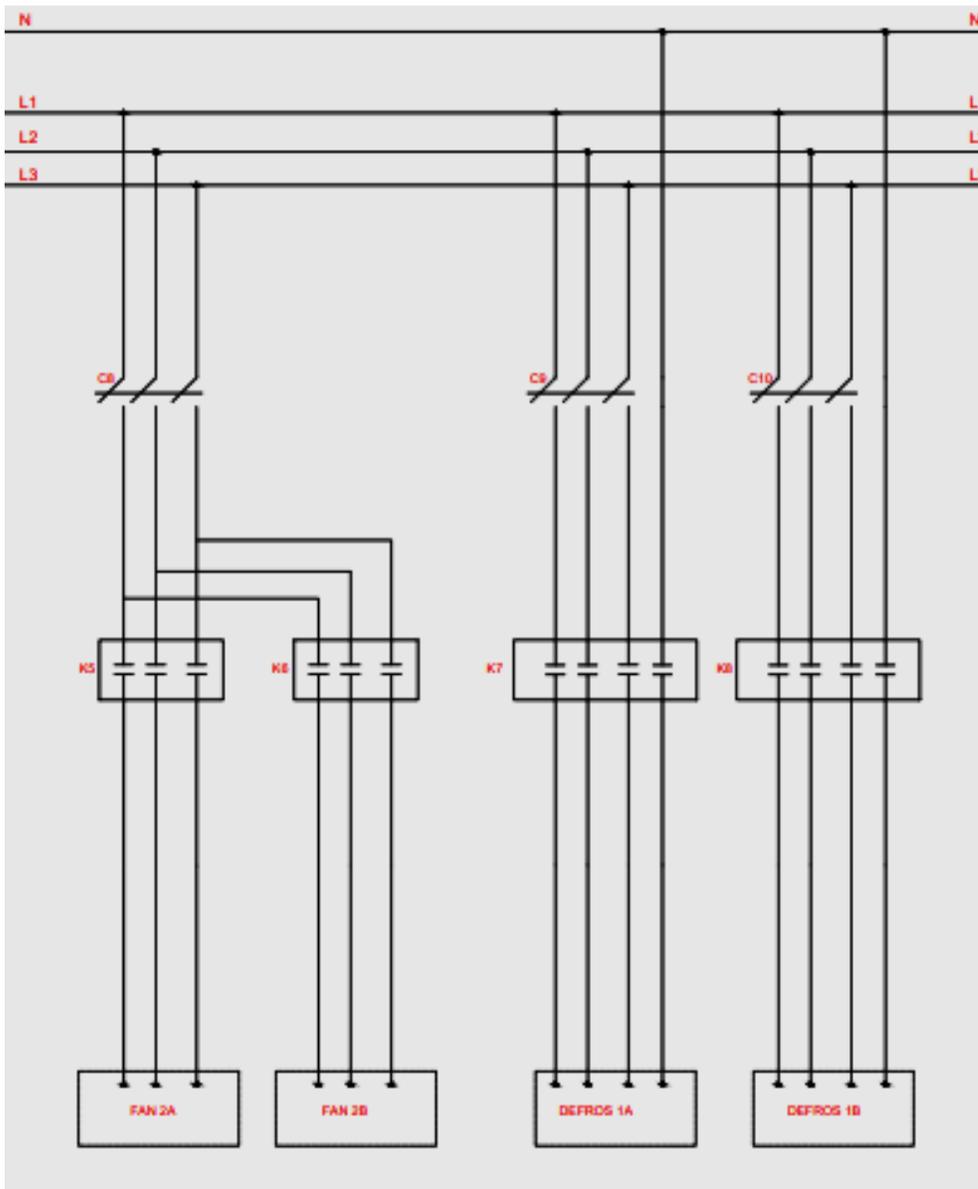
Circuito de fuerza cámara de conservación 1 de 3.



Nota: En la siguiente imagen se muestra el circuito de fuerza de cámara de conservación, elaboración propia.

ANEXO 02:

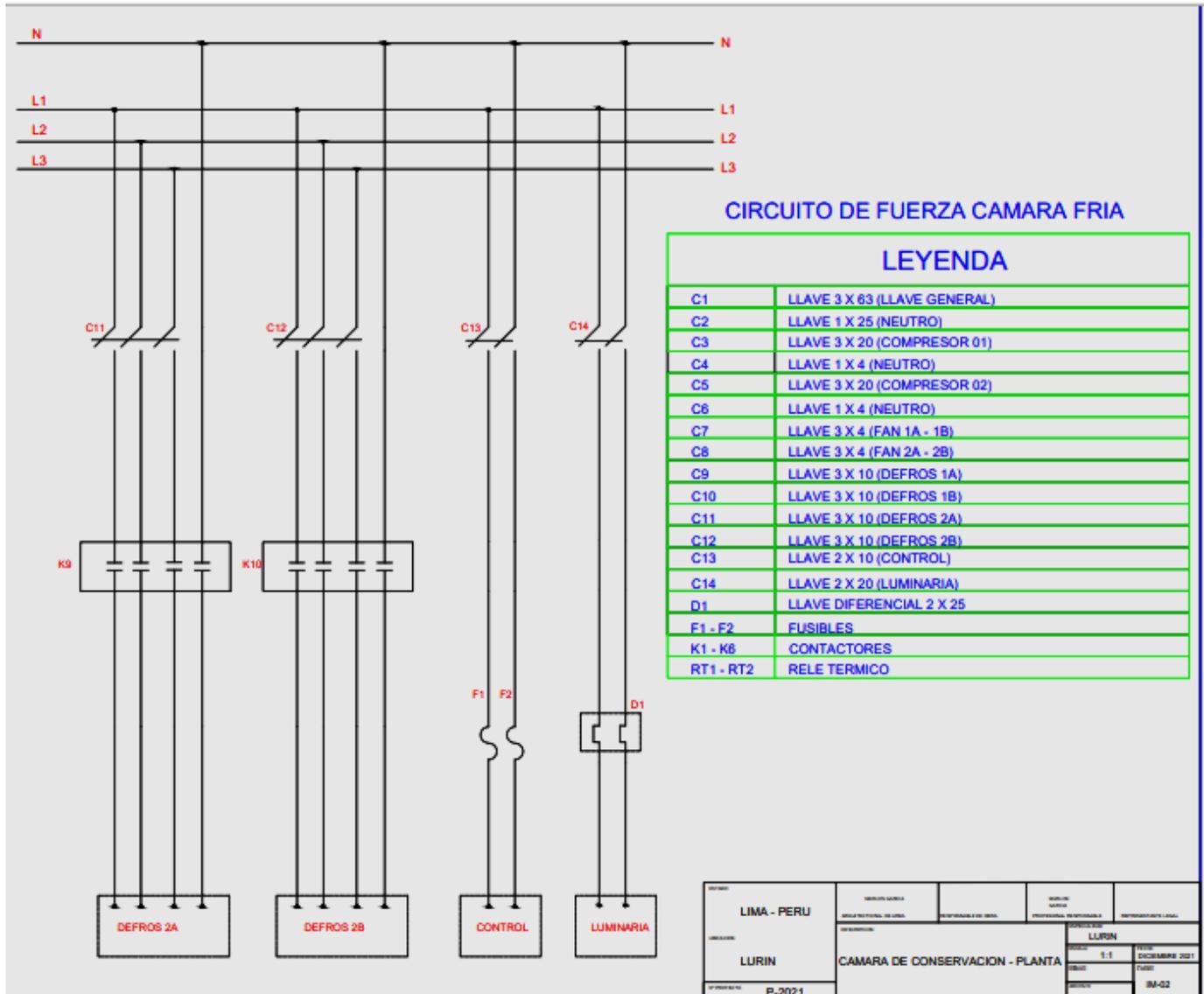
Circuito de fuerza cámara de conservación 2 de 3.



Nota: En la siguiente imagen se muestra el circuito de fuerza de cámara de conservación con todos los componentes de la cámara de conservación, elaboración propia.

ANEXO 03:

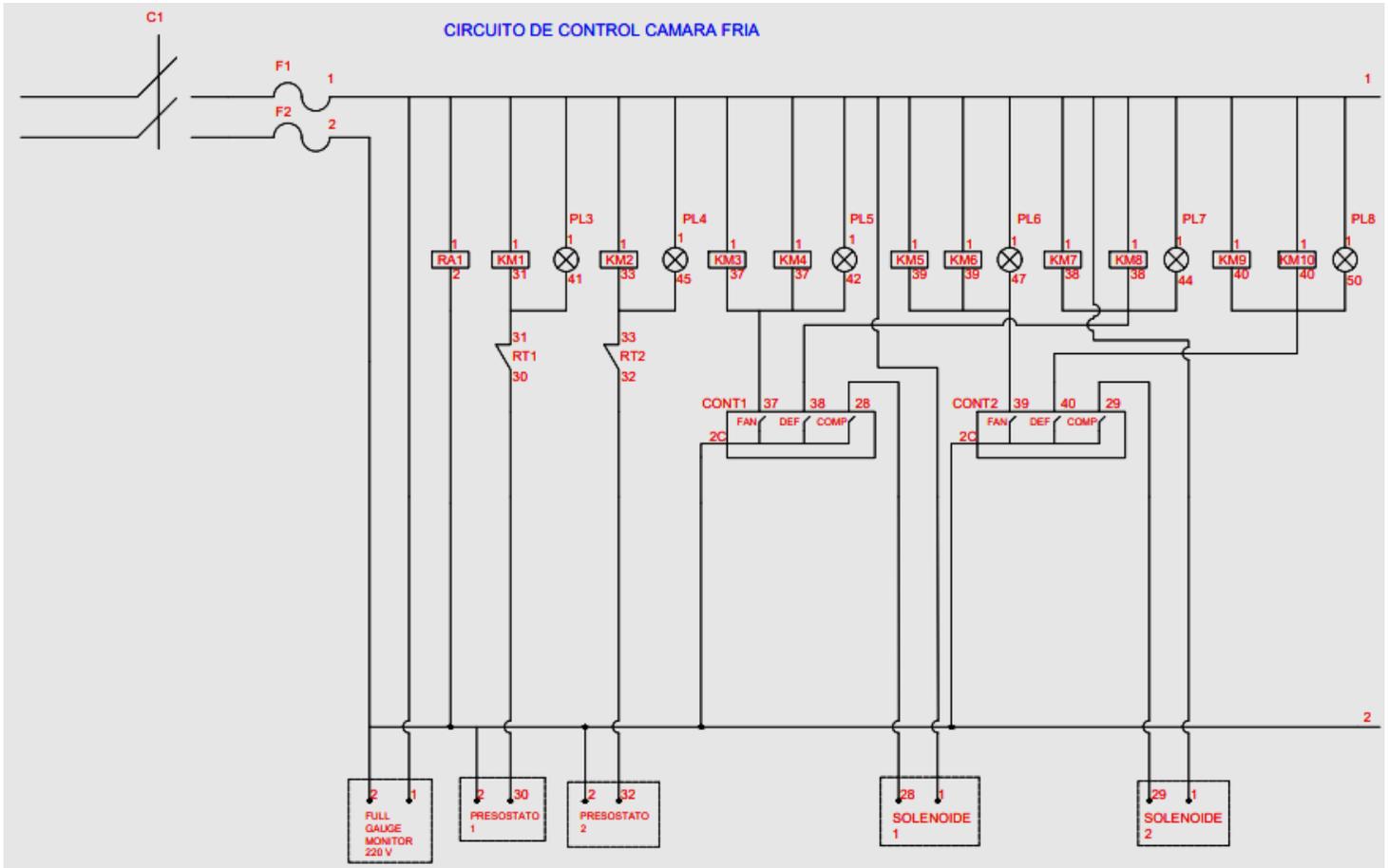
Circuito de fuerza cámara de conservación 3 de 3.



Nota: En la siguiente imagen se muestra el circuito de fuerza de cámara de conservación con todos los componentes de la cámara de conservación (compresor, ventilador evaporador, resistencias etc.), elaboración propia.

ANEXO 04:

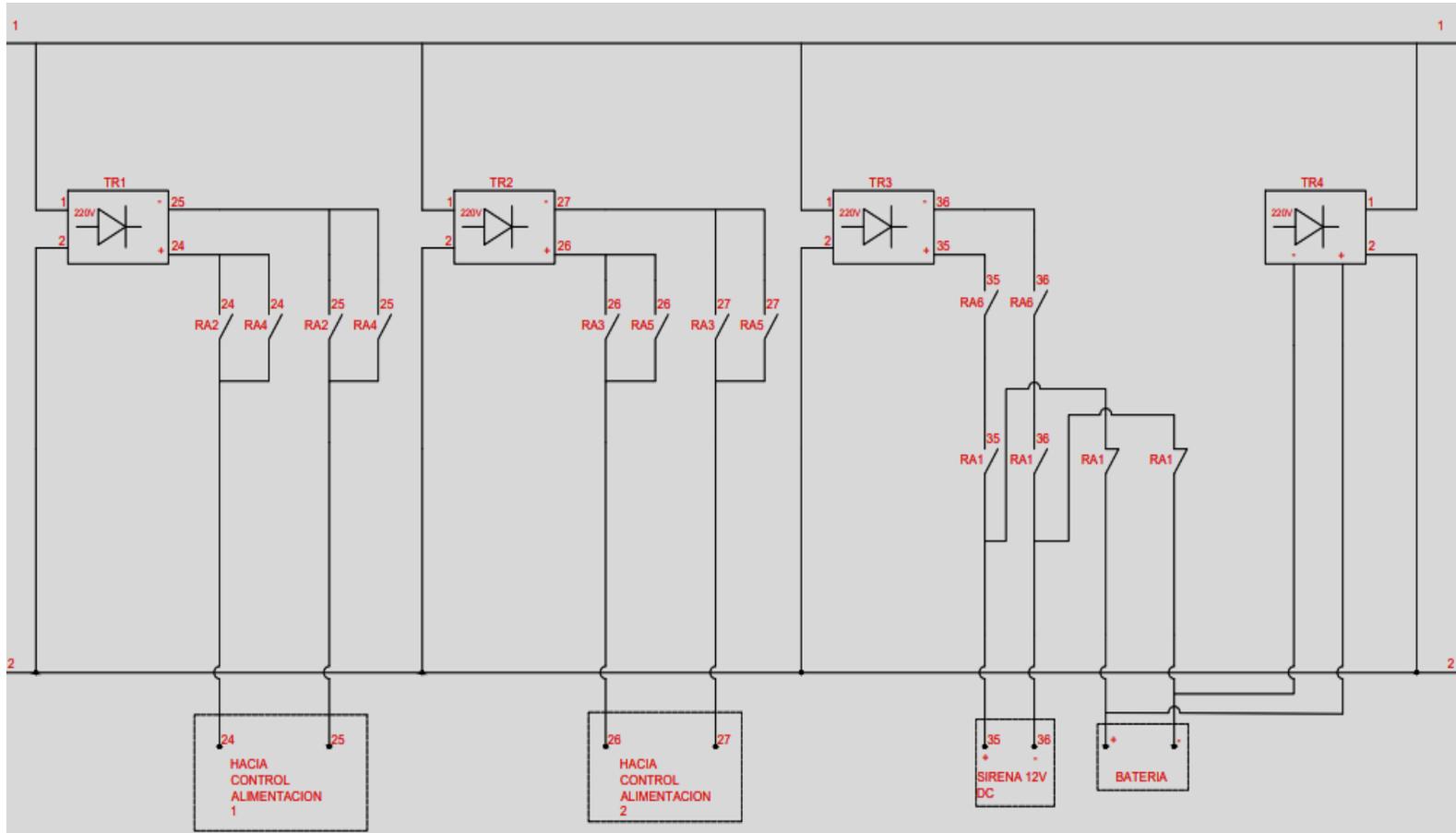
Esquema de control cámara de conservación 1 de 4.



Nota: En la siguiente imagen se muestra el esquema de control de cámara de conservación, elaboración propia.

ANEXO 05:

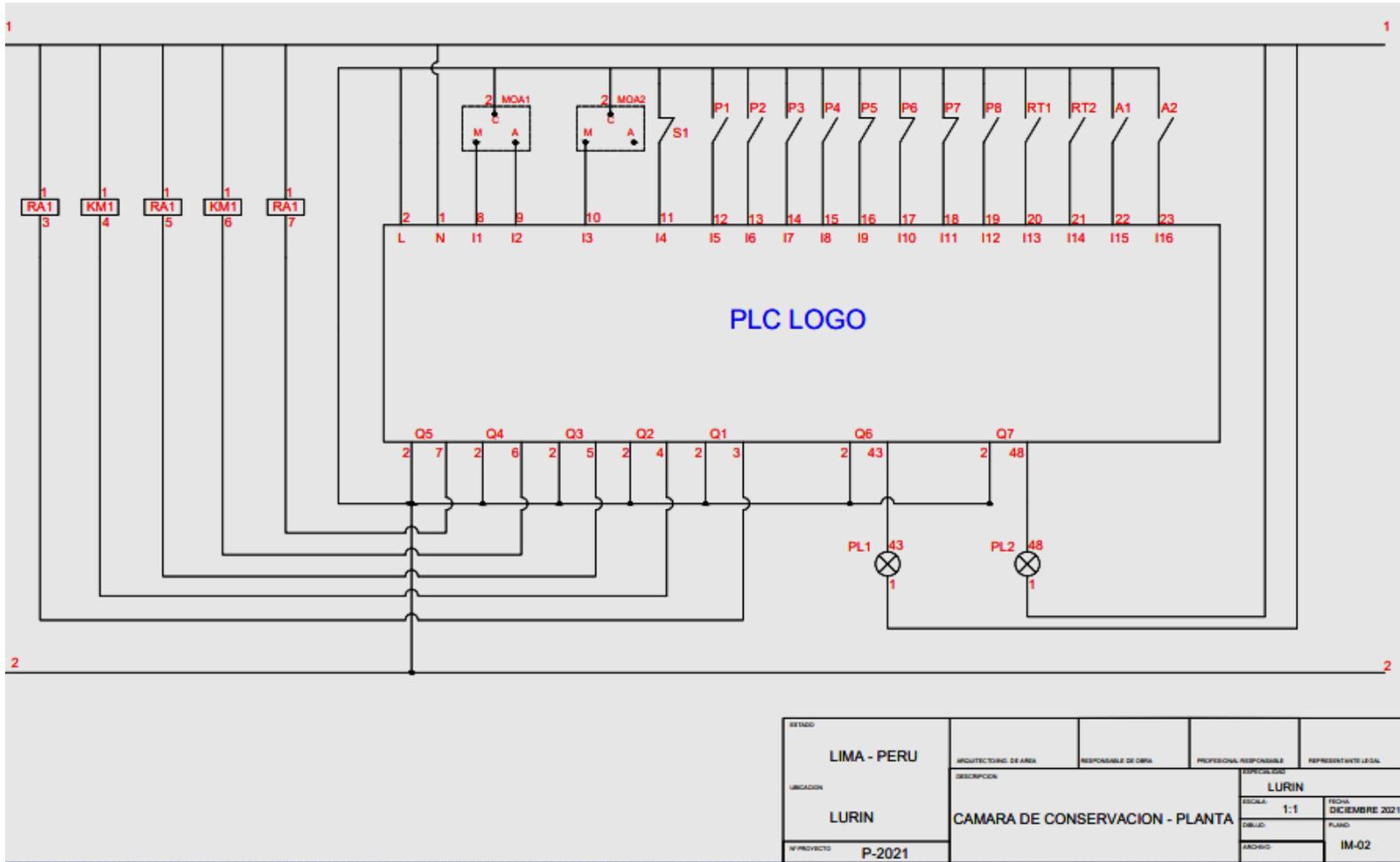
Esquema de control cámara de conservación 2 de 4.



Nota: En la siguiente imagen se muestra el esquema de control de cámara de conservación, elaboración propia.

ANEXO 06:

Esquema de control cámara de conservación 3 de 4.



REGION	LIMA - PERU			PROYECTO	P-2021
UBICACION	LURIN	ARQUITECTURA DE AREA	RESPONSABLE DE OBRA	PROFESIONAL RESPONSABLE	REPRESENTANTE LEGAL
		DESCRIPCION			CAMARA DE CONSERVACION - PLANTA
		ESPECIALIDAD			LURIN
		ESCALA	FECHA	DICIEMBRE 2021	
		DISEÑO	PLANO		
		ARCHIVO	IM-02		

Nota: En la siguiente imagen se muestra el esquema de control de cámara de conservación, elaboración propia.

ANEXO 07:

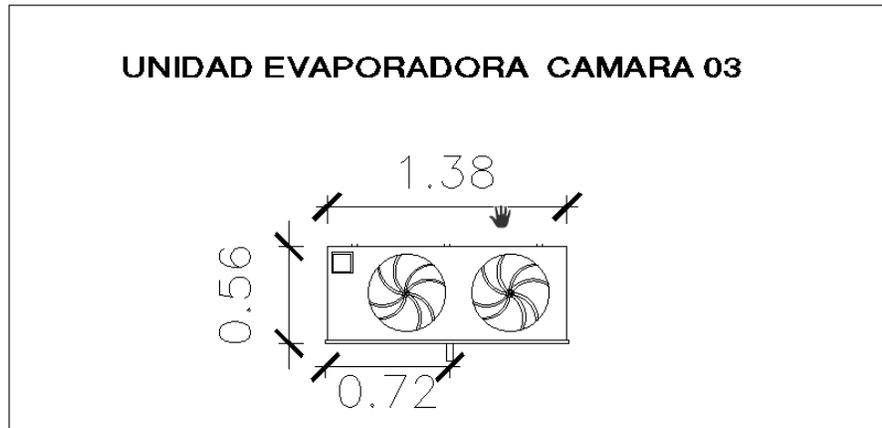
Esquema de control cámara de conservación (leyenda) 4 de 4.

LEYENDA	
PL3	PILITO VERDE COMPRESOR 1
PL4	PILITO VERDE COMPRESOR 2
PL5	PILOTO VERDE FAN 1
PL6	PILOTO VERDE FAN 2
PL7	DEFROS 1 (SISTEMA DE DESHIELO)
PL8	DEFROS 2 (SISTEMA DE DESHIELO)
TR1	FUENTE FULL GAUGE 1
TR2	FUENTE FULL GAUGE 2
TR3	FUENTE REFULABLE
TR4	CARGADOR DE BATERIA
S1	PULSADOR HOMBRE ATRAPADO
MOA1	SELECTOR MANUAL/AUTOMATICO 1
MOA2	SELECTOR MANUAL/AUTOMATICO 2
P1	PULSADOR VERDE COMPRESOR 1
P2	PULSADOR VERDE RESISTENCIA 1
P3	PULSADOR VERDE COMPRESOR 2
P4	PULSADOR VERDE RESISTENCIA 2
P5	PULSADOR ROJO COMPRESOR 1
P6	PULSADOR ROJO RESISTENCIA 1
P7	PULSADOR ROJO COMPRESOR 2
P8	PULSADOR ROJO RESISTENCIA 2
RT1	RELE TERMICO 1 (NA)
RT2	RELE TERMICO 2 (NA)
A1	SEÑAL ALARMA CONTROL 1
A2	SEÑAL ALARMA CONTROL 2
RA1 – RA6	RELE ENCAPSULADO
KM1 – KM10	CONTACTOR
PL1	PILOTO ROJO SISTEMA 1
PL2	PILOTO ROJO SISTEMA 2

Nota: En la siguiente tabla se muestra la leyenda del esquema de control de cámara de conservación, elaboración propia.

ANEXO 08:

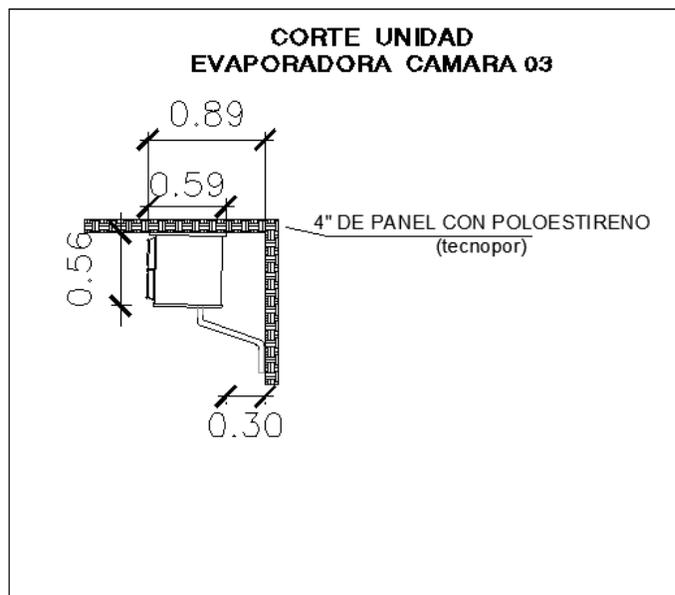
Vista frontal y dimensión de unidad evaporadora.



Nota: Elaboración propia.

ANEXO 09:

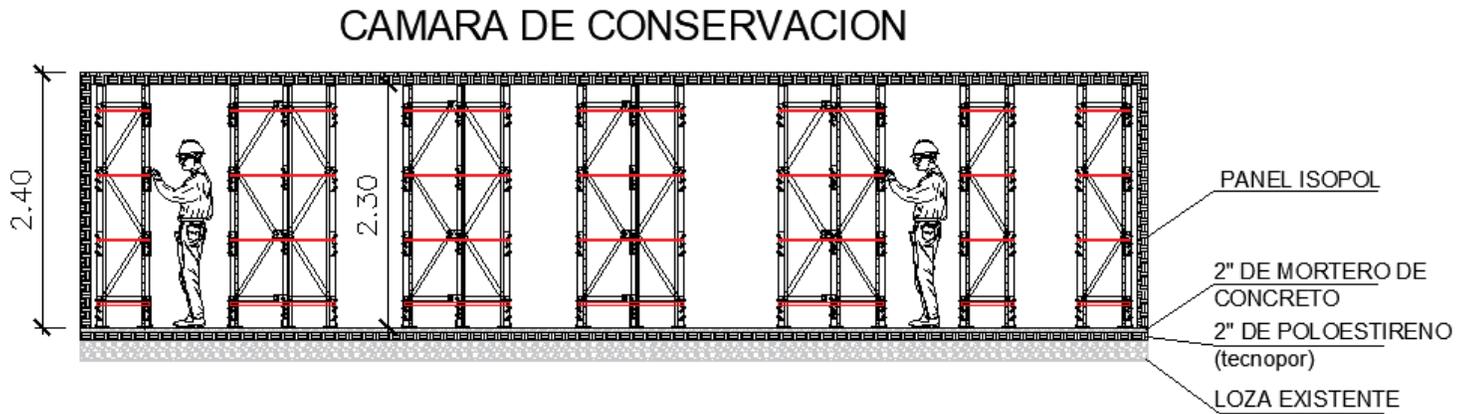
Vista lateral y dimensión de unidad evaporadora.



Nota: Se muestra las dimensiones y como se montará la unidad evaporadora, Elaboración propia.

ANEXO 10:

Vista frontal de rack en cámara de conservación.



Nota: Se muestra la distribución de rack dentro de cámara de conservación,
Elaboración propia.