

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL

METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DEL DISEÑO ELÉCTRICO Y DE CONTROL DE UN
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL CON AMONIACO

MAKLIN MADRIGAL RUIZ

PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

San José, Costa Rica

ABRIL, 2024

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL
(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como
requisito parcial para optar al grado de Maestría en Administración de Proyectos

Enrique Barreda Lizano

NOMBRE DEL TUTOR O TUTORA

Fabio Muñoz Jiménez

NOMBRE DEL PROFESOR(A) LECTOR(A) No.1

Fausto Enrique Fernández Martínez

NOMBRE DEL PROFESOR(A) LECTOR(A) No.2

Maklin Madrigal Ruiz

NOMBRE DE LA PERSONA SUSTENTANTE

DEDICATORIA

A Dios y mi familia por el apoyo recibido durante este tiempo, para lograr culminar de forma exitosa con los requisitos de estudio de la maestría.

AGRADECIMIENTOS

Al señor Enrique Barreda Lizano, tutor de este Proyecto Final de Graduación, por su dirección y los valiosos aportes que me brindó.

A los señores Fabio Muñoz Jiménez y Fausto Enrique Fernández Martínez, lectores de este proyecto Final de Graduación, por sus valiosas recomendaciones.

A todas las personas que de una u otra forma me ha ayudado en mi formación como profesional.

ABSTRACT

El presente trabajo final de graduación tuvo como objetivo desarrollar una metodología para el diseño eléctrico y de control en donde se cumplió con los requerimientos nacionales para el correcto funcionamiento de seguridad y operación de un sistema de refrigeración industrial con amoniaco.

Lo anterior debido a que la empresa no contaba con una metodología para la gestión de dicho tipo de diseño que ocasionaba se tuvieran retrabajos, costos adicionales y demoras durante la ejecución de los trabajos.

Como resultado final se logró obtener un método basado en los reglamentos vigentes y normativas aprobadas por los entes del gobierno, tales como NEC, IIAR y otras para el desarrollo correcto de los diseños que se realizaron, además de cumplir con la estructura recomendada por la guía PMBOK para este tipo de trabajo.

Para este proyecto se utilizó un enfoque cualitativo en el cual se usó información documental, datos narrativos, resultados de otros autores; fue una investigación exploratoria

en la cual se llevó a cabo un análisis de la información a través de fuentes primarias y principalmente secundarias. La revisión de distintos textos de lectura y de la información investigada.

Palabras clave: metodología, gestión, proyectos, diseño, control, normas, cualitativo, requerimientos.

ABSTRACT

The aim of this final graduation work was to develop a methodology for electrical and control design, complying with the national requirements for the correct operation of an industrial refrigeration system with ammonia.

This was due to the fact that the company did not have a methodology for the management of this type of design causing delays, additional costs and delays during the execution of the work.

As a final result it was expected to obtain a method based on the current regulations and regulations approved by the government entities, such as NEC, IIAR and others for the correct development of the designs that were made, in addition to complying with the structure recommended by the PMBOK guide for this type of work.

A qualitative approach was used for this project, using information documentary, narrative data, results of other authors; it was exploratory research where information was analyzed through primary sources and mainly secondary. The review of different reading texts and researched information.

Keywords: methodology, management, projects, design, control, norms, qualitative, requirements.

CONTENIDO

ABSTRACT.....	5
LISTA DE FIGURAS.....	12
LISTA DE TABLAS	14
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES.....	16
RESUMEN EJECUTIVO.....	17
1 INTRODUCCIÓN.....	20
1.1 Antecedentes	21
1.2 Problemática.....	22
1.3 Justificación del proyecto.....	23
1.4 Objetivo general	24
1.5 Objetivos específicos.....	25
2 MARCO TEÓRICO	26
2.1 Marco Institucional	29
2.1.1 Antecedentes de la institución.....	29
2.1.2 Misión y visión.....	31
2.1.3 Estructura organizativa.....	33
2.1.4 Productos y servicios que ofrece	35

2.2 Teoría de Administración de Proyectos	36
2.2.1 Principios de la dirección de proyectos	39
2.2.2 Dominios de desempeño del proyecto.....	42
2.2.3 Enfoque de Desarrollo y Ciclo de Vida del Proyecto.....	45
2.2.4 Administración, dirección o gerencia de proyectos	51
2.2.5 Áreas de conocimiento y procesos de la administración de proyectos.	53
2.2.6 Estrategia empresarial, portafolios, programas, proyectos.....	58
2.3 Otra teoría propia del tema de interés	60
2.3.1 Situación actual del problema u oportunidad en estudio.....	60
2.3.2 Investigaciones que se han hecho sobre el tema en estudio	62
2.3.2.1 Metodologías que se han usado.....	65
2.3.2.2 Conclusiones y recomendaciones obtenidas preliminar.....	67
2.3.3 Otra teoría relacionada con el tema en estudio.....	68
2.3.3.1 Guía de Diseño de Instalaciones Eléctricas (IEC- 60364-1).....	68
2.3.3.2 Norma INTECO INTE W68:2019 Sistema de Refrigeración Amoniac. 70	
2.3.3.3 Certificación LEED.....	72
3. MARCO METODOLÓGICO	76
3.1 Fuentes de información.....	76
3.1.1 Fuentes primarias	76
3.1.2 Fuentes secundarias.....	77
3.2 Métodos de Investigación	80

3.2.1 Método analítico-sintético	81
3.2.2 Método inductivo	82
3.2.3 Método deductivo.....	83
3.3 Herramientas	86
3.4 Supuestos y restricciones	90
3.5 Entregables.....	93
4 DESARROLLO.....	96
4.1 Normas Nacionales e Internacionales aprobadas para el diseño eléctrico de un sistema de Refrigeración Industrial con Amoniacó	99
4.1.1 NFPA 70 o Código Eléctrico Nacional (NEC 2017).....	102
4.1.2 INTECO	103
4.1.3 Underwriters Laboratories (UL).....	104
4.1.4 NFPA 70E	105
4.1.5 NFPA 72.....	105
4.1.6 Instituto Internacional de Refrigeración por Amoniacó (IAR).....	106
4.1.7 Norma para el diseño seguro de sistemas de refrigeración por amoniacó de circuito cerrado IAR-2	107
4.1.8 Norma para la instalación de sistemas de refrigeración por amoniacó de circuito cerrado IAR- 4	107

4.1.9 Estándar para la Seguridad en Paneles de Control Industrial UL 508 A (Standard for Safety for Industrial Control Panels).....	107
4.1.10 Manual de Refrigeración de ASHRAE (ASHRAE Handbook Refrigeration). 108	
4.1.11 Resumen del objetivo: Normas Nacionales e Internacionales aprobadas para el diseño eléctrico de un sistema de Refrigeración Industrial con Amoniacó	108
4.2 Estudio de las normas del IAR (Instituto Internacional para la Refrigeración con Amoniacó) e INTECO en el control de un sistema de refrigeración industrial.....	110
4.2.1 Componentes de control para el sistema de Refrigeración con Amoniacó:.....	112
4.2.2 Requisitos de la Norma ANSI IAR II-2014 respecto a instrumentos y control.113	
4.2.3 Dispositivos de control requeridos	113
4.2.3.1 Sensores de amoniacó.....	114
4.2.3.2 Transductores de presión:.....	116
4.2.3.3 Sensores de Temperatura	117
4.2.3.4 Válvulas ecualizadoras.....	120
4.2.3.5 Sensores de nivel	122
4.2.3.6 Sensor para deshielo.....	123
4.2.4 Resumen del objetivo: Estudio de las normas del IAR (Instituto Internacional para la Refrigeración con Amoniacó) e INTECO en el control de un sistema de refrigeración industrial.	124

4.3 Lista de requerimientos detallados sobre los aspectos a considerar para el desarrollo del diseño eléctrico:	125
4.3.1 Identificación de las necesidades del sistema.....	135
4.3.2 Diseño preliminar: Diagrama unifilar eléctrico.....	135
4.3.3 Estudio y análisis de los flujos de carga.....	135
4.3.4 Estudio de cortocircuito.....	136
4.3.5 Estudio de coordinación de protecciones.	136
4.3.6 Estudio de arco eléctrico	136
4.3.7 Resumen del objetivo: Lista de requerimientos detallados	144
4.4 Definir las fases necesarias para estructurarlos de acuerdo con la guía PMBOK, para elaborar la gestión de metodología de diseño eléctrico y de control	145
4.4.1 Fase de concepción.....	147
4.4.2 Fase de Planeación	152
4.4.3 Estructura Detallada del Trabajo (EDT)	160
4.4.4 Fase de contrataciones o asignación del diseño	170
4.4.5 Fase de diseño:	171
4.4.6 Fase de ejecución:	175
4.4.6 Fase de puesta en marcha	179
4.4.7 Fase de Transferencia	182
4.4.8 Gestión del Conocimiento	184
4.4.9 Resumen del objetivo: Definir las fases para estructurarlos de acuerdo con la guía PMBOK, para elaborar la gestión de metodología de diseño eléctrico y de control	187

5	CONCLUSIONES.....	189
6	RECOMENDACIONES	191
7	VALIDACIÓN DEL TRABAJO EN EL CAMPO DEL DESARROLLO REGENERATIVO Y/O SOSTENIBLE.....	193
7.1	Relación del proyecto con los objetivos de Desarrollo Sostenible	194
7.2	Análisis del proyecto de acuerdo con el Estándar P5	201
7.3	Relación del proyecto con las dimensiones del Desarrollo Regenerativo	214
8	LISTA DE REFERENCIAS.....	218
9	ANEXOS.....	222
	Anexo 1: ACTA (CHÁRTER) DEL PFG.....	223
	Anexo 2: EDT del PFG	238
	Anexo 3: CRONOGRAMA del PFG	239
	Anexo 4: Investigación bibliográfica preliminar.....	240
	Anexo 5 Detalles eléctricos y de control.....	243

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama típico del ciclo de refrigeración	27
Figura 2: Diagrama termodinámico H-P; H por entalpia (nivel de energía) y P por presión.....	28
Figura 3: Diagrama de refrigeración en curva de Mollier.....	29
Figura 4: Estructura organizativa	33
Figura 5: Triángulo de hierro	38
Figura 6: Interrelación entre los componentes clave de los proyectos de la Guía PMBOK.....	46
Figura 7: Características de los ciclos de vida	50
Figura 8: Ciclo de vida para el PFG en desarrollo	51
Figura 9: Áreas de conocimientos y procesos vs los principios y dominios del desempeño.....	54
Figura 10 :Correspondencia entre grupos de Proceso y áreas de conocimiento	57
Figura 11: Ejemplo de Diagrama de control de amoniaco.....	115
Figura 12: Ejemplo de transductor de presión	117
Figura 13: Sensor de Temperatura	118
Figura 14: Válvula solenoide	120
Figura 15: Válvula ecualizadora de presión.....	121
Figura 16: Sensor de nivel.....	122
Figura 17: Sensor de deshielo	123
Figura 18: Componentes requeridos para instalación de un motor.....	143
Figura 19: Ciclo de vida del proyecto de Ingeniería, Arquitectura y Construcción	146
Figura 20: Costo de los cambios en el proyecto	147
Figura 21: Diagrama de Flujo del Proceso.....	155
Figura 22: Ejemplo de representación del cronograma del proyecto que se utiliza en RSF.....	159
Figura 23: Estructura de desglose del PFG desarrollado	161
Figura 24: Cronograma de trabajo	163

Figura 25: Diagrama de Gantt para el PFG.....	164
Figura 26: Componentes del presupuesto del Proyecto	165
Figura 27: Porcentajes de cobro por honorarios	166
Figura 28: Presupuesto estimado para el proyecto.....	167
Figura 29: Flujo de Caja.....	168
Figura 30: Proceso de gestión de cambios en el diseño	173
Figura 31: Gestionar el Conocimiento del Proyecto: Diagrama de Flujo de Datos.....	185
Figura 32: Ejemplo de plataforma para manejo y gestión de conocimiento.....	186

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Fuentes de información utilizadas	77
Tabla 2: Métodos de Investigación Utilizados.....	84
Tabla 3: Herramientas Utilizadas.....	88
Tabla 4: Supuestos y Restricciones.....	93
Tabla 5: Entregables.....	87
Tabla 6: Identificación y registro de partes interesadas para el PFG desarrollado	96
Tabla 7: Resumen de normativa nacional e internacional que se debe tomar en cuenta para el diseño eléctrico de un sistema de Refrigeración con Amoniaco.....	99
Tabla 8: Cuadro resumen de variables a considerar, dispositivos de control requeridos y parámetros de operación.	110
Tabla 9: Respuesta a niveles de alarma por concentración de amoniaco del sistema de emergencia.....	115
Tabla 10: Documentación de requisitos.....	126
Tabla 11: Formulario de requisitos en el cumplimiento de normas requeridas para el diseño.....	128
Tabla 12: Requisitos del diseño eléctrico.....	130
Tabla 13: Requisitos del diseño de control	133
Tabla 14: Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para canalizaciones y dispositivos	140
Tabla 15: Ampacidades de conductores con aislamiento	141
Tabla 16: Límites de distorsión de voltaje según la IEEE	142
Tabla 17: Resumen del NEC para cálculos eléctricos de diferentes partes del diseño ...	144

Tabla 18: Equipo de trabajo para la Gestión de Diseño Eléctrico y de Control de un Sistema de Refrigeración con Amoniaco	149
Tabla 19: Herramientas sugeridas para la toma de decisiones.....	156
Tabla 20: Descripción de Paquetes de Trabajo	162
Tabla 21: Elementos evaluados para la contratación de proveedores.....	171
Tabla 22: Formulario para solicitud y registro de cambios.....	174
Tabla 23: Formulario de entregables del proyecto.....	175
Tabla 24: Componentes de la fase ejecución del sistema eléctrico y de control del sistema de Refrigeración con Amoniaco	177
Tabla 25: Variables de medición para la puesta en marcha	181
Tabla 26: Formulario para entrega de documentos finales al cliente.....	183
Tabla 27: Análisis de impacto P5.....	203
Tabla 28: Relación del proyecto con las Dimensiones del Desarrollo Regenerativo	214

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES

ADE	Asociación de Electricistas
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
ANSI/IIAR	American National Standards Institute/ International Institute of All-Natural Refrigeration
AWG	American Wire Gauge
CAD	Computer Aided Design
CE	Comunidad Europea
CCM	Centro de Control de Motores
CFIA	Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos
EDT	Estructura Detallada del Trabajo
FRICK	Marca de refrigeración para equipos de amoniaco
GPM	Green Project Management
IEEE	Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
IQF	Individual Quick Freezing
IIAR	Instituto Internacional de Refrigeración por Amoniaco.
INA	Instituto Nacional de Aprendizaje
INTE	Instituto de Normas Técnicas
INTECO	Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica
LEED	Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental
NEC	Código Eléctrico Nacional
NEMA	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos
NFPA	Asociación Nacional de Protección contra el Fuego
NH3	Amoniaco
OCIO	Office of the Chief Information Officer
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PMBOK	Cuerpo de Conocimiento de la Gestión de Proyecto
PFG	Proyecto Final de Graduación
PLC	Controlador Lógico Programable
PMI	Instituto de Administración de Proyectos
RSF	Refrigeración y Soluciones de Frío
RTD	Detector de Temperatura Resistivo
SCC.	Standards Council of Canada
SI	Sistema Internacional de Medidas
TEC	Tecnológico de Costa Rica
UCI	Universidad para la Cooperación Internacional
UL	Underwriters Laboratories
USGBC	U.S. Green Building Council
GIPIAC	Guía para la Gestión Integrada de Proyectos Ingeniería, Arquitectura y Construcción

RESUMEN EJECUTIVO

La compañía Refrigeración y Soluciones de Frío (RSF) se enfoca en brindar soluciones integrales para las necesidades frigoríficas del sector industrial y comercial, ofreciendo amplia variedad de soluciones con las cuales logra suplir las necesidades solicitadas por los clientes, manteniendo una armonía entre una satisfactoria solución, la eficiencia energética y el impacto ambiental.

Actualmente la empresa no cuenta con una metodología para la gestión de diseño eléctrico y de control de proyectos de Refrigeración Industrial ocasionando que se tengan retrabajos, costos adicionales y demoras durante la ejecución de los trabajos.

El proyecto final de graduación tuvo como objetivo general desarrollar una metodología para gestionar el diseño eléctrico y de control cumpliendo con los requerimientos nacionales para el correcto funcionamiento de seguridad y operación de un sistema de refrigeración industrial con amoniaco. Como objetivos específicos se plantearon:

1. Realizar un estudio de las normas nacionales e internacionales aprobadas para el cumplimiento con el diseño eléctrico de un proyecto de refrigeración industrial, con el fin de cumplir con los reglamentos vigentes y normativas aprobadas por los entes del gobierno de Costa Rica.
2. Llevar a cabo un estudio de las normas del IIAR (Instituto Internacional para la Refrigeración con Amoniaco) e INTECO en el Sistema de control.
3. Desarrollar una lista de requerimientos detallados sobre los aspectos a considerar para el diseño eléctrico correcto de un sistema de refrigeración industrial para incluirlos en todos los cálculos y detalles necesarios con el fin de garantizar un correcto diseño.
4. Definir los procesos necesarios para estructurarlos de acuerdo con la guía PMBOK, para elaborar la metodología de gestión del diseño eléctrico y de control.

Para este proyecto se utilizó una metodología con enfoque cualitativo que incluyó la revisión de información documental, datos narrativos, así como resultados de otros autores. Fue una investigación exploratoria en la cual se llevó a cabo el análisis de la información a través de fuentes primarias y principalmente secundarias.

Respecto a el estudio de las normas nacionales e internacionales utilizadas para el diseño eléctrico y de control de un sistema de refrigeración industrial con amoniaco, se logró recopilar por medio de gráficas y tablas, las disposiciones a seguir, así como los diferentes factores, variables y temas críticos que se deben tomar en cuenta a la hora.

De acuerdo con el análisis de las normas IIAR (Instituto Internacional para la Refrigeración con amoniaco) e INTECO, se documentaron los diferentes dispositivos de control que intervienen en un sistema de refrigeración industrial, así como los parámetros que se deben utilizar durante la realización del diseño.

Como resultados de la consulta realizada a expertos, fabricantes de equipos y revisión de la documentación técnica actualizada se elaboraron tablas de requerimientos para los cálculos,

diseño eléctrico y de control, asociados a las normas nacionales e internacionales que se documentaron en tablas para su mejor comprensión y seguimiento durante el desarrollo de un proyecto.

Como parte de la elaboración de la metodología de gestión de diseño eléctrico y de control de un sistema de refrigeración industrial con amoníaco que comprende desde la concepción del diseño hasta la recepción de la obra, se abarcan diferentes aspectos tales como el desarrollo del diseño, presupuesto, cronograma, el flujo de caja, entre otros, que son aspectos fundamentales para garantizar el manejo adecuado de un proyecto.

En términos generales, la fase del diseño es de suma importancia para evitar afectar los costos finales del proyecto por el tema de órdenes de cambio o retrabajos. Su correcto desarrollo garantiza contar con todos los elementos necesarios que se requieren a nivel de costo y calidad del trabajo efectuado.

Como conclusión principal se logró elaborar la metodología de diseño, para la gestión de los proyectos de refrigeración industrial con amoníaco, mediante la utilización de normas vigentes y aprobadas en Costa Rica, plasmando por medio del diseño eléctrico y de control los diferentes aspectos de carácter técnico que se deben considerar para obtener un sistema seguro, amigable con el ambiente y rentable para los clientes.

De manera adicional se logró obtener información acerca de las normas que tienen más impacto en el desarrollo del diseño eléctrico y de control, así como también los factores más críticos que forman parte del sistema. De manera similar los parámetros críticos fueron documentados en tablas para brindar un detalle más específico sobre lo que se debe considerar durante la fase del diseño.

Para el objetivo acerca de las fases necesarias, para elaborar la gestión de metodología de diseño eléctrico y de control se utilizó como referencia principal la guía del PMBOK con la cual se logró ver los diferentes elementos que forman parte del desarrollo del proyecto desde la concepción del trabajo a realizar y analizando las demás partes como la planeación, contratación, diseño, construcción, puesta en marcha y transferencia de los documentos finales hacia el cliente. Se utilizaron diferentes herramientas como diagramas de flujo, tablas y figuras para poder mostrar cada una de las partes que se debían utilizar en el proceso de gestión.

Se recomienda la aplicación de la metodología de diseño para los proyectos que se vayan a desarrollar durante la gestión de los mismos en la empresa en estudio; ya que en la metodología desarrollada se consideran las variables que deben tomar en cuenta durante una fase tan importante como es la de diseño en la dirección de proyectos.

El uso de las tablas y formularios que se desarrollaron durante la investigación del PFG se deberá emplear durante la gestión de cada proyecto para lograr un mejor manejo de la información y un adecuado procedimiento de trabajo.

Así mismo, se debe considerar la buena práctica de la actualización periódica de la documentación recopilada debido al desarrollo constante de nueva tecnología, componentes por parte de los fabricantes y la actualización de normativas nacionales e internacionales, caso de que se deba utilizar tecnología o elementos no especificados en la presente metodología, se recomienda consultar la guía de especificaciones del fabricante para cada componente a utilizar.

1 Introducción

Los sistemas de refrigeración son elementos esenciales en muchas áreas de las industrias existentes desde hace varias décadas, y 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.

Para lograr mantener el uso del amoníaco como refrigerante y aprovechar sus cualidades, los sistemas deben ser diseñados contemplando la seguridad del personal, la protección del medio ambiente y la capacidad de satisfacer una necesidad determinada de frío para un producto o proceso. 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 IIR II-2014 ofrece recomendaciones que colaboran en el diseño para obtener una mayor seguridad en los sistemas y para las personas a partir de las recomendaciones dadas para las diferentes variables que se deben controlar.

El siguiente Proyecto Final de Graduación tiene como fin establecer una Metodología de Diseño Eléctrico y de Control para un Sistema de Refrigeración con Amoníaco aplicando las normas aprobadas y vigentes en el país tales como IIR II- 2014 y NEC 2017.

1.1 Antecedentes

Refrigeración y Soluciones de Frío abreviado como RSF es una compañía fundada en el 2007 y localizada en Rio Segundo de Alajuela, en la Bodega número 13 del Condominio Comercial Terrum desde 2008.

En sus inicios RSF estaba conformada solamente por dos personas; juntos realizaban todo el trabajo administrativo y técnico. Su enfoque inicial fue de venta de equipos y proyectos. La primera decisión importante fue trasladarse a la meseta central y ya para inicios del 2008 abrió en Alajuela su primera oficina en el Valle Central, paso trascendental para sus futuras operaciones. Progresivamente fue creciendo en sus áreas de especialización, abrió un departamento de ingeniería, venta de partes, repuestos y servicio técnico; logró alianzas estratégicas con proveedores muy importantes en el mundo de la refrigeración como Johnson Control Internacional. El paso del tiempo, el esfuerzo y conocimiento llevaron la empresa a convertirse en el distribuidor número uno en Latinoamérica de equipos FRICK. Hoy, después de muchos proyectos desarrollados, cientos de equipos vendidos en muchos países, el equipo ha crecido a más de 30 personas entre personal técnico, administrativo y muchos empleados indirectos en la ejecución y desarrollo de proyectos.

La compañía se enfoca en brindar soluciones integrales para las implicaciones frigoríficas del sector industrial y comercial, ofreciendo amplia variedad de soluciones con las cuales suplir las necesidades solicitadas por los clientes, manteniendo una armonía entre una satisfactoria solución, la eficiencia energética y el impacto ambiental. La experiencia de la empresa involucra ingeniería de proyectos bajo el 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 Amoniaco (IIR) como empresa de diseño, ingeniería y construcción de sistemas de refrigeración industrial.

La empresa año con año expande su rango de acción para brindar soluciones a la industria pesquera, la industria cárnica, agroindustria, industria alimentaria, construcción, educación y la industria médica. Entre los entregables de la empresa se encuentra el diseño eléctrico y de control de los sistemas de refrigeración y sobre el cual se basa el desarrollo del presente proyecto.

1.2 Problemática

El negocio de la empresa Refrigeración y Soluciones de Frio (RSF) es la gestión y desarrollo de proyectos de sistemas de refrigeración industrial bajo el concepto “llave en mano”. Durante los 16 años de estar participando activamente en el mercado de la refrigeración industrial, la empresa ha llevado un control basado en las decisiones y capacidades de los encargados asignados a cada proyecto en las áreas, tanto de diseño como en el área de ejecución; situación que si bien ha permitido que la empresa se mantenga dentro de este mercado de manera exitosa y siga creciendo aunque ha generado inconvenientes y retrabajos principalmente en las etapas de instalación de los sistemas.

Durante una entrevistas con los Ingenieros encargados de proyectos se menciona que han surgido problemas durante la instalación y montaje de sistemas de refrigeración, como mal dimensionamiento de capacidades, faltante de dispositivos de control, incorrecto diseño de algunos equipos auxiliares y de componentes para el montaje de equipo mecánico y eléctrico, incorrecta instalación de equipos eléctricos, así como problemáticas relacionadas con la instalación de los sistemas de control, y detalles de diseño de los centros de control de motores; situaciones que generan pérdidas y atrasos en los proyectos que afectan las finanzas e imagen de la empresa. Aquí se evidencia un problema en la gestión de proyectos, por una falta de documentación técnica y metodología de

diseño estandarizado para el correcto montaje e instalación de los diferentes equipos que componen los sistemas de frío.

Por lo tanto, una normalización de esta documentación es el mejor camino para asegurar el cumplimiento de los requisitos de calidad, seguridad y de la normativa nacional respectiva y de asegurar el control de la ejecución de los proyectos y asegurar una autosuficiencia en la resolución de problemas.

Aplicando a la empresa la frase de Albert Einstein (1879-1955): “Si siempre hacemos las mismas cosas, los resultados siempre serán los mismos” y en conformidad con la misión y visión de la empresa, se podría mencionar que, si no se establecen procedimientos de mejora continua, el crecimiento de la empresa dentro de la región se podría ver disminuido.

1.3 Justificación del proyecto

El incremento que se tiene cada vez más en la complejidad de los proyectos (mejoras en procesos, disminución en tiempos de entrega, nuevas tecnologías, ahorro de energía, protección al ambiente, seguridad humana), la competitividad del mercado y la situación de la economía mundial obligan a las compañías a explorar formas de mejorar sus procesos y maximizar sus recursos, para así ser más eficientes y competitivos en sus procesos.

Mediante la mejora en las plantas de producción se ha logrado que varias industrias hayan conseguido incrementos en la productividad del orden del 5 al 10 por ciento en determinadas áreas, debido a mejoras en los procesos, por disminución de defectos o por ambos.

En el caso de la empresa RSF, para el área de proyectos e ingeniería, se hace necesario abordar ambos aspectos indicados anteriormente, mejorar procesos y disminuir defectos en los procedimientos de diseño eléctrico y de control para lograr una correcta instalación de los sistemas.

Un proceso de estandarización basado en normativa, tal como el Código Eléctrico Nacional (NEC, 2014), la INTE W68:2019 Instalación de sistemas de refrigeración por amoníaco de circuito cerrado, el ASHRAE Manual de Refrigeración (Handbook-Refrigeration) y en catálogos y manuales de fabricantes, aplicables al diseño e instalación de equipo electromecánico auxiliar para la instalación de sistemas de refrigeración en el ámbito tanto eléctrico como control, representa la oportunidad para solventar los problemas e inconvenientes que se generan en los procesos de ejecución de los proyectos en estos dos apartados; en los cuales en muchas ocasiones debido a la falta de una documentación normalizada que los rijan, se cometen errores que afectan tanto los plazos de entrega de los proyectos como las utilidades que estos generan.

Además de solventar los problemas anteriormente mencionados, una metodología de diseño de diseño eléctrico y de control para la instalación de estos equipos asegura beneficios como:

- Mínima variación en los procesos.
- Disminuir tiempos de diseño e instalación.
- Asegura una base para el mantenimiento y mejora continua.
- Seguridad humana y un menor impacto ambiental.

Finalmente, la estandarización de estos métodos impactará, no solo de manera interna a la empresa, sino que también de manera externa, ya que al verse mejorado el producto final, es decir, los diseños de los sistemas de refrigeración; de manera externa se va a mejorar la imagen de la empresa.

1.4 Objetivo general

Desarrollar una metodología para gestionar el diseño eléctrico y de control cumpliendo con los requerimientos nacionales para el correcto funcionamiento de seguridad y operación de un sistema de

refrigeración industrial con amoníaco con el fin de brindar los pasos necesarios para obtener una instalación segura y debidamente automatizada de acuerdo a las necesidades de los clientes.

1.5 Objetivos específicos

1. Realizar un estudio de las normas nacionales e internacionales aprobadas para el cumplimiento con el diseño eléctrico de un proyecto de refrigeración industrial, con el fin de cumplir con los reglamentos vigentes y normativas aprobadas por los entes del gobierno en nuestro país.
2. Realizar un estudio de las normas del IIAR (Instituto Internacional para la Refrigeración con Amoníaco) e INTECO en el control de un sistema de refrigeración industrial, para poder comprender y documentar los parámetros de control que se necesitan para operar de manera satisfactoria una planta de refrigeración.
3. Desarrollar una lista de requerimientos detallados sobre los aspectos a considerar para el diseño eléctrico correcto de un sistema de refrigeración industrial para incluirlos en todos los cálculos y detalles necesarios con el fin de garantizar un correcto diseño y lista de necesidades.
4. Definir los procesos necesarios para estructurarlos de acuerdo con la guía PMBOK, para elaborar la metodología de diseño eléctrico y de control.

2 Marco teórico

En este capítulo se muestra un conjunto de investigaciones, teorías y conceptos en que se basa el PFG, contiene el marco institucional, antecedentes, las bases teóricas y los conceptos que son necesarios para su desarrollo.

Para llevar a cabo este trabajo se identifica los elementos teóricos que fundamentan el problema, se identifica las relaciones entre las variables y se profundiza en conceptos para la elaboración de los entregables.

Un elemento de este capítulo es el detalle de la empresa (RSF) donde se va a implementar el PFG, para ello se hace referencia a información relevante de la misma. A continuación, se presenta los temas que giran en torno a la realización de este proyecto y de los que el estudio e investigación sientan las bases teóricas necesarias para la realización del proyecto.

La refrigeración con amoníaco es una tecnología ampliamente utilizada en la industria para el enfriamiento de espacios y la conservación de productos perecederos.

El amoníaco (NH_3) se lleva utilizando como refrigerante en instalaciones frigoríficas industriales desde principios del siglo XX. Este refrigerante tiene muy buenos rendimientos energéticos y además no es dañino para la capa de ozono, ya que su composición se mantiene muy poco tiempo en la atmosfera, por lo que lo podríamos catalogar como un gas biodegradable. Asimismo, el coste del amoníaco es muy inferior a cualquiera de los gases sintéticos que hay en el mercado

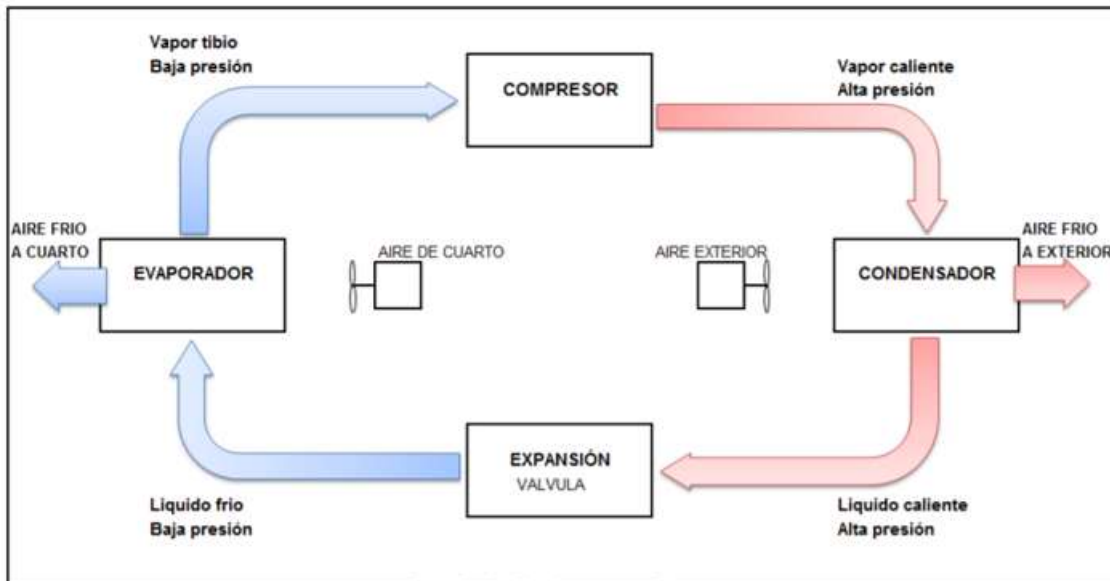
Uno de los conceptos básicos de la refrigeración con amoníaco es el ciclo de refrigeración. En un sistema típico de refrigeración con amoníaco, el amoníaco se evapora en un evaporador, absorbiendo calor del entorno y enfriando el espacio o los productos que se desean refrigerar. Luego, el amoníaco en estado gaseoso se comprime en un compresor, aumentando su presión y temperatura. A continuación, el amoníaco se condensa en un condensador, liberando calor al ambiente circundante.

Finalmente, el amoníaco líquido se expande a través de una válvula de expansión, volviendo al evaporador y reiniciando el ciclo.

En resumen, funcionamiento básico de la instalación de refrigeración con amoníaco se basa en un ciclo cerrado de evaporación, compresión, condensación y expansión. El punto de ebullición del amoníaco es a -33°C a una presión de 1,09bar.

Figura 1.

Diagrama típico del ciclo de refrigeración



Fuente: Frick. Presentación en Sorocaba (2020).

El ciclo de refrigeración básico tiene cuatro componentes principales:

- **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.
- **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

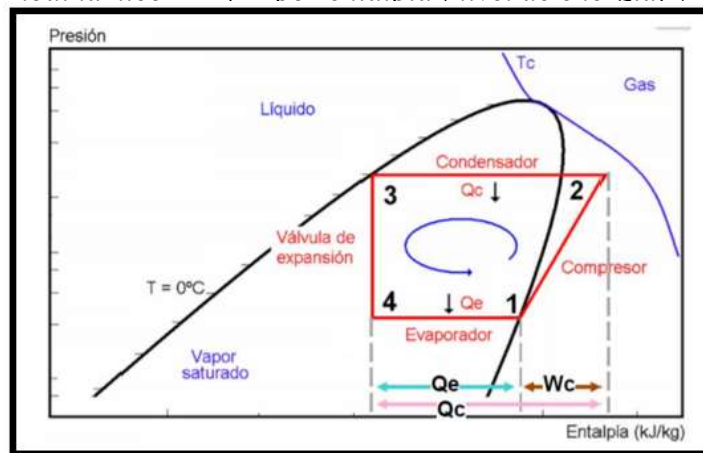
hasta convertir toda la masa refrigerante en líquido.

- **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.
- **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.

Los cuatro componentes básicos se muestran en las siguientes figuras y como interactúan.

Figura 2.

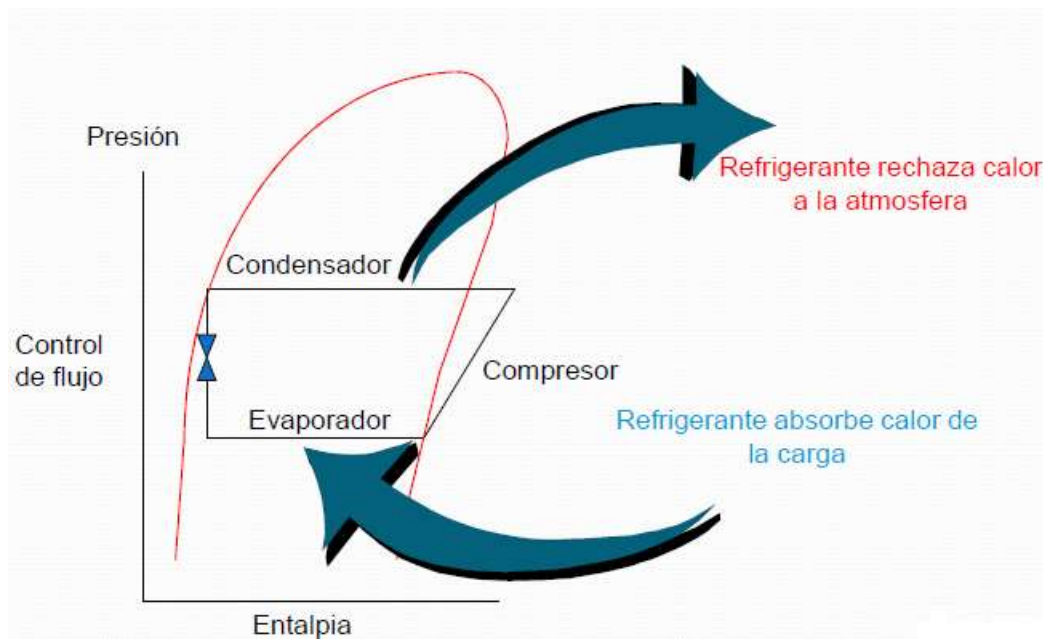
Diagrama termodinámico H-P: H por entalpia (nivel de energía) y P por presión



Fuente: <https://ocw.unican.es/course/view.php?id=180§ion=4>

Figura 3.

Diagrama de refrigeración en curva de Mollier



Fuente: Presentación de Johnson Control (2020). Compresores.

2.1 Marco Institucional

Al llevar a cabo este proyecto, su objetivo es ordenar, administrar y obtener el mayor provecho al planteamiento de un trabajo, implementado una Metodología de Gestión de Proyectos para el Diseño Eléctrico y de control de un Sistema de Refrigeración Industrial con Amoniacio en la oficina de proyectos de RSF, en la que se busca un documento, que muestre todos los pasos a seguir en el área mencionada. Además, se evidencia la necesidad de darle un tratamiento más establecido a cada proyecto para que, de esta forma, todos se puedan culminar; ya sea como aprendizaje del proceso en el desarrollo o como un producto terminado, cumpliendo con las expectativas y requerimientos de los clientes.

2.1.1 Antecedentes de la institución

Refrigeración y Soluciones de Frío de Costa Rica abreviado como RSF 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.

La compañía se enfoca en brindar soluciones integrales para las implicaciones frigoríficas del sector industrial y comercial, brindando amplia variedad de alternativas con las cuales suplir las necesidades planteadas por los clientes, manteniendo una armonía entre una satisfactoria solución, la eficiencia energética y el impacto ambiental. La experiencia de la empresa involucra ingeniería de proyectos bajo el 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 Amoniac (IIR) como empresa de diseño, ingeniería y construcción de sistemas de refrigeración industrial.

La empresa cada vez más 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 industrial como un proceso de mejora continua, RSF 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.

RSF dirige su producción a la venta de servicios de refrigeración industrial. Una de áreas y estrategias es ofrecer, además del servicio e instalación mecánica, la asistencia completa con planos y diseños en la parte eléctrica y control de los equipos instalados, 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, ofreciendo una solución de refrigeración apta para utilizar en la industria.

2.1.2 Misión y visión

La empresa RSF nace como una alternativa en el país para poder brindar servicios de diseño, elaboración de proyectos, mantenimiento y capacitación en el sector Industrial específicamente en el área de Refrigeración Industrial con Amoniaco debido a que en el país se cuenta con muy pocas alternativas para obtener estos servicios, por temas de poca formación y acceso a documentación aprobada.

La misión de la empresa es “Ser un grupo empresarial que trabaja con estándares mundiales de calidad para crear soluciones integrales de excelencia e innovación en Refrigeración Industrial, para todos nuestros clientes; con responsabilidad social y sostenibilidad ambiental. Fuente: Catálogo de Presentación de Servicios y Productos de la empresa RSF (2020)

La visión es: “Ser la primera opción en soluciones de Refrigeración Industrial y Comercial en Costa Rica y la región” (RSF, 2020)

En la misión y visión anterior se resumen la razón de ser de RSF, basado en la tecnología (equipos de primera calidad) y en la calidad y credibilidad que se mantiene en el personal a cargo de las diferentes áreas de la empresa. La Compañía da muchísimo valor a temas como la sostenibilidad ambiental por medio de diseños y sistemas de control que buscan optimizar los recursos con los cuales se cuenta cumpliendo con los requerimientos de cada cliente según sus necesidades.

Adicional a lo anterior se cita el potencial con el que cuenta la compañía para lograr atender más allá del mercado local en Costa Rica y brindar nuestros servicios en muchos otros países de la región. Cuando se habla de cumplir con estándares mundiales la empresa busca tener respaldo de la normativa vigente en el país y el mundo para la correcta realización tanto del diseño mecánico como el diseño eléctrico y de control de un sistema de Refrigeración Industrial con amoniaco.

Otro tema muy importante que se menciona para RSF como parte de su misión es la responsabilidad social. La compañía invierte recursos tanto en temas de ayuda social como en la formación de nuevos profesionales a los cuales se les invita a ser parte de la compañía para que puedan involucrarse en los proyectos que se van desarrollando, logrando así la formación de nuevos talentos al compartir conocimientos y experiencias con cada uno de ellos tanto en temas de sistemas mecánicos como eléctricos y de control.

En el desarrollo de cada uno de los diseños eléctricos y de control se tiene como fin incentivar y sacar lo de mejor de cada uno las personas que participan en su elaboración. Es por ello, que con la ayuda de la Metodología para el diseño eléctrico y de control de un sistema de refrigeración industrial con amoniaco se pretende que cada vez que ingresa un proyecto este sea tratado de la forma más eficiente, haciéndolo de manera estándar y organizada para así garantizar que se cumplan con los objetivos de cada uno de los proyectos con los recursos aprovechables y en los períodos de tiempo acordados.

Por lo tanto, la propuesta del presente proyecto busca poder implementar una metodología de diseño eléctrico y de control durante la Gestión de Proyectos en la oficina de diseño de la empresa Refrigeración y Soluciones de Frío (RSF) garantizando más uniformidad y agilidad a la hora de definir todos las variables que se deben considerar por parte del encargado del diseño y dirección del proyecto, lo cual nos va a permitir garantizar sino el éxito de todos los proyectos , la capacidad de brindar un

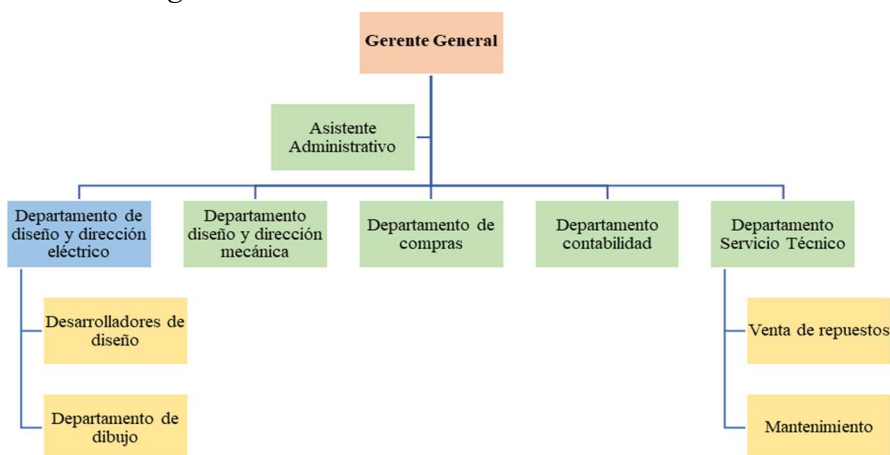
producto que fue conducido y resuelto de manera óptima cumpliendo con todos los estándares internacionales y normativa vigente en la región para el diseño de cada trabajo según la necesidades que se vayan presentando para cada cliente durante la fase de planeamiento (diseño) del proyecto.

2.1.3 Estructura organizativa

El organigrama de RSF, como se muestra en la figura 4 fue establecido para sus oficinas en Costa Rica desde el año 2018. La historia de la empresa que data del 2008 siempre se ha destacado como una compañía de diseño e instalación de Sistema de Refrigeración Industrial en sus inicios básicamente a nivel mecánico, es a partir del año 2018 en donde se decide crear una oficina de diseño eléctrico y control como una parte esencial para poder integrar todos los sistemas que requieren durante la fases de planeación y ejecución de los proyectos, y de ahí la necesidad de crear una Metodología de Diseño Eléctrico y Control que permita considerar todas variables necesarias para el adecuado funcionamiento de los proyectos y servicios que se brindan a los clientes de la región. En la siguiente figura se muestra por medio de un organigrama como está compuesta la compañía en sus diferentes niveles de operación.

Figura 4.

Estructura organizativa



Fuente: elaboración propia

La estructura organizacional de la empresa está compuesta por un Gerente General y propietario de la compañía el cual funge como responsable principal de las ventas de proyectos y colector de los requerimientos de los clientes, así como responsable de brindar una propuesta o posible solución ante la propuesta recibida y analizada. La asistente administrativa funge como responsable de toda la información que recibe por parte del Gerente General y la distribuye entre los demás Departamentos para posteriormente darle seguimiento a los acuerdos establecidos de diseño, ejecución, avance y cobro.

En las áreas de los Departamentos de Diseño Mecánico y Eléctrico se toma los requerimientos del cliente y se realizan los borradores de diseño para cada especialidad además de ser responsables de la supervisión y coordinación de los proyectos en el sitio.

El Departamento de Dibujo en CAD, Solid Works y Revit se encargan de montar los planos de acuerdo a la información recibida por parte de los diseñadores del área Ingeniería Eléctrica y Mecánica de la compañía.

En el Departamento de Compras se lleva a cabo la gestión de cotizar y coordinar las compras de los productos locales e internacionales que se requieren para el proyecto. De igual manera se encarga de toda la logística de transporte terrestre, aéreo o marítimos de los equipos hasta donde se ubican los proyectos. El Departamento Eléctrico donde se desarrolló el PFG, tiene una relación constante con esta área para poder revisar las especificaciones de cada producto y dar el visto bueno antes de su compra según los requerimientos de cada cliente

El Departamento Contable es responsable de velar por el pago a proveedores, control de gastos de los proyectos y cálculos de utilidad para cada uno de ellos. Con relación al Departamento Eléctrico se encarga de programar los pagos a proveedores según el avance que se apruebe durante cada revisión de producto y proveedor.

Como paso final el Departamento de Servicio Técnico se encargan de realizar el arranque de los equipos y velar por su correcta operación, además de ofrecer la venta de servicios de mantenimiento y repuestos para los equipos que se distribuyen en RSF. El Departamento Eléctrico coordina con esta área las pruebas que se deben ejecutar a los equipos durante la fase de control y seguimiento de cada proyecto.

2.1.4 Productos y servicios que ofrece

RSF es una empresa que brinda diferentes tipos de productos según las necesidades de los clientes en el segmento de mercado en el que laboramos. A nivel de equipos se brinda las siguientes alternativas:

- Evaporadores: Son equipos para la refrigeración y congelado de salas de proceso en diferentes tipos de industria cárnica, frutas y vegetales.
- Compresores de tornillo: Un compresor de amoníaco es un sistema mecánico que crea refrigeración al eliminar el calor de objetos o zonas. Los sistemas de compresión refrigeran cambiando un refrigerante (como el amoníaco) de un estado líquido a un estado gaseoso y nuevamente a líquido.
- Condensadores que permite la transformación de gas amoniaco a líquido según la cantidad que sea requerida diseñados según las necesidades de proceso
- Válvulas de diferente tipo tales como de presión, solenoides, bola, desfogue, expansión electrónica según la necesidad que se tenga en el diseño sirve para regular el paso de líquidos o gas a los sistemas de amoniaco.
- Tanques de almacenamiento para el amoniaco que se utiliza en las diferentes etapas de producción.

- Sistemas de recirculado para el control y manejo del amoniaco de los sistemas. Son tanques que operan con bombas centrifugas y sistemas precisos de control, se usan en sistemas de refrigeración con amoniaco de dos etapas o una etapa economizada para bajas temperaturas, ampliamente empleadas en sistemas de congelación, IQF, cámaras frías.
- Chiller. Es una máquina que cuenta con un intercambiador, usando agua que circula por medio de ella para transmitir la temperatura y refrigerar o calentar los espacios y maquinarias que se necesitan
- Paneles y equipos eléctricos para la instalación y control de los sistemas de refrigeración.

A nivel de servicios de brindan las siguientes soluciones para los proyectos.

- Desarrollo de proyectos: Se llevan a cabo proyectos al 100% o lo que se llama llave en mano, listos para iniciar con los procesos productivos en los diferentes sectores que se atienden.
- Diseño: Se lleva a cabo el cálculo y elaboración de planos tanto a nivel mecánico como el diseño eléctrico y de control de los sistemas
- Servicio Técnico: Para la puesta en marcha y mantenimiento de los proyectos que logramos desarrollar.
- Capacitación: Para la formación de técnicos de las diferentes empresas en las cuales se encargan de operar y mantener los equipos que se instalan, de igual manera se brinda capacitación a Universidades y Centros de Formación Técnica tales como el INA, TEC etc.

2.2 Teoría de Administración de Proyectos

La administración de proyectos consiste en la aplicación de conocimientos, habilidades y técnicas a las actividades de un proyecto, para cumplir con las expectativas (condiciones que se deben

de cumplir formalmente impuestas por medio de un contrato) y objetivos. De tal manera que se cumpla con cronograma de trabajo, un presupuesto y los requisitos de calidad establecidos.

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único esto de acuerdo a la definición que se establece en la guía del PMBOK (Project Management Institute, 2017). Los proyectos se realizan para cumplir objetivos mediante la ejecución de entregables.

La Dirección de Proyectos es una disciplina que pretende enseñar cómo dirigir un proyecto con éxito, cumpliendo sus objetivos y requisitos, en el plazo, coste y con la calidad establecidos, y satisfaciendo las necesidades del cliente o usuario del proyecto y del resto de involucrados identificados.

Una definición formal de Dirección de Proyectos podemos obtenerla del Project Management Institute (PMI, 2017): “la aplicación del conocimiento, capacidades, herramientas y técnicas relacionadas con proyectos que hacen cumplir sus expectativas”. Los términos de dirección de proyectos, administración de proyectos y gestión de proyectos son traducciones válidas del Project Management. Para efectos del PFG desarrollado dichas traducciones se consideran sinónimos.

Un objetivo se define como una meta hacia la cual se debe dirigir el trabajo, una posición estratégica que se quiere lograr, un fin que se desea alcanzar, un resultado a obtener, un producto a producir o un servicio a prestar. Un entregable se define como cualquier producto, resultado o capacidad única y verificable para ejecutar un servicio que se produce para completar un proceso, una fase o un proyecto.

Basado en el concepto que define la Guía del PMBOK (PMI, 2017), un proyecto es la constitución de un objetivo con un principio y un fin en donde intervienen: interesados, recursos y tiempo para lograr cumplir alguna necesidad que se haya establecido.

Para todo proyecto se va tener tres variables las cuales interactúan entre sí y que integran el llamado “triángulo de hierro”:

- El alcance: Requerimientos o tareas del proyecto
- Tiempo: Estimación de cuánto durará el proyecto
- Costo: Recursos económicos y humanos del proyecto

Para lograr la calidad del proyecto deseada cualquier modificación en una de las tres variables implica la modificación de alguna(s) de las otras dos.

Figura 5.
Triángulo de hierro de la gestión de proyectos.



Fuente: Triángulo de hierro. <https://asana.com/es/resources/project-management-triangle>

De acuerdo con la Guía del PMBOK (PMI, 2017), el ciclo de vida de un proyecto es la serie de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión. Proporciona el marco de referencia básico para dirigir el proyecto. Este marco de referencia básico se aplica independientemente del trabajo específico del proyecto involucrado. El ciclo de vida para el PFG desarrollado se muestra en la figura # 5, donde se indican las diferentes fases que lo componen.

En los siguientes apartados se va a revisar y explicar una serie de fundamentos teóricos para la Dirección de Proyectos y como se relacionan con el trabajo a ejecutar.

2.2.1 Principios de la dirección de proyectos

Los principios determinan el qué y el porqué de la Dirección de Proyectos, brindando una guía para el comportamiento de aquellos quiénes participan en la entrega de proyectos para lograr mejores resultados. Como indica el estándar del PMBOK (PMI,2017) los principios de la dirección de proyectos no son de naturaleza prescriptiva. Están concebidos para guiar el comportamiento de las personas involucradas en los proyectos. Son de base amplia, por lo que hay muchas maneras en que las personas y las organizaciones pueden mantener la alineación con los principios.

Los principios se enumeran en el PFG sin ponderación u orden específico como lo indica el estándar del PMBOOK (PMI,2017).

- Administración:

Los administradores actúan de manera responsable para llevar a cabo las actividades con integridad, cuidado y confiabilidad, mientras mantienen el cumplimiento de las pautas internas y externas. Demuestran un amplio compromiso con los impactos financieros, sociales y ambientales de los proyectos a los que prestan soporte.

- Equipo:

Contar con equipo de trabajo que entiende la información que se requiere y participa activamente y en colaboración con los demás en cumplir los objetivos de cada trabajo. Los equipos están conformados por personas que poseen diferentes habilidades, conocimiento y experiencia. Los equipos de proyecto que trabajan en colaboración pueden lograr un objetivo compartido de manera más efectiva y eficiente que las personas que trabajan por su cuenta.

- Interesados:

Hacerlos partícipes del proyecto desde un inicio para poder obtener toda la información

que se requiere para lograr planificar el proyecto. Involucrar a los interesados de manera proactiva y en la medida necesaria para contribuir al éxito del proyecto y la satisfacción del cliente.

- Valor:

Examinar y ajustar continuamente la alineación del proyecto con los objetivos del negocio y con los beneficios y el valor previsto. El valor es el indicador que nos define el éxito del proyecto. Se debe estar evaluando de manera constante y ajustando los cambios que sean necesarios para lograr el máximo que sea posible para el beneficio del trabajo que se ejecuta.

- Pensamiento sistemático:

Se debe evaluar todos los componentes que forman parte del proyecto. Reconocer, evaluar y responder a las circunstancias dinámicas dentro y alrededor del proyecto de una manera holística con el fin de afectar positivamente el desempeño del mismo.

- Liderazgo:

Motivar, influir y acompañar a todos los miembros del equipo de trabajo, ser uno más en el grupo y fomentar la capacitación y aprendizaje de todos los integrantes servirá para conseguir los mejores resultados. Demostrar y adaptar comportamientos de liderazgo para apoyar las necesidades individuales y de equipo.

- Adaptación:

Diseñar el enfoque de desarrollo del proyecto basado en el contexto del proyecto, sus objetivos, los interesados, la gobernanza y el entorno utilizando un proceso de “apenas suficiente” para lograr el resultado deseado mientras se maximiza el valor, se gestiona el costo y mejora la velocidad.

- Calidad:

Brindar siempre la mejor calidad y alternativa de producto de acuerdo a las necesidades

de cada proyecto de tal manera que cumpla con lo que se requiere asegurándola desde el inicio y hasta final para conseguir el resultado deseado.

Mantener un enfoque en la calidad que produzca entregables que cumplan con los objetivos del Proyecto y se alineen con las necesidades, usos y requisitos de aceptación establecidos por los interesados relevantes.

- Complejidad:

Los proyectos no son sencillos, son procesos complejos y que pueden variar con el tiempo. Evaluar y navegar continuamente por la complejidad del proyecto para que los enfoques y planes permitan al equipo de proyecto navegar con éxito por el ciclo de vida del mismo.

- Riesgo:

Cualquier trabajo o actividad dentro del desarrollo de un proyecto tiene un riesgo. Evaluar continuamente la exposición al riesgo, tanto de oportunidades como de amenazas, con el fin de maximizar los impactos positivos y reducir los impactos negativos para el proyecto y sus resultados.

- Adaptabilidad y capacidad de recuperación:

Diseñar el proyecto según las circunstancias con las que se cuenta, entendiendo que cada uno que se lleve a cabo será diferente. Construir adaptabilidad y resiliencia en los enfoques de la organización y del equipo de proyecto para ayudar al mismo a acomodar el cambio, recuperarse de los reveses y avanzar en el trabajo del proyecto.

- Cambio:

Es importante acoplarse a los cambios, llevando a cabo una transición del presente hacia

las nuevas oportunidades, por medio de un proceso de evolución. Preparar a los afectados para la adopción y el mantenimiento de comportamientos y procesos nuevos y diferentes, requeridos para la transición del estado actual al estado futuro previsto creado por los resultados del proyecto.

Todos estos principios de la guía del PMBOK son utilizados como parte de lo que se requiere para el desarrollo y consecución del PFG.

2.2.2 Dominios de desempeño del proyecto

El trabajo en los dominios de desempeño del proyecto se guía por los principios de la dirección de proyectos. Como se describe en El Estándar para la Dirección de Proyectos (PMI,2017), un principio es una norma, verdad o valor fundamental. Los principios para la dirección de proyectos proporcionan una guía para el comportamiento de las personas involucradas en los proyectos, ya que influyen y dan forma a los dominios de desempeño para producir los resultados previstos. Un dominio de desempeño es un grupo de actividades que interactúan entre sí y que son necesarias para conseguir los resultados de un proyecto.

Según la guía del PMBOOK se establecen ocho dominios de desempeño que se requieren para ejecutar un proyecto: Interesados, Equipo, Enfoque de Desarrollo, Planificación, Trabajo del proyecto, Entrega, Métricas e Incertidumbre (PMI,2017).

Todos los dominios se ejecutan en forma simultánea durante la ejecución del proyecto. No se pueden trabajar en forma aislada. Todas se unen de manera específica en cada proyecto individual.

- **Interesados (stakeholders):**

Este dominio se ocupa de las actividades y funciones para involucrar a cada uno de los interesados del proyecto. Como producto de este se debería obtener lo siguiente:

- Una relación de trabajo productiva con los interesados durante la vida útil del proyecto.

- Acuerdos de los interesados con los objetivos del proyecto.
- Los interesados que se benefician del proyecto brindan apoyo y están satisfechos. Los interesados que podría oponerse al proyecto o a sus entregables no afectan negativamente los resultados del proyecto.

- **Equipo:**

Su finalidad es ocuparse de las actividades y funciones asociadas con las personas responsables de producir los entregables del proyecto que hacen realidad los resultados de negocio. La ejecución efectiva de este dominio de desempeño tiene los siguientes resultados deseados: Un equipo de alto rendimiento, liderazgo y enfoque del grupo de trabajo y resultados compartidos.

- **Enfoque de desarrollo y ciclo de vida:**

En este se aborda las actividades y funciones asociadas con el enfoque de desarrollo, la cadencia y las fases del ciclo de vida del proyecto. La ejecución efectiva de este dominio de desempeño tiene los siguientes resultados deseados: Enfoques de desarrollo que son consistentes con los entregables de cada trabajo, un ciclo de vida que consiste en fases que unen la entrega del valor del negocio y el valor para los interesados desde el inicio hasta el final del proyecto.

- **Planificación:**

Con este punto se aborda las actividades y funciones asociadas con la organización y coordinación iniciales, necesarias para la entrega de los elementos acordados y los resultados del proyecto. Nos permite ver que el proyecto avanza de manera organizada y coordinada. La información que brinda es suficiente para gestionar las actividades de los interesados.

Es importante que desde el principio se elabore un cronograma según la realidad

actual que permita ajustes y una reserva de costos para posibles eventualidades que se pudieran tener.

El objetivo primordial es brindar entregables a tiempo y que los resultados cumplan con los requerimientos de los interesados.

- **Trabajo del proyecto:**

En este dominio se consideran las actividades y funciones asociadas con el establecimiento de los procesos del proyecto, la gestión de los recursos físicos y el fomento de un entorno de aprendizaje. Como resultados se debería obtener lo siguiente: Desempeño eficiente y efectivo del proyecto; comunicación adecuada con los interesados; uso eficaz de los recursos físicos; mejora en la capacidad del equipo producto del aprendizaje y experiencia obtenida.

- **Entrega:**

Considera las actividades y funciones asociadas con la entrega del alcance y la calidad para cuyo logro se emprendió el proyecto. La guía recomienda dar prioridad a las actividades asociadas con el alcance y la calidad del proyecto, por lo que es muy importante que los integrantes del grupo comprendan las reglas a seguir para que los entregables y el producto final se suministren en el tiempo acordado, logrando cumplir los requerimientos de los interesados y los objetivos del proyecto.

- **Medición:**

Toma en cuenta las actividades y funciones asociadas con la evaluación de desempeño de los proyectos y la adopción de medidas apropiadas para mantener un desempeño aceptable. Tiene como fin lograr objetivos y generar valor de negocio mediante la toma de decisiones informadas y oportunas basadas en pronósticos y evaluaciones confiables.

- **Incertidumbre:**

Se ocupa de las actividades y funciones asociadas con el riesgo y la incertidumbre que se pueda tener en el proyecto. En este existe una exploración proactiva y respuesta ante la incertidumbre. Se fundamenta en que los proyectos se mueven en un ambiente impredecible, esto incluye los entornos a nivel técnico, financieros, sociales, políticos y el mercado. Se debe estar preparado para diferentes escenarios y de ahí la importancia de actuar de manera proactiva, anticipando las amenazas y aprovechando las oportunidades para lograr mejoras significativas en el desempeño del trabajo.

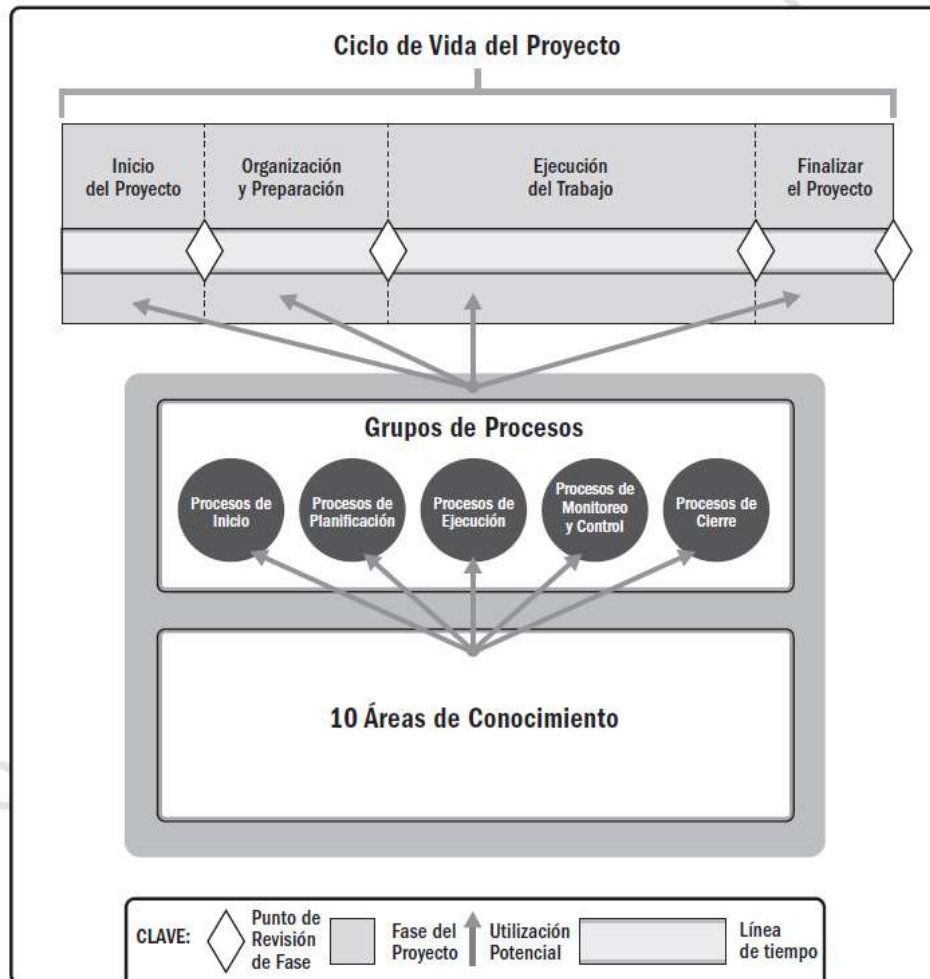
Las reservas de costos y cronograma se utilizan de manera efectiva para mantener la alineación con los objetivos del proyecto.

2.2.3 Enfoque de Desarrollo y Ciclo de Vida del Proyecto

Como se indica en la Guía del PMBOOK, “el ciclo de vida de un proyecto es la serie de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión” (PMI,2017). Proporciona el marco de referencia básico para dirigir el proyecto. Este marco de referencia básico se aplica independientemente del trabajo específico del proyecto involucrado. Las fases pueden ser secuenciales, iterativas o superpuestas. Todos los proyectos pueden representarse dentro del ciclo de vida genérico que muestra en la Figura 6.

Figura 6.

Interrelación entre los componentes clave de los proyectos de la Guía PMBOK



Fuente: PMI,2017.

Los ciclos de vida de los proyectos pueden ser predictivos o adaptativos. Dentro del ciclo de vida de un proyecto, generalmente existen una o más fases asociadas al desarrollo del producto, servicio o resultado. A estas se les llama un ciclo de vida del desarrollo. Los ciclos de vida del desarrollo pueden ser predictivos, iterativos, incrementales, adaptativos o un modelo híbrido:

- **Ciclo de vida predictivo:**

Este ciclo de vida de un Proyecto es el tradicional, el alcance, el tiempo y el costo del

proyecto se determinan en las fases tempranas del ciclo de vida. Cualquier cambio en el alcance se debe gestionar de manera cuidadora. Los ciclos de vida predictivos también pueden denominarse ciclos de vida en cascada.

En un ciclo de vida predictivo, los entregables del proyecto se definen al comienzo del proyecto y cualquier cambio en el alcance es gestionado en forma progresiva.

Las etapas en que se divide el proyecto puede ser la siguiente manera, según la compañía Atenos (2020) (<https://atenos.com/gestion-de-proyecto/metodologias-de-gestion-de-proyectos>):

- Viabilidad: Etapa en que se verifica si el proyecto es factible desde el punto de vista técnico, financiero, regulatorio, entre otros. Se efectúa la planificación detallada del proyecto.
- Diseño: En esta etapa se realizan los diseños de todos los entregables y resultados esperados
- Construcción: Etapa en la que se construyen los entregables y resultados.
- Prueba: En esta etapa se efectúa la prueba de los entregables y resultados.
- Entrega: Se realiza entrega del producto o servicio, definido en el alcance del proyecto

La planificación en cascada permite al Project Manager controlar en detalle cada fase. Este ciclo de vida es poco flexible ante situaciones que fuerzan cambios en un proyecto. Esta técnica es muy usada en el ámbito industrial y de construcción.

- **Ciclo de vida adaptativo:**

Los ciclos de vida adaptativos son ágiles, iterativos o incrementales. El alcance detallado se define y se aprueba antes del comienzo de una iteración. Los ciclos de vida adaptativos también se denominan ciclos de vida ágiles u orientados al cambio.

En este tipo de proyecto según el libro Profesional Ágil (Lledó, 2022) se subdivide el proyecto en iteraciones de tiempo fijo (ej. 2 semanas) y cada iteración es gestionada como un mini proyecto. Antes de comenzar con cada iteración, el alcance de esa iteración está definido.

Al final de cada iteración se entrega valor al cliente con incrementos parciales del producto o servicio. Antes de comenzar con una nueva iteración, el cliente prioriza el alcance de los entregables de esa iteración

- **Ciclo de vida iterativo:**

El alcance del proyecto generalmente se determina tempranamente en el ciclo de vida del Proyecto, pero las estimaciones de tiempo y costo varían periódicamente conforme incrementa la comprensión del producto por parte del equipo de proyecto. Las iteraciones desarrollan el producto a través de una serie de ciclos repetidos, mientras que los incrementos van añadiendo funcionalidad al producto.

Al comenzar no hay certeza sobre el alcance detallado del producto final, sino que se va construyendo a medida que se avanza y se va viendo el desarrollo del producto. Esta forma de trabajo puede llevar más tiempo debido a que está más enfocada en el aprendizaje y adaptabilidad a los cambios del mercado, en lugar de la velocidad en la entrega

- **Ciclo de vida incremental:**

En este ciclo de vida el entregable se desarrolla a través de una serie de iteraciones que sucesivamente añaden funcionalidad dentro de un marco de tiempo predeterminado. El entregable

contiene la capacidad necesaria y suficiente para considerarse completo sólo después de la iteración final.

Este ciclo es similar al ciclo iterativo, pero en este caso las iteraciones que se van añadiendo se hacen bajo un tiempo determinado o fijado. Es importante en este caso que el producto sí pueda tener funcionalidad antes de la entrega final.

- **Ciclo de vida Híbrido:**

El ciclo de vida híbrido es una combinación de un ciclo de vida predictivo y uno adaptativo. Aquellos elementos del proyecto que son bien conocidos o tienen requisitos fijos siguen un ciclo de vida predictivo del desarrollo y aquellos elementos que aún están evolucionando siguen un ciclo de vida adaptativo del desarrollo

Se viene aplicando de forma más extendida recientemente y está resultando ser una solución acertada para adaptar realidades surgidas de la transformación tecnológica y competencia de mercado y que dan como resultado un producto que debe estar en continua revisión.

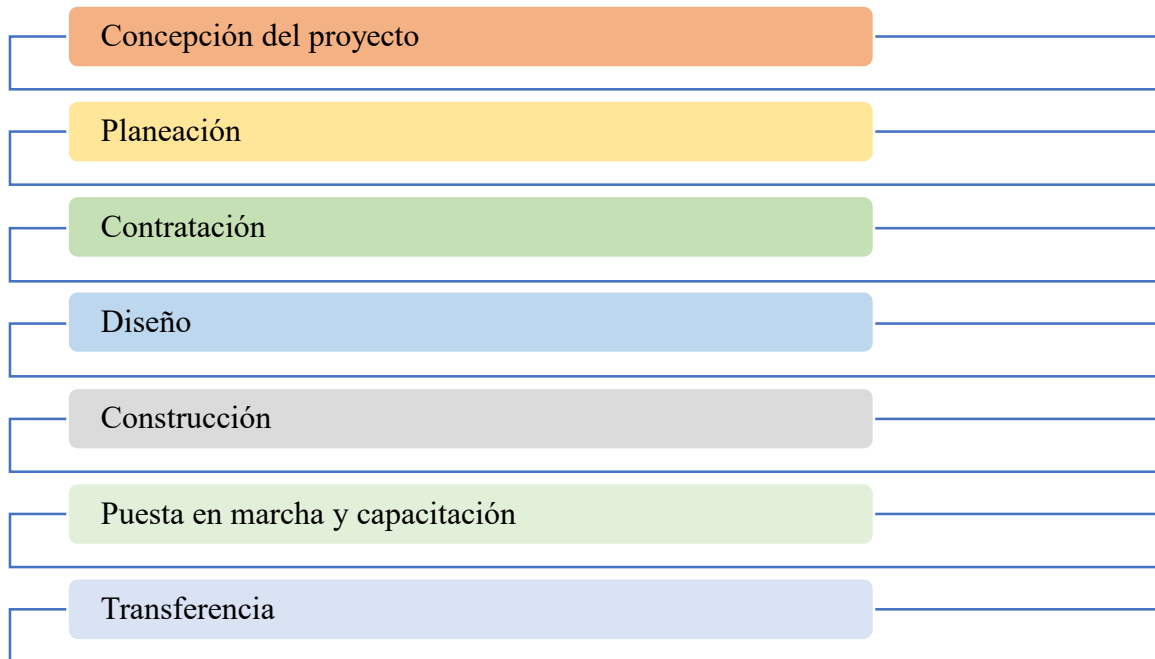
Con respecto al proyecto expuesto y según el análisis del enfoque del PFG, se puede concluir que el desarrollo de este es de tipo predictivo, ya que existe la información previa del documento en donde se formulan los entregables que incluyen objetivos, actividades, cronograma de ejecución, costos etc. En la siguiente figura se presenta de manera visual, el resumen de las características de las categorías de ciclo de vida según (PMI, 2017).

Figura 7.*Características de los ciclos de vida*

Características				
Enfoque	Requisitos	Actividades	Entrega	Meta
Predictivo	Fijos	Realizados una vez para todo el proyecto	Entrega única	Gestionar costos
Iterativo	Dinámicos	Repetidos hasta que esté correcto	Entrega única	Corrección de la solución
Incremental	Dinámicos	Realizados una vez para un incremento dado	Entregas frecuentes más pequeñas	Velocidad
Ágil	Dinámicos	Repetidos hasta que esté correcto	Entregas pequeñas frecuentes	Valor para el cliente mediante entregas frecuentes y retroalimentación

Fuente: PMI, 2017

En el desarrollo del PFG se considera utilizar un ciclo de vida predictivo ya que cuenta con enfoque tradicional con objetivos establecidos y que se sigue un proceso secuencial para cumplir con los requerimientos del proyecto.

Figura 8.*Ciclo de vida para el PFG en desarrollo*

Fuente: CFIA, 2018.

2.2.4 Administración, dirección o gerencia de proyectos

El PMBOK® (PMI, 2021) define la dirección de proyectos como “la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo”. Se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de los procesos de dirección de proyectos identificados para el proyecto. Este incluye la identificación de los requerimientos, definición y planificación del trabajo necesario, programación de las actividades para completar el trabajo, monitoreo y control de lo planificado, comunicación del progreso de proyecto a los interesados, y finalmente ejecutar las actividades para completar el proyecto.

De acuerdo con muchos autores la administración de proyectos es arte y ciencia a la vez. Se considera un arte debido al elemento humano que estos involucran. La participación de distintos grupos de interesados requiere de las habilidades de liderazgo, comunicación, negociación, toma de decisiones y solución de problemas, en mayoría de los casos aplicables con base en las situaciones dadas y que

son únicas para cada proyecto. El arte de gestión de proyectos implica al director de proyecto llegar a los acuerdos entre los recursos técnicos y de negocio, los equipos de proyectos y el cliente, además de múltiples interesados.

El PMBOK (PMI, 2017) indica que la dirección de proyectos implica diseñar, planificar y gestionar los diferentes recursos y tareas que lo componen con objeto de alcanzar unos objetivos determinados en función del alcance del proyecto, los tiempos y el presupuesto disponible, lo que se denomina la triple restricción para obtener los requisitos del proyecto.

De acuerdo a lo que indica al autor y aplicado al PFG en desarrollo efectivamente existe un acta en donde se define cual es el objetivo general del proyecto, los objetivos específicos para luego establecer un cronograma de tiempo, costos y recursos con los que se va a contar para el desarrollo del trabajo en estudio.

La Dirección de Proyectos (PMI, 2017) se compone de diversos tipos de procesos, acciones y actividades interrelacionadas entre sí. De esta manera se puede diferenciar entre procesos orientados al producto o servicio y los procesos de gestión comunes a todos los proyectos, donde se integran los grupos de proceso de iniciación, planificación, ejecución, control y seguimiento y finalmente el cierre. Estos grupos se encuentran relacionados, puesto que la salida de un proceso se convierte en la entrada del siguiente.

Un director de proyectos de acuerdo con Araneda Onofre (2022) es el responsable que se ocupa de la gestión de recursos, del control financiero, así como de otras competencias como es el liderazgo de equipos, que forma parte de un proyecto.

Todo ello, con el objetivo de cumplir las metas acordadas y realizar con éxito el trabajo desempeñado. La dirección de proyectos, además de responsabilidad, conlleva de conocimientos especializados.

Para el proyecto en análisis como lo menciona el autor el director del proyecto deberá liderar y organizar toda la documentación necesaria que se requiere para crear la Metodología en el Diseño y Control de un Sistema de Refrigeración con Amoniaco evaluando los diferentes requisitos que con lleva dicho trabajo, según las normas internacionales, juicio de expertos y todas las herramientas que sean útiles para completar de manera exitosa los objetivos del PFG.

2.2.5 Áreas de conocimiento y procesos de la administración de proyectos.

En la guía del PMBOK sexta edición para la guía de los fundamentos en la dirección de proyectos se cuenta con 10 áreas de conocimiento en donde cada área identificada de la dirección de proyectos es definida “por sus requisitos de conocimientos que se describen en términos de sus procesos, prácticas, datos iniciales, resultados, herramientas y técnicas que los componen” (PMI,2017).

En la séptima edición de la Guía PMBOK (PMI, 2021), se sustituyen las áreas de conocimiento, por dominios de desempeño del proyecto, orientados en la entrega de valor al negocio; estas prácticas pretenden guiar a todos los interesados en la eficiente gestión del proyecto y lograr resultados efectivos.

El enfoque basado en procesos de la PMBOK sexta edición se viene a reemplazar por un enfoque basado en principios en el PMBOK séptima edición.

Estos principios representan las conductas y comportamientos que deberían contemplar aquellas personas que gestionen y dirijan proyectos.

Contemplando estos principios se adquieren las pautas para la estrategia, la toma de decisiones y la resolución de los conflictos y problemas que surgirán durante la gestión del proyecto. Los principios no son una prescripción rígida y encorsetada, sino una guía para el comportamiento de las personas involucradas en los proyectos.

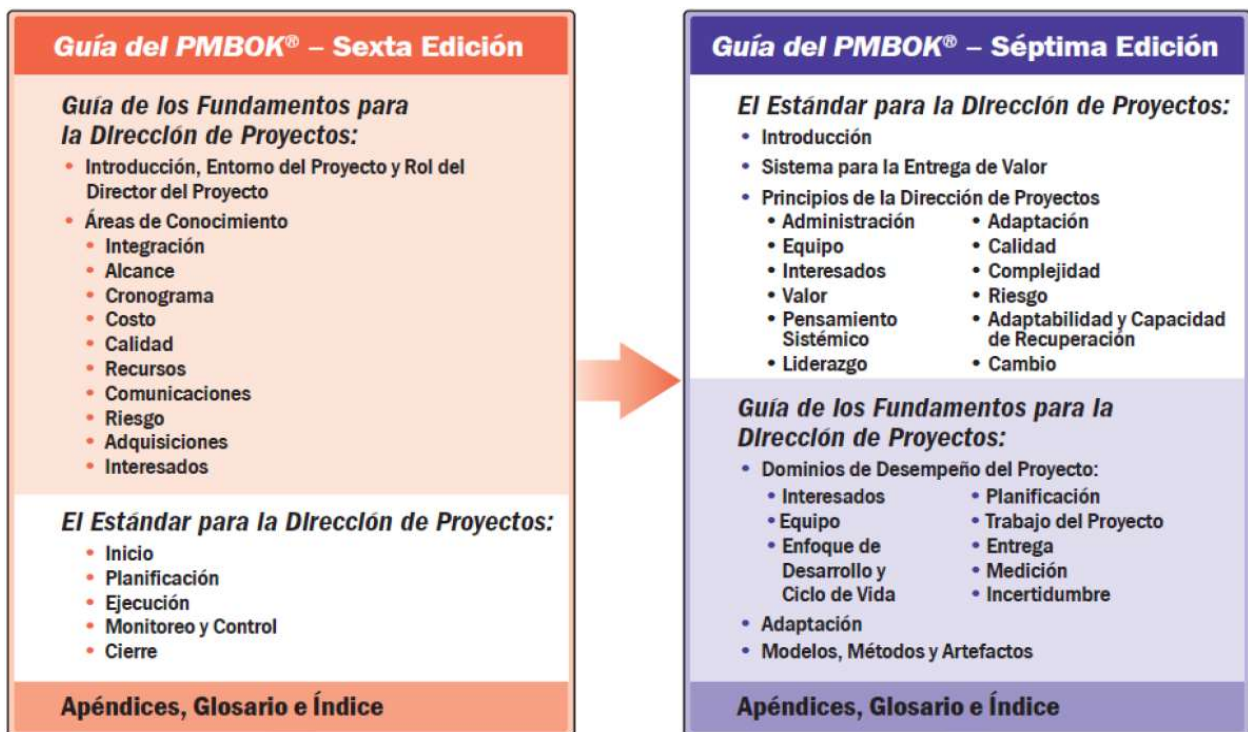
En resumen , no se trata de un enfoque basado en Procesos. En la anterior edición existía una descripción detallada de las entradas herramientas y técnicas y salidas de cada uno de los 49 procesos que proponía sexta edición. En el PMBOK séptima edición se impulsa un enfoque basado en 12 principios

En segundo lugar, si bien PMBOK 6 planteaba 10 áreas de conocimiento (integración, alcance, interesados, costes, cronograma, etc.). En el PMBOK 7 se trabaja alrededor de los 8 dominios de desempeño.

En tercer lugar, las herramientas y técnicas que se proponen en PMBOK 6 son sustituidas por los Modelos Métodos y Artefactos de uso común que los profesionales de proyectos pueden utilizar para realizar su trabajo.

Figura 9.

Áreas de conocimientos y procesos vs los principios y dominios del desempeño



Fuente: <https://gestiondeproyectosplus.com/pmbok7/>

Según la Guía del PMBOK (PMI, 2017) Las Áreas de Conocimiento de la Dirección de Proyectos son campos o áreas de especialización que se emplean comúnmente al dirigir proyectos. Un Área de Conocimiento es un conjunto de procesos asociados a un tema particular de la dirección de proyectos. Estas 10 Áreas de Conocimiento se utilizan en la mayoría de los proyectos. Las necesidades de un proyecto específico pueden requerir Áreas de Conocimiento adicionales.

Las 10 Áreas de Conocimiento son:

✓ **Gestión de la Integración del Proyecto:** Incluye los procesos y actividades para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los diversos procesos y actividades de dirección del proyecto dentro de los Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos. (PMBOK Guide, 2017, p.553)

✓ **Gestión del Alcance del Proyecto:** Incluye los procesos requeridos para garantizar que el proyecto incluya todo el trabajo requerido, y únicamente el trabajo requerido, para completar el proyecto con éxito. (PMBOK Guide, 2017, p.553)

✓ **Gestión del Cronograma del Proyecto.** Incluye los procesos requeridos para administrar la finalización del proyecto a tiempo. (PMBOK Guide, 2017, p.553)

✓ **Gestión de los Costos del Proyecto:** La Gestión de los Costos del Proyecto incluye los procesos involucrados en planificar, estimar, presupuestar, financiar, obtener financiamiento, gestionar y controlar los costos de modo que se complete el proyecto dentro del presupuesto aprobado. (PMBOK Guide, 2017, p.553)

✓ **Gestión de la Calidad del Proyecto:** Incluye los procesos para incorporar la política de

calidad de la organización en cuanto a la planificación, gestión y control de los requisitos de calidad del proyecto y el producto, a fin de satisfacer las expectativas de los interesados. (PMBOK Guide, 2017, p.553)

✓ **Gestión de los Recursos del Proyecto:** La Gestión de los Recursos del Proyecto incluye los procesos para identificar, adquirir y gestionar los recursos necesarios para la conclusión exitosa del proyecto. (PMBOK Guide, 2017, p.553)

✓ **Gestión de las Comunicaciones del Proyecto:** Incluye los procesos requeridos para garantizar que la planificación, recopilación, creación, distribución, almacenamiento, recuperación, gestión, control, monitoreo y disposición final de la información del proyecto sean oportunos y adecuados. (PMBOK Guide, 2017, p.553)

✓ **Gestión de los Riesgos del Proyecto:** Incluye los procesos para llevar a cabo la planificación de la gestión, identificación, análisis, planificación de respuesta, implementación de respuesta y monitoreo de los riesgos de un proyecto. (PMBOK Guide, 2017, p.553)

✓ **Gestión de las Adquisiciones del Proyecto:** Incluye los procesos necesarios para comprar o adquirir productos, servicios o resultados que es preciso obtener fuera del equipo del proyecto. (PMBOK Guide, 2017, p.553)

✓ **Gestión de los Interesados del Proyecto:** Incluye los procesos requeridos para identificar a las personas, grupos u organizaciones que pueden afectar o ser afectados por el proyecto, para analizar las expectativas de los interesados y su impacto en el proyecto, y para desarrollar estrategias de gestión adecuadas a fin de lograr la participación eficaz de los interesados en las decisiones y en la ejecución del proyecto. (PMBOK Guide, 2017, p.553)

Importante mencionar que la Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (PMI, 2017) establece los procesos de la dirección de proyectos empleados para cumplir con los objetivos del proyecto, y los agrupa en cinco grupos de procesos, resumidos en la siguiente figura.

Figura 10 .

Correspondencia entre grupos de Proceso y áreas de conocimiento

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
4. Gestión de la Integración del Proyecto	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto 4.4 Gestionar el Conocimiento del Proyecto	4.5 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto 4.6 Realizar el Control Integrado de Cambios	4.7 Cerrar el Proyecto o Fase
5. Gestión del Alcance del Proyecto		5.1 Planificar la Gestión del Alcance 5.2 Recopilar Requisitos 5.3 Definir el Alcance 5.4 Crear la EDI/WBS		5.5 Validar el Alcance 5.6 Controlar el Alcance	
6. Gestión del Cronograma del Proyecto		6.1 Planificar la Gestión del Cronograma 6.2 Definir las Actividades 6.3 Secuenciar las Actividades 6.4 Estimar la Duración de las Actividades 6.5 Desarrollar el Cronograma		6.6 Controlar el Cronograma	
7. Gestión de los Costos del Proyecto		7.1 Planificar la Gestión de los Costos 7.2 Estimar los Costos 7.3 Determinar el Presupuesto		7.4 Controlar los Costos	
8. Gestión de la Calidad del Proyecto		8.1 Planificar la Gestión de la Calidad	8.2 Gestionar la Calidad	8.3 Controlar la Calidad	
9. Gestión de los Recursos del Proyecto		9.1 Planificar la Gestión de Recursos 9.2 Estimar los Recursos de las Actividades	9.3 Adquirir Recursos 9.4 Desarrollar el Equipo 9.5 Dirigir al Equipo	9.6 Controlar los Recursos	
10. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto		10.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones	10.2 Gestionar las Comunicaciones	10.3 Monitorear las Comunicaciones	
11. Gestión de los Riesgos del Proyecto		11.1 Planificar la Gestión de los Riesgos 11.2 Identificar los Riesgos 11.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos 11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos	11.6 Implementar la Respuesta a los Riesgos	11.7 Monitorear los Riesgos	
12. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones	12.2 Efectuar las Adquisiciones	12.3 Controlar las Adquisiciones	
13. Gestión de los Interesados del Proyecto	13.1 Identificar a los Interesados	13.2 Planificar el involucramiento de los Interesados	13.3 Gestionar la Participación de los Interesados	13.4 Monitorear el involucramiento de los Interesados	

Fuente: PMI, 2017.

2.2.6 Estrategia empresarial, portafolios, programas, proyectos

Para lograr la máxima eficiencia y eficacia no se deben realizar los proyectos de manera independiente. Por eso lo mejor que se puede hacer es agrupar los proyectos dentro de programas y portafolios según sus características para maximizar los beneficios.

Como resultado de la estrategia tenemos el Portafolio, el cual está compuesto por un grupo de proyectos, programas y la gestión de operaciones que son agrupados para lograr los objetivos estratégicos.

De forma que todos los proyectos son administrados por la empresa como un solo portafolio.

Los programas son un grupo de subprogramas y proyectos relacionados cuya gestión se realiza de manera coordinada para obtener beneficios que no se obtendrían si se gestionaran de forma individual.

Un programa se enfoca en la interdependencia de los proyectos para determinar el mejor enfoque para gestionarlos.

En el tercer nivel tenemos los proyectos que son esfuerzos temporales que se llevan a cabo para crear un producto, servicio o resultado único.

Por su parte Nakamura Julio establece lo siguiente, se puede dividir todo el trabajo de una organización en dos grandes rubros: proyectos (grandes y pequeños) y soporte (operación continua). La administración puede considerarse por separado o como parte del soporte. En un nivel alto.

Los proyectos se dan cuando existen actividades nuevas, incluyendo mejoras nuevas. Tienen un inicio y fin, objetivos específicos, entregables y son únicos.

Los programas agrupan proyectos relacionados, que pueden ser ejecutados de manera secuencial o paralela.

Los portafolios son una colección de programas y proyectos que pueden estar o no interrelacionados. La persona que maneja un portafolio puede ser llamada director o vicepresidente, dado que este tipo de trabajo involucra la dirección de todo el trabajo, gente, presupuesto, proveedores, etcétera. Muchas veces como representante de un departamento o división.

Según el PMBOK Guide (2017) el uso de los procesos, herramientas y técnicas de la dirección de proyectos establece una base sólida para que las organizaciones alcancen sus metas y objetivos. Un proyecto puede dirigirse en tres escenarios separados: como un proyecto independiente (fuera de un portafolio o programa), dentro de un programa, o dentro de un portafolio. Cuando un proyecto está dentro de un programa o portafolio, los directores de proyecto interactúan con los directores de portafolios y programas. A continuación, se muestra de manera visual la diferencia de estos tres escenarios. **Figura 11.**

Presentación comparativa de portafolios, programas y proyectos

Dirección Técnica de Proyectos			
	Proyectos	Programas	Portafolios
Definición	Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único.	Un programa es un grupo de proyectos, programas secundarios y actividades de programas relacionados cuya gestión se realiza de manera coordinada para obtener beneficios que no se obtendrían si se gestionaran en forma individual.	Un portafolio es una colección de proyectos, programas, portafolios secundarios y operaciones gestionados como un grupo para alcanzar los objetivos estratégicos.
Alcance	Los proyectos tienen objetivos definidos. El alcance se elabora progresivamente a lo largo del ciclo de vida del proyecto.	Los programas tienen un alcance que abarca los alcances de sus componentes de programa. Los programas producen beneficios para una organización, al garantizar que los productos y resultados de los componentes del programa sean entregados en forma coordinada y complementaria.	Los portafolios tienen un alcance organizativo que cambia con los objetivos estratégicos de la organización.
Cambio	Los directores de proyecto esperan cambios e implementan procesos para mantener los cambios gestionados y controlados.	Los programas son administrados de una manera que acepta y se adapta al cambio según resulte necesarios para optimizar la entrega de beneficios a medida que los componentes del programa entregan resultados y/o salidas.	Los directores de portafolios monitorean continuamente cambios en los entornos internos y externos más amplios.
Planificación	Los directores de proyecto elaboran progresivamente información a alto nivel en planes detallados a lo largo del ciclo de vida del proyecto.	Los programas son administrados mediante planes de alto nivel que realizan el seguimiento de las interdependencias y los avances de los componentes del programa. Los planes del programa también se utilizan para guiar la planificación al nivel de componente.	Los directores de portafolios crean y mantienen los procesos y la comunicación necesarios con relación al portafolio en conjunto.
Gestión	Los directores de proyecto gestionan al equipo del proyecto a fin de cumplir con los objetivos del proyecto.	Los programas son gestionados por directores de programas quienes aseguran que los beneficios del programa sean entregados de acuerdo con lo esperado, al coordinar las actividades de los componentes del programa.	Los directores de portafolios pueden manejar o coordinar al personal dirección de portafolios, o al personal de programas y proyectos que puedan tener responsabilidades en materia de presentación de informes en el portafolio en conjunto.
Monitorear	Los directores de proyecto supervisan y controlan el trabajo para la producción de los productos, servicios o resultados para los que se emprendió el proyecto.	Los directores de programas monitorean el progreso de los componentes del programa para garantizar que se logran los objetivos, cronogramas, presupuesto y beneficios del mismo.	Los directores de portafolios supervisan los cambios estratégicos y la asignación de recursos totales, los resultados del desempeño y el riesgo del portafolio.
Éxito	El éxito es medido según la calidad del producto y del proyecto, la puntualidad, el cumplimiento del presupuesto y el grado de satisfacción del cliente.	El éxito de un programa se mide por la capacidad del mismo para entregar sus beneficios previstos a una organización, y por la eficiencia y la efectividad del programa en la obtención de esos beneficios.	El éxito se mide en términos del desempeño de la inversión en conjunto y la realización de beneficios del portafolio.

Fuente: PMI, 2017

El PFG desarrollado se establece desde la visión de un proyecto, con entregables definidos durante su ejecución y con tiempo determinado en un cronograma de trabajo con todas sus tareas y entregables.

2.3 Otra teoría propia del tema de interés

En el desarrollo de esta sección se va a considerar elementos relevantes para el desarrollo del PFG tales como identificación del problema, antecedentes, situación actual y teoría de interés acerca de la temática en desarrollo y su relación con el proyecto. Esto con el objetivo de poder mejorar la metodología para el desarrollo de los entregables, se describen los siguientes:

2.3.1 Situación actual del problema u oportunidad en estudio

RSF desde su fundación en el 2008 fue una empresa que se dedicó esencialmente a la venta de repuestos y equipos para sistemas de Refrigeración Industrial con amoníaco y freón en donde predominaba solo la parte del diseño e instalación del servicio mecánico, no así el diseño eléctrico y de control el cual era subcontratado para poder ofrecer el servicio al cliente cuando este lo requería.

A nivel del diseño eléctrico se utilizaban los servicios profesionales de Ingenieros Independientes, y a nivel de control se empleaba una empresa de venta de equipo eléctrico con integradores en el área de automatización. Como producto de lo anterior cada vez que estos profesionales se movían a otras empresas por motivos laborales el aprendizaje que se tenía se perdía en gran parte ya que el conocimiento no era transferido entre las personas u empresas que brindaban el servicio a la compañía. Es importante mencionar que también como producto de lo anterior el alcance que se brindaba en la parte eléctrica y de control era muy limitado solo a los equipos que ofrecía la empresa y no se expandía a otras ramas del área que también requería atención, pero no se contaba con la participación por parte de RSF.

A partir del año 2018 se incorpora a la oficina un Departamento de Diseño Eléctrico con un profesional a cargo y su respectivo personal de apoyo tales como: Dibujo técnico, compras, servicios. Sin embargo el personal se utiliza para otra áreas como lo es la dirección de proyectos en ejecución que involucra diferentes actividades imposibilitando la atención completa por parte del Departamento de Diseño y Control Eléctrico, esto provoca que a la hora de realizar los diseños se den mucho faltantes de información a nivel de control en los planos y por ende errores en la construcción ya que no se cuenta hasta el día de hoy con una metodología clara para el diseño y elaboración de los planos , y mucho ha sido un aprendizaje a base de experiencia y de los errores que se han dado en el algunos de los proyectos que han generado costos incrementales por solución y atención al no ser considerados desde un inicio como debía ser.

Aunque se ha ido mejorando sustancialmente en el área de diseño eléctrico y de control no se cuenta con un sistema de documentación o procedimientos que permita ir guardando las memorias de cálculo y experiencias que se han acumulado por lo tanto hay una dependencia muy grande en el personal existente y su experiencia por lo que partida de este talento humano nuevamente dejaría a la empresa en condiciones de desventaja al tener que iniciar en muchas áreas nuevamente de cero. El producto ha mejorado y se ha logrado sostener debido a que el personal prácticamente no presenta rotación desde hace aproximadamente 5 años lo que ha permitido brindar estabilidad y experiencia en el trabajo que se ha ido desarrollando en los últimos años.

Como propuesta a esta problemática es que se plantea la necesidad de crear procedimientos, métodos de trabajo, carpeta de planos de taller y esquemas para ejecución de ciertos trabajos repetitivos que permitan ir acumulando y compartiendo la información con la llegada de nuevos profesionales de tal manera que el conocimiento quede en la compañía a pesar de los cambios o rotaciones que se puedan llegar a tener en un futuro. Igualmente es de gran importancia mantener un banco de contactos

relevantes en RSF que brindan una serie de servicios los cuales se van necesitando en los diversos tipos de trabajo u oportunidades de mejora que se presentan con algunos clientes en específico.

Cabe destacar que en los últimos años como parte de los servicios de diseño y construcción en la parte eléctrica se han ofrecido nuevos servicios tales como venta de transformadores de pedestal, sistemas de detección de incendio, cableado estructurado, aire acondicionado, filtros de armónicos, bancos de capacitores que al igual que en los casos anteriores no se ha venido documentando de la manera correcta para poder retener la información en la documentación de la compañía así como tampoco los contactos y personas externas que han participado en ofrecer estos servicios a los clientes de RSF.

2.3.2 Investigaciones que se han hecho sobre el tema en estudio

En base a la investigación bibliográfica preliminar de este PFG se muestra a continuación un resumen de las principales investigaciones y trabajos que se han realizado y que son un insumo muy importante para la elaboración del presente documento. Como elemento principal el desarrollo del Código Eléctrico Nacional y su posterior aprobación en Costa Rica producto de la revisión e investigación realizada por el Colegio de Ingenieros y Arquitectos (CFIA) se determina como reglamento de oficialización para la seguridad de la vida y de la propiedad publicado en la gaceta No 33 del 15 de febrero 2012 el cual indica lo siguiente:

- El propósito del NEC es la salvaguarda práctica de las personas y de los bienes, de los riesgos que se derivan de una inadecuada instalación eléctrica o del uso de materiales y equipos para el uso de la electricidad.

- El NEC no tiene la intención de ser una especificación de diseño ni la de servir como manual de instrucciones para personal no calificado
- El NEC contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad. El cumplimiento de las mismas y el mantenimiento adecuado darán lugar a una instalación prácticamente libre de riesgos, pero no necesariamente eficiente, conveniente o apta para un buen servicio o para ampliaciones futuras de la instalación eléctrica
- Este código cubre la instalación de conductores, equipos y canalizaciones eléctricas; conductores, equipos y canalizaciones de comunicación y señalización, y cables y canalizaciones de fibra óptica para los siguientes usos:
 - a- Establecimientos públicos y privados, que incluyan edificios, estructuras, casas móviles, vehículos de recreo y edificios flotantes.
 - b- Patios, terrenos, lotes de estacionamiento, ferias ambulantes y subestaciones industriales.
 - c- Instalaciones de conductores y equipos que se conectan a la fuente de alimentación de electricidad.
 - d- Instalaciones utilizadas por las empresas de energía eléctrica, como edificios de oficinas, depósitos, garajes, talleres, parques de atracciones y edificios recreativos que no forman parte integral de una planta generadora, una subestación o un centro de control.

Según la NFPA (2023) el NEC se divide en los siguientes capítulos:

- Capítulo 1: Generalidades y protección
- Capítulo 2: Cableado y protección
- Capítulo 3: Métodos de cableado y materiales
- Capítulo 4: Equipos de uso general

- Capítulo 5: Ocupaciones especiales
- Capítulo 6: Equipos especiales
- Capítulo 7: Condiciones especiales
- Capítulo 8: Sistemas de comunicaciones
- Capítulo 9: Tablas (anexos)

Para el desarrollo del PFG se va a emplear primordialmente del capítulo 1 al 4 que hacen referencia a varios artículos que se deben considerar durante la fase de diseño eléctrico de una planta Industrial que en el caso en estudio sería específicamente para un sistema que opera con amoníaco como medio de refrigeración.

En su trabajo de investigación de tesis (Arrieta Christopher, 2020) indica lo siguiente, el Instituto Internacional de Refrigeración por Amoníaco es la entidad internacional líder en el uso eficiente, seguro y confiable del amoníaco y refrigerantes naturales. Fue creada en 1971, desarrolla conocimientos colectivos y experiencias que son compartidas en formas de documentos de consenso sobre los aspectos de la refrigeración industrial con refrigerantes naturales.

Las normas y estándares de IIR abarcan todas las facetas de los sistemas de refrigeración por amoníaco y están escritos a partir de proceso de consenso. Dentro de la normativa emitida por el IIR que compete las tareas de instalación y diseño de sistemas de refrigeración con amoníaco, se encuentra la norma IIR-2 que es la Norma para el diseño seguro de sistemas de refrigeración con amoníaco. El boletín 114 de IIR establece las directrices para la identificación de los componentes del sistema.

Esta investigación preliminar es de mucha importancia para el desarrollo del PFG ya que brinda mucha información y referencias en donde se podrá consultar documento para el desarrollo de la metodología a crear para el Diseño eléctrico y de control de un Sistema de Refrigeración Industrial con amoníaco

2.3.2.1 Metodologías que se han usado

Para las referencias o documentos mencionados se emplean varios métodos que permiten validar su información y que se adaptan a las condiciones de operación que se manejan en Costa Rica para este tipo de plantas industriales. Como primer elemento de diseño eléctrico se tiene el NEC (Código Eléctrico Nacional) el cual fue publicado por la NFPA (Asociación Nacional de Protección contra Incendios) originalmente en 1978 y se actualiza producto de investigaciones y revisiones realizadas aproximadamente cada tres años siendo el más reciente el publicado en el año 2023. Para este documento de seguridad humana se hace referencia a varias secciones en su publicación en donde se indican los requisitos mínimos de seguridad que debe tener toda instalación eléctrica en el sector residencial, comercial e Industrial

Un tema muy importante como se indicó anteriormente el NEC no es un documento de diseño eléctrico, es un compendio de artículos realizado con fines de seguridad. Como parte de su metodología de trabajo se hace referencia a otros documentos que involucran la parte de diseño, como por ejemplo seguir las recomendaciones que brindan los fabricantes de los equipos para realizar una correcta instalación y operación.

Un ejemplo de lo mencionado anteriormente es el Manual de Instalación Eléctrico del suplidor principal de equipos de Refrigeración Frick para la empresa RSF , en cual se indica por parte del autor (Romeiro B, 2020) lo siguiente, las recomendaciones de instalación eléctrica suministradas en el manual de Frick corresponden únicamente para los equipos de refrigeración que ofrecen como industria, en caso de utilizar otras marcas se deberá consultar a su proveedor acerca de las condiciones de instalación necesaria para el correcto funcionamiento y operación de los equipos. Este manual se ofrece como guía en aspectos básicos que debe cumplir la instalación para el cumplimiento de garantía

de los equipos. Entre los temas que toca están: Correcto cableado eléctrico, tipos de variadores de frecuencia, correcto sistema de tierra, canalizaciones permitidas y arrancadores suaves para motores.

También como metodología de trabajo en la parte de Refrigeración se han utilizado diferentes artículos y publicaciones aprobadas por parte del IIAR, para las diferentes secciones que corresponden básicamente al diseño de control de un sistema de este tipo y que trata sobre una parte del PFG desarrollado. Como puntos relevantes en estos documentos se indica las variables más importantes a controlar a nivel de funcionamiento de los equipos, así como también aspectos muy importantes que se deben seguir a nivel de seguridad para salvaguardar a las personas que operan y participan de los proyectos que se desarrollan por parte de RSF.

Como parte también de metodologías que se ha empleado, se encuentra una que es muy común en Costa Rica que es el llamado trabajo empírico, en donde se utiliza como herramienta principal y casi que única, la experiencia de ciertas personas con conocimiento en el tema a partir de sus aprendizajes en diferentes lugares de trabajo muchas veces sin documentación técnica de respaldo o formación académica.

En este caso la información se logra a partir de la transferencia de conocimiento de una persona a otra por medio de la solución de diferentes casos que se han tenido y en donde los resultados han sido satisfactorios a partir de la prueba y error (experimentación), con lo cual logran mantener sistemas operando por muchísimos años, posiblemente con muchísimas oportunidades de mejora en las cuales no deciden investigar por falta de interés o tiempo.

Sin duda esta metodología de trabajo conlleva normalmente muchos gastos adicionales o bien retrabajos muy costosos, por una mala aplicación acerca de la teoría para el diseño correcto de instalación de los equipos que se requieren en un sistema de refrigeración industrial con amoníaco.

Como se indicó anteriormente ha sido una metodología de trabajo muy común en las diferentes industrias del país.

Estas son algunas de las metodologías que se han encontrado durante el proceso de investigación para la metodología que se está desarrollando en este PFG y que son un gran aporte para su adecuado desarrollo.

2.3.2.2 Conclusiones y recomendaciones obtenidas de la investigación preliminar

De las investigaciones preliminares realizadas para el desarrollo del PFG se puede concluir lo siguiente:

- El documento oficial de seguridad eléctrica en Costa Rica para realizar el diseño eléctrico de un sistema de Refrigeración Industrial con Amoniaco es el Código Eléctrico Nacional desarrollado por la NFPA y aprobado por el Colegio de Ingenieros y Arquitectos (CFIA). Dicho documento es validado por la legislación de Costa Rica y fue publicado en la Gaceta en febrero de 2012 para cumplimiento y seguimiento de las empresas y personas que participan de dichos proyectos.
- El IIAR establece las normas de refrigeración y buenas prácticas a seguir para el control de dichos sistemas. Su seguimiento garantiza el realizar diseños seguros y funcionales para las diferentes plantas de Refrigeración Industrial.
- Para el diseño eléctrico y seguro de los equipos de Refrigeración Industrial se debe siempre solicitar los manuales de instalación que tiene cada fabricante de equipos. Esto como una medida de garantía de que se va cumplir con todas las recomendaciones requeridas para una correcta operación de los componentes adquiridos durante todo su ciclo de vida de operación.
- Aunque se ha utilizado por muchos años en Costa Rica y parte de la región el diseño de sistema de refrigeración por amoniaco a partir de información sin respaldo técnico puede conllevar a crear

sistemas inseguros o bien que operan de manera ineficiente provocando costos más elevados de operación en muchas industrias producto de la falta de información y actualización de los sistemas existentes.

- En metodologías de diseño y control eléctrico se debe estar realizando revisiones periódicas debido a los constantes cambios o mejoras que se puedan ir presentando con el tiempo para poder contar siempre con información actualizada vigente.

2.3.3 Otra teoría relacionada con el tema en estudio

En los siguientes apartados se explican otras metodologías de interés que tiene relación con el PFG desarrollo para este proyecto.

2.3.3.1 Guía de Diseño de Instalaciones Eléctricas (IEC- 60364-1)

El decreto ejecutivo No 36979 (Gaceta, 2012) en Costa Rica indica lo siguiente acerca del Reglamento de Oficialización del Código Eléctrico en Costa Rica: Se aceptarán instalaciones para uso final de la electricidad que cumplan otras normas técnicas de instalación adicionales a las mencionadas en el Código Eléctrico de Costa Rica; siempre que no se generen combinaciones de estas normas de instalación en un mismo sistema y se dé estricto cumplimiento a la norma aplicable en toda la instalación. Quedará bajo la responsabilidad del profesional a cargo del proyecto eléctrico el fiel cumplimiento de esta disposición.

La Sección 131 de la norma IEC 60364-1 Instalaciones Eléctricas para Edificaciones contiene los principios fundamentales de protección para seguridad que comprenden: protección contra descargas eléctricas, protección contra efectos térmicos, protección contra sobre corriente, protección contra corrientes de falla y protección contra sobre tensión. Todos estos peligros potenciales están contemplados en los requisitos de este Código.

Esta norma (IEC) se aplica en muchos países, principalmente en la región de Europa en donde cuenta con su propio reglamento eléctrico. A nivel país la confusión que se ha dado en muchas plantas industriales es que se adquieren muchos equipos industriales con voltajes y frecuencias de operación que no son los rigen en el país y por ende se termina diseñando con una mezcla de normas, lo cual no es seguro para la instalación ni el funcionamiento correcto de los equipos. Esta mezcla de normas genera muchas dudas a nivel del diseño eléctrico y de control al no tener darse una parametrización correcta de todos los valores que deben utilizar.

La IEC 60364 ha sido establecida por parte de expertos médicos e ingenieros de todos los países del mundo con una experiencia equiparable en un nivel internacional. En la actualidad, los principios de seguridad de la IEC 60364 y la 60479-1 son los fundamentos de la mayoría de las disposiciones legales del mundo a nivel de sistemas eléctricos, por lo tanto, no es que una norma IEC vs NEC sea mejor que la otra, el cuidado que se debe tener es no mezclar sus fundamentos de diseño en un proyecto ya que como mencionó anterior esta conllevaría a una serie de errores de instalación eléctrica.

Otro aspecto importante a comentar es que los productos bajo la legislación del NEC tienen como certificado de aprobación la marca UL (Underwriters Laboratories), que es uno de los símbolos con mayor reconocimiento de que un producto cumple con garantía los estándares de seguridad y calidad de los productos en Estados Unidos y nuestro caso para aplica también para Costa Rica.

Según la Guía de Diseño de Instalaciones Eléctricas (Schneider Electric, 2017). La conformidad del equipo con la normativa pertinente se puede garantizar:

- Mediante una marca oficial de conformidad garantizada por el organismo de certificación competente.
- Mediante un certificado de conformidad emitido por un organismo de certificación.

En Europa las directivas europeas precisan que el fabricante o un representante autorizado realice el marcado bajo su propia responsabilidad. Esto significa que:

- El producto cumple los requisitos legales.
- Se supone que se puede sacar al mercado en Europa.
- El mercado CE no es ni una marca de origen ni una marca de conformidad.

Las marcas de conformidad se colocan en los dispositivos y en el equipo que generalmente utilizan personas sin cualificación (ej. en los dispositivos eléctricos). Las marcas de conformidad son emitidas por un organismo de certificación si el equipo cumple los requisitos de una normativa aplicable y tras la verificación por parte del sistema de gestión de calidad del fabricante.

Para el PFG desarrollado se utiliza la normativa del NEC (última versión aprobada por el Colegio de Ingenieros y Arquitectos) que es la que aplica para nuestras condiciones según la legislación de Costa Rica, y por ende los productos a utilizar deberán cumplir con el sello de conformidad UL. Aunque se deberá también considerar algunos aspectos de la norma europea (IEC) ya que muchas plantas en país operan bajo estos parámetros de diseño.

2.3.3.2 Norma INTECO INTE W68:2019 Instalación de Sistema de Refrigeración por Amoniac.

Según indica el documento INTE W68:2019: El Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO) es el Ente Nacional de Normalización, según la Ley N°8279 del año 2002. Organización de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es “desarrollar la normalización del país con el soporte de los servicios de evaluación de la conformidad y productos relacionados a nivel nacional e internacional, con un equipo humano competente, con credibilidad e independencia”. Colabora con el

sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el periodo de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

Esta norma ha sido desarrollada en cumplimiento de los requisitos de nivel 1 y nivel 2 del Standards Council of Canada (SCC).

Esta norma INTE W68:2019 fue aprobada por la Comisión Nacional de Normalización de INTECO en la fecha del 2019-01-23.

Esta norma especifica los requisitos mínimos para la instalación segura de sistemas mecánicos de refrigeración por amoníaco y tuberías para dispositivos de sobrepresión, cuando se usan junto con un sistema de refrigeración por amoníaco de circuito cerrado. Esta información es de utilidad para el PFG ya que sirve para identificar los puntos de control que se requiere en la Metodología de Diseño Eléctrico y de Control de un Sistema de Refrigeración.

En norma se hace referencia a la instalación eléctrica y de control para los siguientes equipos:

- Compresores: El equipo y el cableado eléctrico se deben instalar de conformidad con las disposiciones de la legislación nacional vigente (ver norma NFPA 70).
- Condensadores: Para los cuáles se indica lo siguiente:
 - a- Todos los componentes giratorios expuestos (por ejemplo: ejes, bandas, poleas, volantes, acoplamientos) se deben proteger con pantallas de protección, cobertores o puertas de acceso, de conformidad con las normas de seguridad vigentes.
 - b- El equipo y el cableado eléctrico se deben instalar de acuerdo con las disposiciones de la legislación nacional vigente (ver norma NFPA 70).

De manera similar se indica lo mismo para otros equipos del Sistema de Refrigeración tales como: Evaporadores, recipientes de presión, válvulas y tuberías.

La norma también hace referencia a los a la instalación de componentes y sistemas de control para: bombas, refrigerantes, indicadores visuales, sistemas de aislamiento, niveles. También muy importante y que es tema que se menciona en este documento son la pruebas que se le deben desarrollar a la instalación una vez que se ha finalizado.

Según la norma INTE 68 (pág14). Una vez concluida la instalación, el sistema de refrigeración por amoníaco se debe haber sometido a pruebas de campo con respecto a su hermeticidad, haber evacuado y, de ser necesario, deshidratado, de conformidad con el Anexo C de la norma ANSI/IIAR. Se debe realizar una inspección previa a la prueba para verificar que todos los componentes del apartado de tuberías que se estén examinando tengan una clasificación de presión que cumpla o supere la presión de prueba en campo especificada. Todas las fugas se deben haber reparado y los materiales defectuosos se deben haber reemplazado.

Este documento es un valioso aporte para el PFG, ya que se ha venido desarrollando por expertos en Costa Rica que brindan información acerca de las pautas a seguir durante una instalación sin un detalle muy profundo, pero que permite entender muchas de las partes que componen un Sistema de Refrigeración.

2.3.3.3 Certificación LEED

Según el LEED GREEN ASSOCIATE (2023). La Certificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design o LEED) es un sistema de certificación de reconocimiento internacional para edificios sustentables. Creado por el U.S. Green Building Council (USGBC).

Tanto empresas como desarrolladoras, constructoras y gobiernos a nivel mundial utilizan la Certificación LEED para obtener grandes beneficios en sus edificaciones.

Entre los beneficios que proporciona esta evaluación se encuentran:

- Espacios con mejores condiciones para la salud y productividad.
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Acceso a incentivos fiscales.
- Disminución en los costos de operación y residuos.
- Incremento del valor de sus activos.
- Ahorro energético y de recursos.

LEED se ha consolidado como el sistema de evaluación para edificaciones sustentables más amplio del mundo con cerca de 80,000 proyectos participantes alrededor de 162 países, incluyendo más de 32,500 proyectos comerciales certificados.

Desde sus inicios, alrededor del año 2000, hasta la actualidad, este sistema, busca la eficiencia energética, ha ido en constante evolución tomando en cuenta tendencias contemporáneas en la industria de la construcción, bienes raíces y estudios ambientales.

La certificación LEED se obtiene por medio de créditos obtenidos a partir de siete grupos en revisión los cuales son los siguientes según el LEED GREEN ASSOCIATE:

Ubicación y transporte: Presta atención en incentivar de transporte alternativo (bicicletas, autos híbridos, transporte público) enfocado a la disminución del uso del auto común.

Sitios Sustentables. Esta categoría se refiere a los agentes que impactan dentro del entorno exterior, como evitar la sedimentación y erosión, restauración del hábitat, tratamiento de agua de lluvia, entre otras estrategias.

Eficiencia del agua. Los créditos de esta familia se basan en el aprovechamiento óptimo del agua, su tratamiento, captación, reutilización, ahorro y su desecho correcto.

Energía y atmósfera. Procura una utilización óptima de la energía, la fuente de la misma y cómo la eficiencia energética impacta en la comunidad. Es el grupo que más créditos brinda para lograr la certificación.

Materiales y recursos. Esta familia de créditos toma en cuenta el origen de los materiales en la construcción, dando prioridad a materiales reutilizados. Además, evalúa la manera en que los residuos propios de la construcción son manejados.

Calidad de ambiente interior. Familia enfocada en el bienestar de los ocupantes del inmueble a través de estrategias que influyan en su salud y bienestar, así como acciones que procuren una renovación del aire interior a través de una adecuada ventilación, libre de químicos o humo de tabaco; el aseguramiento de un ambiente interior con una temperatura confortable, entre otros aspectos considerables en los edificios LEED.

Innovación. Esta familia de créditos se basa en el compromiso constante de mejora de las estrategias implementadas.

Prioridad regional. Con la finalidad de eliminar que la huella de carbono aumente debido al transporte de materiales que se fabrican a distancias largas y promover el desarrollo sustentable las estrategias empleadas con materiales y soluciones regionales merecieron una familia de créditos.

Para el PFG este tipo de documento es mucho interés por que toca el tema del impacto ambiental que se pueda tener en el desarrollo de un proyecto , incluso se ve como el tema del uso correcto de la energía (caso del PFG , la eléctrica) es una de la de mayores peso, por lo que el desarrollar un diseño de la manera correcta pensando en el beneficio ambiental que pueda tener además de la producción de un producto será de gran beneficio no solo para el cliente, sino también para la comunidad y el medio ambiente.

3. Marco Metodológico

Para este PFG se utiliza un enfoque cualitativo en el cual se usará información documental, datos narrativos, resultados de otros autores; es una investigación exploratoria en la cual se lleva a cabo un análisis de la información a través de fuentes primarias y principalmente secundarias. La revisión de distintos textos de lectura y de la información investigada se hizo de forma selectiva procurando utilizar fuentes que aportaran valor al PFG desarrollado. Por fuente de información se entiende cualquier elemento o, en un sentido más amplio, recurso, que nos pueda servir para satisfacer una necesidad informativa.

Al utilizar como principal insumo para el desarrollo del trabajo el uso de fuentes secundarias y en menor medida las primarias, el objetivo será revisar y analizar documentos que hacen referencia a otros artículo o normas de las cuales se logrará obtener los datos necesarios para poder completar el trabajo ejecutado.

3.1 Fuentes de información

Son todos aquellos elementos de los cuales proviene la información, que satisfacen las necesidades de conocimiento de una situación o problema presentado y, que posteriormente será utilizado para lograr los objetivos esperados.

3.1.1 Fuentes primarias

Como se indica en el texto: Clasificación General de las Fuentes de Información (Universidad de Guadalajara, 2023) “Las fuentes primarias, contienen información original que ha sido publicada por primera vez y que no ha sido filtrada, interpretada o evaluada por nadie más. Son producto de una investigación o de una actividad eminentemente creativa. Componen la colección básica de una biblioteca y pueden encontrarse en soporte impreso o digital. Para el PFG se utiliza como

fuente primaria, esencialmente el juicio de expertos, fabricantes lo cuales por medio de sus experiencia e investigación nos brindaron información acerca de trabajo ejecutado.

3.1.2 Fuentes secundarias

Como se indica en uno de los textos (Universidad de Guadalajara, 2023); las fuentes secundarias contienen información primaria, sintetizada y reorganizada. Están diseñadas para facilitar y maximizar el acceso a las fuentes primarias o a sus contenidos. Componen la colección de referencia de una biblioteca. Se utilizan cuando no se tiene acceso a la fuente primaria por una razón específica, cuando los recursos son limitados y cuando la fuente no es confiable. Permiten confirmar los hallazgos en una investigación y ampliar el contenido de la información de una fuente primaria.

Para el PFG desarrollado como se mencionó anteriormente se utiliza las fuentes secundarias como el sustento de información para el desarrollo de trabajo, se emplean una serie de normas y artículos que hacen referencia a otros documentos e investigaciones que se han llevado a cabo en la elaboración de los diferentes trabajos de diseño y control.

Tabla 1.
Fuentes de información utilizadas

Objetivos	Fuentes de Información	
	Primarias	Secundarias
1. Realizar un estudio de las normas nacionales e internacionales aprobadas para el cumplimiento con el diseño eléctrico de un	- Entrevistas con profesionales de diseño - Consulta a planos existentes. - Documentación de fabricantes de equipos.	- Revisión de normas de NFPA - Revisión de normas de IIAR - Lectura de revistas y otro tipo de literatura

Objetivos	Fuentes de Información	
	Primarias	Secundarias
<p>proyecto de refrigeración industrial, con el fin de cumplir con los reglamentos vigentes y normativas aprobadas por los entes del gobierno en nuestro país.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Grupos de trabajo 	
<p>2. Realizar un estudio de las normas del IIAR (Instituto Internacional para la Refrigeración con Amoniac) e INTECO en el control de un sistema de refrigeración industrial, para poder comprender y documentar los parámetros de control que se necesitan para operar de manera</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Consulta de expertos - Fabricantes de equipos - Planos de diseño existentes - Grupos de trabajo - Documentos de clientes 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de normas de NFPA - Revisión de normas de IIAR - Lectura de revistas y otro tipo de literatura. - Manuales de equipos. - Normas INTECO - Revistas

Objetivos	Fuentes de Información	
	Primarias	Secundarias
satisfactoria una planta de refrigeración.		
3. Desarrollar una lista de requerimientos detallados sobre los aspectos a considerar para el diseño eléctrico correcto de un sistema de refrigeración industrial para incluirlos en todos los cálculos y	<ul style="list-style-type: none"> - Consulta de expertos - Fabricantes de equipos - Planos de diseño existentes - Grupos de trabajo 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de normas de NFPA - Revisión de normas de IIAR - Lectura de revistas y otro tipo de literatura. - Manuales de equipos. - Planos de equipos - Normas INTECO - Revistas ADE, CFIA
4. Definir los procesos necesarios para estructurarlos de acuerdo con la guía PMBOK, para elaborar la metodología de diseño eléctrico y de control.	<ul style="list-style-type: none"> - Entrevistas con profesores de la UCI. - Asesoría de expertos en el área de Proyectos - Documentos de UCI - Grupos trabajo 	<ul style="list-style-type: none"> - Guia del PMBOK® 6ª. Ed. - Revistas e informes del PMI. - Artículos de Internet. - Repositorio de bases de datos de la UCI. - Documentos de Internet

Objetivos	Fuentes de Información	
	Primarias	Secundarias

Nota: La Tabla 1 muestra las fuentes de información utilizadas, en correspondencia con cada objetivo, y según sean primarias o secundarias.

3.2 Métodos de Investigación

La metodología de investigación es un marco sistemático que se utiliza para resolver el problema de investigación mediante el uso de los mejores y más factibles métodos para llevar a cabo la investigación, al tiempo que se alinea con la finalidad y los objetivos de su investigación.

La metodología de investigación incluye responder al qué, al por qué y al cómo de su investigación.

Para ponerlo en palabras más sencillas, explicar sobre:

- **Qué:** ¿Cuál es método de investigación, qué herramientas utilizará para recoger y analizar los datos, ¿cuál sería el tamaño de la muestra?
- **Por qué:** ¿Por qué eliges lo que has planeado elegir?
- **Cómo:** ¿Cómo piensa utilizar los métodos y herramientas para resolver su problema de investigación y llevar a cabo la investigación

La importancia de la metodología de investigación radica en cuatro aspectos muy importantes:

- Ayuda a planificar su investigación.
- Le ayuda a documentar la investigación con precisión desde el principio hasta el final.
- Permite a los lectores comprender el enfoque y los métodos utilizados en la investigación.

- Si te encuentras con alguna crítica o pregunta sobre tu investigación, puedes remitirte a la metodología y explicar tu enfoque con un razonamiento

Para el PFG desarrollado se cuenta con los siguientes métodos de investigación los cuales se explican en los siguientes párrafos del trabajo ejecutado.

3.2.1 Método analítico-sintético

Según el PMBOOK (PMI, 2017), este método se refiere a dos procesos intelectuales inversos que operan en unidad: el análisis y la síntesis. El análisis es un procedimiento lógico que posibilita descomponer mentalmente un todo en sus partes y cualidades, en sus múltiples relaciones, propiedades y componentes. Permite estudiar el comportamiento de cada parte. La síntesis es la operación inversa, que establece mentalmente la unión o combinación de las partes previamente analizadas y posibilita descubrir relaciones y características generales entre los elementos de la realidad. Funciona sobre la base de la generalización de algunas características definidas a partir del análisis. Debe contener solo aquello estrictamente necesario para comprender lo que se sintetiza.

El análisis y la síntesis funcionan como una unidad dialéctica y de ahí que al método se le denomine analítico-sintético. El análisis se produce mediante la síntesis de las propiedades y características de cada parte del todo, mientras que la síntesis se realiza sobre la base de los resultados del análisis. En la investigación, puede predominar uno u otro procedimiento en una determinada etapa.

Para el desarrollo del presente PFG se utiliza este método, ya que el método de su desarrollo ha sido de descomponer y distinguir los diferentes elementos, revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado, y se tiene a reconstruir un todo, a partir de los elementos estudiados por el análisis.

3.2.2 Método inductivo

El método inductivo es un proceso de razonamiento basado en la observación y la experimentación para llegar a una conclusión general a partir de casos específicos.

A partir de estos patrones o tendencias, se llega a una conclusión general o una teoría que se considera válida para todos los casos similares.

Es importante tener en cuenta que la conclusión general a la que se llega mediante el método inductivo es tentativa y puede ser revisada en función de nuevas observaciones y experimentos.

Algunas de las principales características del método inductivo son las siguientes:

- **Observación empírica:** Observación empírica de hechos específicos y concretos.
- **Va de lo particular a lo general:** Parte de la observación de casos específicos para llegar a conclusiones generales.
- **Flexibilidad:** Es flexible y se adapta a los datos observados. Si los nuevos datos observados no encajan con la teoría o conclusión general, la teoría puede ser modificada o incluso rechazada.
- **Tentativita:** Las conclusiones a las que se llega mediante el método inductivo son tentativas y pueden ser revisadas o modificadas en función de nuevas observaciones o experimentos.
- **Contextual:** El método inductivo se enfoca en el contexto específico en el que se realiza la observación y la experimentación.

Para el PFG el método inductivo se aplica principalmente en la investigación de campo: En donde se observan situaciones y eventos específicos para obtener información sobre un tema en particular.

3.2.3 Método deductivo

De acuerdo con Narváez, M. (2023), “el método deductivo es un proceso para la obtención de conocimiento que consiste en desarrollar aplicaciones o consecuencias concretas a partir de principios generales”.

Este método de investigación parte de la elaboración de una o varias hipótesis a partir de teorías o principios existentes, tras lo cual trata de poner a prueba dichas hipótesis.

El método deductivo se apoya en la idea de qué si una relación o vínculo causal parece estar implícito en una teoría particular o en un ejemplo de caso, podría ser cierto en muchos casos. El método deductivo busca comprobar si esta relación o vínculo se da en circunstancias más generales.

A veces se le denomina pensamiento descendente o ir de lo general a lo específico, porque parte de una idea general y llega a una conclusión específica.

Según lo anterior, para el presente PFG se utiliza este método para realizar deducciones lógicas desde la perspectiva general de conceptos básicos a especificar en el trabajo desarrollado.

En la Tabla 2, se pueden apreciar los métodos de investigación utilizados para el desarrollo de los objetivos definidos para este proyecto.

Tabla 2.
Métodos de Investigación Utilizados

Objetivos	Métodos de Investigación		
	Método analítico-sintético	Método inductivo	Método deductivo
1. Realizar un estudio de las normas nacionales e internacionales aprobadas para el cumplimiento con el diseño eléctrico de un proyecto de refrigeración industrial, con el fin de cumplir con los reglamentos vigentes y normativas aprobadas por los entes del gobierno.	-Se llevó a cabo una investigación de la documentación para determinar su validez y aplicación en el PFG	-Se hizo análisis de campo para lograr validar que la información teórica tuviese aplicación	-Se revisaron artículos de opinión y criterio de expertos para definir las áreas a desarrollar.
2. Realizar un estudio de las normas del IIAR (Instituto Internacional para la Refrigeración con Amoniaco) e	-Se revisó y estudió la literatura ya existente sobre las normas para diseño en sistemas de	-Se tomaron los artículos de las normas más utilizados para el desarrollo de diseño	-Se compararon artículos de opinión y propuestas de trabajos realizados por expertos para

Objetivos	Métodos de Investigación		
	Método analítico-sintético	Método inductivo	Método deductivo
INTECO en el control de un sistema de refrigeración industrial, para poder comprender y documentar los parámetros de control que se necesitan para operar de manera satisfactoria una planta de refrigeración.	refrigeración con amoniaco.	eléctrico y de control en los sistemas de refrigeración.	aplicar u homologar con este objetivo
3. Desarrollar una lista de requerimientos detallados sobre los aspectos a considerar para el diseño eléctrico correcto de un sistema de refrigeración industrial para incluirlos en todos los cálculos y	- De acuerdo a la documentación revisada se elaboró una lista de los aspectos más relevantes a considerar para un diseño como el propuesto.	- Se tomó lista de requerimientos y se hizo evaluación de campo para observar su aplicación correspondiente.	Se tomó lista de requerimientos según normas y se compararon las similitudes y aplicaciones según cada caso para desarrollar la

Objetivos	Métodos de Investigación		
	Método analítico-sintético	Método inductivo	Método deductivo
detalles necesarios con el fin de garantizar un correcto diseño y lista de necesidades.			metodología más conveniente
4. Definir los procesos necesarios para estructurarlos de acuerdo con la guía PMBOK, para elaborar la metodología de diseño eléctrico y de control.	- Se revisaron formatos y técnicas similares para adaptar a la metodología propuesta	-De acuerdo a las revisiones de documentos y formatos prestablecidos se	-Se revisaron artículos de expertos e iniciativas de metodologías similares para aplicar en este objetivo

Nota: La Tabla 2 muestra los métodos de investigación utilizados, en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia.

3.3 Herramientas

Según el PMI (2017), la gestión de proyectos de desarrollo se define como el uso de una combinación de herramientas y técnicas derivadas de buenas prácticas y estándares internacionales para asegurar el logro de los objetivos específicos (resultado, producto o servicio) del proyecto dentro del tiempo (cronograma)” (PMI, 2017página).

Herramienta se define como algo tangible, una plantilla o un programa de software, empleado al realizar una actividad para conseguir un producto o resultado. Y define técnica como un procedimiento sistemático definido y utilizado por una o más persona para desarrollar actividades, a fin de generar un producto.

Según PMI (2017), las herramientas de gestión de proyectos generalmente se definen por las diferentes funciones que ofrecen. Incluyen, entre otras:

- Planificación/programación: las herramientas de gestión de proyectos te permiten planificar y delegar el trabajo en un solo lugar con tareas, subtareas, carpetas, plantillas, flujos de trabajo y calendarios.
- Colaboración: el correo electrónico ya no es la única forma de comunicación. Utiliza las herramientas de gestión de proyectos para asignar tareas, añadir comentarios, organizar paneles de control y para revisiones y aprobaciones.
- Documentación: evita la pérdida de archivos con las funciones de gestión de archivos: edición, control de versiones y almacenamiento de todos los archivos.
- Evaluación: realiza un seguimiento y evalúa la productividad y el crecimiento a través de la gestión de recursos e informes

Las herramientas utilizadas para el PFG son las siguientes:

- Recopilación de datos: Utilizada para recopilar datos e información de diversas fuentes.
- Análisis de documentos: Utilizadas para organizar, examinar y evaluar datos e información.
- Juicio de expertos: Información obtenida de personas con amplio conocimiento y experiencia en el tema desarrollado.
- Técnicas para la toma de decisiones: Utilizadas para seleccionar un curso de acción entre diferentes alternativas.

- Entrevistas: Se utilizan para transferir información entre los interesados.
- Tormenta de ideas: Se utilizan para liderar e interactuar de manera efectiva con miembros del equipo y otros interesados.
- Capacitación: Información obtenida por medio de seminarios o cursos recibidos relacionados con el tema.
- Revisión de información histórica: Repaso de datos sobre lo que se ha venido realizando en el pasado relacionado con el PFG.
- Inspección: Visitas a plantas ya construidas o en desarrollo para la verificación de variables que se deben tomar en cuenta durante la ejecución de los trabajos.

En la tabla 3 se muestra las herramientas utilizadas para cada objetivo del PFG.

Tabla 3.
Herramientas utilizadas.

Objetivos	Herramientas
<p>1. Realizar un estudio de las normas nacionales e internacionales aprobadas para el cumplimiento con el diseño eléctrico de un proyecto de refrigeración industrial, con el fin de cumplir con los reglamentos vigentes y normativas aprobadas por los entes del gobierno en nuestro país.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Listas de verificación - Análisis de documentos - Análisis de procesos - Entrevistas - Juicio de expertos - Análisis de interesados - Revisión de la información histórica - Capacitación

Objetivos	Herramientas
<p>2. Realizar un estudio de las normas del IIAR (Instituto Internacional para la Refrigeración con Amoniaco) e INTECO en el control de un sistema de refrigeración industrial, para poder comprender y documentar los parámetros de control que se necesitan para operar de manera satisfactoria una planta de refrigeración.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Listas de verificación - Análisis de documentos - Análisis de procesos - Entrevistas - Juicio de expertos - Análisis de interesados - Inspección - Revisión de la información histórica - Capacitación
<p>3. Desarrollar una lista de requerimientos detallados sobre los aspectos a considerar para el diseño eléctrico correcto de un sistema de refrigeración industrial para incluirlos en todos los cálculos y detalles</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Listas de verificación - Análisis de documentos - Análisis de procesos - Entrevistas - Juicio de expertos

Objetivos	Herramientas
necesarios con el fin de garantizar un correcto diseño y lista de necesidades.	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de interesados - Reuniones - Revisión de la información histórica - Análisis de proceso
4. Definir los procesos necesarios para estructurarlos de acuerdo con la guía PMBOK, para elaborar la metodología de diseño eléctrico y de control.	<ul style="list-style-type: none"> - Diagramas de influencia - Juicio de expertos - Capacitación - Tormenta de ideas

Nota: La Tabla 3 muestra las herramientas utilizadas, en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia.

3.4 Supuestos y restricciones

En el tema de Supuestos y Restricciones en proyectos se puede considerar que los proyectos no tienen total certeza de los eventos que pueden ocurrir durante su ciclo de vida. Es por ese motivo que se deben estimar los diferentes Supuestos y Restricciones para determinar el camino a seguir de un proyecto.

Se deben tener en cuenta las definiciones de estos términos.

- Según la OCIO (Office of the Chief Information Officer Washington State, 2019) “Los supuestos son circunstancias y eventos que deben ocurrir para que el proyecto sea exitoso, pero

que no están dentro del control del equipo del proyecto. Los supuestos son siempre aceptados como verdaderos a pesar de no ser demostrados”.

- Según el artículo "Project-Speak: Assumptions and Constraints" de la Universidad Loyola de Chicago en Estados Unidos (2019), una Restricción es una condición, circunstancia o evento limitante, estableciendo límites al proceso del proyecto y su resultado esperado.

Los supuestos y restricciones, y su relación con los objetivos del proyecto final de graduación, se ilustran en la Tabla 4, a continuación.

Tabla 4.
Supuestos y restricciones.

Objetivos	Supuestos	Restricciones
1. Realizar un estudio de las normas nacionales e internacionales aprobadas para el cumplimiento con el diseño eléctrico de un proyecto de refrigeración industrial, con el fin de cumplir con los reglamentos vigentes y normativas aprobadas por los entes del gobierno en nuestro país.	-Se tendrá total acceso a la información de normas para obtener la información requerida. -Aprobación por parte RSF para tener acceso a la documentación	-El tiempo de algunos expertos para consultas se puede ver restringido ya que pasan muchas horas en campo y con poco acceso.
2. Realizar un estudio de las normas del IIAR (Instituto Internacional para la Refrigeración con Amoniac) e	-Se cuenta con normas vigentes en el país para	-El tiempo para desarrollar el PFG es de 3 a 4 meses

Objetivos	Supuestos	Restricciones
<p>INTECO en el control de un sistema de refrigeración industrial, para poder comprender y documentar los parámetros de control que se necesitan para operar de manera satisfactoria una planta de refrigeración.</p>	<p>estos temas sin restricción alguna.</p> <p>-Aprobación por parte de la empresa para tener acceso a los documentos</p>	
<p>3. Desarrollar una lista de requerimientos detallados sobre los aspectos a considerar para el diseño eléctrico correcto de un sistema de refrigeración industrial para incluirlos en todos los cálculos y detalles necesarios con el fin de garantizar un correcto diseño y lista de necesidades.</p>	<p>-Se tendrá acceso a diferentes fuentes de información, tales como documentación de la empresa RSF, artículos técnicos revistas sin limitante alguna.</p>	<p>-Falta de interés y tiempo por parte de los involucrados (stakeholders) para lograr completar la lista de requerimientos necesarios.</p>
<p>4. Definir los procesos necesarios para estructurarlos de acuerdo con la guía PMBOK, para elaborar la metodología de diseño eléctrico y de control.</p>	<p>-Existe total aprobación por parte de RSF para el desarrollo de la metodología que se plantea.</p>	<p>-Falta de recursos (presupuesto y tiempo) para brindar capacitación a todos los involucrados.</p>

Objetivos	Supuestos	Restricciones
<i>Nota:</i> La Tabla 4 muestra supuestos y restricciones utilizadas en correspondencia con cada objetivo.		
Autoría propia.		

3.5 Entregables

En el (PMI, 2017) se define a los entregables como “cualquier producto, resultado o capacidad único y verificable para ejecutar un servicio que se debe producir para completar un proceso, una fase o un proyecto.” (PMI, 2017, p. 708). Los entregables definen los paquetes principales del proyecto, según Lledó (2017), cada etapa o fase del proyecto por lo general termina con un entregable o lección aprendida que habilita o no a continuar con la siguiente fase. Cada entregable tiene un criterio de aceptación, es decir es un “producto o servicio verificable” (Lledó, 2017).

En la Tabla 5, se definen los entregables para cada objetivo propuesto.

Tabla 5.
Entregables.

Objetivos	Entregables
1. Realizar un estudio de las normas nacionales e internacionales aprobadas para el cumplimiento con el diseño eléctrico de un proyecto de refrigeración industrial, con el fin de cumplir con los reglamentos vigentes y normativas	<ul style="list-style-type: none"> - Listas, párrafos y tablas comparativas entre los requisitos de las normas nacionales e internacionales y su aceptación en la legislación de Costa Rica y entes internacionales. - Identificación de temas críticos en el diseño eléctrico según las normas.

<p>aprobadas por los entes del gobierno en nuestro país.</p>	
<p>2. Realizar un estudio de las normas del IIAR (Instituto Internacional para la Refrigeración con Amoniaco) e INTECO en el control de un sistema de refrigeración industrial, para poder comprender y documentar los parámetros de control que se necesitan para operar de manera satisfactoria una planta de refrigeración.</p>	<p>- Matriz de parámetros, variables, tablas resumen, y textos que abarquen los dispositivos de control para un sistema seguro y eficiente de un sistema de refrigeración con amoniaco.</p>
<p>3. Desarrollar una lista de requerimientos detallados sobre los aspectos a considerar para el diseño eléctrico correcto de un sistema de refrigeración industrial para incluirlos en todos los cálculos y detalles necesarios con el fin de garantizar un correcto diseño y lista de necesidades.</p>	<p>- Listas, párrafos, planos, matriz de valores y requerimientos que se deben considerar para la elaboración de la correcta metodología de diseño eléctrico y de control del PFG desarrollado.</p>
<p>4. Definir los procesos necesarios para estructurarlos de acuerdo con la guía</p>	<p>- Metodología para el plan de gestión de Diseño Eléctrico y de Control de un Sistema de Refrigeración Industrial con Amoniaco,</p>

PMBOK, para elaborar la metodología de gestión de diseño eléctrico y de control.	en base a las áreas de conocimiento aplicables.
--	---

✓ Creación de guía metodológica

Nota: La Tabla 5 muestra los entregables del proyecto, en correspondencia con cada objetivo. Autoría propia.

4 Desarrollo

Para el presente desarrollo del PFG se analizó y documentó la información que se requiere para cumplir con cada uno de los objetivos específicos mencionados en el acta del trabajo en estudio.

Inicialmente a partir de una revisión de las personas que interactúan en el diseño eléctrico se identificaron las partes interesadas del PFG, las cuales fueron incluidas en el siguiente formulario para el registro de las partes interesadas. Estas partes interesadas fueron consultadas a efectos del levantamiento de requisitos, establecer el alcance de los trabajos por realizar y de obtener juicio experto y criterio técnico para validar la información desarrollada.

Tabla 6.

Identificación y registro de partes interesadas para el PFG

Partes Interesadas	Intereses
Cliente	<ul style="list-style-type: none"> - Ver plasmadas en planos las ideas generales brindadas para el diseño del proyecto. - Revisar resultados globales de memorias de cálculos efectuados en el diseño. - Costos estimados del proyecto de acuerdo a la propuesta del diseño. - Diseño de planos con permisos de entes gubernamentales
Colaboradores del Cliente	<ul style="list-style-type: none"> - Comprender alcances específicos de los trabajos a realizar según el diseño. - Tener conocimiento de los equipos propuestos en el diseño. - Revisar que parámetros de control se está considerando.

Partes Interesadas	Intereses
	- Lenguaje de comunicación de datos a utilizar
Director de Proyectos	<ul style="list-style-type: none"> - Detalles completos sobre sistemas a instalar - Costo de equipos - Alcance del producto final - Permisos de construcción aprobados - Cronograma de trabajo según diseño
Ingeniero de Diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Especificaciones de diseño - Normativas aprobadas para el diseño - Certificaciones requeridas - Alcance de los sistemas eléctricos y de control - Manuales de fabricantes de equipos - Tiempo definido para entrega del producto - Parámetros de calidad de materiales deseados - Lista de interesados en el proyecto - Medio de comunicación
Dibujante	<ul style="list-style-type: none"> - Borradores de diseño. - Software de dibujo requerido para elaboración del diseño - Formato de láminas - Tiempos de entrega
Encargado de Compras	- Láminas con especificaciones de equipos requeridos

Partes Interesadas	Intereses
	-Diseño con cantidad de componentes necesarios para el proyecto.
Proveedores de equipos	<ul style="list-style-type: none"> - Especificaciones de equipos - Cantidades requeridas y reflejadas en planos -Tableros de potencia y paneles de control detallados con capacidades de cada componente. - Sistema de control, componentes - Lógica de control requerida en la automatización
Contratista de Instalación	<ul style="list-style-type: none"> -Planos bien detallados con claridad en el alcance del proyecto. -Tiempo estimado para fabricación del producto - Detalles de calidad de instalación requerida

Fuente: Elaboración propia

Se utilizó una serie de referencias bibliográficas que aportan diversa información para cada uno de los objetivos, así como también documentos aportados por expertos en la materia sobre lo que se debe considerar para la creación de una metodología de diseño eléctrico y de control de un sistema de refrigeración con amoníaco.

Dichas normas son conocidas en la compañía RSF ya que son los documentos base para la elaboración del diseño, además de que son los documentos utilizados por expertos para revisión y aprobación de planos. Esto fue verificado con las partes interesadas y personal externo de la empresa ya son documentos muy importantes que respaldan el diseño eléctrico y de control de los Sistemas de Refrigeración Industrial con Amoníaco.

4.1 Normas Nacionales e Internacionales aprobadas para el diseño eléctrico de un sistema de Refrigeración Industrial con Amoniaco


Para el desarrollo de este objetivo del PFG se hizo una investigación de distintas normas y documentos aprobados en el país para el correcto diseño eléctrico de un sistema de refrigeración industrial con amoniaco. Como elemento principal se estudió el NEC (Código Eléctrico Nacional) el cual en su artículo 90.1 denominado propósito indica lo siguiente: “90.1. Propósito” El NEC tiene como objetivo salvaguardar la práctica de las personas y de los bienes, de los riesgos que se derivan del uso de la electricidad. De igual manera se han creado otros documentos como las normas de INTECO, y una serie de reglamentos que vienen a ser complemento del NEC y que se mencionan en este proyecto.

Como se puede diferir de lo anterior el NEC como elemento principal, viene a ser una herramienta que nos brinda las condiciones mínimas de seguridad que debe tener una instalación eléctrica, por lo tanto, se usa como referencia principal para iniciar con el diseño, pero de manera paralela se debe emplear los documentos suministrados por fabricantes de equipos para el correcto diseño.

En la tabla número 7 antes de empezar con la descripción de cada norma se muestra un resumen de las normas nacionales e internacionales y temas críticos que se debe tener en cuenta para el diseño eléctrico los cuales fueron consultados con expertos responsables en consultoría y diseño en RSF.

Tabla 7.

Resumen de normativa nacional e internacional que se debe tomar en cuenta para el diseño eléctrico de un sistema de Refrigeración con Amoniaco

	Control de Versiones
Fecha:	Código Formulario:



Control de Versiones

Elaborado por:

Versión:

Nombre del Proyecto:


Nombre Formulario: Normativa Nacional e Internacional aplicable para el Diseño Eléctrico

Item	Descripción del diseño eléctrico	Norma Nacional	Norma Internacional	Temas críticos a considerar
1	Sistema eléctrico para tableros de potencia, transformadores y motores eléctricos	- Norma NFPA-70, “Código Eléctrico Nacional” (NEC, por sus siglas en inglés), en su última versión traducida al español comunicada oficialmente por el Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC) en el Diario Oficial La Gaceta.	NFPA- 70 NEC 2023 última versión.	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad de conductores eléctricos. - Capacidad de los sistemas de interrupción. - Selección y dimensionamiento de los tableros. - Estudio de cortocircuito. - Estudios de coordinación. - Sistema de canalización - Puesta a tierra. - Centro de Control de Motores. - Recomendaciones del fabricante de los equipos



Control de Versiones

Item	Descripción del diseño eléctrico	Norma Nacional	Norma Internacional	Temas críticos a considerar
2	Sistema de iluminación general	INTECO: INTE/ISO 8995-1:2016 Iluminación en áreas de trabajo	NFPA- 70 NEC 2023 última versión	- Iluminación en luxes o lúmenes requerida para las diferentes áreas de trabajo.
3	Sistema de seguridad eléctrica	Norma NFPA 70 E “Norma para la seguridad eléctrica de los empleados en los lugares de trabajo”, en su última versión traducida al español	Norma NFPA- 70E última versión.	<ul style="list-style-type: none"> - Selección e instalación de los dispositivos de bloqueo para los componentes eléctricos. - Estudio de arco eléctrico y selección de equipo de seguridad. - Rotulación de seguridad para los tableros de potencia.
4	Sistema de notificación de emergencia e incendios.	Reglamento Nacional de Protección contra Incendio de Bomberos de Costa Rica 2023	Norma NFPA-72 última versión	<ul style="list-style-type: none"> - Instalación del sistema de notificación de incendio según lo establecido por las normas. ‘- Selección adecuada de los componentes (detectores de humo, estaciones manuales, paneles, sistema de respaldo etc) según corresponda para cada área de trabajo.

 Control de Versiones				
Item	Descripción del diseño eléctrico	Norma Nacional	Norma Internacional	Temas críticos a considerar
5	Certificación de los componentes eléctricos	Certificación UL o CE.	UL certificación Internacional indicada en el NEC para USA CE: Para los componentes europeos	- Para un mismo diseño eléctrico no se debe trabajar con la mezcla de componentes con diferente certificación. - El Centro de Control de Motores deberá seguir la normativa UL-508.
6	Sistema de respaldo de emergencia	Norma NFPA-70, “Código Eléctrico Nacional” (NEC, por sus siglas en inglés), en su última versión traducida al español	Norma NFPA- 70 última versión aprobada.	- Capacidades de potencia que requieren respaldo de emergencia.
Aprobado por: <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> Ingeniero de diseño eléctrico Director General: </div>				

Fuente: Elaboración propia

4.1.1 NFPA 70 o Código Eléctrico Nacional (NEC 2017)

La principal publicación de la NFPA que compete para este PFG es la norma NFPA 70, que es un código de alcance internacional. Dicho documento indica los lineamientos para la seguridad de instalaciones eléctricas y fue adoptado en Costa Rica como ley de la república por medio de su

publicación en la Gaceta número 33, publicado el 15 de febrero del 2012, lo que hace imperativo su cumplimiento en todos los ambientes que estén dentro de su alcance. 32

Al respecto, el código se alinea a normas internacionales relacionadas con la protección para la seguridad de la corriente eléctrica. Especialmente, se alinea con la sección 131 de la norma 60464-1, Instalaciones Eléctricas de Edificios, de la Comisión Electrotécnica Internacional. El Código tiene por objetivo dar seguridad a las personas. No sólo eso, también sus bienes materiales. Incluso, contempla los riesgos que puedan presentarse con el uso de la electricidad. Por ello, plantea disposiciones necesarias que dan lugar a una instalación eléctrica libre de riesgos.

4.1.2 INTECO

El Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, INTECO, es el Ente Nacional de Normalización, según la Ley N° 8279 del año 2002. Organización de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es “desarrollar la normalización del país con el soporte de los servicios de evaluación de la conformidad y productos relacionados a nivel nacional e internacional. Colabora con el sector del gobierno y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo. La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

Esta norma nacional tiene como referencia el Código Eléctrico Nacional en el país para los trabajos que tenga que ver con electricidad de igual manera establece otra serie de normas relacionadas con el correcto diseño eléctrico de los sistemas de refrigeración industrial con amoníaco tales como:

- INTE E13-1 2017: Basado en la Norma NEMA MG-1 y UL-1004, establece los valores de

eficiencia nominal y mínima asociada, el método de prueba para su evaluación, y la especificación de etiquetado de la eficiencia nominal, en la placa de datos de los motores. Esta norma se aplica a motores eléctricos de corriente alterna, trifásicos, de inducción, jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 kW hasta 373 kW, con tensión eléctrica nominal de hasta 600 V, 60 Hz abiertos y cerrados, de posición de montaje horizontal o vertical. Este documento incluye información práctica sobre rendimiento, eficiencia, seguridad, pruebas, construcción y fabricación de generadores y motores de corriente alterna (CA) y corriente continua (CC).

- INTE/ISO 8995-1:2016: Nivel de iluminación requerida para los diferentes lugares de trabajo
- INTE T88:2019. Disposiciones de seguridad laboral en trabajos de instalaciones eléctricas de baja y media tensión. Establece los requisitos generales de seguridad de actividades cerca de instalaciones eléctricas de baja y media tensión en los centros de trabajo, permanentes o temporales, a fin de minimizar los riesgos y peligros del personal responsable de llevarlas a cabo y a personas ajenas a dichas actividades que pudieran estar expuestas.

4.1.3 Underwriters Laboratories (UL)

Underwriters Laboratories es una compañía líder en consultoría de certificación y seguridad de productos. Se estableció en 1894 y ha participado en el análisis de la seguridad de muchas nuevas tecnologías, cada año la entidad certifica más de 19 000 tipos de productos, componentes eléctricos, materiales y sistemas, lo que representa que estos cumplen o están en conformidad con la normativa vigente de forma continuada. El sello UL en cualquier equipo, material o sistema certifica la seguridad y confianza de éstos para las diferentes pruebas a las que se somete el producto. Importante aclarar que para que un producto lleve el sello UL no debe cumplir necesariamente con todas las pruebas que

existente para un determinado producto, sino que se puede solicitar cuales realizar dependiendo de las características de instalación que se vaya a requerir.

4.1.4 NFPA 70E

Norma que describe los requisitos para proporcionar un lugar de trabajos eléctricos seguros para los empleados. Incluye muchos componentes que son clave para las prácticas eficaces de trabajo seguro en instalaciones eléctricas.

Es el recurso por excelencia para ayudar a empresas y empleados a reducir la exposición a riesgos y reducir las lesiones y muertes laborales. Se creó para proporcionar un documento que cumpla con Administración de Seguridad y Salud en el Trabajo (OSHA) y es totalmente coherente con el NFPA 70, Código Eléctrico Nacional.

En Costa Rica el Cuerpo de Bomberos utiliza en su totalidad las normas de las Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA), el cual es el organismo especializado en materia de prevención, seguridad humana y protección contra incendios.

Dichas normas son de acatamiento obligatorio en el diseño de nuevas edificaciones, edificios existentes, remodelación de edificios, cambio de uso, diseño e instalación de sistemas contra incendios, tanto de protección activa como pasiva.

4.1.5 NFPA 72

La Norma NFPA 72 abarca la aplicación, instalación, desempeño y mantenimiento de los sistemas de alarma de incendio y sus componentes.

Define los medios para el inicio, transmisión, notificación y anuncio de señales, los niveles de desempeño y la confiabilidad de los diversos tipos de sistemas de alarma de incendio.

Este código clasifica a los sistemas de alarma de incendio. Los mismos deberán contar con al menos dos fuentes de suministro de energía independientes y confiables, una primaria y una secundaria, cada una de las cuales deberá poseer la capacidad adecuada para la aplicación.

Es la norma en la cual se basa el Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios de Bomberos de Costa Rica para los diseños e instalaciones que se realizan en el país.

4.1.6 Instituto Internacional de Refrigeración por Amoniac (IIAR)

El Instituto Internacional de Refrigeración por Amoniac IIAR es la entidad internacional líder que indica las pautas a seguir para el uso eficiente, seguro y confiable del amoniac y otros refrigerantes naturales. Fundada en 1971, desarrolla conocimientos colectivos y experiencias que son compartidas en forma de documentos de consenso sobre los aspectos de la refrigeración industrial con refrigerantes naturales. Es a partir del desarrollo de estos documentos que el IIAR establece estándares para proporcionar el correcto respaldo, educación e información técnica más actualizada a la comunidad de empresas y entidades que utilizan refrigerantes naturales.

Las normas y estándares de IIAR abarcan todas las facetas de los sistemas de refrigeración por amoniac y están escritos a partir de procesos de consenso. Dentro de la normativa emitida por el IIAR que compete las tareas de instalación y diseño de sistemas de refrigeración de circuito cerrado de amoniac, se encuentra la norma IIAR-2 Norma para el diseño seguro de sistemas de refrigeración por amoniac de circuito cerrado, la norma IIAR-4 Instalación de sistemas de refrigeración por amoniac de circuito.

4.1.7 Norma para el diseño seguro de sistemas de refrigeración por amoníaco de circuito cerrado IAR-2

La norma IAR-2 fue preparada con el método de consenso de ANSI, por el que las organizaciones e individuos reconocidos por tener interés en el objetivo de la Norma fueron contactados antes de la aprobación para ser parte del organismo de consenso y para las revisiones públicas.

Este documento es una norma para el diseño seguro de sistemas de refrigeración por amoníaco de circuito cerrado, en que la seguridad de las personas y de los bienes son los pilares fundamentales sobre los que se redactó (International Institute of Ammonia Refrigeration,

4.1.8 Norma para la instalación de sistemas de refrigeración por amoníaco de circuito cerrado IAR- 4

La norma IAR-4 es un documento para la instalación de sistemas mecánicos de refrigeración por amoníaco de circuito cerrado y sistemas de tubería de alivio de protección contra la sobrepresión (International Institute of Ammonia Refrigeration, 2015), involucra los sistemas de control y eléctrico que deben ser considerados durante la fase de diseño.

4.1.9 Estándar para la Seguridad en Paneles de Control Industrial UL 508 A (Standard for Safety for Industrial Control Panels)

La UL 508 A es el estándar para la construcción de paneles de control industriales bajo el cual se certifican los paneles de control industrial. El estándar proporciona pautas para los constructores de paneles sobre varios temas, incluida la selección de componentes y los métodos de cableado (Knobelsdorff Enterprises, 2020).

Estas pautas cubren los paneles de control industrial destinados al uso industrial general, que operan con un voltaje de 1000 voltios o menos. Este equipo está diseñado para su instalación en ubicaciones comunes, de acuerdo con el Código Eléctrico Nacional, ANSI / NFPA 70, donde la temperatura ambiente no exceda los 40 ° C (104 ° F) como máximo. Este según la UL 508 A (2020).

4.1.10 Manual de Refrigeración de ASHRAE (ASHRAE Handbook Refrigeration)

El principal documento normado dictado por ASHRAE que compete en el diseño seguro e instalación de sistemas de refrigeración por amoníaco es el Manual de Refrigeración. Este cubre los equipos y sistemas de refrigeración usados en aplicaciones distintas del confort humano. Esta norma incluye información sobre como enfriar, congelar y almacenar alimentos, aplicaciones industriales de refrigeración y refrigeración a baja temperatura; es útil también no solo para el ingeniero en ejercicio, sino que también es útil para cualquier persona involucrada en los procesos de enfriamiento y almacenamiento de los productos alimenticios (ASHRAE, 2010).

4.1.11 Resumen del objetivo: Normas Nacionales e Internacionales aprobadas para el diseño eléctrico de un sistema de Refrigeración Industrial con Amoníaco

Como resumen de este objetivo se puede mencionar varias cosas con respecto a las normas estudiadas en esta parte del desarrollo que representan una gran ventaja para la elaboración del diseño eléctrico, tal como el aprendizaje acerca de los factores críticos que se deben considerar durante la fase del diseño como:

- Selección de equipos de distribución de potencia, conductores, estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones.
- Sistemas de canalización.

- Iluminación requerida por área de trabajo.
- Selección de dispositivos de bloqueo y seguridad.
- Sistemas de notificación de emergencia
- Certificación de componentes
- Sistema de respaldo.

En este objetivo se presentaron varias normas de interés en el diseño eléctrico sin embargo la más importante al ser de acatamiento obligatorio en nuestro país corresponde al Código Eléctrico Nacional última versión en español aprobado por la legislación nacional, la cual abarca la mayor cantidad de información necesaria para cumplir con los requerimientos necesarios en el desarrollo correcto de un diseño eléctrico, haciendo que sea un sistema confiable y seguro para las personas y los bienes materiales que forman parte de una empresa.

Entre las desventajas que se pueden mencionar en el análisis de las normas aprobadas en nuestro país es que estas corresponden básicamente a lo que son los componentes eléctricos fabricados bajo normativa de los Estados Unidos y no a componentes que provengan de otros mercados tales como el europeo, en donde los lineamientos de diseño son distintos y siguen otras normas y reglamentos de diseño para su adecuada aplicación.

Dicho lo anterior y que se comentó en el desarrollo del objetivo número uno de este PFG, es de suma importancia el no mezclar normas de diseño basadas en diferentes certificaciones de fabricación ya que podrían ocasionar el desarrollo incorrecto de un diseño eléctrico, para un sistema de refrigeración con amoníaco.


4.2 Estudio de las normas del IIAR (Instituto Internacional para la Refrigeración con Amoniac) e INTECO en el control de un sistema de refrigeración industrial

Para poder comprender y documentar los dispositivos de control que se necesitan para operar de manera satisfactoria una planta de refrigeración se hizo un análisis de los componentes que conforman dicho sistema y los parámetros de control que se requiere para cada uno de ellos según el IIAR y experiencia de expertos sobre los componentes más importantes que se deben considerar en una planta cuya operación de frío se logra a través del amoniac.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las variables a considerar según criterio de expertos y literatura de oficina de RSF para un sistema de refrigeración con amoniac, mostrando los dispositivos de control requeridos y sus parámetros de operación.

Tabla 8.

Cuadro resumen de variables a considerar, dispositivos de control requeridos y parámetros de operación

Control de Versiones			
			
Fecha:		Código Formulario:	
Elaborado por:		Versión:	
Nombre del Proyecto:			
Nombre Formulario: Variables, dispositivos de control y parámetros de operación para un Sistema de Refrigeración con Amoniac.			
Item	Variable a controlar	Dispositivo de control requerido	Parámetros de operación
1	Temperatura	Sensor de temperatura	-50 °C a +180°C

2	Presión en condensador evaporativo	Sensor de presión	- 0- 500 psig - Salida de 4/20 ma - Cable de 3 hilos 18 AWG con pantalla.
3	Gas amoniaco	Sensor de gas amoniaco	-0 a 1000 ppm -0 a 10000 ppm - 0 a 40000 ppm - Señal de 4/20 ma - Cable 4 hilos 18 AWG con pantalla.
4	Nivel de tanques	Barras capacitivas	- 0.8 m a 5 m - Señal de 4/20 ma - Cable de 2 hilos 18 AWG con pantalla.
5	Equalización en cámaras de congelado	Válvula de equalización	- Para cámaras con temperatura inferiores a 0°C - Voltaje 110 / 220 V - Cable 3 hilos 12 AWG
6	Válvula de succión de líquido (NH3)	Válvula solenoide	- Corrientes menores a 1 amp. - Voltaje 110 / 220 V - Cable 2 hilos 16 AWG
7	Válvula de suministro de líquido (NH3)	Válvula solenoide	- Corrientes menores a 1 amp. - Voltaje 110 / 220 V - Cable 2 hilos 16 AWG
8	Válvula de suministro de gas caliente	Válvula solenoide	- Corrientes menores a 1 amp. - Voltaje 110 / 220 V

			- Cable 2 hilos 16 AWG
9	Válvula de bypass de descongelado	Válvula solenoide	- Corrientes menores a 1 amp. - Voltaje 110 / 220 V - Cable 2 hilos 16 AWG
10	Válvula piloto de gas caliente	Válvula solenoide	- Corrientes menores a 1 amp. - Voltaje 110 / 220 V - Cable 2 hilos 16 AWG
11	Presión en bombas de recirculado	Sensor de presión	- Corrientes menores a 1 amp. - Voltaje 110 / 220 V - Cable 2 hilos 16 AWG
Aprobado por:			
Ingeniero de diseño eléctrico		Director General:	

Fuente: Elaboración propia,

4.2.1 Componentes de control para el sistema de Refrigeración con Amoniaco:

Los sensores de control son los componentes en un sistema de control que mide y muestra el valor de un parámetro o variable pero no tiene función directa de control. Los sensores de control requieren una fuente de energía auxiliar para funcionar correctamente. Pueden estar integrados en circuitos electrónicos que proporcionan la energía requerida y preparan la señal del sensor para conseguir la función de control deseada.

Se enlista las condiciones de diseño para el 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.

4.2.2 Requisitos de la Norma ANSI IIR II-2014 respecto a instrumentos y control del sistema.

Se deben suministrar instrumentos y controles para visualizar los parámetros de operación del sistema y los equipos, además de tener 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 sistema.

Se debe proporcionar un medio para medir la concentración de un escape de amoníaco en caso de que ocurra un corte eléctrico. Se debe monitorear de manera constante su operación, así como también realizarles pruebas de mantenimiento según recomiende cada fabricante.

El suministro de energía para los detectores de amoníaco y las alarmas será un circuito derivado dedicado.

Los sistemas de control eléctrico se apegarán al Código Eléctrico Nacional, como se mencionó anteriormente en Costa Rica el código aprobado corresponde al NEC última versión en español.

El cliente podrá brindar sus parámetros de control para fortalecer y mejorar la operación de su sistema de tal manera que sea más eficiente y seguro

4.2.3 Dispositivos de control requeridos

Entre los instrumentos de control requeridos para el diseño correcto de un sistema de refrigeración con amoníaco se encuentran los siguientes:

4.2.3.1 Sensores de amoniac

El amoniac no constituye un peligro para la salud al estar en bajas concentraciones; sin embargo, en altas concentraciones (mayores a 300 ppm) puede inclusive ocasionar hasta la muerte. Se dice que es autoalarmante debido a su distintivo olor inclusive en bajas

concentraciones, esta característica hace que sea su propio agente de advertencia (Frigiconsult Corp S.A, 2017).

A pesar de esta característica y con el principal objetivo de evitar accidentes relacionados con el amoniac, dentro de los sistemas de refrigeración por amoniac se deben de utilizar dispositivos de alarma, que generalmente cuentan con distintos niveles de alarma, algunos que funcionan como primera línea de defensa en caso de que ocurra una fuga de amoniac grave y otros niveles de alarma que se encargan de energizar equipos de emergencia y de desconectar la alimentación de potencia de los equipos.

Los niveles de concentración en los cuales se debe controlar los sensores de amoniac son definidos por la norma IIAR, también por solicitud del cliente y como medida de seguridad adicional se puede definir parámetros más estrictos que los requeridos por la norma para la operación del sistema

Como parte de su procedimiento de instalación, el ubicar de manera correcta estos sensores brinda mejor nivel de seguridad en las instalaciones. Se muestran una serie de puntos importantes a considerar para la localización de los sensores de amoniac:

Se deben de ubicar sensores de amoniac en cada posible fuente de fugas.

Al ser el gas de amoniac un compuesto menos denso que el aire, el sensor de gas se debe de ubicar más arriba que la potencial fuente de fuga de amoniac.

Debe ser un lugar accesible para mantenimiento, y se deben evitar locaciones donde exista equipo en movimiento que pueda ocasionar daños a los sensores.

Se deben de tomar en cuenta el movimiento de aire y corrientes dentro del área La casa de

Tabla 9.

Respuesta a niveles de alarma por concentración de amoniaco del sistema de emergencia

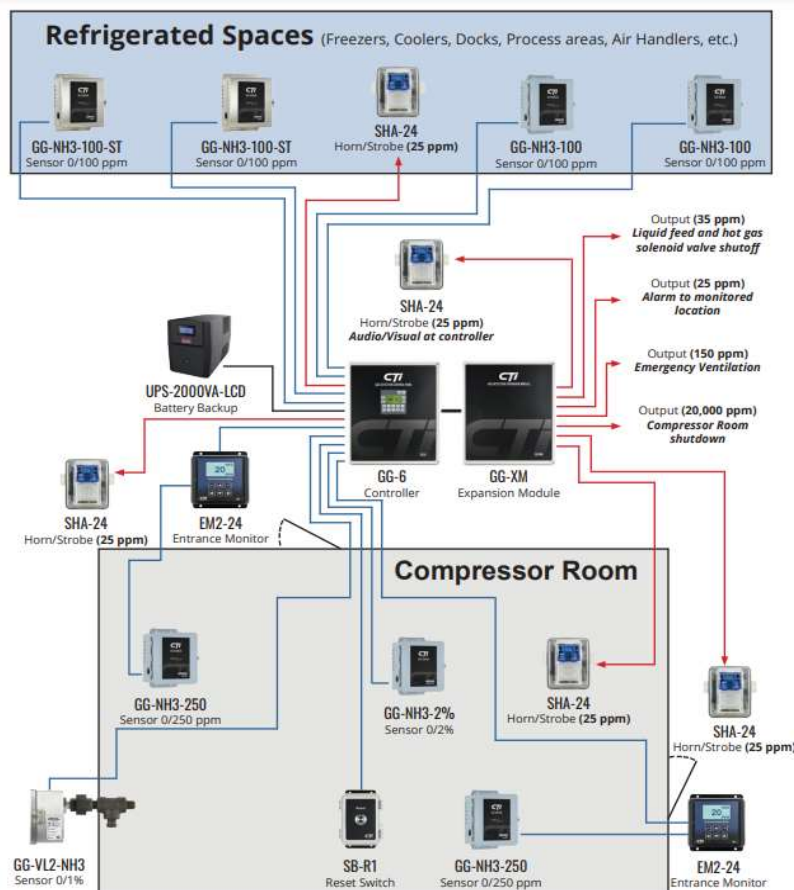
máquinas deberá contar con al menos 2 sensores de amoniaco

Nivel de alarma	Respuesta del sistema
Menor que 25 ppm	No se requiere de alarmas
De 25 ppm hasta 150 ppm	Activar indicadores visuales y alarmas sonoras hasta que se establezcan los valores de concentración a menos de 25 ppm
De 150 ppm hasta 10 000 ppm	Activar indicadores visuales y alarmas, además de activar la ventilación de emergencia
10 000 ppm o mayor	Activar indicadores visuales, alarmas, además de activar la ventilación de emergencia e interrumpir el suministro de energía eléctrica a los compresores, válvulas y bombas refrigerantes

Fuente: ANSI IIAR 2 (2014)

Figura 11.

Ejemplo de Diagrama de control de amoniaco

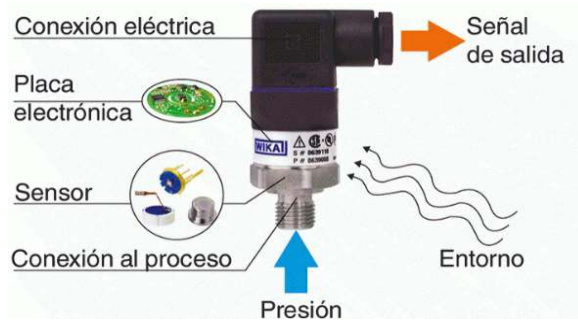


Fuente: Catálogo de productos CTI. Especialistas en

4.2.3.2 Transductores de presión:

Los transductores de presión perciben la presión del refrigerante a través de un elemento flexible que está expuesto a la presión del refrigerante en el sistema. La presión actúa sobre la superficie efectiva del elemento, produciendo una fuerza que causa que el elemento flexible se deforme contra un muelle opositor dentro del transductor. Incluyen circuitos adicionales de tratamiento de la señal electrónica para compensar la temperatura, modificar, amplificar y linealizar la señal de salida eléctrica analógica final. Se usan normalmente como sensores de control en sistemas de control electrónicos, donde la señal analógica proporciona datos para implementar estrategias de control (ASHRAE, 2010). Los transductores se usan normalmente como sensores de control en sistemas de control electrónicos, donde la señal analógica continua de presión proporciona datos para unas estrategias de control completas basadas en algoritmos, algunos de las posiciones típicas donde se ubican este tipo de sensores son las siguientes:

- Descarga de bombas de recirculadora
- Línea principal descarga de alta de compresores
- En tanques
- Bombas de glicol succión y descarga
- Chillers

Figura 12.*Ejemplo de transductor de presión*

Fuente: Wikai. <https://www.bloginstrumentacion.com/producto>

4.2.3.3 Sensores de Temperatura

Los sensores de temperatura por resistencia o RTD son sensores hechos de un cable de metal muy fino, cuya resistencia varía conforme a la temperatura a la que está expuesto. Este tipo de sensores son usualmente acoplados a circuitos electrónicos que producen una señal de corriente de 4 a 20 mA (ASHRAE, 2010).

En sistemas de refrigeración existen diversos puntos en donde es importante tomar la temperatura del refrigerante para mediante algoritmos de control tomar acciones, normalmente estos puntos se tratan de tuberías, en cámaras de refrigeración, pisos. Para medir y controlar los evaporadores en los cuartos de refrigeración se deben ubicar en el retorno de aire de los equipos, para líquidos se ubican en las tuberías por medio de termopozos o un sistema similar, en los pisos de congelado se colocan en la base de la losa de concreto para medir que la temperatura no baje de cero grados. En sala de máquinas se colocan para medir temperatura ambiente en donde estos deberán activar los sistemas de inyección y extracción de aire cuando se tengan temperaturas muy elevadas.

Normalmente los rangos de operación de los sensores de temperatura son los siguientes:

- $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+180\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Salida de 4/20ma
- Cable de 3 hilos protección IP67

Figura 13.

Sensor de temperatura Sensor de temperatura de 3 hilos



Fuente: Herten SL (2023) Válvulas Solenoides

Están formadas por una armadura de hierro ubicada en el eje central de una bobina de hilo de cobre. Cuando una corriente eléctrica fluye a través de la bobina, se crea un campo magnético que atrae la armadura móvil hacia ella. La armadura está adaptada para abrir o cerrar una lumbrera de la válvula al ser movida por el campo magnético. Este mecanismo de funcionamiento está adaptado a una amplia variedad de diseños y tamaños de válvulas para el servicio de refrigeración industrial, por lo que se cuenta con una gran variedad de válvulas solenoides para distintas aplicaciones (ASHRAE, 2010).

Las válvulas solenoides son vulnerables a las condiciones en las que se encuentren, es por este motivo que se debe de tener algunos cuidados el momento de su instalación, como los siguientes:

- Las válvulas solenoides son vulnerables a partículas en la corriente de refrigerante y deberán estar protegidas por un filtro secador.
- Las válvulas que son sensibles a la posición deben estar cuidadosamente orientadas y debidamente apoyadas para asegurar un funcionamiento fiable.
- El servicio eléctrico proporcionado a los actuadores solenoide merece una especial atención. La mayoría de los fallos de funcionamiento de las válvulas solenoide están relacionados con una alimentación inadecuada o incorrecta de la energía eléctrica al solenoide.
- Se encuentran con diferentes tipos de bobinas y voltajes de operación según el uso que se les requiera durante su instalación.

Para el fabricante Parker se tienen los siguientes tipos

Bobinas clase B:

Están diseñadas para la mayoría de los usos en sistemas de refrigeración, para ser de larga duración, para estar en contacto con humedad o hielo y soportan temperaturas de hasta 130° C (266° F) (Parker 2023). Voltaje de operación de 12 V a 208 V según se solicite

Bobinas clase H:

La bobina clase H está diseñada para ser de larga duración, resistente al agua y tener una fuerza de cierre potente, además, esta bobina tiene la capacidad de poder operar hasta

temperaturas de 180° C (365° F) (Parker 2023). Voltaje de operación de 12V a 208V según se solicite. Consumo de corriente menor a 1 amp.

Figura 13.

Válvula solenoide



Fuente: Parker. Catálogo de válvulas solenoides

4.2.3.4 Válvulas ecualizadoras

Las cámaras frigoríficas están sometidas, como cualquier instalación cerrada y hermética, a continuos cambios de presión. Uno de los ejemplos más claros es cuando en una cámara frigorífica se introduce una gran cantidad de alimentos del exterior a una temperatura distinta a la del interior de la cámara.

Por estos motivos, por los cambios de presiones, es necesario instalar en las cámaras frigoríficas válvulas de descompresión que equilibren las presiones y evitar una bajada o subida muy brusca de la temperatura en el interior de las cámaras frigoríficas lo que puede dar lugar a la deformación del panel instalado en las paredes.

El fabricante FERMOD ofrece como referencia ofrece la línea de válvulas 2200 que son válvulas ecualizadoras de presión que se pueden utilizar para paredes (modelo 2230) y para techos

(modelo 2231). Para determinar la cantidad de válvulas requeridas en una cámara de congelado se utiliza la siguiente fórmula

$$\text{Cantidad de válvulas: } (2 \cdot V) / (T(273+t))$$

Donde:

V: Volumen de la cámara en m³

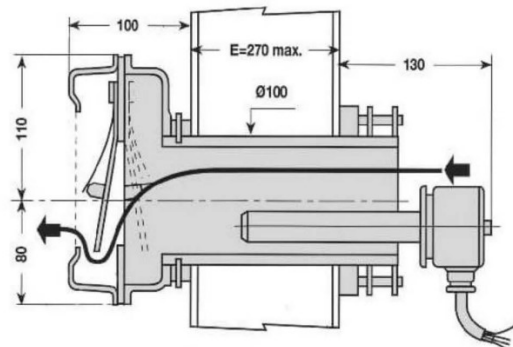
T: Variación de tiempo para cada 1°C

t: Temperatura de la cámara en grados centígrados.

Conexión eléctrica: 110/220 Vac

Figura 14.

Válvula ecualizadora de presión



Fuente: Fermad (2022) Válvulas de ecualización

4.2.3.5 Sensores de nivel

El sensor de nivel se utiliza para la detección de refrigerante NH₃. Típicamente es instalado en recipientes de refrigerante, separadores, economizadores, intercambiadores de calor o tubos de medición. El sensor está especialmente construido para resistir la alta presión y las bajas temperaturas.

Como ejemplo de referencia se tiene el sensor de nivel de líquido AKS 4100/4100U marca Danfoss se puede usar para medir el nivel de líquido de distintos refrigerantes en depósitos, acumuladores, recipientes, tubos de medición, etc. La salida eléctrica es una señal de salida de 4-20 mA proporcional al nivel de líquido refrigerante, de 2 hilos conductores. La versión Cable del sensor AKS 4100/4100U es apta para los refrigerantes HCFC, HFC no inflamables y R-717 (amoníaco), y está disponible en longitudes comprendidas entre 800 mm (31,5 in) y un máximo de 5000 mm (197 in). La versión Coaxial del sensor AKS 4100/4100U está diseñada para el uso con los refrigerantes R-744 (CO₂), HCFC, HFC no inflamables y R-717 (amoníaco).

Figura 156.

Sensor de nivel



Fuente: Folleto técnico Danfoss

4.2.3.6 Sensor para deshielo

El cableado del sensor de deshielos es montado a la entrada del aire del serpentín entre las aletas. Conforme se acumula la escarcha en las aletas del serpentín la señal de salida del sensor (de 4 a 20 mA) se incrementa hasta que se alcanza el punto de ajuste – comúnmente entre 1.5 y 2 mm de espesor de escarcha – y se inicia el ciclo de deshielo. El sensor es de fácil operación e instalación y puede ser adaptado a cualquier sistema de control de deshielo. Como una de sus ventajas con respecto al método por cronograma (tiempo) permite generar ahorros importantes a nivel de energía eléctrica.

Control requerido para el deshielo

- Señal de salida análoga: 4-20 mA
- Rango de temperatura: -30 a 50°C
- Alimentación 24 AC/DC
- Protección IP67
- Consumo eléctrico: 600 mA

Figura 16.

Sensor de deshielo



Fuente: Parker. Catálogo de productos (2023)

4.2.4 Resumen del objetivo: Estudio de las normas del IIAR (Instituto Internacional para la Refrigeración con Amoníaco) e INTECO en el control de un sistema de refrigeración industrial.

Con este objetivo se logró comprender las variables que se deben considerar en el diseño eléctrico y de control de un sistema de refrigeración industrial con amoníaco las cuales resumimos en la siguiente lista:

- Temperatura
- Gas amoníaco
- Niveles de tanques
- Sistema de eculización
- Válvulas de control en los diferentes puntos de operación del sistema.
- Medición de presión.

De igual manera se logró investigar acerca de los dispositivos de control existentes en el mercado nacional e internacional para controlar las variables mencionadas en la lista anterior tales como: sensores de temperatura, sensores de presión, dispositivos para la medición de gases, válvulas solenoides entre otros.

Una de las ventajas más importantes en el desarrollo de este objetivo fue lograr comprender a través de fuentes confiables, como los manuales de operación de equipos y la opinión de expertos cuáles deben ser los parámetros de operación de cada dispositivo ya que esto se traduce en el desarrollo de un diseño óptimo del sistema con los materiales necesarios que se deben considerar dentro del presupuesto de cada proyecto.

Como reto más que desventaja, queda el mantenerse actualizando los parámetros de operación de los componentes de control, debido a los cambios y nuevas tecnologías que estarán surgiendo con el paso de los años para mantenerse vigente en el mercado y ofrecer siempre la mejor solución a cada cliente de la compañía.

4.3 Lista de requerimientos detallados sobre los aspectos a considerar para el desarrollo del diseño eléctrico:

Con este objetivo se logró detallar los puntos a considerar en un sistema de refrigeración industrial para incluirlos en todos los cálculos eléctricos y detalles necesarios con el fin de garantizar un correcto diseño y lista de necesidades. Esta lista se definió a partir de los aportes y comentarios de los interesados en el proyecto y opinión de expertos en los sistemas de Refrigeración Industrial con Amoniaco.

En la siguiente tabla se muestran formularios resumen acerca de la lista de requerimientos para la elaboración del diseño eléctrico y de control.

Tabla 1.

Documentación de requisitos


 Control de Versiones			
Fecha:		Código de Formulario :	
Elaborado por:		Versión:	
Nombre del Proyecto:			
Nombre de Formulario:		Documentación de Requisitos	
Necesidad del proyecto u oportunidad a aprovechar: - Considerar toda la información que se requiere en en el diseño eléctrico y de control para evitar retrabajos - Ofrecer un buen servicio al cliente , que permita establecer posibles vínculos con otros proyectos.			
Objetivos del Proyecto: - Cumplir con los requerimiento de las normas nacionales e internacionales para el diseño eléctrico - Cumplir con los requerimientos para el sistema de control de un proceso de refrigeración con amoniaco			
Requisitos Funcionales:			
Interesado	Prioridad	Requerimientos	
		Código	Descripción
Cliente	Muy Alta	R01	Realizar estudio de las principales cargas de potencia que se desean instalar
	Muy Alta	R02	Definir el alcance esperado a nivel de producción vs el diseño a realizar
	Alta	R03	Definir ubicación del proyecto
	Alta	R04	Definir la carga total de refrigeración vs la potencia requerida
	Alta	R05	Definir variables de control que se desean tener en el sistema
	Alta	R06	Ejecutar un diseño eléctrico preliminar del sistema
	Alta	R07	Realizar un documento de especificaciones del diseño


Requisitos no funcionales			
Interesado	Prioridad	Requerimientos	
		Código	Descripción
RSF	Alta	R08	Solicitud de fichas técnicas de lo equipos adquiridos.
	Muy Alta	R09	Elaboración de diseño eléctrico de acuerdo a normas nacionales e internacionales.
	Muy Alta	R10	Elaboración de diseño de control de acuerdo a normas nacionales e internacionales.
	Alta	R11	Cumplimiento de requerimientos de instalación del proveedor de equipos.
	Muy Alta	R12	Aprobación de planos por parte de CFIA y entes del gobierno.
	Muy Alta	R13	Cumplimiento de certificaciones de los componentes eléctricos
Requisitos de Calidad			
Interesado	Prioridad	Requerimientos	
		Código	Descripción
RSF/CLIENTE	Muy Alta	R14	Cumplir con los parámetros de operación de voltaje y corriente para los equipos instalados
	Muy Alta	R15	Realizar lecturas correctas de los dispositivos de control operando
	Muy Alta	R16	Pruebas de funcionamiento de equipos operando en óptimas condiciones
Criterios de Aceptación			
Concepto	Criterio de Aceptación		
- Técnico	- Se logró cumplir con los parámetros de instalación y diseño según planos.		
- De calidad	-Los equipos están funcionando de acuerdo a lo requerido por el proyecto, según el reporte de pruebas		
- Administrativo	- Aprobación y recepción por parte del cliente de los planos constructivos, manuales de equipos, manuales de capacitación y documento de recibido del proyecto.		
	- Capacitación de operarios de los equipos		
Aprobado por :	Ingeniero de Diseño	Director de Proyectos	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.

Formulario de requisitos en el cumplimiento de normas requeridas para el diseño


 Control de Versiones				
Fecha:			Código Formulario:	
Elaborado por:			Versión:	
Nombre del Proyecto:				
Nombre Formulario: Requisito de normas para el diseño eléctrico y de control				
Item	Descripción del diseño realizado	Cumplimiento de Norma	Cumple norma (SI/NO)	Fecha:
1	Diseño eléctrico del sistema de potencia.	NFPA-70. Código Eléctrico Nacional última versión aprobada en Costa Rica		
2	Diseño de dispositivos de seguridad eléctrica.	NFPA-70E. Norma para la seguridad eléctrica		
3	Diseño de sistemas de notificación y alarma	NFPA-72		
4	Especificaciones de materiales eléctricos	Certificación UL o ente certificador autorizado en el país		
5	Diseño del Centro de Control de Motores	Cumplimiento de estándar para paneles de control industrial UL 508A		
6	Diseño de Iluminación	INTECO INTE/ISO 8995-1:2016		

 Control de Versiones				
Item	Descripción del diseño realizado	Cumplimiento de Norma	Cumple norma (SI/NO)	Fecha:
7	Diseño de dispositivos de control y automatización	Norma IIR-2; ANSI IIR-4 para sistemas de amoníaco		
8	Diseño del sistema de refrigeración industrial con amoníaco	INTECO; IIR-2		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.

Requisitos del diseño eléctrico

		Control de Versiones		
Fecha:		Código de Formulario :		
Elaborado por:		Versión:		
Nombre del Proyecto:				
Nombre del Formulario : Requisitos del Diseño Eléctrico				
Item	Requisito a revisar	Supervisión	Cumple (si/no)	Fecha
		Observación		
1	Tableros Eléctricos			
1.1	Se indica ubicación de tableros eléctricos y dimensiones.			
1.2	Se respeta áreas libres de operación alrededor de tableros			
1.3	El tamaño de los breakers coincide con los valores de cálculo y tablas del NEC			
1.4	Se indica altura y detalle de soporte de tableros			
1.5	Se indica el grado de protección.			
1.6	Se incluyen directorios de circuitos y cargas de potencia de cada uno			
1.7	Los valores de acometida principal e interruptor principal se incluyen			
1.8	Todos los componentes deben ser certificados UL o de norma reconocida aprobada en Costa Rica			
1.9	Se incluyen equipos de protección tales como supresores de voltaje			
1.10	Se incluyen medidores de energía y características de los los breakers.			
1.11	Se incluye planos constructivos con dimensiones de tableros			

Item	Requisito a revisar	Supervisión	Cumple (si/no)	Fecha
		Observación		
2	Instalación de canalizaciones (tubos, aeroductos, canastas, etc.)			
2.1	Se indica el tipo de rotulación y colores de canalización para los diferentes voltajes.			
2.2	Se detalla rotulación de canalización			
2.3	Se indica tipo de material de cada canalización para las diferentes área de proyectos (interior, exterior, contaminantes etc)			
2.4	Se muestra detalle de sistema de tierra para cada canalización y cajas metálicas			
2.5	Detalle de acoples y ajuste de canastas			
2.6	Materiales certificados UL o norma reconocida según normativa del país			
2.7	Se indica tipo de amarras permitidos para sujeción de cables			
2.8	Se respeta áreas de llenado de canalizaciones según el NEC			
2.9	Distanciamiento de soportes de acuerdo a lo que indica la normativa y fabricante			
2.10	Se indica detalle de aislamiento de tubería al			
3	Cableado			
3.1	Se indica calibre y tipo de cable para cada circuito general y motor del diseño			
3.2	La cantidad de cables por canalización corresponde a los permitidos por normativa			
3.3	Se respeta código de colores para cables según normativa del NEC			
3.4	Los calibres corresponden a los valores mostrados en las memorias de cálculo			
3.5	Se determina capacidad de cortocircuito para cada conductor			
3.6	Los calibres corresponden a los valores necesarios para evitar altas caídas de voltaje			
3.7	Se detalla tipo de empalmes y conexiones permitidas			
3.8	Se indica como realizar instalación de cables en paralelo.			
3.9	Un cable por terminal para los puntos de desconexión			

Item	Requisito a revisar	Supervisión	Cumple (si/no)	Fecha
		Observación		
4	Otros			
4.1	Se incluyen medios de desconexión para motores según distancia y visibilidad de tableros eléctricos			
4.2	Cálculo de dimensión , desconexión y cableado de trafo de acuerdo a lo que indica el NEC			
4.3	Dimensiones de cuarto eléctrico, tipo de puertas de acceso de acuerdo a lo que indica el NEC			
4.4	Nivel de Iluminación del área de acuerdo a norma Inteco del país.			
4.5	Lámparas y salidas de emergencia debidamente indicadas			
4.6	Sistema de tierra para estructuras y componentes debidamente indicado			
4.7	Tomacorrientes GFCI en áreas a menos de 1.8 mts de fuentes de agua			
4.8	Se incluye sistema de alarmas de incendio según normativa de Bomberos en Costa Rica			
4.9	Cálculo de Corto Circuito			
4.10	Estudio de coordinaciones			
4.11	Estudio de Arc Flash y seguridad eléctrica			
4.12	Se incluye alimentación eléctrica de Paneles de compresores			
4.13	Se incluye alimentación eléctrica de paneles de condensadores			
4.14	Se incluye alimentación eléctrica de válvulas de equalización			
4.15	Circuitos de bombas de condensado y recirculado			
4.16	Circuitos para extractores de aire			
4.17	Circuito de purgador de gases			
4.18	Sistema de ventilación de pisos congelados			
<p>Aprobado por: Ing de Diseño Eléctrico Director de Proyecto:</p>				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.*Requisitos del diseño de control*

 Control de Versiones				
Fecha:		Código de Formulario :		
Elaborado por:		Versión:		
Nombre del Proyecto:				
Nombre del Formulario : Requisitos del Diseño de Control				
Item	Requisito a revisar	Supervisión	Cumple (si/no)	Fecha
		Observación		
1	Control y monitoreo para los compresores			
1.1	Cableado de pantallas de operación			
1.2	Salida de datos de cada compresor a PLC			
1.3	Visualización de datos del compresor en PLC			
1.4	Cableado de control para pantallas remotas			
2	Condensador Evaporativo			
2.1	Señales de arranque de ventiladores			
2.2	Señales de arranque de bomba			
2.3	Control de nivel de boya del condensador			
2.4	Control de consumo de químicos para tratamiento de agua			
2.5	Sensor de presión descarga en salida del condensador			
2.6	Control por paro de emergencia			
2.7	Control de sensor de amoniaco (mayor a 10000ppm)			
3	Ventilación de Piso de congelado			
3.1	Señal de arranque de motores de ventilación			
3.2	Señal de control de variables de funcionamiento(En caso de apagarse debe detenerse el compresor)			
3.3	Control de temperatura de piso			

4.3.1 Identificación de las necesidades del sistema.

- Tamaño e identificación de las diferentes cargas tales como potencia, amperaje, voltaje, medio de interrupción y frecuencia de operación. Se deberá hacer un estudio de las principales cargas de potencia que el cliente desea instalar antes de iniciar con el diseño.
- Ubicación en la planta con respecto a los equipos que se van operar. Conocer a través de planos arquitectónicos cual será la ubicación de los equipos para lograr determinar distancias y espacio de las cargas requeridas.
- Alcance del sistema según prioridades del cliente, tales como carga total de refrigeración vs potencia requerida. Elabora una lista con los objetivos del proyecto y alcance que se desea cubrir para poder obtener los cálculos más acertados para el diseño.

4.3.2 Diseño preliminar: Diagrama unifilar eléctrico

- Dimensionamiento de acometida principal con sus diferentes fuentes de energía y sub tableros.
- Barras de distribución eléctrica del sistema.
- Red de media y baja tensión
- Aspectos de riesgo con respecto a la seguridad de los equipos y operacionales.
- Ubicación de los equipos en la planta de distribución del proyecto

4.3.3 Estudio y análisis de los flujos de carga

- Cálculo de caídas de voltaje
- Dimensionamiento de cables, barras, ductos, canalizaciones.
- Cálculo de sistema de disyuntores
- Cálculo de soportería y distancias según recomendaciones del NEC (2017)

- Dimensionamiento de sistema de tierra y protección contra rayos

4.3.4 Estudio de cortocircuito

- Determinar la capacidad interruptiva de los medios de desconexión del sistema eléctrico según se indica en el artículo 110 del NEC (2017).

4.3.5 Estudio de coordinación de protecciones.

- Que permita la conexión y desconexión del circuito en condiciones normales de funcionamiento
- Apta para el sistema que se requiere
- Capacidad y cálculo de los medios de interrupción y orden de accionamiento.

4.3.6 Estudio de arco eléctrico

- Para garantizar un adecuado mantenimiento y seguridad de los usuarios.

Correcta instalación eléctrica de los equipos de refrigeración por amoníaco según los fabricantes de equipos:

La empresa Frick de Johnson Control marca que representa la empresa RSF hace un resumen sobre las mejores prácticas a nivel del sistema eléctrica para una correcto diseño e instalación de los equipos. En las siguientes líneas se mencionan parte de las características que se deben considerar durante la fase del diseño eléctrico:

- a- Paneles de operación, que son computadoras desde donde se operan los equipos de amoníaco por medio de un PLC (Controlador lógico programable) que debe contar con un sistema de tierra adecuado y baterías de emergencia.
- b- Las funciones de control de refrigeración son realizadas por medio de señales analógicas y digitales

- c- Las presiones y temperaturas se transmiten usando señales de 4-20 mA o 1-5 V de CC.
- d- Los variadores de frecuencia variable (VFD) para los sistemas de administración de energía al igual que los filtros de armónicas que estos deben tener instalados para evitar armónicas y calentamiento en los sistemas instalados
- e- Evitar prácticas de cableado incorrectas que son muy difíciles de diagnosticar y corregir porque parecen ser fallas electrónicas.
- f- Canalizaciones eléctricas mal instaladas y no aterrizadas de manera correcta.

Por los motivos anteriores es que recomienda las siguientes medidas de seguridad a nivel de las instalaciones eléctricas para los equipos Frick de refrigeración industrial

Para mitigar los efectos de la interferencia electromagnética (EMI) y radiofrecuencia (RFI) originados en su mayoría por temas de distribución de cableado, corrientes, transitorios, VFD se recomienda anotar lo siguiente en las notas del diseño eléctrico:

- g- No mezclar cables de diferentes voltajes en el mismo conducto
- h- Si está en bandejas de cables, se deben usar separadores metálicos entre los voltajes
- i- Si las líneas de 120V y 480V están en el mismo conducto, los transitorios en el circuito de 480V inducirán cambios de voltaje en el circuito de 120V.
- j- No utilizar líneas de comunicación en serie o CC con ninguna línea de alimentación de CA.
- k- Los paneles electrónicos de los sistemas de frío en donde se ubica el PL, no son cajas de conexiones. Nunca pase cables a través de dispositivos electrónicos que no se relacionen con la función del panel.

- l- Para inversores VFD, es necesario un conducto metálico o metálico revestido con PVC roscado para la alimentación de energía para el inversor y el inversor para el motor
- m- El conducto de PVC sólo es aceptable cuando se utiliza el cable con clasificación VFD.
- n- Cuando un conducto metálico o metálico recubierto de PVC se utiliza, debe ser conectado a tierra en ambos extremos.
- o- Los motores de compresor Frick para aplicaciones con VFD deben tener rodamientos aislados.
- p- Anillos de puesta a tierra - un anillo con cepillos metálicos que conducen la electricidad desde el eje hasta la carcasa.
- q- Los motores de menos de 100 HP pueden tener anillos de puesta a tierra añadidos.
- r- Seguir las recomendaciones de los fabricantes para la conexión a tierra.
- s- Siempre utilizar componentes eléctricos certificados UL o alguna certificación reconocida y aprobada internacionalmente.
- t- Para instalación exteriores expuestas utilizar tubería eléctrica tipo IMC. Para interiores se recomienda el uso de tubería EMT o PVC cédula 40 para instalaciones eléctricas.
- u- Utilizar cable con pantalla para cablear los dispositivos de control.

A nivel del sistema de conexión a tierra del fabricante Frick hace las siguientes indicaciones:

1. La puesta a tierra es el factor más importante para una operación adecuada, es la que más se pasa por alto durante las instalaciones de los componentes eléctricos según la experiencia de expertos de compañías reconocidas como Johnson Control.

2. NEC indica que el equipo de control puede conectarse a tierra usando el conducto rígido como conductor. Esa práctica casi siempre resultará en problemas para la electrónica. El hecho de que la instalación cumpla con los códigos no significa que funcionará bien.
3. El equipo electrónico reacciona a corrientes muy pequeñas y debe tener cableado de cobre aterrizado al suelo.
4. La conexión a tierra debe ser un circuito continuo único con un conductor de tamaño adecuado desde los controles electrónicos hasta el transformador de suministro de la planta.
5. Un solo cable de tierra (8 AWG (8,35 mm²) o 10 AWG (5,27 mm²)) que está unido al neutro de potencia de control en el lado secundario del transformador de potencia de control en el arrancador; luego al punto de tierra trifásico obtendrá los mejores resultados
6. Cada controlador electrónico debe tener su propia fuente de alimentación de control y cables de tierra de regreso a la fuente
7. Evitar tener múltiples paneles electrónicos con los mismos cables de alimentación ya que crean sobrecargas de corriente en los cables de alimentación, lo que puede causar un mal funcionamiento.
8. Utilizar cable de cobre trenzado
9. Cable aislado
10. Al menos un tamaño mayor que los requisitos de NEC para arrancadores convencionales
11. Seleccionar cable de tierra según se indica en la figura 13 que corresponde a la tabla 250-122 del NEC.
12. El centro de control de motores debe ser de construcción de frente muerto y debe de constar de una o varias secciones verticales unidas para formar un ensamblaje rígido y autónomo, además

deben de estar soportados sobre una estructura de 10 cm de alto. Adicionalmente en sitios donde exista riesgo de inundación, se deberá de incluir una estructura de soporte de 10 cm de altura, construida de viga de acero galvanizado 2x2

Tabla 5.

Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para canalizaciones y dispositivos

Capacidad nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado del lado de la alimentación	Cable de Cobre	Cable de Aluminio o de Aluminio
(A)	Nº	recubierto de Cobre * Nº
15	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250 Kcmil
1600	4/0	350 Kcmil
2000	250 Kcmil	400 Kcmil
2500	350 Kcmil	600 Kcmil
3000	400 Kcmil	600 Kcmil
4000	500 Kcmil	800 Kcmil
5000	700 Kcmil	1200 Kcmil
6000	800 Kcmil	1200 Kcmil

* Véanse las restricciones de instalaciones señaladas en el Artículo 250-92(a).

NOTA: Para cumplir lo establecido en el Artículo 250-51, los conductores de puesta a tierra de los equipos podrían ser de mayor calibre que lo especificado en esta Tabla.

Fuente: NEC, 2017 pág.125

13. El circuito debe estar completo desde el motor hasta el arrancador continuando de regreso al transformador de la fuente de alimentación
14. El calibre de cableado de todos los circuitos de potencia, control del panel eléctrico debe ser como mínimo calibre 14 AWG y será seleccionado en base de la siguiente tabla.

Tabla 6.

Ampacidades de conductores con aislamiento

CALIBRE	TEMPERATURA NOMINAL DEL CONDUCTOR (VER TABLA 310-13)						SECCIÓN AWG/ Kcmil
	60° C TIPOS TW*, UF*	75° C TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	90° C TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	60° C TIPOS TW*, UF*	75° C TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	90° C TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO REC DE COBRE			
18	....	....	14	....	....	....	....
16	....	....	18	....	....	....	....
14	20*	20*	25*	....	....	....	....
12	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
10	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8	40	50	55	30	40	45	8
6	55	65	75	40	50	60	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	110	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	150	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	190	230	255	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	355	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	310	375	420	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	450	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	520	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	560	665	750	470	560	630	2000

Fuente: NEC, 2017, pág. 150

14 – Las cargas no lineales no deben de aportar más del 5% de las armónicas según se indica en la IEEE.

Tabla 7.

Límites de distorsión de voltaje según la IEEE

Bus voltage V at PCC	Individual harmonic (%)	Total harmonic distortion THD (%)
$V \leq 1.0$ kV	5.0	8.0
1 kV $< V \leq 69$ kV	3.0	5.0
69 kV $< V \leq 161$ kV	1.5	2.5
161 kV $< V$	1.0	1.5 ^a

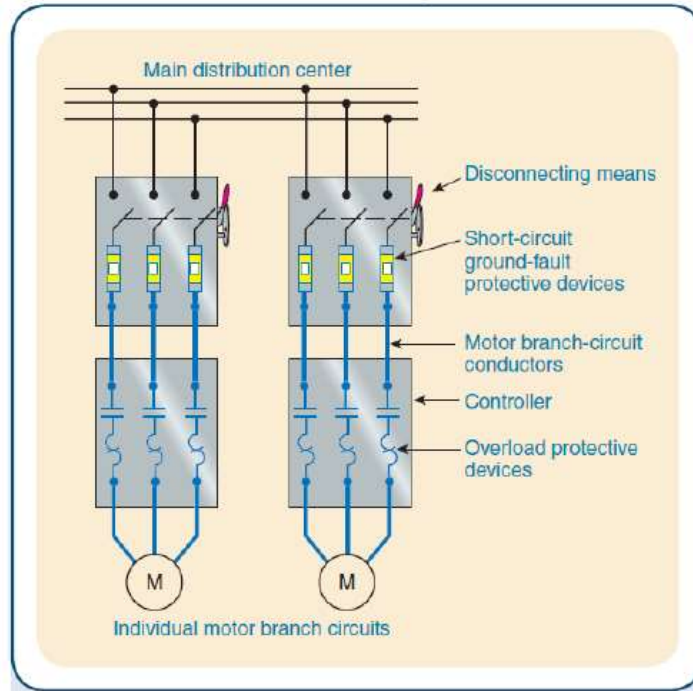
^aHigh-voltage systems can have up to 2.0% THD where the cause is an HVDC terminal whose effects will have attenuated at points in the network where future users may be connected.

Fuente: IEEE 519-2022, pág.17

15- Como indica el NEC (2017) en la figura 18. En la instalación normal de un motor, se deben tener conductores, protecciones de sobrecarga, protecciones contra cortocircuito y medios de desconexión.

Figura 17.

Componentes requeridos para instalación de un motor



Fuente: NEC, 2017.

A manera de resumen para este objetivo que se planteó en el PGF se muestra por medio de la tabla 10 el modo de cálculo de varios dispositivos eléctricos ya mencionados y el artículo del NEC donde se hace mención de ellos.

Tabla 8.

Resumen del NEC para cálculos eléctricos de diferentes partes del diseño

Método de cálculo y selección para el diseño Eléctrico según el NEC 2017			
Item	Descripción de Equipo	Método de cálculo	Referencia del NEC 2017 (protecciones y cableado)
1	Transformador monofásico	$KVA = (\text{Volts} \times \text{Amperios})/1000$	Tabla 450.3 (B) - Art 450
2	Transformador trifásico	$KVA = (1.732 \times \text{Volts} \times \text{Amperios})/(1000)$ - Desconexión primaria : 1.25 x Corriente transformador - Conductor: 1.25 x corriente transformador	Tabla 450.3 (B) - Art 450
3	Cableado Eléctrico motores	Amp : Corriente de plena carga x 1.25	Tabla 430-248 y 250 - Art 430
4	Cableado Eléctrico de tierra	Dimensionar según capacidad del breaker	Tabla 250.122- Art 250
5	Selección de conductor	Amperios obtenidos de item 3 y selección a 75°C	Tabla 310-16 Art 310
6	Capacidad de interruptor para arrancador suave de motor	Corriente de placa del motor multiplicada por 1.5	Tabla 430.152 - Art 430
7	Capacidad de interruptor para Variador en motor	Corriente de placa del motor multiplicada por 1.5	Tabla 430.152 - Art 430
8	Motor con arranque directo	Corriente de placa del motor multiplicada por 2.5	Tabla 430.152 - Art 430
9	Banco de capacitores	Conductor y desconexión : Se multiplica corriente por 1.35	Art 460.8 y Art 460.24
10	Capacidades de breaker y fusibles	Se escoge el valor inmediato superior	Art 240.6
11	Conductor para múltiples motores	Corriente de mayor capacidad x 1.25 + motores restantes	Art 430.24
12	Desconexión para múltiples motores	Corriente mayor x (factor constante) + motores restantes	Tabla 430.152 - Art 430
13	Capacidad del Guardamotor	Corriente de plena carga x 1.15	Tabla 50.1 Norma UL 508A
14	Relay de sobrecarga	Corriente de plena carga x 1.15	Art 34.2 Norma UL 508A

Fuente: Elaboración propia basado en NEC, 2017.

4.3.7 Resumen del objetivo: Lista de requerimientos detallados sobre los aspectos a considerar para el desarrollo del diseño eléctrico:

Con el desarrollo de este objetivo se logró identificar y ordenar la secuencia de tareas necesarias para la elaboración del diseño eléctrico del sistema de refrigeración industrial con amoníaco. Como parte de estas tareas se pueden mencionar las siguientes:

- Identificación de las necesidades del sistema: Voltajes, corriente, potencias entre otros.
- Elaboración del diseño preliminar: diagrama eléctrico unifilar.
- Estudio y análisis de los flujos de carga
- Estudio de cortocircuito y coordinación de protecciones.
- Arco eléctrico

Además de los mencionado anteriormente y como complemento se utilizó la ayuda de expertos y fabricantes de equipos para obtener información técnica, que se debe considerar en la elaboración del diseño. El usar estos datos son de gran ventaja ya que permiten optimizar el trabajo a las necesidades reales de los equipos. Es importante mencionar que muchas veces estos datos son distintos a los que sugiere el Código Eléctrico Nacional y en caso de que no obtenga la información por parte de los proveedores de equipos se deberán emplear los valores recomendados en las normas aprobadas en Costa Rica.

Se realizaron tablas con los requisitos para el diseño eléctrico y de control que abarcan la mayoría de aspectos a considerar en la realización del trabajo. Una ventaja enorme de haber realizado estos documentos es que nos permite tener claridad sobre los diferentes parámetros que debemos dar seguimiento y sobre cuales normas se rigen para su aplicación en cada diseño. El contar con este tipo de documentos es muy relevante para poder ofrecer un producto de calidad y costo, que cumpla con todos los requerimientos de cada cliente.

Como reto queda el estar actualizando las tablas de acuerdo a las nuevas normas y requerimientos que se vayan realizando en el transcurso del tiempo según las necesidades del mercado.

4.4 Definir las fases necesarias para estructurarlos de acuerdo con la guía PMBOK, para elaborar la gestión de metodología de diseño eléctrico y de control

Los elementos contenidos para desarrollar una metodología de Gestión de Diseño Eléctrico y de Control para un Sistema de Refrigeración con Amoniaco está fundamentado en los estándares del Project Management Institute (PMI), y tiene como objetivo lograr un avance profesional de proyectos que estén sustentados en las mejores prácticas. En el siguiente modelo, se tomó en cuenta para la construcción de la propuesta del diseño de Herramientas y Plantillas la adaptación a la gestión de proyectos que permiten facilitar la culminación exitosa de los proyectos.

Con este objetivo se pretende definir cuáles son los procesos o fases necesarios para llegar hasta la etapa del diseño eléctrico y de control de un sistema de refrigeración con amoníaco, siguiendo los lineamientos del PMBOK y buenas prácticas existentes en el mercado nacional e internacional.

Como se define en la Guía para la Gestión Integrada de Proyectos de Ingeniería, Arquitectura y Construcción del CFIA el ciclo de vida de un proyecto está compuesto por las siguientes fases.

Figura 18.

Ciclo de vida del proyecto de Ingeniería, Arquitectura y Construcción



Fuente: Guía para la Gestión Integrada de Proyectos de Ingeniería, Arquitectura y Construcción del CFIA (2018).

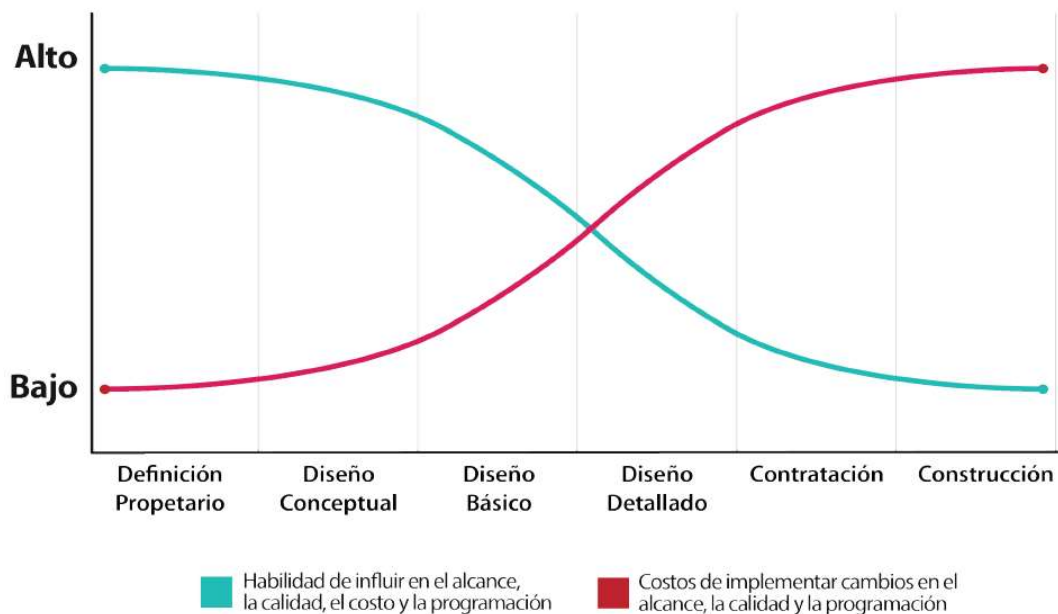
Para el presente PFG lo procesos que estaremos considerando son las fases de concepto, planificación(planeación), contratación y diseño eléctrico del sistema de refrigeración con amoníaco como producto entregable final para el cliente antes de iniciar con el proceso de construcción.

Como metodología de gestión para el diseño eléctrico y de refrigeración industrial se propone el método de cascada el cual es un proceso lineal en el que el trabajo se realiza de manera escalonada (similar a una cascada) y en orden secuencial. La importancia de llevar a cabo una gestión de metodología correcta nos va a permitir asegurarle a cliente un correcto diseño de acuerdo a sus necesidades. En la siguiente figura 17 se ilustra el costo de efectuar cambios y de corregir errores suele aumentar sustancialmente según el proyecto, lo cual ha sido un tema que se ha presentado en la compañía al no considerar distintas variables no analizadas y revisadas previamente con el cliente.

Se han tenido varios ejemplos de la situación mencionada anteriormente ya que debido a las urgencias e incorrecta recolección de la información se han dejado elementos por fuera del diseño que durante la fase de planeación y presupuesto no se toman en cuenta y luego representan costos muy elevados debido a retrabajos que se deben llevar cabo durante la fase de construcción

Figura 19.

Costo de los cambios en el proyecto



Fuente: Guía para la Gestión Integrada de Proyectos de Ingeniería,

Arquitectura y Construcción del CFIA (2018).

Para la gestión del diseño eléctrico y de control se debe considerar las siguientes fases de acuerdo a la experiencia desarrollada por los expertos y la Guía del PMBOOK.

4.4.1 Fase de concepción

Como indica la Guía para la Gestión Integrada de Proyectos de Ingeniería, Arquitectura y

Construcción del CFIA un Proyecto de Ingeniería se lleva a cabo porque un cliente desea ver materializado un proyecto que le permita, de forma óptima, satisfacer una determinada necesidad o aprovechar una oportunidad de negocio.

Como parte de los requerimientos para llevar a cabo un diseño de concepto se deben realizar varias reuniones con el cliente y los involucrados, que se consideren deben participar para obtener información y diferentes puntos de vistas sobre lo que se desea llevar cabo. Estas reuniones deberán quedar documentadas y respaldadas como parte del sustento necesario del futuro diseño antes de iniciar la fase de planeación. Es importante recalcar que la parte del diseño eléctrico y de control normalmente se revisa con expertos que define el cliente para lograr comprender los sistemas que se manejan y lo que se desea lograr como producto final.

Durante esta fase se estaría conformando el equipo de trabajo para el desarrollo del proyecto.

Equipo de Trabajo:

Como se mencionó en este documento el tipo de proyecto que aplica para el PFG realizado corresponde al tipo predictivo. Como indica la guía del PMI (2017), “los proyectos predictivos se caracterizan por un énfasis en la especificación de los requisitos y la planificación detallada durante las fases iniciales de un proyecto. Los planes detallados basados en los requisitos y limitaciones conocidos pueden reducir el riesgo y el costo”.

El equipo de trabajo para el PFG propuesto deberá estar conformado por las siguientes personas.

Tabla 9.

Equipo de trabajo para la Gestión de Diseño Eléctrico y de Control de un Sistema de Refrigeración con Amoniaco

Item	Rol	Responsabilidades
1	Patrocinador del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer el contacto inicial con el cliente del proyecto - Presentar propuesta económica al cliente - Designar al Director del Proyecto
2	Director del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> - Liderar el equipo del proyecto para cumplir los objetivos del proyecto y las expectativas de los interesados. - Trabajar para equilibrar las restricciones contrapuestas que afectan al proyecto con los recursos disponibles. - Mantener informado al equipo de trabajo sobre cambios en el alcance - Evaluar avance del trabajo con respecto al tiempo de entrega - Realizar informe del avance del proyecto

Item	Rol	Responsabilidades
		<ul style="list-style-type: none"> - Participar en reuniones con el cliente
2	Diseñador Eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> - Recopilar la información técnica necesaria para elaborar el diseño eléctrico - Realizar memorias de cálculo - Preparar tablas y bosquejos del diseño - Diseñar según normativa vigente en el país (NEC última versión en español). - Documentar información de control para enviarla al Diseñador de dicho sistema - Guiar al dibujante para la elaboración de los planos. - Realizar trámite de permisos para planos ante el CFIA y entes gubernamentales

Item	Rol	Responsabilidades
3	Diseñador y proveedor del sistema de Control	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar información de control suministrada para la elaboración de los planos. - Elaborar los planos de control según la normativa UL 508 aprobada por el NEC - Enviar planos de control para revisión y aprobación por parte del diseño eléctrico - Suministrar equipo de control y elaborar manuales de operación.
5	Dibujante de CAD	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar planos en programa de dibujo (CAD, REVIT etc). - Mantener información de planos actualizada y respaldada. - Impresión de láminas para distribuir entre miembros del equipo de trabajo - Participar en reuniones de diseño. - Dibujar planos constructivos
6	Asistente	<ul style="list-style-type: none"> - Respalidar y archivar información de los planos eléctricos y de control

Item	Rol	Responsabilidades
		<ul style="list-style-type: none"> - Recopilar información de fichas técnicas de los equipos usados en el diseño. - Mantener información de respaldo para manuales de operación. - Preparar documento de entrega formal para el cliente - Circular comunicación con acuerdos entre miembros del equipo
7	Instalador	<ul style="list-style-type: none"> - Llevar a cabo la instalación de los equipos según los planos aprobados - Actualizar planos según cambios que se presenten durante la ejecución del proyecto - Pasar información actualizada de cambios al Ingeniero de Diseño Eléctrico.

Fuente: Elaboración propia

4.4.2 Fase de Planeación

El grupo de proceso de planeación está compuesto por aquellos procesos realizados para establecer el alcance total del esfuerzo, definir y refinar los objetivos, y trazar la línea de acción

requerida para alcanzar dichos objetivos. Se deberá desarrollar la estrategia a seguir, estructurar la organización del proyecto, conformar el equipo de trabajo.

A medida que se va recopilando y comprendiendo más información o más características a tomar en cuenta durante el diseño del proyecto es probable que se requiera realizar una planeación adicional.

Los mínimos documentos que se deberán realizar son:

- Definir el alcance del diseño: ¿Qué es lo que queremos conseguir?

En conjunto con el cliente revisar los objetivos y requerimientos del proyecto referidos a la calidad, el alcance, el costo y el plazo. Por experiencia se deberá redactar un documento con las especificaciones deseadas de diseño y control que permitan un mayor claridad y control en las fases posteriores del proyecto.

- El cronograma. ¿Cuándo lo obtendremos?

A parte del cronograma se deberá gestionar y definir como controlar el alcance el costo, los recursos, las comunicaciones, el riesgo, las adquisiciones de los diferentes proveedores autorizados, las partes interesadas, seguridad, ambiente y financiamiento. Semanalmente se deberá llevar a cabo reuniones para monitorear dichas actividades.

- El presupuesto. ¿A qué costo?

Como lo menciona la Guía para la Gestión Integrada de Proyectos de Ingeniería, Arquitectura y Construcción debe tener una integración de la línea base del Alcance, línea base del cronograma y línea base del costo.

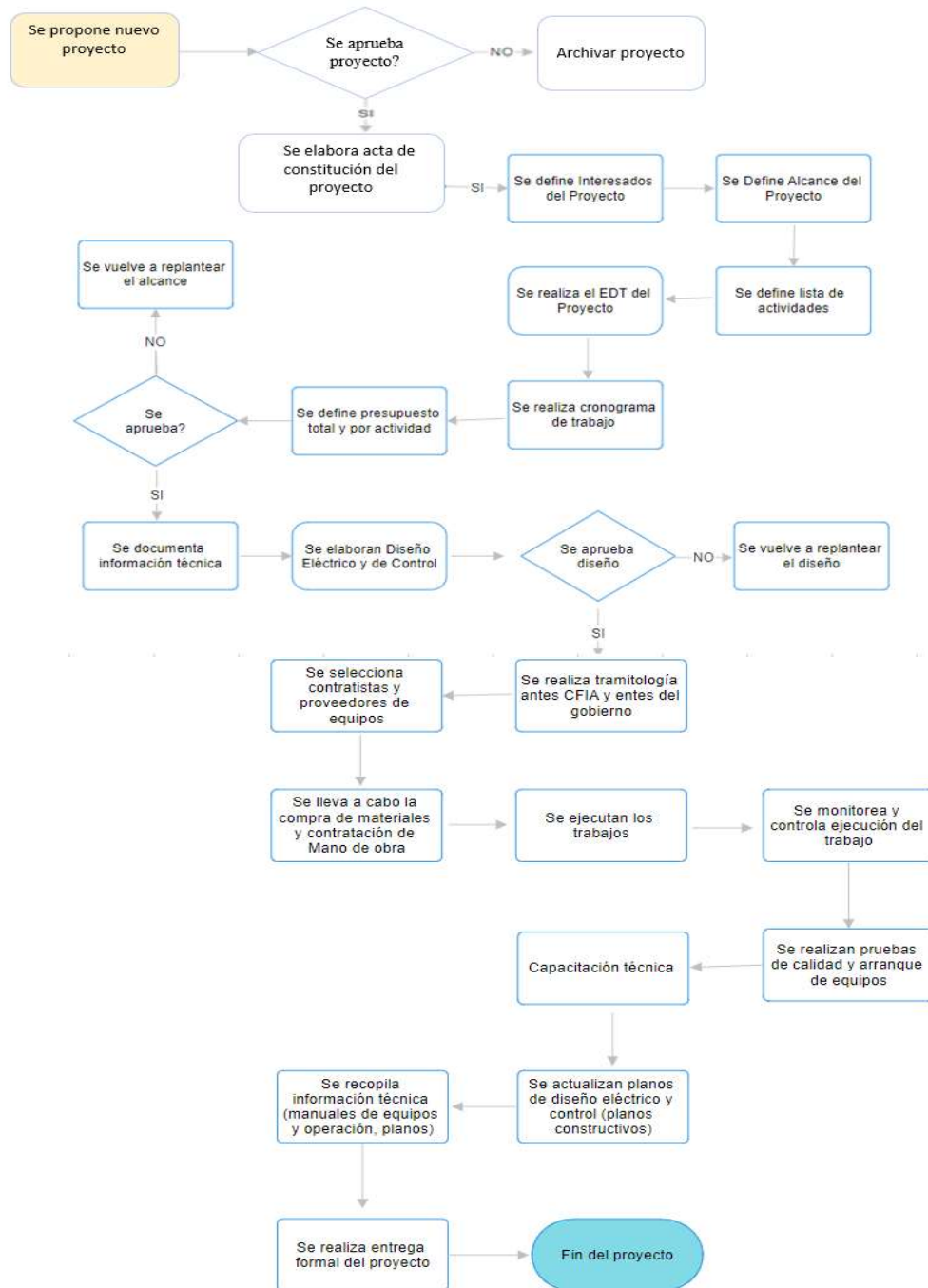
La fase de planeación se iniciará una vez que el cliente haya tomado la decisión de autorizar aprobación de los recursos de inversión en el proyecto, y debe continuar en procesos de elaboración

progresiva a lo largo del ciclo de vida del proyecto. La fase de planeación de deberá actualizar conforme se vayan completando las distintas etapas del proyecto y cuando se aprueben los cambios al mismo por medio de la elaboración de planos de taller y planos constructivos para la gestión de metodología de diseño presentada en este PFG.

En esta fase también se elabora la estructura detallada de trabajo (EDT) mostrando el proyecto en paquetes de trabajo que permitan mostrar los productos entregables del proyecto durante todo su ciclo de vida y el diagrama de flujo del proceso:

Figura 20.

Diagrama de Flujo del Proceso



Fuente: Elaboración propia

Proceso de Toma de Decisiones

La toma de decisiones más eficaz, es aquella que ayuda a mejorar los resultados de un proyecto, se basa en un enfoque formal y metódico, como el proceso de cinco pasos que se destaca en la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMI, 2017):

1. Definición del problema: Analizar completamente el problema, aclararlo y definirlo.
2. Generación de la solución del problema: Prolongar el proceso de generación de nuevas ideas elaborando soluciones múltiples mediante una lluvia de ideas y desalentando las decisiones prematuras.
3. De las ideas a la acción: Definir los criterios de evaluación, evaluar los pros y los contras de las alternativas y elegir la mejor solución.
4. Planificación de la evaluación de las soluciones: Analizar la solución tras su implementación, evaluarla y recoger las lecciones aprendidas.
5. Evaluación del resultado y del proceso: Evaluar en qué medida se resolvió el problema o se alcanzaron las metas del proyecto (continuación de la fase anterior).

En la empresa RSF se deberá cumplir con la revisión de los siguientes puntos para llevar a cabo la toma de decisiones.

Tabla 10.

Herramientas sugeridas para la toma de decisiones

Item	Descripción de Condición	Herramienta
1	Definición del trabajo a realizar y posible solución	Análisis de escenarios: Evaluar las diferentes consecuencias para las posibles opciones e impacto que tendrán al desarrollo del trabajo

Item	Descripción de Condición	Herramienta
2	Estimación de costos	La estimación análoga para comparar los costos del proyecto con trabajos anteriores similares anteriores nos va permitir obtener valores aproximados.
3	Selección de proveedores y contratistas	Matriz de Decisión: Por medio de una serie de criterios establecidos y un puntaje se evalúa y pondera las diferentes opciones
4	Recopilación de datos	Utilizar el criterio de expertos en el tema para obtener la información más exacta acerca del trabajo realizado. Acceso a manuales y documentos de proveedores de equipo, especificaciones.
5	Cronograma de trabajo	Por medio de un software como el Project plantear el inicio y final de cada tarea hasta completar el trabajo según acuerdo con el cliente
6	Aprobación de cambios propuestos en el diseño	Por medio de planos de taller se debe solicitar autorización a los encargados del proyecto para efectuar cambios al trabajo establecido
7	Control y Seguimiento	Documentar los resultados de las pruebas que se realicen al proyecto y presentar respaldo como evidencia. Documentar por medio de un reporte fotográfico los avance y calidad de labores ejecutadas

Fuente: Elaboración propia para la toma de decisiones

Línea base del Cronograma:

Según se indica en la Guía del PMI (2017):

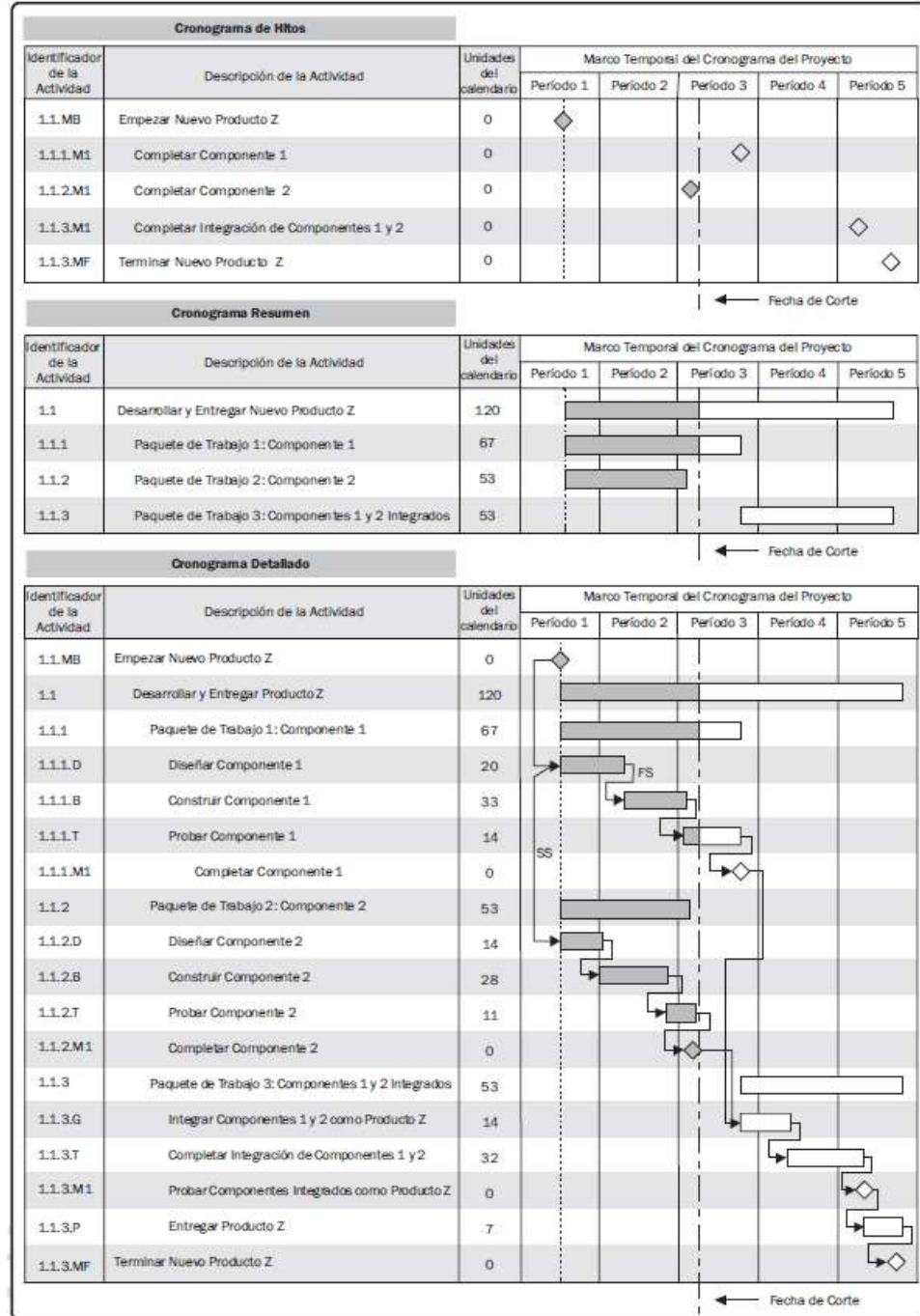
Una línea base del cronograma consiste en la versión aprobada de un modelo de programación que sólo puede cambiarse mediante procedimientos formales de control de cambios y que se utiliza como base de comparación con los resultados reales. Es aceptada y aprobada por los interesados adecuados como la línea base del cronograma, con fechas de inicio de la línea base y fechas de finalización de la línea base. Durante el monitoreo y control, las fechas aprobadas de la línea base se comparan con las fechas reales de inicio y finalización para determinar si se han producido desviaciones. La línea base del cronograma es un componente del plan para la dirección del proyecto.

Los cambios de la línea base del cronograma se incorporan como respuesta a los cambios aprobados en el alcance del proyecto, los recursos o las estimaciones del cronograma. En algunos casos las variaciones del cronograma pueden ser tan importantes que se torna necesario revisar la línea base del cronograma a fin de proporcionar una base realista para la medición del desempeño.

En RSF el cronograma de trabajo se establece de acuerdo a los requerimientos del cliente en donde en conjunto con los demás interesados del proyecto se establece la fecha de inicio y final del proyecto, posteriormente se lleva a cabo un desglose de las tareas que se deben ejecutar, se indican los hitos para el desarrollo del trabajo y de manera semana se revisa y ajusta el cronograma debido a posibles cambios que se puedan dar. Como herramienta principal para la elaboración del cronograma se utiliza el programa de Project el cual es una excelente herramienta para realizar dicho trabajo.

Figura 21.

Ejemplo de representación del cronograma del proyecto que se utiliza en RSF



Fuente: PMI, 2017.

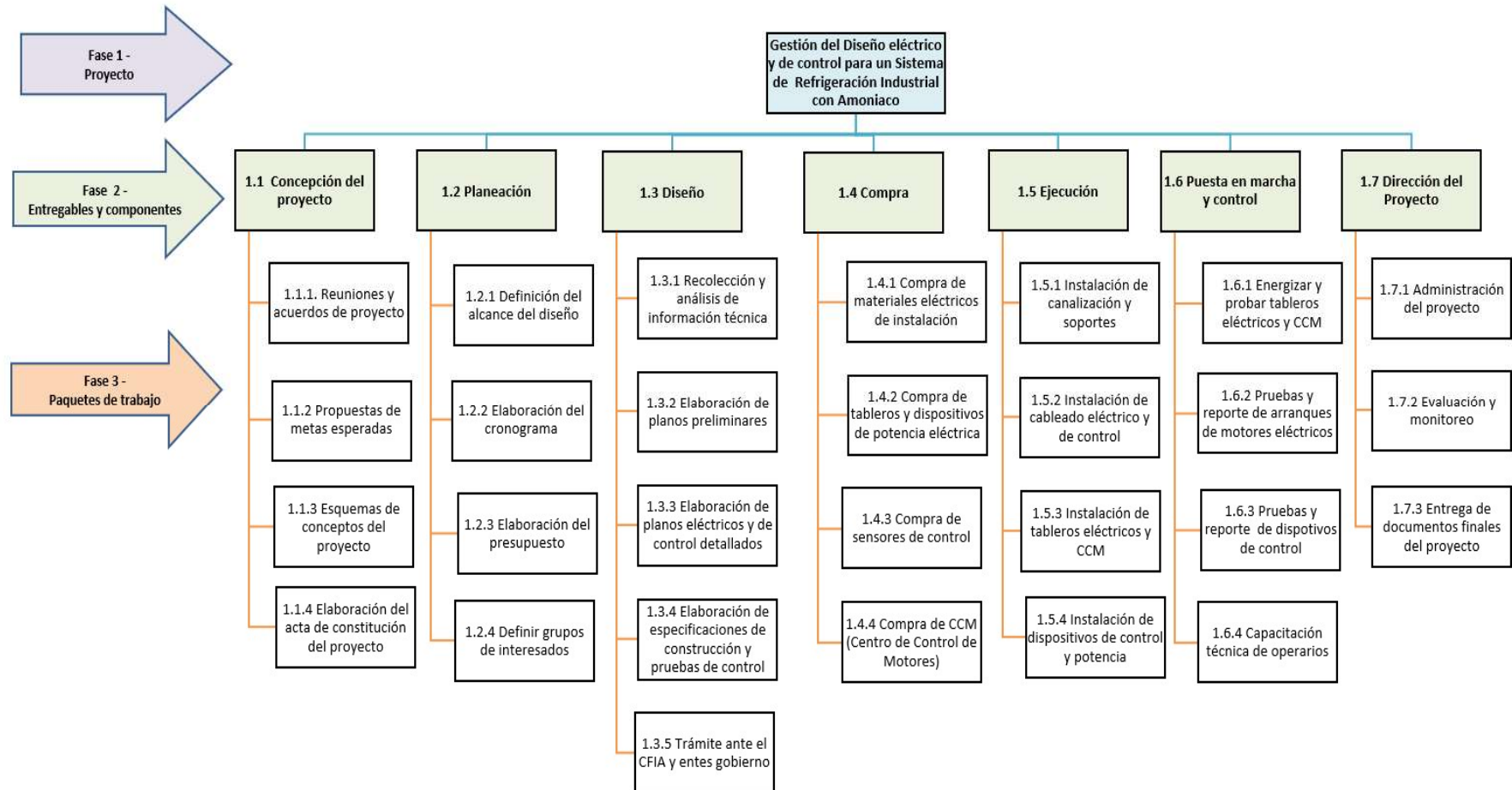
4.4.3 Estructura Detallada del Trabajo (EDT)

Como indica la Guía del PMBOOK (2017); crear la EDT es el proceso de subdividir los entregables del proyecto y el trabajo en componentes más pequeños y más fáciles de manejar. El beneficio clave de este proceso es que proporciona un marco de referencia de lo que se debe entregar.

Para el PFG desarrollado se muestra en la siguiente figura una descomposición jerárquica del alcance total del trabajo para cumplir con los objetivos del proyecto y crear los entregables requeridos.

Figura 23.

Estructura de desglose del PFG desarrollado



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11.

Descripción de Paquetes de Trabajo

Código de EDT	Nombre de la actividad	Hitos	Descripción de la actividad	Predecesoras
0	Diseño Eléctrico y de Control de Sistema de Refrigeración Industrial con Amoniaco		Nombre del Proyecto	
1.1	Concepción del Proyecto			
1.1.1	Reuniones y acuerdos del proyectos		Se presenta idea general por parte del cliente acerca del proyecto que desea realizar	
1.1.2	Propuesta de valores (metas) esperadas		Lo define el cliente de acuerdo a la expectativa de ventas y producción	1.1.1
1.1.3	Esquemas de conceptos del proyecto		Se hacen bosquejos del proyecto, ubicación, dimensiones del lugar, accesos, servicios disponibles.	1.1.2
1.1.4	Elaboración del acta de constitución del proyecto		Se elabora el charter del proyecto para su mayor comprensión	1.1.3
1.2	Planeación del proyecto			
1.2.1	Definición del alcance del diseño	1.1.2	Se define con el cliente luego de revisar idea del proyecto cual será el alcance esperado	1.1.4
1.2.2	Elaboración del cronograma del proyecto		Se realiza un cronograma detallado de actividades del proyecto	1.2.1
1.2.3	Elaboración de presupuesto		Se define el presupuesto del proyecto	1.2.1
1.2.4	Se define el grupo de interesados		Se determina la lista de personas a participar en el proyecto	1.1.4
1.3	Diseño			
1.3.1	Análisis y recolección de información técnica	1.2.1	Se recolecta la información técnica y se lleva a cabo el análisis de los datos	1.2.1
1.3.2	Elaboración de planos preliminares		Se elaboran el diseño eléctrico y de control preliminar del proyecto	1.3.1
1.3.3	Elaboración de planos eléctricos y de control detallados		Con los análisis previos realizados se procede a elaborar los planos detallados del sistema eléctrico y de control	1.3.2
1.3.4	Elaboración de especificaciones de construcción y pruebas de control.		Documento escrito con detalle de especificaciones y lógica de control que se desea para el proyecto.	1.3.3
1.3.5	Trámite ante el CFIA y entes de gobierno.		Se presenta planos al CFIA para el sellado de los mismo y la obtención de permisos de los entes del gobierno	1.3.3
1.4	Compra			
1.4.1	Compra de materiales eléctricos de instalación	1.3.5	Se lleva a cabo la compra de materiales de soportería, canalización y cableado para el proyecto.	1.3.3
1.4.2	Compra de tableros de potencia eléctrica		Se realiza compra de tableros de potencia, transformadores secos y componentes que se requieren para su correcta operación	1.3.3
1.4.3	Compra de sensores de control		Se refiere a la compra de sensores de presión, temperatura, amoníaco, válvulas solenoides etc.	1.3.3
1.4.4	Compra de CCM (Centro de Control de Motores)		Se lleva a cabo la compra del CCM considerando todas las variables que se debe controlar y dejando previstas (15%) para futuro	1.3.3
1.5	Ejecución			
1.5.1	Instalación de canalización y soportes	1.3.5	Se refiere al montajes de soportes y canalización eléctrica (tubería, ductos, trincheras etc)	1.4.1
1.5.2	Instalación de cableado eléctrico y de control		Montaje de todo el cableado de acometidas y circuitos ramales de potencia . Cableado de control para válvulas solenoides, y dispositivos de control (sensores de temperatura, amoníaco, presión etc)	1.4.2
1.5.3	Instalación de tableros eléctricos y CCM		Se refiere al montaje de los tableros de potencia principales y secundarios además de la instalación del CCM (Centro de Control de Motores).	1.4.3 ; 1.4.4
1.5.4	Instalación de dispositivos de control y potencia		Este item se refiere al montajes de sensores de control y dispositivos de potencia tales como variadores, arrancadores, desconectores, transformadores secos etc.	1.4.3
1.6	Puesta en marcha y control			
1.5.1	Energizar y probar tableros eléctricos y CCM	1.4.5	Se energiza y prueba los medios de desconexión de los equipos así como también se miden valores de voltaje y corrientes de consumo	1.4.5
1.5.2	Pruebas y reporte de arranque de motores eléctricos		Se energiza y se realizan pruebas de arranque y giro para todos los motores eléctricos	1.5.1
1.5.3	Pruebas y reporte de dispositivos de control		Se energizan y miden valores de los dispositivos de control (válvulas, sensores de temperatura , presión etc)	1.5.1
1.5.4	Capacitación técnica de operarios		Se lleva a cabo una capacitación técnica de los operarios responsables de operar y dar mantenimiento al sistema	1.5.2 , 1.5.3
1.7	Dirección de proyecto			
1.6.1	Administración del Proyecto		Evaluación constante del alcance del proyecto, cronograma , calidad y costos del trabajo	
1.6.2	Evaluación y monitoreo del proceso		Durante la ejecución se debe estar monitoreando el proceso de ejecución, calidad del proyecto	
1.6.3	Entrega de documentos finales del proyecto		Se hacen entrega de planos constructivos del proyecto, manuales de equipos y de operación del proyecto , así como también hoja de aceptación final de los trabajos realizados	1.5.4

Fuente: Elaboración propia

Figura 22.

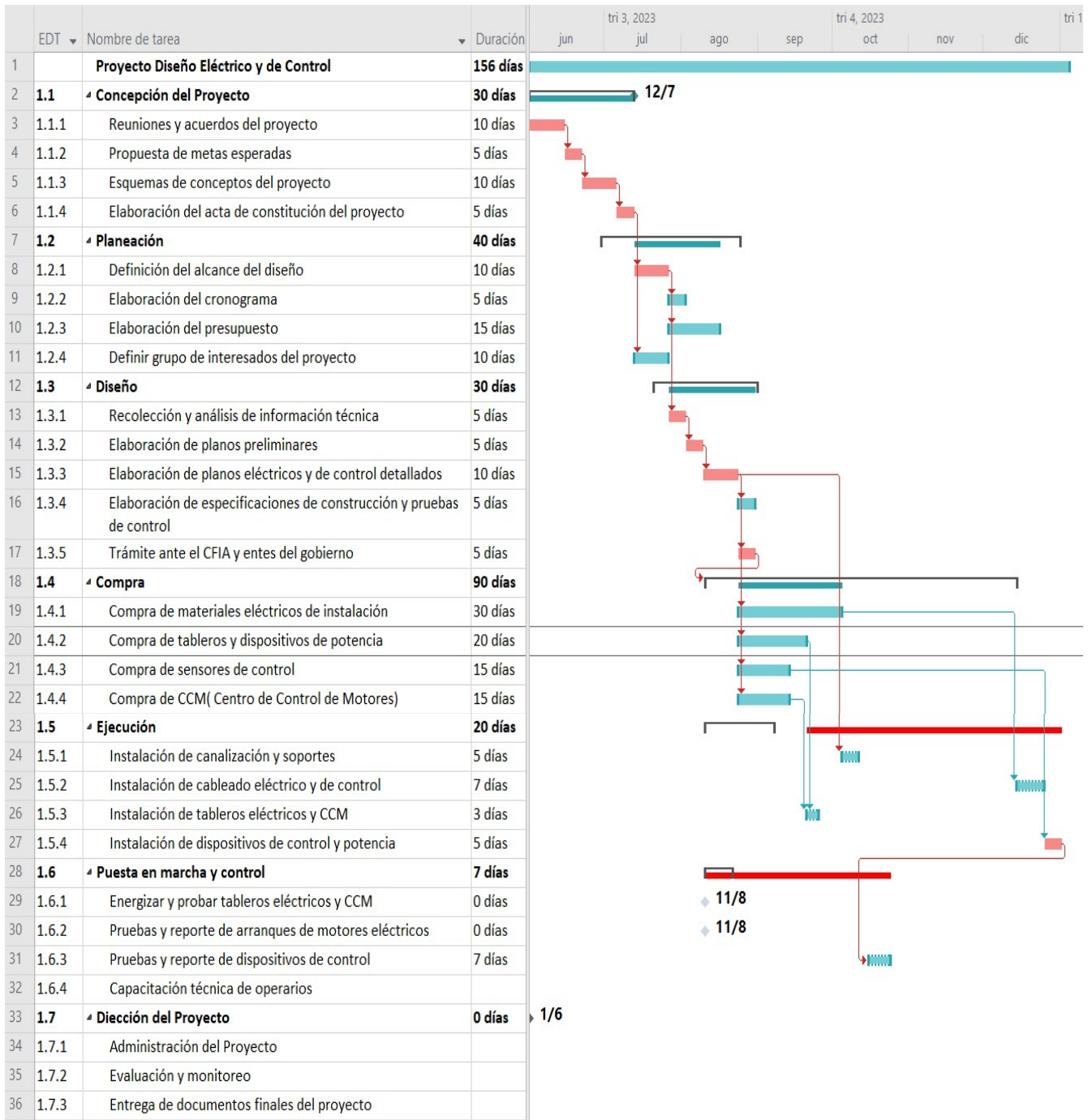
Cronograma de trabajo

	EDT ▼	Nombre de tarea ▼	Duración ▼	Predecesoras ▼
1		Proyecto Diseño Eléctrico y de Control	156 días	
2	1.1	▸ Concepción del Proyecto	30 días	
3	1.1.1	Reuniones y acuerdos del proyecto	10 días	
4	1.1.2	Propuesta de metas esperadas	5 días	3
5	1.1.3	Esquemas de conceptos del proyecto	10 días	4
6	1.1.4	Elaboración del acta de constitución del proyecto	5 días	5
7	1.2	▸ Planeación	40 días	
8	1.2.1	Definición del alcance del diseño	10 días	6
9	1.2.2	Elaboración del cronograma	5 días	8
10	1.2.3	Elaboración del presupuesto	15 días	8
11	1.2.4	Definir grupo de interesados del proyecto	10 días	6
12	1.3	▸ Diseño	30 días	
13	1.3.1	Recolección y análisis de información técnica	5 días	8
14	1.3.2	Elaboración de planos preliminares	5 días	13
15	1.3.3	Elaboración de planos eléctricos y de control detallados	10 días	14
16	1.3.4	Elaboración de especificaciones de construcción y pruebas de control	5 días	15
17	1.3.5	Trámite ante el CFIA y entes del gobierno	5 días	15
18	1.4	▸ Compra	90 días	17
19	1.4.1	Compra de materiales eléctricos de instalación	30 días	15
20	1.4.2	Compra de tableros y dispositivos de potencia	20 días	15
21	1.4.3	Compra de sensores de control	15 días	15
22	1.4.4	Compra de CCM(Centro de Control de Motores)	15 días	15
23	1.5	▸ Ejecución	20 días	
24	1.5.1	Instalación de canalización y soportes	5 días	15
25	1.5.2	Instalación de cableado eléctrico y de control	7 días	19
26	1.5.3	Instalación de tableros eléctricos y CCM	3 días	20;22
27	1.5.4	Instalación de dispositivos de control y potencia	5 días	21
28	1.6	▸ Puesta en marcha y control	7 días	
29	1.6.1	Energizar y probar tableros eléctricos y CCM	0 días	
30	1.6.2	Pruebas y reporte de arranques de motores eléctricos	0 días	
31	1.6.3	Pruebas y reporte de dispositivos de control	7 días	27
32	1.6.4	Capacitación técnica de operarios		
33	1.7	▸ Dirección del Proyecto	0 días	
34	1.7.1	Administración del Proyecto		
35	1.7.2	Evaluación y monitoreo		
36	1.7.3	Entrega de documentos finales del proyecto		

Fuente: Elaboración propia

Figura 23.

Diagrama de Gantt para el PFG



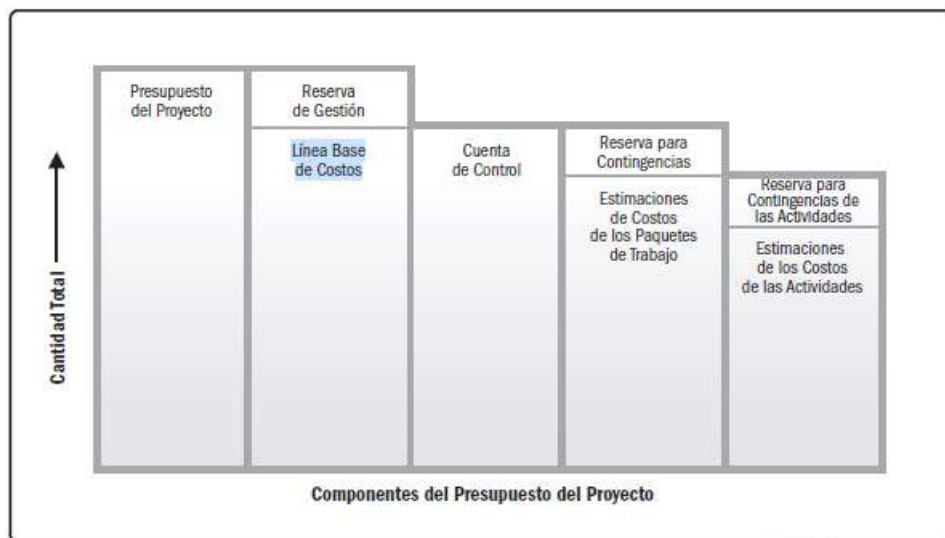
Fuente: Elaboración propia

Línea Base de Costos:

Como se indica en la guía del PMI (2017), la línea base de costos es la versión aprobada del presupuesto del proyecto con fases de tiempo, excluida cualquier reserva de gestión, la cual sólo puede cambiarse a través de procedimientos formales de control de cambios. Se utiliza como base de comparación con los resultados reales. La línea base de costos se desarrolla como la suma de los presupuestos aprobados para las diferentes actividades del cronograma.

Figura 24.

Componentes del presupuesto del Proyecto



Fuente: PMI, 2017.

Para el cálculo del presupuesto se utiliza como referencia los porcentajes de estimación definidos por el Colegio de Ingenieros y Arquitectos para el año 2024 y que se muestran en la siguiente figura 28 para lo que es el cálculo de costo para el diseño eléctrico y de control además de la administración del proyecto.

Figura 25.*Porcentajes de cobro por honorarios*

	Tarifa Mínima
Estudios preliminares:	0,50 %
Anteproyecto:	1,00 %
Planos y especificaciones técnicas:	4,00 %
Inspección:	3,00 %
Dirección Técnica / Dirección de obra:	5,00 %
Administración:	12,00%

Fuente: CFIA, 2024.

Adicional a lo anterior se estima de manera aproximada los costos para un proyecto cuyo diseño, instalación y puesta en marcha maneja un presupuesto \$ 350 000.00 considerando que se tiene los siguientes equipos:

- Dos compresores para amoníaco
- Un condensador evaporativo
- 16 evaporadores y una recirculadora
- Tableros de potencia eléctrica y un Centro de Control de Motores
- Válvulas solenoides y sensores de amoníaco y temperatura.

Figura 26.*Presupuesto estimado para el proyecto*

	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras	Costo
1	Proyecto Diseño Eléctrico y de Control	156 días		\$396 900,00
2	▸ Concepción del Proyecto	30 días		\$1 500,00
3	Reuniones y acuerdos del proyecto	10 días		\$0,00
4	Propuesta de metas esperadas	5 días	3	\$0,00
5	Esquemas de conceptos del proyecto	10 días	4	\$500,00
6	Elaboración del acta de constitución del proyecto	5 días	5	\$1 000,00
7	▸ Planeación	40 días		\$6 500,00
8	Definición del alcance del diseño	10 días	6	\$0,00
9	Elaboración del cronograma	5 días	8	\$1 000,00
10	Elaboración del presupuesto	15 días	8	\$5 000,00
11	Definir grupo de interesados del proyecto	10 días	6	\$500,00
12	▸ Diseño	30 días		\$20 250,00
13	Recolección y análisis de información técnica	5 días	8	\$1 750,00
14	Elaboración de planos preliminares	5 días	13	\$3 500,00
15	Elaboración de planos eléctricos y de control detallados	10 días	14	\$12 000,00
16	Elaboración de especificaciones de construcción y pruebas de control	5 días	15	\$2 000,00
17	Trámite ante el CFIA y entes del gobierno	5 días	15	\$1 000,00
18	▸ Compra	90 días	17	\$145 000,00
19	Compra de materiales eléctricos de instalación	30 días	15	\$60 000,00
20	Compra de tableros y dispositivos de potencia	20 días	15	\$35 000,00
21	Compra de sensores de control	15 días	15	\$10 000,00
22	Compra de CCM(Centro de Control de Motores)	15 días	15	\$40 000,00
23	▸ Ejecución	20 días		\$126 250,00
24	Instalación de canalización y soportes	5 días	15	\$40 000,00
25	Instalación de cableado eléctrico y de control	7 días	19	\$36 250,00
26	Instalación de tableros eléctricos y CCM	3 días	20;22	\$15 000,00
27	Instalación de dispositivos de control y potencia	5 días	21	\$35 000,00
28	▸ Puesta en marcha y control	7 días		\$6 500,00
29	Energizar y probar tableros eléctricos y CCM	0 días		\$2 000,00
30	Pruebas y reporte de arranques de motores eléctricos	0 días		\$1 500,00
31	Pruebas y reporte de dispositivos de control	7 días	27	\$2 000,00
32	Capacitación técnica de operarios			\$1 000,00
33	▸ Diección del Proyecto	0 días		\$90 900,00
34	Administración del Proyecto			\$42 000,00
35	Evaluación y monitoreo			\$0,00
36	Entrega de documentos finales del proyecto			\$2 000,00
37	Reserva de contingencia (5%)			\$17 500,00
38	Reserva de gestión (8%)			\$29 400,00

Fuente: Elaboración propia

Para el presupuesto estimado del proyecto se consideró un porcentaje de reserva de contingencia y un porcentaje de gestión con los valores recomendados según prácticas y experiencia del mercado nacional, mostrados en la figura 28.

Figura 27.

Flujo de Caja



Fuente: Elaboración propia

El flujo de caja es el conjunto de flujos de dinero que se dan en la construcción de un proyecto, el cual está compuesto por los ingresos y los egresos de la empresa constructora por concepto de las actividades de obra.

De acuerdo a la figura 29 del flujo de caja para llevar a cabo el proyecto de diseño eléctrico y de control:

- 1- En los primeros meses de concepción, presupuesto, diseño preliminar y final del proyecto se dan algunos gastos menores en temas de tramitología y permisos ante los entes gubernamentales del país.
- 2- Luego antes de iniciar la fase de ejecución se debe dar un gasto importante en la compra de los materiales durante el mes 3, en el cual después de negociar previamente con los suplidores de equipos el cómo se les va pagar y precios finales (de acuerdo a lo investigado en la empresa se tiene hasta 60 días para efectuar los pagos una vez recibido los materiales), se procede con las órdenes de compra de los dispositivos requeridos.

Durante este mes también se procede con el pago de adelantos por mano de obra negociada y acordada por medio de un contrato escrito y autenticado.

- 3- En el mes 4 es donde se espera tener el mayor adelanto y se realizan pagos avances en la ejecución de trabajo, además de la compra de algunos materiales faltantes. De manera similar en los meses 5 y 7 se dan pagos por avance en la ejecución del trabajo, hasta su conclusión.
- 4- Para el último mes se lleva a cabo las pruebas requeridas para garantizar el funcionamiento correcto del trabajo instalado en donde se dan los últimos desembolsos de dinero por concepto de ejecución y validación de resultados.

De esta manera se comportaría nuestro flujo de caja para el proyecto analizado en este ejemplo del PFG.

4.4.4 Fase de contrataciones o asignación del diseño

En la empresa RSF la parte de diseño eléctrico de control y potencia se lleva a cabo entre un interno que indica las pautas a seguir una vez aprobado por el cliente y se contrata una empresa externa para la elaboración de los planos de control y potencia con más detalle para los centros de control y motores.

-En esta fase de contratación se valoran las opciones, los procesos y los procedimientos para la selección de los contratistas tanto a nivel de diseño como de ejecución y que formaran parte durante todo el ciclo de vida del proyecto.

Durante esta fase se definen las especificaciones y alcances por medio de contratos revisados internamente dentro de la empresa, los cuáles serán posteriormente enviados a los oferentes para su revisión, y aceptación.

Se participa en la redacción de las bases, de los criterios de selección de diseñadores, proveedores de equipos, contratistas y de las especificaciones de diseño.

Como se indica en la Guía para la Gestión Integrada de Proyectos Ingeniería, Arquitectura y Construcción (GIPIAC); se deberá elaborar el pliego de condiciones específicas y especiales para cada contratación del proyecto, incluyendo los requerimientos para la aplicación de buenas prácticas de gestión de proyectos para la gestión de la ejecución contractual, exigibles a contratista. (CFIA, 2018)

En la siguiente tabla se muestra las características evaluadas para la fase de contratación

Tabla 12.*Elementos evaluados para la contratación de proveedores*

Item	Descripción	Nivel de importancia
1	Experiencia comprobada en trabajos similares	Alto
2	Precio de los servicios	Alto
3	Personal técnico capacitado y certificado	Medio
4	Servicio post venta	Medio
5	Cercanía con el Proyecto	Bajo
6	Cartas de recomendación	Medio
7	Capacidad Económica	Alto
8	Crédito	Medio

Fuente: Elaboración propia

4.4.5 Fase de diseño:

El presente PFG se desarrolló para la gestión de metodología de diseño eléctrico y de control de un sistema de refrigeración con amoníaco debido a las oportunidades de mejoras encontradas y mencionadas anteriormente en este documento.

Como se menciona el GIPIAC (CFIA, 2018):

La fase de diseño tiene el potencial de generar el mayor valor posible para el proyecto, por lo que en esta fase se debe procurar que el proyecto logre reflejar la solución más adecuada para satisfacer los requerimientos que lo motivaron y se logren cumplir los objetivos previstos.

En esta fase se inicia con el desarrollo de diseño preliminares de acuerdo a la información recopilada que se va revisando con los interesados designados por el cliente para posteriormente ir realizando diseños más detallados conforme se profundiza en información técnica que se suministra tanto por el cliente como por los proveedores de los equipos a utilizar durante la fase de ejecución.

El diseño presentado deberá ser revisado y aprobado el cliente una vez que se cumplan las especificaciones de diseño y control definidas por el propietario para lograr la mejor relación de funcionalidad-costo.

En esta fase el responsable del proyecto deberá realizar las siguientes actividades.

- a- Asegurarse que el cliente comprende el alcance del diseño del proyecto según los requerimientos definidos en las especificaciones del trabajo a entregar.
- b- Ir realizando entregas parciales o totales de los diseños preliminares para revisión con los involucrados que el cliente designe.
- c- Asesorar y dar seguimiento en los análisis de Ingeniería de valor.
- d- Revisar y redactar los informes periódicos de avance y de gestión del diseño del proyecto
- e- Gestionar cuando corresponda la tramitación de los permisos de construcción ante las entidades públicas establecidas por el gobierno.
- f- Cumplimiento de las tablas de requisitos de diseño mencionadas en el apartado 4.3 del PFG.

Proceso de Gestión de Cambios:

De acuerdo a la Guía de PMBOOK (PMI,2017) En el proceso de gestión de cambios se describe el modo en que se autorizarán e incorporarán formalmente las solicitudes de cambio a lo largo del proyecto.

Las herramientas para la gestión de cambios deben apoyar las siguientes actividades:

- **Identificar cambios.** Identificar y seleccionar un elemento de cambio para los procesos o documentos del proyecto.
- **Documentar cambios.** Documentar el cambio en una solicitud de cambio adecuada.
- **Decidir acerca de los cambios.** Revisar los cambios; aprobar, rechazar, aplazar o tomar cualquier otra decisión acerca de los cambios a los documentos, entregables o líneas base del proyecto.
- **Hacer seguimiento de los cambios.** Verificar que los cambios sean registrados, evaluados, aprobados y monitoreados y comunicar los resultados finales a los interesados.

Figura 28.


Proceso de gestión de cambios en el diseño



Fuente: <https://asana.com/es/resources/change-control-process>

Tabla 13.*Formulario para solicitud y registro de cambios*

 Control de Versiones		
Fecha:		Código Formulario:
Elaborado por:		Versión:
Nombre del Proyecto:		
Nombre Formulario: Solicitud y Registro de cambios		
Nombre del Solicitante:		Departamento:
Puesto del Solicitante:		Fecha:
Descripción del cambio:		
Costos asociados al cambio:		
Descripción	Tipo de costo	Monto (\$)
Impacto en el cronograma:		
Términos en se rechaza o aprueba el cambio:		
Firmas:		
Solicitante:		Ingeniero de Diseño:

	Control de Versiones
Patrocinador del Proyecto:	

Fuente: Elaboración propia


4.4.6 Fase de ejecución:


En el PFG desarrollado para la fase de ejecución se lleva a cabo por medio de un contrato con un suplidor de mano de obra y materiales, el cual es firmado una vez que se logra definir el alcance y acuerdos de cada parte para la realización del trabajo.

Es muy importante mencionar que se debe realizar un control de entregables de trabajo que deberá ser revisado y aprobado por el Ingeniero de diseño y director del Proyecto.

Tabla 23.

Formulario de entregables del proyecto

	Control de Versiones				
Fecha:			Código Formulario:		
Elaborado por:			Versión:		
Nombre del Proyecto:					
Nombre Formulario: Entregables del Proyecto					
Nombre del Contratista:					
Id	Entregable	Fecha inicio	Fecha final	% Avance	Comentarios
01	Instalación de canalización y soportes				

 Control de Versiones					
Id	Entregable	Fecha inicio	Fecha final	% Avance	Comentarios
02	Instalación de cableado eléctrico y de control.				
03	Instalación de tableros eléctricos y CCM.				
04	Instalación de dispositivos de control y potencia.				
Id	Entregable	Fecha inicio	Fecha final	% Avance	Comentarios
05	Instalación de sistema de sistema de iluminación				
06	Etc.				
Firmas:					
Ingeniero de Diseño:			Director del Proyecto:		

Fuente: Elaboración propia

Para la gestión de metodología del diseño eléctrico y control del sistema de refrigeración esta fase es sumamente importante ya que es cuando se van a presentar cambios en el diseño preestablecido y se deberá actualizar y monitorear dichos cambios.

Para lo anterior es de suma importancia el uso de la herramienta a nivel constructivo llamado planos de taller los cuales son elaborados por los contratistas para la aprobación del diseñador y en caso de que se vaya a afectar el alcance o costo deberá ser revisado y autorizado por el patrocinador del proyecto siguiendo el formulario mostrado en la tabla 23.

Como indica el GIPIAC la fase de ejecución es la de mayor costo, y es en la que se asigna la mayor cantidad de recursos; en ella, el Gestor del Proyecto debe intentar conseguir de acuerdo con los objetivos y los requerimientos del proyecto, que todos los involucrados actúen en forma coordinada para la materialización del valor agregado de las fases previas.


En esta fase el responsable del proyecto deberá llevar a cabo las siguientes actividades.


- a- Coordinar la solicitud y aprobación de fichas técnicas (submittals) por parte de los diseñadores del proyecto
- b- Estar revisando y actualizando el alcance del proyecto.
- c- Revisar y actualizar el cronograma del proyecto con los contratistas y representantes del cliente
- d- Dar seguimiento a la revisión y aprobación de las órdenes de cambio.
- e- Estar revisando el presupuesto del proyecto de acuerdo a los cambios o variaciones que se tengan durante la ejecución
- f- Liderar reuniones semanales con los diferentes involucrados del proyecto.
- g- Dar seguimiento a los avances y fechas de entrega pactados con cada contratista.
- h- Coordinar cuando corresponda auditorías a la fase de ejecución.

Para la fase de ejecución se deberá cumplir con la instalación de los siguientes componentes

Tabla 24.

Componentes de la fase ejecución del sistema eléctrico y de control del sistema de Refrigeración con Amoniaco

Control de Versiones	
	
Fecha:	Código Formulario:
Elaborado por:	Versión:

 Control de Versiones			
Nombre del Proyecto:			
Nombre Formulario: Componentes de fase de ejecución del sistema eléctrico y de control			
Item	Trabajo a realizar	Controlar	Concluir
1	Instalación del sistema de canalización de cableado	Soportes, diámetros de tubería correctos, calidad y certificación de materiales	Aceptación del producto instalado
2	Instalación de acometidas eléctricas de tableros.	Calibre de conductores según planos, calidad y certificación	Aceptación del producto instalado
3	Montaje de tableros eléctricos	Tableros de dimensiones y espacios disponibles según planos, calidad y certificación	Aceptación del producto instalado
4	Acometidas eléctricas de motores.	Calibre de conductores según planos, calidad y certificación	Aceptación del producto instalado
5	Paneles de control (Pantallas y Centros de Control)	Tableros de dimensiones y espacios disponibles según planos, calidad y certificación.	Aceptación del producto instalado
6	Instrumentación de entradas analógicas (sensores de temperatura, amoniaco, presión, sondas de nivel)	Calibre de conductores según planos, calidad y certificación	Aceptación del producto instalado

 Control de Versiones			
Item	Trabajo a realizar	Controlar	Concluir
7	Instrumentación de entradas digitales (boyas de bajo y alto nivel)	Calibre de conductores según planos, calidad y certificación de materiales	Aceptación del producto instalado
8	Instrumentación de salidas digitales (válvulas solenoides)	Calibre de conductores según planos, calidad y certificación de materiales	Aceptación del producto instalado
9	Resistencias de drenaje y puertas	Calibre de conductores según planos, calidad y certificación de materiales	Aceptación del producto instalado
10	Válvulas de equalización	Calibre de conductores según planos, calidad y certificación de materiales	Aceptación del producto instalado
11	Iluminación	Iluminarias aprobadas según planos, soportes, distribución	Aceptación del producto instalado
Firma: Ingeniero de Diseño:			

Fuente: Elaboración propia

4.4.6 Fase de puesta en marcha

En esta fase la gestión de metodología de diseño eléctrico y de control es cuando se lleva a

cabo la elaboración de los planos as built (planos constructivos) por parte de los profesionales y responsables y que viene a representar como quedó finalmente el trabajo desarrollado.

También a nivel diseño eléctrico y de control representa el momento en que se actualiza documentos como el estudio de corto circuito y coordinación de las protecciones instaladas durante la fase de ejecución del proyecto.


En esta fase es cuando se dedica al control y arranque de los equipos para garantizar su óptimo funcionamiento de acuerdo al diseño elaborado. Nos permite certificar que se logren los niveles de funcionamiento definidos de acuerdo con los requerimientos del cliente.


En esta fase se llevan a cabo las siguientes tareas por parte de la gestión de proyectos.

- a- Llevar a cabo las pruebas de arranque de los equipos y de los sistemas de control definidos para cada de unas variables que se desea medir.
- b- Llevar a cabo el entrenamiento de los usuarios finales de lo equipos
- c- Coordinar cuando corresponda la integración de los productos entregables con los existentes en el proyecto.
- d- Dar seguimiento a la elaboración de los manuales de operación, control y mantenimiento por parte de los contratistas
- e- Dar seguimiento a la elaboración de los planos constructivos del proyecto.
- f- Asesorar técnica y administrativamente al cliente y cuando corresponda realizar el proceso de aceptación de las documentación técnica y pruebas de los sistemas instalados.

Tabla 25.

Variables de medición para la puesta en marcha

 Control de Versiones		
Fecha:		Código Formulario:
Elaborado por:		Versión:
Nombre del Proyecto:		
Nombre Formulario: Variables de medición para la puesta en marcha		
Item	Descripción	Pruebas de control
1	Encendido de tableros eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> - Medir rotación de fases, con equipo calibrado. - Funcionamiento de medios de desconexión - Pruebas de resistencia de aislamiento
2	Arranque de motores eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> - Pruebas de medición de amperaje para verificar consumos de corrientes. - Revisar rotación de fases - Pruebas de aislamientos - Accionamiento y desconexión de dispositivos de interrupción
3	Dispositivos de control	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar correcta operación de señales de control - Verificar amperajes

 Control de Versiones		
Item	Descripción	Pruebas de control
		<ul style="list-style-type: none"> - Revisar puntos terminales - Pruebas de accionamiento - Lectura de dispositivos
4	Iluminación	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar sistema de accionamiento - Pruebas de medición de luz
Firma: Ingeniero de Diseño:		

Fuente: Elaboración propia

4.4.7 Fase de Transferencia

Durante esta fase en la gestión del proyecto para el diseño e información técnica utilizada se deberá llevar a cabo toda la recolección y documentación del proyecto que se menciona en los siguientes puntos.


- a- Archivos de planos finales de construcción, así como también las memorias de cálculo actualizadas.
- b- Garantías por parte de los fabricantes para los equipos instalados
- c- Manuales de operación y mantenimiento de los equipos instalados
- d- Manuales técnicos de los equipos
- e- Control de pruebas realizadas a los materiales instalados

- f- Presentar plan de mantenimiento preventivo sugerido para los equipos instalados.
- g- Registro de firmas de usuarios finales para el entrenamiento brindado del funcionamiento y operación de los equipos instalados.

Para la fase de transferencia se deberá cumplir con la siguiente boleta de entrega de información

Tabla 26.

Formulario para entrega de documentos finales al cliente

 Control de Versiones	
Fecha:	Código Formulario:
Elaborado por:	Versión:
Nombre Formulario: Entrega de documentos finales al cliente	
Información General del Proyecto:	
Nombre del Proyecto:	
Cliente:	
Director de Proyecto:	
Ubicación:	
Fecha de Entrega:	

Documentos a entregar	Recibido por:
Planos constructivos eléctricos del sistema de Iluminación	
Planos constructivos eléctricos del sistema eléctricos de servicios generales	
Planos constructivos eléctricos del sistema de potencia (Motores)	
Plano constructivos de sensores de control instalados	

Documentos a entregar	Recibido por:
Plano constructivos de Centro de Control de Motores	
Planos constructivos del Sistema de Control	
Manual de equipos instalados	
Manual de operación del sistema de control	
Registro de evaluación y firmas de personal capacitado	
Firmas:	
Ing de Diseño	Director de Proyectos:

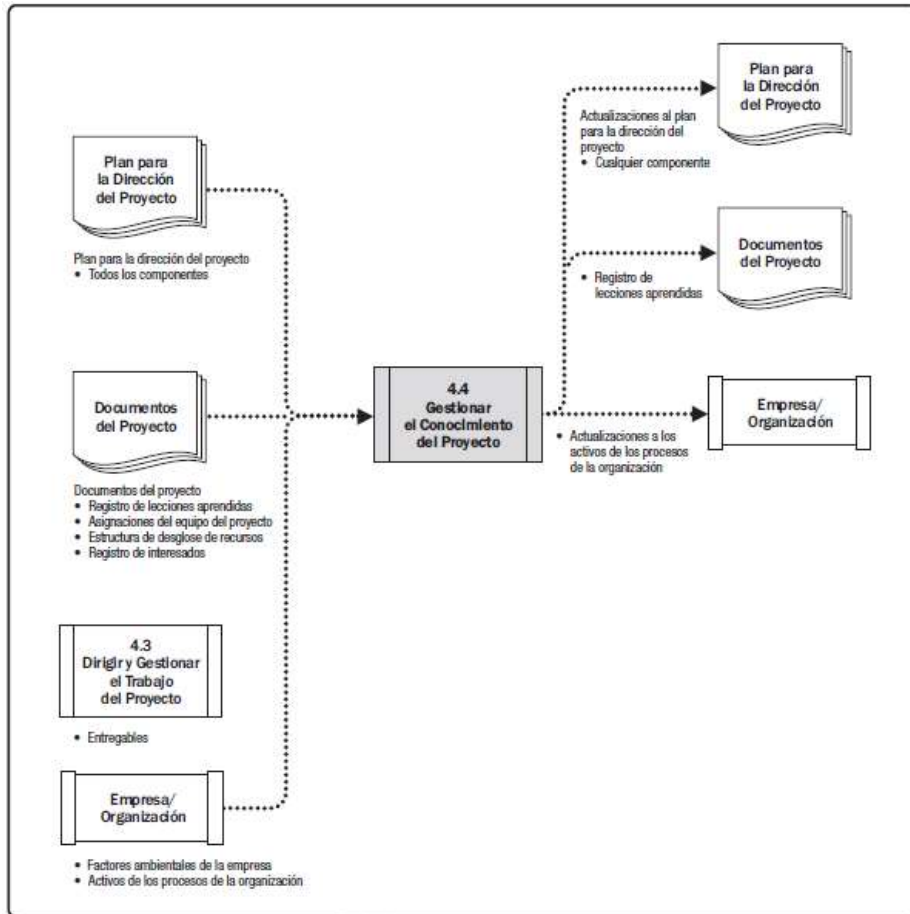
Fuente: Elaboración propia.

4.4.8 Gestión del Conocimiento

Como indica la guía del PMI (2017); gestionar el Conocimiento del Proyecto es el proceso de utilizar el conocimiento existente y crear nuevo conocimiento para alcanzar los objetivos del proyecto y contribuir al aprendizaje organizacional. Los beneficios clave de este proceso son que el conocimiento organizacional previo se aprovecha para producir o mejorar los resultados del proyecto y que el conocimiento creado por el proyecto está disponible para apoyar las operaciones de la organización y los futuros proyectos o fases. Este proceso se lleva a cabo a lo largo de todo el proyecto.

Figura 29.

Gestionar el Conocimiento del Proyecto: Diagrama de Flujo de Datos



Fuente: PMI, 2017.

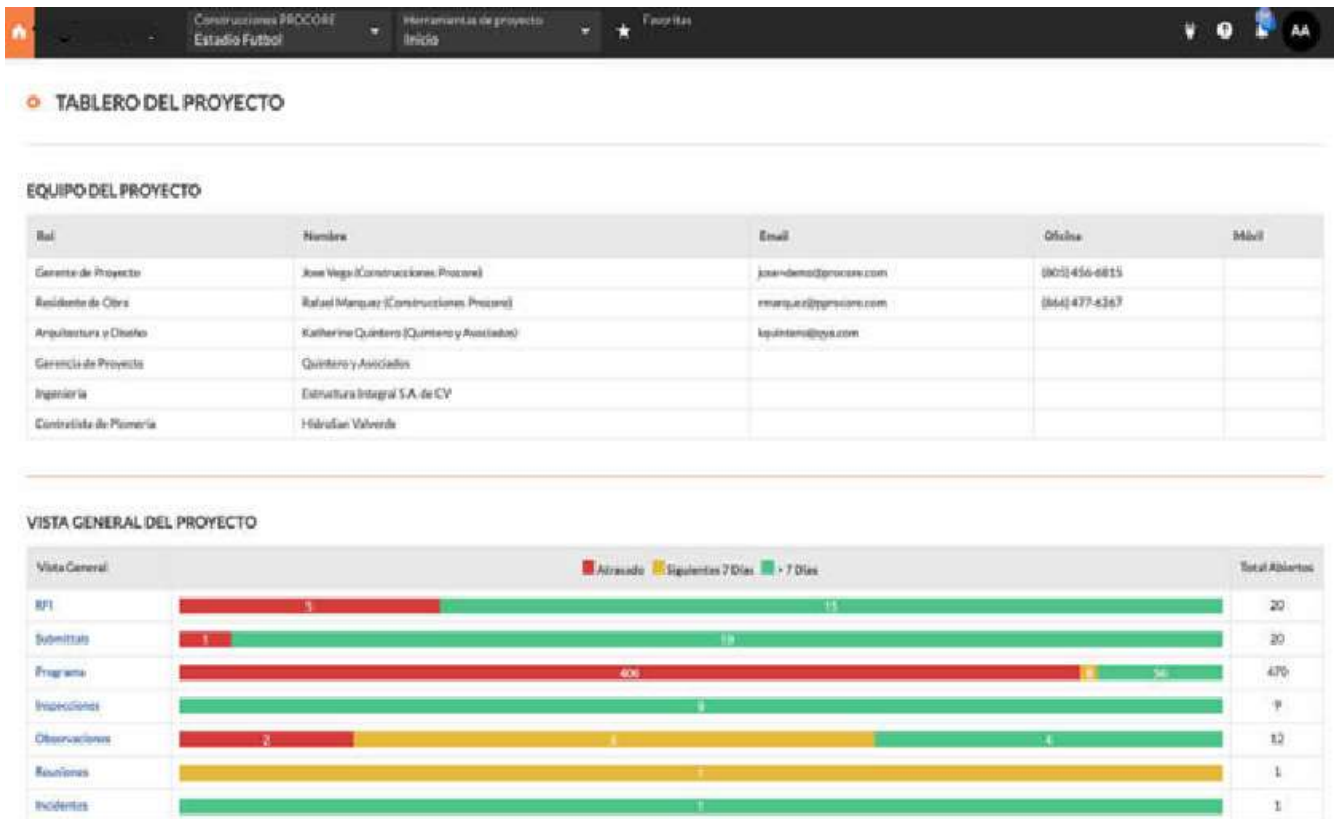
Como herramienta para el manejo y gestión del conocimiento se recomienda adquirir un software que reúna las siguientes características:

- Administrar la coordinación de diseños, las cotizaciones, las licitaciones y lo presupuestos de todos los proyectos en una única base de datos.
- Permita mejorar la eficiencia del proyecto al conectar la obra con la oficina del departamento de proyectos para brindar visibilidad en tiempo real

- Soporte en calidad y seguridad para comprender, predecir y corregir situaciones antes de que se presenten problemas.
- Gestionar los proyectos, recursos y finanzas, desde la planificación hasta el cierre.

Figura 30.

Ejemplo de plataforma para manejo y gestión de conocimiento



Fuente: <https://www.capterra.co.cr/software/56250>

4.4.9 Resumen del objetivo: Definir las fases necesarias para estructurarlos de acuerdo con la guía PMBOK, para elaborar la gestión de metodología de diseño eléctrico y de control

Con este objetivo se logró desarrollar con la ayuda de expertos y documentación teórica las diferentes fases que forma parte para la realización de un proyecto, en donde no solo se investigó hasta la parte de diseño que era lo correspondiente al PFG, sino que también mencionó las demás etapas que deben tomarse en cuenta.

Como ventaja de llevar a cabo este objetivo es que no solo se limitó el trabajo a las fases del proyecto que se mencionan en la Guía del PMBOOK (2017) sino que también se pudo considerar otras que forman parte para el tipo de proyectos desarrollados tales como:

- Concepción: En donde se plantea inicialmente el proyecto que se desea llevar a cabo.
- Planeación: Se plantea temas como el alcance que va tener el proyecto, cronograma de trabajo, presupuesto.
- Contratación: Donde se lleva a cabo la revisión de ofertas presentadas por representantes de equipos y subcontratistas de mano de obra y se elige la mejor opción de acuerdo a los requisitos de cada cliente.
- Diseño: Que es la fase en donde se realizan diseños preliminares y finalmente los diseños finales aprobados y acordados con cada cliente.
- Construcción: Donde se lleva a cabo la ejecución del trabajo presentado en los diseños.
- Puesta en marcha: Una vez ejecutados los trabajos e instalados los equipos necesarios para la operación del sistema se lleva a cabo la puesta en marcha y capacitación de los encargados de operación.

- Transferencia: Recolección y entrega de documentos tales como manuales de equipos, recepción de obra, planos constructivos entre otros al cliente.

La principal ventaja del desarrollo de este objetivo fue plasmar y dar un orden de como debe ser la gestión administrativa para la elaboración de un proyecto y presentar una propuesta para poder documentar toda la información que se obtiene en cada trabajo ejecutado por parte de la compañía RSF.

Queda el reto de ordenar los equipos de trabajo para cumplir con la metodología propuesta en el PFG y que sería de gran beneficio en la administración de la empresa.

5 Conclusiones

- 5.1 El estudio de las normas nacionales e internacionales utilizadas para el diseño eléctrico y de control de un sistema de refrigeración industrial con amoníaco, permitió mostrar por medio de gráficas y tablas, las disposiciones a seguir, así como comprender los diferentes factores, variables y temas críticos que se deben tomar en cuenta a la hora de realizarlo.
- 5.2 Con el análisis realizado de las normas IIR (Instituto Internacional para la Refrigeración con amoníaco) e INTECO, se logró comprender y documentar los diferentes dispositivos de control que intervienen en un sistema de refrigeración industrial, así como resumir los parámetros que se deben utilizar durante la realización del diseño.
- 5.3 Mediante la consulta realizada a expertos, fabricantes de equipos y revisión de documentación técnica actualizada se logran elaborar tablas de requerimientos para los cálculos y elaboración del diseño eléctrico y de control, asociados a las normas nacionales e internacionales que los respaldan.
- 5.4 La elaboración de la metodología de gestión de diseño eléctrico y de control de un sistema de refrigeración industrial con amoníaco permitió comprender las diferentes fases que lo componen, desde la concepción del diseño hasta la recepción de la obra, así como la transferencia de la información al cliente. Abarcando diferentes aspectos tales como el desarrollo del diseño, presupuesto, cronograma, flujo de caja, entre otros, que son aspectos fundamentales para garantizar el manejo adecuado de un proyecto.
- 5.5 En la metodología para la gestión del diseño eléctrico y de control de un sistema de refrigeración industrial con amoníaco; la fase del diseño es de suma importancia para evitar afectar los costos finales del proyecto por el tema de órdenes de cambio o retrabajos. Su correcto desarrollo

garantiza contar con todos los elementos necesarios que se requieren a nivel de costo y calidad del trabajo efectuado.

5.6 Las ilustraciones gráficas desarrolladas en el PFG cumplen con las disposiciones establecidas dentro de la normativa nacional e internacional, así como las consideraciones dictadas por los fabricantes y especialistas en sistemas de refrigeración por amoníaco.

5.7 Se logró evidenciar mediante una revisión al departamento de ingeniería y proyectos problemas existentes relacionados a la gestión de metodología para el diseño eléctrico y de control de los componentes requeridos para un sistema de refrigeración industrial con amoníaco.

5.8 Se logró evidenciar que no existe un programa o base de datos que permita ir acumulando los resultados obtenidos en cada proyecto que se desarrolló por lo que mucha información valiosa se pierde. Contar con un software que facilite la aplicación de metodologías de gestión de proyectos no solo favorece el manejo de los mismos, sino que contribuye a la enseñanza indirecta de la aplicación de las mismas, lo cual permite una dinámica favorable al logro y un mejor desempeño.

5.9 Se logró documentar información capaz de resolver incongruencias y contratiempos que se generan en algunas tareas de gestión de diseño en equipos claves en los sistemas eléctricos y de control de refrigeración por amoníaco.

5.10 Para el diseño eléctrico y de control se deberá siempre considerar las recomendaciones de los fabricantes de los equipos, como complemento adicional a lo que indican las normas y estándares ya que nos permitirán el diseño más óptimo posible a nivel de seguridad y costos.

5.11 Las buenas prácticas en gestión de proyectos recomiendan establecer procesos y herramientas estandarizadas y políticas que impulse a la organización a ponerlos en práctica, lo cual fue promovido con el PFG desarrollado. Su aplicación es de suma importancia para poder cumplir con el producto

final esperado por cada uno de los clientes de RSF, de acuerdo a los requerimientos y expectativas que con lleva cada trabajo.

6 Recomendaciones

6.1 Se recomienda a la empresa RSF la adopción de mejores prácticas para la gestión de proyectos, aprobando y aplicando los formularios propuestos y metodología descrita en este PGF para lograr garantizar un mejor desarrollo y manejo de la información necesario para los trabajos efectuadas por la compañía.

6.2 A los ingenieros de diseño y dibujo, debido al desarrollo constante de nuevos tecnología y componentes por parte de los fabricantes y la actualización de normativas nacionales e internacionales, se recomienda realizar procedimientos de actualización periódicos a la documentación recopilada y a las representaciones gráficas en los anexos.

6.3 Al departamento de gestión de proyectos, aprobar y utilizar formularios con códigos e indicativo de versión, responsables, parámetros y variables para facilidad de la documentación del proceso de diseño eléctrico y de control de un sistema de refrigeración industrial con amoniaco.

6.4 A los ingenieros de diseño, en caso de que por circunstancias de cada diseño se deba de utilizar tecnología o elementos no especificados la metodología propuesta; para su especificación y posterior montaje correctos se recomienda consultar la guía de especificaciones del fabricante para cada componente a utilizar.

6.5 A los ingenieros de diseño formalizar e implementar memorias de cálculo y plantillas de diseño para cada entregable y paquete de trabajo. Se propone como responsables a los miembros del equipo de diseño, y debería iniciarse el almacenamiento contra la entrega de cada trabajo. Dicho trabajo deberá ser monitoreado y actualizado de manera constante.

- 6.6 A la empresa RSF, crear y mantener un programa de capacitación constante para los involucrados de los proyectos dentro de la empresa, con la intención de crear unificación de lo que quiere la empresa y lo que puede ofrecer al cliente a nivel de servicios de diseño y control.
- 6.7 Al departamento de dibujo de la empresa, mantener actualizada su base de datos correspondientes a los detalles de construcción y notas, que se requiere para los planos en cada diseño que se desarrolle por parte del departamento de ingeniería.
- 6.8 Al departamento de gestión y cobro documentar y contar con los borradores necesarios que se requieren para cada trabajo durante la fase de selección y contratación de proveedores de mano de obra y equipos.
- 6.9 A la empresa RSF realizar reuniones de apertura y cierre de cada proyecto que permita primero entender cuáles son los requerimientos y responsabilidades en cada trabajo, y luego en las reuniones de cierre verificar los alcances obtenidos y oportunidades de mejora que se deberán aplicar para los futuros proyectos.
- 6.10 Al departamento de ingeniería, en caso de que por circunstancias de cada proyecto se deban de utilizar equipos o componentes no especificados en el presente proyecto; para su instalación y montaje correcto se debe de consultar la guía de especificaciones del fabricante.
- 6.11 Al director de proyecto, durante la fase de ejecución velar porque se vayan actualizando planos de acuerdo a como se van instalando los sistemas ya que esto representa un documento muy valioso durante la fase de entrega y transición del proyecto al cliente.
- 6.12 A los ingenieros de diseño y servicio técnico, documentar y llevar un registro de firmas durante la capacitación técnica de los operarios designados por el cliente para el mantenimiento y operación de los equipos instalados.

7 Validación del trabajo en el campo del desarrollo regenerativo y/o sostenible

En este capítulo se estará revisando la definición del desarrollo sostenible y regenerativo para comprender ambos conceptos y su importancia en el planeta además del impacto que tiene sobre ambos el PFG desarrollado

El origen del concepto de desarrollo sostenible tiene relación con la necesidad del cuidado del ambiente y los recursos naturales para las futuras generaciones. Comenzó a gestarse en 1972 con la publicación del informe Los Límites del Crecimiento, encargado al Massachusetts Institute of Technology (MIT) por el Club de Roma elaborado por Meadows et al. Ese mismo año en Estocolmo se realizó la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano (CNUMAH) denominada Primera Cumbre de la Tierra. Participaron en ella representantes de 110 gobiernos, y constituyó el primer esfuerzo por enfrentar los problemas ambientales sobre una base global. Como resultado del encuentro se acordó realizar un Plan de Acción para el Medio Humano, lo que dio inicio al Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

La definición de desarrollo sostenible según la tesis en Maestría en Desarrollo Sostenible de la Universidad de Costa Rica (MADESO, 2000), se define como un proceso de desarrollo social y económico que se sustenta en el manejo y la conservación de los recursos naturales, con equidad social, respeto por la diversidad cultural y fortalecimiento de la participación ciudadana, que garantiza la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras.

Según, Medard Gabel 2021;

A lo que le llamamos desarrollo sostenible es el uso de recursos para mejorar el bienestar de la sociedad de una forma que no destruya los sistemas de soporte necesarios para el crecimiento futuro mientras que el desarrollo regenerativo es el uso de recursos

para mejorar el bienestar de una sociedad de una forma que construye la capacidad para los sistemas de soporte necesarios para el crecimiento futuro.

De acuerdo con (Forbes, 2021) el desarrollo regenerativo se convierte en el camino idóneo para la restauración de los ecosistemas, pues incentiva la no utilización de recursos que no pueden regenerarse ni hacer uso de ningún recurso más rápido de lo que pueda ser regenerado. Este concepto se mira semejante a la economía circular, que ha sido adoptada por distintos gobiernos e industrias que buscan el aprovechamiento máximo de los recursos materiales, alargando el ciclo de vida de los productos y de esta forma, apoyar a la preservación de los ecosistemas.

Para el presente PFG ambos conceptos son de mucha relevancia ya que al desarrollar una Metodología de Diseño Eléctrico y de Control para Sistemas de Refrigeración con Amoniac no solamente se está promoviendo el uso de un refrigerante natural que no daña el ambiente, sino que además se está brindando una herramienta para poder llevar a cabo una instalación segura que invita a utilizar recursos renovables como el uso de la energía hidroeléctrica y solar como fuentes de alimentación para su funcionamiento, y control de las variables de operación de tal manera que no se ponga en riesgo a las personas ni la inversión económica que conlleva una planta Industrial del tipo mencionado.

7.1 Relación del proyecto con los objetivos de Desarrollo Sostenible

De acuerdo con García, Paula,(2021), los Objetivos de Desarrollo Sostenible u ODS consisten en un conjunto de 17 objetivos destinados a perseguir la igualdad entre las personas, proteger el planeta y asegurar la prosperidad sin dejar a nadie atrás. Estos objetivos los firmaron un total de 193 países en 2015, asegurando su cumplimiento para el año 2030. Se recogen dentro de la Agenda 2030 y los países firmantes se comprometieron a cumplirlos tomando acción con una serie de metas establecidas.

Se tiene establecido un total de 17 objetivos mundiales interconectados entre sí, orientados a generar con su cumplimiento un futuro mejor y más sostenible para todos. En el presente apartado se explica cuál es la relación que tiene el PFG desarrollado con cada uno de los objetivos del Desarrollo Sostenible.

Objetivos del Desarrollo Sostenible:

1. Fin de la pobreza

Este objetivo tiene como fin eliminar la pobreza en todas sus formas en todo el mundo para el año 2030. Esto incluye facilitar el acceso a los servicios básicos y aumentar las ayudas a personas en situación de pobreza o vulnerabilidad social. También supone hacer frente a los problemas económicos, sociales y ambientales. El PFG se relaciona con este objetivo en el sentido de que se está creando una metodología que viene a dar orden a la manera de llevar a cabo un trabajo que será de beneficio para muchos empleados y por tanto viene a generar trabajos a personas de diferentes sectores que van a ver mejorada su situación económica.

2. Hambre cero

Para este objetivo se busca poner fin al hambre del planeta, logrando la seguridad alimentaria y mejorando la nutrición, todo ello mediante la agricultura sostenible. Para ello se debe ofrecer el acceso a todas las personas a una alimentación sana, nutritiva y suficiente. El PFG con este objetivo tiene su participación en el sentido de que busca construir zonas de almacenamiento de alimentos para evitar que estos se deterioren y pueden llegar a sus consumidores en excelente estado manteniendo la calidad de sus nutrientes permitiendo una producción y abasto de manera controlada.

3. Salud y bienestar

Se debe garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos. Para ello la sanidad pública debe establecerse para que todas las personas puedan acceder a ella. Aquí incluimos una vida sana, empezando con la alimentación pasando por una buena calidad del aire. Este objetivo se relaciona con el PFG ya que la metodología a desarrollar busca el uso de energía renovables (solar, hidroeléctrica) y refrigerantes naturales que no vengán a contaminar el aire del medio ambiente.

4. Educación de calidad

La educación ha de ser inclusiva, de calidad y equitativa, promoviendo oportunidades de aprendizaje permanente para todas y todos. La educación juega un papel muy importante en la realización plena de los derechos humanos, la paz, la igualdad de género, el desarrollo sostenible y la salud. El término «inclusiva» significa que la educación tiene que atender a las necesidades de cada persona puesto que cada una requiere distinto apoyo técnico, material y humano. El PFG es la creación de una metodología de diseño eléctrico y de control que busca orientar y formar mejores profesionales que participen de este tipo de labor brindándoles una educación de calidad y en la cual se busca brindar soporte de formación desde técnicos hasta ingenieros de dicha rama.

5. Igualdad de género

En este objetivo se pretende alcanzar la igualdad de género, al ser un derecho humano, mediante el empoderamiento de las mujeres y niñas. A pesar de que la igualdad está mencionada en la Constitución y en nuestro ordenamiento jurídico, la discriminación sigue patente desde la violencia de género hasta la brecha salarial y el machismo. El PFG no tiene relación con este objetivo ya que está orientado más hacia la parte de instalación de equipos y operación de los mismos.

6. Agua limpia y saneamiento

Todas las personas deben tener acceso al agua, a su saneamiento y a su gestión sostenible. El agua es la pieza que permite un desarrollo sostenible a nivel económico, social, sanitario y ambiental. El PFG tiene relación con este objetivo en la parte control de los productos empleados para su operación tales como amoniaco, aceites en donde con correctos equipos de medición y controlados desde sistema de PLC programables se evita que llegue contaminación a fuentes de agua. De igual manera se promueve la reutilización de agua en otros sistemas tales como los condensadores de evaporación

7. Energía asequible y no contaminante

Se debe garantizar el acceso a una energía asequible, segura, moderna y sostenible para todas las personas. La comunidad científica ha anunciado la alerta climática y una de las medidas de mitigación es la descarbonización del sistema energético para el año 2050, mediante una transición energética hacia energías renovables. En el presente trabajo el uso de energía eléctrica renovable como la eólica, hidroeléctrica, solar es algo que está presente y se busca que sea lo que se utiliza para poder brindar la energía que requieren los equipos y sistema de control para su correcto funcionamiento.

8. Trabajo decente y crecimiento económico

Consiste en promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todas y todos. Esto se quiere conseguir reduciendo la tasa de desempleo y mejorar el acceso a los servicios. Se hará hincapié en la juventud. Con la metodología desarrollado en el PFG se brinda un guía acerca de la manera correcta de llevar a cabo un determinado trabajo permitiendo a las personas que la utilizan un crecimiento no solo en lo económico, sino que brindando las correctas instrucciones de cómo llevar a cabo dicho trabajo.

9. Industria, innovación e infraestructura

La innovación como parte fundamental del desarrollo de la sociedad, además de construir infraestructuras flexibles y promover una industria sostenible e inclusiva. Esto contribuye a una reducción del desempleo y una mejora de la calidad de vida. El PFG en cuestión brinda en su metodología promueve el uso de tecnologías modernas para el control de la industria con lo cual se busca eliminar retrabajos, contaminación y en todo momento buscando que al utilizar su recomendación se obtenga como resultado industrias innovadores y sostenibles.

10. Reducción de las desigualdades

Como menciona el nombre del objetivo, se busca reducir la desigualdad en los países y entre ellos. Hablamos de desigualdades de sexo, edad, diversidad funcional, etnia o religión, entre otras. Esto se pretende realizar mediante la adopción de políticas y legislación pertinentes. Aquí también se incluye la regulación y control de los mercados financieros y las instituciones. El PFG no tiene relación con este objetivo ya que está orientado más hacia la parte de instalación de equipos y operación de los mismos.

11. Ciudades y comunidades sostenibles

Las ciudades y asentamientos humanos han de ser inclusivos, seguros, flexibles y sostenibles. El crecimiento disperso y diseminado genera la aparición de urbanizaciones de baja densidad, con alto consumo de suelo, y con una separación que genera una dependencia del vehículo privado. Otra cosa a mejorar es la calidad del aire de las ciudades y la gestión de sus residuos, reducir los efectos negativos que causan los desastres naturales y proteger el patrimonio cultural y natural. El PFG no tiene relación con este objetivo ya que está orientado más hacia la parte de instalación de equipos y operación en el

sector Industrial, como aporte solo mencionar que la metodología promueve el uso de productos que no contaminan el aire.

12. Producción y consumo responsable

Promover la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales, reducir la generación de los residuos y el desperdicio de alimentos. Todo ello acompañado de una práctica sostenible de las empresas, teniendo en cuenta la naturaleza. Para el PFG y su propuesta al busca estandarizar un método de trabajo viene a promover la disminución del desperdicio de una manera directa ya que los sistemas adecuados de control y su buena operación van a eliminar en gran parte el desperdicio de materias primas que se utilizan como alimento o fabricación de los mismos.

13. Acción por el clima

El cambio climático debe ser abordado mediante medidas urgentes que combatan sus efectos. Se realizará planteando medidas de mitigación para prepararnos para los impactos del cambio climático. En este trabajo se involucra tanto a las administraciones públicas como a las privadas, a la sociedad civil y al mundo académico y científico. El PFG como se mencionó en los objetivos anteriores busca el uso de energías renovables y productos no contaminantes del ambiente para los sistemas industriales de refrigeración con amoníaco promoviendo diseño que vengán a cumplir con los requisitos del cliente y a su vez venga a dar su aporte para una mejor conservación del ambiente

14. Vida submarina

Los océanos, mares y recursos marinos deben conservarse mediante el uso sostenible de los mismos. Se debe reducir la contaminación marina de todo tipo, restaurar los ecosistemas marinos

dañados, detener la acidificación de las aguas, regular eficazmente la explotación pesquera y conservar, al menos, el 10% de las zonas costeras y marinas. El PFG no tiene relación con este objetivo ya que está orientado más hacia la parte de instalación de equipos y operación de los mismos en el sector industrial.

15. Vida de ecosistemas terrestres

Los bosques deben ser gestionados de manera sostenible para luchar contra la desertificación, detener la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad. Esto parte de la premisa de que los montes y bosques son un elemento fundamental para el desarrollo económico y social, así como para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos. El PFG no tiene relación con este objetivo ya que está orientado más hacia la parte de instalación de equipos y operación de los mismos en el sector industrial.

16. Paz, justicia e instituciones sólidas

La aplicación de todos estos objetivos no puede ser posible si no construimos una sociedad pacífica e inclusiva con el desarrollo sostenible, al mismo tiempo que le acompañan instituciones eficaces e inclusivas que rindan cuentas. Se debe conseguir la justicia, la paz, reforzar la lucha contra el narcotráfico, la corrupción y la delincuencia organizada transnacional. Y se debe acabar con la pobreza, el hambre, la explotación insostenible de recursos naturales, la escasez de agua, la degradación ambiental, la xenofobia, entre otros factores, para conseguir la paz. El PFG no tiene relación con este objetivo ya que está orientado más hacia la parte de instalación de equipos y operación de los mismos en el sector industrial.

17. Alianzas para lograr los objetivos

Con este objetivo se busca fortalecer los medios de implementación necesarios financieros públicos y privados para reforzar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible. Esta alianza fue propuesta por la Agenda 2030 ya que las alianzas suponen un apoyo al desarrollo sostenible mediante el refuerzo de partenariados globales. El PFG no tiene relación con este objetivo ya que está orientado más hacia la parte de instalación de equipos y operación de los mismos en el sector industrial.

7.2 Análisis del proyecto de acuerdo con el Estándar P5

De acuerdo con López ,Johana. (2021) “El objetivo principal del Estándar P5™ es identificar los posibles impactos para la sostenibilidad, tanto positivos como negativos, que pueden ayudar para tomar decisiones informadas y realizar una asignación efectiva de recursos.”

De igual manera, apoya la alineación de los proyectos con los objetivos organizacionales para la sostenibilidad al enfocarse en los impactos potenciales de las actividades, productos y resultados del proyecto.

Este estándar proporciona orientación sobre qué medir y cómo integrar las 5 Ps en las actividades del proyecto. El Estándar P5 considera el impacto de los proyectos en las 5 Ps:

- Producto
- Procesos
- Personas
- Planeta
- Prosperidad

El impacto se va medir de acuerdo a la siguiente puntuación:

5= Totalmente de acuerdo; 4= De acuerdo; 3= Neutral; 2= En desacuerdo; 1= Totalmente en desacuerdo.

Tabla 14: Análisis de impacto P5

Categoría_		Descripción (Causa)	Impacto Potencial	Puntuación de impacto Antes	Respuesta propuesta	Puntuación de Impacto Después	Cambio
Subcategoría							
Elemento							
2,1 Impactos del Producto							
2.1.1	Vida útil del producto	Los Sistemas eléctricos y de control en un proyecto tienen una vida útil de superior a los 20 años.	Contaminación por generación de desechos de equipo sin utilización	1	Contar con su sistema de recolección de desechos o tecnología no utilizada para poderlo reciclar de manera adecuada	5	4
2.1.2	Mantenimiento del producto	Al contar con una correcta metodología de diseño y control se va a indicar cada cuanto tiempo van a requerir mantenimiento los equipos.	Inadecuado mantenimiento y actualización de software va a generar componentes y equipo obsoleto.	1	Contar con un adecuado plan de mantenimiento preventivo que permita lograr la mayor vida útil de cada componente del sistema	5	4
2,2 Impactos de los Procesos (de Gestión de Proyectos)							
2.2.1	Eficacia de los Procesos del Proyecto	Falta de capacitación y experiencia del personal encargado del diseño eléctrico y de control de los sistemas de Refrigeración Industrial	Un mal diseño puede llevar a una baja eficiencia de los equipos y sistemas de control	1	Proporcionar capacitación adecuada al personal encargado	5	4

2.2.2	Eficiencia de los Procesos del Proyecto	No contar con información actualizada y equipos eficientes durante el diseño de los sistemas	El uso de tecnología obsoleta puede atrasar el proceso de instalación y disminuir la eficacia del proceso	1	Diseñar con sistemas de control y equipos de última generación para las plantas de producción.	5	4
2.2.3	Equidad de los Procesos del Proyecto	Falta de acceso a la tecnología y la educación en diseño eléctrico y control para el equipo de trabajo.	Un equipo de trabajo desactualizado puede ocasionar muchos retrabajos	1	Implementar programas de educación y capacitación sobre la metodología para el correcto diseño eléctrico y sistemas de control	5	4
Promedio de Producto y Proceso				1,0		5,0	4,0

3 Impactos a las Personas (Sociales)

3.1 Prácticas Laborales y Trabajo Decente

3.1.1	Empleo y Dotación de Personal	Contar con personal no adecuado para el desarrollo de dicha labor o tener un faltante en ciertas tareas que se deben ejecutar durante el diseño.	Personal incorrecto en dicha área de trabajo puede generar retrabajos y pérdidas económicas importantes	1	Contar con el personal idóneo para todas las fases y etapas del proyecto.	5	4
3.1.2	Relaciones Laborales/de Gestión	Mal ambiente laboral por no contar con la metodología correcta de trabajo puede generar improvisación en los diseños.	Personal desmotivado y aumento de costos por rotación de los empleados	1	Realizar actividades de entrenamiento e integración del equipo de trabajo	5	4

3.1.3	Salud y Seguridad del Proyecto	Una inadecuada metodología de trabajo va a provocar lugares inseguros que puede afectar la salud de las personas.	Accidentes laborales durante la fase de puesta en marcha y operación de equipos de planta.	1	Establecer políticas claras para la seguridad y salud ocupacional	5	4
3.1.4	Educación y Capacitación	Personal con falta de entrenamiento y capacitación genera retrabajos y dudas constantes durante la fase de diseño	Malas prácticas de trabajo y por ende deficientes instalaciones.	1	Personal bien capacitado con alcances de trabajo claramente definidos	5	4
3.1.5	Aprendizaje Organizacional	Falta de documentos para los procesos de la organización.	Mala práctica de no respaldar información, retrabajos.	1	Contar con adecuado proceso de documentación para la empresa al cual se le seguimiento y actualización	5	4
3.1.6	Diversidad e Igualdad de Oportunidades	Desarrollo profesional y oportunidades de crecimiento	Ofrecer oportunidades de capacitación y desarrollo profesional para los trabajadores	1	El desarrollo profesional y las oportunidades de crecimiento personal motivan a los trabajadores y aumentan su compromiso con el proyecto a largo plazo	5	4
3.1.7	Desarrollo de la Competencia Local	Falta de personal idóneo para llevar a cabo los trabajos requeridos.	Tiempo de espera para ejecutar las labores pueden extenderse más de lo permitido.	1	Establecer programas de capacitación para el desarrollo de nuevo personal de la zona.	5	4

3,2 Sociedad y Consumidores

3.2.1	Apoyo de la Comunidad	Malestar de personas de la zona por afectaciones negativas que puedan provocar el desarrollo de nuevos proyectos de construcción.	Bloqueos o vandalismo en los trabajos que lleven a cabo.	1	Involucrar durante la fase de diseño a personas de la zona por medio de entrevistas para evacuar sus dudas y considerarlas durante la ejecución	5	4
3.2.2	Cumplimiento de Políticas Públicas	Omitir temas de reglamentos locales y del país durante la fase de diseño.	Atrasos en el inicio de las obras	1	Estudio de reglamentación existente de los entes gubernamentales antes del diseño de los proyectos	5	4
3.2.3	Protección para Pueblos Indígenas y Tribales	No aplica para el PFG desarrollado	No aplica para el PFG desarrollado		No aplica para el PFG desarrollado		
3.2.4	Salud y Seguridad del Consumidor	Sistema de control ineficientes o carentes en el proyecto	Afectación de consumidores por temas de contaminación e impacto al ambiente	1	Diseño e instalación de correcta de los sistemas de control y monitoreo para el proceso de funcionamiento	5	4
3.2.5	Etiquetado de productos y servicios	No aplica para el PFG desarrollado	No aplica para el PFG desarrollado		No aplica para el PFG desarrollado		
3.2.6	Comunicaciones de Mercadeo y Publicidad	Falta de información a la comunidad de zona	oposición al desarrollo del proyecto	1	Brindar información acerca de los beneficios que traerá el desarrollo de un nuevo proyecto.	5	4
3.2.7	Privacidad del Consumidor	No aplica para el PFG desarrollado	No aplica para el PFG desarrollado		No aplica para el PFG desarrollado		

3,3 Derechos Humanos

3.3.1	No Discriminación	No contar con políticas y prácticas que promuevan la igualdad de oportunidades para todas las personas, sin importar su género, raza, origen étnico, religión, discapacidad u orientación sexual.	Problemas entre el personal responsable del proyecto.	1	Implementar políticas y programas de diversidad e inclusión que promuevan la igualdad de oportunidades	5	4
3.3.2	Trabajo de acuerdo a la edad	Carencia de política de contratación de personal según su edad.	La no protección de los derechos laborales de los trabajadores jóvenes puede afectar su bienestar y desarrollo personal	2	Establecer políticas de trabajo de acuerdo a la edad para promover inclusión laboral.	4	2
3.3.3	Trabajo Voluntario	No aplica para el PFG desarrollado	No aplica para el PFG desarrollado		No aplica para el PFG desarrollado		

3,4 Comportamiento Ético

3.4.1	Prácticas de Adquisiciones	Falta de política de adquisiciones que prioricen la compra de materiales y equipos de manera responsable y sostenible	Malas prácticas comerciales éticas en la cadena de suministro.	1	Establecer criterios de selección de proveedores que valoren su compromiso con la sostenibilidad y el respeto por los derechos laborales	4	3
3.4.2	Anti-corrupción	Corrupción y sobornos para adjudicar tareas o compra de materiales.	No cumple con requerimientos legales o no cuenta con recursos requeridos.	2	Desarrollar un código de conducta y ética que establezca claramente las reglas y expectativas en relación con la prevención de la corrupción. Realizar auditorías.	4	2
3.4.3	Competencia Leal	Incumplimiento de competencia justa y abierta en el proceso de adquisiciones	Demanda por parte de proveedores, atrasos en la en el proyecto.	2	Establecer procesos de licitación transparentes y abiertos	4	2

Promedio de las
Personas

1,2

4,8

3,6

4 Impactos al Planeta (Ambientales)

4,1 Transporte

4.1.1	Adquisiciones Locales	Falta de un plan maestro para futuro crecimiento en la zona.	Crecimiento desordenado con costos elevados de restructuración y modificaciones adicionales.	2	Crear un plan maestro en donde se planifique como estará orientado el crecimiento del proyecto.	4	2
4.1.2	Comunicación Digital	Uso de sistemas digitales (internet) para el control de los sistemas.	Problemas de comunicación pueden provocar atrasos para atención del proceso y pérdida de información.	2	Contar con un sistema de respaldo de datos y comunicación en caso de que falle el principal	4	2
4.1.3	Viajes y Desplazamientos	Lejanía del proyecto para atención de dudas y revisión física de avances	Se pueden tener demoras en el proyecto por no contar con respuesta a tiempo de dudas que surjan durante la ejecución	2	Contar con un programa de visitas y reuniones en sitio con los involucrados del proyecto.	3	1
4.1.4	Logística	Algunas compañías ofrecen productos y servicios que serán necesarios	Lejanía de proveedores pueden ocasionar atrasos y contaminación	2	Conseguir la mayor cantidad de proveedores y alternativas cercanas al proyecto	3	1

4,2 Energía

4.2.1	Consumo de Energía	Altos costos energéticos afectan las ganancias del proyecto	Reducción en la cantidad a producir durante la operación	2	Emplear tecnología eficiente y de menor consumo energético.	4	2
4.2.2	Emisiones CO2	Grandes emisiones de CO2 por utilización de equipos y procesos de manufactura.	Contaminación ambiental y afectación de la salud de la población.	2	Utilización de energía proveniente de fuentes renovables tales como solar e hidroeléctrica	4	2
4.2.3	Retorno de Energía Limpia	Todo diseño eléctrico conlleva el uso de energía en cantidades importantes	Utilizar fuentes de respaldo que generen contaminación como generadores con buñquer	1	Plantear el uso de energía no contaminantes tales como la solar o uso de gas.	5	4
4.2.4	Energía Renovable	El uso de motores para equipo de refrigeración consume mucha energía	Paros constantes de equipos para reducir su consumo como medida incorrecta de ahorro.	2	Programar arranque de motores e incluir variadores de velocidad para evitar picos de demanda	5	3
4,3 Tierra, Aire y Agua							
4.3.1	Diversidad Biológica	No se cuenta medidas para conservar y proteger la diversidad biológica en la zona	Afectación de la diversidad biológica y el equilibrio ecológico, pone en riesgo especies en peligro de extinción	2	Realizar estudios de impacto ambiental para identificar posibles efectos del proyecto en la biodiversidad local	4	2
4.3.2	Calidad del Aire y el Agua	Por falta de medidas se puede dar la contaminación del aire y del agua durante la construcción y operación del proyecto	Aumento de la contaminación atmosférica y acuática afectará la salud humana, la biodiversidad y los ecosistemas locales	1	Utilizar maquinaria y equipos que cumplan con estándares de emisiones ambientales para reducir la contaminación del aire y agua durante la ejecución.	4	3

4.3.3	Consumo de Agua	Falta de buenas prácticas de uso eficiente del agua durante la construcción y operación del proyecto	El uso ineficiente del agua afectará la conservación de este recurso vital.	1	Establecer medidas de ahorro y manejo de agua en los proyectos.	5	4
4.3.4	Desplazamiento del Agua Sanitaria	Faltante de un plan de manejo de agua residual	Contaminación de nacientes de agua y ríos cercanos a los proyectos.	2	Contar una planta de tratamiento o plan de evacuación y manejo de aguas residuales	5	3
4.4 Consumo							
4.4.1	Reciclaje y Reutilización	Falta de programas de reciclaje y reutilización de materiales y recursos en el proyecto	Contaminación por materiales no reutilizables o biodegradables	2	Identificar los materiales que pueden ser reciclados o reutilizados en el proceso de ejecución del proyecto	4	2
4.4.2	Disposición	Incorrecta disposición de los desechos del proyecto.	Acumulación de desechos y contaminación por factores de lluvia o viento que los vayan a dispersar por el medio ambiente	1	Establecer un cronograma de recolección y establecer una zona de acumulación de los desechos	5	4
4.4.3	Contaminación y Polución	Materiales no certificados, contaminantes.	Afectación en la salud de seres humanos y medio ambiente.	1	Uso de equipos y materiales certificados que sean amigables con el ambiente y tengan buenas prácticas de producción.	5	4

4.4.4	Generación de Residuos	No existe un adecuado plan para la recolección de residuos	Incremento sin control de residuos	1	Contar con un plan de manejo de residuos para poderlos llevar a lugares que den un correcto manejo.	5	4
Promedio del Planeta				1,6		4,3	2,7

5 Impactos a la Prosperidad (Económicos)

5.1 Análisis del Caso de Negocio

5.1.1	Modelado y Simulación	Faltante de herramientas de modelado y simulación para analizar y optimizar el diseño y funcionamiento del proyecto	No identificar posibles mejoras en la eficiencia y rendimiento del sistema, reduciendo costos y maximizando el aprovechamiento de los recursos	2	Emplear software de modelado y simulación para evaluar diferentes escenarios de diseño de diseño eléctrico y de control, considerando factores como la ubicación, la inclinación, y la capacidad de generación	5	3
5.1.2	Valor Presente	Proyectos muy rentables	No prestar atención a la parte de sostenibilidad	1	Realizar un análisis financiero del proyecto considerando todos los costos de inversión inicial, gastos operativos y flujos de ingresos a lo largo del tiempo y su impacto ambiental	5	4

5.1.3	Beneficios Financieros Directos	Un mal diseño puede afectar significativamente los costos de energía eléctrica del diseño	Afectación en los ahorros financieros directos	2	Calcular el ahorro esperado en costos de energía eléctrica con las propuestas de diseño.	4	2
5.1.4	Retorno sobre la Inversión	Realizar un análisis financiero para determinar el ROI del proyecto	El ROI proporciona una medida de la rentabilidad del proyecto y la eficiencia de la inversión realizada	4	Realizar un análisis detallado de los beneficios financieros directos identificados en la evaluación anterior y cuantificar su impacto en el ROI del proyecto	5	1
5.1.5	Relación Beneficio-Costo	Realizar un análisis financiero para comparar los beneficios y los costos del proyecto	La relación beneficio - costo proporciona una medida de la viabilidad económica del proyecto	4	Realizar un análisis detallado de todos los beneficios directos e indirectos identificados en las evaluaciones anteriores y cuantificar su impacto en la relación beneficio - costo del proyecto	5	1
5.1.6	Tasa Interna de Retorno	Realizar un análisis financiero para determinar la TIR del proyecto	La evaluación de escenarios y riesgos permite entender la TIR	4	Realizar análisis de sensibilidad para evaluar cómo cambios en los precios de la electricidad, costos de operación y otros factores afectan la TIR del proyecto	5	1

5,2 Agilidad del Negocio

5.2.1	Flexibilidad/Opcionalidad	Falta de análisis de la capacidad del proyecto para adaptarse a cambios futuros en el entorno y la tecnología	La falta de flexibilidad y opcionalidad del proyecto puede afectar su rentabilidad y sostenibilidad a lo largo del tiempo	2	Realizar un análisis de escenarios futuros y evaluar cómo el proyecto podría adaptarse a cambios en los precios de la electricidad, avances tecnológicos o regulaciones ambientales	4	2
5.2.2	Flexibilidad del Negocio	Pendiente analizar la capacidad del negocio para adaptarse a cambios en el entorno empresarial	Si el negocio no es flexible se podría no tener respuesta ágil a las demandas cambiantes y no aprovechar oportunidades emergentes	2	Identificar áreas en las que se pueda mejorar la flexibilidad y establecer estrategias para mantenerse ágil y competitivo en un entorno cambiante	4	2
5,3 Estimulación Económica							
5.3.1	Impacto Económico Local	Cada proyecto será una nueva fuente de empleo para la zona donde se desarrolle	Mejora de calidad de vida y sustento económico para varias familias	4	Establecer un plan de capacitación y contratación de las zonas locales donde se ejecuten los proyectos.	5	1
5.3.2	Beneficios Indirectos	Requerimientos adicionales y nuevas líneas de negocios.	Impulsar el desarrollo de la zona con la creación de empleos indirectos que vendrían a beneficiar el proyecto.	2	Permitir el uso por parte de quienes no utilizan las instalaciones del parque.	4	2
				Promedio de Prosperidad	2,7	4,6	1,9
				Promedio General	1,6	4,6	3,0

Fuente: Tomado de formato de análisis P5 de GPM.

7.3 Relación del proyecto con las dimensiones del Desarrollo Regenerativo

El desarrollo regenerativo de acuerdo a lo señalado por Wahl (2017) es crear una cultura capaz de impulsar un sistema de aprendizaje continuo, y una transformación en base a respuestas y anticipaciones ante un cambio inevitable. Para Müller (2016) lograr un desarrollo regenerativo, se requiere una aproximación holística desde el territorio y su funcionalidad, aplicando una gestión creativa, y la ciencia más avanzada con el conocimiento local. La gobernanza debe ser participativa, con el involucramiento verdaderamente activo de las partes logrando un desarrollo local con equidad, justicia y paz, buscando como fin último el bienestar humano, expresado en felicidad.

Tabla 15.

Relación del proyecto con las Dimensiones del Desarrollo Regenerativo

Dimensiones del Desarrollo Regenerativo	Relación con el proyecto
Ambiental	¿Cómo mi proyecto está diseñado para restaurar lo que ha sido dañado a nivel ambiental?
	Promoviendo desde su diseño sistemas que permitan el reuso del agua, aprovechando fuentes de calor como los motores para otras funciones
	¿Cómo se afectan los límites planetarios con mi proyecto? (biodiversidad, cambio climático, acidificación de los océanos, fósforo y nitrógeno (agroquímicos), agua dulce, cambio en el uso de la tierra y el ozono)
	Con el diseño de dichos proyectos se da una afectación en el medio ambiente por temas de ruido, gases (vapores)
Social	¿Cómo mi proyecto promueve una vida digna a todos los habitantes del planeta?

Dimensiones del Desarrollo Regenerativo	Relación con el proyecto
	Se promueve la educación y capacitación de personas de la zona, lo que les va permitir contar con un mayor aprendizaje para el desarrollo de tareas durante el funcionamiento del proyecto, lo que le va traer una mejor calidad de vida.
Económico	<p>¿Cómo mi proyecto incorpora desde su diseño la generación de beneficios a las personas menos favorecidas?</p> <p>La metodología de diseño va a ayudar a la creación de nuevos proyectos en zonas alejadas donde casi no existen fuentes de trabajo. Esto va a generar que se creen otros puestos de trabajo directos para poder dar servicios de mantenimiento y operación de la planta. Además, se van a crear fuentes de trabajo indirectos como el comercio local.</p> <p>¿Cómo mi proyecto disminuye la brecha económica?</p> <p>Creando la necesidad de nuevos empleos, de carácter más técnico y con mejores salarios que deberán ser justos de acuerdo al trabajo que se le asigne a cada persona.</p> <p>¿Cómo mi proyecto utiliza medios de intercambio distintos a las monedas tradicionales?</p> <p>La mayoría de equipos a usar y tecnología se deberán adquirir en moneda extranjera (dólares, euros) y no el tradicional del país.</p>
Espiritual	<p>¿Cómo mi proyecto propicia el contacto de los seres humanos con la naturaleza?</p> <p>Promoviendo el uso de productos no contaminantes y amigables con el ambiente. Ejemplo al utilizar amoniaco como refrigerante, es un producto natural que no va dañar nuestro medio ambiente</p> <p>¿Cómo mi proyecto propicia el contacto de los seres humanos con otros seres humanos para compartir en condición de iguales, sin juicios y escucha activa el uno del otro?</p> <p>Por medio de la igualdad de género, sin discriminación por ningún tipo de aspecto religioso, etnia, política u orientación sexual.</p> <p>¿Cómo mi proyecto fomenta espacios de descanso y meditación?</p>

Dimensiones del Desarrollo Regenerativo	Relación con el proyecto
	<p>Durante el diseño de un proyecto se va a promover la creación de lugares de descanso para que las personas puedan estar durante sus ratos libres para descansar u hacer otro tipo de actividad</p> <p>¿Cómo mi proyecto propicia espacios de reflexión para mirar hacia adentro y mejorar mis habilidades esenciales?</p> <p>Promoviendo la capacitación del personal en nuevas habilidades tanto técnicas como blandas para lograr una mejor integración en los equipos de trabajo.</p>
Cultural	<p>¿Cómo mi proyecto fortalece o afecta las expresiones artísticas y/o culturales del país o la Región en la que se desarrolla?</p>
	<p>Se fortalece la creación de espacios artísticos y/o culturales incluyendo en los proyectos espacios o zonas en las cuales se puedan llevar a cabo dichas actividades.</p>
	<p>- ¿Cómo se involucra o excluye el conocimiento de las personas adultas mayores?</p>
	<p>Por medio de entrevistas se involucra el conocimiento de personas adultas a mayores a dicho PFG, ya que aportan experiencia y conocimientos muy valiosos</p>
	<p>¿Cómo mi proyecto protege o afecta el entorno visual y auditivo del lugar donde se desarrolla?</p>
	<p>El entorno visual se vería afectado por la colocación de una planta de proceso y se trataría de tener la menor afectación, buscando un diseño que respete un porcentaje de zonas verdes para la plantación de árboles y otro tipo de vegetación.</p>
	<p>¿Cómo mi proyecto respeta o invade costumbres propias de las poblaciones en las que se desarrolla?</p>
Política	<p>¿Cómo mi proyecto beneficia que los ciudadanos tengan una participación activa en el diseño de su propio futuro?</p>

Dimensiones del Desarrollo Regenerativo	Relación con el proyecto
	<p>Promoviendo que las personas tengan desde muy temprano una participación activa en los proyectos para que se sientan parte importante de su desarrollo.</p> <p>¿Cómo mi proyecto empodera a mujeres y jóvenes para tomar posiciones de liderazgo?</p> <p>Desde un inicio se deberá definir funciones y responsables de cada etapa del proyecto para lograr que las personas puedan empoderarse y cumplir con sus metas de una manera eficiente y motivados al realizarlo.</p> <p>¿Cómo mi proyecto involucra o excluye la voz de las personas autóctonas de la zona en la que se desarrolla sin importar su nivel o clase social?</p> <p>Desde la fase de planeación de un proyecto se debe tomar en cuenta la opinión y comentarios de personas de la zona para lograr resolver y dar respuesta a todas las inquietudes que se puedan plantear durante esta etapa</p>

Fuente: Relación del proyecto con las dimensiones del desarrollo Regenerativo. Tomado de formato de Dimensiones del Desarrollo Regenerativo (<https://campusuci2.com/REP/152/15doc/05.pdf>)

8 Lista de Referencias

- ANSI/IIAR 2-2014. (2014). Norma para el diseño seguro de sistemas de refrigeración por amoníaco de circuito cerrado. American National Standard.
- Araneda, Onofre. (2020). Planificación de un proyecto. Chile
- Asamblea Legislativa. (2002). Ley N°8279. Sistema Nacional para la Calidad. San José Costa Rica
https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=48548&nValor3=51738&strTipM=TC
- Asana (2024). Triángulo de hierro o de gestión de proyectos.
<https://asana.com/es/resources/project-management-triangle>
- Carboni, Duncan. (2018). Gestión de proyectos sostenibles. La guía de referencia de GPM. 2da Edición. USA. www.greenprojectmanagement.org
- Capterra (2020). Software empresarial .Costa Rica
<https://www.capterra.co.cr/software/56250>
- Colegio federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA). (2018). Guía para la Gestión Integrada de Proyectos de Ingeniería, Arquitectura y Construcción. Comisión de Gestión de Proyectos del Colegio de Ingenieros Civiles de Costa Rica.
- Compañía Atenos (2020). Gestión de Proyectos. España.
<https://atenos.com/gestion-de-proyecto/metodologias-de-gestion-de-proyectos>
- Diario oficial la Gaceta (2012). Decreto ejecutivo No 36979. Reglamento de oficialización del Código Eléctrico de Costa Rica para la seguridad de la vida y de la propiedad. San José, Costa Rica.
- García, Paula (2021). Objetivos del Desarrollo Sostenible. España. Universidad de Córdoba
- Green Project Management (GPM). (2019). El Estándar P5 de GPM para La Sostenibilidad en la Dirección de Proyectos. GPM Global.

Holt, Mike. (2020). Understanding the National Electrical Code. Articles 90-480. United States.

www.mikeholt.com/instructors.

INTECO /ISO 817. (2019). Refrigerantes – Designación de clasificación y seguridad. Primera edición.

Costa Rica.

INTECO W68. (2020). Instalación de Sistemas de Refrigeración con Amoniaco. Primera edición.

Costa Rica.

International Electrical Code. (2017). National Electrical Code Handbook. National Fire Protection Association.

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) (2022). Measure harmonic distortion,

519. Estados Unidos. <https://comsys.se/our-adf-technology/power-quality-ieee-519-2022/>

López, Johana (2021). El Green Project Management (GPM) y el Estándar P5. OPM integral blog.

<https://opmintegral.com/gestion-de-proyectos/el-green-project-management-y-estandar-p5>

Lledó, Pablo. (2020). Profesional Ágil (PMI). Primera edición. Estados Unidos.

Madeso (2020). Tesis en Desarrollo Sostenible de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Medard, Gabel (2015) Desarrollo Sostenible. USA. <https://www.idealists.org/es/accion/desarrollo-sustentable-ya-no-es-suficiente-intentemos-desarrollo-regenerativo>

Muller, E. (2016) Desarrollo regenerativo ante el cambio global, garante de un futuro económico, social y ambiental. El caso de Centroamérica.

https://laliniciativablog.files.wordpress.com/2017/03/uci_desarrollo-regenerativo-centroamecc81rica-05-2016-1.pdf

National Fire Protection Association (NFPA). (2015). Norma para la seguridad eléctrica en lugares de trabajo (NFPA 70E). Massachusetts: National Fire Protection Association.

National Fire Protection Association (NFPA) (2017). National Electrical Code (NEC), edición 2017.

Massachussetts, Estados Unidos

OCIO (Office of the Chief Information Office 2019). Los supuestos y restricciones en proyectos.

Washington State. <https://es.scribd.com/document/436412006/Los-Supuestos-y-Restricciones-en-Proyecto>

Project Managment Institute (PMI). (2017). Guía de los Fundamentos para la Dirección de

Proyectos (PMBOK®), 6ta Edición. Pennsylvania: Project Managment Institute (PMI).

Project Managment Institute (PMI). (2021). Guía de los Fundamentos para la Dirección de

Proyectos (PMBOK®), 7ma Edición. Pennsylvania: Project Managment Institute (PMI).

Refrigeración y Soluciones de Frío (2020). Presentación de Servicios y Productos de la Empresa.

Alajuela Costa Rica

Romeiro, Bellini. (2020). Instalación correcta de equipo electrónico. Frick, Johnson Controls.

Sorocaba, Brasil.

Romeiro, Bellini. (2020). Presentación de Compresores. Frick, Johnson Controls.

Sorocaba, Brasil.

Schneider Electric (2017). Guía de Diseño de Instalaciones Eléctricas. Estados Unidos.

Universidad para la Cooperación Internacional (UCI). (2023). Introducción a la administración de

Proyectos. Grupos de proceso y áreas de conocimiento.

<https://gspm.campusuci2.com/mod/book/view.php?id>

Universidad de Cantabria (2012). Ciclos de Refrigeración. España.

<https://personales.unican.es/renedoc/Traspereancias%20WEB/Trasp%20Termo%20y%20MF/00%20GRADOS/TD%2006.pdf>

Universidad de Guadalajara. (2023). Clasificación General de las Fuentes de Información. México.

<http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/portal/clasificacion-general-de-las-fuentes-de-informacion>

Wahl, Daniel. (2022). Las culturas regenerativas tienen que nacer desde el lugar. Biblioteca del

Congreso Nacional de Chile. <https://www.bcn.cl/observatorio/asiapacifico/noticias/daniel-christian-wahl-congreso-futuro>.

Zaida, EA. (2019). Los supuestos y restricciones de un proyecto.

<https://es.scribd.com/document/436412006/Los-Supuestos-y-Restricciones-en-Proyecto>.

9 Anexos

Anexo 1: ACTA (CHÁRTER) DEL PFG**ACTA DE LA PROPUESTA DE
PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN (PFG)**

1. Nombre del (de la) estudiante

Maklin Madrigal Ruiz


2. Nombre del PFG

Metodología para el Diseño Eléctrico y de control de un Sistema de Refrigeración Industrial con Amoniaco.

3. Área temática del sector o actividad

Diseño y Construcción

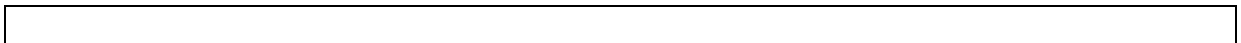
4. Firma de la persona estudiante



5. Nombre de la persona docente SG

Fabio Muñoz Jiménez

6. Firma de la persona docente



7. Fecha de la aprobación del Acta:

Setiembre 2023

8. Fecha de inicio y fin del proyecto

03 Setiembre 2023

31 Marzo 2024

9. Pregunta de investigación

¿Qué elementos debe contener una metodología que permita cumplir con el diseño eléctrico y de control correcto de un sistema de refrigeración industrial con amoniaco?

10. Hipótesis de investigación

Es posible crear una metodología de diseño eléctrico y de control que permita cumplir con las normas de seguridad y operación correcta, para un sistema de Refrigeración Industrial con Amoniaco.

11. Objetivo general

Desarrollar una gestión de metodología para el diseño eléctrico y de control cumpliendo con los requerimientos nacionales para el correcto funcionamiento de seguridad y operación de un sistema de refrigeración industrial con amoniaco con el fin de brindar los pasos necesarios para obtener una instalación segura y debidamente automatizada de acuerdo a las necesidades de los clientes.

12. Objetivos específicos

- 5 Realizar un estudio de las normas nacionales e internacionales aprobadas para el cumplimiento con el diseño eléctrico de un proyecto de refrigeración industrial, con el fin de cumplir con los reglamentos vigentes y normativas aprobadas por los entes del gobierno en nuestro país.
- 6 Realizar un estudio de las normas del IIAR (Instituto Internacional para la Refrigeración con Amoniaco) e INTECO en el control de un sistema de refrigeración industrial, para poder comprender y documentar los parámetros de control que se necesitan para operar de manera satisfactoria una planta de refrigeración.
- 7 Desarrollar una lista de requerimientos detallados sobre los aspectos a considerar para el diseño eléctrico correcto de un sistema de refrigeración industrial para incluirlos en todos los cálculos y detalles necesarios con el fin de garantizar un correcto diseño y lista de necesidades.

8 Definir las fases necesarias para estructuralas de acuerdo con la guía PMBOK, para elaborar la gestión de metodología de diseño eléctrico y de control.

13. Justificación del PFG

Se pretende realizar este tipo de metodología para la gestión de diseño eléctrico y de control de proyectos de Refrigeración Industrial, ya que esta área carece de la misma. Los proyectos llegan y no existe una secuencia de tratamiento general y mucho menos específico para cada uno, ocasionando que muchos de los proyectos que llegan no se logren diseñar de la manera correcta, y otros se terminan pero sin considerar todos los requerimientos necesarios.

Los beneficios que se obtendrán son:

- a. Cada diseño será gestionado por los encargados, quienes tendrán la responsabilidad de su seguimiento.
- b. Se generará un control de los resultados, entregables y cuáles fueron los inconvenientes del diseño, para así poder aprender sobre estos y crear soluciones de los mismos en el futuro.
- c. Se generará una base de datos de los posibles problemas y soluciones implementadas.
- d. Se contará con una biblioteca de diseño ordenada con todos los detalles en formato físico y digital que se requiere para cada solución propuesta.

14. Estructura de desglose de trabajo (EDT). En forma tabular, que describa el entregable principal y los secundarios -productos o servicios que generará el PFG-.

PFG

1.1 Perfil del PF

1.1.1 Introducción

1.1.2 Marco Teórico

1.1.3 Marco Metodológico

1.1.4 Investigación bibliográfica preliminar

1.1.5 Anexos (cronograma del PFG, EDT del PFG, Acta del PFG).

1.1.6 Aprobación del Seminario

1.2 Desarrollo del PFG

1.2.1 Estudio de normas nacionales e internacionales para el diseño eléctrico y de control.

1.2.1.1 Informe de lectura y análisis de estándares.

- 1.2.1.2 Características determinadas de los estándares esenciales mediante diseño y selección de criterios.
- 1.2.1.3 Informe redactado.
- 1.2.1.4 Dibujo en cad de detalles del diseño más relevantes para la metodología
- 1.2.2 Estudio de normas IAR (Instituto Internacional para la Refrigeración con Amoniac) e Inteco
 - 1.2.2.1 Registro de parámetros de control como resultado del estudio de las normas
 - 1.2.2.2 Informe redactado de aspectos necesarios para el diseño
 - 1.2.2.3 Dibujo en cad de detalles con puntos de control estudiados
- 1.2.3 Estudio de requerimientos adicionales a considerar sobre el método para el diseño eléctrico.
 - 1.2.3.1 Informe sobre aspectos adicionales a considerar en el diseño eléctrico
 - 1.2.3.2 Documentar información adicional acerca de detalles de diseño relevantes
- 1.2.4 Estudio de guía PMBook para elaborar metodología de diseño y control
 - 1.2.4.1 Realizar una la metodología de acuerdo a los grupos de proceso
 - 1.2.4.2 Hacer informe sobre los componentes necesarios para optimar el proceso de acuerdo a la metodología en estudio
- 1.2.5 Conclusiones
- 1.2.6 Recomendaciones
- 1.2.7 Listas de referencias
- 1.2.8 Anexos
- 1.2.9 Aprobación del tutor para lectura
- 1.3 Revisión de lectores
- 1.4 Evaluación del tribunal

15. Presupuesto del PFG

El presupuesto destinado para el proyecto sería el siguiente:
 Fotocopias de documentos: ¢ 200 000 mil colones
 Kilometraje ¢70 000 colones
 Las horas laboradas no se considera como parte del presupuesto ya que se considera el permiso y tiempo disponible por parte de la empresa para llevar a cabo el documento

Total de presupuesto: ¢ 270 000 mil cólonos

16. Supuestos para la elaboración del PFG

- Se cuenta con el departamento de diseño eléctrico; si fueran necesarios recursos adicionales la empresa los estará suministrando.
- Se va a generar conocimiento de cada uno de los proyectos que se desarrollen con la metodología.
- Se contará con el personal actual de diseño, así como los participantes de los diferentes proyectos.
- Se cuenta con el conocimiento y disposición tecnológica para desarrollar la lista de detalles de diseño para la metodología
- Se cuenta con apoyo de la Gerencia General así como también con el apoyo de diferentes departamentos de RSF, ya que el área de diseño es de interés para toda la empresa

17. Restricciones para la elaboración del PFG

- Casi no se cuenta con información documentada por lo que se deberá recurrir a personal experto en el tema para recopilar los datos necesarios.
- Posiblemente se tenga reacciones negativas en algunos de los integrantes del departamento de diseño al tener que aportar para una metodología de trabajo.
- No existe una legislación nacional aún aprobada para el diseño de la Refrigeración Industrial con Amoniacó en el país.
- El tiempo máximo para terminar el PFG es de 12 semanas.

18. Descripción de riesgos de la elaboración del PFG

- Posible falta de asesoría con expertos en el tema, por ser un proceso exclusivo podría ocasionar atrasos en los entregables del trabajo.
- Problemas de acceso a fuentes confiables en internet podría ocasionar información incorrecta en el proyecto
- Que los tiempos varíen de acuerdo al cronograma establecido por factores externos tales como incidentes de salud, cierres de vías pueden provocar atrasos en los entregables
- Falta de personal de apoyo en la oficina de diseño por motivos de recortes de personal puede provocar demora en algunas partes de la documentación del proyecto.

19. Principales hitos del PFG

Entregable	Fecha estimada de finalización
1.1 Perfil del PFG	21/09/2023
1.1.6 Aprobación del Seminario	16/11/2023
1.2 Desarrollo del PFG	7/03/2024
1.2.9 Aprobación del Tutor	7/03/2024
1.3 Revisión de lectores	01/04/2024
1.4 Evaluación del tribunal	07/05/2024

20. Marco teórico

20.1 Estado de la cuestión

Desde su fundación en el 2008 la empresa RSF se caracterizó por el diseño mecánico de sistemas de refrigeración con Amoniaco, y la parte correspondiente al diseño eléctrico y de control se realizaba por medio de un contratista externo que les brindaba el servicio. En el 2018 se crea un Departamento de Diseño Eléctrico el cual inicia con las labores de resolver dicha situación de manera interna sin embargo al no contar con estructura metodológica se omiten criterios de diseño que luego se deben corregir en el camino provocando retrabajos y costos adicionales.

Hasta la fecha de hoy se ha venido trabajando de esa forma en donde el personal ya cuenta con más experiencia acerca de las labores que se deben realizar y lo que permite solventar varias de las omisiones que se tenían.

En el caso del PFG que estamos desarrollando el cual es una Metodología para el Diseño Eléctrico y de Control de un Sistema de Refrigeración con Amoniaco se busca establecer una serie de lineamientos acerca de todas las consideraciones que deben tomar en cuenta para desarrollar el diseño de manera correcta

20.2 Marco conceptual básico

Entre los documentos básicos que se presentan en el marco conceptual están los principios de la dirección de proyectos, los dominios de desempeño de un proyecto según la guía del PMBOK, se considera también los siguientes: proyectos predictivos, programas, proyectos, NEC, IIAR, NFPA, Colegio de Ingenieros, INTECO, UL, CE, RSF, NEMA, IEEE, AWG.

21. Marco metodológico

En este PFG se llevó a cabo un análisis de la información a través de fuentes primarias y secundarias. La revisión de normas y demás información investigada se hizo de forma selectiva procurando utilizar fuentes que aportaran valor al caso en trabajo desarrollado. Las fuentes de información fueron el instrumento para la investigación del PFG. Se emplearon los dos tipos de fuentes mencionados anteriormente. Se realizó la lectura y análisis para examinar la información investigada y determinar si era suficiente, pertinente y clara como para definir conclusiones y respuestas a la necesidad planteada en los objetivos específicos del proyecto.

Objetivo	Nombre del entregable	Fuentes de información	Métodos de investigación	Herramientas	Restricciones
<p>1-Realizar un estudio de las normas nacionales e internacionales aprobadas para el cumplimiento con el diseño eléctrico de un proyecto de refrigeración industrial, con el fin de cumplir con los reglamentos vigentes y normativas aprobadas por los entes del gobierno en nuestro país.</p>	<p>-Listas, párrafos y tablas comparativas entre los requisitos de las normas nacionales e internacionales y su aceptación en la legislación de Costa Rica y entes internacionales.</p>	<p>Primarias:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Entrevistas con profesionales de diseño -Consulta a planos existentes. -Documentos de fabricantes de equipos. -Grupos de trabajo. <p>Secundarias:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Revisión de normas de NFPA -Revisión de normas de IIAR -Lectura de revistas y otro tipo de literatura 	<p>Análítico-sintético:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Se llevo a cabo una investigación de la documentación para determinar su validez y aplicación en el PFG. <p>Inductivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Se hizo análisis de campo para lograr validar que la información teórica tuviese aplicación 	<ul style="list-style-type: none"> -Listas de verificación -Análisis de documentos -Análisis de procesos -Entrevistas -Juicio de expertos -Análisis de interesados -Revisión de la información histórica -Capacitación 	<p>-El tiempo de algunos expertos para realizarles consultas, se puede ver restringido ya que pasan muchas horas en campo y con poco acceso.</p>

<p>2-Realizar un estudio de las normas del IAR (Instituto Internacional para la Refrigeración con Amoniaco) e INTECO en el control de un sistema de refrigeración industrial, para poder comprender y documentar los parámetros de control que se necesitan para operar de manera satisfactoria una planta de refrigeración.</p>	<p>-Matriz de parámetros, variables, valores, tablas resumen, y textos que abarquen los dispositivos de control para un sistema seguro y eficiente de un sistema de refrigeración con amoniaco.</p>	<p>Primarias:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Consulta de expertos -Fabricantes de equipos -Planos de diseño existentes -Grupos de trabajo -Documentos de clientes <p>Secundarias:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Revisión de normas de NFPA -Revisión de normas de IAR -Lectura de revistas y otro tipo de literatura. -Manuales de equipos. -Normas INTECO 	<p>Análítico-Sintético:</p> <p>-Se revisó y estudió la literatura ya existente sobre las normas para diseño en sistemas de refrigeración con amoniaco.</p> <p>Inductivo:</p> <p>-Se tomaron los artículos de las normas más utilizados para el desarrollo de diseño eléctrico y de control en los sistemas de refrigeración.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Listas de verificación -Análisis de documentos -Análisis de procesos -Entrevistas -Juicio de expertos -Análisis de interesados -Inspección -Revisión de la información histórica -Capacitación 	<p>-El tiempo para desarrollar el PFG es de 3 a 4 meses.</p>
--	---	---	--	---	--

		-Revistas			
3-Desarrollar una lista de requerimientos detallados sobre los aspectos a considerar para el diseño eléctrico correcto de un sistema de refrigeración industrial para incluirlos en todos los cálculos y detalles necesarios con el fin de garantizar un correcto diseño y lista de necesidades	-Listas, párrafos, planos, matriz de valores y requerimientos que se deben considerar para la elaboración de la correcta metodología de diseño eléctrico y de control del PFG desarrollado.	<p>Primarias:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Consulta de expertos -Fabricantes de equipos -Planos de diseño existentes -Grupos de trabajo <p>Secundarias:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Revisión de normas de NFPA -Revisión de normas de IIAR -Lectura de revistas y otro tipo de literatura. -Manuales de equipos. 	<p>Análítico-Sintético:</p> <ul style="list-style-type: none"> -De acuerdo a la documentación revisada se elaboró una lista de los aspectos más relevantes a considerar para un diseño como el propuesto. <p>Deductivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Se tomó lista de requerimientos según normas y se compararon las similitudes y aplicaciones según cada caso 	<ul style="list-style-type: none"> -Listas de verificación. -Análisis de documentos -Análisis de procesos -Entrevistas -Juicio de expertos -Análisis de interesados -Reuniones -Revisión de la información histórica -Descomposición -Análisis de proceso 	-Falta de interés y tiempo por parte de los involucrados (stakeholders) para lograr completar la lista de requerimientos necesarios.

		<ul style="list-style-type: none"> -Planos de equipos -Normas INTECO -Revistas ADE, CFIA 	para desarrollar la metodología más conveniente		
4. Definir los procesos necesarios para estructurarlos de acuerdo con la guía PMBOK, para elaborar la metodología de diseño eléctrico y de control	<ul style="list-style-type: none"> -Metodología para el Diseño Eléctrico y de Control de un Sistema de Refrigeración Industrial con Amoniaco, en base a las áreas de conocimiento aplicables. -Creación de guía metodológica 	<p>Primarias:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Entrevistas con profesores de la UCI. -Asesoría de expertos en el área de Proyectos -Documentos de UCI -Grupos de trabajo <p>Secundarias:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Guía del PMBOK® 6ª. Ed. -Revistas e informes del PMI. 	<p>Análítico-Sintético:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Se revisaron formatos y técnicas similares para adaptar a la metodología propuesta <p>Inductivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -De acuerdo a las revisiones de documentos y formatos preestablecidos se concluyó en la mejora de 	<ul style="list-style-type: none"> -Diagramas de influencia -Juicio de expertos -Capacitación -Tormenta de ideas 	<ul style="list-style-type: none"> -Falta de recursos (presupuesto y tiempo) para brindar capacitación a todos los involucrados.

		<ul style="list-style-type: none">-Artículos de Internet.-Repositorio de bases de datos de la UCI.-Artículos de Internet	formatos actuales para la metodología desarrollada		
--	--	--	--	--	--

22. Validación del trabajo en el campo del desarrollo regenerativo y desarrollo sostenible

En los trabajos desarrollados se busca promover actividades que incorporen el desarrollo sostenible y regenerativo dentro de la gestión de proyectos. De igual manera, se deben llevar a cabo acciones que promuevan el bienestar de los seres humanos a través de actividades que aporten valor a las comunidades y grupos de interés, promover no solo el beneficio económico del proyecto, sino promover la prosperidad económica de la mayor cantidad posible de partes interesadas, bajo normas de cumplimiento legal para garantizar justicia y legalidad en el aporte económico del proyecto.

En las tablas 6 y 7 de este desarrollo del PFG se identifican los posibles impactos y las respuestas planteadas para cumplir con los principios y conceptos del desarrollo sostenible y regenerativo. Este proyecto del PFG establece una metodología para las diferentes industrias de refrigeración industrial que impacta en gran parte los principios del Pacto Mundial de las Naciones Unidas lo que obliga a integrar dentro de la gestión de proyecto las propuestas y acciones planteadas para promover el desarrollo sostenible en cada uno de sus procesos y entregables.

En los siguientes ítems se resume el trabajo en el campo de desarrollo regenerativo y desarrollo sostenible:

Ambiental: Se promueve la reutilización de recursos tales como el agua, calor, energía para evitar que se la contaminación del medio ambiente

Social: Se promueve la educación y capacitación técnica a personas de la zona para que puedan integrarse de manera satisfactoria al proyecto.

Económica: Promoviendo al desarrollo nacional mediante la formación de personal capacitado, con mejores condiciones salariales que van a permitir la disminución de las brechas económicas.

Espiritual: Logrando crear espacios dentro de los mismos proyectos en donde las personas puedan descansar y estar en contacto con la naturaleza y creando en ellos el valor de preservar nuestros recursos naturales a través del ejemplo de brinda el proyecto.

Cultural: Dando espacio para el desarrollo de las personas y respetando las tradiciones culturales y religiosas de la zona.

Política: Promoviendo la participación activa de las personas durante la realización del proyecto, para que brinden su opinión y aporten ideas que podrían ser muy valiosas durante las fases de cada trabajo.

Anexo 2: EDT del PFG

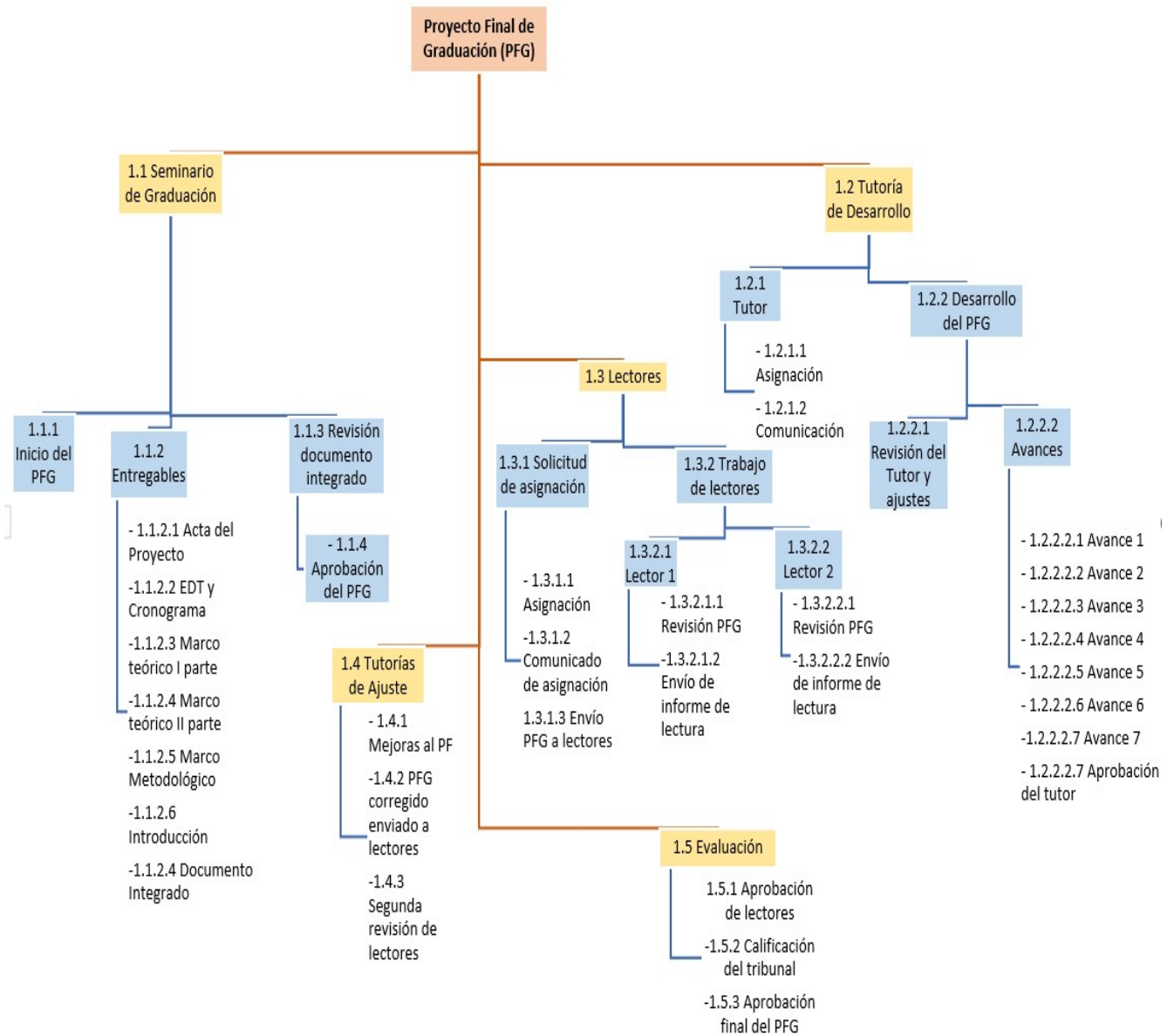


Figura # 1. Proyecto final de graduación EDT. Fuente creación propia

Anexo 3: CRONOGRAMA del PFG

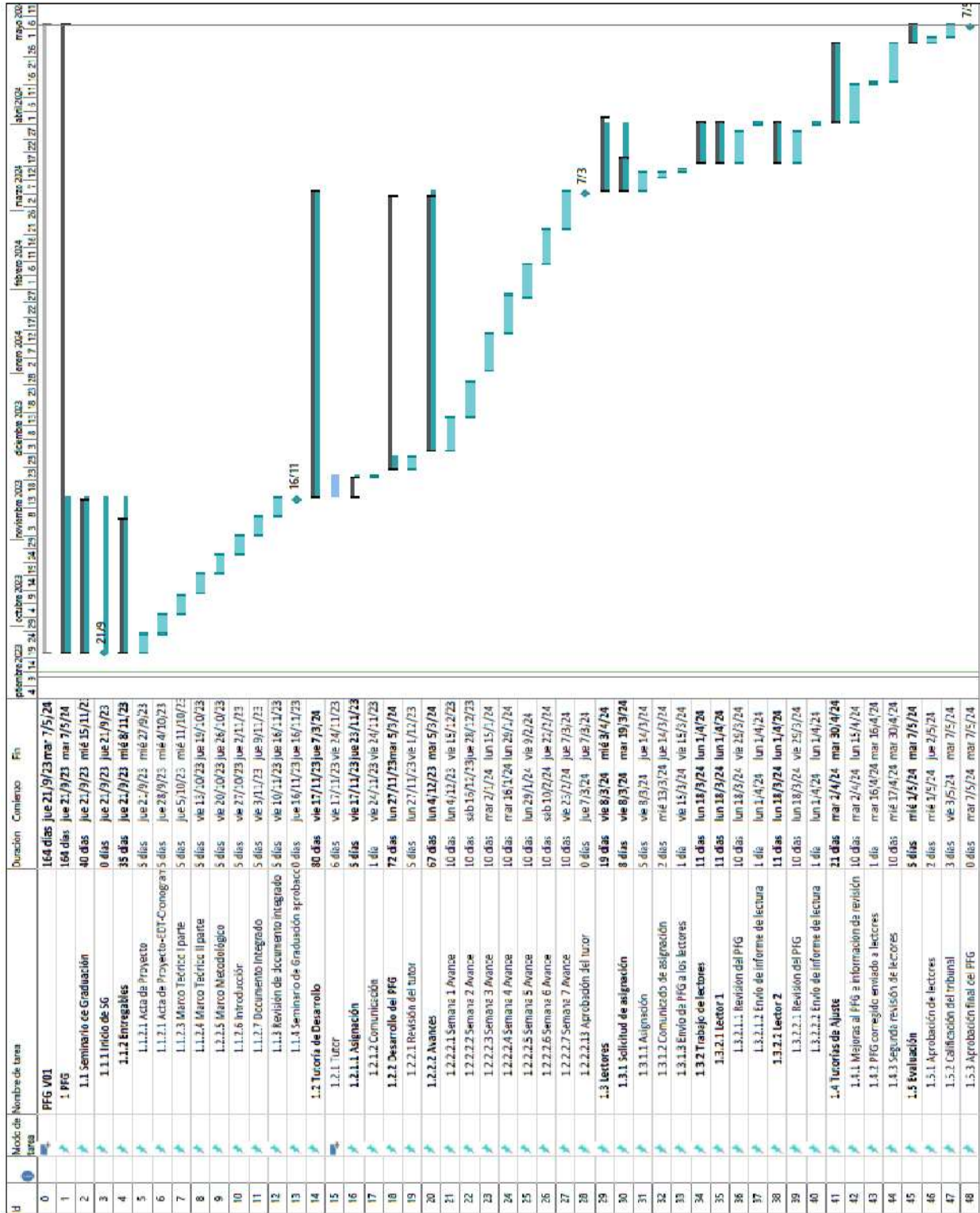


Figura # 2 Cronograma del PFG. Fuente: Creación propia

Anexo 4: Investigación bibliográfica preliminar

- ANSI/IIAR 2 (2014). Norma para el diseño seguro de sistemas de refrigeración por amoníaco. American National Standard.

Esta referencia permite obtener información valiosa acerca de los requerimientos de control necesarios para el manejo del amoníaco dentro de un diseño de refrigeración industrial.

- Carboni, Duncan. (2018). Gestión de proyectos sostenibles. La guía de referencia de GPM. 2da Edición. USA

www.greenprojectmanagement.org

Con esta referencia se pretende buscar información acerca de las características de los proyectos con un manejo sostenible y un impacto positivo al medio ambiente

- Castillo, Jairo. (2021). Seguridad en el uso de amoníaco Anhidro R717. ACR Latinoamérica.

<https://www.acrlatinoamerica.com/202108139971/articulos/refrigeracion-comercial-e-industrial/seguridad-con-el-uso-del-amoniac-anhidro-r717.html>

Artículo muy importante sobre las ventajas y usos de amoníaco como refrigerante en el sector industrial y comercial. Características y composición.

- Holt, Mike. (2020). Understanding the National Electrical Code. Articles 90-480. United States.

www.mikeholt.com/instructors.

Esta referencia muestra por medio de figuras y ejemplos prácticas la manera correcta para realizar cálculos de diseño eléctrico y tener una instalación confiable y segura.

- Martins, Julia. (2022). ¿Qué es el project portfolio management y cómo funciona? España

<https://asana.com/es/resources/what-is-project-portfolio-management>

Artículo sobre el portafolio de proyectos y como opera en el manejo o gestión para varios proyectos que comparten una metodología de trabajo.

- NFPA (2020) Código Eléctrico Nacional. Massachusetts: National Fire Protection Association.
Esta referencia es importante porque permite buscar la información necesaria vigente para instalaciones eléctricas industriales como la planteada en el PFG.
- NFPA (2015). Norma para la seguridad eléctrica en lugares de trabajo (NFPA 70E).
Massachusetts: National Fire Protection Association
Esta referencia me va permitir encontrar información acerca de las medidas de seguridad que se debe tener para instalaciones eléctricas dentro de diferentes plantas de proceso.
- NFPA (2018). Código de seguridad humana (NFPA 101). Massachusetts: National Fire Protection Association.
Referencia para obtener información sobre las diferentes medidas de control y evacuación que se deben tener para el diseño eléctrico dentro de una industria.
- PMI. (2017). Guía de los fundamentos para la dirección de Proyectos (Guía del PMBOK). (6 ed). <http://www.pmi.org/permissions>
Con esta referencia se estará revisando la metodología para la gestión de proyectos y sus recomendaciones para poder realizar el trabajo seleccionado.
- Technical Safety BC (2020) Case Study: Ammonia Release Incidents (2007-2017).
<https://legacy.technicalafetybc.ca/case-study-ammonia-release-incidents-2007-2017>
Referencia que será necesaria estudiar para entender posibles incidentes que se podrían tener con amoniaco en caso de un mal manejo del químico durante un proceso de fabricación.
- UCI (2023). Introducción a la administración de Proyectos. Grupos de proceso y áreas de conocimiento.
<https://gspm.campusuci2.com/mod/book/view.php?id=7849&chapterid=6618>

Con esta referencia vamos a revisar la información correspondiente a los grupos de proceso y áreas de conocimiento que se podría aplicar a la metodología de diseño a realizar.

- Williams, R. (2015). ¿What's the cost of an accident? Garden City Ammonia Program.

<http://chemnep.com/cost-accident/>

Referencia para entender el costo que puede tener un mal diseño eléctrico y de control al utilizar un componente refrigerante como el amoníaco.

Anexo 5

Detalles eléctricos y de control elaborados durante el desarrollo del PFG obtenidos de manuales de fabricantes para la elaboración de los objetivos 3 y 4 del desarrollo

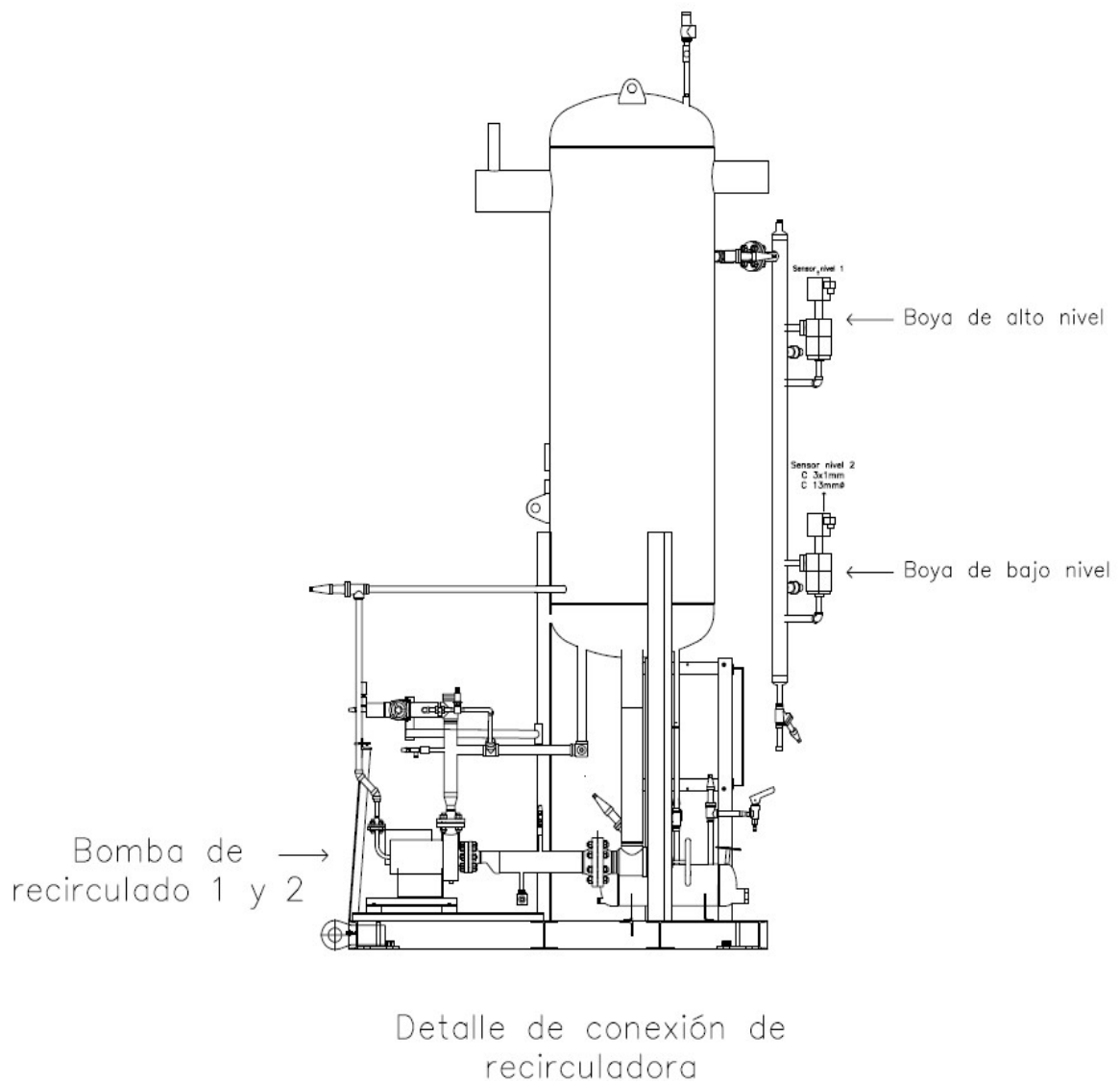
Fecha:

Código Formulario:

Elaborado por:

Versión:

Nombre Detalle 1: Componentes de recirculadora. compuesta por sensores de presión, boyas de alto nivel y de operación, bombas de recirculado



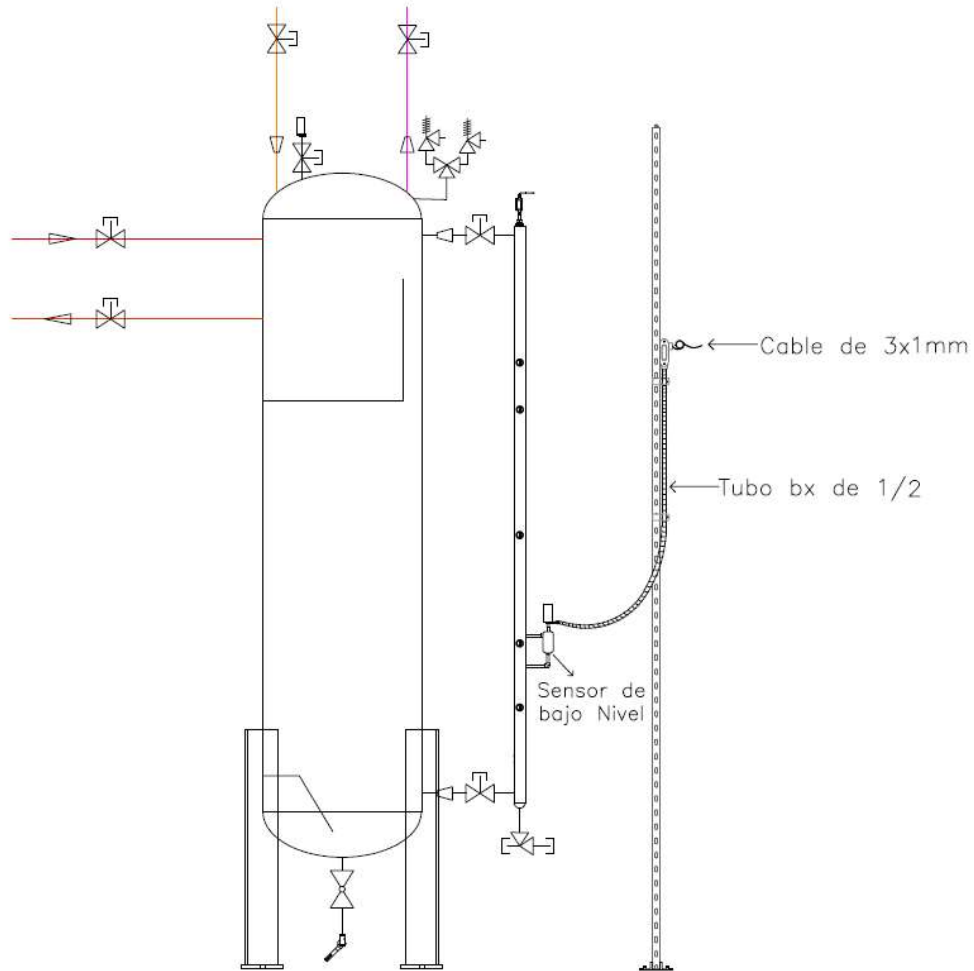
Fecha:

Código Formulario:

Elaborado por:

Versión:

Nombre Detalle 2: Conexión de termosifón



Detalle de conexión de boya de bajo nivel en termosifón

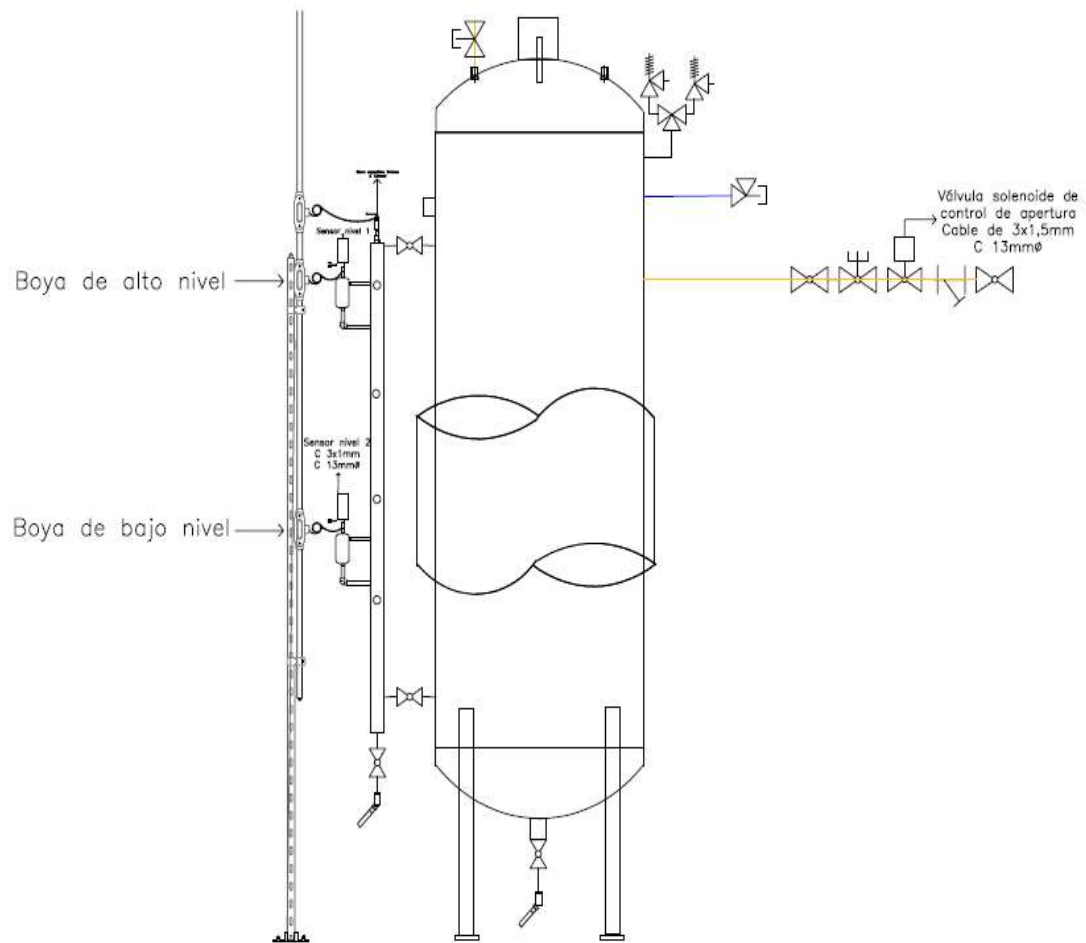
Fecha:

Código Formulario:

Elaborado por:

Versión:

Nombre Detalle 3: Conexión de economizador



Detalle de sensores de bajo, alto nivel y barra capacitiva del Economizer



Control de Versiones

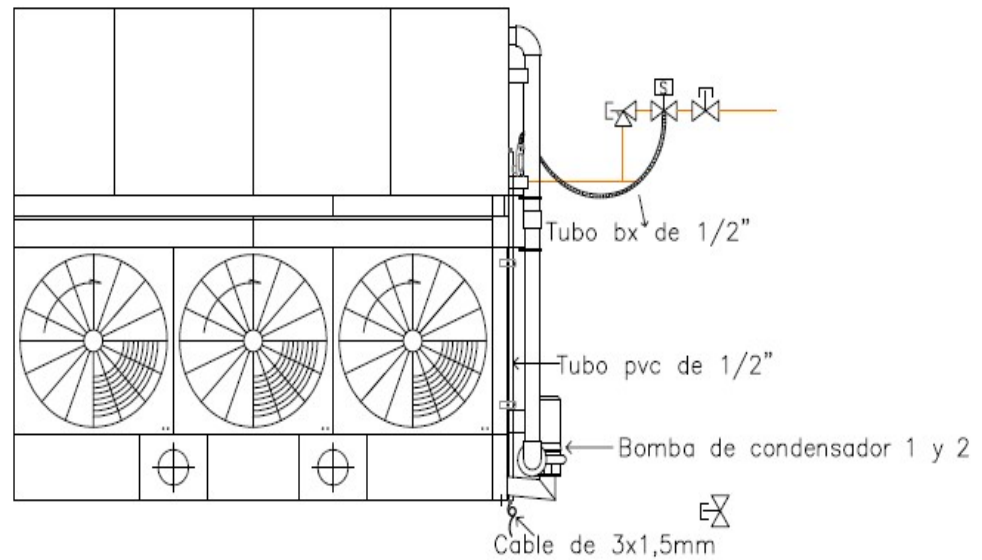
Fecha:

Código Formulario:

Elaborado por:

Versión:

Nombre Detalle 4: Conexión de condensador evaporativo



CONDENSADOR EVAPORATIVO
Detalle de conexión de válvula solenoide
de control de líquido



Control de Versiones

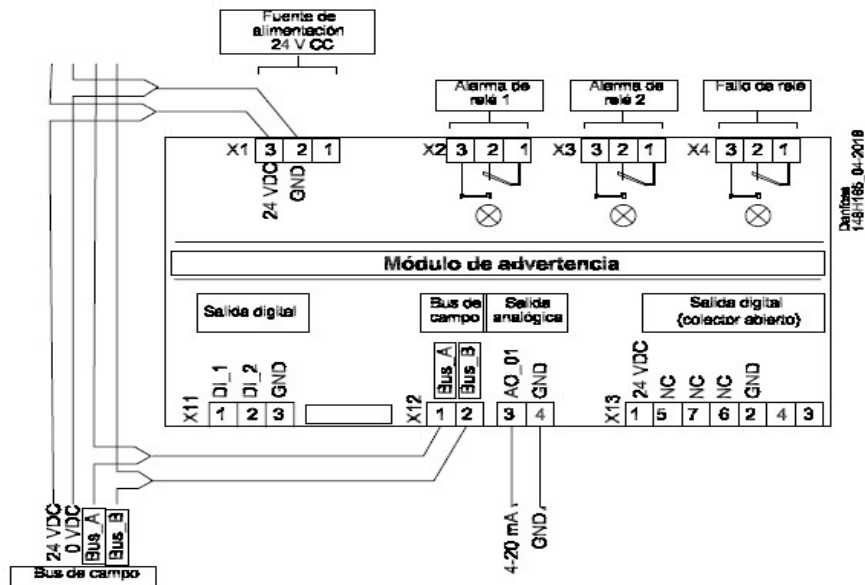
Fecha:

Código Formulario:

Elaborado por:

Versión:

Nombre Detalle 5: Conexión de sensor de amoniaco



Danfoss
1451185_01-2018

Detalle de conexión de de sensor de Amoniaco

Fuente: Catálogo de producto Danfoss

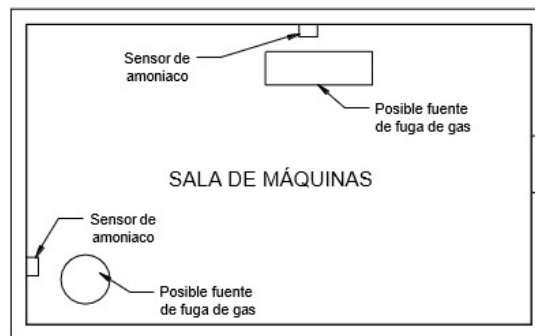
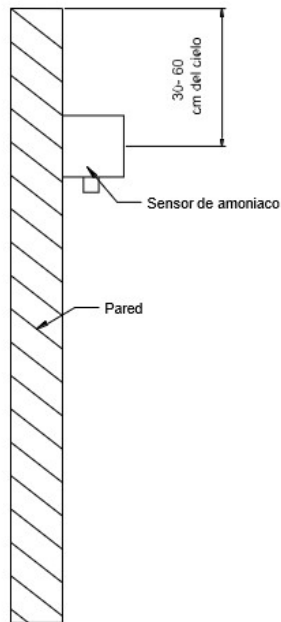
Fecha:

Código Formulario:

Elaborado por:

Versión:

Nombre Detalle 6: Ubicación de sensores de amoniaco



Fuente: Catálogo de detalles de RSF



Control de Versiones

Fecha:

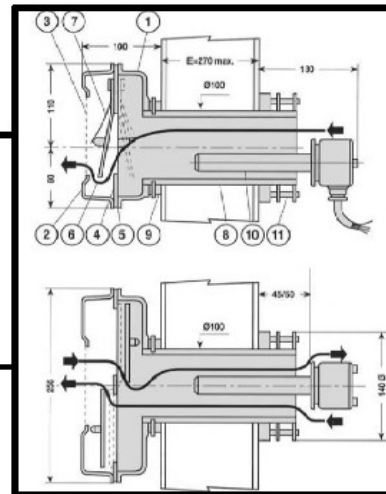
Código Formulario:

Elaborado por:

Versión:

Nombre Detalle 7: Conexión de válvula de equalización

- Descripción:
1. Caja exterior en aluminio fundido.
 2. Tapa en poliestireno antichoque con rejilla de protección.
 3. Rejilla de protección inoxidable.
 4. Pletina en aluminio anodizado con junta de estanqueidad.
 5. Membranas móviles en aluminio anodizado provistas de otra membrana en Neopreno para asegurar una absoluta estanqueidad.
 6. Resortes en acero inoxidable que mantienen las membranas cerradas por debajo de 10 mm. presión columna de agua.
 7. Tubo de fibrocemento pasante, en el interior del cual se alojará la caña calefactora.
 8. Juntas de estanqueidad.
 9. Caña calefactora.
 10. Caja de conexión.
 11. Caña calefactora.

Detalle de conexión de
válvula de equalización

Fuente: Catálogo de producto Dippanel



Control de Versiones

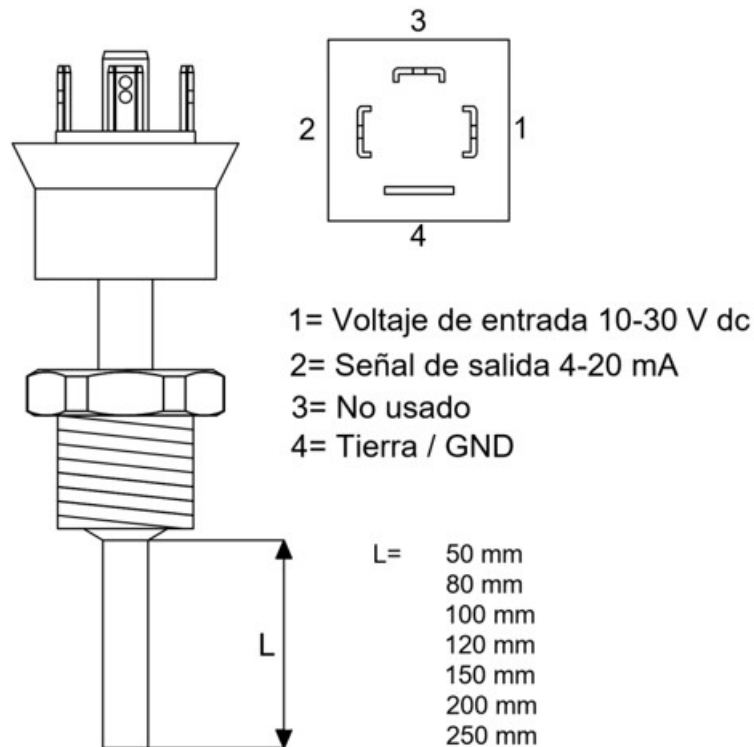
Fecha:

Código Formulario:

Elaborado por:

Versión:

Nombre Detalle 8: Conexión de sensor de temperatura



Fuente: Catálogo Danfoss modelo MBT 3560



Control de Versiones

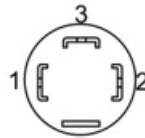
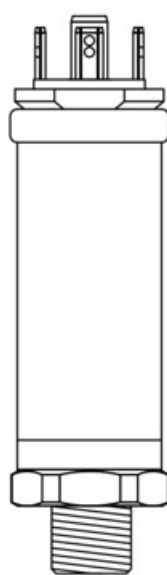
Fecha:

Código Formulario:

Elaborado por:

Versión:

Nombre Detalle 9: Transductor de presión



1= Voltaje de entrada 10-30 V dc

2= Tierra / GND

3= Señal de salida 4-20 mA

Fuente: Catálogo de Danfoss. Modelo AKS 33



Control de Versiones

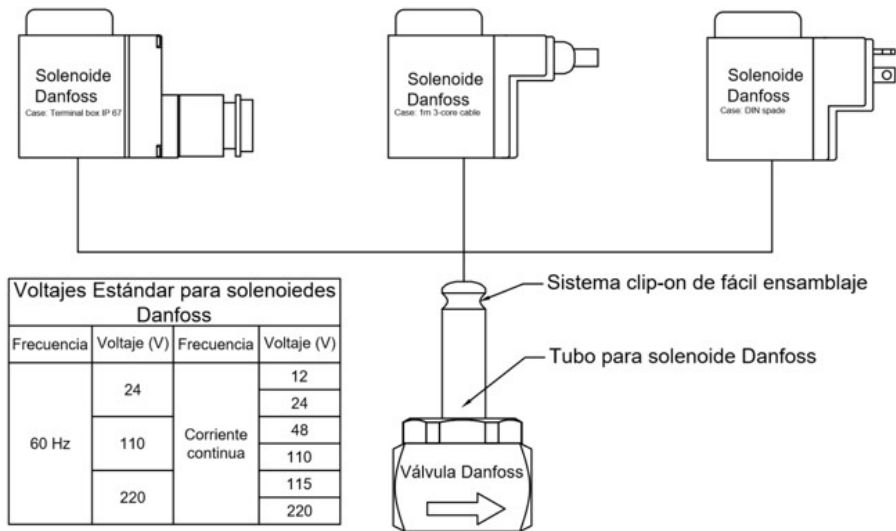
Fecha:

Código Formulario:

Elaborado por:

Versión:

Nombre Detalle 10: Válvula solenoide



Fuente: Catálogo de Danfoss



Control de Versiones

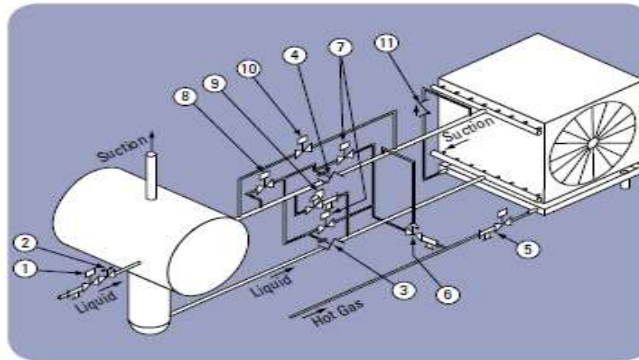
Fecha:

Código Formulario:

Elaborado por:

Versión:

Nombre Detalle 11: Sistema de evaporación inundado para baja temperatura con monitor de presión.



No.	Qty.	Description	Recommended Valve Type
1	1	Liquid Feed Solenoid with Close-Coupled Strainer	S8F, S4A or SV2
2	1	Hand Expansion Valve	Hand Expansion Valve
3	1	Liquid Shut-Off Valve	S9A or S9W
4	1	Suction Stop Valve	S9A or S9W
5	1	Hot Gas Solenoid with Close-Coupled Strainer	S4A or SV2
6	1	Pilot Flow Regulator with Close-Coupled Strainer	A2BOE
7	2	Pilot Solenoid (Opens to open valves ③ & ④)	S6N or S8F
8	1	Pilot Solenoid (Closes to open valves ③ & ④)	S6N or S8F
9	1	Defrost Relief Regulator with Electric Wide Opening & Companion Strainer	A4ABK
10	1	Equalizing Valve	S8F, S4A or SV2
11	1	Check Valve	CK-3 or CK-4

Defrost Valve Sequence	
Pump Out	Pilot Solenoids ⑦ are energized, Pilot ⑧ is de-energized, causing the Liquid Feed and Suction Stop Valves to close. The Electric Bypass feature on the Defrost Regulator ⑨ opens.
Soft Gas	A Soft Gas Valve is not usually needed on medium temperature systems.
Hot Gas	After the Electric Bypass on the Defrost Regulator closes, the Hot Gas Valve opens. The Regulator maintains coil pressure.
Equalization	The Hot Gas Valve closes and the Equalizing Valve opens simultaneously.
Fan Delay	The Equalizing Valve closes. Pilot Solenoids ⑦ are de-energized, Pilot ⑧ is energized, causing the Liquid Feed and Suction Stop Valves to open.

Fuente: Boletín técnico de Parker. Sistema de descongelado con gas caliente.



Control de Versiones

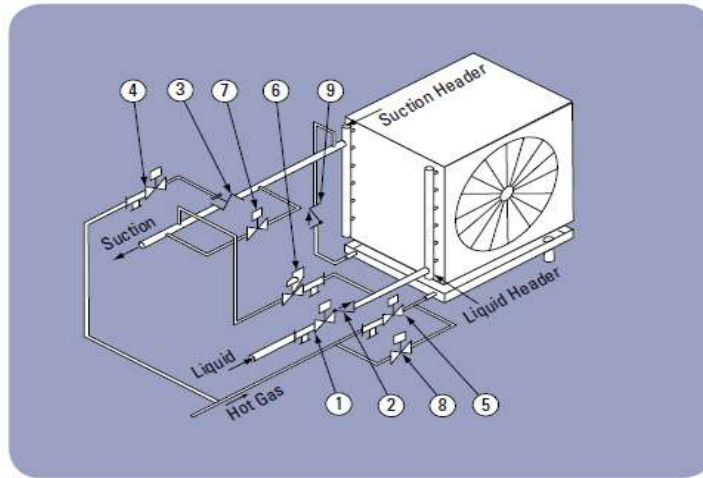
Fecha:

Código Formulario:

Elaborado por:

Versión:


Nombre Detalle 12: Sistema de evaporación con líquido recirculado para circuito horizontal con alimentación inferior.



No.	Qty.	Description	Recommended Valve Type
1	1	Liquid Feed Solenoid with Close-Coupled Strainer	S8F, S4A or SV2
2	1	Check Valve	CK-4
3	1	Suction Stop Valve	CK-2 or CK-5
4	1	Pilot Solenoid with Close-Coupled Strainer	S6N or S8F
5	1	Hot Gas Solenoid with Close-Coupled Strainer	S4A or SV2
6	1	Defrost Relief Regulator	A4AK
7	1	Equalizing Valve	S8F, S4A or SV2
8	1	Soft Gas Valve	S8F S4A or SV2
9	1	Check Valve	CK-3 or CK-4

Defrost Valve Sequence	
Pump Out	The Liquid Feed Valve closes. At the end of Pump Out, Pilot Solenoid ④ is energized, and the Suction Stop Valve closes.
Soft Gas	The Soft Gas Valve opens.
Hot Gas	The Soft Gas Valve closes and the Hot Gas Valve opens simultaneously. The Defrost Regulator maintains coil pressure.
Equalization	The Hot Gas Valve closes and the Equalize Solenoid opens.
Fan Delay	The Equalize Solenoid closes. The Liquid Feed and Suction Stop Valves open.

Fuente: Boletín técnico de Parker para sistemas con descongelado con gas caliente



Control de Versiones


Fecha:

Código Formulario:

Elaborado por:

Versión:

Nombre Detalle 13: Etiqueta de arco eléctrico para paneles de potencia



Indicador naranja de advertencia

Icono de Arco Eléctrico

Fecha de análisis

Resultados Análisis de Arco

Información de EPP para la peor condición

Información de Equipo Codificación del elemento

Información de contacto eléctrico

ESOLUTIONS

Información de Riesgo por Arco (peor caso)	
Fecha de análisis :	20/12/19
Energía Incidente	0,44 cal/cm
Distancia de trabajo	45,7 cm
Distancia de aproximación Restringida	0,09 m
Límite de aproximación Limitada	0,33 m
Corriente de arco (máxima)	4,3 kA
Tensión de operación: 480 V	Cuantes: Clase 00
Máxima Categoría de Riesgo: Cat 0	Nivel de Aislamiento: 500 V

Equipo: LIGHTING PANEL-MP3
ID: H-TR-MP3

EPP Requeridos: Ropa de protección de fibras naturales con densidad de fabricación superior a 150gr/m2 (4.5oz/yd2). Camisa manga larga, pantalón algodón, gafa seguridad, tapacidos, casco dieléctrico, botas dieléctricas, tapete dieléctrico.

Cambios en los ajustes de los dispositivos de protección y/o configuración de la red pueden invalidar los resultados de este análisis por lo que la clasificación de los EPP debe ser verificada periódicamente.

www.esolutions.co

Fuente: Formato de etiqueta de arco eléctrico. <https://esolutions.co/esnotes/etiquetas-de-arco-eléctrico>

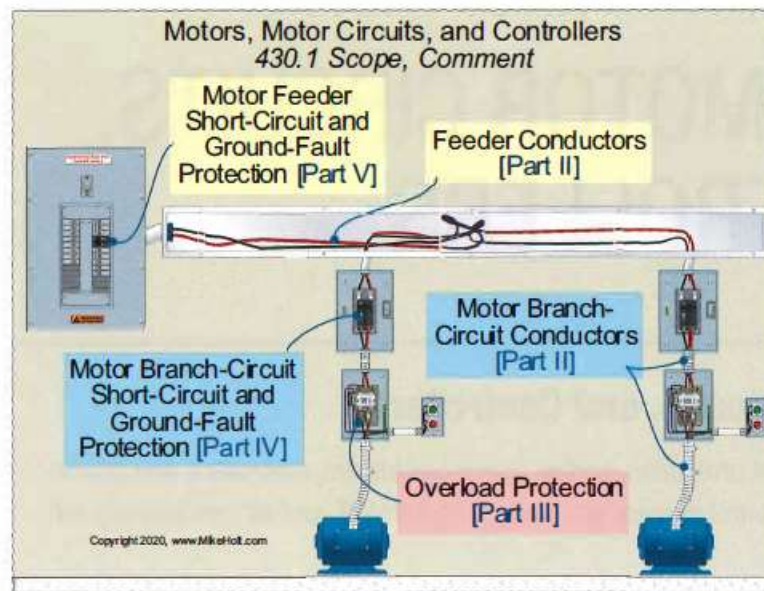
Fecha:

Código Formulario:

Elaborado por:

Versión:

Nombre Detalle 14: Componentes de potencia y control requerido para motor eléctrico



- ▶ General—Part I
- ▶ Conductor Sizing—Part II
- ▶ Overload Protection—Part III
- ▶ Branch-Circuit Short-Circuit and Ground-Fault Protection—Part IV
- ▶ Feeder Short-Circuit and Ground-Fault Protection—Part V
- ▶ Motor Control Circuits—Part VI
- ▶ Motor Controllers—Part VII
- ▶ Motor Control Centers—Part VIII
- ▶ Disconnecting Means—Part IX

Fuente: Mike Holt. Código Eléctrico del 2020



Control de Versiones

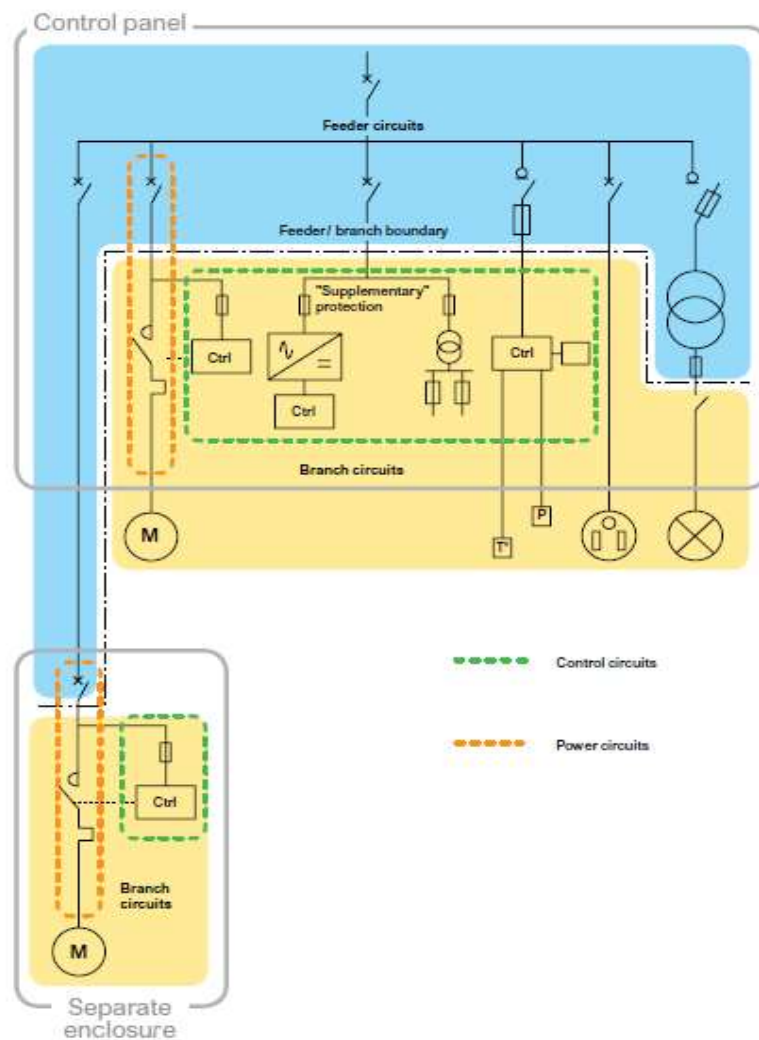
Fecha:

Código Formulario:

Elaborado por:

Versión:

Nombre Detalle 15: Panel de control según UL 508A



Fuente: Schneider Electric (2017). Guía técnica de paneles de Control

Anexo 6. Tabla de cumplimientos de certificaciones para componentes según norma UL 508 A

Paragraph reference	Component description	UL Standard	Category control number(s)	Notes
Section 12 – Insulating Barriers meeting component selection requirements of 12.2				
12.2(a)(1)	Generic materials	–	–	Type and minimum thickness as specified in Table 12.1, dimensions of barrier shall also comply with 12.1
12.2(a)(2)	Recognized Sleeving	UL 1441	UZFT2	90°C (194°F) minimum and for voltage involved, as noted on Recognition Information Page, dimensions of sleeving applied shall also comply with 12.1
12.2(a)(2)	Recognized Tubing	UL 224	YDPU2	90°C (194°F) minimum and for voltage involved, as noted on Recognition Information Page, dimensions of sleeving applied shall also comply with 12.1
12.2 Exception	Other insulating barriers	UL 508	–	Construction described in Procedure
Section 13 – Insulating materials meeting component selection requirements of 13.2				
13.2	Generic materials	–	–	Material type and minimum thickness as specified in Table 13.1, shall also comply with 13.2(b)
13.2	Recognized Standoffs	UL 67, UL 891	QEUY2	Any insulating standoff that complies with 13.2(b)
13.2 Exception	Other insulating materials	UL 508	–	Construction described in Procedure
Section 14 – Grounding Terminals meeting component selection requirements of 14.2				

Paragraph reference	Component description	UL Standard	Category control number(s)	Notes
14.2(a)	Recognized Terminal Blocks	UL 1059	XCFR2	Terminal block shall be suitable for field connection for the conductor size required by 15.1 as determined from the Recognized Component Information Page.
14.2(a)	Recognized grounding bar kits	UL 67, UL 891	QEUY2	Procedure described only
14.2(b)	Listed Grounding and Bonding Equipment	UL 467	KDER	Grounding terminal shall be suitable for the conductor size required by 15.1.
14.2(b)	Recognized Grounding and Bonding equipment	UL 467	KDER2	Grounding terminal shall be suitable for the conductor size required by 15.1.
Section 18 – Enclosures meeting component selection requirements of 18.3				
18.3(a)	Listed Junction and pull boxes	UL 50	BGUZ	These enclosures are not required to have doors and would not be able to house power circuit fuses and similar components – see 18.4.
18.3(a)	Listed Cabinets and cutout boxes	UL 50	CYIV	Cabinets shall be provided with mating cabinet front.
18.3(b)	Listed Industrial control panel enclosure	UL 508A	NITW	
18.3(b)	Recognized Industrial Control Panel Enclosure	UL 508A	NITW2	
18.3(b)	Enclosures not previously Listed or Recognized	–	–	1) Construction shall comply with Sections 62 – 64 as Type 1 enclosure; or 2) Described In Procedure
Section 19 – Components for closing openings in enclosures				
19.1	Listed Conduit fittings	UL 514B	DWTT	For other than Type 1 enclosures, fittings and conduit openings shall comply with Table 19.1
19.1 exception	Conduit fittings evaluated for use on industrial control panels with type rating	UL 50	–	Construction details and ratings described in Procedure, also shall comply with Table 19.1
19.2	Listed Wireway	UL 870	ZOYX	1) For use with Type 1 enclosures; or 2) Described In Procedure
19.3	Enclosure Mounted Components	–	–	1) Components have provisions for panel mounting; and 2) For other than Type 1 enclosures, components shall comply with Table 19.2

Paragraph reference	Component description	UL Standard	Category control number(s)	Notes
19.3 exception	Components evaluated for use on Industrial control panels with type rating	UL 50	-	Construction details and ratings described in Procedure, also shall comply with Table 19.2 Panel nameplate marked as in 53.1 with: 1) Environmental rating that complies with Table 19.3; or 2) Type 1 Enclosure
19.4	Enclosures other than Type 1 with modifications that do not comply with Table 19.1 or Table 19.2	-	-	
Section 21 – Ventilation Openings meeting component selection requirements of 21.1				
21.1.1	Listed Industrial Control Panel Enclosure with Ventilation Opening	UL 508A	NITW	Location of ventilation opening with respect to components installed within enclosure shall comply with 21.2
21.1.1	Recognized Industrial Control Panel Enclosure with Integral Ventilation Opening	UL 508A	NITW2	Location of ventilation opening with respect to components installed within enclosure shall comply with 21.2
21.1.1	Recognized Ventilation Opening kit	UL 508A	NITW2	Location of ventilation opening with respect to components installed within enclosure shall comply with 21.2
21.1.1	Ventilation Opening not previously Listed or Recognized	UL 508A	-	Location of ventilation opening with respect to components installed within enclosure shall comply with 21.2, construction complies with 21.3, and considered Type 1 component
21.1.1 exception	Ventilation Opening evaluated for use on enclosures with Type rating	UL 508A, UL 50	-	Construction and Type ratings described in Procedure, also shall comply with Table 19.2
Section 23 – Observation Windows meeting component selection requirements in 23.1				
23.1	Listed Industrial Control Panel Enclosure with Integral Observation Window	UL 508A	NITW	
23.1	Recognized Industrial Control Panel Enclosure with Integral Observation Window	UL 508A	NITW2	
23.1	Recognized Observation Window kit	UL 508A	NITW2	Installed according to manufacturer's instructions

Paragraph reference	Component description	UL Standard	Category control number(s)	Notes
23.1	Listed Cabinet or Cutout Box with integral observation window	UL 50	CYIV	
23.1	Observation Window not previously Listed or Recognized	-	-	1) Must comply with 23.5 and 23.2 or 23.3, suitable for use on Type 1 enclosure; or 2) Construction described in Procedure – see 23.4 and 23.6
23.1 exception	Observation Window evaluated for use on enclosures rated other than Type 1	UL 50	-	Construction and Type ratings described in Procedure
23.2	Glass used for observation window	-	-	For Type 1 enclosure, glass complies with construction requirements in 23.5 and: a) 4 inch (102 mm) max. in any dimension (includes diagonal), 0.55 inch (1.40 mm) thick; or b) 12 inch (305 mm) max. in any dimension (includes diagonal), 0.115 inch (2.92 mm) thick

Paragraph reference	Component description	UL Standard	Category control number(s)	Notes
23.3	Recognized Polycarbonate used for observation window	UL 94	GMFZ2	For Type 1 enclosure, polycarbonate complies with 23.5 and construction requirements: a) 1/8 in. (3.2 mm) thick minimum; b) 5VA flame rating at minimum thickness in Plastics Recognized Component Directory not more than window thickness; and c) Area does not exceed 360 square inches (2452 cm ²)
23.4	Glass or polymeric observation window other than those in 23.2 or 23.3	UL 50	–	Construction and Type ratings described in Procedure
23.6	Observation windows secured by adhesive only	UL 508, UL 746C	–	Construction and Type ratings described in Procedure
Section 26 – Environmental control devices				
Section 26.2 – Enclosure Fans meeting component selection requirements in 26.2				
26.2.1	Recognized Electric fans	UL 507	GPWV2	Any that is marked "Thermally Protected" or "T.P.," or marked "Impedance Protected" or "Z.P."
26.2.2	Recognized Motors	UL 1004-1	PRGY2	Construction and overload protection evaluated and described in Procedure
26.2.3	Recognized Fan kit	UL 508	NITW2	Installed according to manufacturer instructions, for kits that include ventilation openings for panel mounting – see 21.2
26.2.4(a)	Recognized Thermally-protected motors	UL 2111 UL 1004-3	XEWR2	Motor marked "Thermally Protected" or "T.P."
26.2.4(b)	Recognized Impedance-protected motors	UL 1004-2	XEIT2	Motor marked "Impedance Protected" or "Z.P."