

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**



TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

“Comparativa del cumplimiento de la norma ANSI IIR II-2014 en el diseño de un sistema industrial de refrigeración por amoníaco de una procesadora de frutas congeladas ubicada en San Carlos, Costa Rica”

Informe de Práctica de Especialidad para optar por el Título de Ingeniero en
Mantenimiento Industrial, Grado Licenciatura.

REALIZADO POR:
Eddy López Alfaro

Cartago, diciembre 2022



Datos personales

Nombre completo: Eddy Gerardo López Alfaro

Número de cédula: 2 0776 0524

Número de carné: 2017130911

Edad: 24 años

Números de teléfono: 85404678

Correos electrónicos: lopezalfa4@gmail.com / lopezalfa4@estudiantec.cr

Dirección exacta de domicilio: 200 m norte de Escuela San José de Aguas Zarcas, Aguas Zarcas, San Carlos, Alajuela.

Datos de la Empresa

Nombre: Refrigeración y soluciones en frío

Actividad Principal: Ofrece soluciones de Refrigeración Industrial y Comercial en Costa Rica y la región.

Dirección: Río Segundo, Alajuela, Condominio Comercial Terrum, Bodega 13.

Contacto: Andrés Mora Peraza

Teléfono: 8518-0782

Profesor guía y profesores lectores

Profesor guía: Ing. Rodolfo Elizondo

Lector 1: Ing. Joshua Guzmán

Lector 2: Ing. Victor Julio Hernández

Carta de aceptación de la Empresa



Carta aceptación



27 de abril del 2022

Ing. Ignacio Del Valle Granados
Coordinador práctica profesional
Escuela Ingeniería Electromecánica
Tecnológico de Costa Rica

CARTA ACEPTACIÓN PRÁCTICA PROFESIONAL

Yo Andrés Mora Peraza, ingeniero en mantenimiento industrial con código de colegiado IMI-30943, acepto al estudiante Eddy López Alfaro, cédula 2 0776 0524, carné 2017130911 para realizar el proyecto “**Comparativa del cumplimiento de las normas ANSI IIAR II-2014 y NEC 2014, en el diseño de un sistema de refrigeración por amoníaco de una procesadora de frutas congeladas, ubicada en San Carlos, Costa Rica**” en las instalaciones y proyectos de interés de mi representada Refrigeración y Soluciones de Frío S.A.

El proyecto a realizar por parte del estudiante **no se considera confidencial** y es de gran interés para nuestra empresa como parte de las acciones de diseño de una planta de proceso de frutas basado en el cumplimiento de las normas de seguridad industrial citadas, para el aseguramiento de la operatividad segura para los usuarios clientes de mi representada.

Ing. Andrés Mora Peraza
Ingeniería de Proyectos
IMI-30943

REFRIGERACION Y SOLUCIONES DE FRIO
Condominio Comercial TERRUM, bodega #13
Rio Segundo, Alajuela
Tel: (506)2441-8162
info@rsfcr.com

Carta de aprobación del filólogo

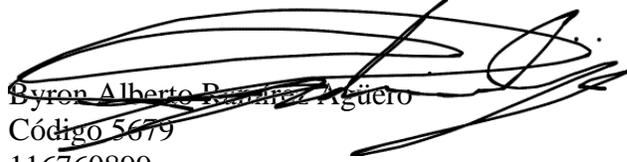
San José, 12 de noviembre de 2022

Señores y señoras
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Electromecánica

Yo, Byron Alberto Ramírez Agüero, mayor, soltero, filólogo y editor literario de profesión, asociado a la Asociación Costarricense de Filólogos, portador de la cédula de identidad número 1-1676-0899, hago constar que he revisado el Trabajo final de graduación del estudiante Eddy López Alfaro, cuyo título es “Comparativa del cumplimiento de la norma ANSI IIAR II-2014 en el diseño de un sistema industrial de refrigeración por amoníaco de una procesadora de frutas congeladas ubicada en San Carlos, Costa Rica” para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial.

Han sido revisados los aspectos relacionados con estructura gramatical, acentuación, ortografía, puntuación y vicios del lenguaje presentes en el texto. Por consiguiente, se considera que, desde el punto de vista filológico, el presente trabajo se encuentra listo para utilizarse en los trámites formales que el estudiante considere apropiados.

Atentamente:



Byron Alberto Ramírez Agüero
Código 5679
116760899
ramirezagueroby@gmail.com

Dedicatoria

A mi madre y padre, por el apoyo incondicional a través de este importante paso en mi vida. Gracias por enseñarme a buscar siempre ser una mejor persona y a partir de ahora también a ser un mejor profesional, te amo padre, te amo madre.

*A mi hermana por apoyarme y brindarme su ayuda durante esta experiencia, te amo
hermana.*

*A mi persona, por la perseverancia aún en los momentos más frustrantes y difíciles de la
carrera.*

Agradecimiento

A mi padre y madre por el amor, comprensión y apoyo que me ofrecen de forma abundante y por siempre confiar en mis capacidades incluso más de lo que yo mismo soy capaz.

A mis mejores amigos Adrián Castro, Andrés Madriz, Oscar Valerio y Steven Porras, por ser de los pilares fundamentales en mi vida y regalarme momentos únicos e inolvidables, apoyarme y por creer en mí en esta, anteriores y espero que en futuras etapas.

A los profesores que demostraron un verdadero interés porque yo y mis compañeros aprendiéramos. Gracias por el esfuerzo adicional y por la calidad de enseñanza que ofrecen. Menciones especiales a los profesores Alberto Garro, Oscar Monge, Ignacio Del Valle, Frank Marín y Noel Ureña, entre otros.

Al profesor Rodolfo Elizondo quien me colaboró como profesor guía en esta recta final.

A Lisandro Salas por brindarme la oportunidad de realizar mi proyecto como parte de su empresa Refrigeración y Soluciones de Frío.

Al Ingeniero Andrés Mora de RSF quien me apoyó, asistió y enseñó mucho durante el desarrollo de este Trabajo Final de Graduación.

A mis amigos y compañeros de carrera más cercanos que hicieron de esta travesía una experiencia más amena y enriquecedora tanto académica como personalmente.

Agradecerles por el apoyo y las risas que nos ayudaron liberar tensión durante la maravillosa vida universitaria que compartimos, espero mantener este contacto, pero ahora como colegas profesionales.

Contenido

Resumen	1
Abstract.....	2
Capítulo 1. Introducción.....	3
1.1. Reseña de la empresa.....	4
1.2. Planteamiento del problema.....	6
1.3. Problema por resolver.....	6
1.4. Justificación	7
1.5. Viabilidad	11
1.6. Objetivos.....	12
1.6.1. Objetivo general	12
1.6.2. Objetivos específicos.....	12
1.7. Metodología.....	12
1.8. Alcance	14
1.9. Limitaciones	15
Capítulo 2. Marco teórico.....	16
2.1. Conceptos fundamentales	16
2.2. Componentes del sistema de refrigeración	18
2.3. Aspectos de la norma ANSI IIAR II-2014	19
2.3.1. Ubicación de equipos.....	19
2.3.2. Requisitos generales	19
2.3.3. Concentración de fugas de amoníaco	19

2.4.	Sala de máquinas	20
2.5.	Dispositivos de protección contra sobrepresión	20
2.6.	Instrumentos y control	21
2.6.1.	Detección de amoniaco y alarmas.....	22
2.6.2.	Dimensionamiento de tuberías.....	23
2.7.	Aspectos relacionados con la peligrosidad del amoniaco	24
Capítulo 3. Desarrollo del proyecto		25
3.1.	Aspectos de la norma ANSI IIAR II-2014 que son comparados con el diseño actual del sistema. 26	
3.1.1.	Ubicación de equipos.....	26
3.1.1.1.	Sistemas al aire libre	26
3.1.1.2.	Espacios que no son sala de máquinas (espacios industriales)	28
3.1.2.	Requisitos generales	38
3.1.2.1.	Amoniaco.....	38
3.1.2.2.	Concentración de fuga de amoniaco	38
3.1.2.3.	Refrigeración por amoníaco con refrigerantes secundarios	39
3.1.2.4.	Presión de diseño del sistema	40
3.1.2.5.	Temperatura de diseño.....	41
3.1.2.6.	Materiales	41
3.1.2.7.	Purga.....	44
3.1.2.8.	Manejo de aceite	45
3.1.2.9.	Aislamiento.....	46
3.1.2.10.	Cimientos, tuberías, tubos y soporte de los equipos	47
3.1.2.11.	Disposiciones de servicio.....	47
3.1.2.12.	Pruebas.....	49

3.1.2.13.	Señalización, etiquetas y marcado de tuberías	49
3.1.2.14.	Documentación para el apagado de emergencia	50
3.1.2.15.	Cerramientos del equipo	51
3.1.2.16.	Requisitos generales de seguridad	52
3.1.3.	Sala de máquinas	55
3.1.3.1.	Construcción	55
3.1.3.2.	Desagüe.....	56
3.1.3.3.	Acceso y salida	57
3.1.3.4.	Materiales combustibles.....	58
3.1.3.5.	Llamas abiertas y superficies calientes	59
3.1.3.6.	Tuberías	60
3.1.3.7.	Lavaojos y ducha de emergencia	60
3.1.3.8.	Seguridad eléctrica.....	62
3.1.3.9.	Entrada y salida.....	62
3.1.3.10.	Iluminación	63
3.1.3.11.	Interruptores de control de emergencia.....	63
3.1.3.12.	Detección de amoniaco y alarmas.....	64
3.1.3.13.	Ventilación.....	65
3.1.3.14.	Señalización.....	68
3.1.4.	Dispositivos de protección contra sobrepresión	68
3.1.4.1.	Dispositivos de alivio de presión	68
3.1.4.2.	Protección de alivio de presión	72
3.1.4.3.	Tuberías del dispositivo de alivio de presión.....	74
3.1.4.4.	Descargas de los dispositivos de alivio de presión	75
3.1.5.	Instrumentos y control	76
3.1.5.1.	General.....	76
3.1.5.2.	Indicadores visuales de nivel de líquido	78

3.1.5.3.	Controles sensores eléctricos	78
3.1.6.	Detección de amoniaco y alarmas.....	79
3.2.	Dimensionamiento de tuberías.....	81
Capítulo 4.	Comparativa financiera	86
Capítulo 5.	Conclusiones y recomendaciones.....	94
Capítulo 6.	Cronograma proyectado para el desarrollo del proyecto.....	95
Capítulo 7.	Bibliografía.....	96
Anexos	98

Contenido de figuras

Figura 1.....	5
Figura 2.	8
Figura 3.	24
Figura 4.	43
Figura 5.	44
Figura 6.....	83
Figura 7.	84
Figura 8.....	90
Figura 9.....	94

RESUMEN

Este informe de trabajo final de graduación expone la importancia del diseño de un sistema de refrigeración por amoníaco bajo una norma que incremente las condiciones de seguridad para el sistema, las instalaciones, algunos equipos, el personal, los habitantes circundantes y el medio ambiente. Esta relevancia se presenta mediante la comparación de algunos de los requisitos de la NORMA ANSI IIAR II 2014 con el diseño actual de un sistema de refrigeración por amoníaco de una planta real que procesa de fruta congelada, ubicada en San Carlos. Además, se ejecuta el método para seleccionar los diámetros de las tuberías del sistema de refrigeración por amoníaco mediante el Manual de dimensionamiento de tuberías de amoníaco de IIAR, comparándolos con los diámetros planteados en el diseño actual. Finalmente, se exponen los costos aproximados de los elementos adicionales al diseño básico funcional, que se deberían de implementar en un sistema de refrigeración por amoníaco para cumplir con la Norma ANSI IIAR II 2014. Complementariamente, se presentan algunos casos reales de accidentes con amoníaco, nacionales e internacionales que ayudan a proyectar la magnitud de los costos de incidentes, los cuales se pueden llegar a mitigar mediante la implementación de sistemas, configuraciones y disposiciones que proponen las normas como la ANSI IIAR II 2014, ya que, estas ofrecen una operación eficiente y segura del sistema, resultando en una menor posibilidad de accidentes y en caso de ocurrencia, el impacto negativo es relativamente menor.

ABSTRACT

This final graduation work report exposes the importance of an ammonia refrigeration system being designed under a standard that increases the safety conditions for the system, the facilities, some equipment, the personnel, the inhabitants, and the environment. This relevance is presented by comparing some of the requirements of the ANSI IIAR II 2014 STANDARD with the current design of an ammonia refrigeration system of a real plant that processes frozen fruit and it's located in San Carlos. In addition, the method to select the diameters of the pipes of the ammonia refrigeration system is executed through the IIAR Ammonia Pipes Sizing Manual, comparing them with the diameters proposed in the current design. Finally, the approximate costs of the additional elements to the basic functional design are exposed, which should be implemented in an ammonia refrigeration system to fulfill the ANSI IIAR II 2014 Standard. In addition, there are exposed some real, national, and international cases of accidents with ammonia, which helps to dimension the magnitude of the costs of incidents, which can be mitigated through the implementation of systems, configurations and provisions proposed by standards such as ANSI. IIAR II 2014 since these offer an efficient and safe operation of the system, resulting in a lower possibility of accidents and in case of occurrence, the negative impact is relatively minor.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de refrigeración son componentes vitales en muchas áreas de la industria desde hace décadas, donde los más utilizados se caracterizan por emplear el amoníaco como refrigerante principal. El amoníaco es un refrigerante natural con cualidades termodinámicas muy favorables, siendo tan significativas que desde sus primeras implementaciones en 1876 por Carl von Linde, se sigue utilizando actualmente y no existe un refrigerante natural ni sintético que compita con sus capacidades. Sin embargo, es una sustancia peligrosa para la salud humana, lo cual limita sus aplicaciones y lo hace un refrigerante de manipulación cuidadosa.

Por lo tanto, para mantener el uso del amoníaco como refrigerante y aprovechar sus cualidades, los sistemas deben ser diseñados contemplando la seguridad del personal como una aspecto igual o más importante que la capacidad de satisfacer la necesidad determinada.

La norma NEC 2014 establece pautas que permiten una alta seguridad para la integridad humana respecto a las instalaciones eléctricas del sistema, por lo tanto, deben ser respetadas al momento de desarrollar los diseños de sistemas. Además, la norma ANSI IAR II-2014 ofrece recomendaciones que colaboran en el diseño para obtener una mayor seguridad en los sistemas y para las personas.

El siguiente trabajo final de graduación pretende exponer los resultados de la comparativa desarrollada entre el sistema de refrigeración industrial de una procesadora de frutas congeladas, ubicada en San Carlos, Costa Rica, respecto a las normas ANSI IAR II-2014 y NEC 2014.

Reseña de la empresa

Refrigeración y Soluciones de Frío de Costa Rica abreviado como RSFcr es una empresa fundada en el 2007 y ubicada en Rio Segundo de Alajuela, en la Bodega número 13 del Condominio Comercial Terrum desde 2008.

Dicha empresa se enfoca en brindar soluciones integrales para las implicaciones frigoríficas del sector industrial y comercial, ofreciendo amplia variedad de alternativas con las cuales suplir las necesidades planteadas por los/las clientes, manteniendo una armonía entre una satisfactoria solución, la eficiencia energética y el impacto ambiental. La experiencia de la empresa involucra ingeniería de proyectos a partir del concepto “llave en mano”, mantenimiento y operación. Se encuentra inscrita ante el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de CR (CFIA) como Empresa Constructora & Consultora, y ante el Instituto Internacional de Refrigeración por Amoniacó (IIAR) como empresa de diseño, ingeniería y construcción de sistemas de refrigeración industrial.

La empresa año con año expande sus oportunidades de solución a la industria pesquera, la industria cárnica, agroindustria, “retail”, industria alimentaria, construcción, educación y la industria médica.

Planteando la refrigeración como un proceso de mejora continua, RSFcr se dedica a encontrar, mediante el análisis exhaustivo de datos, la solución óptima y eficiente que cumpla los requerimientos solicitados, incluyendo como valor agregado el conocimiento y la experiencia en participación de diseño de cientos de plantas desarrolladas.

Proceso productivo

RSFcr dirige su producción a la venta de servicios de refrigeración industrial. Su estrategia de ofrecer su servicio se enfoca en varios aspectos en el completo desarrollo de un proyecto, manteniendo su objetivo de satisfacer las necesidades determinadas del cliente. Su proceso productivo se resume en el desarrollo de la ingeniería, instalación y puesta en marcha; este método es conocido como un proyecto de tipo “llave en mano”, donde se contempla la ejecución, logística, instalación y puesta en marcha de las distintas partes del sistema frigorífico, entregando una solución de refrigeración que se encuentra preparada para ser aprovechada.

Figura 1

Diagrama de proceso productivo de RSF



Fuente: Elaboración propia

La capacitación del personal es un aspecto opcional que tiene a su disposición la/el cliente.

1.2 Planteamiento del problema

En esta sección se pretende establecer los aspectos generales del problema a resolver y las implicaciones de desarrollar una comparación del diseño contra los requisitos de las normas mencionadas, en un sistema industrial de refrigeración por amoníaco.

1.2.1 Problema por resolver

¿Cumple el diseño del sistema de refrigeración industrial por amoníaco de una planta procesadora de frutas congeladas, ubicada en San Carlos, con las normas ANSI IIR II-2014 y NEC 2014?

El amoníaco es un refrigerante natural que cuenta con propiedades termodinámicas que lo hacen una excelente herramienta en esta área, tanto por su capacidad refrigerante como por su interacción con el medio ambiente. Según York International S.A. de C.V (2005):

El costo del amoníaco menor que cualquier refrigerante sintético, de manera general cuesta de un 10 a un 20% menos en instalación y al ser una sustancia natural, no tiene una fecha límite en que se pueda producir o usar, a diferencia de otros refrigerantes sintéticos cuyo uso o producción está limitada a una cierta cantidad de años. (p.3)

Sin embargo, se tiene la dificultad de la alta toxicidad que caracteriza al amoníaco, lo cual lo hace un producto peligroso de emplear en la industria. Según California Department of Industrial Relations & California Division of Occupational Safety and Health Administration, (2013), el amoníaco (NH_3) es corrosivo para piel, ojos y pulmones, aun en concentraciones bajas en el aire; además se indica que los síntomas de exposición al amoníaco anhidro pueden incluir quemaduras a la piel y a los ojos, dolor de garganta severo,

y tos/respiración con silbido. Asimismo, agregan que la exposición a 300 partes por millón de amoníaco es Inmediatamente Peligroso a la Vida y Salud (IDLH por sus siglas en inglés).

El problema radica en los desastres causados por fugas de amoníaco. De acuerdo con Technical Safety BC. (2020) “Entre 2007 y 2017, se informaron 59 liberaciones de amoníaco. De estos, 14 incidentes resultaron en 40 informes de exposición al amoníaco, incluidas tres exposiciones fatales”.

Por lo tanto, a pesar de que no todos los accidentes por fuga de amoníaco no son ocasionados por no seguir normas que regulen el diseño del sistema de refrigeración; se deben enfocar esfuerzos en desarrollar un sistema que contemple un equilibrio entre la seguridad que se logra al diseñar un sistema de refrigeración por amoníaco que se apoya en las normas ANSI IIAR II-2014 y el costo que conlleva adaptar este diseño a las indicaciones de esta norma. Obteniendo así un sistema de refrigeración bastante seguro y sin requerir un presupuesto extremadamente elevado para alcanzar esta seguridad.

1.2.3 Justificación

En esta sección se exponen distintos motivos por los cuales resulta de suma importancia buscar el máximo apego a las normas en el diseño de los sistemas de refrigeración.

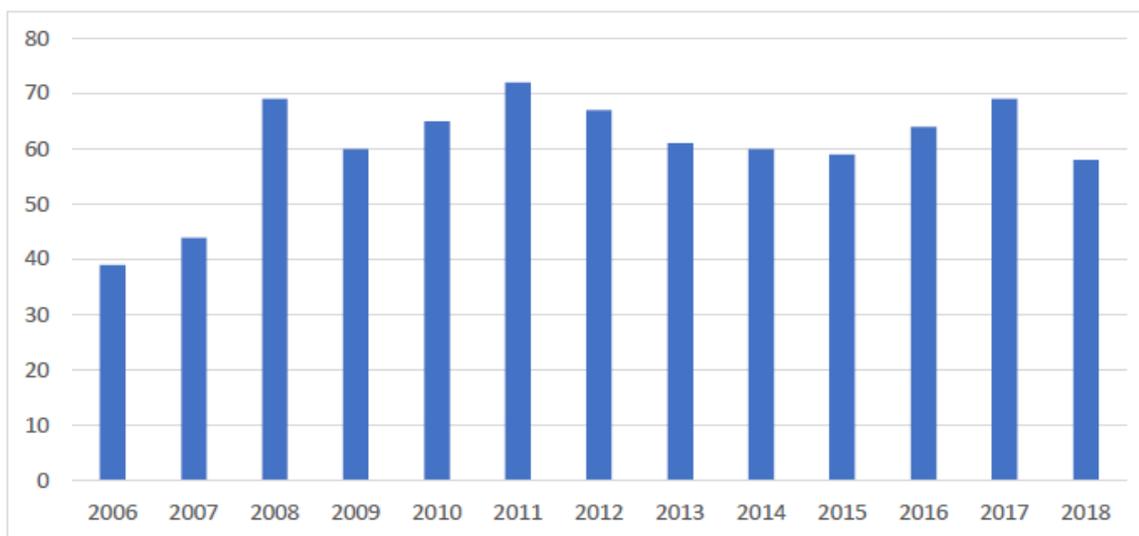
Incumplir las normas en el diseño de un sistema de refrigeración representa un riesgo para la seguridad de las personas de la planta y sus alrededores, pues, a pesar de que la gran mayoría de diseños son capacitados para que el sistema trabaje de forma adecuada y sus componentes resistan las presiones y cambios de temperatura, siempre se pueden ocasionar accidentes por el factor del error humano.

De Peter R. Jordan (2020) se extrae que entre el 2008 y 2018 en Estados Unidos y Canadá se reporta un promedio de 64 incidentes de amoníaco por año. Este es un importante

valor para considerar, además, al tomar en consideración el hecho de que son reportes de países de primer mundo con mayores tecnologías, se debe tener presente que la frecuencia con la que pueden ocurrir incidentes relacionados con amoniaco si son de alto impacto en la industria.

Figura 2

Cantidad de incidentes de amoniaco en USA y Canadá, en función de años



Fuente: Peter, R. (2020)

Esta cantidad de incidentes no solo representa la frecuencia con la que se tienen situaciones peligrosas para las y los trabajadores de las instalaciones, sino que, gran parte de estos incidentes dan paso a paros del proceso productivo de la planta, representan pérdidas económicas a gran escala para la misma.

Según Peter R. Jordan (2020), el 60% de los accidentes reportados se debió a fallas de equipos, donde las cinco principales causas de estos fallos fueron: fugas de sellos mecánicos, corrosión, válvula de alivio abierta prematuramente, choque hidráulico o térmico y el fallo del apagado de seguridad.

Por lo tanto, a partir de estos datos se pueden incluir fallos por defectos de fabrica o por finalización de vida útil, también, se pueden registrar fallos por malas decisiones al diseñar, seleccionar e instalar equipos, lo cual se podría regular al involucrar la norma en estos procesos, tal como se identifica en la Tabla 1 y como lo concluye Peter R. Jordan (2020) cuando señala que los “equipos defectuosos y mal mantenidos fueron los responsables del mayor número de incidentes. Estos incidentes se pueden prevenir mediante mejoras en el diseño del sistema (IIAR 2; IIAR 4) e integridad en procedimientos mecánicos de (IIAR 6)”.

Peter R. Jordan (2020) agrega que el 37% fue ocasionado por error humano, debido a: entrenamiento inadecuado, procedimientos de mantenimiento inadecuados, procedimientos de drenaje de aceite, procedimientos de apertura de línea, y válvula incorrectamente abierta o cerrada. Esto destaca que, además del adecuado diseño del sistema de refrigeración, se deben seguir regulaciones en el desarrollo de los procedimientos de control del sistema de refrigeración.

Tabla 1*Causas de incidentes de amoníaco y normas de seguridad correspondientes*

Causa de incidente	Porcentaje de incidentes en base de datos	Programas para seguridad con amoníaco
Falla de equipos	17%	Diseño de sistema (IIAR 2; IIAR 9) Análisis de riesgo Programa de integridad mecánica (IIAR 6-2019)
Fuga en sello/empaquetadura	9%	
Corrosión	6%	
Válvula de alivio falla en apertura	4%	
Apertura de línea	27%	33% Procedimientos de apertura de línea (IIAR 7) Procedimientos operativos (IIAR 7) Procedimientos de mantenimiento (IIAR 6) Capacitación
Transferencia de líquido	3%	
Drenaje de aceite	2%	
Válvula incorrecta abierta	1%	
Pérdida de enfriamiento	7%	10% Diseño de sistemas (IIAR 2; IIAR 9) Análisis de riesgo
Expansión/contracción	2%	
Choque hidráulico o térmico	1%	
Impacto de motorizado	6%	9% Diseño de sistemas (IIAR 2; IIAR 9) Análisis de riesgo Capacitación
Equipo		
Falla estructural o de construcción	3%	
Desmantelamiento	5%	6% Diseño de sistemas (IIAR 2; IIAR 9) Análisis de riesgo Trámites de permisos de trabajo en caliente
Puesta en marcha	1%	
Fuego externo	5%	Diseño de sistemas (IIAR 2; IIAR 9)
Robo de amoníaco	<1%	Análisis de riesgo

Fuente: Peter R. Jordan (2020)

La norma, además de regular el diseño de los elementos del sistema en sí, también busca generar una instalación segura antes, durante y después de un incidente de amoníaco.

Debido a que actualmente no es obligatorio que los nuevos y ya instalados sistemas de refrigeración deban ser certificados con el cumplimiento de la norma ANSI IIAR II-2014,

existe una tendencia en la industria a omitirlas. Esto se origina principalmente por el alto costo que representaría que un sistema sea certificado con el cumplimiento del 100% de la norma. Por lo tanto, se debe encontrar un punto de equilibrio entre el sistema, el presupuesto y la seguridad en general.

En este trabajo se pretende desarrollar un ejemplo de cómo un sistema puede ir de la mano con algunas pautas que indica la norma y en caso de que se decida cambiar algún aspecto respecto a esta, se expondrá la correspondiente justificación.

1.2.4 Viabilidad

Este proyecto se pretende desarrollar a partir de la colaboración del autor de este informe, con la asesoría y guía por parte de RSFcr mediante el Ingeniero Electromecánico Andrés Mora y un Ingeniero Eléctrico muy experimentado y profesional en su área, además, el apoyo del personal docente guía que corresponda apoyar en este trabajo final de graduación.

Respecto a las herramientas destinadas a emplearse en el desarrollo del proyecto, se menciona el uso de software como Autocad para el análisis de planos, CoolPack, para el cálculo de equipos y determinar capacidades y Google Meets para reuniones virtuales con objetivo de comunicación entre el estudiante y las personas guía que colaboran en el proyecto.

Además, se utilizarán documentos clasificados sobre información del proyecto, la norma ANSI IIAR II-2014 y las normas correspondientes que se referencien dentro de esta, y cualquier resumen o libro guía para el entendimiento de esta norma, esto con el objetivo de desarrollar el estudio y la comparación con el diseño real.

1.2.5 Objetivos

Objetivo general.

1. Comparar el cumplimiento de la norma ANSI IIAR II-2014 con el diseño actual de un sistema de refrigeración industrial por amoníaco de una procesadora de frutas congeladas, ubicada en San Carlos, Costa Rica.

Objetivos específicos.

1. Cotejar el diseño actual del sistema de refrigeración por amoníaco de la procesadora de frutas congeladas, con los requerimientos de la norma ANSI IIAR II-2014, proponiendo correcciones teóricas en los casos de no cumplimiento.
2. Dimensionar las tuberías del sistema basado en el Manual de Tuberías de Refrigeración por Amoníaco de IIAR.
3. Desarrollar un presupuesto del costo incremental para que un diseño básico de un sistema de refrigeración por amoníaco en circuito cerrado sea seguro según la Norma ANSI IIAR II-2014.

1.2.6 Metodología

Las principales actividades por desarrollar para alcanzar los objetivos planteados se especifican en la Tabla 2.

Tabla 2*Tabla de metodología para las actividades a desarrollar*

Objetivo	Actividad	Fuentes de Información	Indicadores de éxito	Entregable
1. Cotejar el diseño actual del sistema de refrigeración por amoniaco de la procesadora de frutas congeladas, con los requerimientos de la norma ANSI IIAR II-2014, proponiendo correcciones teóricas en los casos de no cumplimiento.	1) Estudiar la norma ANSI IIAR II-2014. 2) Visitar las instalaciones, estudiar los planos y cotejar el diseño con los aspectos de la norma ANSI IIAR II-2014 que correspondan a este sistema de refrigeración en específico. 3) Cuando sea posible, evidenciar los aspectos del diseño actual que se comparan con los requisitos de la norma. 4) Plantear propuestas teóricas correctivas para los aspectos del diseño actual que no satisfacen los requerimientos de la norma	[Planos del sistema de refrigeración], [ANSI IIAR 2, 2014]	Se evidencia mediante datos, planos o información por parte del diseñador, la situación de los requisitos de la norma correspondientes.	Listas, párrafos y tablas comparativas entre los requisitos de la norma ANSI IIAR II-2014 y la situación del diseño actual.
2. Dimensionar las tuberías del sistema basado en Manual de Tuberías de Refrigeración por Amoniaco de IIAR.	1) Calcular los diámetros de las tuberías del sistema de refrigeración por amoniaco.	Manual de Tuberías de Refrigeración por Amoniaco de IIAR	Diámetros de las tuberías del sistema de refrigeración por amoniaco.	Tabla con los diámetros de las tuberías del sistema de refrigeración por amoniaco.
3. Desarrollar un presupuesto del costo incremental para que un diseño básico de un sistema de refrigeración por amoniaco en	1) Investigar costos asociados con accidentes relacionados con sistemas de refrigeración por amoniaco. 2) Elaborar una tabla con los costos	[INS, 2014], [NTSB, 2004], [Process Cooling, 2003], aportes de información por parte de la	Costo económico incrementales. Costos económicos de casos de accidentes reales.	Tabla con costos económicos incrementales. Casos reales con costos asociados a accidentes

circuito cerrado sea seguro según la Norma ANSI IIAR II-2014.	incrementales que necesita un diseño de un sistema de refrigeración por amoníaco, para satisfacer los requerimientos de la norma ANSI IIAR II-2014.	experiencia de RSF.		relacionados con amoníaco.
---	---	---------------------	--	----------------------------

Fuente: Elaboración propia

1.2.7 Alcance

El desarrollo de este proyecto beneficiaría a la empresa RSFcr mediante el desarrollo de un estudio que apoya la calidad, seguridad, y capacidad adecuada de su diseño del sistema de refrigeración, ya que la empresa contratada contaría con documentación que le ofrece respaldo de que su diseño efectivamente cumple ciertos aspectos de las normas y en los puntos que lleguen a generarse discrepancias, se tendría en la misma documentación, la justificación del por qué se tomó la decisión de diferir respecto las normas.

Por otra parte, este trabajo beneficia a la empresa que contrata, al tener a su disposición la misma documentación que le ofrece un resumen de los aspectos de su sistema que están cumpliendo lo propuesto por las normas, elevando así la posibilidad de que, en estos aspectos, su sistema opera de una forma segura para su proceso productivo y para sus trabajadores. Este mismo registro de los aspectos regidos por las normas, le es funcional a la empresa que contrata en caso de que en un futuro cuando IIAR certifique, la empresa desee certificar este sistema de refrigeración bajo estas mismas normas, por lo que ya tendría evidencia del cumplimiento de ciertas pautas en este sistema frigorífico.

En este trabajo se contemplan los aspectos de la Norma ANSI IIAR II-2014 que corresponden al servicio que ofrece RSF, como lo relacionado con la instalación del equipo, las tuberías, los sistemas de control y seguridad. Por lo cual, queda excluido de la

comparativa, los aspectos de la Norma ANSI IIAR II-2014 que se enfocan específicamente en la estructura y fabricación de los equipos, contemplando que estos ya provienen de fabricantes con su proceso productivo estandarizado por las normas correspondientes.

1.2.8 Limitaciones

Se podría plantear como limitante el aspecto económico respecto a que se requiere alto capital de inversión para lograr cumplir totalmente con los requisitos planteados por las normas, sin embargo, ya esto se tiene previsto. Por esta razón, se tiene como un objetivo específico de este proyecto justificar adecuadamente los aspectos que se decidan desarrollar de manera diferente a como lo solicitan las normas.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Conceptos fundamentales

- **Calor:** Forma de energía, creada principalmente por la transformación de otros tipos de energía en energía de calor, frecuentemente definido como energía en tránsito.
- **Cámara frigorífica:** Recinto aislado destinado a almacenar y mantener productos que requieren estar a una temperatura determinada.
- **Cañería o tubería:** Material destinado a conducir el refrigerante en el sistema de refrigeración.
- **Carga de amoníaco:** La cantidad de refrigerante con que cuenta un equipo o un sistema, normalmente medido en kg o lb.
- **Ciclo Carnot de refrigeración:** Se puede definir como el criterio de perfección para un sistema mecánico de refrigeración. En el ciclo de Carnot todos los procesos son reversibles.
- **Compresor:** Maquinaria o dispositivo mecánico destinado a elevar mecánicamente la presión del gas refrigerante.
- **Condensador:** Dispositivo intercambiador de calor donde el refrigerante pasa de su estado de vapor a líquido (cambio de estado), cediendo calor.
- **Deshielo:** Procedimiento aplicado a evaporadores que operan como enfriadores de aire, para remover el hielo que se acumula en ellos.
- **Diagrama de flujo:** Representación esquemática, en forma de circuito, de un sistema de refrigeración, expresada en un plano y donde se incorporan todos los componentes del sistema.

- **Elementos de seguridad:** Elementos que son utilizados en forma complementaria a los elementos de protección personal, que permiten realizar la labor con menor riesgo.
- **Estanque:** Todo recipiente que contenga refrigerante y que forma parte del sistema de refrigeración.
- **Estanqueidad:** Referido al sistema de refrigeración con amoníaco y/o sus componentes corresponde a la cualidad de ser estanco, vale decir sistema ausente de fugas.
- **Evaporador:** Dispositivo intercambiador de calor donde el refrigerante cambia su estado de líquido a vapor (cambio de estado) por absorción de calor.
- **Fuga:** Escape accidental de refrigerante, ya sea en estado líquido o gaseoso. Puede
- provenir del refrigerante del sistema de refrigeración propiamente tal, así como también, del refrigerante que se encuentre almacenado en otros recipientes.
- **Lumen:** Unidad estándar de flujo luminoso utilizada por el Sistema Internacional de Unidades (SI).
- **Sala de máquinas:** Espacio cerrado que alberga determinados equipos que forman parte del sistema de refrigeración, como los compresores y tanques recirculadores.
- **Temperatura:** Escala usada para medir la intensidad del calor y es el indicador que determina la dirección en que se moverá la energía de calor.
- **Transmisión de calor:** Segunda ley de la termodinámica, donde el calor siempre viaja del cuerpo con mayor temperatura al cuerpo de menor temperatura. El grado de transferencia es directamente proporcional a la diferencia de temperatura entre los cuerpos.

2.2 Componentes del sistema de refrigeración

Lado de alta presión: Sección del sistema que está bajo la presión del condensador.

- a) **Compresor,** Comprime el refrigerante en forma de gas sobrecalentado. Este es un proceso a entropía constante y lleva el gas sobrecalentado de la presión de succión (ligeramente por debajo de la presión de evaporación) a la presión de condensación, en condiciones de gas sobrecalentado.
- b) **Condensador.** Extrae el calor del refrigerante por medio naturales o artificiales (forzado). El refrigerante es recibido por el condensador en forma de gas y es enfriado al pasar por los tubos hasta convertir toda la masa refrigerante en líquido.
- c) **Dispositivo de expansión.** Es el elemento que estrangula el flujo del líquido refrigerante para producir una caída súbita de presión obligando al líquido a entrar en evaporación. Puede ser una válvula de expansión o un tubo de diámetro muy pequeño con relación a su longitud capilar.

Lado de baja presión: Sección del sistema que está bajo la presión del evaporador.

- a) **Evaporador.** Suministra calor al vapor de refrigerante que se encuentra en condiciones de cambio de estado de líquido a gas, extrayendo dicho calor de los productos o del medio que se desea refrigerar. El evaporador debe ser calculado para que garantice la evaporación total del refrigerante y producir un ligero sobrecalentamiento del gas antes de salir de él, evitando el peligroso efecto de entrada de líquido al compresor que puede observarse como presencia de escarcha en la succión.

2.3 Aspectos de la norma ANSI IIAR II-2014

Se especificarán los apartados de la norma que ofrecen la información relevante para la comparación con el diseño real del sistema de refrigeración.

2.3.1 Ubicación de equipos

Se determinan las disposiciones de las ubicaciones permitidas para los equipos que componen el sistema de refrigeración por amoníaco.

La mayoría de los equipos del sistema de refrigeración por amoníaco serán ubicados en la sala de máquinas, sin embargo, se permite la instalación de maquinaria fuera del cuarto de máquinas en espacios industriales y al aire libre bajo ciertas condiciones.

Un “espacio industrial” es definido por ANSI IIAR II-2014 (2014) como un sitio o parte de un sitio que no se encuentra abierta al público, donde el acceso se controla de modo que solo se deja entrar personal autorizado, utilizado para fabricar, procesar o almacenar productos.

2.3.2 Requisitos generales

Se especifican las disposiciones que debe cumplir el diseño del sistema de refrigeración por amoníaco de circuito cerrado, respecto a distintos aspectos generales de la Norma ANSI IIAR II-2014, relacionados con el amoníaco, fugas de amoníaco, materiales, purga, entre otros.

2.3.3 Concentración de fugas de amoníaco

Según ANSI IIAR II-2014 (2014), se tiene que 40 000ppm representa el 25 % del límite inferior de inflamabilidad (LFL), y agrega que normalmente se considera que el % del LFL para el amoníaco anhidro es del 16 % (160 000 ppm). Entonces el veinticinco por ciento del % del LFL es 4 % (40 000 ppm).

Bajo esta premisa la Norma ANSI IIAR II-2014 plantea la siguiente ecuación para obtener la concentración de amoníaco en los recintos:

$$C = \frac{G \cdot (\text{vol. esp. del vapor}) \cdot (100 \%)}{V} \quad (1)$$

Donde:

C = concentración volumétrica del amoníaco en %.

G = cantidad de amoníaco escapado en la sala en lb. Para los fines de estos cálculos, se supondrá que la totalidad del amoníaco se emite y se vaporiza en el interior del recinto.

Vol. esp. del vapor = el volumen específico del vapor para el amoníaco anhidro en ft³/lb.

V = volumen de la sala en ft³.

2.3.4 Sala de máquinas

Se presentan las condiciones que debe cumplir la sala de máquinas para considerarse un diseño bajo la Norma ANSI IIAR II-2014, y ofrecer mayor seguridad en su operación normal y en caso de emergencias. Dichas condiciones se seccionan en la construcción, el acceso y salida, llamas abiertas y superficies calientes, tuberías, lavaojos y ducha de emergencia, la seguridad eléctrica, los desagües, entradas y salidas, la iluminación, interruptores de control de emergencia, detección de amoníaco y alarma, ventilación y finalmente la señalización.

2.3.5 Dispositivos de protección contra sobrepresión

Se plantean aspectos que cumplirán los dispositivos de alivio de presión que se implementarán con el propósito de liberar el exceso de presión ocasionada por incendios u otras situaciones fuera de la normalidad. De acuerdo con ANSI IIAR II-2014 (2014) los dispositivos de alivio de presión contarán con la capacidad suficiente de carga de flujo de masa para limitar la elevación de presión en el equipo protegido con el fin de evitar una falla

catastrófica. La capacidad mínima requerida de alivio dependerá del equipo que se proteja, los efectos de las pérdidas de presión de entrada y los escenarios en los cuales se crea la sobrepresión. Esta protección por capacidad de alivio incluye cargas de calor provenientes de las operaciones de limpieza y las cargas de procesos.

La norma ANSI IIAR II-2014 expone el siguiente método para la determinación de la capacidad de un dispositivo de alivio de presión, para sobrepresiones causadas por fuego externo en recipientes a presión. Este mismo método se utiliza para los recipientes separadores de aceite.

$$C = f \cdot D \cdot L \left[\frac{kg}{s} \right] \text{ o } \left(\frac{lb}{min} \right) \quad (1)$$

Donde:

C = capacidad de descarga requerida del dispositivo de alivio, kg/s (lb aire/min).

f = factor de capacidad del dispositivo de alivio, 0.5 (0.04) para el amoníaco.

[0.5 para el sistema libras-pulgadas (LP), 0.04 para el Sistema internacional de unidades (SI)].

D = diámetro exterior del recipiente, m (ft).

L = longitud del recipiente, m (ft).

2.3.6 Instrumentos y control

En este apartado de la Norma ANSI IIAR II-2014 se plantean condiciones y pautas para los instrumentos y control, condicionándolos para contemplar riesgos en su operación normal, tanto para el sistema de control eléctrico como para los indicadores visuales de nivel de líquido.

2.3.7 Detección de amoníaco y alarmas

Los niveles de detección de amoníaco se requerirán dependiendo de las configuraciones del recinto que así lo determine, y esto se detallará más adelante. En forma de complemento, en esta sección se expondrán las especificaciones de los niveles de detección de acuerdo con ANSI IIAR II-2014 (2014).

- **Detección de amoníaco y alarma de nivel 1.**

1. Se debe instalar al menos un detector de amoníaco en la sala o recinto.
2. El detector activará una alarma que informe a un sitio monitoreado, permitiendo la toma de medidas correctivas bajo una concentración indicada de 25 ppm o más.

- **Detección de amoníaco y alarma de nivel 2.**

1. Todo lo mencionado en el nivel 1.
2. Se incluye la incorporación de alarmas sonoras y visuales dentro de la sala, que emitirán una advertencia indicando que el acceso a la sala es exclusivo para el personal autorizado y para los equipos de emergencia.

- **Detección de amoníaco y alarma de nivel 3.**

1. Todo lo mencionado en el nivel 2.
2. Posterior a la activación de la alarma, se cerrarán las válvulas de control que alimentan el líquido y gas caliente a los equipos en las áreas afectadas. Se desenergizarán las bombas de refrigerante, los ventiladores que no son de emergencia u otros motores que forman parte del equipo de refrigeración por amoníaco en la sala.
3. Posterior a la activación de la alarma, se activarán los sistemas de escape de emergencia, en las áreas donde sea necesario.

2.3.8 Dimensionamiento de tuberías

Para el correcto dimensionamiento de las tuberías del sistema de refrigeración por amoníaco, se emplea el Manual de Tuberías de Refrigeración por Amoníaco (Ammonia Refrigeration Piping Handbook, 2004).

En este mismo manual se presentan dos métodos para dimensionar correctamente las tuberías:

- a. Método recomendado (basado en un análisis económico).

Ofrece tablas que indican la dimensión óptima precisa de las tuberías del sistema, para un determinado flujo.

- b. Método convencional (basado en pérdidas de presión).

Se determinan las pérdidas en relación con las dimensiones, bajo el determinado caudal que se dispone y el estado físico de este. Tanto mediante tablas como a través de gráficos.

Se presentan las dimensiones económicamente óptimas de las tuberías de vapor en las tablas 1-2 a 1-6, y en las tablas 1-7 a 1-13 las tuberías de líquido del sistema, respecto al tonelaje de refrigeración. Además, se exponen las pérdidas de presión correspondientes, tanto en °F/100ft como en psi/100ft.

Cabe destacar que estas tablas de dimensiones se desarrollan con determinados parámetros de condiciones y costos, en caso de emplear diferentes características, la norma recomienda el uso de una ecuación que ofrece un factor de corrección. Además, se puede determinar una estimación de las pérdidas de presión, donde las más significativas se dan en las líneas de líquido, y si existe una mezcla de vapor y líquido, las pérdidas estarán en función del líquido presente en la tubería.

Finalmente se especifican velocidades recomendadas para el flujo de amoniaco en distintas condiciones dentro de las tuberías del sistema de refrigeración.

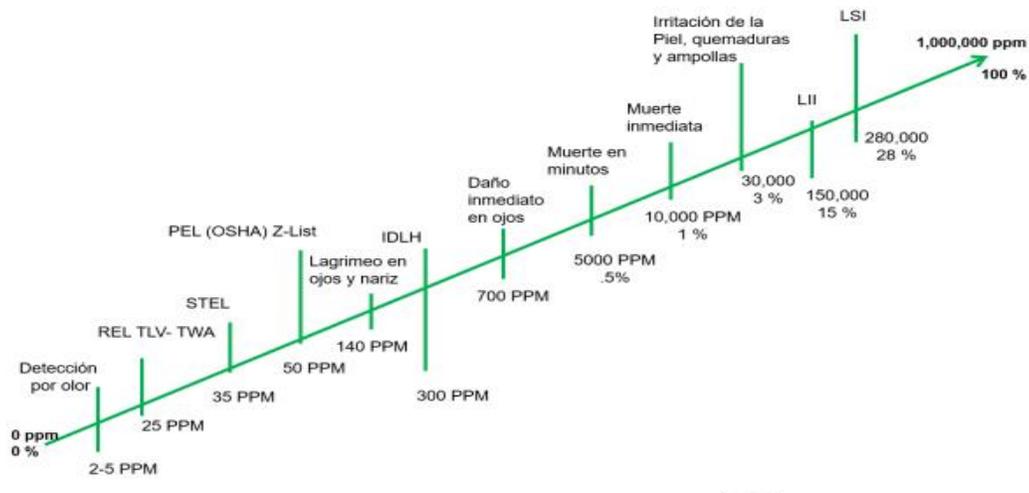
2.3.9 Aspectos relacionados con la peligrosidad del amoniaco

Para comprender la importancia de las implementaciones que plantea la Norma ANSI IIAR II 2014 para generar un diseño de un sistema de refrigeración por amoniaco con una mayor seguridad y preparación ante emergencias, se debe presentar la información relacionada con el impacto de una exposición ante el amoniaco como refrigerante.

Basado en Albaladejo et al. (2019), la exposición mínima letal se designa a las exposiciones a concentraciones de 2.500 a 4.500 ppm durante 30 minutos. Mientras la tolerancia máxima tolerada provoca las siguientes reacciones fisiológicas frente a distintas concentraciones del amoniaco. Se exponen estas reacciones junto a la concentración correspondiente, en la Figura 3.

Figura 3

Respuesta del cuerpo humano ante las concentraciones de amoniaco



Fuente: Albaladejo et al. (2019)

CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL PROYECTO

Este sistema de refrigeración por amoníaco se compone de:

- 1 cámara de congelado con aire a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (3 evaporadores de 6,7 TR a $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- 2 cámaras de almacenamiento con aire a $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (3 evaporadores de 4,2 TR a $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, cada cámara).
- 1 andén de carga con aire a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2 evaporadores de 4,2 TR a $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- 1 precámara con aire a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1 evaporador de 5 TR a $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- 1 IQF de 156 TR a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 1 enfriador de glicol de 80 TR a $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 1 condensador evaporativo con 246,9 kg de carga de refrigerante y compuesto por dos circuitos.
- 3 compresores de tornillo, uno con capacidad de 179 TR a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, otro con 112,3 TR a $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ y el último con 19,7 TR a $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 1 recibidor de líquido vertical con termosifón, con capacidad de aproximadamente 2070 kg de amoníaco líquido.
- 1 trampa de succión con capacidad de 82,6 TR a $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 1 tanque economizador de hasta 217,8 TR.
- 1 tanque recirculador para el IQF capacitado para 303,1 TR a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y de recirculación 4:1.

Mediante esta información se puede obtener un aproximado de la carga térmica del sistema, la cual correspondería a 156 TR a -40 °C, 20,1 TR a -29 °C y 114,2 TR a -4 °C, este dato se presenta de esta forma ya que la carga térmica se debe seccionar correspondientemente a la temperatura a la que se desarrolla, por lo que se agrupan las cargas térmicas basadas en los evaporadores que trabajan a -40, -29 y -4 °C.

Cabe destacar que en los aspectos a comparar de la Norma ANSIA IIR II-2014 con el diseño, se contempla la ubicación de los equipos, requisitos generales del diseño del sistema, sala de máquinas, dispositivos de protección contra la sobrepresión, instrumentos y control y finalmente la detección de amoníaco y alarmas. Por esto, queda fuera de esta comparativa el análisis específico para cada equipo. Además, a pesar de que se ilustra el sistema de glicol en el anexo donde se presenta el diagrama del sistema de refrigeración completo, este se excluye dado que el enfoque del proyecto es lo que contiene amoníaco.

3.1 Aspectos de la norma ANSI IIR II-2014 que son comparados con el diseño actual del sistema.

3.1.1 Ubicación de equipos

Los aspectos relacionados con la ubicación de equipos específicamente de este sistema de refrigeración por amoníaco, dentro de esta planta industrial, se dividen en sistemas al aire libre y los ubicados en espacios industriales.

Sistemas al aire libre.

Sumado a determinadas secciones de las tuberías, este sistema plantea ubicar un condensador evaporativo y un purgador de gases al aire libre.

Tabla 3

Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto a los equipos ubicados en espacios industriales

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
Ubicar equipos al aire libre a más de 6,1 m (20 ft) de la abertura del edificio más cercano.	Condensador evaporativo ubicado aproximadamente a 21 m de la abertura del edificio más cercano.	SI
	Purgador de gases ubicado a aproximadamente a 19 m de la abertura del edificio más cercano.	SI
Ubicar equipos dentro de un cuarto de azotea, tinglado u otra estructura abierta.	Condensador evaporativo ubicado sobre una estructura metálica abierta. Se detalla en el Anexo 34.	SI
	Purgador de gases ubicado en una estructura abierta	SI
Se proporcionará ventilación natural, o se instalará ventilación mecánica.	El condensador evaporativo cuenta con una ventilación natural en toda su superficie, dado que se dispone de espacio libre de aproximadamente 5 m a la redonda. Por lo que el flujo de aire es el máximo posible.	SI
	El purgador de gases cuenta con una ventilación natural en 3 de sus 4 caras, además dispone de espacio libre de aproximadamente 4 m a la redonda. Por lo que el flujo de aire es elevado.	SI

Fuente: Elaboración propia

Espacios que no son sala de máquinas (espacios industriales).

La sección restante de las tuberías de conexión de este sistema, así como algunas válvulas de control y de alivio serán ubicadas en espacios que no son sala de máquinas, específicamente en este sistema solo se ocuparán espacios industriales.

La Norma ANSI IIAR II-2014 solicita ciertas pautas para los espacios que no son sala de máquinas, como lo son los espacios industriales, y con estos aspectos se pretende aumentar la probabilidad de que este espacio sea apto para contener las partes del sistema de amoniaco correspondientes. La Norma ANSI IIAR II-2014 estructura y desarrolla dichas pautas de la siguiente forma:

- ***Separación.*** El área debe estar aislada de otras clasificaciones de espacio mediante estructura hermética, incluyendo las puertas.
- ***Acceso.*** El acceso a los equipos de refrigeración debe ser restringido al personal autorizado.
- ***Detección y alarmas.*** Se debe proporcionar un sistema de detección y alarmas de nivel 1, según la sección 2.3.7 Detección de amoniaco y alarmas. Se especifica en la sección 3.5 Detección de amoniaco y alarmas.
- ***Protección física.*** Se deben proteger los equipos en caso de existir riesgo de daño a estos.
- ***Ventilación de control de la temperatura.*** Se profundiza en la sección 3.2.13 Ventilación.
- ***Compatibilidad ambiental.*** El equipo se debe diseñar para funcionar con normalidad en las condiciones ambientales del área donde se planea instalar.

- **Iluminación de las áreas del equipo.** Las áreas del equipo de refrigeración deben disponer de iluminación. Según ANSI IAR II-2014 (2014), para más información se consulta la Norma OSHA 29 CFR 1926.56. De esta norma, se obtiene la Tabla 4.

Tabla 4

Intensidad luminosa mínima en pies-candela

Pies-candela	Lux	Área de operación
5	54	Iluminación general del área de construcción.
3	32	Áreas generales de construcción, colocación de concreto, áreas de excavación y desechos, vías de acceso, áreas de almacenamiento activo, plataformas de carga, áreas de abastecimiento de combustible y mantenimiento de campo.
5	54	Interiores: almacenes, pasillos, pasillos y salidas.
5	54	Túneles, pozos y áreas de trabajo subterráneas en general: (Excepción: se requiere un mínimo de 10 pies-candela en el túnel y en el frente del pozo durante la perforación, excavación y escalado. Las luces de cabeza aprobadas por la Oficina de Minas serán aceptables para usar en el frente del túnel.)
10	108	Plantas y talleres de construcción en general (p. ej., plantas dosificadoras, plantas de cribado, salas de equipos mecánicos y eléctricos, talleres de carpintería, desvanes de aparejos y almacenes activos, cuarteles o viviendas, vestuarios o vestuarios, comedores y baños interiores y salas de trabajo).
30	323	Estaciones de primeros auxilios, enfermerías y oficinas.

Fuente: Occupational Health and Environmental Controls (2019)

La unidad de medida pies-candela, se define como un lumen por pie cuadrado [lm/ft^2] según Solus GROUP (2015).

- **Disposiciones de servicio.** Los equipos disponen de válvulas para aislarlos del sistema y de espacio suficiente para ejecutar mantenimiento adecuado.
- **Ventilación.** Se debe calcular la concentración de amoniaco en las áreas para determinar si estas superan las 40 000 ppm o el 4% del LFL (se explica en la sección 2.3.2 Requisitos generales), y por lo tanto requieren ventilación de emergencia. Si el

área necesita ventilación mecánica de emergencia, se debe incluir un sistema de detección de amoníaco y alarma nivel 3. En caso de no requerirla, se debe proporcionar una copia de los cálculos al propietario para su respaldo.

El tipo de equipo ubicado en los recintos considerados espacios industriales se presentan en la Tabla 5. Además, en las tablas 5, 6, 7 y 8, se exponen los aspectos de cada espacio industrial que el diseño cumple respecto a la Norma ANSI IIAR II-2014.

Tabla 5

Equipos ubicados en espacios industriales

Equipos	Ubicación
Evaporadores con tuberías y válvulas correspondientes	Cámara 1 (congelado)
	Andén de carga
	Precámara
	Cámara 1 (almacenamiento)
	Cámara 2 (almacenamiento)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6

Aspectos del recinto “cámara 1 de congelado” que cumplen los requisitos para ser un espacio industrial según la norma ANSI IIAR II-2014

Cámara 1 (congelado)	
Separación:	Cámara frigorífica totalmente hermética con puerta hermética adecuada para resguardar aire a -20°C.
Acceso:	Acceso restringido al personal autorizado.
Protección física:	Los evaporadores y tuberías se encuentran ubicados en zonas libres de riesgo de daño físico.
Ventilación de control de la temperatura:	La temperatura de este recinto es controlada por los evaporadores correspondientes.
Compatibilidad ambiental:	El diseño contempló seleccionar evaporadores Güntner modelo S-AXGHN, capacitados para operar a las condiciones de la cámara de congelado, a -20 °C.
Iluminación de las áreas del equipo:	Iluminado con 6 lámparas tipo panel led de empotrar, donde cada una genera 4000 lm, ubicadas a 9m de altura ofreciendo en total aproximadamente 72 lux, superando los 54 lux solicitado para almacenes.

Fuente Elaboración propia

Tabla 7

Aspectos del recinto “andén de carga” que cumplen los requisitos para ser un espacio industrial según la norma ANSI IIAR II-2014

Andén de carga	
Separación:	Espacio refrigerado totalmente hermético con puntos de acceso herméticos correspondientes, tanto en el caso de puertas manuales, como para acceso de montacargas y los andenes. Estas delimitaciones y accesos son capacitados para contener aire a 10°C.
Acceso:	Acceso restringido al personal autorizado.
Protección física:	Los evaporadores y tuberías se encuentran ubicados en la parte superior de la cámara, sobre estructuras metálicas y libres de riesgo de daño físico.
Ventilación de control de la temperatura:	La temperatura de este recinto es controlada por los evaporadores correspondientes.
Compatibilidad ambiental:	El diseño contempló seleccionar evaporadores Güntner modelo S-MHF, capacitados para operar a las condiciones del andén de carga, a 10 °C.
Iluminación de las áreas del equipo:	Iluminado con 4 lámparas tipo led UL, cada una genera 15000 lm ofreciendo en total 964 lux, superando los 108 lux solicitados en plantas.

Fuente Elaboración propia

Tabla 8

Aspectos del recinto “precámara” que cumplen los requisitos para ser un espacio industrial según la norma ANSI IIAR II-2014

Precámara	
Separación:	Espacio refrigerado totalmente hermético con puertas herméticas adecuadas, capacitadas para contener aire a 10 °C.
Acceso:	Acceso restringido al personal autorizado.
Protección física:	El evaporador y tuberías se encuentran ubicados en zonas elevadas, sobre estructuras metálicas y libre de riesgo de daño físico.
Ventilación de control de la temperatura:	La temperatura de este recinto es controlada por el evaporador correspondientes.
Compatibilidad ambiental:	El diseño contempló seleccionar un evaporador Guntner modelo S-MHF, capacitado para operar a las condiciones de la precámara, a 10 °C.
Iluminación de las áreas del equipo:	Iluminado con 3 lámparas tipo led UL, donde cada una genera 15000 lm, ofreciendo en total 515 lux, superando los 108 lux solicitados en plantas.

Fuente Elaboración propia

Tabla 9

Aspectos de los recintos “cámara 1 y 2 (almacenamiento)” que cumplen los requisitos para ser un espacio industrial según la norma ANSI IIAR II-2014

Cámara 1 y 2 (almacenamiento)	
Separación:	Cámaras frigoríficas totalmente herméticas con puertas herméticas adecuadas, capacitadas para contener aire a 2 °C.
Acceso:	Acceso restringido al personal autorizado.
Protección física:	Los evaporadores y tuberías se encuentran ubicados en zonas altas, sobre estructuras metálicas y libres de riesgo de daño físico.
Ventilación de control de la temperatura:	La temperatura de este recinto es controlada por los evaporadores correspondientes.
Compatibilidad ambiental:	El diseño contempló seleccionar evaporadores Güntner modelo S-AXGHN, capacitados para operar a las condiciones de las cámaras 1 y 2, a 2 °C.
Iluminación de las áreas del equipo:	Iluminadas cada una con 3 lámparas tipo high bay, donde cada una genera 15000 lm, ofreciendo en total 280 lux, superando los 108 lux solicitados para almacenes activos en plantas.

Fuente Elaboración propia

Los resultados del cálculo de la cantidad de luz en los recintos se presentan en la Tabla 10. Cabe resaltar que para estos cálculos se utiliza un factor de mantenimiento de 0,8.

Tabla 10

Cantidad de luz dentro de los recintos refrigerados

Recinto	longitud hasta superficie de trabajo [m]	a [m]	L [m]	lm totales	Área m ²	Lux [lm/m ²]	Pies-candela [lm/ft ²]
Cámara congelado	8	13,8	19,32	24000	266,62	72	7
Andén de carga	3	5,97	10,63	60000	63,51	964	90
Precámara	3	3,98	19,32	60000	77,08	515	48
Cámara 1 y 2	5	8	17,76	45000	142,07	280	26

Fuente Elaboración propia

A continuación, se presentan los aspectos que los espacios industriales difieren de la norma según el diseño actual del sistema de refrigeración por amoníaco.

Tabla 11

Aspectos del recinto “cámara 1 de congelado” que no cumplen los requisitos para ser un espacio industrial según la norma ANSI IIAR II-2014

Cámara 1 (congelado)	
Ventilación (debe ser menor al 4% para no requerir ventilación de emergencia):	$\text{Volumen Cámara 1 (congelado)} = 266,62m^2 \cdot 9m \approx 2400m^3$ $\% \text{ concentración amoniaco} = \frac{86 \text{ lb} \cdot (18,71 \text{ ft}^3/\text{lb}) \cdot 100\%}{2400m^3 \cdot 3,28 \text{ ft}^3/m^3} = 20\%$
Detección y alarmas:	Se dispondrá de un dispositivo detector de amoniaco y alarma nivel 1. Sin embargo, basados en la sección 3.1.1.2, el cálculo de concentración de amoniaco demanda que se utilice un sistema de detección de amoniaco y alarmas nivel 3.

Fuente Elaboración propia

Tabla 12

Aspectos del recinto “andén de carga” que no cumplen los requisitos para ser un espacio industrial según la norma ANSI IIAR II-2014

Andén de carga	
Ventilación (debe ser menor al 4% para no requerir ventilación de emergencia):	$\text{Andén de carga} = 63,51m^2 \cdot 4m \approx 254,04m^3$ $\% \text{ concentración amoniaco} = \frac{3 \text{ lb} \cdot (21,12 \text{ ft}^3/\text{lb}) \cdot 100\%}{254,04m^3 \cdot 3,28 \text{ ft}^3/m^3} = 68\%$
Detección y alarmas:	Se dispondrá de un dispositivo detector de amoniaco y alarma nivel 1. Sin embargo, basados en la sección 3.1.1.2, el cálculo de concentración de amoniaco demanda que se utilice un sistema de detección de amoniaco y alarmas nivel 3.

Fuente Elaboración propia

Tabla 13

Aspectos del recinto “precámara” que no cumplen los requisitos para ser un espacio industrial según la norma ANSI IIAR II-2014

Precámara

Ventilación (debe ser menor al 4% para no requerir ventilación de emergencia):	$\text{Precámara} = 77,08m^2 \cdot 4m \approx 308,32m^3$ $\% \text{ concentración amoniaco} = \frac{25lb \cdot (21,12 \text{ ft}^3 / lb) \cdot 100\%}{308,32m^3 \cdot 3,28 \text{ ft}^3 / m^3} = 53\%$
Detección y alarmas:	Se dispondrá de un dispositivo detector de amoniaco y alarma nivel 1. Sin embargo, basados en la sección 3.1.1.2, el cálculo de concentración de amoniaco demanda que se utilice un sistema de detección de amoniaco y alarmas nivel 3.

Fuente Elaboración propia

Tabla 14

Aspectos de los recintos “cámara 1 y 2 (almacenamiento)” que no cumplen los requisitos para ser un espacio industrial según la norma ANSI IIAR II-2014

Cámara 1 y 2 (almacenamiento)	
Ventilación (debe ser menor al 4% para no requerir ventilación de emergencia):	$\text{Andén de carga} = 142,07m^2 \cdot 6m \approx 852,42m^3$ $\% \text{ concentración amoniaco} = \frac{75lb \cdot (20,48 \text{ ft}^3 / lb) \cdot 100\%}{852,42m^3 \cdot 3,28 \text{ ft}^3 / m^3} = 55\%$
Detección y alarmas:	Se dispondrá de un dispositivo detector de amoniaco y alarma nivel 1. Sin embargo, basados en la sección 3.1.1.2, el cálculo de concentración de amoniaco demanda que se utilice un sistema de detección de amoniaco y alarmas nivel 3.

Fuente Elaboración propia

3.1.2 Requisitos generales

Amoniaco.

Se plantea que el amoniaco utilizado en el sistema de refrigeración debe cumplir con los requisitos de pureza establecidos por la Norma G-2 de la CGA, sin embargo, dado que esta es una norma americana, se plantea como normas equivalentes las expuestas en la regulación de uso (Anexo 17) correspondiente a la ficha técnica del amoniaco empleado en este sistema.

Tabla 15

Requisitos de pureza del amoniaco según la Norma ANSI IIR II-2014

Componente	Valor requerido
Contenido de amoníaco	99.95 % mínimo
Gas no básico en fase de vapor	25 ppm máximo
Gas no básico en fase líquida	10 ppm máximo
Agua	33 ppm máximo
Aceite (como soluble en éter de petróleo)	2 ppm máximo
Sal (calculado como NaCl)	Ninguna
Piridina, sulfuro de hidrógeno, naftaleno	Ninguno

Fuente: Elaboración propia

Concentración de fuga de amoniaco.

Para el cálculo de concentración de fugas de amoniaco de la sección 3.1.1.2 Espacios que no son sala de máquinas (espacios industriales) donde se utiliza este dato para determinar

si cada espacio industrial requiere o no ventilación mecánica de emergencia y alarmas de nivel 3, en todos los espacios se utiliza únicamente el volumen correspondiente al recinto que alberga a cada equipo, debido a que en ningún caso se presenta una situación especial como aberturas en muros, espacios sobre falsos techos o niveles y entrepisos interconectados.

Para el cálculo del volumen específico del vapor de amoníaco a las condiciones establecidas para los espacios refrigerados, se hizo uso de la aplicación “CoolPack”, contemplando 103,421 kPa (15 psi), donde el caso de la cámara de congelado se considera un aire a -20°C, para la precámara y el andén de carga se calcula el volumen específico a 10°C, y para las cámaras de almacenamiento 1 y 2 se determina este volumen específico a una temperatura de 2°C. Los valores del volumen del recinto se obtienen de los planos de distribución arquitectónica para cada recinto y la carga de amoníaco en los equipos se obtienen mediante las fichas técnicas de los evaporadores, todo esto se localiza en los anexos correspondientes.

Refrigeración por amoníaco con refrigerantes secundarios.

En este sistema se emplea refrigerante secundario para los evaporadores de las demás zonas refrigeradas de esta planta.

Tabla 18

Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto al uso de refrigerante secundario

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
---	---	--------------------

El sistema de intercambio de calor del amoníaco con el refrigerante secundario debe ser un sistema cerrado indirecto o sistema indirecto doble de rociado abierto, además de que el uso del refrigerante secundario cumpla con el Código Mecánico	El refrigerante utilizado es Glicol y la interacción del amoníaco con este refrigerante se realiza a través de un intercambiador de calor de placas mediante un sistema cerrado indirecto	SI
---	---	----

Fuente Elaboración propia

Presión de diseño del sistema.

La presión de los dispositivos de alivio de presión se ajustará para proporcionar una tolerancia con el objetivo de evitar apagados de equipos o pérdidas de amoníaco durante la operación normal del sistema.

Según la Norma ANSI IIAR II-2014, la presión de diseño debe ser igual o superior a la presión máxima que podría presentarse durante la operación normal del sistema, debido a condiciones de espera como mantenimiento, el apagado y los cortes en la energía eléctrica, en este caso esta presión máxima corresponde a 1,7 MPa. Adicionalmente, la presión del lado de baja presión se diseña para incluir cambios causados por la ecualización con el lado de alta presión o el calentamiento debido a cambios de temperatura ambiente.

El sistema cuenta con una presión de diseño de 1,7 MPa (250 psi), cumpliendo lo planteado por ANSI IIAR II-2014 (2014) respecto a la presión de saturación y presión de diseño mínima permitida que aplica tanto para el lado de baja presión del sistema como para el lado de alta presión de los sistemas enfriados por agua.

Complementariamente, la norma establece que el equipo de refrigeración se diseñará para un vacío de 737 mm (29”) de mercurio, y el diseño del sistema real cuenta con esta

presión de vacío satisfactoriamente. Esta presión negativa forma parte del procedimiento llamado “commissioning” o puesta en marcha, el cual se ejecuta al dar arranque al sistema de refrigeración.

Temperatura de diseño.

El sistema fue diseñado para funcionar apropiadamente dentro de las temperaturas de los recintos refrigerados con amoníaco, que van desde los -20 °C hasta los 10 °C. Adicionalmente, también se proyecta que el equipo se desempeñe adecuadamente tanto en los cuartos fríos para el caso de los evaporadores, como para los equipos ubicados en el cuarto de máquinas que se podrían llegar a someter a temperaturas que van desde los 25 °C hasta los 70 °C aproximadamente.

Materiales.

Según ANSI IIAR II-2014 (2014), los materiales empleados en el sistema deben estar capacitados para no reaccionar al entrar en contacto con el amoníaco cuando esto ocurra en su operación normal, tomando en cuenta las temperaturas y presiones correspondientes, para esto, se permite utilizar materiales metálicos de acuerdo con la norma ASME B31.5.

De la Norma ASME B31.5 se establece el hecho de que para determinar la composición del material del cual está fabricada la tubería utilizada en el sistema, se consulta la Norma ASME SA 106 o ASTM A106. Esta composición es funcional para la mayor parte de este sistema, sin embargo, como se especifica en (Bri-steel Manufacturing, 2017a), y como se observa en la Figura 5, el material regido por ASME SA106 Grado B o ASTM A106 Grado B está capacitado para una temperatura mínima de 28,9 °C (-20 °F), considerando que, dentro del sistema existen tuberías que trasiegan amoníaco a -40 °C (-40 °F) como en la

entrada de líquido del IQF. La opción adecuada para estas secciones es utilizar la Norma ASTM A333 Grado 6 o ASME SA333 Grado 6, debido a que, como se indica en (Bri-steel Manufacturing, 2017b) y se evidencia en la Figura 4, esta composición de material soporta hasta $-45,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-50\text{ }^{\circ}\text{F}$) sin alteraciones.

Este problema es conocido comúnmente como vitrificación de la tubería, esto sucede en el caso de que en algún diseño se omita esta condición y se cometa el error de utilizar ASME SA106 o equivalente en la totalidad de tuberías del sistema.

Figura 4

Valores máximos de estrés permitido en ksi (1000 psi)

Table 502.3.1-1 Maximum Allowable Stress Values, ksi (Multiply by 1,000 to Obtain psi)

Material	Spec. No.	Grade, Type, or Class	Min. Temperature, °F [Notes (1) and (2)]	Min. Tensile Strength, ksi [Note (3)]	Min. Yield Strength, ksi [Note (3)]	Longitudinal or Spiral Joint Factor	For Metal Temperatures, °F					
							Min. Temp. to 100	150	200	250	300	350
Seamless Carbon Steel Pipe and Tube												
Steel pipe	ASTM A53	A	B	48.0	30.0	...	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
Steel pipe	ASTM A53	B	B	60.0	35.0	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1
Steel pipe	ASTM A106	A	B	48.0	30.0	...	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
Steel pipe	ASTM A106	B	B	60.0	35.0	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1
Steel pipe	ASTM A106	C	B	70.0	40.0	...	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Steel tube	ASTM A179	...	-20	47.0	26.0	...	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4
Steel tube	ASTM A192	...	-20	47.0	26.0	...	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4
Steel tube	ASTM A210	A-1	-20	60.0	37.0	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1
Steel pipe	ASTM A333	1	-50	55.0	30.0	...	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7
Steel pipe	ASTM A333	6	-50	60.0	35.0	...	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1

Fuente: ASME B31,5. (2019)

Figura 5

Temperatura mínima apropiada según espesores

Table 523.2.2-1 Impact Exemption Temperatures

Thickness, in.	Curve A, °F [Note (1)]	Curve B, °F [Note (2)]	Curve C, °F
0.375	18	-20	-55
0.4375	25	-13	-40
0.5	32	-7	-34
0.5625	37	-1	-26
0.625	43	5	-22
0.6875	48	10	-18
0.75	53	15	-15
0.8125	57	19	-12
0.875	61	23	-9
0.9375	65	27	-6
1	68	31	-3

GENERAL NOTE: For other nominal thickness, see Curves A, B, and C in ASME BPVC, Section VIII, Division 1, Figure UCS-66.

NOTES:

(1) *Curve A.* All carbon and low alloy pipe, tube, plates, valves, fittings, and flanges listed for minimum temperature as "A" in Table 502.3.1-1. Use the minimum temperature in Curve A corresponding to the nominal material thickness in Table 523.2.2-1.

(2) *Curve B.* Specifications are ASTM unless otherwise noted. Use the minimum temperature in Curve B corresponding to the nominal material thickness in Table 523.2.2-1 for

(a) A285 Grades A and B
 (b) A414 Grade A
 (c) A515 Grade 60
 (d) A516 Grades 65 and 70 (if not normalized)
 (e) API 5L Grades A25, A, and B
 (f) A135 Grades A and B
 (g) A53 Grades A and B
 (h) A106 Grades A, B, and C
 (i) A134 Grade B
 (j) all materials of Curve A, if produced to fine grain practice and normalized

Fuente: ASME B31.5. (2019)

Purga.

Tabla 17

Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto al equipo de purga

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
La Norma ANSI IIAR II-2014 solicita que el diseño del sistema debe disponer de medios para eliminar aire y otros gases no condensables del sistema de refrigeración.	El diseño de este sistema de refrigeración por amoníaco contempla la implementación de un equipo purgador, específicamente se seleccionó el purgador de gases Parker modelo V300.	SI

Fuente Elaboración propia

Manejo de aceite.

Tabla 18

Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto al manejo de aceite

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
En el diseño, se implementarán disposiciones para eliminar el aceite de las tuberías y los equipos en los lugares donde se anticipa la acumulación de aceite.	En este sistema, la eliminación de aceite que se utiliza se enfoca en las recirculadoras y se basa en un conjunto de válvulas y tuberías en el punto de drenaje donde se extrae el aceite del sistema, contemplando una válvula de cierre en serie con una válvula de cierre autónomo.	SI
Los paquetes de compresión contarán con un medio para tomar muestras de aceite con el fin de realizar análisis periódicos del aceite cuando así lo requieran las recomendaciones del fabricante.	Los paquetes de compresores cuentan con recipientes separadores de aceite que ofrecen filtración para la extracción de la mayoría del aceite del refrigerante, además disponen de puntos para tomar muestras del aceite, con el propósito de análisis periódico según lo recomiende el fabricante.	SI

Fuente Elaboración propia

Aislamiento.

Tabla 19

Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto al aislamiento de tuberías

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
En áreas donde podrían generarse condensación y escarcha, y volverse un peligro para los ocupantes, o causar daños a la estructura, los equipos eléctricos o el sistema de refrigeración, se solicita por la Norma ANSI IIAR II-2014 que estas tuberías que no son indicadas para intercambio térmico sean aisladas.	El diseño del sistema destina aislamiento a todas las tuberías de líquido.	SI
Se permite que las tuberías y los accesorios construidos con materiales resistentes a la corrosión, o protegidas con un tratamiento resistente a la corrosión, no cuenten con aislamiento si se les deshiela de manera rutinaria o se les maneja de otra forma para limitar la acumulación de hielo.	En los casos en los que el deshielo sea el método de control de la escarcha se proporcionar canoas o recolectores para controlar y drenar el condensado.	SI

Fuente Elaboración propia

Cimientos, tuberías, tubos y soporte de los equipos.

Tabla 20

Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto al diseño de cimientos, tuberías, tubos y soporte de los equipos

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
Se deben diseñar los soportes y anclajes para los equipos de refrigeración de acuerdo con el Código de Edificación.	Los soportes y cimientos de este sistema cumplen con lo recomendado por los fabricantes y además se diseñaron para soportar las cargas esperadas. En el Anexo 33 se aprecia un ejemplo de soportaría utilizada. Además, se diseñaron para evitar vibraciones o el movimiento excesivo de las tuberías, tubos y equipos	SI

Fuente Elaboración propia

Disposiciones de servicio.

Tabla 21*Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto a disposiciones de servicio*

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
Los equipos deben estar accesibles para darles mantenimiento de acuerdo con lo que exige el código mecánico.	Todos los equipos se instalan de forma que se les pueda dar servicio. Se visualiza en los anexos de distribución de equipos.	SI
Las conexiones de carga deben estar conectadas o tapadas y cuando estén al aire libre, se les bloqueará o restringa el acceso exclusivamente al personal autorizado.	Todas las conexiones de carga están se encuentran protegidas de la intemperie y accesibles solo por personal autorizado mediante seguridad o indicaciones de acceso exclusivo.	SI
Se estipularán disposiciones de diseño para el mantenimiento y la realización de pruebas funcionales de los controles de seguridad.	El diseño cuenta con válvulas de cierre que permiten dar servicio y ejecutar pruebas a dispositivos de control del sistema de refrigeración. De igual forma, se dispondrán de válvulas manuales para aislar los equipos y ejecutarles mantenimiento.	SI
Un manómetro instalado en el lado de alta presión del sistema de refrigeración, el manómetro tendrá la capacidad de medir y mostrar no menos del 120 % de la presión de diseño del sistema.	Los manómetros proyectan y miden presiones de mínimo 2,1 MPa (300 psi).	SI
La Norma ANSI IIAR II-2014 recomienda a la norma OSHA 29 CFR 1910.24 para obtener información sobre la inclusión de escaleras fijas para el acceso al equipo y ofrecer servicio.	Este diseño lo que plantea es una escalera móvil que se puede utilizar para efectuar mantenimiento a esos equipos que no cuenten con escaleras fijas y con esto conceder el acceso a la totalidad de los equipos del sistema de refrigeración.	SI

Fuente Elaboración propia

Pruebas.

Tabla 22

Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto a pruebas en equipos

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
Los equipos que contienen amoníaco se someterán a pruebas de resistencia donde la presión mínima supere la presión de diseño. Además, se les someterá a pruebas de fugas y se comprobará su hermeticidad a una presión no inferior a la presión de diseño.	Los equipos utilizados en este sistema de refrigeración por amoníaco están totalmente elaborados por fabricantes que se basan en Normas como las correspondientes a ASME para garantizar un desempeño adecuado, seguro y prolongado de estos componentes.	SI

Fuente Elaboración propia

Señalización, etiquetas y marcado de tuberías.

Las siguientes son condiciones que plantea la norma para que el sistema disponga de una adecuada, útil, clara y correcta señalización de seguridad de los equipos.

Tabla 23

Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto a señalización, etiquetas, marcado de tuberías

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
La maquinaria de refrigeración contará con etiquetas.	Cada equipo del sistema tendrá una etiqueta que los identificará respecto a los demás equipos.	SI
Las válvulas necesarias para el apagado de emergencia del sistema estarán identificadas con claridad y de forma única, tanto en la válvula en sí misma, como en los diagramas del sistema.	Se identificarán estas válvulas mediante etiquetas plásticas de alta resistencias, con nomenclatura clara y legible. Además, tanto en físico como en el diagrama las etiquetas tendrán una combinación de tamaño, color y forma, que no se repetirá en otras válvulas.	SI
El equipo contará con una placa de identificación que incluya los datos mínimos para describir o definir la información del fabricante, así como los límites de diseño y el propósito.	Las placas de identificación de los equipos serán visibles, ya sea la placa original o en caso contrario, una que contenga los datos solicitados.	SI
Las tomas de alimentación de las tuberías de amoníaco, los cabezales y las divisiones se identificarán con la siguiente información. Este marcado será un sistema establecido por un código o norma modelo reconocida, o el que describa y documente el propietario de las instalaciones.	Se identificarán con una rotulación que contenga la palabra "AMONIACO", el estado físico del amoníaco, el nivel de presión relativa del amoníaco (ya sea bajo o alto), si es una tubería de servicio que se permitirá acortar y la dirección del flujo en la tubería. El marcado será el descrito y documentado por el propietario de las instalaciones.	SI

Fuente Elaboración propia

Documentación para el apagado de emergencia.

La Norma ANSI IIAR II-2014 documenta que los responsables de las instalaciones donde se instalará este sistema de refrigeración por amoníaco deben disponer de las

indicaciones para el apagado de emergencia del sistema y que se ubique en un lugar fácilmente accesible para el personal capacitado.

A pesar de que este requisito corresponde directamente a la empresa cliente, se hará la recomendación de incluir este documento. Además, se plantearán que los diagramas o señalizaciones incluyan:

1. Instrucciones con detalles y pasos para apagar el sistema en caso de una emergencia.
2. Los nombres y números telefónicos del personal de operación, mantenimiento y administración de la refrigeración; de los servicios de emergencia; y del personal de seguridad.
3. Los nombres y números telefónicos de todas las agencias corporativas, locales, estatales y federales a las que se debe contactar, de acuerdo con lo que se requiere en caso de un incidente reportable.
4. Cantidad de amoníaco en el sistema.
5. Tipo y cantidad de aceite refrigerante que contiene el sistema.
6. Presiones de prueba de campo aplicadas.

Cerramientos del equipo.

Se exponen las pautas para ofrecer seguridad a los equipos, y que la estructura de estas protecciones no represente contratiempos para la producción de la planta en el futuro.

Tabla 24*Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto a cerramiento de equipos*

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
Los cerramientos para el equipo que contiene amoníaco serán adecuados para el sitio de la instalación y contarán con protección contra daños físicos y ambientales, de acuerdo con lo que se requiere para el sitio de instalación.	Los equipos estarán protegidos y resguardados de daños físicos y ambientales según corresponda, en algunos casos como el condensador y evaporadores, se encuentran ubicados a determinada altura gracias a estructuras metálicas, por lo que estos no son propensos a impactos por tránsito de vehículos o personal. Los compresores y tanques estarán resguardados en sala de máquinas.	SI
Se proporcionará la salida operativa y de servicio de mantenimiento a través de paneles o puertas de acceso, o el diseño permitirá el servicio remoto mediante la retirada del cerramiento o del contenido de la ubicación de la instalación.	Los cerramientos no interferirán con la salida operativa o de servicio para el mantenimiento, de los equipos. En el caso de sala de máquinas se dispone de una puerta amplia para la salida de servicio de los equipos aquí situados.	SI

Fuente Elaboración propia

Requisitos generales de seguridad.

Algunos requisitos generales para la seguridad del personal y los equipos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 25*Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto a seguridad general*

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
Cuando el equipo que contiene amoníaco se instale en un sitio que está sometido a daños físicos, se proporcionarán guardas o barricadas.	Ningún equipo que contiene amoníaco será instalado en sitios expuestos a daños físicos.	SI
Las piezas móviles se protegerán con pantallas o guardas.	Los equipos que aplican para este requerimiento serían los ventiladores de evaporadores y condensador, los rotores de las bombas y de los motores de los compresores. Sin embargo, todos estos equipos disponen de sus guardas o pantalla que son incorporadas de fábrica. Y se expone en las fichas técnicas correspondientes.	SI
El amoníaco se almacenará en cilindros o recipientes diseñados para contener amoníaco.	Evidenciado en las fichas técnicas del receptor, la recirculadora, economizer, etc., los recipientes utilizados en este sistema están diseñados para contener amoníaco.	SI
El equipo usado que se instale como reemplazo del equipo en un sistema existente cumplirá los requisitos de la norma que regularon la instalación del sistema existente, incluida la presión de diseño mínima. El equipo usado que se instalará junto con un sistema nuevo o	Todos los equipos implementados en este sistema de refrigeración por amoníaco serán completamente nuevos.	SI

una expansión de un sistema existente cumplirá los requisitos de esta norma.		
El Código de la Edificación proporciona regulaciones integrales para los medios de salida, pero resultan de preocupación particular en las instalaciones de refrigeración por amoníaco la altura y el ancho de espacio libre mínimos requeridos, para el acceso al equipo en las áreas que contienen tuberías o maquinaria.	Mediante los planos en los anexos se identifica como la distribución de los equipos del sistema de refrigeración satisface los espacios libres y alturas requeridos para ofrecer pasillos seguros y acceso adecuado a los equipos.	SI
Las tuberías de refrigerante cuya temperatura superficial externa sea de 140 °F (60 °C) o mayor, y se encuentren ubicadas en el exterior de la sala de máquinas, a una altura menor a 7.25 ft (2.2 m) por encima del suelo, o se encuentren adyacentes a pasillos, corredores, escaleras o descansos, contarán con uno de los siguientes: 1) señales de precaución, 2) aislamiento o 3) guardas para evitar el contacto.	Este es el caso de las descargas de los compresores o del condensador, sin embargo, el desplazamiento horizontal de estas tuberías se planea instalar a más 5 m de altura. En los casos críticos mencionados por la norma, se pretende instalar señales de precaución pintadas o con identificación plásticas resistente, y de esta forma alertar sobre el contacto con estas superficies peligrosas.	SI

Fuente Elaboración propia

Respecto a los indicadores de viento la norma plantea que cuando se utilice una manga, gallardete u otro tipo de indicador de viento, este debe cumplir las especificaciones y las ubicaciones que se establecen en los documentos de planeación en casos de emergencia. Sin embargo, el diseño no contempla la incorporación de indicadores de viento en la instalación. Por lo tanto, se propone consultar la documentación relacionada con la planeación en casos de emergencia y disponer alguno de los tipos de indicadores de viento,

en las ubicaciones establecidas en el documento mencionado. En caso de que esta no exista, esté desactualizada, o no incluya estas ubicaciones, se recomienda desarrollar el estudio o actualizar el existente, contemplando el apartado de indicadores de viento.

3.2 Sala de máquinas

A pesar de que la sala de máquinas es un espacio ya existente, el diseño actual de este sistema contempla las siguientes especificaciones para los distintos aspectos relacionados con dicha área, ya que contiene equipos y maquinaria lo cual califica para acatar dichas pautas según la Norma ANSI IIAR II-2014.

3.2.1 Construcción

ANSI IIAR II-2014 (2014 establece que la sala de máquinas se debe construir respetando las disposiciones del Código de la Edificación y a pesar de que la edificación ya se encuentra fabricada, se revisarán los puntos aplicables al diseño actual propuesto por RSF.

Tabla 26

Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto a la construcción de sala de máquinas

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
La sala de máquinas estará separada del resto del edificio mediante una construcción hermética que cuente con una clasificación de resistencia al fuego de una hora.	La sala de máquinas se encuentra físicamente separada del resto del edificio mediante un espacio libre en todas sus caras.	SI
El soporte de las tuberías y equipos debe estar capacitados para soportar las cargas estáticas y dinámicas esperadas.	El soporte de las tuberías, los cimientos, losas de piso y soportes para equipos se plantean fabricar para soportar las cargas estáticas como (el peso de los equipos y el amoniaco) y dinámicas (vientos y movimiento de motores en algunos	SI

	casos) previstas, además de las cargas sísmicas. Adicionalmente los cimientos y soportes ya están elaborados cumpliendo las disposiciones del Código de la Edificación.	
Un compresor o condensador con soporte desde el suelo se apoyará en una plancha o base de hormigón, o estará equipado con una base de soporte para su colocación directamente sobre el cimiento y su anclaje al mismo.	Los compresores estarán anclados a una base de hormigón. Se aprecia el detalle en el Anexo 32.	SI
La maquinaria se montará de modo que evite la transmisión de un exceso de vibración a la estructura del edificio o a los equipos conectados. Se permitirá el uso de materiales de aislamiento entre el cimiento y el equipo.	Este caso aplica para los compresores, y se evitará la transmisión de vibraciones a la sala de máquinas mediante una separación entre la base de hormigón del compresor y el resto del suelo del edificio, la cual será cargada con arena y sellada en su parte superior con pastas químicas de sellado para impedir la filtración de líquidos dentro de este espacio.	SI
No habrá flujo de aire desde ni hacia ninguna parte de un sitio al que pueden acceder o en el que pueda haber personas normalmente	El flujo de aire que atraviesa sala de máquinas continúa su trayectoria hacia espacios libres y no ingresa mediante ninguna abertura a otro edificio ni lugar donde pueden acceder o en el que pueda haber personas normalmente.	SI

Fuente Elaboración propia

3.2.2 Desagüe

Difiriendo con lo demandado por ANSI IIAR II-2014, la sala de máquinas no cuenta con un sistema de desagüe de piso para desechar el agua residual. De forma correspondiente,

se propone que se construya uno que cuente con la capacidad de manejo de aceite, refrigerante u otros líquidos propensos a derrames. Sin embargo, el sistema sí contempla con una parte de este aspecto que se solicita por la norma, el cual es un sistema, en este caso de canales que permiten la extracción de amoníaco líquido del piso de sala de máquinas y limitaría la dispersión de derrames de amoníaco líquido al sistema de drenajes cuando este esté implementado.

3.2.3 Acceso y salida

De acuerdo con la Norma ANSI IIAR II-2014, los equipos instalados en las salas de máquinas se ubicarán de modo que permitan la salida desde cualquier parte de la sala, en caso de alguna emergencia, así como para proporcionar los espacios libres necesarios para el mantenimiento, la operación y la inspección, de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes. Mediante el Anexo 29, se evidencia el cumplimiento de estos requisitos.

Tabla 27*Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto a acceso y salida en la sala de máquinas*

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
Debe ser posible operar las válvulas de operación manual que no estén accesibles desde el nivel del piso desde plataformas portátiles, plataformas fijas, escaleras, o deben funcionar con cadenas.	Las válvulas que no sean accesibles desde el nivel del piso se podrán operar mediante escaleras móviles.	SI
Debe ser posible operar las válvulas de aislamiento de operación manual, que se identifiquen como parte del procedimiento de apagado de emergencia del sistema, desde el piso, o se accionarán con cadenas desde una superficie de trabajo permanente.	Estas válvulas de aislamiento de todos los equipos en sala de máquinas podrán ser operadas desde el nivel de piso.	SI
El acceso a una sala de máquinas estará restringido únicamente al personal autorizado.	El acceso a sala de máquinas estará identificado como restringido al personal autorizado.	SI

Fuente Elaboración propia

3.2.4 Materiales combustibles

Respetando el mandato de ANSI IIAR II-2014 (2014), el diseño no involucra el almacenamiento de materiales combustibles en la sala de máquinas.

3.2.5 Llamas abiertas y superficies calientes

Tabla 28

Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto a llamas abiertas y superficies calientes en la sala de máquinas

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
<p>No se permite la instalación de aparatos que quemen combustibles, ni equipos ni superficies cuya temperatura exceda los 427 °C (800 °F), en una sala de máquinas.</p> <p>Sin embargo, se permitirá el uso de equipo de soldadura, cerillas, encendedores o equipos similares, excepto cuando se ejecute la carga de refrigerante y se extraiga aceite o amoníaco del sistema.</p>	<p>Este dato no se puede establecer con total seguridad mediante la información actual obtenida del diseño, sin embargo, se pretende respetar este requisito en el funcionamiento normal de sistema de refrigeración por amoníaco.</p> <p>Se hará valor de la excepción del uso de equipos de soldadura en la situación de instalación de los equipos donde no existirá aún el amoníaco en el sistema.</p> <p>También, en el caso de que se pretenda hacer una ampliación, se almacenaría en el receptor todo el amoníaco del sistema, por lo que la soldadura que se ejecute en las tuberías del resto de secciones no comprende peligro. Cabe destacar que en caso de que la soldadura involucre al receptor, se extraería extraer completamente el amoníaco del sistema.</p>	<p>SI</p>

Fuente Elaboración propia

3.2.6 Tuberías

Conforme a la Norma ANSI IIAR II-2014, las tuberías y accesorios serán aisladas de acuerdo con lo estipulado en la sección 3.1.2.9 “Aislamiento. Además, el marcado de las tuberías se gestiona bajo lo solicitado en la sección 3.1.2.13 “Señalización, etiquetas y marcado de tuberías.

Las tuberías que penetren alguna estructura de la edificación de sala de máquinas ya sean paredes o techos, serán selladas para mantener la protección contra el ambiente.

La única situación donde la Norma ANSI IIAR II-2014 considera adecuada lo conexión de cilindros de amoníaco al sistema de refrigeración, es durante el proceso de trasiego y que se encuentre a cargo del personal autorizado. Por lo tanto, fuera de esta situación no se conectarán cilindros de amoníaco al sistema.

3.2.7 Lavaojos y ducha de emergencia

Según ANSI IIAR II-2014 (2014) todas las salas de máquinas contarán con acceso, como mínimo, a dos unidades de lavaojos/ducha de emergencia.

Tabla 29

Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto a lavajos y duchas de emergencia en la sala de máquinas

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
Una de estas deberá ser ubicada en el interior de la sala de máquinas y la otra ubicada en el exterior de la sala de máquinas; ambas deben cumplir los requisitos de la norma ANSI/ISEA Z358.1.	Tal como se expone en el Anexo 29, se proporcionará el acceso a dos unidades de lavajos/ducha de emergencia en la sala de máquinas, una se ubicará dentro de la misma, y la otra en el exterior.	SI
Se deben instalar unidades de lavajos/ducha de emergencia adicionales, de modo que la ruta de paso en la sala de máquinas no sea mayor 16.8 m hacia alguna unidad de lavajos/ducha de emergencia.	Se identifica en el en el Anexo 29, que la distancia desde cualquier punto en sala de máquinas hasta alguna unidad de lavajos/ducha, será de máximo 15 m.	SI
La ruta de paso dentro de la sala de máquinas, que lleva al menos a una unidad de lavajos/ducha de emergencia, no tendrá obstrucciones ni incluirá puertas que se interpongan.	Al menos una ruta de paso hacia un lavajos/ducha, se encuentra libre de obstáculos y puertas.	SI

Fuente Elaboración propia

3.2.8 Seguridad eléctrica

Además de que la instalación de equipos y cableado cumpla las disposiciones del Código Eléctrico, la sala de máquinas se designa como sitio ordinario, de acuerdo con lo descrito por el Código Eléctrico, dado que la sala de máquinas dispondrá de ventilación de emergencia y detección de amoníaco.

3.2.9 Entrada y salida

Tabla 30

Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto al ingreso y salida de la sala de máquinas

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
Todas las partes de una sala de máquinas se encontrarán a 45.7 m o menos de una puerta de salida, o una puerta de acceso a la salida, a menos que el Código de la Edificación permita una distancia de paso mayor.	Todas las partes de la sala de máquinas se sitúan a menos de 20 m de una puerta de salida, tal se evidencia en el Anexo 29.	SI
Las salas de máquinas que superen 93 m ² en un área, contarán con al menos dos puertas de salida o puertas de acceso a la salida.	Esta sala de máquinas cuenta con 161,54 m ² , y dispone de dos puertas de acceso. Tal como se identifica en el Anexo 29.	SI
Las puertas de las salas de máquinas serán herméticas y de cierre automático.	La sala de máquinas si cuenta con puertas herméticas y de cierre automático, además, una de estas es considerada puertas de emergencia accionada con barra antipánico tal como se identifica en el Anexo 29.	SI
Las puertas estarán separadas por una distancia horizontal equivalente o mayor a la mitad de las dimensiones horizontales máximas de la sala.	Se puede apreciar en el Anexo 29 que las puertas de sala de máquinas se encuentran a aproximadamente de 13 m, lo cual supera los 9 m correspondiendo a la mitad de la diagonal del recinto.	SI

Fuente Elaboración propia

3.2.10 Iluminación

Tabla 31

Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto a la iluminación en la sala de máquinas

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
Las salas de máquinas estarán equipadas con dispositivos de iluminación que proporcionen un mínimo de 320 lúmenes/m ² en el nivel de trabajo, a 0.91 m por encima de un piso o plataforma.	Considerando un factor de mantenimiento de 0,8, dimensiones de largo y ancho de 12 y 13,5 m, un área total de 161,54 m ² , 5 luminarias de 15000 lm, tipo led UL 725 de 48" y 6 barras, y finalmente una distancia hasta el nivel de trabajo de 7,09 m (considerando que las luminarias se ubiquen en lo más alto del recinto), se calcula un total de 332 lúmenes/m ² .	SI
Se proporcionará un control manual para la fuente de iluminación	La iluminación de sala de máquina se podrá controlar mediante apagadores manuales.	SI

Fuente Elaboración propia

3.2.11 Interruptores de control de emergencia

Cumpliendo con lo solicitado por la Norma ANSI IIAR II-2014, se ubicará un interruptor de parada de emergencia en el exterior y adyacente a la puerta principal de sala de máquinas, con identificación clara y una cubierta resistente a la manipulación. Dicho control permite solo el apagado del compresor de refrigerante, las bombas de refrigerante y las válvulas de refrigerante que normalmente son de cierre automática en la sala de máquinas.

De forma complementaria, las funciones del interruptor se expondrán mediante señalización cercana a los controles. De igual forma, la ubicación del interruptor de control de ventilación de emergencia contará con las mismas especificaciones del interruptor de parada de emergencia. Además, dicho interruptor de ventilación de emergencia incluirá la capacidad de anulación de “Encendido/Auto” para la ventilación de emergencia.

3.2.12 Detección de amoníaco y alarmas

El diseño actual de la sala de máquinas comprenderá la instalación de 2 detectores de amoníaco dentro de la sala, y cumplirá con las condiciones del nivel 2, agregando que en el exterior de cada entrada a la sala se instalarán alarmas sonoras y visuales. Además, estos detectores se distribuirán de forma que el flujo continuo de aire por la ventilación de extracción en sala de máquinas no interfiera en la capacidad de detección. Esto se evidencia en el Anexo 26, Anexo 28 y Anexo 30.

Respecto a las respuestas de las alarmas, este diseño del sistema cumple con lo expuesto por ANSI IIAR II-2014 (2014), ya que la detección de concentración de amoníaco inferiores a 25 ppm no comprende alarmas, pues estas no son necesarias. La detección igual o superior a 25 ppm activará indicaciones visuales y alarmas sonoras según corresponde. Al ser la detección de concentración de amoníaco igual o mayor a 150 ppm esta activará indicadores visuales, alarmas sonoras, además, activará la ventilación de emergencia según sea necesario, conforme a la sección 3.2.13 Ventilación. Complementariamente, la ventilación de emergencia no dejará de funcionar hasta que se reestablezca manualmente mediante el interruptor ubicado en la sala de máquinas mencionado en la sección 3.2.11 Interruptores de control de emergencia.

En el caso de una detección de concentración que supere el límite superior del detector o los 40 000 ppm, se ejecutará todo lo mencionado para las anteriores concentraciones,

asimismo, se cortará automáticamente el suministro de energía eléctrica a los compresores de refrigerante, las bombas de refrigerante, y las válvulas de refrigerante que con normalidad se cierran automáticamente y que no son parte de un sistema de control de emergencia.

3.2.13 Ventilación

El aire de las salas de máquinas se ventilará al exterior por medio de un sistema mecánico de ventilación por extracción.

Basada en los requisitos de ANSI IIAR II-2014, la ventilación se conformará de la siguiente manera:

- Los sistemas mecánicos de ventilación por extracción se activarán automáticamente con la detección de una fuga de amoníaco de acuerdo con la sección 3.2.12 Detección de amoníaco y alarmas, o a través de los sensores de temperatura, y será posible usarlos manualmente.
- Durante las condiciones de ocupación se proporcionará aire del exterior a un caudal no menor a $0.0025 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$ ($0.5 \text{ cfm}/\text{ft}^2$) de área de la sala de máquinas o $0.009 \text{ m}^3/\text{s}$ (20 cfm) por ocupante, lo que resulte mayor. Dado que la sala de máquinas cuenta con $161,54 \text{ m}^2$, el sistema de ventilación debe capacitarse para proporcionar mínimo $0,404 \text{ m}^3/\text{s}$ (856 cfm). Y en este caso, el sistema dispondrá de ventiladores de extracción modelo GreenHeck tipo Vektor H capacitados para ofrecer hasta $26\,000 \text{ cfm}$ por ventilador. Tal como se aprecia en el Anexo 2. Ficha técnica de ventilador de extracción Vektor-H. En el caso del cálculo por ocupantes, se haría sólo para un ocupante, por lo que el resultado sería inferior.
- Los conductos de escape de aire de sala de máquinas son exclusivos para este servicio.

- La ventilación por extracción estará en constante funcionamiento para proporcionar un suministro de aire adecuado, sin embargo, este mismo sistema actúa como ventilación de emergencia cambiando la configuración de la ventilación.
- La salida de los ductos de aire de sala de máquinas se ubicará a más 50 m de la línea de propiedad y a aproximadamente 10 m de la abertura hacia el interior del edificio más cercano, lo que supera el mínimo de 6 m (20ft) requeridos por la Norma. Además, se tomó en cuenta el flujo de aire natural de los alrededores, los vientos prevalecientes y las estructuras circundantes para que la descarga del escape a la atmósfera se disponga de forma que minimizan los inconvenientes y peligros en caso de fuga.
- El ducto de salida de la sala de máquinas generará una descarga vertical ascendente, con una velocidad mayor a 762 m/min (2,500 ft/min)
- Los ventiladores modelo GreenHeck tipo Vektor H utilizados para extracción de aire de sala de máquinas son ventiladores cuyas aspas no generan chispas.
- Todos los motores de los ventiladores de escape de emergencia, ubicados en el flujo de aire o dentro de sala de máquinas, son totalmente cerrados.
- El aire de compensación del exterior que reemplaza el aire expulsado se diseña para mantener una presión negativa de 0,25 pulgadas de columna de agua respecto al exterior. El ventilador de extracción modelo Vektor-H está capacitado para ofrecer presiones de hasta 4 pulgadas. Además, se diseña el suministro de aire para desarrollar un flujo óptimo y no generar cortocircuitos.
- Las rejillas de ventilación quedarán normalmente abiertas en caso de un corte de energía.

- Las tomas de aire de compensación destinadas a sala de máquinas son exclusivas este recinto y se ubicarán para recolectar aire no contaminado, ya que no son afectadas por el flujo de aire de otros sectores y sistemas de la planta.
- El aire de compensación se suministra mediante aberturas directas en sala de máquinas con rejillas de ventilación.

Ventilación de control de temperatura.

La ventilación de emergencia se diseñará para contar con la capacidad de limitar la temperatura de bulbo seco a 35 °C, contemplando el calor por equipos. Este sistema de ventilación para el control de temperatura será el mismo que se utilice para la ventilación de emergencia. Esta ventilación mecánica de control de temperatura será continua y se activará con un termostato que monitoree la temperatura del espacio de la sala, y con el control manual mencionado en la sección 3.2.11 Interruptores de control de emergencia, dado que sería el mismo que el de emergencia.

Ventilación de emergencia.

La sala de máquinas contará con ventilación de emergencia que pretende proporcionar 30 cambios de aire por hora, cumpliendo el mínimo que dicta la Norma ANSI IIAR II-2014. Esta ventilación de emergencia se activará con la alarma de nivel 2 correspondiente para la sala de máquinas, tal como se indica en la sección 3.2.12 Detección de amoníaco y alarmas. Además, se podrá activar mediante el interruptor de control manual especificado en la sección 3.2.11 Interruptores de control de emergencia.

Esta ventilación de emergencia será suministrada con energía eléctrica de manera independiente de los equipos de la sala de máquinas y continuará funcionando sin independientemente de la activación de los controles de apagado de emergencia para la sala

de máquinas. De igual forma, se notificará a un sitio monitorizado sobre la caída de la energía o fallas en el sistema de ventilación mecánica de emergencia.

Se planeará un programa para ejecutar pruebas con el sistema de ventilación mecánica, basados en las recomendaciones de fabricantes y se ejecutarán cada dos años o se desarrollarán basados en la experiencia documentada, de acuerdo con la detección de amoníaco establecida en la sección 3.2.12 Detección de amoníaco y alarmas y con el interruptor de control manual requerido expuesto en la sección 3.2.11 Interruptores de control de emergencia.

3.2.14 Señalización

El diseño actual propuesto cumple con la señalización de alarmas tal como se especifica en la sección 3.5 Detección de amoníaco y alarmas. Además, se rotularán las entradas a la sala de máquinas con letreros indicando que el acceso es exclusivo para personal autorizado.

3.3 Dispositivos de protección contra sobrepresión

En esta sección se exponen aspectos relacionados con la selección de dispositivos de alivio de la presión que se deben considerar en el diseño del sistema de refrigeración. Considerados de los elementos de seguridad más importantes en situaciones extremas, dado que son el último recurso para evitar una catástrofe de alto impacto.

3.3.1 Dispositivos de alivio de presión

Los recipientes a presión son elementos del sistema de refrigeración que representan una importante fuente de peligro para la totalidad de la planta y alrededores. Por lo tanto, disponer de los dispositivos a presión y de un sistema de descarga adecuado se considera indiscutiblemente obligatorio. Existen diferentes causas y procesos que originan y controlan las sobrepresiones, por ejemplo, las sobrepresiones graduales son atenuadas y controladas

por el sistema de control del sistema, manteniendo una comunicación constante entre el cerebro (PLC) y los equipos del sistema. De esta forma, se pueden manipular las capacidades de los compresores o válvulas y con esto mitigar los parámetros de presión que se salgan de la operación normal. No obstante, pueden existir alteraciones externas al sistema que desencadenen sobrepresiones abruptas e incontrolables, por ejemplo, un fuego externo, y es aquí donde los dispositivos de protección de sobrepresión protegen al sistema y alrededores de una mayor catástrofe.

Tabla 32

Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto a dispositivos de alivio de presión

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
El sistema de refrigeración estará protegido por al menos un dispositivo de alivio de presión	El sistema cuenta con un total de 11 dispositivos de alivio de presión duales, cabe destacar que se excluyen 3 dispositivos de los compresores y que el condensador evaporativo cuenta con 2 circuitos, por lo tanto, se compone de 2 dispositivos de alivio de presión duales.	SI
Los dispositivos de alivio de presión que se proporcionan para los recipientes construidos de acuerdo con la norma ASME B&PVC, Sección VIII, División 1, cumplirán con dicho código y otros requisitos aplicables de esta norma.	Los dispositivos utilizados en este sistema son certificados con fabricación normada, tal como se identifica en la ficha técnica correspondiente al Anexo 3.	SI

	Ficha técnica de válvulas de alivio de la presión.	
Las configuraciones de los dispositivos de alivio se configurarán para permitir el acceso para su inspección, mantenimiento y reparación.	Los dispositivos de protección de alivio estarán dispuestos para una fácil inspección, mantenimiento y reparación o reemplazo, simplemente con ayuda de una escalera móvil para su acceso.	SI
Se debe contemplar la posibilidad de acumulación de presión entre la pieza de ruptura y el dispositivo de alivio, por lo que, (B&PVC, 2019) plantea que puede ser requerida una válvula de alivio de presión especialmente diseñada como una válvula de diafragma, una válvula operada por piloto o una válvula equipada con un fuelle de equilibrio sobre el disco, para que el dispositivo de alivio de presión funcione precisamente en la presión de ajuste que se seleccionó	En este sistema de refrigeración por amoníaco, las válvulas están compuestas por el uso de los tres sistemas mencionados.	SI
Los dispositivos de alivio deben estar estampados con la capacidad, en m ³ /s (SCFM) o en kg aire/min (lb aire/min) a 15,5 °C (60 °F), o estará disponible previa solicitud. Además, que deben ser marcados con datos que requiere la norma ASME B&PVC, Sección VIII, División 1.	Todo esto se acata por los dispositivos de alivio utilizados para este sistema de refrigeración por amoníaco, tal como se identifica en el Anexo 3. Ficha técnica de válvulas de alivio de la presión.	SI

Fuente Elaboración propia

Además, todos estos dispositivos respetan que la conexión para la protección de alivio de presión debe colocarse en el punto práctico más elevado de un recipiente a presión u otro equipo que se proteja, según es planteado por la norma ANSI IIAR II-2014.

La presión de ajuste de los dispositivos de alivio de presión, no supera la presión de diseño del equipo destinado a proteger, tal como se presenta en la Tabla 33.

Tabla 33

Presiones de dispositivos de protección contra sobrepresiones y presiones de trabajo de equipos

Equipo	Presión máxima de trabajo del equipo [psi]	Presión de ajuste de diseño para dispositivos de alivio de presión [psi]	Presión de diseño de pieza de ruptura [psi]
Recibidor	250	250	300
Tanque recirculador	250	250	300
Trampa de succión	300	250	300
Economizer	300	250	300
Condensador	350	250	300
Enfriador de glicol	300	250	300
Separador de aceite	250	250	300

Fuente Elaboración propia

Adicionalmente, ANSI IIAR II-2014 (2014) señala que el reposicionamiento de un dispositivo de alivio de presión será realizado por el fabricante o por una empresa que cuente con un certificado de pruebas válido para realizar dicho trabajo.

El sistema cuenta con un intercambiador de calor de placas para el enfriador de glicol que se utiliza en el circuito de refrigeración de las áreas de producción de la planta. La Norma ANSI IIAR II-2014 plantea que los intercambiadores también deben poseer dispositivos de protección contra sobrepresión, sin embargo, en este sistema se decide conectar el intercambiador directamente con el recipiente que lo abastece, sin la interrupción de válvulas,

por lo tanto, se protegen ambos equipos mediante un dispositivo dual de protección que se instalan en el tanque del enfriador de glicol. Con esto se cubre la protección de ambos elementos a presión mediante un único dispositivo, además, cabe resaltar que la mayoría del amoniaco en forma de vapor que se encontraría en este conjunto de equipos se ubicaría principalmente en el tanque.

3.3.2 Protección de alivio de presión

Tabla 34

Volumen de los recipientes a presión

Equipo	Volumen [m³]
Recibidor	4,3
Tanque recirculador	4,3
Trampa de succión	1,3
Economizer	1,3
Condensador	0,5
Enfriador de glicol	0,26
Separador de aceite	0,07

Fuente Elaboración propia

Como se identifica en la Tabla 34, la mayoría de los volúmenes de los recipientes superan los 0,3 m³ y para estos casos la Norma ANSI IIAR II-2014 plantea que requieren estar protegidos con al menos un dispositivo de alivio de presión dual instalado con una válvula de tres vías, permitiendo ejecución de pruebas o reparaciones. Sin embargo, cada dispositivo debe cumplir con la capacidad según lo indica la Norma ANSI IIAR II-2014, lo cual se desarrolla en la sección 3.3 Dispositivos de protección contra sobrepresión, de este informe. Adicionalmente, se ofrece la posibilidad de utilizar un solo dispositivo bajo determinadas condiciones, no obstante, este diseño protege todos los respectivos equipos con dispositivos de alivio dual.

La capacidad de un dispositivo de alivio de presión se determina tal y como se presentó en la sección 3.3 Dispositivos de protección contra sobrepresión de este documento, y en esta sección actual se presenta la Tabla 35 con los resultados y se expone el cumplimiento de lo planteado por la norma ANSI IIAR II-2014 respecto a el tamaño de los dispositivos de alivio de presión. Al respecto, se considerarán todas las cargas térmicas aplicables capaces de provocar sobrepresión, además de que la capacidad del dispositivo de alivio de presión se basará en el escenario con los mayores requisitos de capacidad (ANSI IIAR II-2014, 2014). Cabe destacar que no se contempla el dimensionamiento de los dispositivos de protección de alivio de presión de los compresores ya que estos vienen incorporados y ajustados de fábrica.

En el caso del condensador, se mide físicamente el diámetro de la tubería del serpentín y se determina que se utiliza una tubería de acero inoxidable de diámetro nominal de 1/2”, resultando en un diámetro exterior de 21,3mm. Así, al contabilizar la cantidad de tuberías de largo de 5,5 m para cada circuito, se obtiene un total de aproximadamente 500m de longitud total.

Tabla 35

Capacidad de dispositivos de alivio de presión para recipientes a presión

Equipo	Diámetro exterior del recipiente [m]	Longitud [m]	Capacidad según ANSI IIAR II-2014 (kg/s)	Capacidad según diseño (kg/s)
Recibidor	1,22	3,71	0,18	0,431
Tanque recirculador	1,22	3,71	0,18	0,431
Trampa de succión	0,76	2,87	0,09	0,431
Economizer	0,76	2,87	0,09	0,431
Condensador	0,0213	500	0,426	0,431

Enfriador de glicol	0,61	2,44	0,59	0,431
Separador de aceite	0,3	1	0,012	0,431

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Tuberías del dispositivo de alivio de presión

El diseño actual del sistema de refrigeración por amoníaco cumple con lo demandado por ANSI IIAR II-2014 respecto a tuberías del dispositivo de alivio de presión, en cuanto:

- a. Las válvulas de paso no se instalarán en las tuberías de entrada de los dispositivos de alivio de presión.
- b. Los recipientes a presión con menos de 0,28 m³ disponen de su conexión al dispositivo de alivio con tubería mayor o igual a 3/4" o un acoplamiento de 1/2" y en recipientes con más de 0,28 m³ la tubería no es inferior a 1" o un acoplamiento de 3/4". En este caso, se utilizarán acoplamientos de 3/4" para los recipientes de más de 0,28 m³, y para los recipientes de menos de 0,28 m³, emplearán tubería de 3/4" para conectar los recipientes a las válvulas de alivio.
- c. Las tuberías de descarga provenientes de los dispositivos de alivio de presión serán de acero mínimo Cédula 40, para las tuberías de máximo de 6", y de Cédula 40, para las tuberías de 1-1/2" o menores, y mínimo Cédula 10, para las tuberías de 2" y mayores. En este sistema se empleará tubería Cedula 80 para todas las líneas de descarga de los dispositivos de alivio de presión.
- d. Los colgadores y soportes de tuberías soportaran el peso de las tuberías y de las posibles cargas adicionales como sismos o por el viento. Además, los anclajes, sus puntos de conexión y los métodos de conexión son diseñados para soportar dichas cargas.

- e. Las descargas de múltiples dispositivos de alivio de presión a una misma tubería, comprende la capacidad de descarga de todos los dispositivos involucrados que se espera que descarguen simultáneamente. Para este sistema de refrigeración, se considera que se descarguen simultáneamente máximo el 20% de las válvulas del sistema, correspondiendo a 2 dispositivos de alivio de presión.

3.3.4 Descargas de los dispositivos de alivio de presión

Este sistema empleará un tanque de difusión para la descarga de los dispositivos de alivio de la presión.

Tabla 36

Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto a la descarga de los dispositivos de alivio de presión

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
En los casos donde los dispositivos de alivio de presión se descarguen a un tanque de agua, el tanque tendrá el tamaño suficiente para contener 8.3 litros (1 galón) de agua por cada kilogramo de amoníaco que se emitirían en un lapso de 1 hora del dispositivo de alivio más grande conectado a la tubería de descarga.	Esto se calcula basado en que la válvula de mayor capacidad es de 0,431 kg/s, por lo tanto, una hora de descarga para esta válvula resulta en 1551,6 kg de amoníaco, por lo tanto, comprendiendo 8,3 litros por cada kg liberado, se debe disponer de mínimo 12 878 litros de agua. Por lo tanto, el tanque de agua utilizado para esta configuración contará con 13 000 litros de agua.	SI

La tubería de descarga del dispositivo de alivio de presión distribuirá el amoníaco en el fondo del tanque, pero no a más de 10 m (33 ft) por debajo del nivel máximo de líquido.	La tubería se colocará en el fondo del tanque a aproximadamente 2 m bajo el nivel del agua.	SI
El tanque tendrá el tamaño suficiente para contener el volumen de agua y amoníaco sin que se desborde.	Para contener la posibilidad de un desbordamiento durante una fuga, el tanque será fabricado con un aumento de altura, lo que resultaría en un tanque con capacidad de 15 m ³	SI

Fuente Elaboración propia

3.4 Instrumentos y control

3.4.1 General

Se enlista la situación del diseño del sistema respecto a los requisitos generales que plantea la norma en relación con los instrumentos y controles eléctricos que forman parte de la operación del sistema.

Tabla 37

Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto a instrumentos y control del sistema

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
Se proporcionarán instrumentos y controles para visualizar los parámetros de operación del sistema y los equipos, además de proporcionar la capacidad para controlar, ya sea de forma manual o de forma automática, el encendido, apagado y operación del sistema o equipo, además, notificarán si se han excedido los niveles críticos de los parámetros de operación del	Los compresores incluyen de fábrica estos instrumentos de control, para el caso de los demás equipos, se monitorearán y controlarán mediante un PLC.	SI

sistema, según se determinó por el propietario u operador.		
Se proporcionará un medio para medir la concentración de un escape de amoníaco en caso de que ocurra un corte eléctrico.	En este caso se recomendará que la planta implemente el uso de un dispositivo portátil de monitoreo.	SI
Los sistemas de control eléctrico se apegarán al Código Eléctrico.	En Costa Rica es obligatorio que los sistemas de control eléctrico sean diseñados e instalados bajo las pautas correspondientes del Código Eléctrico.	SI

Fuente Elaboración propia

3.4.2 Indicadores visuales de nivel de líquido

Tabla 38

Requisitos de la Norma ANSI IIAR II-2014 respecto a visores de nivel de líquido

Requisito de la Norma ANSI IIAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?
La presión de trabajo máxima permitida en las cubiertas a presión, en los instrumentos y los indicadores visuales de nivel de líquido, debe ser equivalente o superior a la presión de diseño del sistema o subsistema en el que se encuentren instalados.	Los indicadores visuales soportan presiones de hasta 2 758 kPa (400 psi) y los recipientes trabajarán a un máximo de 250 psi. Se evidencia en el Anexo 4. Ficha técnica de visores de nivel.	SI
Los indicadores visuales de nivel de líquido que incluyen, pero no se limitan a, visores de nivel tipo ojo, visores planos lineales de “vidrio blindado” o columnas de nivel con visores y los manómetros, deberán utilizar un diseño de contención de presión basado en el desempeño, que sea corroborado por pruebas de comprobación, de acuerdo con lo que se describe en la norma ASME B&PVC, Sección VIII, División 1, Sección UG-101, o un análisis de tensión experimental.	Todos los indicadores visuales de nivel de líquido utilizados en este sistema de refrigeración por amoníaco como el caso de los visores de nivel de líquido que se utilizarán en la salida del termosifón del enfriador de aceite o los visores de columna, son fabricados bajo normas, tal y como se aprecia en el Anexo 4. Ficha técnica de visores de nivel.	SI

Fuente Elaboración propia

3.4.3 Controles sensores eléctricos

Todos los sensores eléctricos que complementan este sistema de refrigeración por amoníaco son parte de sistemas que se adquieren con verificación de su normal funcionamiento bajo los parámetros correspondientes, de acuerdo con los requisitos de seguridad dictados en ANSI IIAR II-2014 (2014), como lo son la resistencia a las presiones de trabajo y la realización de pruebas correspondientes a los equipos. Añadido a esto, los equipos incorporados al sistema como elementos de control eléctrico estarán identificados por los fabricantes con:

- Nombre del fabricante.
- Número de serie del fabricante, en caso de que aplique.
- Número de modelo del fabricante.
- Suministro eléctrico: voltios, amperaje en carga completa, frecuencia (Hz), fase, cuando corresponda.
- Toda característica especial de un dispositivo de control se indicará ya sea en la etiqueta de identificación o en la descripción complementaria.

3.5 Detección de amoníaco y alarmas

Los dispositivos de detección de amoníaco y las alarmas vinculadas con estos, deben proporcionar un funcionamiento óptimo y seguro que permita ofrecer ese tiempo valioso de reacción ante una emergencia, el cual podría ser suficiente para minimizar el impacto del accidente, o en casos extremos, salvaguardar la vida de las personas con posibilidad de afectación.

Tabla 39

Requisitos de la Norma ANSI IAR II-2014 respecto a al sistema de detección de amoníaco y alarmas

Requisito de la Norma ANSI IAR II-2014	Situación del diseño actual del sistema	¿El diseño cumple?	Propuesta de corrección teórica
El suministro de energía para los detectores de amoníaco y las alarmas será un circuito derivado dedicado.	El sistema de detección de amoníaco y alarmas comparte circuito con el sistema de control.	NO	Designar un espacio en el tablero eléctrico, exclusivo para este circuito. De esta forma en caso de corte de energía en otro circuito, no afecte al

			sistema de detección de amoniaco y alarmas.
En caso de que haya un corte de energía en el sistema de detección de amoniaco y alarma, se enviará una señal de problemas de corte de energía a un sitio monitoreado.	Mediante la programación en el PLC, se notificará al centro de control de la planta cuando ocurra un corte de energía en el sistema de detección de amoniaco y las alarmas.	SI	
Se deben realizar pruebas a los detectores de amoniaco y alarmas, con un plan basado en recomendaciones del fabricante o en la experiencia documentada, y con la frecuencia indicada por el fabricante o en caso contrario, al menos una vez al año.	Como complemento del servicio de diseño de este sistema de refrigeración por amoniaco, se le planteará esta recomendación al cliente y de ser necesario se harán visitas ocasionales para desarrollar estas pruebas.	SI	
Se montará un sensor de detección de fugas, o la entrada de un tubo de muestras que extrae aire hacia un sensor de detección de fugas, en una posición donde se espere la acumulación de amoniaco por una fuga. Deberán ser accesibles para mantenimiento y pruebas.	En este sistema distribuirán los sensores donde se considera que se acumularía el amoniaco en situación de fuga, estas ubicaciones se aprecian en el Anexo 26, Anexo 28 y Anexo 30. Además, se identifica que su ubicación ofrece espacio para ejecutarles mantenimiento y pruebas.	SI	
Las alarmas sonoras emitirán notificación con un nivel de presión de sonido de 15 decibeles (dBA) superior al nivel de	Se desconoce el nivel de sonido ambiente de la planta, dado que aún no se instala el sistema, por lo que este aspecto queda agregado al diseño para la	SI	

sonido ambiente promedio, y 5 decibeles por encima del nivel máximo en el área donde se dispondrán.	configuración respectiva de las alarmas		
Las alarmas de detección de fugas de amoníaco se identificarán con señalización adyacente a los dispositivos de alarmas visuales y sonoros.	Se identificarán las alarmas y los detectores de forma que cada conexión entre estas sea posible de identificar mediante la rotulación, y con esto ubicar los detectores activados en caso de emergencia o prueba, además de con el propósito de reparación o reemplazo.	SI	
En la sección 2.3.7 Detección de amoníaco y alarmas, se exponen los niveles de detección y alarmas que comprende la norma.	En este sistema se hace uso de los niveles de detección de alarma nivel 3 para la sala de máquinas.	SI	

Fuente Elaboración propia

3.6 Dimensionamiento de tuberías

El correcto dimensionamiento de tuberías es un aspecto fundamental de un diseño seguro y funcional. Dado las diferentes capacidades de los equipos, se disponen de distintos diámetros de tubería para trasegar el amoníaco con la carga térmica proyectada en cada sección, en este diseño se dimensionarán los diámetros de las tuberías del sistema mediante el Manual de Tuberías de Refrigeración por Amoníaco de IIAR.

De acuerdo con Ammonia Refrigeration Piping Handbook (2004), para seleccionar los diámetros adecuados para todas las secciones de tuberías del sistema, se requiere primeramente conocer la carga que se desea trasegar en dichas conexiones. Por lo tanto, se tabulan las cargas en TR (Toneladas de refrigeración), además, para las secciones de tubería

que contendrán vapor, se necesita disponer de las temperaturas correspondientes del fluido trasegado. Como aporte adicional se presentan los factores según la capacidad requerida y la capacidad máxima que soportaría dicho diámetro de tubería, además de las dimensiones próximas inferiores en los casos que el diseño así lo estableció.

Seguidamente, se procede a estructurar las secciones de tubería según su ubicación dentro del sistema de refrigeración, ya que la norma dispone de tablas correspondientes para cada elemento de tubería del sistema.

A modo de ejemplificación del proceso se seleccionan dos segmentos, uno que cumple con lo solicitado por la norma (entrada de líquido al equipo IQF) y otro que difiere ligeramente (“defrost” de los evaporadores de la cámara 1). Primeramente, se tomará la sección de la entrada de líquido al equipo IQF. Este equipo IQF dispone de una carga térmica de 156 TR según datos de placa del equipo, sin embargo, está dividido en dos circuitos alimentados en paralelo, por lo que la selección del diámetro de tubería se debe enfocar primeramente en dos subcircuitos de 78 TR, luego se determinaría una sección de tubería que alimenta estos dos circuitos y ahora si se consideraría un solo equipo de 156 TR.

Para este ejemplo, la norma señala que la tabla correspondiente es la 1-9B y se encuentra en el Anexo 20, destinada para la descarga de bomba, tal como se identifica que es este caso en el Anexo 31. Como se aprecia, la tubería cumple los requisitos solicitados es de 1 ¼” de diámetro cedula 80, ofreciendo un factor de sobredimensionamiento de 1,21.

El segundo segmento ejemplifica un resultado donde el diseño opta por un subdimensionamiento de la tubería, con la sección de vapor en la tubería principal que alimenta con gas caliente los sistemas de “defrost” de los evaporadores de la cámara 1.

Al considerar que cada evaporador de la cámara 1 cuenta con capacidad para 6,7 TR según los datos del equipo y al requerir alimentar tres de estos equipos, se tomará la sumatoria

estos y se selecciona como un solo equipo de 20,1 TR. Para este segmento del sistema se dispone de la tabla 1-14B donde, además de la carga se debe seleccionar la capacidad del diferencial de presión que soportaría la tubería con el cuál se desea diseñar, para este caso se recomienda utilizar el de 2 psi con propósito de desarrollar un diseño conservador, por lo tanto, según se observa en la Figura 6, la tubería capacitada para satisfacer esta necesidad deber ser de 1 ½” cedula 80, ofreciendo un factor de sobredimensionamiento de 1,3.

No obstante, la tubería de 1 ¼” ofrece un factor de subdimensionamiento de 0,92, lo cual satisface el criterio ingenieril de las personas encargadas del diseño, por lo tanto, debido a que no es obligatorio el cumplimiento de esta norma y para optimizar costos se decide finalmente seleccionar este diámetro sub dimensionado para esta sección.

Figura 6

Capacidad de línea de descongelado con gas caliente, en TR

Table 1-14B
Hot Gas Defrost Line Capacity (tons)

Pipe Size (NPS)	½	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	4	5	6	8	10	12
(Sch.)	80	80	80	80	80	40	40	40	40	40	40	40	40	Std.
Capacity (ΔP=2 psi)	3.3	6.2	10.2	18.4	26.1	44.4	63.3	100	171	269	417	754	1200	1770
Capacity (ΔP=5 psi)	5.1	9.8	16.0	28.8	40.8	69.4	98.9	157	267	451	652	1180	1870	2760
C _v	3.8	7.3	12.0	21.6	30.6	52.0	74.1	118	200	338	489	883	1400	2070

Fuente: Ammonia Refrigeration Piping Handbook (2004)

A modo de justificación de esta decisión, se acude a la optimización de costos, ya que se emplearía una tubería de menores dimensiones por lo tanto de menor costo. Sin embargo, un posible aspecto técnico que respalde lo recomendado por la norma de respetar las dimensiones propuestas en el Manual de Tuberías de Refrigeración por Amoniaco de IIAR, para este ejemplo en concreto, es el caso en el que se desee en determinado momento un descongelamiento en menor tiempo. Ya que, a pesar de que tubería está capacitada para

trasegar casi la totalidad del gas caliente requerido, al ser de menor diámetro, gracias al principio de Venturi, este fluido aumentará su velocidad, por lo tanto, reduciría el tiempo de interacción entre las diferentes temperaturas, disminuyendo la capacidad de transferencia de calor y con esto la velocidad con la que el serpentín del evaporador va a disponer de su capacidad total de superficie para el intercambio de calor en y poder regresar a su operación normal.

Figura 7

Capacidades de tubería de líquido, en TR y gpm (galones/minuto)

Tables 1-7A to 1-13

Liquid Piping Capacities (tons and gpm)

Service		Pipe Size (NPS)												Std			
		Pipe Schedule															
		½	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	4	5	6	8		10	12	
80	80	80	80	80	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
Table 1-7A Condenser Drain, Open Channel Flow	tons	6.0	14.5	24.0	50.0	77.0	140	220	375	740	1,320	2,030	4,200	6,960	11,000		
Table 1-7B Condenser Drain, Full Liquid Flow	tons	9.0	21.8	36.0	75.0	116	210	330	563	1,110	1,980	3,040	6,300	10,500	16,500		
Table 1-8 High Pressure Liquid Main	tons	31.6	58.4	97.1	179	254	496	729	1,160	2,050	3,300	4,890	8,690	14,000	20,600		
Table 1-9A Pump Discharge	gpm	4.0	7.3	12.7	23.4	33.0	65.4	95.3	150	266	429	630	1,130	1,810	2,650		
Table 1-9B Pump Discharge	tons ^a	15.3	29.4	51.1	94.2	133	264	384	604	1,070	1,730	2,540	4,560	7,280	10,700		
Table 1-10 High Pressure Liquid to a Single Device	tons	31.7	55.8	92.8	171	244	479	705	1,120	1,990	3,220	4,780	8,510	13,800	20,300		
Table 1-11A Pumped Liquid Line to a Single Device	gpm	2.2	4.0	6.7	12.0	18.0	34.0	50.0	80.0	141	227	335	595	960	1,410		
Table 1-11B Pumped Liquid Line to a Single Device	tons ^a	8.8	16.3	27.0	50.0	70.0	138	202	320	565	911	1,350	2,390	3,860	5,670		
Table 1-12A Pump Suction	gpm	2.1	4.0	6.9	12.8	18.1	35.8	52.2	82.0	146	235	345	619	989	1,450		
Table 1-12B Pump Suction	tons ^a	8.4	16.1	28.0	51.6	72.9	144	210	331	588	948	1,390	2,500	3,990	5,850		
Table 1-13 Defrost Relief Line	tons ^{b,c}	10.7	19.8	33.0	59.0	81.0	154	220	339	584	918	1,320	2,300	3,620	5,190		

NOTES:

- Circulating n=4, with -10°F liquid; for n=5, table tons*0.8; for n=3, table tons*1.33; for n=2, table tons*2.0.
- Based on a velocity of 4 FPS and a nominal coil capacity based on a 10° T.D.
- Line sizing applies to section from coil to regulator. Downstream of the regulator, specify piping two sizes larger than the inlet pipe.

NOTE: The basis for each of the above tables is detailed on pages 1-8 and 1-9.

Fuente: Ammonia Refrigeration Piping Handbook (2004)

Los resultados del dimensionamiento de todas las tuberías del sistema de refrigeración por amoníaco se presentan en el Anexo 23 y en el Anexo 24.

CAPÍTULO IV. COMPARATIVA FINANCIERA

Un diseño de un sistema de refrigeración por amoníaco comprende un costo económico importante independientemente de la carga térmica que se pretenda satisfacer. Basado en la ficha técnica del receptor de amoníaco del sistema capacitado para almacenar la totalidad de carga de refrigerante, este sistema no debe disponer de más de 2070 kg de amoníaco incluyendo futuras ampliaciones, asumiendo que se mantuviese este mismo receptor. Por esto, con menos de 2000 kg, este sistema se considera un sistema mediano, respecto al mercado correspondiente. Sin embargo, satisfacer todos los requisitos que propone la norma ANSI IIAR II 2014 involucra en bastantes aspectos, un costo económico extra, además del que se necesita para que el sistema sea funcional con total normalidad. Este costo extra surge del hecho de que la norma establece configuraciones y añadidos al sistema que requieren de materiales y mano de obra para cumplirse. No obstante, cabe destacar que algunas pautas simplemente conllevan cambios de ubicaciones o disposiciones de elementos en el diseño para satisfacerse.

Para complementar este trabajo final de graduación se recopilaron los aspectos del sistema mencionados durante el desarrollo de la comparativa entre el diseño y la norma correspondiente que representan una inversión adicional al diseño básico. Se les asigna un costo aproximado que puede representar la inversión que se debería de hacer en cada punto enlistado. Estos costos son determinados por RSF en base a la experiencia obtenida ofreciendo servicios donde se hayan implicado trabajos, materiales y configuraciones similares.

Tabla 40*Costos incrementales aproximados para el cumplimiento de la norma ANSI IIAR II 2014*

Aspecto de la norma ANSI IIAR II 2014	Componentes requeridos para cumplir con la norma ANSI IIAR II 2014	Costo aproximado de materiales y mano de obra [€]	
Equipos al aire libre	Estructura abierta para instalación de equipos al aire libre	\$15 000,00	
Espacios industriales	Aislamiento de recintos mediante estructura hermética cuarto de maquinas	\$35 000,00	
	Sistemas de detección de amoníaco y sistema de alarmas	\$18 000,00	
	Protección de equipos y paneles	\$6 000,00	
	Iluminación adecuada para recintos fríos	\$2 800,00	
	Ventilación de emergencia para cuartos fríos	\$36 000,00	
Requisitos generales	Material correcto para tuberías operando con muy baja temperatura	\$675,00	Diferencia entre tubería SA 106 y SA 333 para la tubería del IQF
	Aislamiento en tubería que genere condensado que exponga a accidentes	\$10 000,00	
	Señalización, etiquetas, marcado de tuberías e indicadores de viento	\$1 100,00	
Sala de máquinas	Instalación de lavajos y duchas suficientes	\$760,00	
	Iluminación satisfactoria para sala de máquinas	\$6 500,00	
	Ventilación de control de temperatura y de emergencia para sala de máquinas	\$12 000,00	
Dispositivos contra sobrepresión	Tuberías para dispositivos de alivio de presión	\$3 500,00	
	Tanque de difusión de agua	\$1 500,00	
	Un dispositivo portátil de monitoreo de fuga de amoníaco	\$15 000,00	
Total		\$ 163 835,00	

Fuente: Elaboración propia

Dado que actualmente esta norma no es considerada como obligatoria para construir e instalar un sistema de refrigeración por amoníaco en Costa Rica, muchos sistemas no disponen de varios o de todos los aspectos que solicita dicha norma. Principalmente, esto esta

realidad nace de los costos adicionales que su implementación representa, tal y como se evidencia en la Tabla 40. Sin embargo, estos aspectos que plantea la norma para que el sistema de refrigeración por amoníaco se considere relativamente más seguro durante su normal operación, representan indirectamente ahorros económicos para la planta, en aspectos asociados a el funcionamiento normal del sistema, como por ejemplo son costos por paros del proceso productivo.

Un sistema de refrigeración por amoníaco que no cumple la norma ANSI IIAR II 2014, no está en la obligación de incluir un sistema de ventilación de emergencia en sala de máquinas adecuado al diseño respectivo y en ocasiones no contaría con ningún sistema de ventilación de emergencia en lo absoluto, lo cual reafirmaría las consideraciones anteriores. Tomando esto en cuenta, al presentarse una situación de accidente que origine una fuga de amoníaco relativamente pequeña, puede desencadenar complicaciones si no se logra evacuar el amoníaco liberado, sin embargo, un sistema que dispone de la ventilación de emergencia correspondiente al solicitado por ANSI IIAR II 2014, estará en la capacidad de evacuar el amoníaco liberado, en su totalidad y en un tiempo reducido comparado con el tiempo que puede llevarle a otro sistema que no disponga del equipo mencionado.

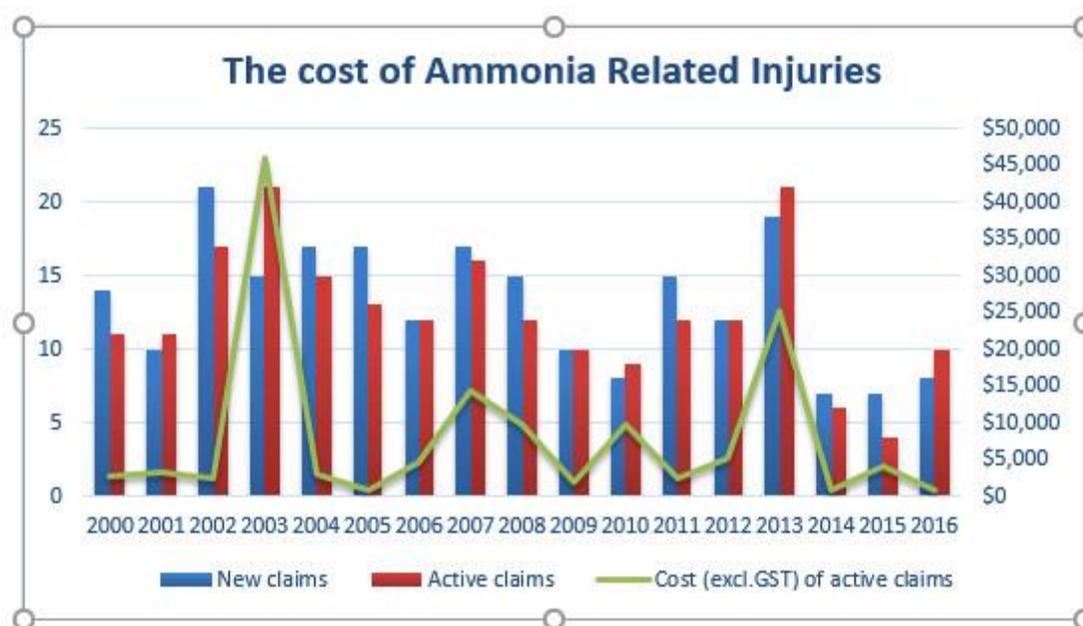
En situaciones extremas esto puede llevar a altos tiempos de paro del proceso productivo debido al peligro que representa para el personal una liberación de amoníaco con el potencial para afectar las zonas de trabajo, comprendiendo que el proceso de seguridad de la planta sea realizar evacuaciones del personal.

El ejemplo mencionado se basa en una posible situación que afectaría únicamente al proceso productivo de la empresa. Por otra parte, se tienen situaciones que pueden llevar a catástrofes dentro y fuera de la instalación, considerando accidentes que directamente pueden afectar la salud del personal y de las personas circundantes o residentes que sean alcanzadas

por una situación de fuga. Concretamente estos costos económicos son incalculables dado que la vida humana no tiene precio, sin embargo, las indemnizaciones son una realidad que puede llevar a una planta industrial que experimente estos accidentes, a una situación económica muy compleja. Para evidenciar esto, se presentan algunos costos generales vinculados con accidentes relacionados con sistemas de refrigeración por amoníaco.

Figura 8

Costos de lesiones relacionadas con amoníaco



Fuente: Durham (2017)

En la Figura 8 se presentan costos de lesiones relacionadas con amoníaco en Nueva Zelanda, y se identifica que incluso en los años con menor cantidad de datos, los costos son importantes. Cabe destacar que, según Durham (2017), el año 2013 fue un punto de inflexión, tal como lo demuestra la gráfica, principalmente porque en este año se incorpora y entra a funcionar la Asociación de Seguridad de Técnicos en Amoníaco de Nueva Zelanda.

Esto destaca y evidencia la importancia del acatamiento de manuales y normas que fomentan la seguridad en los procesos industriales relacionados con sistemas de refrigeración por amoníaco, como es el caso de la Norma ANSI IIAR II 2014. A pesar de que en la información no se logra analizar los tipos de lesiones, se puede asumir de que la mayoría pudieron estar relacionadas con el contacto directo o indirecto del personal con el amoníaco como refrigerante, lo cual siempre se pretende evitar o reducir con las pautas que plantean las distintas normas de seguridad relacionadas con el amoníaco, como lo es la norma ANSI IIAR II 2014.

Un importante aspecto que se debe contemplar en las afectaciones que puede llegar a generar una fuga de amoníaco es el impacto al medio ambiente, donde el costo económico por multas y las remediaciones ambientales alcanzan montos exorbitantes, pero justamente monetizados, dado que el desarrollo industrial siempre debe velar por convivir con el ecosistema y nunca permitir perjudicarlo. Para otorgar una mejor idea de estas situaciones se ejemplifican algunos casos reales presentados por MDA (2021).

El primer caso se remonta al 2004, cerca de Kingman, Kansas, donde se presenta una ruptura de una línea de 200 mm (8 in) de un sistema de refrigeración perteneciente a “Magellan Midstream Partners” y operada por “Enterprise Products Operating L.P.”, ocasionando una liberación de 466 000 kg (204 000 galones) de amoníaco. Para la dicha de todos, en este catastrófico accidente no hubo fallecimientos, sin embargo, si murieron más de 25 000 peces de diversas especies, incluyendo algunas en peligro de extinción. Este acontecimiento le representó a la empresa un costo de \$680 715, incluyendo \$459 415 para remediaciones ambientales.

El segundo caso se origina en el 2002, en Minot, Dakota del Norte, debido a un descarrilamiento de un tren de carga, donde se liberaron 549 000 kg (240 000 galones) de

amoniaco. Este accidente resultó en una persona fatalmente herida, 11 personas con heridas de gravedad y 322 con atención médica. El costo por daños excedió los \$ 2 000 000 y más de \$8 000 000 se gastaron en remediaciones ambientales.

El artículo de Williams (2015) expone un accidente ocurrido en el 2010 en la empresa “Millard Refrigerated Services” ubicada en Theodore, Alabama. Dicho percance consiste en una liberación de 14 515 kg de amoniaco debido a una ruptura en una tubería de succión y una ruptura del serpentín de un evaporador. Esta situación resultó en \$ 4 000 000 de producto perdido, aproximadamente 150 personas tendidas en hospitales. La “Occupational Safety & Health Administration” (organización del departamento de trabajo de los Estados Unidos), planteó penalizaciones a esta empresa por un monto de \$45 000. Finalmente, según William (2015), los Estados Unidos de América, en nombre de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, presentó una queja en esta acción alegando que el demandado “Millard Refrigerated Services, LLC. Millard” deberá pagar una sanción civil de \$ 3 000 990 por violaciones de la Ley de Aire Limpio y EPCRA (Emergency Planning and Community Right-to-Know Act), y \$ 8 865 por violaciones de CERCLA (The Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act) junto con los intereses acumulados.

Un último ejemplo que aporta importante información en esta cuestión económica es el caso real ocurrido en una empresa de Costa Rica en el año 2022, donde un visor de nivel de un tanque transferidor sufrió una ruptura, provocando la liberación de alrededor de 2300 kg de amoniaco; además, en dicha situación se aglomeró suficiente amoniaco como para que la concentración superara los 160 000 ppm, por lo que el amoniaco se transformó en un químico inflamable y se produjo un incendio en las instalaciones. RSF ofrece como información sensible que los costos aproximados de la pérdida de la empresa involucrada,

incluyendo pérdida de materia prima, paro de la planta, costos en equipos y materiales perdidos por el fuego, superan el monto de 1,5 millones de dólares.

A partir de los casos anteriores se puede resumir la siguiente tabla.

Tabla 41

Casos de accidentes relacionados con liberaciones de amoníaco en Nueva Zelanda, Estados Unidos y Costa Rica

Accidente	Cantidad de amoníaco liberado [kg]	Costos económicos aproximado en consecuencia. [\$]
Ruptura de tubería en Magellan Midstream Partners	466 000	680 715
Descarrilamiento de tren en Dakota del Norte	549 000	Alrededor de 10 000 000
Ruptura de tubería y serpentín de evaporador en Millard Refrigerated Services	14 515	Más de 15 000 000
Empresa en Costa Rica	2 300	Más de 1,5 millones

Fuente: Elaboración propia

A partir de los casos expuestos lo que se debe rescatar es que, sin importar la causa del accidente, la cantidad de amoníaco liberado y el tipo de industria que en la que suceda, los costos económicos que pueden generarse a partir de un accidente con una fuga de amoníaco son elevados, comprendiendo el impacto ambiental directo, las indemnizaciones por la salud las personas afectadas, las multas por organizaciones ambientales y las pérdidas de producto de la empresa. Por lo tanto, basados en esta idea, se logra generar una importancia económica sustancial a todos los aspectos que la Norma ANSI IIAR II 2014 plantea, mediante las cuales estos costos por accidentes relacionados con el amoníaco pueden ser reducidos.

Se debe considerar que, sin importar la cantidad de medidas de seguridad que se adopten en un sistema de refrigeración por amoníaco de cualquier empresa e industria, los

accidentes no se pueden evitar en su totalidad; a pesar de ello, complementar el funcionamiento normal del sistema con configuraciones, equipos, materiales, accesorios o cualquier otra medida que aporte una mayor seguridad al personal y para el sistema productivo, representa una reducción significativa en el impacto y frecuencia con la que se presentan estos eventos fortuitos, reduciendo así los costos económicos involucrados.

La norma ANSI IIAR II-2014 enfoca sus requerimientos alrededor del objetivo de salvaguardar la vida de las personas, tanto para el personal de la planta como para las personas de las comunidades cercanas. Por esta razón, no se debe dar como asumido, que el principal valor en este tipo de situaciones es la vida humana. A pesar de que este costo económico de la salud de las personas es invaluable, si esta realidad sí llega a representar afectaciones económicas muy importantes para la estabilidad de una empresa. Precisamente aquí yace el principal incentivo para que una planta considere la implementación de normas como la ANSI IIAR II-2014 para el diseño de su sistema de refrigeración por amoniaco.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se logran cotejar los requisitos relevantes de la Norma ANSI IIR II-2014 con la correspondiente propuesta del diseño actual del sistema de refrigeración por amoníaco; asimismo, en los casos de no cumplimiento, se propusieron correcciones teóricas respectivas.
- Satisfactoriamente se determinan los diámetros de cada tubería del sistema de refrigeración por amoníaco, acorde con el Manual de Tuberías de Refrigeración por Amoníaco de IIR.
- Se alcanza a desarrollar exitosamente un presupuesto del costo incremental con los requisitos adicionales de un sistema básico funcional de refrigeración por amoníaco, respecto a lo que la norma ANSI IIR II-2014 plantea para el diseño seguro de un sistema de refrigeración por amoníaco en circuito cerrado.

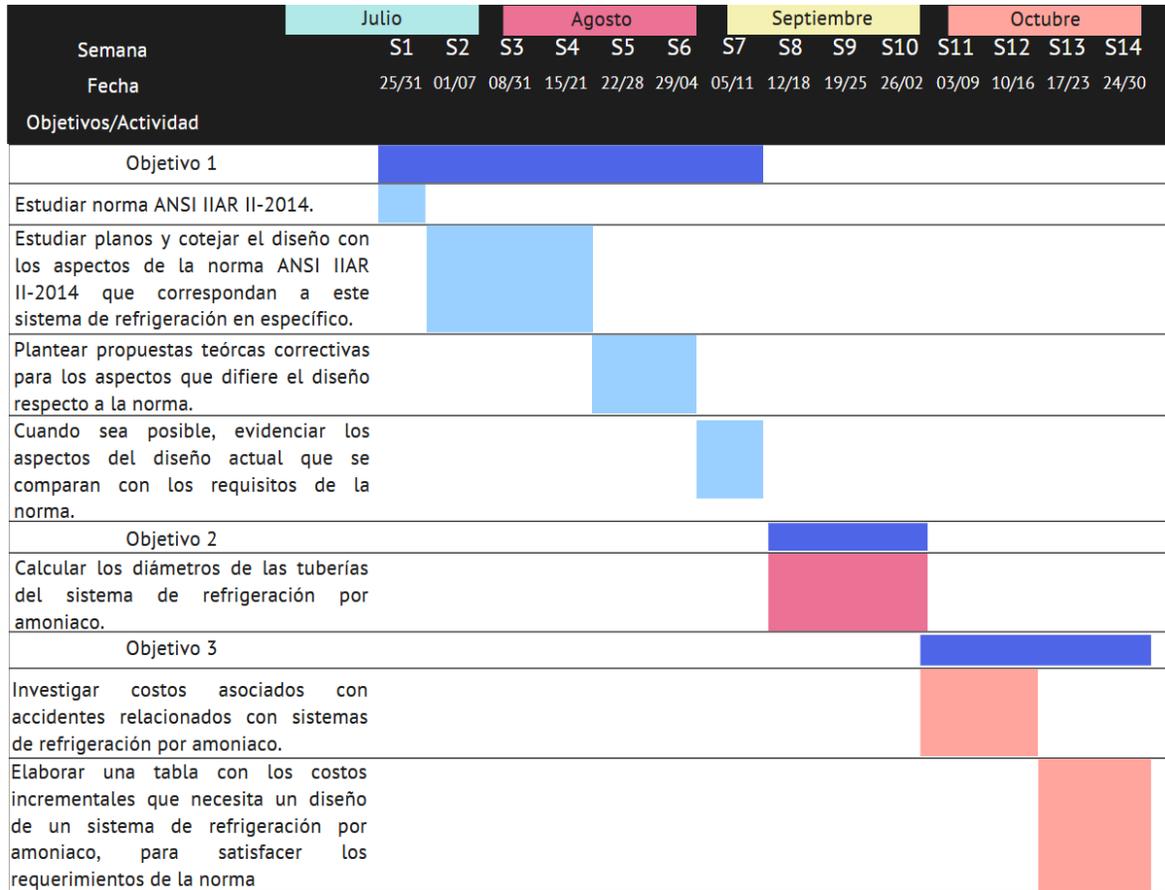
Recomendaciones

- Incorporar a la comparativa el análisis de los aspectos relacionados específicamente con algunos equipos a los que la norma les dedica secciones completas, como es el caso de los compresores, bombas de refrigerante, condensadores, evaporadores, recipientes a presión y en casos que correspondan los sistemas y equipos paquete.
- Añadir datos importantes adicional expuestos por la norma ANSI IIR II-2014 en los apéndices informativos, a modo de complemento de la información básica normada en los capítulos.

CAPÍTULO VI. CRONOGRAMA PROYECTADO PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

Figura 9

Diagrama de Gantt del proyecto



Fuente: Elaboración propia

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Nieto, A. (2009). *Refrigeración con Amoníaco*. Mundo HVAC&R. <https://www.mundohvacr.com.mx/2009/03/refrigeracion-con-amoniaco/>
- York International S.A. de C.V (2005). *Industrial Refrigeration with Ammonia for the Food Industry*. York International S.A. <https://www.yumpu.com/es/document/view/14069970/industrial-refrigeration-with-ammonia-for-the-food-seafood-today>
- California Department of Industrial Relations [DIR] & California Division of Occupational Safety and Health Administration [Cal/OSHA], (2013). *Alerta Sobre Riesgos - Seguridad de Amoníaco en Bodegas*. https://www.dir.ca.gov/dosh/dosh_publications/AmmoniaHazardAlertSp.pdf
- Technical Safety BC. (2020, 15 julio). *Case Study: Ammonia Release Incidents (2007 – 2017)*. <https://www.technicalafetybc.ca/case-study-ammonia-release-incidents-2007-2017>
- Peter R. Jordan. (2020). *Case History: A Study of Incidents in the Ammonia Refrigeration Industry*. International Institute of Ammonia Refrigeration. https://issuu.com/iiarcondenser/docs/01_condnser_aug20_digital
- Código Eléctrico Nacional. (2014). *NEC 2014*. Massachusetts: National Fire Protection Association
- International Electrical Code. (2017). *National Electrical Code Handbook*. National Fire Protection Association.
- Torres G. Ivan. (2011). *Unidad 1 Principios De Refrigeración*. Instituto Tecnológico De Minatitlan. <https://temariosformativosprofesionales.files.wordpress.com/2015/02/principios-de-refrigeracion.pdf>
- ANSI/IIAR 2-2014. (2014). *Norma para el diseño seguro de sistemas de refrigeración por amoníaco de circuito cerrado*. American National Standard.
- National Transportation Safety Board (NTSB). (2004). *Pipeline Accident Brief*. <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/PAB0702.pdf>
- IIAR. (2004). *Ammonia Refrigeration Piping Handbook Chapter 1: pipe sizing*. International Institute of Ammonia Refrigeration.

- ASME B31.5. (2019). *Refrigeration piping and heat transfer components*. The American Society of Mechanical Engineers.
- Bri-steel Manufacturing. (2017a). *Seamless Carbon Steel High Temperature Pipe ASTM A106* | Bri-Steel. 1996–2017 Www.Bri-Steel.Com, Inc. All Rights Reserved. <http://www.bri-steel.com/seamless-pipe-high-temp-ASTM-A106.html>
- Bri-steel Manufacturing. (2017b). *Seamless Pipe Low Temperature ASTM A333 ASME SA333* | Bri-Steel. 1996–2017 Www.Bri-Steel.Com, Inc. All Rights Reserved. <http://www.bri-steel.com/seamless-pipe-low-temp-ASTM-A333.html>
- Occupational Health and Environmental Controls. (2019). *OSHA 29 CFR 1926.56*. Occupational Safety and Health Administration. <https://www.ecfr.gov/current/title-29/subtitle-B/chapter-XVII/part-1926/subpart-D/section-1926.56>
- Solus GROUP. (2015). *Measuring Industrial Illumination in Foot Candles*. Solus GROUP. <https://solusgrp.com/blog/post/measuring-industrial-illumination-in-foot-candles.html>
- B&PVC. (2019). *Rules for construction of pressure vessels*. The American Society of Mechanical Engineers.
- Durham, P. (2017). *The Cost of Ammonia Accident Compensation*. Accident Compensation Corporation.
- MDA. (2021). *Ammonia Incident Summaries*. Minnesota Department of Agriculture. <https://www.mda.state.mn.us/ammonia-incident-summaries>
- Williams, R. (2015). *What's the Cost of an Accident?* Garden City Ammonia Program. <http://chemnep.com/cost-accident/>
- Albaladejo, M., Nuñez, M., Domingo de Barberá, L., Gonzales, B., Artero, C. y Castro, C. (2019). *Guía operativa: Actuaciones con amoniaco para bomberos*. <https://edicionesgps.es/producto/guia-operativa-actuaciones-con-amoniaco-para-bomberos/>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Propiedades del amoniaco anhidro utilizado en este sistema de refrigeración.

AMONIACO ANHIDRO	HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD	PÁGINA 5 DE 7
alcohol de polivinilo (PVA).		
Protección ocular:	Se debe usar equipo protector ocular que cumpla con las normas aprobadas cuando la evaluación del riesgo indique que es necesario para evitar toda exposición a salpicaduras del líquido, nieblas, gases o polvos.	
SECCIÓN IX – PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS		
Forma y apariencia: Gas o líquido incoloro	Olor: Pungente y sofocante olor característico.	
Umbral de olor: 5 a 25 ppm	pH: 10.6-11.6 (0.02-1.7% solución acuosa)	
Punto de fusión: - 77 °C	Punto de ebullición : - 33 °C	
Punto de inflamación: No aplicable	Tasa de evaporación: No disponible	
Temp. De autoignición: 651 °C	Intervalo de explosividad: No aplicable	
Densidad (16 °c): 0.62 g/cm ³	Presión de vapor (20°C): 52 kPa - 124.9 psi a 20°C (líquido)	
Solubilidad (en agua, 20°C): 51.0 g/100g	Densidad vapor (aire=1): 0.8 a -20°C - 0.6 a 0°C	
Coef. De reparto (pk_{o/w}): - 2.66	Viscosidad (cp): 0.255 cP a -33.5°C	
SECCIÓN X – ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD		
Estabilidad:	El material es estable bajo condiciones normales.	
Riesgo de polimerización:	El material no desarrollará polimerización peligrosa.	
Condiciones a evitar:	Exposición al calor, llamas, chispas y electricidad estática. Calefacción o daño físicos de los envases. Se expande muy rápidamente cuando es calentado, por eso los tanques no se deben llenar más de un 85 % con amoníaco líquido frío, ni se debe dejar alojado en mangueras o tubos. A menos que el equipo esté protegido mediante válvulas de presión, podría explotar debido a la presión generada a causa del calor.	
Productos peligrosos de descomposición:	A raíz del almacenamiento, uso o calentamiento no se producen productos peligrosos. En caso de incendio, ver la Sección V.	
Materiales incompatibles:	El amoníaco reacciona violentamente con los hipocloritos, mercurio y halógenos produciendo compuestos inestables capaces de estallar. Reactivo o incompatible con los siguientes materiales: Materiales reductores, metales y álcalis. Óxidos de halógeno, óxido de etileno, óxidos de fósforo, óxidos de azufre, sulfuro de hidrógeno, óxidos de nitrógeno. Ataca el cobre, zinc, aluminio, plomo, níquel, oro, cadmio y sus aleaciones. Reacciona con el mercurio y óxido de plata formando compuestos sensibles al choque mecánico.	
SECCIÓN XI – INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA		
Vías de exposición:	Ingestión, inhalación, contacto con la piel.	
Carcinogenicidad, mutagenicidad y otros efectos:	No se identifica ningún componente de este producto, que presente niveles mayores o iguales que 0,1%, como carcinógeno humano probable, posible o confirmado por la IARC (Agencia Internacional de Investigaciones sobre Carcinógenos). No se conocen datos o niveles críticos de efectos sobre mutagenicidad o teratogenicidad (efecto sobre la reproducción).	
Datos en animales:	LD50 (oral, rata, OECD 425): 350 mg/kg LC50 (inhalación, 4hs., rata, OCDE 403): 2000 mg/l IRRITACIÓN OCULAR (conejo, OECD 405): Severo irritante 250 microgramos.	

Performance and Features 

Vektor-H		Belt Drive	Direct Drive
Performance	Volume range	500 - 26,000 cfm per fan	300 - 7,500 cfm per fan
	Static pressure	Up to 4 in. wg	Up to 4.5 in. wg
		Flexible performance modifications	No maintenance with sealed for life motor bearings
		Extended fan bearings lubrication lines	Motor labeled for use with VFD and shaft grounding as standard
Over 20% more efficient than belt drive			
Standard	High plume nozzle	✓	✓
	Compliance to NFPA 45 and ANSI/AIHA Z9.5	✓	✓
	125 mph wind loading – No guy wires	✓	✓
	Spark B construction	✓	✓
	Sealed motor bearings – No maintenance		✓
	2.0 drive service factor – Minimum of 2 belts	✓	
	UL-705 listed for Power Ventilators (electrical)	✓	✓
	Multi-fan system – Up to 3 fans	✓	✓
	LabCoat™ protective coating	✓	✓
	Optional	High wind certification – NOA certification #22-0217.03	✓
UL-762 listed for grease exhaust applications		✓	
Sure-Aire airflow monitoring system		✓	✓
Laboratory exhaust system controls		✓	✓



Anexo 3. Ficha técnica de válvulas de alivio de la presión.

Page 2 - Bulletin 72-00 E

Description

Type SRH High Capacity Safety Relief Valves are designed and constructed to meet the requirements of Section VIII ASME Boiler and Pressure Vessel Code and ANSI/ASHRAE 15 Code requirements and bear the ASME Code Symbol (UV).

Employing proven principles of design, these Safety Relief Valves are highly reliable and dependable. Precision machined moving parts of stainless steel, and a PTFE disc prevent sticking due to corrosion or cold welding and ensure valve opening at the set pressure long after installation. They are not suitable for corrosive ambient atmospheres such as chlorine, etc.

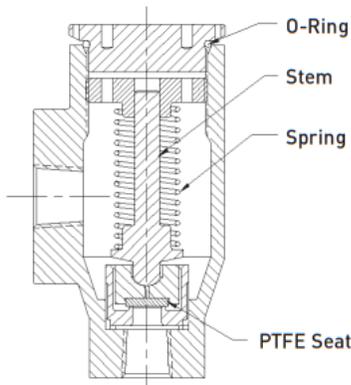


Figure 1: SRH Cross-Section

Application

The Type SRH1 through SRH5 valves are for use with Ammonia and Halocarbon refrigerants in non-corrosive environments. Pressure settings and capacities apply only when the valve is discharging to atmospheric pressure.

Pressure Settings

Codes require valve settings equal to or less than design working pressure of the vessel protected. The Type SRH Safety Relief Valves are available in six standard settings, from 150 psig to 400 psig in 50 lb. increments. Special settings between 150 psig to 400 psig in 25 lb. increments are also available. To retain the validity of the code symbols, pressure settings and capacity, these valves must be set and sealed at the factory. When required, valves can be returned to the factory for verification of setting, or readjustment to the original setting. No major repairs or reconditioning will be done. Contact factory for details.

Selection Data

The Type SRH Safety Relief Valve is intended to prevent the pressure of the vessel from rising more than 10% above the Design Working Pressure (DWP) of the vessel or the pressure setting of the relief device, whichever is the lower pressure.

Whenever conditions permit, it is advisable to have the relief valve pressure setting (which must not exceed the design working pressure of the vessel) at least 25% higher than the normal operating pressure for the refrigerant used.

Capacities

Valve Type	Relief Valve Inlet	Relief Valve Outlet	Pressure Setting psig	Lbs. Per.Min Air	SCFM Air
SRH1R	1/2" FPT	3/4" FPT	150	31	410
			200	41	535
			250	50	661
			300	60	786
			350	69	911
SRH1	1/2" FPT	3/4" FPT	400	79	1037
			150	35	463
			200	46	605
			250	57	747
			300	68	889
SRH2	1/2" FPT	1" FPT	350	79	1031
			400	89	1173
			150	35	463
			200	46	605
			250	57	747
SRH3UR	3/4" FPT	1" FPT	300	68	889
			350	79	1031
			400	89	1173
			150	10	135
			200	13	176
SRH3R	3/4" FPT	1" FPT	250	17	217
			300	20	259
			350	23	300
			400	26	341
			150	22	284
SRH3	3/4" FPT	1" FPT	200	28	371
			250	35	458
			300	41	545
			350	48	632
			400	55	718
SRH4R	1" FPT	1-1/4" FPT	150	35	463
			200	46	605
			250	57	747
			300	68	889
			350	79	1031
SRH4	1" FPT	1-1/4" FPT	400	89	1173
			150	27	359
			200	36	469
			250	44	579
			300	52	689
SRH5	1-1/4" FPT	1-1/2" FPT	350	61	799
			400	69	909
			150	61	798
			200	79	1042
			250	100	1311
SRH5	1-1/4" FPT	1-1/2" FPT	300	117	1530
			350	135	1775
			400	-	-
			150	73	963
			200	96	1258
SRH5	1-1/4" FPT	1-1/2" FPT	250	118	1553
			300	141	1848
			350	163	2142
			400	-	-
			150	73	963

Liquid Level Sight Glass

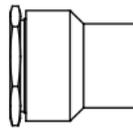
Product Bulletin 65-00 C

Type: SG1 (Standard or Saddle Mount)
Length: 52 mm or 102 mm (2" or 4")
Design Pressure Rating: 27 bar (400 psig)

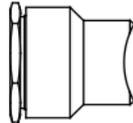


Purpose:

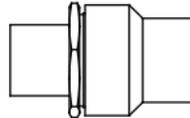
The Refrigerating Specialties liquid level sight glass SG1 provides a clear indication of liquid levels in industrial and commercial refrigeration systems.



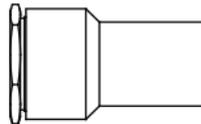
52 mm or 102 mm (2" or 4")
STANDARD SIGHT GLASS



52 mm or 102 mm (2" or 4")
SADDLE MOUNT SIGHT GLASS



SIGHT GLASS WITH FROST SHIELD



102 mm x 60.33 mm (4" X 2 3/8")
STANDARD SIGHT GLASS

Contact Information: Product Features:

Parker Hannifin Corporation
Refrigerating Specialties Division
2445 South 25th. Avenue
Broadview, IL 60155-3891

phone (708) 681-6300
fax (708) 681-6306

www.parker.com

- Suitable for Ammonia, R-22, R-507, R-134a, and other common refrigerants
- Suitable for ASME Applications
- Min fluid temperature -50C (-60F)
- Max fluid temperature 115C (240F)
- Reflex lens
- Frost shield available



ENGINEERING YOUR SUCCESS.

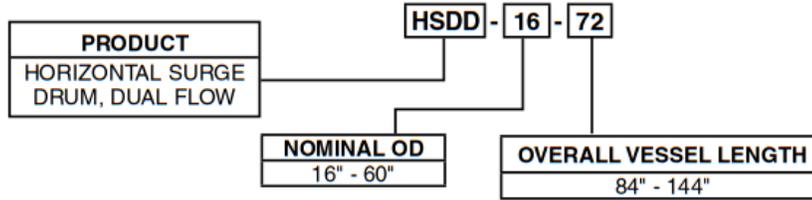
Anexo 5. Datos de ficha técnica de tanque enfriador de glicol modelo HSDD 24-96.



HORIZONTAL SURGE DRUM DUAL FLOW
SPECIFICATIONS - ENGINEERING DATA - DIMENSIONS

120.410-SED1 (AUG 14)
Page 3

NOMENCLATURE



DIMENSIONAL DATA

Model Number	MAWP	OD	OAL Overall Length	HD Head Depth	L Shell Length	Uninsulated Dry Wt. (lbm)	R-717 Operating Charge (lbm)	Weight (lbm) w/Max Charge(4)	Surge Vol. (cu-ft)	OPL Operating Level	HLCO High Level Cutout
HSDD-16-84	300	16	84 $\frac{1}{4}$	6 $\frac{1}{16}$	72	353	67.5	540	2.80	4	8
HSDD-20-96	300	20	96 $\frac{3}{8}$	7 $\frac{3}{16}$	82	754	82.4	1,080	5.79	4	10
HSDD-24-96	300	24	96 $\frac{3}{8}$	8 $\frac{3}{16}$	80	912	90.1	1,380	9.09	4	12
HSDD-30-96	250	30	96 $\frac{3}{8}$	9 $\frac{1}{16}$	77	1,152	99.5	1,890	15.24	4	15
HSDD-36-96	250	36	96 $\frac{3}{8}$	11 $\frac{3}{16}$	74	1,397	106.9	2,450	22.76	4	18
HSDD-42-96	250	42	96 $\frac{3}{8}$	12 $\frac{1}{16}$	71	1,646	112.9	3,070	31.59	4	21
HSDD-48-120	250	48	120 $\frac{1}{2}$	14 $\frac{1}{4}$	92	3,108	144.7	5,430	52.56	4	24
HSDD-54-144	250	54	144 $\frac{1}{2}$	15 $\frac{3}{4}$	113	4,181	186.1	7,740	81.47	4	27
HSDD-60-144	250	60	144 $\frac{1}{2}$	17 $\frac{1}{4}$	110	4,676	192.8	9,060	101.08	4	30

Model Number	Nozzle/Coupling NPS ^{B)(4)(5)}								AL	BL	CL	DL	EL	FL	S	SL	WW
	A Relief	B Level Column	C Gas Outlet	D Wet Return	E Drain	F Liquid Outlet	G Liquid Makeup										
HSDD-16-84	1/2	1	3	4	1	2	1 $\frac{1}{4}$	48	3 $\frac{1}{2}$	36	36	48	3 $\frac{1}{2}$	48	12	6	
HSDD-20-96	1/2	1	4	5	1	2 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	53	4	41	41	53	4	54	14	6	
HSDD-24-96	1/2	1	5	5	1	3	2	53	4	40	40	53	4	52	14	6	
HSDD-30-96	3/4	1 $\frac{1}{4}$	5	6	1	4	2 $\frac{1}{2}$	50	5	38 $\frac{1}{2}$	38 $\frac{1}{2}$	50	5	45	16	6	
HSDD-36-96	3/4	1 $\frac{1}{4}$	6	8	1	5	3	48	6	37	37	48	6	44	15	8	
HSDD-42-96	3/4	1 $\frac{1}{4}$	8	8	1	6	4	48	6	35 $\frac{1}{2}$	35 $\frac{1}{2}$	48	6	41	15	8	
HSDD-48-120	3/4	1 $\frac{1}{4}$	8	10	1	6	4	59	8	46	46	59	8	52	20	8	
HSDD-54-144	3/4	1 $\frac{1}{2}$	8	10	1	8	5	75	8	56 $\frac{1}{2}$	56 $\frac{1}{2}$	75	8	65	24	8	
HSDD-60-144	3/4	1 $\frac{1}{2}$	10	10	1	8	5	73	10	55	55	73	10	62	24	8	

NOTES:

1. All dimensions and nozzle nominal pipe sizes are given in inches unless noted otherwise.
2. Operating charge at OPL is based on ammonia @ +0°F RT.
3. Nozzle connections are supplied as pipe stubs unless otherwise specified as a coupling (Cplg).
4. Couplings are ASME B16.11 Class 3000 "full" couplings.
5. **Nozzles are sized for R-717 and should not be used with other refrigerants (e.g. R-507).**
6. Nameplate bracket is approximately 6 inches deep to allow for insulation.
7. All dimensions are subject to change; please consult factory for certified drawings.
8. Vessels are built in accordance with ASME Boiler & Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 1.

Anexo 6. Datos de ficha técnica de condensador evaporativo.



Evaporative Condenser in Stainless Steel	Date:	01/02/2022
ECOSS G3 – South America	Project:	Frutas
Quantity = 1 unit(s)	Position:	Condensador
	Reference:	Roberto Carreon

ECOSS G3		GCHE 0818-12.11/08E.E	
Capacity:	1.905,3 kW		
Refrigerant:	R717 (NH3)		
Condensing Temperature:	35,0 °C		
Wet Bulb Temperature:	27,7 °C		
Altitude:	0 m		
Refrigerant Charge:	246,9 kg		
Total Air Flow:	188670 m3/h		
Total Water Recirculation Flow:	144,7 m3/h		
Water Evaporation Rate:	1,557 m3/h (*1.0 bar of minimal make-up pressure)		
Basin Volume:	1,256 m3		
Fan Model:	VT01517U	Technology:	EC
Fans Number:	8	Frequency:	60 Hz
Nominal Power Input per fan:	3,70 kW	Voltage:	3~460 V
Total Power Input:	29,6 kW	Noise Pressure Level:	84,3 dB(A) @3,0m
Nominal Current per fan:	4,70 A	Noise Pressure Level:	59,9 dB(A) @50,0m
Total Current:	37,6 A	Degree of Protection:	IP55 (Mechanical)
Fan Speed:	1210 RPM	Degree of Protection:	IP69 (Electronics)
Water Pump Model:	70405	Frequency:	60 Hz
Pump Number:	1	Voltage:	3~460 V
Nominal Power Input per Pump:	4,00 kW	Motor Speed:	1755 RPM
Total Power Input:	4,00 kW	Degree of Protection:	IP55 (Mechanical)
Nominal Current per Pump:	8,30 A	Total Current:	8,30 A
Basin Material:	Austenitic Stainless Steel AISI 304		
Casing Material:	Austenitic Stainless Steel AISI 304		
Coil Material:	Austenitic Stainless Steel AISI 304L		
Header Material:	Austenitic Stainless Steel AISI 304		
Coil Code:	ASTM A-249 / ASME VIII / ASME IX		
Header Code:	ASTM A-312 SCH5S / ASME VIII / ASME IX		
MAWP:	24,0 barg		
Testing Pressure:	31,2 barg		
Inlet Refrigerant Connection:	2 x 4 in ASTM A-106 GrB SCH 40 / ASME B31.3		
Outlet Refrigerant Connection:	2 x 4 in ASTM A-106 GrB SCH 40 / ASME B31.3		
Water Make-up Connection:	1 x 2 in BSP SCH 10S		
Water Drain Connection:	1 x 4 in BSP SCH 10S		
Water Purge Connection:	1 x 1/2 in BSP (Austenitic Stainless Steel)		
Water Overflow Drain Connection:	1 x 2 in BSP SCH 10S		
Transportation Weight:	3857 kg (TOP module) / 1191 kg (BOTTOM module)		
Total Transportation Weight:	5048 kg		
Total Operation Weight:	7928 kg		

Anexo 7. Datos de ficha técnica de tanque recirculador modelo VRP-48-146.

Frick Vertical Recirculator Packages (VRP) are factory-assembled, complete packages and are designed for maximum capacity and surge volume. All packages consist of a recirculator vessel, dual refrigerant pumps (one as standby), a liquid level control system with a control panel, and a horizontal oil pot. All are mounted and piped on a single structural base. All packages are designed, constructed, and tested in accordance with ASHRAE Standard 15, then thoroughly evacuated and charged with dry nitrogen to ensure the integrity of the unit during shipping and short term storage prior to installation.

NOTE: Operation of the Vertical Recirculator Package consists of liquid ammonia being fed into the recirculator vessel by a liquid makeup assembly. The liquid level in the recirculator vessel is maintained by the liquid level control system, and the liquid is then mechanically pumped to the evaporators at a rate exceeding the evaporation rate. Liquid and vapor return to the recirculator for separation and the dry suction gas continues on to the compressor.

STANDARD FEATURES

- Recirculator Vessel: Vessel is designed and constructed per ASME, Section VIII (latest addenda) and National Board Registered. Vessel is rated at 250 # DWP and provided with a 250 # dual relief valve assembly (shipped loose).
- Oil Pot: Vessel is designed and constructed per ASME, Section VIII (latest addenda) and National Board Registered. Vessel is rated at 300 # DWP and provided with a 250 # single relief valve. Isolation valves are provided with a spring return oil drain valve.
- Pumps: Standard pumps are manufactured by Cornell and Teikoku. Dual pumps are standard with one pump as standby. Pumps are supplied with close-coupled motors (460-60-3 as standard), discharge check valves, vent valves, bypass valve, and isolation valves. Other pumps and voltages available upon request.
- Liquid Level Control System: A 3" diameter level column (flanged) with 3 level eyes, a flanged high-level float switch and column drain valve are all standard.
- Electrical Control Panel: A NEMA 4, 30" x 36" x 10" is standard with the following: door disconnect switch; individual pump starters with indicating lights and on/off/auto switches; high- and low-level alarm indicating lights; high-level shutdown indicating light with manual reset button; dry contact for high-level shutdown. (Mounted and wired)

OPTIONAL FEATURES

- Liquid Makeup Assembly: A single- or dual-feed assembly consisting of two isolation valves, solenoid valve with strainer, and a hand or motorized expansion valve. Feed assemblies are shipped loose.
- Miscellaneous: Several other options may be tailored to fit your specific design needs.
- Powerfail auto reset
- Motor interlock: prevents both motors from running at the same time
- Extra relay contacts for high-level shutdown
- Second operating level - Liquid Feed
- Oil Pot Heater

TABLE 1 – VERTICAL RECIRCULATOR PACKAGE CAPACITIES R-717 ⁽¹⁾

MODEL NUMBER	OPERATING TEMPERATURE									
	SINGLE STAGE ⁽²⁾					TWO STAGE ⁽³⁾				
	30	20	10	0	-10	-10	-20	-30	-40	-50
VRP-36-116	330	300	270	240	215	253	223	196	170	147
VRP-42-143	455	410	371	330	295	347	305	267	234	202
VRP-48-146	590	525	480	428	384	450	395	348	303	262
VRP-54-149	750	675	610	545	485	570	505	443	386	333
VRP-60-152	925	840	755	675	601	705	625	548	478	412
VRP-72-158	1,340	1,210	1,090	975	865	1,015	895	790	688	595
VRP-84-164	1,822	1,646	1,481	1,324	1,177	1,381	1,221	1,072	935	808
VRP-96-170	2,389	2,159	1,943	1,737	1,545	1,812	1,602	1,407	1,227	1,060
VRP-108-176	3,022	2,730	2,456	2,196	1,953	2,291	2,026	1,779	1,551	1,340
VRP-120-184	3,709	3,352	3,016	2,698	2,399	2,814	2,488	2,184	1,905	1,647
VRP-132-190	4,505	4,070	3,663	3,275	2,912	3,417	3,020	2,652	2,312	2,000
VRP-144-196	5,378	4,858	4,372	3,910	3,475	4,077	3,605	3,265	2,760	2,386

1 Capacities are given in tons of refrigeration (R-717).
 2 Single-stage capacities based on +95°F liquid feed temperature.
 3 Two-stage capacities based on +25°F liquid feed temperature.

Anexo 8. Ficha técnica de economizer modelo VCE 30x112.



VCE 30



VISA IQF
VFE 30-113

Lisandro Salas
Date: **February 06, 2022**
Gauge Ref: **14.7 psi**

VESSEL		CONDITIONS		PERFORMANCE	
Model	VCE 30	Refrigerant	R717 Ammonia	Max Capacity	217.8 TR
Diameter	30 in	Operating	25.0 °F	Max Flow	92.8 lbm/min
Length	113.0 in	Liq Feed	95.0 °F	Max Velocity	106.0 ft/min
DWP	300 psi				
LEVELS		NOZZLES			
Operating Level	33.0 in		Dia	Mass Flow	Pres Drop
High Level	70.0 in		(in)	(lbm/min)	(psi/100ft)
Refrig Charge	472 lbm	Gas Outlet	5.00	92.8	0.28
		Liq Makeup	2.00	92.8	4.66
		Relief	0.75		
		Level Col	1.50		
		Oil Pot Vent	0.75		
		Drain	1.50		
		Coil	1.25		
COIL					
Flow	75.0 lbm/min	Inlet	95.0 °F		
Velocity	109.9 ft/min	Outlet	32.6 °F		
Pressure Drop	0.3 psi				

⚠ WARNINGS

No Warnings

Anexo 9. Ficha técnica de recibidor de líquido con termosifón, vertical, modelo VHPTSR 48-146.



VHPTSR 48-146



VISA IQF
High Pressure Thermosyphon Receiver

Lisandro Salas
Date: **February 07, 2022**
Gauge Ref: **14.7 psi**

VESSEL		CONDITIONS		PERFORMANCE	
Model	VHPTSR 48-146	Refrigerant	R717 Ammonia	Max Heat Load	4118 kbtu/hr
Diameter	48 in	Operating	95.0 °F	Reservoir Vol	19.4 ft³
Length	146.0 in				
DWP	250 psi				
LEVELS		NOZZLES			
Total	138.2 ft³		Dia		
Refrig Charge	4563 lbm		(in)		
		Equalizer	6.00		
		Liq Inlet	4.00		
		Liq Outlet	2.00		
		Relief	0.75		
		TS Supply	5.00		
		TS Return	6.00		
		Level Col	1.25		
		Purge	0.50		
		Drain	0.75		

⚠ WARNINGS

No Warnings

Anexo 10. Ficha técnica de compresor Frick modelo RWFII 399.



RWFII 399



VSA IQF
Run 1
RWF 399 IQF

Lisandro Salas
Date: **February 07, 2022**
Gauge Ref: **14.7 psi**

PACKAGE		PERFORMANCE		CONDITIONS	
Model	RWFII 399	Capacity	179.0 TR	Refrigerant	R717 Ammonia
Compressor	SGC 2817	Shaft Power	631.1 hp	Comp Ratio	21.36
Vi Range	2.2 - 5.0	Capacity %	100.0 %	Ideal Vi	14.37
Casing	Gray Cast Iron	Perf Factor	3.525 hp/TR	Actual Vi	5.00
Rotors	Standard	Slide Valve Pos	100.0 %	Disc T	181.0 °F
Bearings	Standard	Speed	100.0 %	Disc DewT	96.0 °F
		Speed	3550 rpm		
EVAPORATOR		CONDENSER		ECONOMIZER	
Capacity	179.0 TR	Heat Reject	3778 mbh	Capacity	26.8 TR
DewT/BubbleT	-40.0 °F/ -40.0 °F	DewT/BubbleT	95.0 °F/ 95.0 °F	DewT/BubbleT	25.0 °F /25.0 °F
Pressure	-4.3 psig	Pressure	181.1 psig	Pressure	39.0 psig
Superheat	0.0 °F	Subcooling	0.0 °F	Superheat	0.0 °F
Inlet T	25.0 °F	Ext Subcooling	0.0 °F	Approach	0.0 °F
Line Superheat	10.0 °F	Line Superheat	0.0 °F	Ln SH	0.0 °F
Line Pres Drop	1.0 psi	Line Pres Drop	1.0 psi	Ln Pr Drop	2.0 psi
OIL COOLING		OIL FLOWS		DISCHARGE VALVE	
Type	Frick #9	Total Flow	106.3 gpm	Type	Standard
Cooling Type	Thermosyphon	Pump Type	None	Pres Drop	0.0 psi
Heat Reject	1197 kbtu/hr	Valve Dia	1.3 in	Stop	6.0 in
Bearing Oil T	130.0 °F	Valve Pos	100.0 %	Check	6.0 in
		System dP	10.0 psi		
FLOW		SUCTION VALVE		DESIGN	
Suction	67.9 lbm/min	Type	Standard	Min Cond	75.0 °F /75.0 °F
Economizer	11.4 lbm/min	Pres Drop	0.1 psi	Mx Oil HR	1197 kbtu/hr
Discharge	79.4 lbm/min	Stop	8.0 in		
		Check	10.0 in		
OIL SEPARATOR		MOTOR			
Orientation	Horizontal	Nominal Power	700 hp		
Diameter	36.0 in	Nominal SF	1.15		
Coalescers	4	Actual SF	1.28		
Design Pres	300.0 psi	Volt	460/3/60		
Velocity Ref	0.21	FLA	772		
Saver CR	15.44	Starter	Solid State		
			Loose		

WARNINGS

No Warnings

Anexo 11. Ficha técnica de compresor Frick modelo RXF 24.



RXF 24



VISA IQF
Run 1
RXF 24 Camara fria

Lisandro Salas
Date: **February 06, 2022**
Gauge Ref: **14.7 psi**

PACKAGE		PERFORMANCE		CONDITIONS	
Model	RXF 24	Capacity	19.7 TR	Refrigerant	R717 Ammonia
Compressor	XJF 120S	Shaft Power	53.3 hp	Comp Ratio	11.55
Vi Range	2.2 - 5.0	Capacity %	100.0 %	Ideal Vi	6.67
Casing	Gray Cast Iron	Perf Factor	2.111 hp/TR	Actual Vi	5.00
Rotors	Standard	Slide Valve Pos	100.0 %	Disc T	161.7 °F
Bearings	Standard	Speed	100.0 %	Disc DewT	96.0 °F
		Speed	1750 rpm		
UPSTREAM				SIDE	
				Mass Flow	2.4 lbm/min
EVAPORATOR		CONDENSER		ECONOMIZER/SIDE LOAD	
Capacity	19.7 TR	Heat Reject	442 mbh	Capacity	2.9 TR 5.6 TR
DewT/BubbleT	-20.0 °F/ -20.0 °F	DewT/BubbleT	95.0 °F/ 95.0 °F	Dew T	25.0 °F 25.0 °F
Pressure	3.6 psig	Pressure	181.1 psig	Bubble T	25.0 °F 25.0 °F
Superheat	0.0 °F	Subcooling	0.0 °F	Pressure	39.0 psig 39.0 psig
Inlet T	25.0 °F	Ext Subcooling	0.0 °F	Superheat	0.0 °F 0.0 °F
Line Superheat	10.0 °F	Line Superheat	0.0 °F	Approach	0.0 °F
Line Pres Drop	1.0 psi	Line Pres Drop	1.0 psi	Ln SH	0.0 °F 0.0 °F
				Ln Pr Drop	2.0 psi 2.0 psi
OIL COOLING		OIL FLOWS			
Type	Frick #3	Total Flow	13.6 gpm		
Cooling Type	Thermosyphon	Pump Type	None		
Heat Reject	92 kbtu/hr	System dP	10.0 psi		
Bearing Oil T	130.0 °F				
FLOW		SUCTION VALVE		DISCHARGE VALVE	
Suction	7.4 lbm/min	Type	Standard	Type	Standard
Economizer	1.2 lbm/min	Pres Drop	0.1 psi	Pres Drop	0.0 psi
Side Load	2.4 lbm/min	Stop	3.0 in	Stop	3.0 in
Discharge	11.0 lbm/min	Check	3.0 in	Check	3.0 in
OIL SEPARATOR		MOTOR		DESIGN	
Orientation	Horizontal	Nominal Power	60 hp	Min Cond	75.0 °F /75.0 °F
Diameter	16.0 in	Nominal SF	1.15	Mx Oil HR	92 kbtu/hr
Coalescers	1	Actual SF	1.29		
Design Pres	300.0 psi	Volt	460/3/60		
Velocity Ref	0.16	FLA	70		
Saver CR	8.34	Starter	Solid State		
			Loose		

⚠ WARNINGS

No Warnings

Anexo 12. Ficha técnica de compresor Frick modelo RXF 50.



RXF 50



VISA IQF
Run 1
RXF 50 cargas de media temp.

Lisandro Salas
Date: **February 07, 2022**
Gauge Ref: **14.7 psi**

PACKAGE		PERFORMANCE		CONDITIONS	
Model	RXF 50	Capacity	112.3 TR	Refrigerant	R717 Ammonia
Compressor	XJF 120S	Shaft Power	128.7 hp	Comp Ratio	3.79
Vi Range	2.2 - 5.0	Capacity %	100.0 %	Ideal Vi	3.22
Casing	Gray Cast Iron	Perf Factor	1.146 hp/TR	Actual Vi	3.50
Rotors	Standard	Slide Valve Pos	100.0 %	Disc T	177.8 °F
Bearings	Standard	Speed	100.0 %	Disc DewT	96.0 °F
		Speed	3550 rpm		
EVAPORATOR		CONDENSER			
Capacity	112.3 TR	Heat Reject	1694 mbh		
DewT/BubbleT	25.0 °F/ 25.0 °F	DewT/BubbleT	95.0 °F/ 95.0 °F		
Pressure	39.0 psig	Pressure	181.1 psig		
Superheat	0.0 °F	Subcooling	0.0 °F		
Inlet T	95.0 °F	Ext Subcooling	0.0 °F		
Line Superheat	10.0 °F	Line Superheat	0.0 °F		
Line Pres Drop	1.0 psi	Line Pres Drop	1.0 psi		
OIL COOLING		OIL FLOWS			
Type	Frick #3	Total Flow	13.8 gpm		
Cooling Type	Thermosyphon	Pump Type	None		
Heat Reject	143 kbtu/hr	System dP	10.0 psi		
Bearing Oil T	130.0 °F				
FLOW		SUCTION VALVE		DISCHARGE VALVE	
Suction	47.8 lbm/min	Type	Standard	Type	Standard
Discharge	47.8 lbm/min	Pres Drop	0.2 psi	Pres Drop	0.3 psi
		Stop	4.0 in	Stop	3.0 in
		Check	4.0 in	Check	3.0 in
OIL SEPARATOR		MOTOR		DESIGN	
Orientation	Horizontal	Nominal Power	150 hp	Min Cond	75.0 °F /75.0 °F
Diameter	16.0 in	Nominal SF	1.15	Mx Oil HR	143 kbtu/hr
Coalescers	1	Actual SF	1.34		
Design Pres	300.0 psi	Volt	460/3/60		
Velocity Ref	0.71	FLA	172		
Saver CR	2.74	Starter	Solid State		
			Loose		

⚠ WARNINGS

No Warnings

Anexo 13. Ficha técnica de evaporadores para cámara de congelado.



*

RSF CR

Fecha: 2022-02-01
 Solicitud del:
 Proyecto: GUN 108674
 No. de oferta:
 Posición: 10. Cámara fría congelado
 Responsable: Sebastian Bonilla

Evaporador S-AXGHN 050.2H/38-HHL51.M
 S= NH3 DX

Capacidad:	80000 Btu/h	Refrigerante:	NH3 (R717)
Caudal de aire:	15127 cfm	Temp. de evaporación:	-20.0 °F
Temp. de aire:	-10.0 °F	Sobrecalentamiento:	6.0 °F
Humedad rel.:	95 %	Temp. de condensación:	107.6 °F
Presión atmosf.:	14.692 psi	Temp. de subenfriam.:	105.8 °F

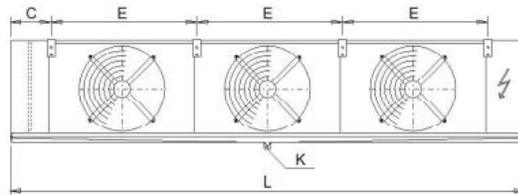
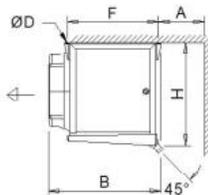
Ventiladores:	3 Unidad(es) 3~460V 60HzY/(-)	Diámetro del ventilador:	19 11/16 in
Datos por motor (datos nominales):		Nivel de presión sonora:	64 dB(A)
Revoluciones:	1650 rpm / (-)	a una distancia de:	9.8 ft
Capacidad:	1.30 kW, 1 hp mecánico		
Corriente:	2.10 A	Tiro de aire:	aprox. 72 ft ⁽¹⁾

Caja: Acero galv., Pintada en polvo blanco brillante	Tubos intercambiador:	Acero inox. AISI 304L ⁽²⁾
Superf. de intercambio: 2258 ft ²	Aletas:	Aluminio ⁽²⁾
Volumen de tubos: 2.065 ft ³	Pérdida pres. en distrib.:	14 psi
Paso de aleta: 3.2 FPI	Colector de aspiración:	1 1/4" NPS
Peso vacío: 668.2 lb ⁽³⁾	Entrada:	1/2" NPS

Presión de servicio máxima: 464.1 psi

Dimensiones:

L = 142 1/2 in
 B = 33 7/8 in
 H = 30 7/8 in
 E = 39 3/8 in
 F = 27 9/16 in
 C = 12 3/8 in
 A = 21 5/8 in
 ØD = 9/16 in
 K = G1 1/4"



Atención: ¡Dibujo y dimensiones pueden variar dependiendo de los accesorios incluidos!

Accesorios	Unidad(es)
Deshielo por gas caliente de la bandeja	1
Bandeja doble con 13/16 in de aislamiento desc. por gas caliente conectada con válvula de retención	1
Deshielo por gas caliente de la batería	1
Accesorios especiales	
Coil in	1
Coil out	1
Distribuidor adicional para HG	1

Important remarks / explanatory notes:

⁽¹⁾ Distancia a la cual todavía se puede medir una velocidad de aire de 98 ft/min en un espacio ideal a penetración a la profundidad que el flujo de aire alcanza en el cuarto frío depende de la geometría espacial y de otros factores.

Página 1 de 2

Pos: 10. Cámara fría congelado.gpcamx

GPC-AM Profesional, 2022-3-248a/2022-01-24, PL 9/2021

Anexo 14. Ficha técnica para evaporadores para precámara.



*

RSF CR

Fecha: 2022-02-01
 Solicitud del:
 Proyecto: GUN 108674
 No. de oferta:
 Posición: 20. Pre cámara
 Responsable: Sebastian Bonilla

Evaporador	S-MHF 050.1B/35-AL		
S= NH3 DX			
Capacidad:	60000 Btu/h	Refrigerante:	NH3 (R717)
Caudal de aire:	12647 cfm	Temp. de evaporación:	30.0 °F
Temp. de aire:	40.0 °F	Sobrecalentamiento:	8.0 °F
Humedad rel.:	75 %	Temp. de condensación:	107.6 °F
Presión atmosf.:	14.692 psi	Temp. de subenfriam.:	105.8 °F

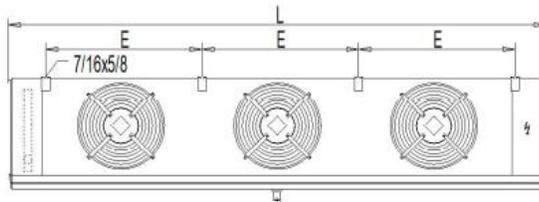
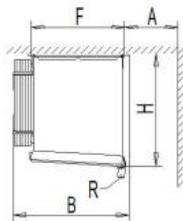
Ventiladores:	3 Unidad(es) 3~460V 60HzY/(-)	Diámetro del ventilador:	19 11/16 in
Datos por motor (datos nominales):		Nivel de presión sonora:	60 dB(A)
Revoluciones:	1390 rpm / (-)	a una distancia de:	9.8 ft
Capacidad:	0.80 kW, 1/2 hp mecánico		
Corriente:	1.25 A	Tiro de aire:	aprox. 131 ft ⁽¹⁾

Caja:	Acero galv., Pintada en polvo blanco brillante	Tubos intercambiador:	Acero inox. AISI 304L ⁽²⁾
Superf. de intercambio:	883 ft ²	Aletas:	Aluminio ⁽²⁾
Volumen de tubos:	0.650 ft ³	Pérdida pres. en distrib.:	47 psi
Paso de aleta:	5.1 FPI	Colector de aspiración:	3/4" NPS
Peso vacío:	437 lb ⁽³⁾	Entrada:	1/2" NPS

Presión de servicio máxima: 464.1 psi

Dimensiones:

- L = 138 1/4 in
- B = 28 1/16 in
- H = 29 7/16 in
- E = 39 3/8 in
- F = 21 7/16 in
- A = 21 5/8 in
- R = G1 1/4"



Atención: ¡Dibujo y dimensiones pueden variar dependiendo de los accesorios incluidos!

Accesorios	Unidad(es)
Güntner Streamer (para un tiro de aire alargado)	3
Accesorios especiales	
Coil in	1
Coil out	1

Important remarks / explanatory notes:

- (1) Distancia a la cual todavía se puede medir una velocidad de aire de 98 ft/min en un espacio ideal a penetración a la profundidad que el flujo de aire alcanza en el cuarto frío depende de la geometría espacial y de otros factores.
- (2) The unit may not be suitable for very corrosive atmospheres (close to shores, in smoke rooms, etc.). For further information see program menu "?", "Material recommendations brochure", or ask your sales partner.
- (3) Peso y dimensiones no aplican para todos los modelos, ya que pueden variar para unidades especiales (S- ...)

Anexo 15. Ficha técnica para evaporadores para andén de carga.



*

RSF CR

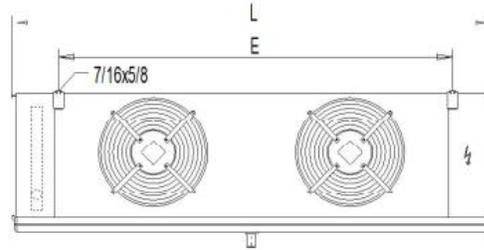
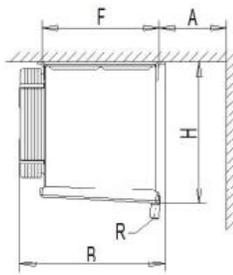
Fecha: 2022-02-01
 Solicitud del:
 Proyecto: GUN 105909
 No. de oferta:
 Posición: 30. Anden de carga
 Responsable: Sebastian Bonilla

Evaporador	S-MHF 045.1B/26-AL		
Capacidad:	24000 Btu/h	Refrigerante:	NH3 (R717)
Caudal de aire:	6881 cfm ⁽¹⁾	Temp. de evaporación:	30.0 °F
Temp. de aire:	40.0 °F	Sobrecalentamiento:	8.0 °F
Humedad rel.:	75 %	Temp. de condensación:	107.6 °F
Presión atmosf.:	14.692 psi	Temp. de subenfriam.:	105.8
Ventiladores:	2 Unidad(es) 3~460V 60HzY/(-)	Diámetro del ventilador:	17 11/16 in
Datos por motor (datos nominales):		Nivel de presión sonora:	59 dB(A)
Revoluciones:	1370 rpm / (-)	a una distancia de:	9.8 ft
Capacidad:	0.64 kW, 1/3 hp mecánico		
Corriente:	0.86 A	Tiro de aire:	--

Caja: Acero galv., Pintada en polvo blanco brillante
Superf. de intercambio: 364 ft²
Volumen de tubos: 0.343 ft³
Paso de aleta: 4.0 FPI
Peso vacío: 270 lb⁽³⁾
Presión de servicio máxima: 464.1 psi
Dimensiones:

Tubos intercambiador: Acero inox. AISI 304L⁽²⁾
Aletas: Aluminio⁽²⁾
Pérdida pres. en distrib.: 37 psi
Colector de aspiración: 1/2" NPS
Entrada: 1/2" NPS

- L = 84 3/8 in
- B = 27 1/16 in
- H = 25 1/2 in
- E = 70 1/16 in
- F = 21 7/16 in
- A = 19 11/16 in
- R = G1 1/4"



Atención: ¡Dibujo y dimensiones pueden variar dependiendo de los accesorios incluidos!

(S = Special fan VT0358U 3~460V 60HzY, Colector de aspiración: 1 5/8 in. Distribuidor capilares: 0.197 * 0.0394 in, 23 5/8 in, Colector: 1 5/8 in)

Accesorios	Unidad(es)
Güntner Streamer (para un tiro de aire alargado)	2
Special design	1
Accesorios especiales	
Coil in	1
Coil out	1

Important remarks / explanatory notes:

- (1) La caída de presión adicional para carcasa y partes montadas no está considerada.
- (2) The unit may not be suitable for very corrosive atmospheres (close to shores, in smoke rooms, etc.). For further information see program menu "??", "Material recommendations brochure", or ask your sales partner.
- (3) Peso y dimensiones no aplican para todos los modelos. ya que pueden variar para unidades especiales (S- ...)

Anexo 16. Ficha técnica para evaporadores para cámaras de almacenamiento de fruta.



*

RSF CR

Fecha: 2022-02-01
 Solicitud del:
 Proyecto: GUN 108674
 No. de oferta:
 Posición: 60. Cámaa mant. fruta 1 y 2
 Responsable: Sebastian Bonilla

Evaporador S-AXGHN 050.2F/26-HNL51.M
 S= NH3 DX

Capacidad:	50000 Btu/h	Refrigerante:	NH3 (R717)
Caudal de aire:	8321 cfm	Temp. de evaporación:	25.0 °F
Temp. de aire:	35.0 °F	Sobrecalentamiento:	8.0 °F
Humedad rel.:	79 %	Temp. de condensación:	107.6 °F
Presión atmosf.:	14.692 psi	Temp. de subenfriam.:	105.8 °F

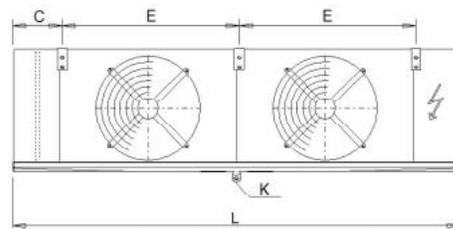
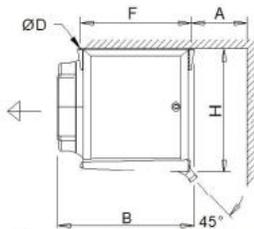
Ventiladores:	2 Unidad(es) 3~460V 60HzY/(--)	Diámetro del ventilador:	19 11/16 in
Datos por motor (datos nominales):		Nivel de presión sonora:	58 dB(A)
Revoluciones:	1390 rpm / (--)	a una distancia de:	9.8 ft
Capacidad:	0.80 kW, 1/2 hp mecánico		
Corriente:	1.25 A	Tiro de aire:	aprox. 66 ft ⁽¹⁾

Caja: Acero galv., Pintada en polvo blanco brillante	Tubos intercambiador:	Acero inox. AISI 304L ⁽²⁾	
Superf. de intercambio:	715 ft ²	Aletas:	Aluminio ⁽²⁾
Volumen de tubos:	0.632 ft ³	Pérdida pres. en distrib.:	40 psi
Paso de aleta:	4.0 FPI	Colector de aspiración:	3/4" NPS
Peso vacío:	319 lb ⁽³⁾	Entrada:	1/2" NPS

Presión de servicio máxima: 464.1 psi

Dimensiones:

- L = 97 1/4 in
- B = 33 7/8 in
- H = 29 15/16 in
- E = 39 3/8 in
- F = 27 9/16 in
- C = 9 7/16 in
- A = 21 5/8 in
- ØD = 9/16 in
- K = G1 1/4"



Atención: ¡Dibujo y dimensiones pueden variar dependiendo de los accesorios incluidos!

Accesorios	Unidad(es)
Deshielo por gas caliente de la bandeja desc. por gas caliente conectada con válvula de retención	1
Deshielo por gas caliente de la batería	1
Accesorios especiales	
Distribuidor adicional para gas caliente	1
Coil in	1
Coil out	1

Important remarks / explanatory notes:

- (1) Distancia a la cual todavía se puede medir una velocidad de aire de 98 ft/min en un espacio ideal a penetración a la profundidad que el flujo de aire alcanza en el cuarto frío depende de la geometría espacial y de otros factores.
- (2) The unit may not be suitable for very corrosive atmospheres (close to shores, in smoke rooms, etc.). For further information see program menu "2", "Material recommendations brochure", or ask your sales partner.

Página 1 de 2

Pos 60. Cam mant. fruta 1 y 2.gpcamx

GPC-AM Profesional, 2022-3-24Bar/2022-01-24, PL 9/2021

Anexo 17. Datos de regulación de uso de la ficha técnica del amoníaco empleado en este sistema de refrigeración.

SECCIÓN XV – REGULACIÓN DE USO

Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla:

Sin peligro para la capa de ozono (1005/2009/CE).

Contenidos orgánicos volátiles de los compuestos (COV) (1999/13/EC): < 0.1%

Hoja de Datos de Seguridad conforme a la Norma IRAM 41400: 2012.

Resolución 295/2003 Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social, República Argentina.

Ley Nacional N° 24.051 y sus reglamentaciones, República Argentina.

Resolución 195/97 Secretaría de Obras Públicas y Transporte, República Argentina.

Reglamento (CE) 1272/2008 sobre Clasificación, etiquetado y envasado de las sustancias químicas y sus mezclas.

Reglamento (CE) 1907/2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH).

Dir. 91/689/CEE de residuos peligrosos y Dir. 91/156/CEE de gestión de residuos.

Acuerdo europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías peligrosas por carretera (ADR 2013).

Reglamento relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (RID 2013).

Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG 34 ed.).

Regulaciones de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA 52 ed.) relativas al transporte de mercancías peligrosas por vía aérea.

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos, quinta edición revisada, 2013 (SGA 2013).

Anexo 18. Capacidad de línea de succión y descarga (Toneladas de refrigeración). Fuente: IAR, 2004.

Service	Temp. (°F)	Press. psig or (in. Hg)	Pipe Size (NPS)																
			Pipe Schedule																
			1 80	1¼ 80	1½ 80	2 40	2½ 40	3 40	4 40	5 40	6 40	8 40	10 40	12 Std.	14 Std.	16 Std.	18 Std.	20 Std.	24 Std.
Table 1-2A Suction Line Low Stage	-10	9.0	4.8	8.9	12.5	24.6	35.8	56.8	101	162	239	436	687	1000	1240	1660	2160	2700	4010
	-20	3.5	4.0	7.4	10.4	20.6	30.0	47.5	84.3	136	200	365	575	840	1030	1390	1810	2260	3360
	-30	(1.7")	3.3	6.1	8.6	17.1	24.8	39.4	69.9	113	166	302	477	696	857	1150	1500	1870	2780
	-40	(8.8")	2.7	5.0	7.1	14.0	20.4	32.3	57.4	92.4	136	248	391	572	704	945	1230	1540	2290
	-50	(14.4")	2.2	4.2	5.8	11.5	16.8	26.6	47.3	76.2	112	204	323	471	580	779	1010	1270	1880
-60	(18.7")	1.8	3.3	4.7	9.3	13.5	21.4	38.0	61.2	90.2	164	259	379	466	626	815	1020	1510	
Table 1-3A Discharge Low Stage	150	33.4	4.7	8.8	12.3	24.4	35.5	56.2	99.8	161	237	432	681	994	1220	1640	2140	2680	3980
Table 1-4A Suction Line High Stage	40	58.4	9.0	16.6	23.3	46.0	67.1	106	189	304	447	815	1290	1880	2310	3100	4040	5060	7510
	30	44.9	7.8	14.4	20.2	40.0	58.2	92.2	164	264	389	708	1120	1630	2010	2700	3510	4390	6520
	20	33.4	6.7	12.3	17.3	34.3	49.9	79.0	140	226	333	607	957	1400	1720	2310	3010	3760	5590
	10	23.7	5.7	10.6	14.9	29.4	42.8	67.7	120	194	285	520	820	1200	1470	1980	2580	3230	4790
	0	15.6	4.9	9.0	12.6	25.0	36.4	57.6	102	165	243	442	697	1020	1250	1680	2190	2740	4070
Table 1-5A Discharge High Stage	175	181	10.7	19.8	27.8	54.8	79.9	127	225	362	533	971	1530	2240	2750	3700	4810	6030	8950

Anexo 19. Capacidad de línea de vapor de retorno de condensado (TR). Fuente: IAR, 2004.

Service	Temp. (°F)	Press. psig or (in. Hg)	Pipe Size (NPS)																
			Pipe Schedule																
			1 80	1¼ 80	1½ 80	2 40	2½ 40	3 40	4 40	5 40	6 40	8 40	10 40	12 Std.	14 Std.	16 Std.	18 Std.	20 Std.	24 Std.
Table 1-6A Overfeed Return Lines	40	58.4	5.35	9.90	13.9	27.5	40.0	63.4	113	181	267	487	768	1120	1380	1850	2410	3020	4480
	30	44.9	4.79	8.86	12.5	24.6	35.8	56.7	101	162	239	436	687	1000	1240	1660	2160	2700	4010
	20	33.4	4.22	7.81	11.0	21.7	31.6	50.0	88.8	143	211	384	606	885	1090	1460	1900	2380	3540
	10	23.7	3.74	6.91	9.71	19.2	27.9	44.2	78.5	127	186	340	536	782	963	1290	1680	2110	3130
	0	15.6	3.27	6.06	8.51	16.8	24.5	38.8	68.9	111	163	298	470	686	844	1130	1480	1850	2740
	-10	9.0	2.89	5.34	7.50	14.8	21.6	34.2	60.7	97.8	144	262	414	604	744	999	1300	1630	2420
	-20	3.5	2.49	4.60	6.47	12.8	18.6	29.5	52.3	84.3	124	226	357	521	642	862	1120	1400	2090
	-30	(1.7")	2.13	3.94	5.54	10.9	15.9	25.2	44.8	72.1	106	194	305	446	549	737	960	1200	1780
	-40	(8.8")	1.80	3.33	4.68	9.25	13.5	21.3	37.9	61.0	89.9	164	258	377	465	624	812	1020	1510
	-50	(14.4")	1.53	2.83	3.98	7.86	11.4	18.1	32.2	51.9	76.4	139	220	321	395	530	690	864	1280
	-60	(18.7")	1.27	2.35	3.31	6.53	9.51	15.1	26.7	43.1	63.5	116	182	266	328	440	573	718	1070

Anexo 20. Capacidades de líneas de líquido. (TR y galones por minuto). Fuente: IIAR, 2004.

Service		Pipe Size (NPS)													
		Pipe Schedule													
		½	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	4	5	6	8	10	12
		80	80	80	80	80	40	40	40	40	40	40	40	40	Std
<i>Table 1-7A</i> Condenser Drain, Open Channel Flow	tons	6.0	14.5	24.0	50.0	77.0	140	220	375	740	1,320	2,030	4,200	6,960	11,000
<i>Table 1-7B</i> Condenser Drain, Full Liquid Flow	tons	9.0	21.8	36.0	75.0	116	210	330	563	1,110	1,980	3,040	6,300	10,500	16,500
<i>Table 1-8</i> High Pressure Liquid Main	tons	31.6	58.4	97.1	179	254	496	729	1,160	2,050	3,300	4,890	8,690	14,000	20,600
<i>Table 1-9A</i> Pump Discharge	gpm	4.0	7.3	12.7	23.4	33.0	65.4	95.3	150	266	429	630	1,130	1,810	2,650
<i>Table 1-9B</i> Pump Discharge	tons ^a	15.3	29.4	51.1	94.2	133	264	384	604	1,070	1,730	2,540	4,560	7,280	10,700
<i>Table 1-10</i> High Pressure Liquid to a Single Device	tons	31.7	55.8	92.8	171	244	479	705	1,120	1,990	3,220	4,780	8,510	13,800	20,300
<i>Table 1-11A</i> Pumped Liquid Line to a Single Device	gpm	2.2	4.0	6.7	12.0	18.0	34.0	50.0	80.0	141	227	335	595	960	1,410
<i>Table 1-11B</i> Pumped Liquid Line to a Single Device	tons ^a	8.8	16.3	27.0	50.0	70.0	138	202	320	565	911	1,350	2,390	3,860	5,670
<i>Table 1-12A</i> Pump Suction	gpm	2.1	4.0	6.9	12.8	18.1	35.8	52.2	82.0	146	235	345	619	989	1,450
<i>Table 1-12B</i> Pump Suction	tons ^a	8.4	16.1	28.0	51.6	72.9	144	210	331	588	948	1,390	2,500	3,990	5,850
<i>Table 1-13</i> Defrost Relief Line	tons ^{b,c}	10.7	19.8	33.0	59.0	81.0	154	220	339	584	918	1,320	2,300	3,620	5,190

Anexo 21. Capacidad de línea de gas caliente para descongelado (TR). Fuente: IIAR, 2004.

Pipe Size (NPS) (Sch.)	½	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	4	5	6	8	10	12
	80	80	80	80	80	40	40	40	40	40	40	40	40	Std.
Capacity ($\Delta P=2$ psi)	3.3	6.2	10.2	18.4	26.1	44.4	63.3	100	171	289	417	754	1200	1770
Capacity ($\Delta P=5$ psi)	5.1	9.8	16.0	28.8	40.8	69.4	98.9	157	267	451	652	1180	1870	2760
C_v	3.8	7.3	12.0	21.6	30.6	52.0	74.1	118	200	338	489	883	1400	2070

Anexo 22. Capacidad de línea de equalización de recibidor (TR). Fuente: IIAR, 2004.

Pipe Size (NPS) (Sch.)	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	4	5	6
	80	80	80	80	40	40	40	40	40	40
Capacity	50	86	160	225	450	650	1000	1800	2900	4300

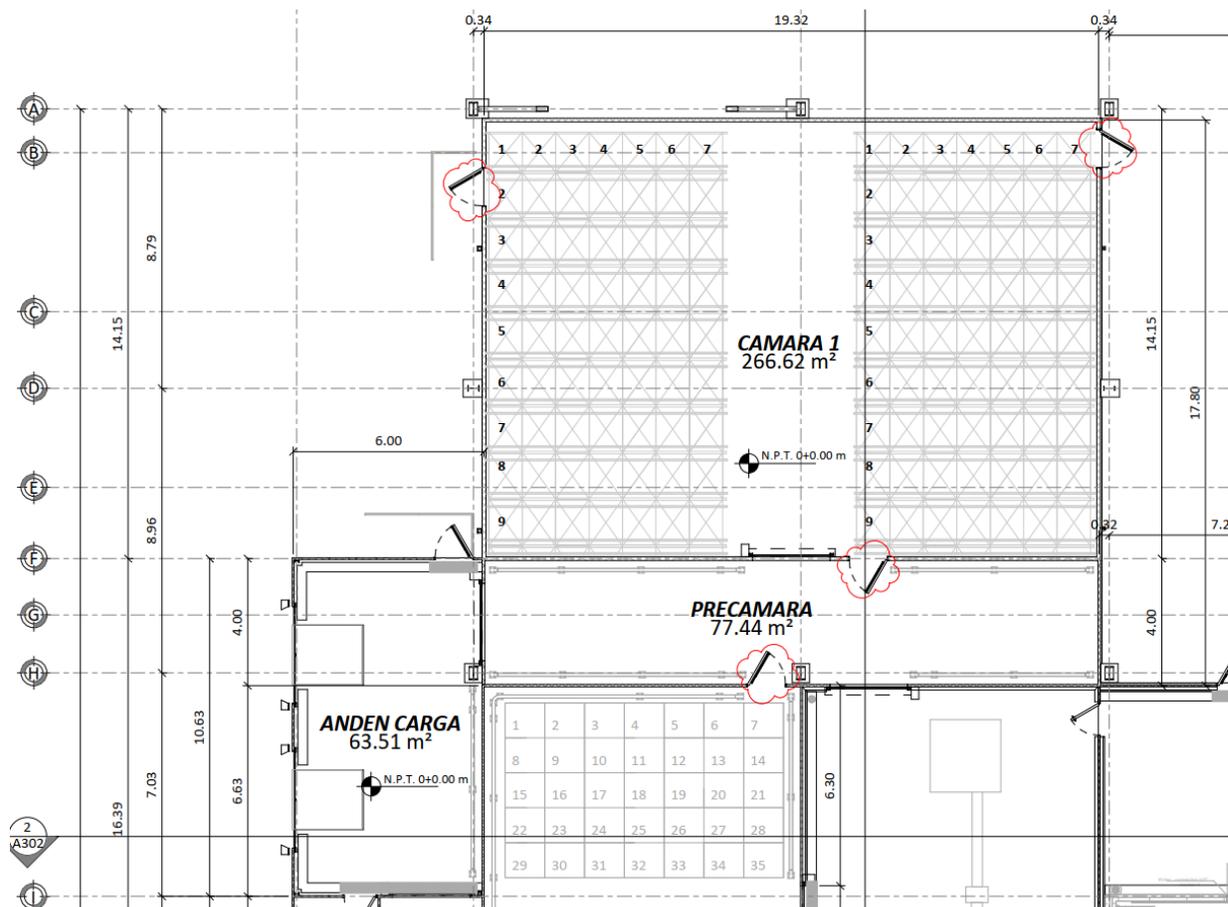
Anexo 23. Diámetros de las tuberías de los equipos del sistema de refrigeración por amoniaco.

		Dimensionamiento de tuberías del sistema de refrigeración					Diámetro proximo superior tabla [in]	Sobredimensionamiento
	Sección	Temp [°F]	Carga [TR]	Diámetro en plano [in]	Factor			
Compresores	Succión de compresor 700 HP 1-2A	-40	179	8	1,39	8	1,39	
	Succión PI de compresor 700 HP 1-4A	25	268	2 1/2	2,02	2	1,39	
	Succión de compresor 60 HP 1-2A	-20	19,7	3	2,41	2	1,05	
	Succión PI de compresor 60 HP 1-4A	25	5,6	1 1/4	2,38	1	1,29	
	Succión de compresor 150 HP 1-4A	25	112,3	4	1,35	4	1,35	
	Desacarga de compresor 700 HP 1-5A	175	179	6	2,98	4	1,26	
	Desacarga de compresor 60 HP 1-5A	175	19,7	3	6,45	1 1/4	1,01	
	Desacarga de compresor 150 HP 1-5A	175	112,3	3	1,13	3	1,13	
	Evaporador cámara 1 1-2A	-20	6,7	1 1/4	1,10	1 1/4	1,10	
	Evaporador cámara 1 1-2A	-20	6,7	1 1/4	1,10	1 1/4	1,10	
	Evaporador cámara 1 1-2A	-20	6,7	1 1/4	1,10	1 1/4	1,10	
	Anden de carga 1-4A	25	2	3/4	2,72	1	3,63	
	Anden de carga 1-4A	25	2	3/4	2,72	1	3,63	
	Precámara 1-4A	25	5	1	1,45	1	1,45	
	Evaporadores	Defrost Evaporador cámara 1 1-14B	-	6,7	3/4	0,93	1	1,52
Defrost Evaporador cámara 1 1-14B		-	6,7	3/4	0,93	1	1,52	
Defrost Evaporador cámara 1 1-14B		-	6,7	3/4	0,93	1	1,52	
Evaporador cámara de fruta 1 1-4A		25	4,2	1	1,73	3/4	1,29	
Evaporador cámara de fruta 1 1-4A		25	4,2	1	1,73	3/4	1,29	
Evaporador cámara de fruta 1 1-4A		25	4,2	1	1,73	3/4	1,29	
Evaporador cámara de fruta 2 1-4A		25	4,2	1	1,73	3/4	1,29	
Evaporador cámara de fruta 2 1-4A		25	4,2	1	1,73	3/4	1,29	
Evaporador cámara de fruta 2 1-4A		25	4,2	1	1,73	3/4	1,29	
Enfriador de Glicol 1 -4A		25	80	3	1,07	3	1,07	
IQF 1-6A		-40	78	5	0,78	6	1,15	
Defrost IQF 1-14B		-	78	2	0,57	3	1,28	
Equalizador 1-15		-	541	2	0,83	2 1/2	1,20	
Compresores		Aceite de compresor 700 HP 1-17 (TSS)	-	1197 [kbtu/h]	3	1,22	3	1,22
		Aceite de compresor 700 HP 1-17	-	1197 [kbtu/h]	4	1,63	4	1,63
	Aceite de compresor 60 HP 1-17 (TSS)	-	92 [kbtu/h]	1 1/4	2,48	1 1/4	2,48	
	Aceite de compresor 60 HP 1-17	-	92 [kbtu/h]	1 1/2	1,78	1 1/4	1,26	
	Aceite de compresor 150 HP 1-17 (TSS)	-	143 [kbtu/h]	1 1/4	1,59	1 1/4	1,59	
	Aceite de compresor 150 HP 1-17	-	143 [kbtu/h]	1 1/2	1,15	1 1/2	1,15	
	Evaporador cámara 1 1-10	-	6,7	1/2	4,73	1/2	4,73	
	Evaporador cámara 1 1-10	-	6,7	1/2	4,73	1/2	4,73	
	Evaporador cámara 1 1-10	-	6,7	1/2	4,73	1/2	4,73	
	Anden de carga 1-10	-	2	1/2	15,85	1/2	15,85	
	Anden de carga 1-10	-	2	1/2	15,85	1/2	15,85	
	Precámara 1-10	-	5	1/2	6,34	1/2	6,34	
	Evaporador cámara de fruta 1 1-10	-	4,2	1/2	7,55	1/2	7,55	
	Evaporador cámara de fruta 1 1-10	-	4,2	1/2	7,55	1/2	7,55	
	Evaporador cámara de fruta 1 1-10	-	4,2	1/2	7,55	1/2	7,55	
Evaporadores	Evaporador cámara de fruta 1 1-10	-	4,2	1/2	7,55	1/2	7,55	
	Evaporador cámara de fruta 1 1-10	-	4,2	1/2	7,55	1/2	7,55	
	Evaporador cámara de fruta 1 1-10	-	4,2	1/2	7,55	1/2	7,55	
	Evaporador cámara de fruta 1 1-10	-	4,2	1/2	7,55	1/2	7,55	
	Evaporador cámara de fruta 1 1-10	-	4,2	1/2	7,55	1/2	7,55	
	Condensador 1-7B	-	541	4	2,05	3	1,04	
	IQF 1-6B	-	78	1 1/4	1,21	1 1/4	1,21	
	Enfriador de Glicol 1 -10	-	80	1 1/4	2,14	1	1,16	
	Otros	IQF 1-6A	-40	78	5	0,78	6	1,15
		Defrost IQF 1-14B	-	78	2	0,57	3	1,28
		Equalizador 1-15	-	541	2	0,83	2 1/2	1,20
		Aceite de compresor 700 HP 1-17 (TSS)	-	1197 [kbtu/h]	3	1,22	3	1,22
		Aceite de compresor 700 HP 1-17	-	1197 [kbtu/h]	4	1,63	4	1,63
		Aceite de compresor 60 HP 1-17 (TSS)	-	92 [kbtu/h]	1 1/4	2,48	1 1/4	2,48
		Aceite de compresor 60 HP 1-17	-	92 [kbtu/h]	1 1/2	1,78	1 1/4	1,26
Aceite de compresor 150 HP 1-17 (TSS)		-	143 [kbtu/h]	1 1/4	1,59	1 1/4	1,59	
Aceite de compresor 150 HP 1-17		-	143 [kbtu/h]	1 1/2	1,15	1 1/2	1,15	
Evaporador cámara 1 1-10		-	6,7	1/2	4,73	1/2	4,73	
Evaporador cámara 1 1-10		-	6,7	1/2	4,73	1/2	4,73	
Evaporador cámara 1 1-10		-	6,7	1/2	4,73	1/2	4,73	
Anden de carga 1-10		-	2	1/2	15,85	1/2	15,85	
Anden de carga 1-10		-	2	1/2	15,85	1/2	15,85	

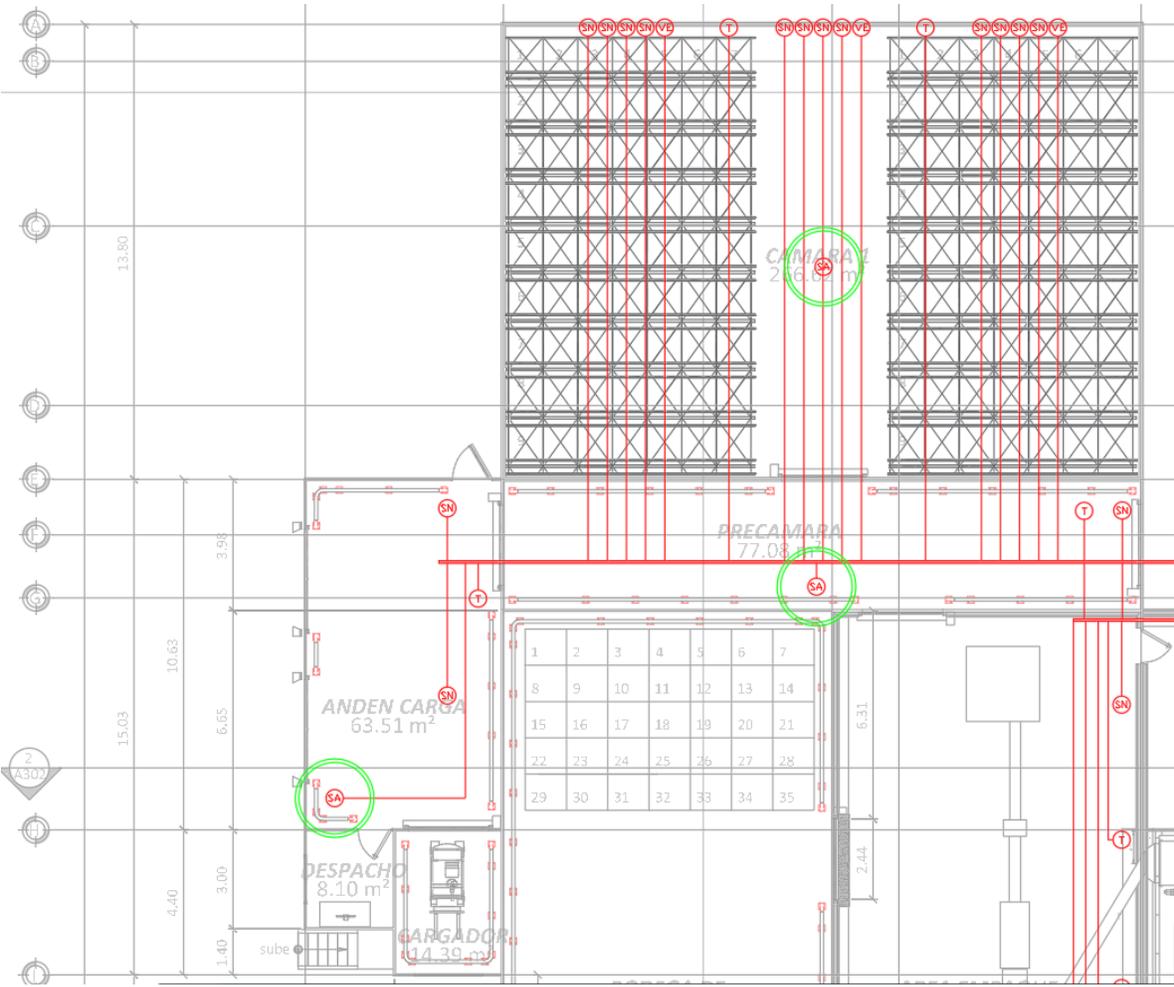
Anexo 24. Diámetros de las tuberías recolectoras del sistema de refrigeración por amoniaco.

		Dimensionamiento de tuberías del sistema de refrigeración							
	Sección	Temp [°F]	Carga [TR]	Diámetro en plano tubería principal [in]	Factor	Diámetro proximo superior de tabla [in]	Sobredimensionamiento		
Compresores	Succión PI de compresor 700 HP	25	144,7						
	Succión PI de compresor 60 HP								
	Succión de compresor 150 HP 1-4A								
	Desacarga de compresor 700 HP 1-5A	175	205,4	6	2,69	4	1,10		
	Desacarga de compresor 60 HP 1-5A								
	Desacarga de compresor 150 HP 1-5A								
	Evaporador cámara 1 1-2A	-20	20,1	2 1/2	1,49	2	1,02		
	Evaporador cámara 1 1-2A								
	Evaporador cámara 1 1-2A								
	Andén de carga 1-4A	25	9	1	3,33	1 1/4	1,48		
Vapor	Andén de carga 1-4A								
	Precámara 1-4A								
	Defrost Evaporador cámara 1 1-14B (2 psi)								
	Defrost Evaporador cámara 1 1-14B (2 psi)	-	20,1	1 1/4	0,92	1 1/2	1,30		
	Defrost Evaporador cámara 1 1-14B (2 psi)								
	Evaporador cámara de fruta 1 1-4A								
	Evaporador cámara de fruta 1 1-4A								
	Evaporador cámara de fruta 1 1-4A	25	25,2	2	1,47	2	1,47		
	Evaporador cámara de fruta 2 1-4A								
	Evaporador cámara de fruta 2 1-4A								
IQF	Evaporadores cámara de fruta 1 y 2	25	114,2	4	1,33	4	1,33		
	Andén de carga/Precámara								
	Enfriador de Glicol	-40	156	8	1,05	8	1,05		
	IQF 1-6A								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)	-	156	3	0,64	4	1,10		
Compresores	IQF 1-6A								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
Líquido	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
Recolector de líquido	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								
	Defrost IQF 1-14B (2 psi)								

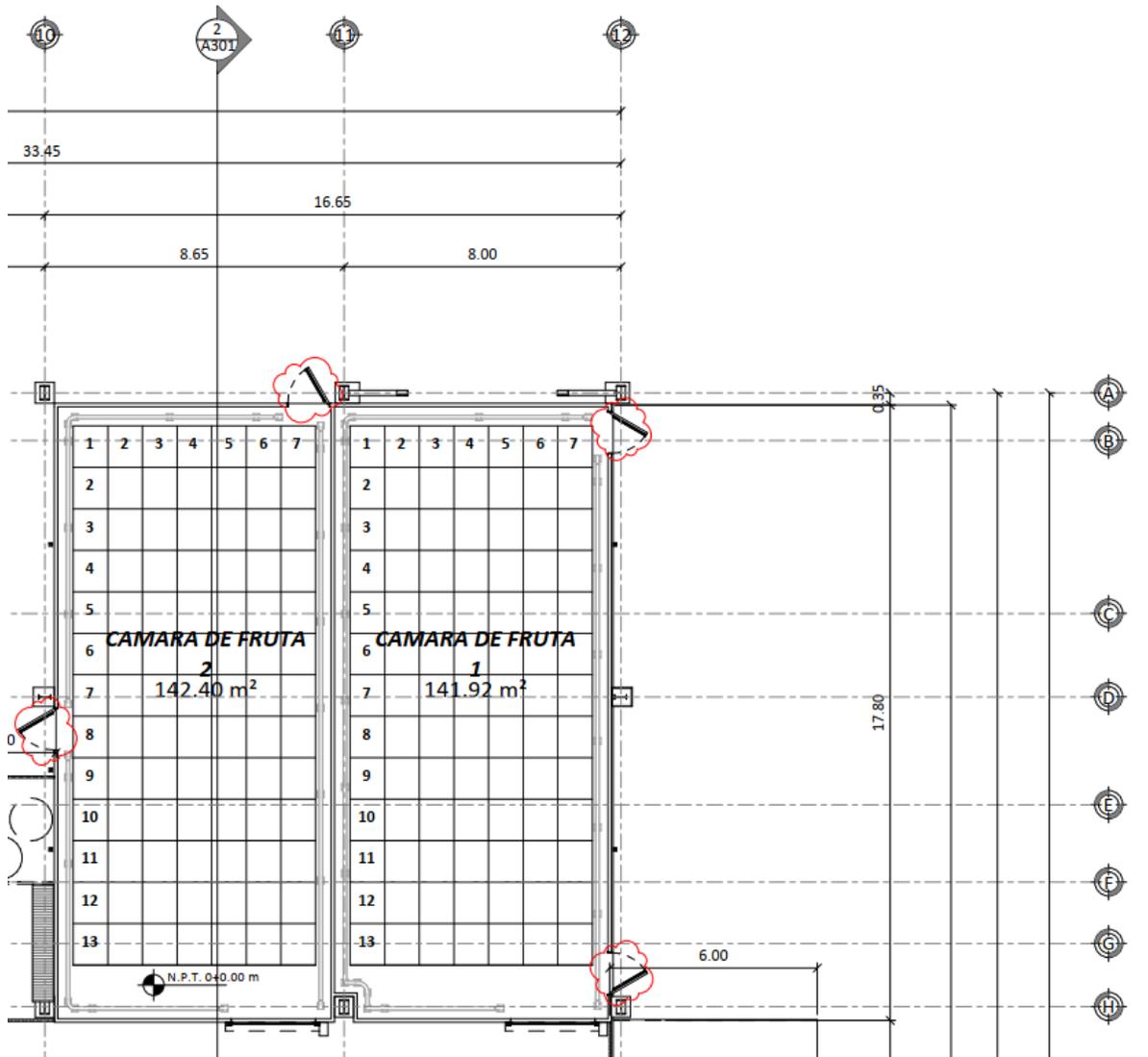
Anexo 25. Distribución arquitectónica de cámara de congelado, precámara y andén de carga.



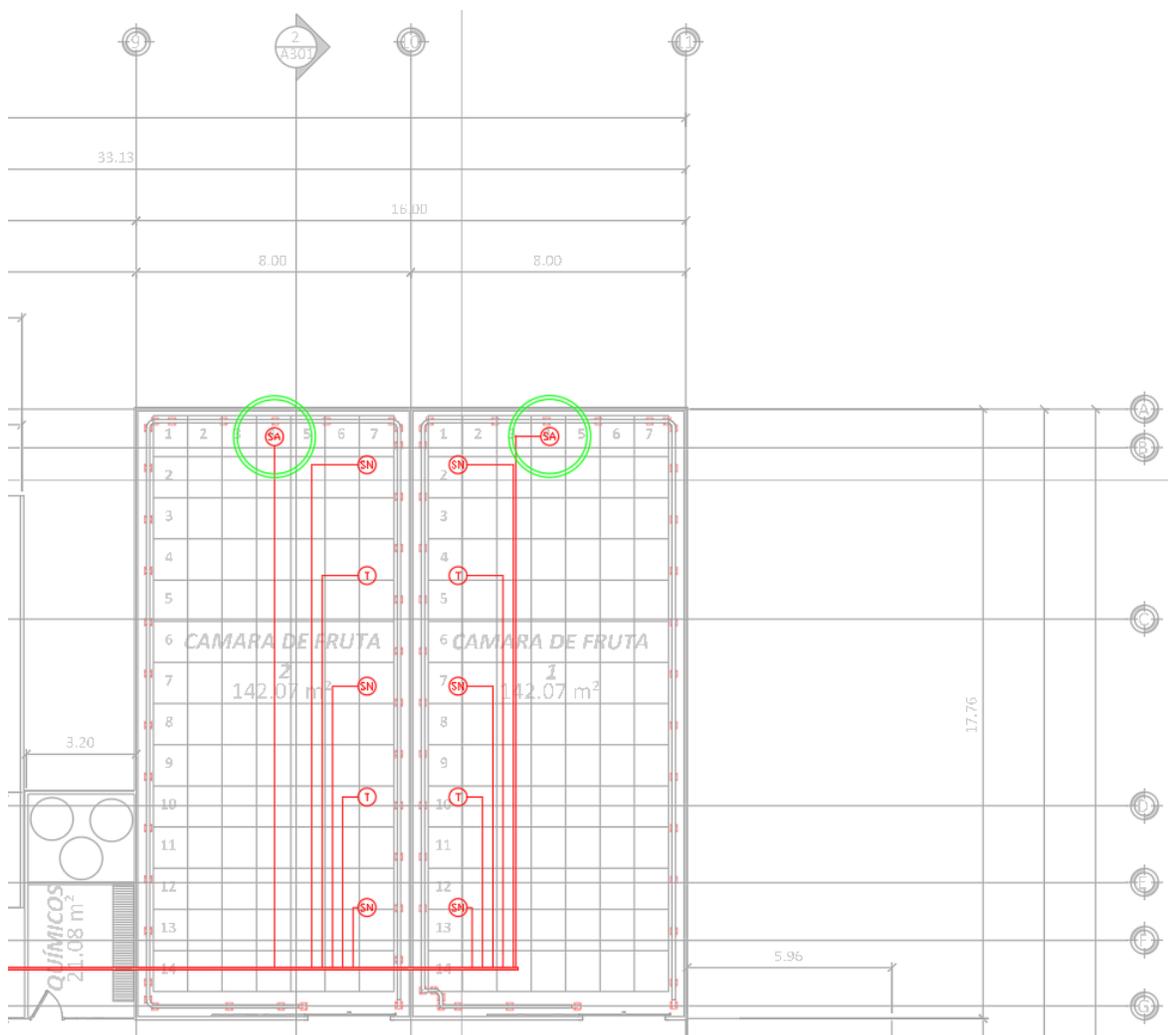
Anexo 26. Distribución de detectores de amoniaco en cámara de congelado, precámara y andén de carga.



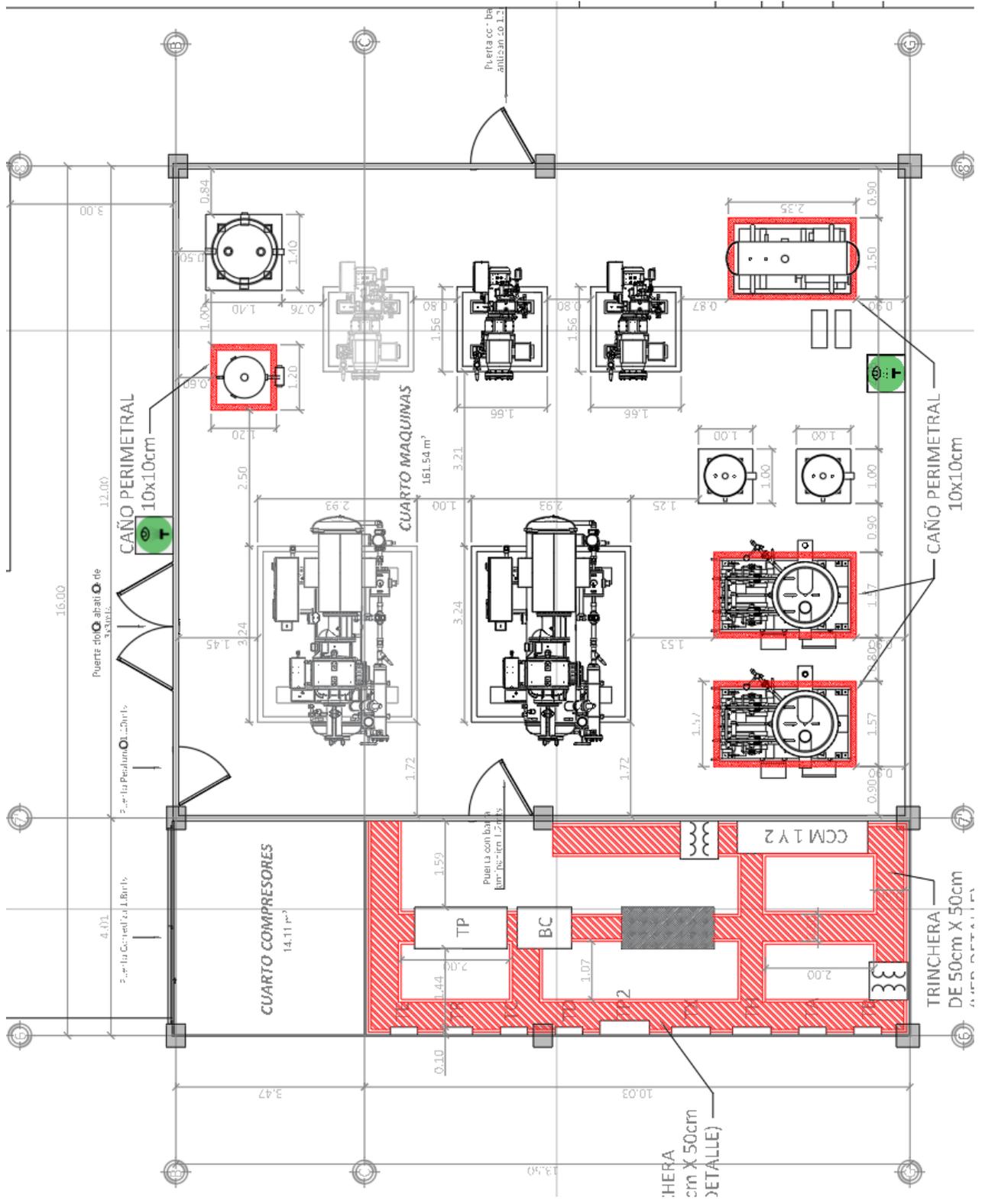
Anexo 27. Distribución arquitectónica de las cámaras de almacenamiento de fruta 1 y 2.



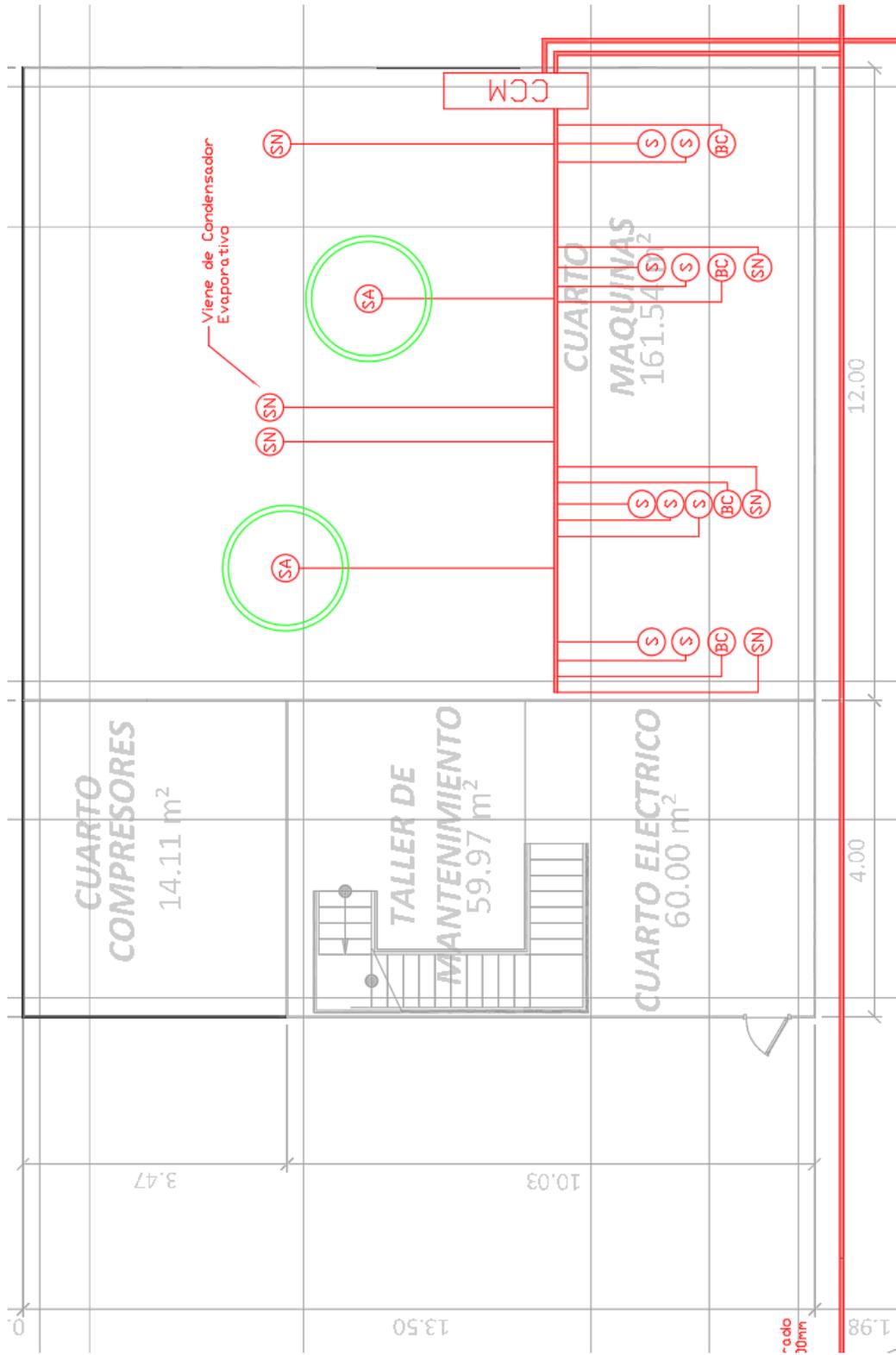
Anexo 28. Distribución de detectores de amoniaco en las cámaras de almacenamiento de fruta 1 y 2.



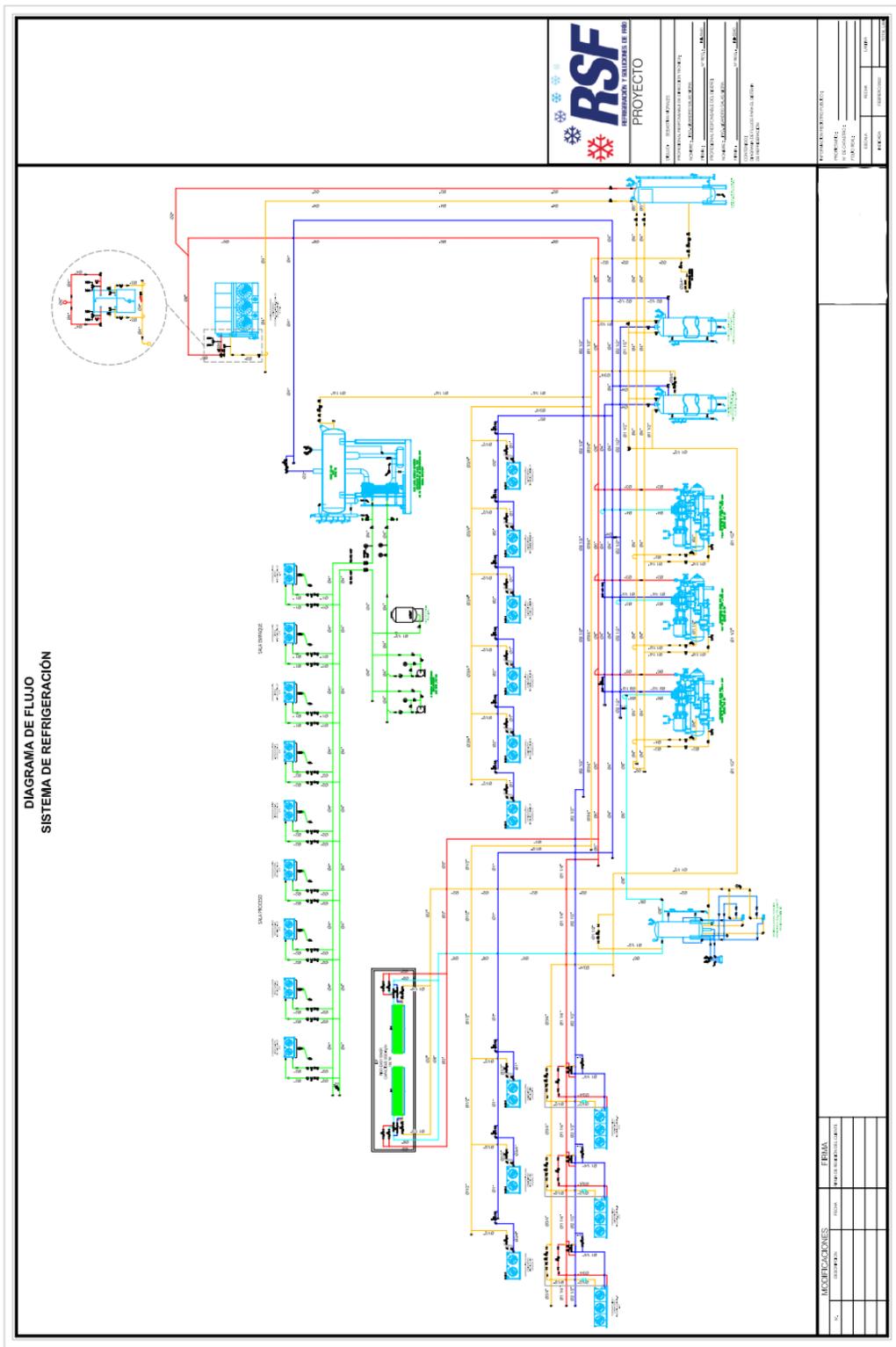
Anexo 29. Distribución arquitectónica y de equipos de sala de máquinas.



Anexo 30. Distribución de detectores de amoniaco en sala de máquinas.



Anexo 31. Diagrama de flujo del sistema de refrigeración. (Se adjunta documento ampliado en pdf)



Anexo 32. Detalle de base para instalación de compresor Frick RWF II 399.

BASE DE COMPRESOR FRICK RWF II 399

DETALLE SECCION A-A
TENDIDA 1:20

DETALLE SECCION B-B
TENDIDA 1:20

COMPRESOR EN PLANTA
TENDIDA 1:20

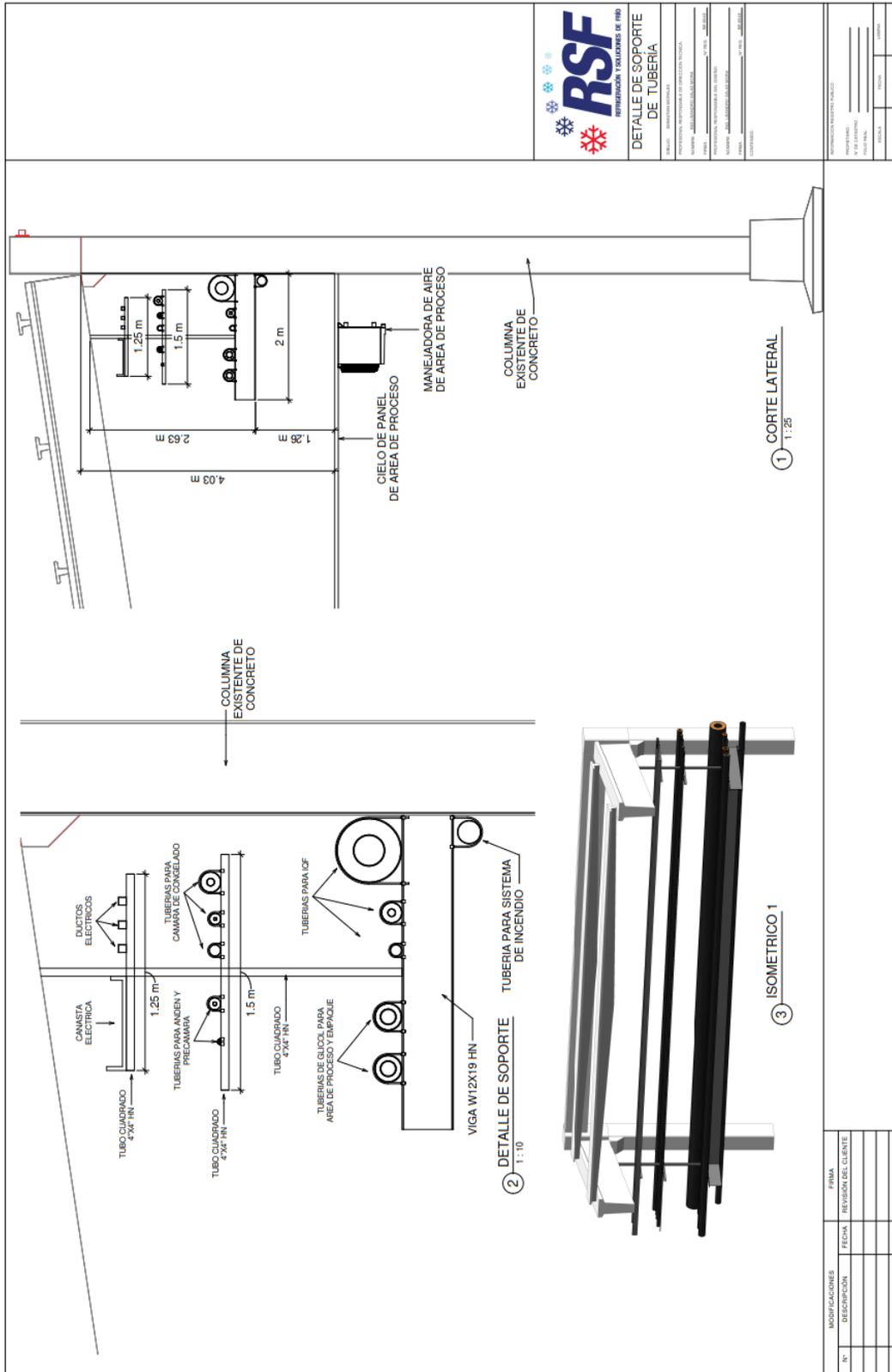
COMPRESOR EN PLANTA
TENDIDA 1:20

RSF
REFRIGERACION Y SOLUCIONES DE FRIO

AVDA. DE LOS HERMANOS MARISTAS, 10
46100 BURJASSOT (VALENCIA) - ESPAÑA
TEL: 96 351 10 00 FAX: 96 351 10 01
WWW.RSF-REFRIGERACION.COM

N.º	FECHA	FRM	AUTOR	REVISOR	DISEÑADOR

Anexo 33. Detalle de estructura para soporte de sección de tuberías de refrigeración con amoníaco.



Anexo 34. Detalle de estructura para instalación de condensador evaporativo.

