

**APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y DE
AUTOMATIZACIÓN PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE EQUIPOS DE
REFRIGERACIÓN Y AUMENTAR LA EFICIENCIA ENERGETICA EN EMPRESA
DE PROCESAMIENTO LACTEO ASOPRIMALAC.**

YERSON MAURICIO BLANCO B.

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

DEPARTAMENTO MMI

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA, 2021

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
MECATRÓNICO**

Director

LUIS ERNESTO NEIRA ROPERO

M.SC (C) CONTROLES INDUSTRIALES

INGENIERO EN MECATRÓNICA

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO MMI
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

PAMPLONA, 2021

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	11
3. OBJETIVOS.....	13
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
4. MARCO TEÓRICO	14
4.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	14
4.2.2. <i>Compresor</i>	18
4.2.3. <i>Separador de aceite</i>	21
4.2.4. <i>Válvula de retención</i>	22
4.2.5. <i>Mirilla</i>	23
4.2.6. <i>Válvula Cheque</i>	23
4.2.7. <i>Recibidor líquido y filtro de líquido</i>	23
4.2.8. <i>Intercambiador de calor</i>	24
4.2.9. <i>Condensador</i>	25
4.2.10. <i>Evaporador</i>	26
4.2.11. <i>Instrumentos de expansión</i>	27
4.3. COMPONENTES E INSTRUMENTOS DE CONTROL ELÉCTRICO PARA LOS CUARTOS FRÍOS.	28
4.3.1. <i>Presostato dual de presión de refrigerante.</i>	28
4.3.2. <i>Válvula solenoide de líquido</i>	28
4.3.3. <i>Controlador e indicador de temperatura</i>	29
4.3.4. <i>Interruptores Automáticos</i>	30
4.3.5. <i>Vigilante de Tensión Breakermatik</i>	30
4.3.6. <i>Interruptor eléctrico automático (breaker)</i>	31

4.3.7.	<i>Relé térmico</i>	32
4.3.8.	<i>Relés electromagnéticos</i>	32
4.3.9.	<i>Contactador tripolar</i>	32
4.3.10.	<i>Interruptor con dos posiciones con contacto solapados</i>	33
4.3.11.	<i>Luces piloto testigos de alarma</i>	33
4.4.	ILUMINACIÓN.....	34
4.4.1.	<i>Iluminación Inteligente</i>	36
4.6.	MEZCLADORA INDUSTRIAL.....	39
5.	PROPUESTA PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	40
5.1.	ÁRBOL DE EQUIPOS	40
5.1.1.	<i>Revisión a instrumentos de menor nivel</i>	42
5.2.	ACTIVIDADES Y PROCEDIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO DEL CUARTO FRIO.....	43
5.2.1.	<i>Revisión de conexiones eléctricas</i>	43
5.2.2.	<i>Compresores</i>	44
5.2.3.	<i>Evaporador</i>	47
5.2.4.	<i>Condensador</i>	50
5.3.	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO ANUAL	51
6.	INSTALACIÓN DE LUCES INTELIGENTES	54
6.1.	IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS.....	54
6.2.	SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE ILUMINACIÓN Y DISTRIBUCIÓN	57
6.2.1.	<i>Luminarias Led</i>	58
6.2.2.	<i>Sensor de movimiento</i>	60
7.	PROGRAMACIÓN DE VARIADOR E INSTALACIÓN	65
7.1.	PROCESO DE ELABORACIÓN DEL QUESO	65
7.2.	VARIADOR SIEMENS SINAMICS V20	66
7.3.	PRUEBA DE MARCHA RÁPIDA	67
7.4.	PUESTA EN MARCHA DESDE EL TABLERO DE CONTROL.....	69

8.	RESULTADOS	73
8.	CONCLUSIONES	80
9.	ANEXOS	81
10.	REFERENCIAS	89

Lista de figuras y tablas

Figura 1.	Tipos de Compresores.....	19
Figura 2.	Compresor Reciprocante.....	20
Figura 3.	Separador de aceite.....	22
Figura 4.	Válvula de retención.....	22
Figura 5.	Recibidor de liquido.....	23
Figura 6.	Funcionamiento Intercambiador de calor.....	24
Figura 7.	Intercambiador de calor tipo tubo.....	25
Figura 8.	Condensador de refrigeración industrial.....	25
Figura 9.	Evaporador de refrigeración industrial.....	26
Figura 10.	Representación de una válvula de expansión termostática.....	27
Figura 11.	Diagrama presostato de regulación de baja presión.....	28
Figura 12.	Válvula solenoide de líquido.....	29
Figura 13.	Controlador e indicador.....	29
Figura 14.	Conexiones controlador e indicador de temperatura.....	29
Figura 15.	Breaker.....	31
Figura 16.	Contactador tripolar.....	32
Figura 17.	Interruptor.....	33
Figura 18.	Luz Piloto.....	34

Figura 19. Espectro de luz visible	34
Figura 20. Tipos de luz, según su tecnología	35
Figura 21. Esquema General del Sinamics V20.....	38
Figura 22. Mezcladora SKYMSEN.....	39
Figura 23. Plano techo Asoprimalac.....	54
Figura 24. Zona de procesamiento	56
Figura 25. Zona de empaque	57
Figura 26. Iluminación inicial cuartos fríos.....	57
Figura 27. Bombilla Led.....	58
Figura 28. Luminaria T8W	59
Figura 29. Sensor de movimiento SE06.....	60
Figura 30. Esquema de conexión SE06.....	60
Figura 31. Distribución de luminarias y sensores de movimiento en la empresa Asoprimalac	61
Figura 32. Grafica comparativa del consumo energético	64
Figura 33. Ahorro en pesos, durante un año.....	65
Figura 34. Esquema de conexión variador de frecuencia.....	66
Figura 35. Panel Bop variador Siemens Sinamics V20.....	67
Figura 36. Tablero de control Mezcladora	69
Figura 37. Conexiones elementos de control motor con variador de frecuencia	70
Tabla 1. Etapas de compresor recíprocante	20
Tabla 2. Ventajas y desventajas del uso del compresor recíprocante.....	21
Tabla 3. Descripción de interruptores IAs y PIAs.....	30

Tabla 4. Características vigilantes de tensión.....	31
Tabla 5. Nivel de prioridad equipos mantenibles (Muy significativa (1), Significativo (2), (3) relativo).....	42
Tabla 6. Revisión a instrumentos básicos.....	43
Tabla 7. Frecuencia de actividades de mantenimiento Compresor de pistón.....	47
Tabla 8. Frecuencia de mantenimiento evaporador y condensador.....	51
Tabla 9. Mantenimiento a tablero de control cuarto frio.....	52
Tabla 10. Mantenimiento a compresor	52
Tabla 11. Mantenimiento a condensador.....	53
Tabla 12. Mantenimiento a evaporador	53
Tabla 13. Requerimiento de luminancia por el RETILAP	55
Tabla 14. Tipo de luminarias inicial	55
Tabla 15. Datos técnicos luminaria LED STREET E27	59
Tabla 16. Distribución para introducción de nueva luminaria	60
Tabla 17. Número de sensores y luminarias.....	61
Tabla 18. Consumo del sistema de iluminación anterior	63
Tabla 19. Consumo del sistema de iluminación nuevo	63
Tabla 20 . Comparación consumo energético.	64
Tabla 21. Componentes del tablero Mezcladora	70
Tabla 22. Definición de parámetros, para controlar el variador desde la bornas	71

RESUMEN

El presente trabajo describe la práctica para opción de grado que se desarrolló en la empresa Asoprimalac, un complejo de mediana industria donde se procesa lácteos. A lo largo del desarrollo de esta práctica se implementaron herramientas de mantenimiento, para crear un plan organizado de cómo llevar a cabo el mantenimiento preventivo a equipos de refrigeración, así como la ejecución de este, enfocando los recursos y tiempos a los equipos críticos. También se realiza la instalación de un sistema de luces inteligentes, mediante la aplicación de sensores y modificando el estado de la iluminación en algunas zonas de la empresa, generando así buenas condiciones de luminosidad y un uso eficiente de la energía eléctrica que se refleja en la reducción de gastos económicos. Finalmente empleando conocimientos en automatización se realizó la programación de un variador de frecuencia, específicamente el siemens V20, el cual presta el servicio para la operación de mezcladoras SKYMSSEN que son movidas por potentes motores eléctrico y se emplean en el proceso de la elaboración del producto estrella de la empresa.

Palabras Claves

Plan de mantenimiento, equipos de refrigeración, variador de frecuencia, iluminación, eficiencia, energía.

ABSTRACT

The present work describes the practice for the option of degree that was developed in the company Asoprimalac, a complex of medium industry where dairy is processed. Throughout the development of this practice, maintenance tools were implemented to create an organized plan of how to carry out preventive maintenance on refrigeration equipment, as well as its execution, focusing resources and time on critical equipment. The installation of a smart lighting system is also carried out, by applying sensors and modifying the lighting status in some areas of the company, thus generating good lighting conditions and efficient use of electrical energy that is reflected in the reduction of economic expenses. Finally, using knowledge in automation, the programming of a frequency inverter was carried out, specifically the Siemens V20, which provides the service for the operation of SKYMSSEN mixers that are driven by powerful electric motors and are used in the process of making the star product. of the company.

1. Introducción

La empresa Asoprimalac, se encuentra ubicada en el municipio de Fortul, del departamento de Arauca, dedicada a la actividad de producción y distribución del queso mozarela en la región y en diferentes zonas del país, una de sus políticas es entregar a sus clientes un producto fresco y con altos estándares de calidad. Para cumplir con sus compromisos se hace necesario el uso de cuartos fríos, que favorecen a la conservación y adaptación de la materia prima y el producto.

Al identificar que en la empresa se realiza un mantenimiento poco organizado, sin llevar registro de este en los equipos del cuarto frío, con este trabajo se pretende elaborar un plan de mantenimiento preventivo para los cuartos fríos; con el fin establecer una guía correcta para la realización de estas actividades por parte del personal de planta, reduciendo costos, aumentando los niveles de disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

La elaboración de un plan de mantenimiento preventivo que garantizara el correcto funcionamiento de los equipos con el que cuenta el cuarto frío, su conservación y correcto manejo por parte del personal relacionado con el mantenimiento, se desarrollara la hoja de historial de maquinaria para llevar el registro de la actividad de mantenimiento por equipo, se calendarizarán las actividades propuestas por el fabricante del equipo y por los responsables del mantenimiento dentro del cuarto frío, también se normarán las actividades de operación del equipo para garantizar su buen funcionamiento, involucrando directamente al personal que opera el equipo y al de mantenimiento [1].

En la industria contemporánea el uso de sistemas automáticos se ha convertido en la forma para optimizar los procesos productivos, aporta entre otros un control de calidad más riguroso, acorta los tiempos de proceso y favorece las condiciones laborales. En consecuencia, reduce los costos de producción, generando aumento en las ganancias. Los procesos de automatización se pueden llevar a cabo con sistemas mecánicos, sistemas eléctricos, sistemas electrónicos o combinaciones entre ellos.

Los sistemas de iluminación para el uso industrial implican suministrar luz en cantidades apropiadas a fin de posibilitar la realización de las tareas con alto rendimiento visual, sin embargo, se debe tomar en cuenta el ahorro energético, también denominado eficiencia energética que consiste en la optimización del consumo energético con el objetivo final de disminuir el uso de energía, aunque sin afectar el resultado final. Teniendo en cuenta ese nuevo enfoque, se puede decir que un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales crea ambientes seguros y adecuados para las labores de trabajo, por lo que, para mejorar las condiciones de luminosidad se propone la instalación de un nuevo sistema automático con luminarias tipo LED para promover el uso energético de forma eficiente en la empresa Asoprimalac [2].

2. Planteamiento del problema y justificación

Las empresas de alimentos lácteos son pequeñas industrias nacientes en el territorio del departamento de Arauca, estas empresas utilizan equipos de refrigeración para almacenar los diferentes productos acumulados durante un periodo de tiempo en los cuales necesitan estar a bajas temperaturas hasta el momento de comercialización o transporte a manos de un cliente en zonas más comerciales específicamente ciudades. Por lo que es necesario que funcionen correctamente las bodegas de cuartos fríos en todo momento y contar con un protocolo de verificación del estado de los equipos e identificación de fallas que facilite el proceso de mantenimiento y solución de algunas de estas fallas por parte de los operarios.

En la industria el aprovechamiento técnico de los equipos electrónicos, mecánicos, hidráulicos y de diferentes denominaciones más pueden generar ganancias y evitar pérdidas, los problemas de servicio técnico en los equipos eléctricos y electrónicos en esta región son solucionados por contratos a personal que ha sido capacitado para el manejo de las fallas que sufren las máquinas, causando que dichas reparaciones sean costosas o que demoren más tiempo del requerido para arreglarlas. El manejo en la empresa de procesamientos lácteos Asoprimalac, a los inconvenientes que surgen en sus equipos se realiza sin llevar ningún tipo de registro y control de fallas, no cuentan con hojas técnicas de reparación o guías de mantenimiento para los equipos

de producción y ante la presencia de fallas detienen el trabajo de producción y llaman a personas externas a la empresa, que no siempre están a disposición y que se encuentran zonas alejadas al lugar de las instalaciones donde se presenta la falla, por lo que el contar con guías de mantenimiento para los equipos del cuarto frío, elaboradas como parte del plan de mantenimiento para uso de los operarios de la empresa, podrá facilitar la identificación y solución a fallas que se presentan de manera continua. Pues este problema se presenta a nivel general en la empresa, pues no solo en equipos presentes en cuartos fríos, las batidoras de productos lácteos (queso, mantequilla, leche) sufren fallas a causa de falta de mantenimiento, ventilación, extracción de aire, etiquetadoras, entre otros más. Otro aspecto que requiere de mantenimiento es el sistema de iluminación que presenta fallas a lo largo de la instalaciones, produciendo niveles de iluminación insuficiente en algunas zonas de trabajo, lo que puede generar fatiga en los operarios, así como problemas de seguridad, generalmente la iluminación permanece encendida a máxima capacidad, por considerables lapsos de tiempo en áreas donde no se está laborado, por lo que este manejo del sistema eléctrico a largo plazo puede representar riesgos y gastos innecesarios, que pueden redirigirse a mejorar otros aspectos de la empresa.

Por lo tanto, la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo en los equipos de refrigeración de la empresa Asoprimalac, permitirá aumentar la fiabilidad y disponibilidad de los instrumentos, aumentando también los niveles de productividad. Al crear un plan de mantenimiento se facilitará el proceso de mantenimiento, así como se proveerá de una alternativa para la solución a fallas que se presentan en forma continua, contribuyendo a reducir los gastos por mantenimiento en mano de obra y materiales, como también referenciar debidamente las condiciones de seguridad de las maquinas con el fin de contribuir con la seguridad de los operarios. Al utilizar herramientas de automatización para mejorar las condiciones del sistema de iluminación se estaría contribuyendo a aumentar los niveles de eficiencia energética y reduciendo costos por energía a largo plazo.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Aplicar herramientas de mantenimiento preventivo para mejorar las condiciones de operación y rendimiento de equipos de refrigeración, así como de automatización para aumentar los niveles de eficiencia energética en la empresa de procesamiento lácteo Asoprimalac.

3.2. Objetivos Específicos

- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo dirigido a los cuartos fríos, para brindar un servicio de mantenimiento de mayor calidad, enfocado al cuidado y operabilidad de los equipos.
- Implementar sistema de luces automáticas en zonas de operación de la empresa Asoprimalac.
- Realizar análisis de consumo de energético enfocado a la eficiencia tras la implementación del sistema de luces automáticas.
- Programación de variador de frecuencia de uso industrial para instalación en el área producción.

4. Marco teórico

4.1. Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento es definido comúnmente como el conjunto de técnicas destinadas a la conservación de equipos o instalaciones mediante la realización de actividades que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad en la producción, el mantenimiento preventivo es posible realizarlo a los equipos en condiciones de funcionamiento. Su principal objetivo es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran[3].

Es la ejecución de inspecciones programadas racionalmente sobre el activo fijo de la planta y sus equipos con el fin de detectar condiciones inadecuadas de los elementos que puedan ocasionar eventualmente paros en la producción o deterioro de las maquinas, equipos o instalaciones y realizar el cuidado adecuado de la planta[4].

El objetivo del mantenimiento preventivo es aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo llevando a cabo un mantenimiento planeado, basado en las inspecciones planificadas y programadas de los posibles puntos a falla. Entre las ventajas de realizar un mantenimiento preventivo podemos mencionar[3]:

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas.
- Mayor duración, de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en almacén y, por lo tanto, sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de Mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones.

4.1.1. Planeación del trabajo de mantenimiento

La planeación permite estimar las actividades, así como la cantidad de mano de obra necesaria, los materiales y refacciones que se deberán emplear, así como el equipo y el tiempo probable en el trabajo que se pretende desarrollar[5]:

- La planeación se origina cuando se necesita, se sabe o se anticipa la necesidad de un trabajo.
- La planeación de la mano de obra se lleva a cabo con el objeto de estimar la cantidad, calidad y tiempo del personal necesario para realizar un trabajo.
- La planeación del equipo y materiales necesarios tiene como finalidad determinar el tipo y cantidad de materiales, así como seleccionar y obtener el equipo y herramientas por utilizar durante la realización de un trabajo determinado.

4.1.2. Programas de mantenimiento

Toda empresa cuenta con equipos tales como motores, reductores, bombas, instalaciones eléctricas y muchos otros equipos que sufren daños por el tiempo de operación de cada uno de ellos, para mantenerlos en buen estado es necesario que se elabore un programa de mantenimiento para lograr una mayor vida útil en la maquinaria. La programación de trabajo de mantenimiento tiene como finalidad[6]:

- Establecer las fechas de iniciación y terminación de un trabajo.
- Definir la secuencia de las actividades.
- Conocer la intervención de la mano de obra.
- Establecer los tiempos de suministro de los materiales.
- Establecer el presupuesto estimado.

4.1.3. Programa de mantenimiento preventivo

Este programa consiste en elaborar las órdenes descriptivas de las operaciones que deben efectuarse y la periodicidad con que deben efectuarse y, en este caso los programas que se realicen generalmente deben tomar los siguientes puntos para determinar[7]:

- Qué debe inspeccionarse.
- Con qué frecuencia se debe inspeccionar y evaluar.
- A qué debe dársele servicio.
- Con qué periodicidad se debe dar el mantenimiento preventivo.
- A qué componentes debe asignársele vida útil.
- Cuál debe ser la vida útil y económica de dichos componentes.

A continuación, se describen algunos tipos de fallas[7]:

- Fallas tempranas: ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje.
- Fallas adultas: son las fallas que se presentan con mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores (suciedad en un filtro de aire, cambios de rodamientos de una máquina, etc.)
- Fallas tardías: representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del bien (envejecimiento del aislamiento de un pequeño motor eléctrico, pérdida de flujo luminoso de una lámpara, piezas oxidadas, cambio de piezas de válvulas etc.). Implementación del mantenimiento preventivo-predictivo para que no se presente el mantenimiento correctivo.

4.1.4. Registro de actividades (historiales de cada equipo.)

Para registrar la información y respaldar los historiales es necesario registrar toda actividad de mantenimiento preventiva y/o correctiva, como mínimo en un cuaderno tipo bitácora, sin embargo, existen algunos formatos de tarjetas que se pueden utilizar y que a continuación se muestran[8].

El registro debe considerar:

- Fabricante: País de procedencia y razón social del fabricante.
- Equipo: Se registra el nombre del equipo.
- Tipo o Modelo: Se indica el tipo o modelo del equipo.
- Número de Registro: Se anota el número que corresponde al registro del equipo en el inventario.
- Características Técnicas del Equipo: Se registran las medidas de tamaños, capacidades, tales como capacidades, potencia, torque, etc.
- Número de Serie: Se obtiene de la placa del equipo.
- Ubicación: se señala la sección donde se encuentra el equipo, en caso de que sea un equipo estacionario.
- Adquisición: se registra la fecha de adquisición y el valor de compra del equipo.
- Gastos de Instalación: Comprende todo lo invertido por concepto de materiales y mano de obra utilizada en la instalación del equipo.

4.2. Cuartos fríos

Una cámara frigorífica o cuarto frío es un almacén en el que se genera artificialmente una temperatura específica, la cual está diseñada para el almacenamiento de productos a bajas temperaturas. Estos se componen de un sistema de refrigeración corresponde a arreglos

mecánicos que utilizan propiedades termodinámicas de la materia para trasladar energía térmica en forma de calor entre dos o más focos, conforme se requiera [4].

4.2.1. Componentes mecánicos de un cuarto frío descripción y funcionamiento

Entre los elementos mecánicos que conforman un sistema de refrigeración típico de cuarto frío tenemos; compresor, separador de aceite, mirilla, válvula cheque, recibidor líquido filtro de líquido, intercambiador de calor, condensador, evaporador, válvula expansiva, entre otros.

4.2.2. Compresor

El compresor es una maquina con la capacidad de aumentar la presión de un fluido, como el aire o todo tipo de gases. En los equipos de refrigeración el compresor es el elemento más importante, ya que se encarga que todo el sistema funcione bien, pues este admite gases los comprime y los descarga con mayor presión[1]. La elevada presión de descarga en el compresor proporciona la energía necesaria para hacer que el refrigerante circule a través de la tubería y el equipo, venciendo la resistencia de fricción. El diferencial de presión creado motiva la expansión súbita en el dispositivo de control de flujo y causa una caída de temperatura[9].

Según su aspecto físico los compresores se clasifican en herméticos, Semi-herméticos y abiertos. Los compresores herméticos son aquellos donde no se puede acceder a sus partes y llevan el motor adentro, contiene partes eléctricas y mecánicas dentro de él, si tiende a fallas, no se puede reparar y son usados para sistemas pequeños de carga crítica. También hay compresores semi-herméticos, con posibilidad de acceder al motor él y como en el anterior contiene partes mecánicas y eléctricas dentro de él, si tiende a fallar no se puede reparar. Por su parte el compresor abierto es aquel en que el motor y el compresor se encuentran separados[10].

Según el método de intercambio de energía los compresores se clasifican como se describe en la figura 1.

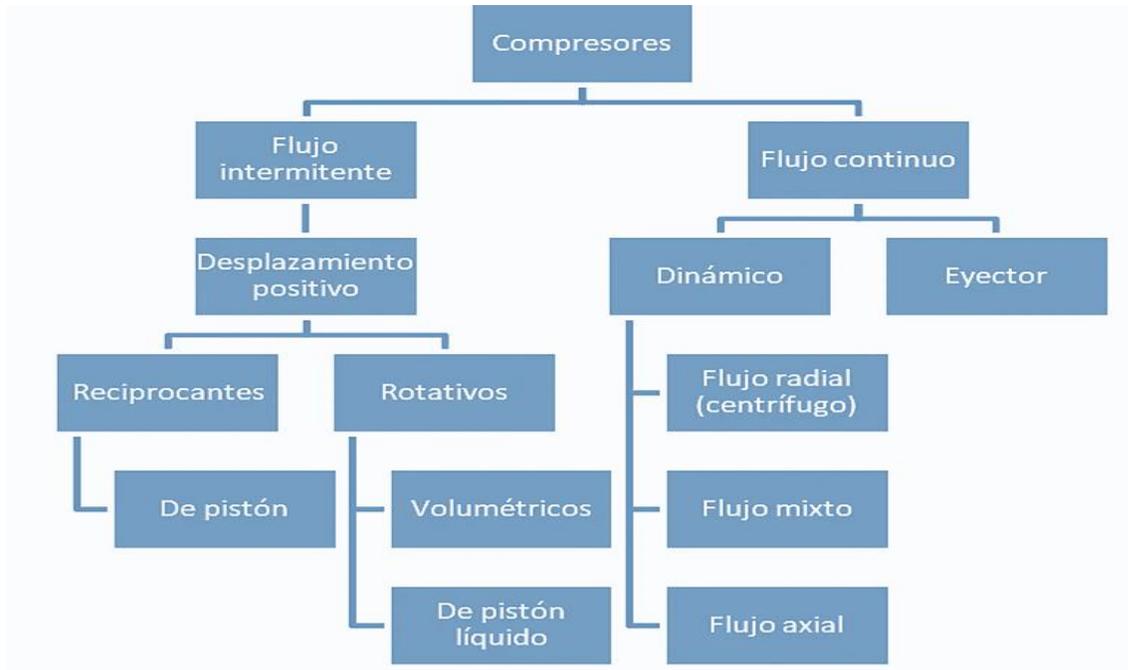


Figura 1. Tipos de Compresores

Los compresores de desplazamiento positivo, son compresores de flujo intermitente, para aumentar la presión del gas, admiten una determinada cantidad de éste en un volumen limitado, y enseguida lo reducen. La disminución de este volumen hace que la presión aumente (a menos que se enfríe). Los compresores utilizados en el cuarto frío son del tipo de desplazamiento positivo, entre este tipo están: Compresor recíprocante y rotativos [9].

4.2.2.1. Compresor Recíprocante o de Pistón

En el compresor Recíprocante, la compresión se da por el movimiento de un pistón moviéndose linealmente de atrás hacia adelante dentro de un cilindro, reduciendo el volumen de la cámara donde se deposita el gas, este efecto origina el incremento de la presión hasta alcanzar la presión de descarga, desplazando el fluido a través de una válvula de salida del cilindro, el cilindro está provisto por unas válvulas que operan automáticamente debido a la diferencia de presiones como válvulas de retención para admitir y descargas gas. La válvula de admisión se abre cuando el pistón ha reducido la presión en el cilindro y la válvula de descarga se cierra cuando la presión en el cilindro no excede la presión de la línea de descarga, previniendo de esta manera el flujo reverso[11].



Figura 2. Compresor Reciprocante

Entre los tipos de compresores reciprocantes se encuentran[12]:

- *Simple etapa*: son compresores con una sola etapa de compresión, que incrementa la presión una vez; solo poseen un depurador integral, un cilindro y un enfriador inter etapa. Generalmente se utilizan como booster en un sistema de tuberías.
- *Múltiples etapas*: son compresores que tienen varias etapas de compresión, en donde cada etapa aumenta la presión hasta alcanzar el nivel requerido. El número máximo de etapas son seis, depende del número de cilindros, no obstante, el número de cilindros no es igual al número de etapas, pueden existir diferentes combinaciones como por ejemplo, si se requiere un sistema de tres etapas, puede utilizarse 3, 4 o 6 cilindros, como se indica en la siguiente tabla 1.

Etapas del Compresor Reciprocante			
Configuraciones posibles	3 cilindros	4 cilindros	6 cilindros
Primera etapa	1 cilindro	2 cilindros	2 cilindro
Segunda etapa	1 cilindro	1 cilindro	2 cilindro
Tercera etapa	1 cilindro	1 cilindro	2 cilindro

Tabla 1. Etapas de compresor reciprocante

Entre las ventajas y desventajas del uso del compresor reciprocante, podemos mencionar las siguientes:

Ventas	Desventajas
Mayor flexibilidad en capacidad de flujo y rango de presiones.	Fundaciones más grandes para eliminarlas altas vibraciones por el flujo pulsante.
Más alta eficiencia y costo de potencia más bajo.	En servicios continuos se requieren unidades de reserva, para impedir paradas de planta debido al mantenimiento.
Capacidad de manejar pequeños volúmenes de gas	Los costos de mantenimiento son 2 a 3 veces más altos que los compresores centrífugos.
Son menos sensitivos a la composición de los gases y las propiedades cambiantes.	El funcionamiento continuo es más corto que para los centrífugos.
Presentan menores temperaturas de descarga por su enfriamiento encamisado.	Requieren inspección más continua.
Pueden alcanzar las presiones más altas.	Cambios en la presión de succión pueden ocasionar grandes cargas en las barras del pistón.

Tabla 2. Ventajas y desventajas del uso del compresor reciprocante.

4.2.3. Separador de aceite

La función del separador de aceite es disminuir la cantidad de aceite que va hacia el sistema, se recomienda el uso de un separador de aceite inmediatamente después del compresor, el cual viene acompañado de una válvula de retención[13].

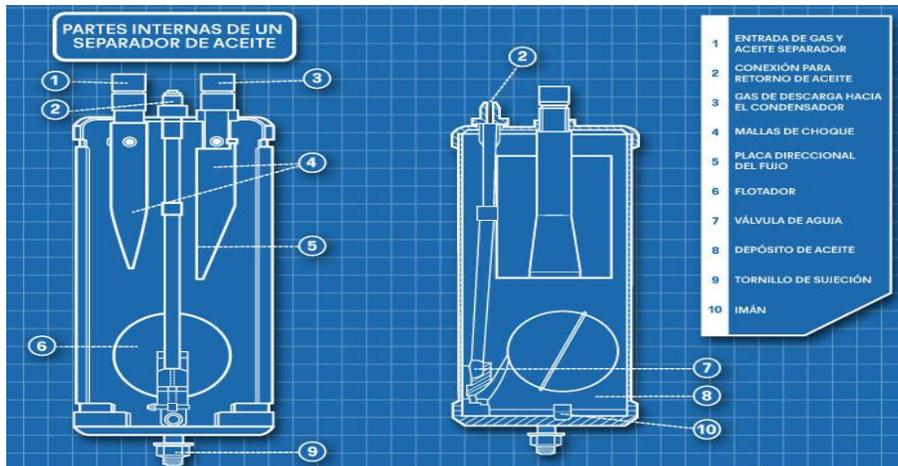


Figura 3. Separador de aceite

Se describe al separador de aceite como un instrumento cilíndrico presente en los equipos de refrigeración, que cuenta en su superficie con tres orificios que se conectan al compresor, condensador y el carter del compresor. La entrada de descarga de aceite que llega desde el compresor, también una salida de aceite al condensador y en esa misma línea una válvula de retención para evitar que el refrigerante se devuelva al separador de aceite y al compresor[13].

4.2.4. Válvula de retención

Las válvulas de retención se pueden utilizar en tuberías de líquido, respiración o de gas caliente en sistemas de refrigeración o aire acondicionado con refrigerante fluorados disponen de paso (reso, angular, roscado y para soldar), solo permiten el paso del fluido en una sola dirección, en su interior se encuentra una bola que obstaculiza el paso de izquierda a derecha, sin embargo cuando el sentido es dirección contraria la bola se abre permitiendo el paso del fluido[14].



Figura 4. Válvula de retención

4.2.5. Mirilla

Una mirilla es también llamada visor, un instrumento auxiliar en los dispositivos de aire acondicionado y refrigeración que nos permite observar la condición del refrigerante, con mirarlo permite determinar la humedad y el estado líquido del refrigerante, indicar estancamientos y en ocasiones pasos de aceite. Puede estar ubicado en la línea de alta presión entre el filtro secado y el solenoide de control, también se observa una línea con mirilla entre el compresor y el indicador de calor ó en la línea de retorno del compresor[15].

4.2.6. Válvula Cheque

Son otro tipo de válvulas las cuales hacen el mismo trabajo que una válvula unidireccional, vienen de diferentes conexiones roscadas, soldadas y con diferentes direcciones, su objetivo es evitar una sobrecarga de fluido en el compresor o evaporador ya que estos trabajan con altas presiones, esto lo evita la válvula cheque cerrando la conexión evitando que se regrese algún fluido hacia el evaporador o compresor[16].

4.2.7. Recibidor líquido y filtro de líquido



Figura 5. Recibidor de liquido

Es básicamente un depósito de almacenamiento de refrigerante en estado líquido utilizadas en todas las unidades de enfriamiento, cuenta con una válvula de expansión y su capacidad debe ser igual a todo el refrigerante que necesita el sistema. En los recipientes se pueden verificar los

estados de humedad del refrigerante ya que cuenta con visores para la verificación del fluido[17].

Las funciones principales que cumple un recibidor de líquido son:

- Almacenar refrigerante para el mantenimiento del sistema
- Asegurar la provisión de refrigerante a la válvula de expansión
- Regular la cantidad de refrigerante que hay en el sistema

4.2.8. Intercambiador de calor

Un intercambiador de calor es una pieza clave en los sistemas de refrigeración el cual puede hacer intercambios térmicos entre dos fluidos que estén separados por distintos materiales o fluidos que estén mezclados entre sí, son muy utilizados en la refrigeración de alimentos, producción de metales, acondicionamiento de espacios, calentadores de agua para en industria hotelera son algunas de sus aplicaciones más comunes[18].

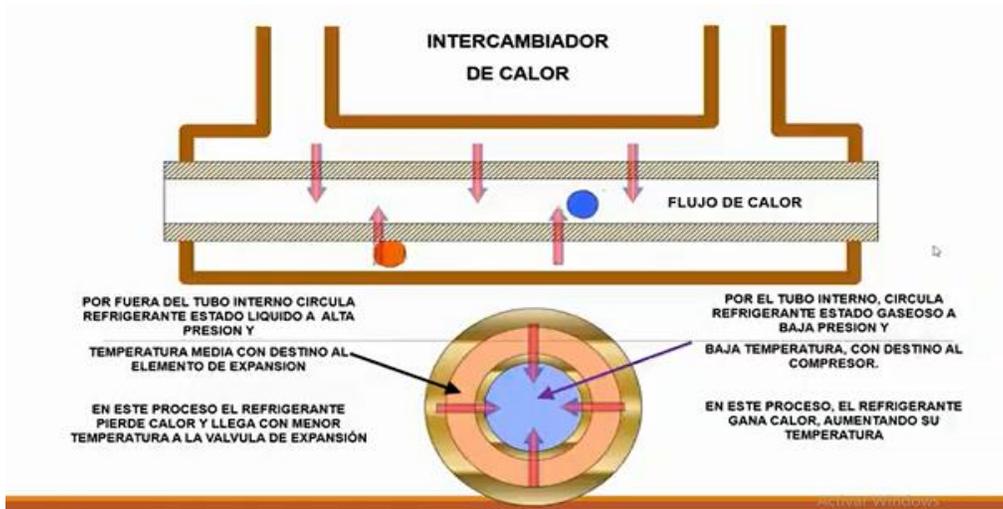


Figura 6. Funcionamiento Intercambiador de calor

El Intercambiador de tipo tubo es un dispositivo mecánico, que aumenta la eficiencia de un equipo de refrigeración o que se use para la climatización de un espacio por medio del

subenfriamiento del refrigerante de alta presión que llega al elemento de expansión y un recalentamiento adicional del gas que llega a la línea de succión del compresor. [18].



Figura 7. Intercambiador de calor tipo tubo

4.2.9. Condensador

Este dispositivo mecánico es una tubería ondulante o serpentín donde el gas que sale del compresor con una alta presión se transforma en líquido. Al compactarse, reduce su volumen el gas produce calor, así el gas que venía frío en el retorno se calienta al comprimirse en el condensador y allí mismo se enfría, para volverse líquido y dejar el estado gaseoso[19].

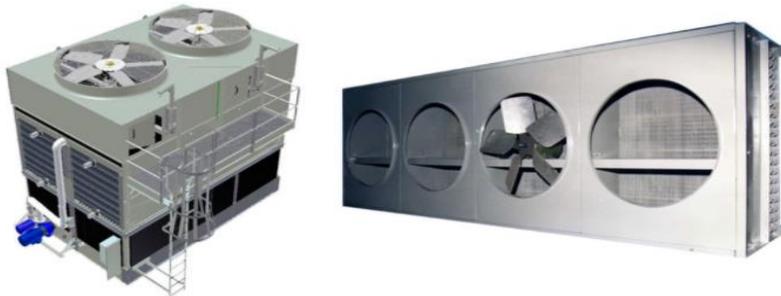


Figura 8. Condensador de refrigeración industrial

Todo este ciclo de refrigeración en el condensador sucede debido a que en concepto de enfriamiento es equivalente a tener una pérdida de calor, durante el recorrido por el serpentín el gas disminuye su temperatura ya que las tuberías de cobre absorben el calor del refrigerante y lo disipan en el aire, por medio de este proceso el refrigerante no solo pierde el calor que adquirió al momento de ser comprimido, también disipa el calor que recibe del evaporador[10].

4.2.10. Evaporador

Es un equipo eléctrico y mecánico constituido por diferentes instrumentos, que se debe colocar en la parte interior del área que se desea climatizar. Siendo junto al condensador es una de las partes esenciales, el evaporador produce el intercambio de calor entre el refrigerante y aire circundante en el espacio que se desea climatizar[20].



Figura 9. Evaporador de refrigeración industrial

La cantidad de calor que absorbe el evaporador depende de la superficie, la diferencia de temperatura (entre el exterior y la temperatura de evaporación) y el coeficiente de transmisión de calor del material que empleamos en él. La razón de que esto sea posible se debe a que el refrigerante que circula desde el exterior y llega al instrumento de expansión entra en estado líquido al serpentín del evaporador el cual se empieza a evaporar adquiriendo una menor temperatura, y adsorbe calor al exterior[20].

Clasificación de los evaporadores		
Según su construcción		Según su funcionamiento
De solo tubos	De tubo descubierto	
De placas	Placas Acanaladas	
	Tubo placa y Multiplicas	
		Inundados

De tubos y aletas	Estático	
	Dinámico	Sobrealimentados
De carcasa tubo		

4.2.11. Instrumentos de expansión

- *Tubo capilar*: la descripción de este instrumento mecánico es definido como un pequeño tubo alargado, al contar con un diámetro interior similar al grosor de un cabello se puede utilizar para controlar la presión a la que se desplaza el flujo del refrigerante[21].
- *Válvulas de expansión termostáticas*: Una válvula de expansión termostática (a menudo abreviado como VET o válvula TX en inglés). Básicamente su misión, en los equipos de expansión directa (o seca), se restringe a dos funciones: la de controlar el caudal de refrigerante en estado líquido que ingresa al evaporador y la de sostener un sobrecalentamiento constante a la salida de este[21].

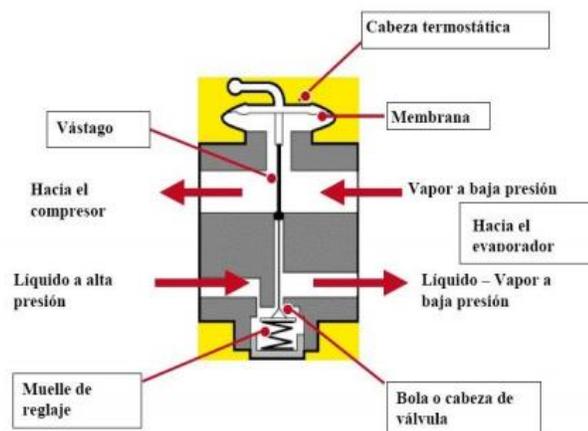


Figura 10. Representación de una válvula de expansión termostática.

4.3. Componentes e instrumentos de control eléctrico para los cuartos fríos.

4.3.1. Presostato dual de presión de refrigerante.

Es un instrumento que abre o cierra un circuito eléctrico dependiendo de la medida que arroje la lectura de presión, el presostato también es conocido como interruptor de presión, su funcionamiento para provocar que el interruptor se abra o se cierre, debido a la presión [22].

Estos dispositivos están clasificados como presostatos de regulación de baja presión y presostatos de seguridad.

- *Presostato de regulación de baja presión:* se encarga de regular el funcionamiento del compresor, se refiere a la presión baja que llega del evaporador y el cárter del compresor.

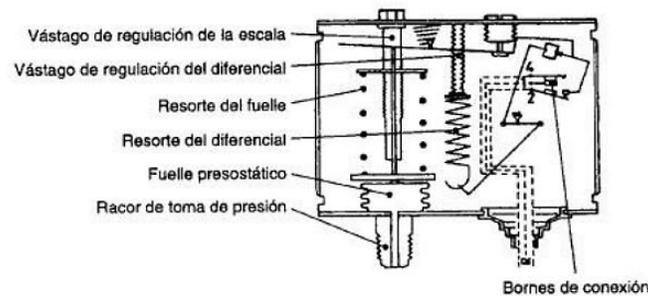


Figura 11. Diagrama presostato de regulación de baja presión.

- *Presostato de seguridad:* este dispositivo se utiliza para apagar el compresor cuando se presentan elevadas presiones dentro del sistema de compresión[22].

4.3.2. Válvula solenoide de líquido

La válvula solenoide de líquido es el componente que más se usa para controlar el flujo de refrigerante, esta válvula funciona con una bobina magnética que cuando tiene corriente se levanta el embolo en su interior[23].



Figura 12. Válvula solenoide de líquido.

4.3.3. Controlador e indicador de temperatura



Figura 13. Controlador e indicador.

Este dispositivo ayuda controlar los deshielos y la variación de temperatura por medio de la parada de compresor. Viene con una pantalla indicadora de temperatura la cual se puede programar por medio de los códigos de acceso, incorporado a su presentación cinco luces led que indican si el compresor este encendido o apagado, junto con el proceso de deshielo[24].

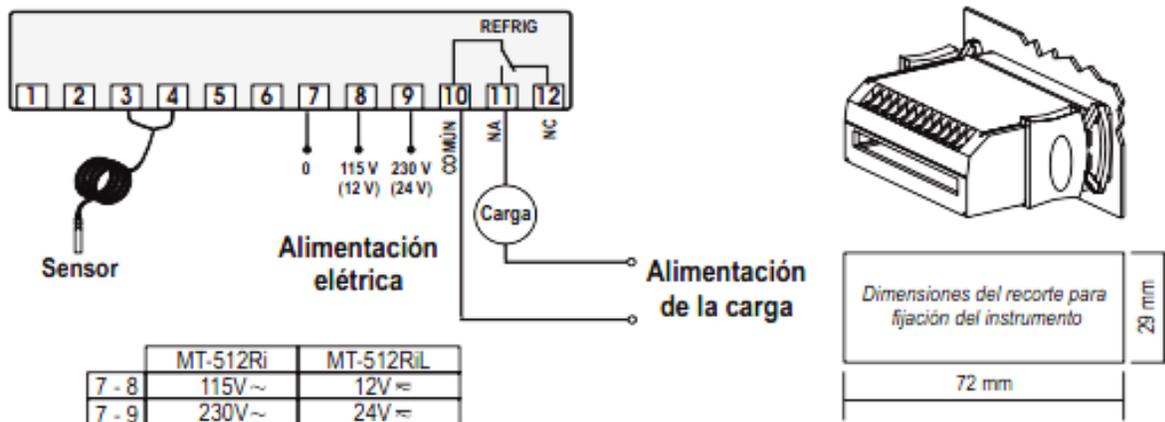


Figura 14. Conexiones controlador e indicador de temperatura

El controlador e indicador se debe conectar el instrumento medidor para la conexión de los voltajes trae la indicación de los pines, los cuales indican que, para una conexión a 110 voltios se deben conectar las entradas para trabajar a 220 voltios, así como las salidas a relé normalmente abierto y normalmente cerrado[24].

4.3.4. Interruptores Automáticos

Son dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos que tiene la capacidad de actuar cuando detecta la falla sin dañarse. Se clasifican en aquellos que están descritos bajo la norma IEC 60890 o IRAM 2169 denominados pequeños interruptores automáticos o PIAS y los que se describen en la IEC 60947-2, denominados simplemente “Interruptores Automáticos” o IAs.

	Interruptor automático (IAs)	Pequeño interruptor automático (PIAs)
Corriente	0.5 a 6300 amperios	6 a 625 amperios
Tensión	Hasta 1000 voltios	Hasta 400 voltios
Permite Regulación	Si	No
Aplicación	industrial	Domiciliaria

Tabla 3. Descripción de interruptores IAs y PIAs.

Los PIA contienen dos mecanismos de protección en su interior: uno térmico, de acción retardada que protege ante sobrecargas, y otro magnético que reacciona sin retardo ante el cortocircuito.

4.3.5. Vigilante de Tensión Breakermatik

Este dispositivo se utiliza como supervisor de tensión de tres fases, es protector electrónico que controla los voltajes de alimentación a un equipo trifásico. Evita daños a los mismos al desconectarlos automáticamente cuando el voltaje de línea es muy alto o muy bajo para la operación segura del equipo a proteger[25].

Características técnicas del vigilante de tensión	
Voltaje de Alimentación	220 V
Corriente del interruptor (P.F 0.5)	5A
Tipo de Contacto	Relé Seco
Tensiones de salida permitidas	Vn- 15% Vn+ 15%
Retardo de encendido	5 - 300 Seg
Tiempo de respuesta	0.5 - 3 Seg
Peso	260 grs
Rango de temperatura de operación	0°C - 65°C
Límites para voltaje bajo Mín.	167 V / Máx. 213 V
Límites para voltaje alto Mín.	213 V / Máx. 260 V
Dimensiones	150 × 82 × 33 cm

Tabla 4. Características vigilantes de tensión

Este dispositivo cuenta con luces led que funcionan como pilotos de alarma, donde se encuentran alarmas por alto voltaje, por bajo voltaje, led de indicación de ciclo de espera de 5 segundos hasta cinco minutos, alarma por fase invertida entre otras[25].

4.3.6. Interruptor eléctrico automático (breaker)



Figura 15. Breaker

Es un dispositivo que impide el paso de la corriente cuando se presenta un corto circuito, efectúa un disparo de interrupción de forma magnética y termomagnética[26].

4.3.7. Relé térmico

El relé térmico de sobrecarga son los dispositivos más ampliamente usados para la protección de los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas, este instrumento funciona tanto en corriente alterna como continúa descrito como dispositivo de protección garantizada[27].

4.3.8. Relés electromagnéticos

También llamado relevador es un dispositivo electromagnético. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes[27].

4.3.9. Contactor tripolar

Los contactos principales se conectan al circuito que se quiere gobernar. Asegurando el establecimiento y cortes de las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente podrá ser bipolar, tripolar, tetrapolar, etc. Realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías[27].



Figura 16. Contactor tripolar

Los contactos auxiliares son de dos clases: abiertos, NA, y cerrados, NC. Estos forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran las auto alimentaciones, los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo.

4.3.10. Interruptor con dos posiciones con contacto solapados

El selector es un conmutador con dos o más posiciones estables, en las que permanece tras su accionamiento. Los selectores son similares a los interruptores y conmutadores en cuanto a funcionamiento, aunque para su actuación suelen llevar un botón, palanca o llave giratoria (que puede ser extraíble).



Figura 17. Interruptor

En un selector ya no podemos hablar de contactos NA y NC, pero se sigue usando dicha denominación, cuando adoptan ese estado en la posición considerada como inicial. En los selectores de dos posiciones, se cambian de posición girando la palanca en el sentido de las manecillas del reloj 45° [27].

4.3.11. Luces piloto testigos de alarma

Las luces de piloto son un elemento óptico que le indica al conductor la presencia de electricidad en el tablero. Mostrando funciones de seguridad, mediante los siguientes colores; el verde para funcionamiento normal, el rojo para la alarma y el ámbar para alguna alerta[28].



Figura 18. Luz Piloto

4.4. Iluminación

Al hablar de la iluminación se puede abarcar diferentes temas en los cuales se puede mencionar, los conceptos de luminosidad, ahorro de energía, benéficos a corto y largo plazo. Estos conceptos permiten tener una idea más detallada sobre todo lo que abarca el desarrollo de los diferentes métodos de iluminación y aplicaciones.

La iluminación es luz en forma de energía, que se propaga en forma de partículas llamadas fotones los cuales rebotan en los objetos y nuestro sistema visual percibe, siendo el espectro electromagnético una agrupación de los colores entre los cuales se encuentran aquellos que el ojo humano puede ver y dentro de este conjunto se encuentran muchas más variedades de colores que se nos hace imposible ver sin instrumentos con sensibilidad a dichos espectros. En la siguiente figura se expone el campo visual conocido hasta la actualidad y aquellos que podemos percibir[29].

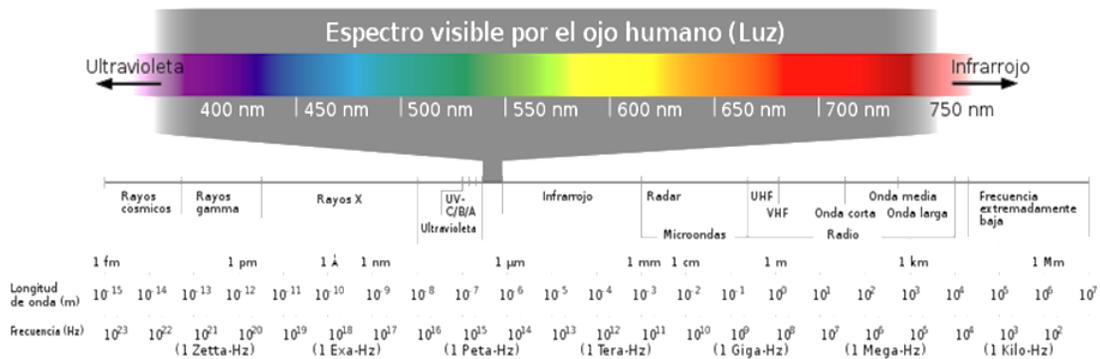


Figura 19. Espectro de luz visible

Es importante conocer y tener en cuenta estos principios básicos de iluminación;

- *Lumen*; es la unidad de medida para describir la cantidad de luz que una fuente emite- Lúmenes por vatio se denomina a la eficacia (comúnmente confundido con eficiencia) que se da por los vatios de potencia consumido y la cantidad de iluminación emitida por la salida lumínica[30].
- *Vatio*; esta unidad es aplicable a diferentes tipos de energía, térmica mecánica, eléctrica, etc. En electricidad es la tasa a la cual se consume; $1W=(1J/s) = 1Kg.m^2/s^3 =VI$.
- *Eficacia*; por su parte es la relación de los lúmenes saliendo de la lámpara y los lúmenes producidos por la luminaria, se refiere a los lúmenes entregados por la lámpara.

Globalmente la demanda por productos de alta eficiencia crece de forma dramática buscando soluciones para el desarrollo de instalaciones para producción eficiente, a continuación se muestra la eficiencia de diferentes tipos de luminaria, donde se tiene como referencia una fuente natural de luz y otros índices[30].

Technology	CRI	Efficacy (lumen/W)	Lifetime (hrs)	Color Temperature (K)
Compact Fluorescent	80-90	60-70	6000-10000	2700-6500
Incandescent	100	12-18	750-1500	2400-2900
Linear Fluorescent	70-90	80-100+	20.000	2700-6500
Halogen	100	16-29	2000-4000	2850-3200
White LED	65-90	50-100+	Up to 100000	2700-6500

Figura 20. Tipos de luz, según su tecnología

Entre los diferentes tipos de luminarias que existen, con sus principales características y funcionalidad, podemos mencionar las siguientes[29]:

- *Luz Incandescente*; este dispositivo también llamado (foco, bombilla, lámpara) es capaz de producir luz, por medio del calentamiento por efecto joule, con un filamento de

tungsteno conectado a dos nodos. en la actualidad se considera una bombilla poco eficiente ya que el 80% de la energía se transforma en calor y el 20% restante luz.

- *Lámpara Halógena*; es una evolución de la lámpara incandescente que lleva un filamento de wolframio envuelto en gas inerte, y una cantidad de halógeno de yodo o boro. el filamento de y los gases se encuentran en equilibrio mejorando el rendimiento del filamento y mejora la vida útil, puede aguantar temperaturas de hasta 250°C.
- *Luz Fluorescente*; es el conjunto de luminarias que se denominados tubos fluorescentes, la lámpara es de descarga de vapor de mercurio a baja presión muy utilizada en iluminación domestica e industrial.
- *Luz de alta intensidad*; es una lámpara la cual cuenta con electrodos de tungsteno dentro de un tubo de cuarzo, o alúmina moldeado translucido o transparente, estos tubos contienen un gas noble como argón o xenón.
- Luz de diodos emisores (LEDS); básicamente son diodos que permiten que la corriente circule en un solo sentido cuando se polarizan correctamente, y cuando esta corriente pasa por el diodo emite luz. Actualmente esta tecnología de iluminación es muy popular por encima de las convencionales, ya que el 80% de la energía que consume se transforma en luz y el otro 20% en calor.

4.4.1. Iluminación Inteligente

En la actualidad se manejan diferentes tipos de fuentes de luz, algunas son fuentes naturales como el sol, mientras que otras son fuentes de luz artificiales como las lámparas. Las fuentes de luz artificiales tienen sólo dos modos de operación, encendido o apagado (control On-Off) y al final todo tiene que ser controlado manualmente[31].

En este trabajo tiene como objetivo realizar la instalación de; sensores, circuitos de electricidad y luminarias, que puedan hacer su trabajo sin desperdiciar tanta energía como el sistema convencional con el cual cuenta todo el perímetro de la Asoprimalac. Se propone el uso de sensores de movimiento que pueda ejercer este trabajo de forma inteligente, por lo cual describiremos cuales son aquellos más utilizados[31].

- Los sensores de control On-Off; para encendido de luces, dentro de esta definición encontramos un grupo grande y variado de posibilidades, la definición de control On-Off se puede aplicar a aquella maniobra donde un equipo recibe una señal de alto o bajo[28].
- Los sensores de movimiento son dispositivos electrónicos que ponen en funcionamiento un sistema de encendido y apagado cuando detecta movimiento en el área o ambiente en el que está instalado. El tipo de funcionamiento de estos dispositivos varía según su forma de trabajo[2]:
 - *Sensores de presencia ultrasónicos*; los cuales se activan con un movimiento en el radio donde operan, trabaja con ondas sonoras que revotan en cualquier objeto que este en el ambiente y al detectar una nueva presencia este se activa.
 - *Sensores por infrarrojo*; detectan la presencia cuando un cuerpo corta el haz que proyecta o a través de la variación que se produce en la temperatura, es decir, con la presencia de personas identifica un cambio de temperatura en el ambiente y al detectar unos grados determinados se activa.
 - *Sensores duales*; son aquellos que incorporan la tecnología de sensores por infrarrojos y ultrasónicos siendo muy utilizados en espacios donde se requiere un alto nivel de detección.

4.5. Variador de frecuencia

Un variador de frecuencia por definición es un regulador industrial que se encuentra entre la alimentación energética y el motor. La energía de la red pasa por el variador y regula la energía antes de que ésta llegue al motor para luego ajustar la frecuencia y la tensión en función de los requisitos del procedimiento.

El variador Siemens Sinamics V20 es el variador de frecuencia de Siemens compacto, ofrece una solución de accionamiento simple y rentable para multitud de aplicaciones. Se distingue por sus rápidos tiempos de puesta en marcha, facilidad de uso, robustez y eficiencia de costes. Destaca por su tamaño compacto, disponible en tamaño FSA hasta 2,2kW y cubre un rango de potencia desde 0,12 kW hasta 15 kW en tensiones de red Monofásicas 220V y Trifásicas 400V.

Cada día se incrementa el número de aplicaciones en instalaciones y fabricantes de máquinas, que exigen automatizar procesos sencillos con requerimientos flexibles asociados para aplicaciones bajas y medias con gran eficiencia[32].

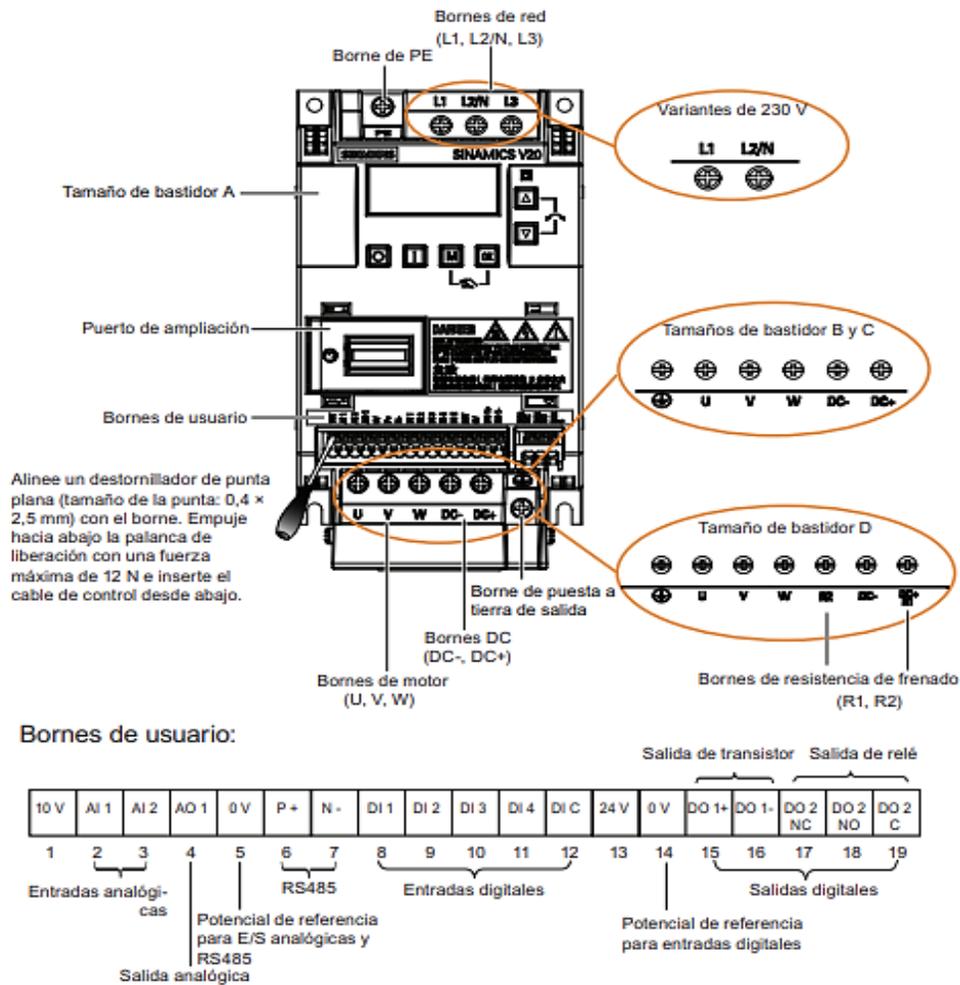


Figura 21. Esquema General del Sinamics V20

4.6. Mezcladora Industrial

La mezcladora marca SKYMSSEN, es un sistema de mezcla de hojas de acero inoxidable. Al conducir el mecanismo de la mezcladora, la palma de agitación de tipo S (licuadora de brazo z) gira los materiales objetivo de un lado a otro para mezclar uniformemente.



Figura 22. Mezcladora SKYMSSEN

Características técnicas de la mezcladora;

Modelo	MMS-50I-N
Potencia	0,5 HP/800 w
Frecuencia	60 Hz.
voltaje	220 v
Medidas	altura: 1000,00 mm ancho: 390,00 mm profundidad: 940,00 mm
peso bruto	kg 105,00
Producción	600 kg/h.
Eje de rotación	50 rpm

Tabla 5. Datos Técnicos Mezcladora Industrial

5. Propuesta para el plan de mantenimiento preventivo

Para la elaboración de este plan de mantenimiento se tendrán en cuenta las fases del mantenimiento basado en el mantenimiento protocolos, de forma autónoma, determinando las tareas que componen el plan partiendo de los diferentes equipos de mayor influencia en el sistema de refrigeración de los cuartos fríos y que de acuerdo a cada equipo-tipo deben realizarse una serie de tareas preventivas (inspección visual, lubricación, detección de fallas, limpieza, etc.).

Ya que en las instalaciones de la empresa no se encontraron manuales de mantenimiento, programación de actividades ni otra documentación que se adecue al registrado de los futuros mantenimientos. Mediante este trabajo se propondrá hacer un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de refrigeración, asignando un cronograma, una guía básica para el mantenimiento para uso del operario, con historial para cada equipo, formatos y propuestas de actividades.

5.1. Árbol de equipos

Al momento de intervenir en un mantenimiento es importante realizar un análisis de equipos, para ello hacemos uso de una lista de los equipos que hay en la planta. En este caso enfocado a los que pertenecen a los cuartos fríos. A continuación, se observa una tabla que describe los equipos que se intervendrán.

Área	Equipos	Sistema
Área de producción	-Compresor -Unidad condensadora -Unidad Evaporadora -Tablero de control	Sistema de Refrigeración

Tabla 6. Descripción primeros nivel del árbol de equipos

Los elementos del sistema de refrigeración son cada una de las partes que lo integran. Una descripción de los elementos la observamos en el siguiente diagrama (figura).

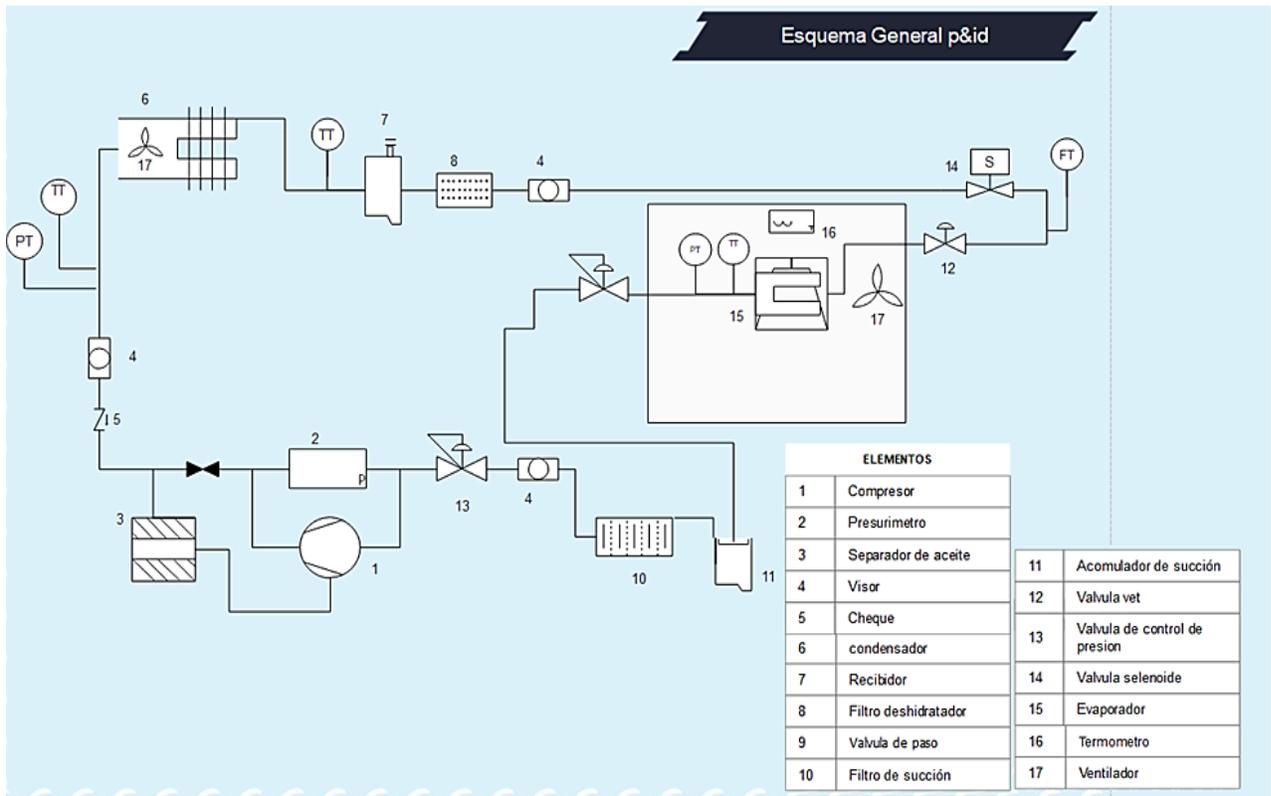


Figura 23. Diagrama P&ID Sistema de refrigeración, cuartos fríos

Para identificar cada equipo es necesario asignar un código, para facilitar la localización, referencia de ordenes de trabajo, registro histórico, etc. Se procede a realizar la codificación de los equipos destacados.

Tipo de equipo	Código
Compresor	C0
Evaporador	E0
Condensador	D0
Tablero Eléctrico	T1

Tabla 7. Códigos designados equipos destacados

De acuerdo a la importancia que tengan los equipos dentro del proceso de refrigeración, y a la función que cumplen, se clasifican como equipos mantenibles y se determina a cuáles de ellos vale la pena priorizar y dirigir en mayor medida los recursos (humanos, económicos y tecnológicos). Los equipos a considerar como esenciales son los siguientes.

Equipo	Prioridad
Compresor	1
Evaporador	3
Condensador	3
Tablero de control	2

Tabla 8. Nivel de prioridad equipos mantenibles (Muy significativa (1), Significativo (2), (3) relativo)

5.1.1. Revisión a instrumentos de menor nivel

Son los elementos que incluye el sistema de refrigeración y que no requieren supervisión constante. Pues estos se inspeccionan con una menor frecuencia y dentro de las revisiones que se hacen a los equipos priorizados, incluyéndolos como parte de ellos. Generalmente a estos equipos o instrumentos, en caso de presentar falla no se les hace mantenimiento, se reemplazan, también por prevención después de haber cumplido su ciclo de trabajo.

Equipos	Revisión
Válvulas de alivio de presión	la apertura repetida de la válvula debido a condiciones de funcionamiento anormales puede dar lugar a fugas constantes. consecuencias de la temperatura de descarga. Revisar y reemplazar la válvula en este caso.
Válvula Solenoide	Para verificar la válvula solenoides de aceite durante un paro de planta una válvula solenoide de aceite o una válvula de cierre de aceite cerrada, no debe dar paso al

	aceite por ende no debe verse un flujo de aceite en el visor.
Filtro Deshidratador	Un filtro secador debe reemplazarse cada vez que se encuentre un diferencial de presión excesivo a través del filtro o cuando se vean burbujas en el ojo visor con un subcooling normal.
visor	Identifique desgaste, corrosión
Recibidor	Ante falla reemplazar
Termómetros	Ante falla reemplazar
Presostatos, manómetros	Ante errores realizar ajuste y calibración. En caso de falla reemplazar.

Tabla 9. Revisión a instrumentos básicos

5.2. Actividades y procedimientos para el mantenimiento del cuarto frío

5.2.1. Revisión de conexiones eléctricas.

En los parámetros eléctricos es fundamental asegurarse que estos están en los rangos adecuados para asegurar el correcto funcionamiento del equipo, entre estos destacan intensidad (corriente) y tensión (voltaje).

Se deben revisar el o los tableros mensualmente para ver el estado de los protectores; si éstos presentan rasgos de calentamiento, desprendimiento, daños de partes o situaciones similares, debe solicitarse la asistencia de personal especializado. Verificar que los interruptores termomagnéticos no tengan falso contacto en las barras de alimentación, que no presenten

calentamiento excesivo y que accionen correctamente, si alguno presenta estas anomalías deben reajustar los terminales de montaje y si persiste ser reemplazado.

Puntos de Revisión:

- Verificar voltaje y corriente en la entrada y salida del interruptor principal.
- Verificar el estado general de los cables, que no presenten deterioro por recalentamiento, si esto se presenta cortar la alimentación eléctrica y reemplazar.
- Estas actividades incluyen la revisión de los terminales en borneras, contactores, protectores térmicos, fusibles, bobinas, protectores de fase, circuito de mando y control para verificar si dichos contactos están bien ajustados y no presentan oxido.
- Cuando los circuitos presentan juego en los contactos deben ser reajustados, si los terminales, borneras, conectores de gaveta, están en presencia de oxido, este deberá ser removido en caso de ser permitido, de modo contrario dichos terminales y conexiones deberán ser reemplazadas.
- Verificar que el centro de carga del equipo no se encuentre expuesto a exceso de humedad (encharcamiento) y que la barra de drenaje en el equipo no se encuentre obstruida o deteriorada.

5.2.2. Compresores

Si se trata de un compresor de nuevo, una vez cumplidas las 100 horas de servicio del equipo, el mantenimiento recomendado es el reajuste de la tapa de cilindros del compresor a valores de fabricación. Por otra parte, si se trata de un compresor a usado, en este caso recomendamos la realización de un mantenimiento preventivo cada 6 meses, el cual debe incluir los siguientes puntos:

- Cambio de aceite.
- Reajuste o recambio de correas.
- Cambio de filtro de aire.

En el caso de las correas, es importante tener en cuenta que una correa de fábrica de muy buena calidad soporta un máximo de 2 ajustes, con lo cual en muchos casos es conveniente reemplazarlas directamente.

5.2.2.1. Cambio de aceite a compresores

Puede ser cada 1 ó 2 años dependiendo del fabricante y teniendo en cuenta el test de acidez semestralmente tomando en cuenta que sus compresores funcionen 24/7. Esta práctica permite tener un ahorro considerable en la compra de lubricantes y aprovechar al máximo sus propiedades.

Pasos para el cambio de aceite:

- Cierre de la válvula de paso manual que comunica el separador de aceite con el Carter del compresor.
- Cierre de la válvula de paso de la línea líquido y conexión del juego de manómetros en la válvula rotolock de succión del compresor.
- Se enciende equipo para almacenar refrigerante y cuando las presiones de succión llegan a cero, se procede a enroscar por completo el vástago de la válvula rotolock de succión del compresor y se apaga.
- Se procede a cerrar la válvula de descarga.
- Para hacer el drenaje del aceite se verifica que la presión no suba, si esto ocurre se debe purgar un poco.
- A continuación, se quita el tapón de drenado y se drena el aceite.
- Reemplaza o limpia el filtro de aceite.
- Hacer vacío al compresor por la válvula de presión de baja para una mayor seguridad de evitar contaminantes en el sistema.
- Por la diferencia de presión el aceite será absorbido por el cárter del compresor.
- Cargar aceite hasta que el nivel esté a $\frac{3}{4}$ del visor.
- Abrir válvulas de succión, líquido y descarga.
- Encender compresor, verificar nivel y presión de aceite

5.2.2.2. Inspección Mecánica a compresores.

Procedimiento:

- Observar detalladamente las juntas soldadas y atornilladas del compresor.
- Detectar ruidos no comunes en el funcionamiento, ya que esto puede significar el inicio de un problema mayor.
- Revisar el anclaje del compresor.
- Ver que los muelles no estén fracturados o completamente rotos.
- Identificar formaciones de oxido.

5.2.2.3. Actividades para el mantenimiento preventivo de un compresor de pistón.

Actividades de mantenimiento	Frecuencia
<ul style="list-style-type: none">- Asegúrese de que el área alrededor del compresor esté libre de trapos, herramientas, escombros y materiales inflamables o explosivos.- Revise visualmente el compresor.- Limpie de materia extraña la cabeza del cilindro, el motor, la navaja del ventilador, las líneas de aire, el intercambiador y el tanque.- La válvula de seguridad debe ser probada manualmente y ver si no se pega.	Semanalmente
<ul style="list-style-type: none">- Inspeccione todo el sistema de aire para ver si no hay fugas de gas- Inspeccione que no se presenten fugas de aceite.	Mensualmente o 100 horas de trabajo

<ul style="list-style-type: none"> - Verifique todo el sistema para ver si no hay fugas de aire alrededor de juntas, válvulas, conexiones, tuberías y los acoples, usando solución jabonosa. - Verificar nivel de aceite del aceite cuando el cárter este tibio. - Verifique cualquier ruido o vibración fuera de lo normal. 	<p style="text-align: center;">Trimestralmente</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Apriete todos los tornillos y tuercas si es necesario. Estas ocurrencias son posibles debido a la forma constructiva de todo compresor a pistón que presente una vibración natural. - Inspeccione los ensambles de las válvulas concéntricas. - Limpie la rejilla del protector de correa; realice la limpieza externa de la unidad compresora. 	<p style="text-align: center;">Semestral</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Realice medición en la válvula de seguridad en un órgano competente. - Cambio de aceite. - Cambio de filtro deshidratador. 	<p style="text-align: center;">Anualmente O 2000 horas de trabajo</p>

Tabla 10. Frecuencia de actividades de mantenimiento Compresor de pistón

5.2.3. Evaporador

Para los evaporadores en general, bajo condiciones normales el mantenimiento debe cubrir los siguientes puntos, por lo menos una vez cada seis meses.

- Revise y apriete todas las conexiones eléctricas

- Revise todo el cableado y aislamientos
- Revise el correcto funcionamiento de los contactores y el desgaste de los puntos de contacto
- Revise todos los motores de los ventiladores
- Ajuste los pernos de montaje del motor/tuercas, así como los tornillos de posicionamiento del ventilador
- Limpie la superficie del serpentín del condensador
- Revise el nivel de aceite y refrigerante en el sistema
- Revise el funcionamiento del sistema de control
- Asegúrese de que los controles de seguridad estén funcionando adecuadamente
- Revise que todos los controles de deshielo estén funcionando adecuadamente
- Limpie la superficie del serpentín del evaporador
- Limpie la charola de drenado y revise que se tenga el correcto drenado en la charola y la línea
- Cheque la resistencia de la tubería para una operación adecuada. Córtaela del tamaño requerido y fíjela adecuadamente
- Revise y apriete todas las conexiones tipo flare.

5.2.3.1. Limpieza Evaporador

En primera instancia se realiza el proceso de desescarche en el evaporador, esta escarcha o formaciones de hielo se debe a la humedad que se le extrae al producto y en gran medida a la humedad que entra al cuarto al momento de ser abierto. Este puede ser llevado mediante un proceso de gas caliente o resistencias instalas en el evaporador, es necesario revisar periódicamente el estado de las resistencias que hacen que el deshielo sea efectivo.

- Revisar las conexiones eléctricas y ajustar contactos.
- Revisar el correcto funcionamiento de los contactores.
- Verificar voltaje.
- Verificar corriente.

El serpentín deberá limpiarse con agua. En caso de haber presencia de grasa, es posible aplicar un desengrasante biológico. Es importante no esculpir con trapos, debido a que se puede dañar el aleteado del evaporador. La limpieza de serpentines deberá hacerse en un periodo no mayor a 6 meses, debido a que no todo el hielo es retirado en el proceso de desescarche.

Procedimiento para la limpieza del evaporador:

- Verificar que a la enfriadora no le llegue corriente eléctrica, esto es para evitar una descarga eléctrica.
- Con la ayuda de una hidro-lavadora enjuague el serpentín de la enfriadora, cerciorándose de que la presión utilizada no dañe o maltrate el serpentín de la enfriadora.
- Si la presencia de hielo no es tan abundante basta con rociar agua hasta derretir el hielo.
- Revise todo el cableado y aislamiento.
- Revisar el correcto funcionamiento de los motores fan, puede verificar el flujo de aire con un anemómetro para identificar fallas en las aspas o motores.
- Limpiar la bandeja de drenado y revisar el tubo de drenaje no esté obstruido de hielo.

5.2.4. Condensador

Por el hecho de quedar más expuesto, el condensador uno de los principales componentes de un sistema de refrigeración está sujeto a la acumulación de impurezas, como polvo, hojas, insectos, papeles que impiden el flujo de aire. El condensador sucio representa un aumento de consumo de energía y pérdida de capacidad de intercambio de calor, reduciendo así el poder de refrigeración. Estas suciedades que van acumulando también ocasionan el aumento de la temperatura de condensación.

Para remover las impurezas es necesario tener bastante cuidado. Estas deben ser retiradas con agua o aire comprimido. Jamás deben ser utilizados productos químicos que contengan cloro, cabe resaltar que la suciedad acumulada en el ventilador de la unidad condensadora va exigiendo siempre más esfuerzo del motor, que trabajará sobrecargado y consumirá más energía.

PREVENTIVO RUTINA DE MANTENIMIENTO CUARTOS FRIOS	
EVAPORADOR Y CONDENSADOR	
ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA
Inspección de fan	Semanalmente
Medición de presión y temperatura	
Medición de sobrecalentamiento	
Revisión de parámetros eléctricos y verificación de resistencia	Mensual

Limpieza de serpentines	Mensual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Revisión de fugas refrigerante	Mensual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Revisión operación de motor de ventilador	Trimestral	✓			✓			✓			✓		
Revisión y chequeo de válvulas	Trimestral	✓			✓			✓			✓		
Revisión de conexiones eléctricas	Semestral	✓						✓					
Revisión mecánica, carcasa y anclaje	Semestral	✓						✓					
Revisión de presostato	Semestral	✓						✓					
Cambio de filtro deshidratador	Anual	✓											

Tabla 14. Mantenimiento a condensador

Programación Del Mantenimiento Evaporador													
Condensador	Frecuencia	En e	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Inspección visual	Semanal	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Limpieza de serpentines	Mensual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Revisión de fugas refrigerante	Mensual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Revisión de la operación de motor evaporador	Trimestral	✓			✓			✓			✓		
Revisión y chequeo de válvulas	Trimestral	✓			✓			✓			✓		
Revisión de laminillas del evaporador	Trimestral	✓			✓			✓			✓		
Revisión de conexiones eléctricas	Semestral	✓						✓					
Revisión mecánica, carcasa y anclaje	Semestral	✓						✓					
Verificar aislamiento de la tubería de retorno refrigerante	semestral	✓						✓					

Tabla 15. Mantenimiento a evaporador

6. Instalación de luces inteligentes

6.1. Identificación de áreas

Inicialmente se requiere hacer un análisis del sistema de iluminación actual en la planta de producción, con el fin de determinar el estado, las fallas presentes y los requerimientos para intervenir donde es necesario y lograr una iluminación más eficiente y acorde con las necesidades de la planta.

Se identifican cada una de las áreas de proceso e individualizan para reconocer cuales son los niveles de iluminancia requeridos según el RETILAP (Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público), de acuerdo a los tipos de procesos y actividades que se manejan en cada una de ellas.

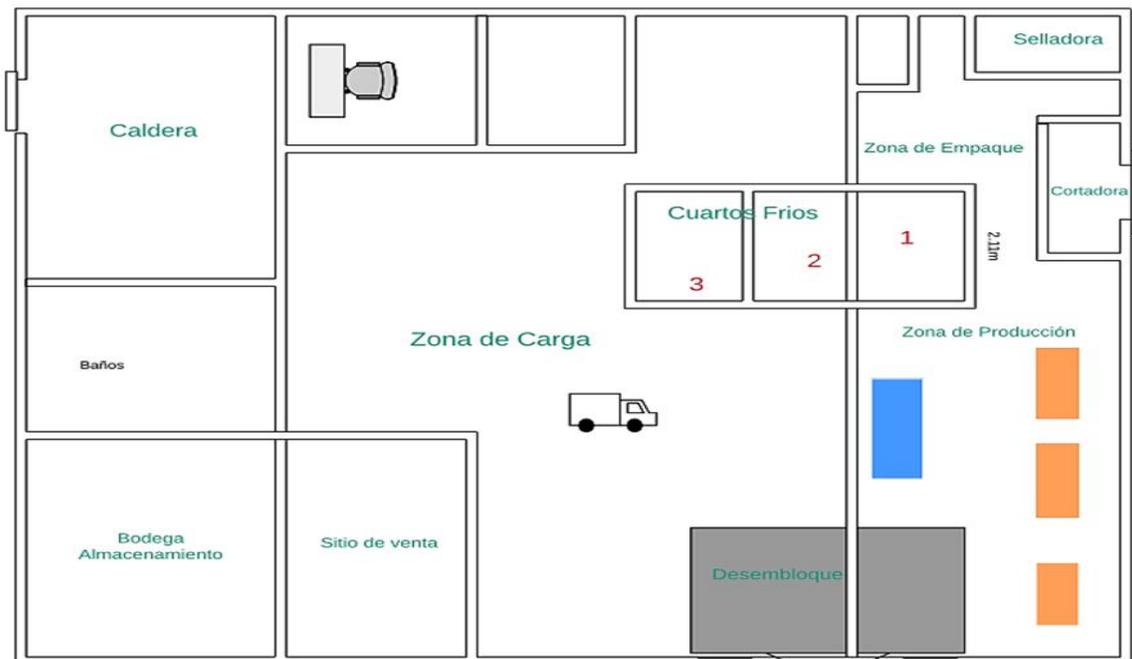


Figura 24. Plano techo Asoprimalac

Los niveles de iluminancia exigidos para estas áreas según el RETILAP se describen en la siguiente tabla:

Área	Niveles de luminancia por área (lux)		
	Mínimo	Óptimo	Máximo
Sitio de Venta	300	500	750
Zona administrativa	450	500	750
Bodega de Almacenamiento Químicos	200	300	500
Bodega de Almacenamiento del carbón	200	300	500
Caldera	200	300	500
Zona de Empaque	1000	1500	2000
Zona de Producción	500	750	1000

Tabla 16. Requerimiento de luminancia por el RETILAP

La iluminación encontrada en la empresa se describe en la siguiente tabla muestra, indicando el tipo de luces que se disponen, así como el consumo individual para cada una de las luminarias, con las que cuenta el sistema de iluminación en una primera instancia.

Referencia	Potencia Consumida (W)
FR-HB100W-B	100
LED STREET E27	25
Eco panel led	18
Rectangue Led	24

Tabla 17. Tipo de luminarias inicial

Se priorizan aquellas zonas y áreas de la empresa de ellas que requieren mejorar los niveles de luminosidad y en donde la instalación de las luces inteligentes representa un mayor ahorro y eficiencia energética. Teniendo en estas condiciones se seleccionaron las siguientes para el mejoramiento en niveles de luminosidad:

- Zona de producción: En esta área se realiza el procesamiento de la materia prima para la elaboración del queso crema, encontramos dispensadores y batidoras las cuales realizan un proceso automático con la leche y otros químicos para conseguir el producto. Es una zona en la cual operarios apoyan el proceso de producción de forma continua y en que se requiere optimizar la iluminación.



Figura 25. Zona de procesamiento

Como observamos en la imagen esta es una zona en la que se presenta deficiencia luminosa, debido a una selección inadecuada de las luminarias instaladas, pues están presentando fallas constantemente y dejan de funcionar de forma repentina. La principal causa es que, al exponerlas a la presencia de gases y altas temperaturas en el ambiente, estas se terminan dañando rápidamente, por lo que se requiere de luminarias con alta resistencia y durabilidad.

- Zona de Empaque: En esta zona se realiza el empaquetado manual por los operarios, el etiquetado y el sellado por calor del producto.



Figura 26. Zona de empaque

En esta zona, aunque tiene una buena iluminación, requiere de un nivel óptimo por lo que se requiere la inclusión de luminarias adecuadas, a las actividades del proceso.

- Cuarto Frio: Los cuartos fríos esa zona donde se almacena el producto y estos no cuentan con la iluminación correspondiente.



Figura 27. Iluminación inicial cuartos fríos

6.2. Selección de elementos de iluminación y distribución

De acuerdo a la información obtenida de la inspección se buscan las fichas técnicas de las luminarias para hacer una selección de las mismas teniendo en cuenta requerimientos de lumenx, vida útil, eficacia, la altura del montaje. Otro factor importante es el costo, pues los

elementos se deben acomodar al presupuesto reducido que destina la empresa. Tras cotizaciones se ha escogido una luminaria tipo led y un sensor de movimiento que corresponden al factor de durabilidad, resistencia, eficiencia energética y bajo costo.

6.2.1. Luminarias Led

Una luminaria tipo bombilla led para empleo en la zona de producción y empaque es ideal ya que está pensada para uso industrial y alumbrado de amplios espacios, diseñada específicamente para una disipación del calor muy eficiente, con un alto factor de potencia y pocos gastos de mantenimiento.



Figura 28. Bombilla Led

Según información proporcionada por el fabricante es de alta resistencia y durabilidad, pensada específicamente para amplias zonas, dedicando toda la energía consumida a la creación de luz, por lo que se consigue el ahorro energético que posibilita una rápida amortización de la inversión inicial. Larga vida útil, robustez y elevada resistencia a las vibraciones, fiable y luminosa. Empleada en naves y zonas industriales, fabricas, almacenes, etc.

Bombilla LED STREET E27	
Referencia	LD1030702
EAN	8435568905191
Potencia	25W
Flujo luminoso	2500lm
Ángulo de apertura	270°
Temperatura de color	4200K
Tensión de funcionamiento	175V-260V
Protección IP	IP40
Temp. de trabajo	-20? C ~ +55?C

Tabla 18. Datos técnicos luminaria LED STREET E27

Para los cuartos fríos se ha escogido una lampara led hermético, ya que está diseñada para emplearse en cuartos de almacenamiento. Una luminaria T8w de habitación fría de 36 W resistente a la humedad, impermeable y a prueba de fugas.



Figura 29. Luminaria T8W

Se instalarán estas bombillas led en las dos zonas escogidas, en donde se realizan procesos en relación a la producción y que cuentan con niveles de lúmenes inferiores a los necesarios, de acuerdo al tamaño en área de dicha zona se asigna el número de luces para una distribución uniforme, haciéndolo de la siguiente manera (tabla.14).

Referencia	Zona	Área (m ²)	Número de Bombillas
LED STREET E27	Zona de Empaque	32	2
	Zona de Producción	55	4
luminaria T8w	Cuarto frío	6	1

6.2.2. Sensor de movimiento

Con el fin de reducir el consumo de energía en la empresa, para automatizar el encendido y apagado de las luces, el sensor de movimiento es el producto ideal. El sensor escogido para la instalación es de tipo hongo SE06 ya que es el más adecuado para techos, cuenta con un rango de detección de 360°, para instalar a una altura de 2.2 a 4 mts con una distancia de detección de 6 mts.



Figura 30. Sensor de movimiento SE06

Según datos técnicos proporcionados por el fabricante estos sensores tienen un consumo de energía de 0.5W, tiene detección de luz ambiente regulable entre <math><10 - 2000\text{ Lux}</math>, cuenta con un tiempo de espera de mínimo 1 a 3 segundos.

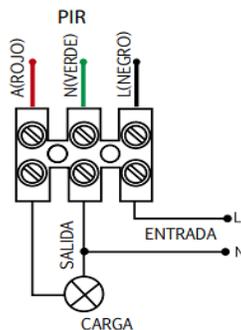


Figura 31. Esquema de conexión SE06

Por su parte los sensores de movimiento se instalarán acompañando las luminarias en la mayor parte de la empresa, ubicándolos estratégicamente en aquellos lugares de paso obligatorio para moverse los empleados y operarios dentro de la infraestructura. Esta distribución de elementos de iluminación en la planta de Asoprimalac, se realiza tal cual como se observa en la figura 31.

El consumo de energía está representado por la ecuación 1 y el costo promedio del kilovatio hora es: \$ 586, 52, según información es obtenida de la factura entregada por ENELAR (Empresa de Energía de Arauca).

El número de días de trabajo al mes: 28

Consumo de sensores 24/7: 156W

$$E = Potencia * Tiempo de uso = Wh \quad (1)$$

Empleando la ecuación de consumo de energía determinamos el consumo de energía que se generaba en un tiempo anterior a la instalación de los nuevos elementos del sistema como luces y sensores, descrito a continuación, así como en la tabla 15.

E. consumida anteriormente =

$$Ba + Za + Zpe + Zc + C + Zcm + Cf + Sv + Cs$$

$$= 7,640 w/h$$

Aproximación Consumo De Iluminación			
Zona	Tiempo anterior (Horas)	#luminarias x Potencia	Energía consumida (W/h)
Bodegas de almacenamiento (Ba)	8	4x25W	800
Zona Administrativa (Za)	12	1x 18 w 1x 24w	504
Zona de producción y empaque (Zpe)	10	6x25w	1500
Zona de carga (Zc)	8	3x 100w 1x120 w	3360
Caldera (C)	8	2x25w	400
Zonas comunes (Zcm)	5	4x25w	500

Cuartos Fríos (Cf)	0	3x36w	0
Sitio de venta (Sv)	12	1x25w 2x24w	876
Energía total consumida			7,640

Tabla 21. Consumo del sistema de iluminación anterior

E. consumida actualmente =

$$Ba + Za + Zpe + Zc + C + Zcm + Cf + Sv + Cs + sm$$

$$= 5265 \text{ w/h}$$

Aproximación Consumo De Iluminación			
Zona	Tiempo actual (Horas)	#luminarias x Potencia	Energía consumida (W/h)
Bodegas de almacenamiento (Ba)	3	4x25W	300
Zona Administrativa (Za)	8	1x 18 w 1x 24w	336
Zona de producción y empaque (Zpe)	8	6x25w	1.200
Zona de carga (Zc)	5	3x 100w 1x120 w	2.100
Caldera (C)	4	2x25w	200
Zonas comunes (Zcm)	1	4x25w	100
Cuartos Fríos (Cf)	2	3x36w	216
Sitio de venta (Sv)	9	1x25w 2x24w	657
En toda la empresa S.M. (sm)	24	13x0.5 w	156
Energía total consumida			5.265

Tabla 22. Consumo del sistema de iluminación nuevo

La siguiente tabla muestra una comparación entre el consumo de la instalación de iluminación anterior y el posterior, evidenciando que tras una instalación de sensores de movimiento se pudo reducir el consumo energético de la empresa y cuanto esto representa en dinero en pesos.

Instalación	Consumo diario (kw/h)	Consumo Mensual (kw/h)	Costo Mensual \$	Ahorro Mensual (kw/h) \$
Anterior	7,640	213,93	125.468,358	
Nueva	5,265	147.42	86.464,7784	39.003,5884

Tabla 23 . Comparación consumo energético.

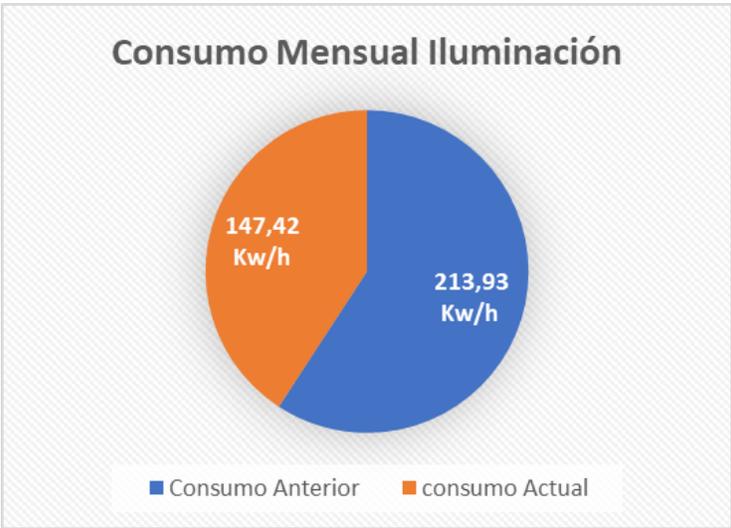


Figura 33. Grafica comparativa del consumo energético

Este ahorro energético se verá reflejado en reducción de los costos en la factura de energía y el ahorro en pesos durante el periodo de un año se describe en la figura 33, recursos que mediano plazo pueden cubrir la inversión realizada y a largo plazo se pueden redirigir al propio mantenimiento del sistema de iluminación y a mejoras en otras áreas.



Figura 34. Ahorro en pesos, durante un año

7. Programación de Variador e Instalación

La programación se diseña para una mezcladora industrial, utilizada para mezclar la materia prima junto con algunos químicos para la elaboración del queso, este conjunto de equipos son el mecanismo que lleva de la mezcla mecánica a la mezcla automatizada.

7.1. Proceso de elaboración del queso

El proceso de elaboración del queso mozzarella, empieza cuando se almacena la leche en un tanque de 800lts, en donde se agregan 140lts de suero ácido para ayudar a darle una mayor consistencia y minimizar el tiempo en que la leche tarda en cortarse. Luego a esta mezcla se le agregan 14 gr de cuajo en polvo, para que se forme la cuajada.

Posteriormente se agrega a la mezcladora 30 lts de suero fresco y se abren las válvulas de vapor de agua que van a conectadas a esta y se activa el movimiento de la mezcladora a aproximadamente 25rpm, durante un tiempo de 5 minutos. Durante este tiempo se acondiciona 1kg de sal y 600 gr de siltrate y se introduce la cuajada, recolectada en un principio. Después de este lapso de tiempo y dispuestos ya todos los ingredientes se aumenta la velocidad a unos 50rpm manteniéndose así por 30 minutos. Finalmente se aumenta a la velocidad máxima hasta

que el queso tenga una consistencia adecuada para se cortado y pesado, seria un tiempo aproximado de 8 min. Finalmente se para la mezcladora y se apaga el equipo.

7.2. Variador Siemens Sinamics V20

La mezcladora funciona gracias a un motor el cual es controlador mediante el mando del variador de frecuencia Siemens Sinamics V20, junto a una serie de elementos como sensores interruptores y temporizadores para su control, la disposición de la conexión eléctrica del motor que acciona la mezcladora industrial la observamos en la siguiente figura.

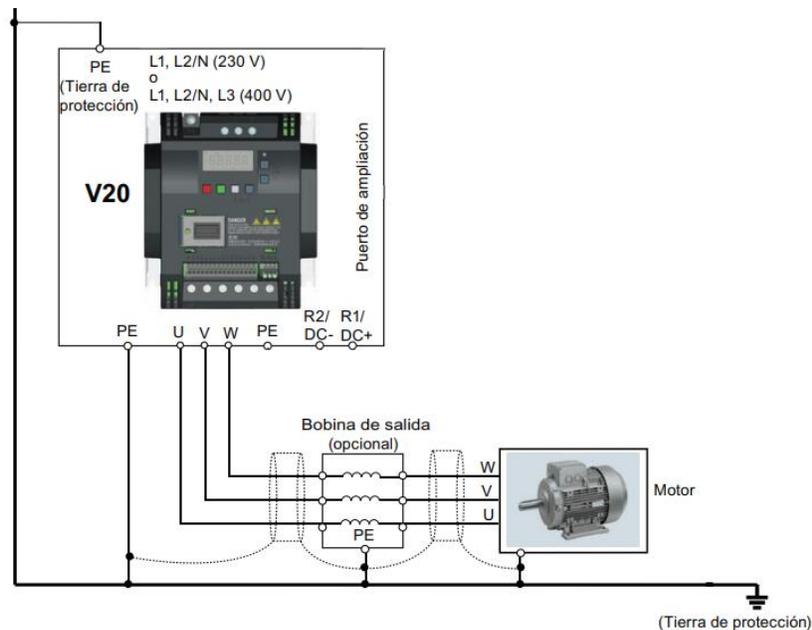


Figura 35. Esquema de conexión variador de frecuencia

La programación del variador se hace empleando el panel BOP (Basic Operator Panel) desde el cual se puede iniciar funciones de programación y de operación, descrito en el siguiente esquema.

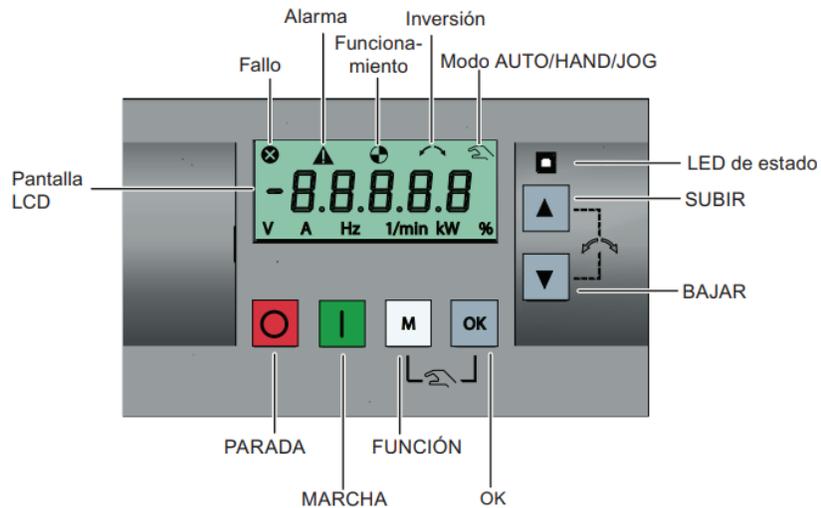


Figura 36. Panel Bop variador Siemens Sinamics V20

7.3. Prueba de marcha rápida

Inicialmente configuramos los parámetros básicos del motor:

1. Pulsamos la tecla M
2. Inicialmente encontramos el parámetro P0003, el cual permite configurar los niveles de acceso al usuario (1, 2,3,4).
3. Seccionamos 1(nivel básico), se selecciona pulsando la tecla OK
4. Luego seleccionamos el parámetro P0010
5. Dentro de este parámetro seleccionamos 1, para habilitar la puesta en marcha rápida
6. Se selecciona el parámetro P0100, el cual permite seleccionar las unidades de la potencia de motor 1(hp) y 2(Kw).
7. Seleccionamos 1(hp)
8. Dentro de este parámetro seleccionamos 1(HP) 2(Kw), para habilitar la puesta en marcha rápida
9. Luego pasamos al parámetro P0304, que nos permite fijar la tensión nominal del motor y se fija tal cual como aparece en la placa.

10. Seguido en el parámetro P0305, que es la corriente nominal y se asigna tal cual como aparece en la placa.
11. Pasamos al parámetro P0307, que es la potencia nominal del motor y se asigna tal cual como aparece en la placa.
12. Pasamos al parámetro P0310, que es la frecuencia nominal del motor y se asigna tal cual como aparece en la placa.
13. Pasamos al parámetro P0311, donde se configura la velocidad nominal (Rpm) del motor la cual aparece en la placa.

Para seleccionar el mando o la forma en se controlará el motor, se hará siguiendo los siguientes pasos (en este caso la prueba manual se hace desde pantalla):

14. Pulsamos M, de forma mantenida por unos segundos
15. Al Aparecer el parámetro p0100, pulsamos levemente M
16. Seleccionamos el macro adecuado de acuerdo a la forma que lo vallamos a controlar, este caso el macro Cn000, ya que para la prueba la realizaremos desde la pantalla. (el que aparezca un signo menos (-), al lado del macro significa que esta seleccionado).
17. Pulsamos la tecla M mantenida para guardar

Una vez configurados todos los datos del motor y asignado el modo de control podemos iniciar con las pruebas.

18. Pulsamos la tecla de marcha, para que arranque el motor
19. Luego empleando las teclas subir y bajar para atenuar o aumentar la velocidad del motor.
20. Una vez finalizamos, pulsamos el botón de parada

7.4. Puesta en marcha desde el tablero de control



Figura 37. Tablero de control Mezcladora

COMPONENTES DEL TABLERO DE CONTROL			
Tipo de elemento Entrada/Salida	Elemento	Función	Imagen
Entrada DI1, DI2	Temporizador Relay	Es un elemento conectado, directamente a la conexión eléctrica de la entrada digital 2, enviado pulsos por tiempos de 2 minutos para cambiar el sentido de giro del motor en forma automática.	
Entrada conectada al relej	Interruptor. ON/OFF (Activación y desactivación del motor)	Consiste en una perilla de tres posiciones que manda a un alto a la entrada digital, haciendo que las paletas del mezclador se activen.	
Entrada conectada al relej	Interruptor. Cambio de giro	Perilla de tres posiciones, que permite definir manualmente el giro deseado del motor.	

Salida D01	Luz piloto funcionamiento	Indicador de luz, de funcionamiento del motor	
Entrada AI1	Regulador de frecuencia manual (potenciometro)	Efectúa el giro del motor como entrada análoga, permitiendo el giro a diferentes frecuencias.	
Entrada	Botón de parada	Quita toda la alimentación del sistema	

Tabla 24. Componentes del tablero Mezcladora

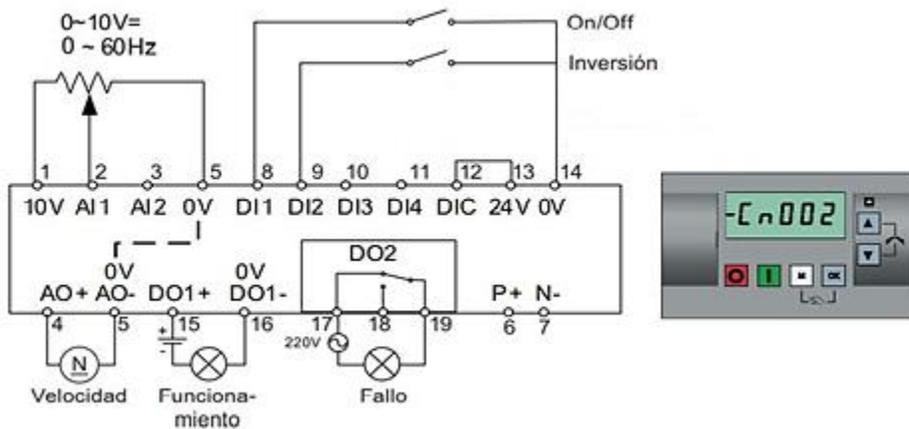


Figura 38. Conexiones elementos de control motor con variador de frecuencia

Para controlar el motor desde el tablero de control, en este caso se seleccionará un macro adecuado para establecer control, en este caso se hace un control de la frecuencia del motor desde los bornes de del usuario. Para realizar este procedimiento correctamente primero se debe hacer un restablecimiento de los ajustes de fabrica del motor, ya que los macros solo se pueden configura una vez y repartir la configuración de la puesta en marcha rápida, hasta llegar a la parte de selección de mando.

Una vez en los comandos de selección de mandos, escogeremos el macro Cn002 para realizar un control desde la las bornas, con los elementos que comprende el tablero, Siguiendo los pasos:

1. Pulsamos M, de forma mantenida por unos segundos
2. Al Aparecer el parámetro p0100, pulsamos levemente M
3. Seleccionamos el macro Cn002
4. Pulsamos la tecla M mantenida para guardar

Las entradas y salidas de nuestro tablero de control, quedaran definidas en su programación según los paramentos descritos en la siguiente tabla:

Parámetro	Descripción	Ajustes del macro Cn002	Observación
P1000	Selección de frecuencia	2	Analógica como consigna de velocidad(potenciómetro)
P0701	Función de la entrada digital 1	1	Interruptor ON/OOF
P0702	Función de la entrada digital 2	12	Inversión de giro
P0731	B: Función de salida digital 1	52.2	Estado de funcionamiento
P0771	C1. Salida analógica	21	Frecuencia real (motor)

Tabla 25. Definición de parámetros, para controlar el variador desde las bornas

Una vez configurados todos los datos del motor y los de entrada y salidas del control, se verifican las conexiones físicas y se da inicio a la prueba de funcionamiento de la mezcladora:

1. Realizamos la conexión del tablero a la alimentación
2. Presionamos el interruptor de activación del motor
3. Establecemos el sentido de giro inicial
4. Movemos la perilla de frecuencia
5. Verificamos la activación del piloto de funcionamiento

6. Aumentamos y disminuimos la frecuencia observando los cambios en la velocidad de las paletas.

De tal manera que comprobamos la correcta programación del control del motor, usando el variador de frecuencia.



Figura 39. Prueba Mezcladora

8. Resultados

En esta sección se mencionarán los resultados obtenidos gracias a la Aplicación de herramienta de mantenimiento y automatización en la empresa de lácteos ASOPRIMALAC.

Objetivo 1: Se logro crear un plan de mantenimiento para los equipos de refrigeración, enfocándonos en los equipos críticos del sistema como lo fueron el compresor, condensador, evaporador y el tablero de control eléctrico. Se aplico una investigación sobre las tareas de mantenimiento más frecuentes para cada uno de los equipos, según su tipo y modelo, ya que en algunos no se cuenta con los datos del fabricante.

Programación Del Mantenimiento Del Condensador													
Condensador	Frecuencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Inspección visual	Semanal	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Limpieza de serpentines	Mensual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Revisión de fugas refrigerante	Mensual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Revisión operación de motor de ventilador	Trimestral	✓			✓			✓			✓		
Revisión y chequeo de válvulas	Trimestral	✓			✓			✓			✓		
Revisión de conexiones eléctricas	Semestral	✓						✓					
Revisión mecánica, carcasa y anclaje	Semestral	✓						✓					
Revisión de presostato	Semestral	✓						✓					
Cambio de filtro deshidratador	Anual	✓											

Figura 40. Formato tabla de cronograma de mantenimiento

Se establecieron las actividades más comunes de mantenimiento y se clasificaron según la frecuencia con la que esta se dé aplicar, estableciendo las frecuencias generales así; semanal,

mensual, trimestral, semestral y anual. Se creó entonces un cronograma por los meses del año para los equipos críticos del sistema, así como uno formato para ayudar a recolectar la información de mantenimiento; un formato de historial. También se creó un formato para guía de la inspección de los equipos de mantenimiento.

FORMATO DE INSPECCIÓN DE EQUIPOS										
Tipo de Inspección: Mecánica						Frecuencia: Semestral				
Equipo: Compresor						Estado: B (Bueno), R (Regular), M (Malo)				
Elemento Constructivo	Equipo en Movimiento		Estado			Se Corrigió		Solicitud		OBSERVACIONES
	SI	NO	B	R	M	SI	NO	SI	NO	
Carcasa y Anclaje										
Juntas soldadas y atornilladas del compresor										
Detectar ruidos no comunes en el funcionamiento										
Detallar que muelles no estén fracturados o completamente rotos										
Identificar formaciones de oxido.										
Observaciones:										
Firma:						Firma:				
Fecha:						Fecha:				

Figura 41. Formato tabla de cronograma de mantenimiento

Objetivo 2: Se analizaron todas las zonas de la empresa y el estado de iluminación de estas, detectando algunas que requerían mejoras, por lo que de acuerdo a los niveles de iluminación requeridos se escogieron luminarias adecuadas para cada zona según las condiciones de trabajo, teniendo en cuenta factores como altura, área total, temperatura de trabajo, resistencia y durabilidad. Instalando nuevas luminarias en la zona de cuartos fríos, zona de empaque y zona de producción, Creando una iluminación adecuada para el trabajo seguro y cómodo de los operarios.



Figura 42. Instalación de iluminación zona de producción y empaque



Figura 43. Instalación de iluminación, zona de producción



Figura 44. Instalación de iluminación, cuartos fríos

También se escogió un sensor de movimiento versátil, el cual se instaló en diferentes zonas de la empresa, obteniendo una iluminación inteligente que con mayores niveles de eficiencia energética que brinda comodidad y eficacia para el trabajo de los operarios y demás empleados de la empresa.



Figura 45. Instalación de sensores de movimiento en la planta de la empresa

Objetivo 3: Se realizó un proceso de análisis general de la iluminación de la planta Asoprimalac, realizando un conteo de las luces que incluían todo el sistema de iluminación en la empresa en un estado inicial y en un estado posterior a la instalación de las nuevas luminarias y sensores de movimiento. También se realizó la identificación de los parámetros técnicos de

cada una de las luminarias presentes, Analizando el consumo de iluminación general en la empresa en el estado inicial y posterior a los cambios en la instalación de la iluminación inteligente. Determinando así que efectivamente se lo logro un ahorro energético y por lo tanto se aumentaron los niveles de eficiencia energética al tener mejores condiciones de iluminación a un menor consumo y por lo tanto costos en pesos, el cual a largo plazo puede representar recursos significativos en la empresa, que puede ser redirigido a otras áreas o al mantenimiento del mismo sistema de iluminación.

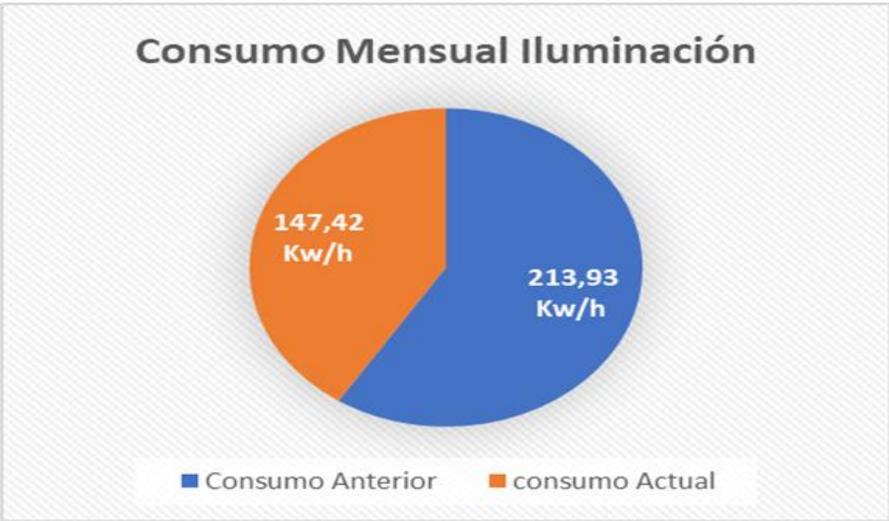


Figura 46. Comparación consumo, tras los cambios hechos en la iluminación



Figura 47. Representación, ahorro en meses

Objetivo 4: Se tomo un variador de frecuencia el cual estaba fuera de funcionamiento por errores de funcionamiento en una mezcladora industrial. Por lo que se reestablecieron los valores de fabrica del mismo y se realizaron una serie de pruebas de marcha rápida para determinar el buen estado del sistema de variación en la mezcladora. Al determinar un buen estado del funcionamiento se procedió a programar el variador de frecuencia para habilitarla, empezando por el análisis el circuito presente en el tablero de control de la mezcladora, identificado los elementos y componentes presentes, las entradas, salidas y función de los elementos. Tras el análisis inicial se programó el variador de frecuencia empleando el panel de bop del variador por comandos manuales, estableciendo los macros adecuados para el control del variador mediante bornas y los elementos contados. logrando efectivamente el control por el tablero de control y poniendo en funcionamiento la mezcladora industrial de forma exitosa.



Figura 48. Instalación y revisión conexiones tablero, sunamis v20



Figura 49. programación de variador de frecuencia

8. Conclusiones

Se logro realizar un plan de manteamiento dirigido a los equipos del cuarto fríos de Asoprimalac, pues toda empresa debe tener una programación adecuada de estos servicios, idealmente con la calendarización del plan de mantenimiento preventivo, incluyendo actividades semanales, mensuales, trimestrales, semestrales, anuales, consiguiendo una buena operación del equipo y su efectiva preservación.

El poder contar con formatos para llevar un control de la información de mantenimiento, como el historial de reparaciones y de inspección de equipos son de gran ayuda para mantenimientos futuros, pues estas aportan información importante de reparaciones previas y también datos importantes de los equipos de refrigeración.

Tras la redistribución del sistema de iluminación se consiguió un ahorro en el consumo energético del sistema, por lo que se logró aumentar el uso de energía de con eficiencia, mejorando las condiciones de iluminación en las instalaciones de la empresa con un menor consumo

El ahorro en el consumo de energía en la empresa Asoprimalac, en costos puede representar a largo plazo valores en pesos significativos que pueden utilizarse para el propio mejoramiento del sistema de iluminación o redirigirse a otras áreas que requieran un mayor desembolso de recursos.

En una primera instancia se planteó la instalación de un nuevo variador de frecuencia para la mezcladora industrial que estaba fuera de servicio, pero tras una primera inspección se encontró que el variador y la instalación estaban en buenas condiciones y que la falla en el origen del mal funcionamiento radicaba en la programación.

Se logro realizar de forma exitosa la programación de variador de frecuencia Siemens Sinamics V20 y la correcta puesta en marcha de la mezcladora Industrial, programando fácil y rápidamente el dispositivo de forma manual.

Juntas soldadas y atornilladas del compresor										
Detectar ruidos no comunes en el funcionamiento										
Detallar que muelles no estén fracturados o completamente rotos										
Identificar formaciones de oxido.										
Observaciones:										
Firma:						Firma:				
Fecha:						Fecha:				

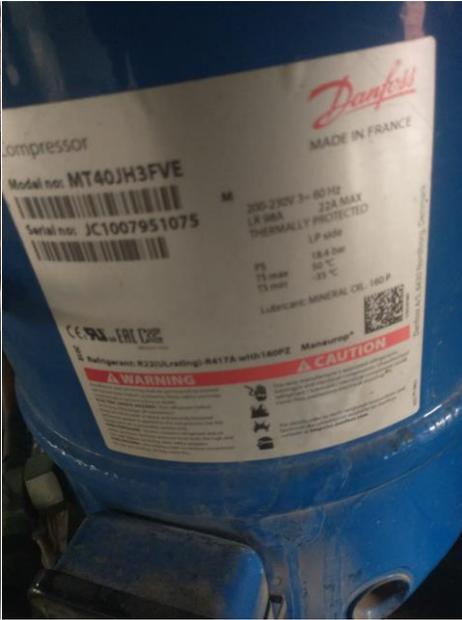
➤ Formato identificación de fallas

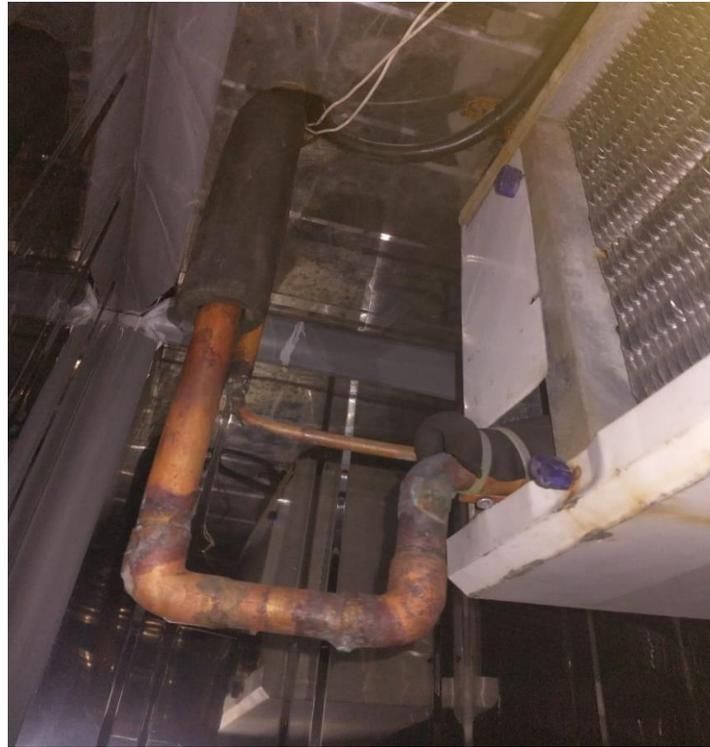
POSIBLES FALLAS DEL EVAPORADOR Y SU SOLUCIÓN		
PROBLEMA	CAUSAS POSIBLES	MEDIDAS CORRECTIVAS POSIBLES
El o los ventiladores no funcionan	1. Interruptor principal abierto	1. Cierre el interruptor
	2. Fusibles fundidos	2. Reemplace los fusibles. Revise si hay algún corto circuito o condiciones de sobrecarga
	3. Motor defectuoso	3. Reemplace el motor
	4. Reloj o termostato de deshielo defectuoso	4. Reemplace el componente defectuoso
	5. Está deshielando el evaporador	5. Espere a que se complete el ciclo

	6. El serpentín no se enfría lo suficiente para restablecer el termostato	6. Ajuste el termostato del retardador del ventilador
Temperatura de cuarto demasiado alta	1. Calibración demasiado alta del termostato de cuarto	1. Ajuste el termostato
	2. Sobrecalentamiento demasiado alto	2. Ajuste la válvula de expansión termostática
	3. Sistema bajo de refrigerante	3. Agregue refrigerante
	4. Serpentín bloqueado o escarchado	4. Deshiele el serpentín manualmente. Revise que los controles de deshielo funcionen correctamente
	5. Evaporador colocado muy próximo a la puerta	5. Reubicar el evaporador o agregar una cortina de aire en la entrada de la puerta
	6. Infiltración de aire en grado extremo	6. Sellar todos los posibles puntos donde el aire se infiltra en el cuarto
Acumulación de hielo en el techo, alrededor del evaporador y/o guardas del ventilador, Venturi y hojas del ventilador	1. Duración de deshielo demasiado largo	1. Ajuste el termostato de terminación de deshielo
	2. El retardador del ventilador no retarda los ventiladores después del periodo de deshielo	2. Termostato de deshielo defectuoso o mal ajustado
	3. Reloj o termostato de deshielo defectuoso	3. Reemplace el componente defectuoso
	4. Demasiados deshielos	4. Reduzca el número de deshielos
Serpentín escarchado o bloqueado durante el ciclo de deshielo	1. La temperatura del serpentín no alcanza una temperatura superior al punto de congelación durante el deshielo	1. Revise el funcionamiento de la resistencia

	2. Insuficientes ciclos de deshielo por día	2. Ajuste el reloj para más ciclos de deshielo
	3. Ciclo de deshielo demasiado corto	3. Ajuste el termostato de deshielo o reloj o para ciclos más largos
	4. Reloj o termostato de deshielo defectuoso	4. Reemplace el componente defectuoso
Acumulación de hielo en la charola de drenado	1. Resistencia defectuosa	1. Reemplace la resistencia
	2. Inadecuada inclinación de la unidad	2. Revise y ajuste si es necesario
	3. Línea de drenada tapada	3. Limpie la línea de drenado
	4. Resistencia de la línea de drenado defectuosa	4. Reemplace la resistencia
	5. Reloj o termostato defectuoso	5. Reemplace el componente defectuoso
Congelación del serpentín inesperada	1. Resistencia defectuosa	1. Cambie la resistencia
	2. Localización del evaporador muy próxima a la puerta o a la entrada	2. Reubique el evaporador
	3. Ajuste del deshielo debajo del tiempo de terminación del deshielo	3. Suba más alto el ajuste del control determinación del deshielo
	4. No tiene la esprea del distribuidor no es la correcta	4. Agregue la esprea o reemplácela por la del orificio adecuado para las condiciones

Se identificaron los elementos y equipos que hacen parte de sistema de refrigeración y de procesamiento en la empresa, haciendo una inspección visual y revisión de algunos de ellos:





Se tuvo en cuenta los costos de energía, de la empresa ENELAR y el consumo mensual que indica en su factura de servicio para analizar el ahorro de la empresa:

ENELAR NIT. 852.099.499-3
 Calle 94 No. 25-39, 2da. Et. - Bogotá, Colombia
 Teléfono: +57 (1) 605 2405
 www.enelar.com.co

Código del Usuario
77033
 MARQUE 119

Factura N°: 5949786
 F. emisión: 11 FEB 2021

INFORMACIÓN SOBRE EL USUARIO

Nombre: ASOCIACIÓN PRIMARIA
 Dirección: VECINDAD REYES
 Municipio: DAMI
 Nota: 168 DR6 0121

Clase de Servicio: TRF 1.0121
 Alura de Carga: 900
 Modo Conexión: L 11 104539

Estado de Entrega: 200 PUL. 0032
 Propiedad: 400 120
 Nivel de Tensión: 1

PERIODO FACTURADO
 12 FEB 2021 - 11 FEB 2021

INFORMACIÓN TÉCNICA Y CALIDAD DEL SERVICIO

Clase de Servicio: TRF 1.0121 Estado: 200 PUL. 0032 Propiedad: 400 120
 Alura de Carga: 900 Circuito: 14850 Nivel de Tensión: 1
 Modo Conexión: L 11 104539 Cod. Transformador: 14850

CALIDAD DEL SERVICIO Mes: 12 Grupo: 5
 Ciu: 97 Com: 0 Fin: 12 Dom: 0 Fing: 40

COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y TARIFA \$/KWh

Costo Calculado: 586,5188 Costo Aplicado: 586,5188

Tarifa Co Aplicado: 7 Contribución o subsidio
 Tarifa: 586,5188 0% = 586,5188 \$/KWh

DETERMINACIÓN DE CONSUMO

Estado: ACTIVO Y EN FACTURACIÓN Consumo Con Medidor Medidor N°: 59006692 Marca: ITR

LECTURAS	ACTUAL	ANTERIOR	FACTOR	CONSUMO(KW/h)	CAUSA
ACTIVA SENCI	11416	11186	20	4600	
REACTIVA SENCI	5478	5343	20	400	

LIQUIDACIÓN DE CONSUMO

Rangos	Consumo \$/kwh	Valor\$
ACTIVA SENCI	4600	\$ 21,232
REACTIVA SENCI	400	\$ 1,888

La energía que disfrutaste te costó \$89.937 diarios
 Fecha último pago: 12 FEB 2021 Valor: \$5.429.360

DETALLE DE FACTURACIÓN

CONCEPTO	VALOR TOTAL(S)
100 ACTIVA SENCI LA MGNOMIA	2.697.986
168 REACTIVA SENCI LA MGNOMIA	76.462
760 AJUSTE A LA DIFERENCIA	2

Suspensión a partir de: 27-FEB-2021 Períodos en Mora: Recargo por Mora: 2.02 %
SUBTOTAL ENERGÍA: \$2.774.450

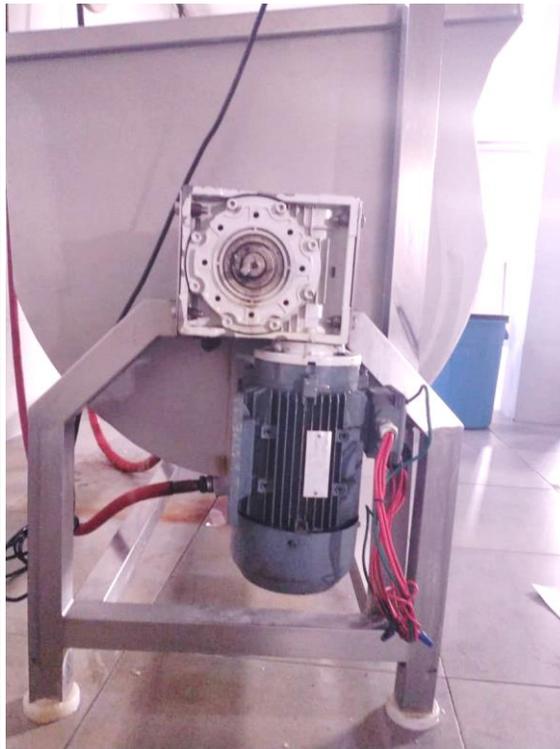
FINANCIACIONES

Descripción	Fecha Inicio	Valor Finan.	N° Cuotas	Cuotas Pag.	Total Cuota
100 ACTIVA SENCI LA MGNOMIA	2020-06-06	293259	12	7	24.440

SUBTOTAL FINANCIACIONES: \$24.440

Se reorganizó la instalación eléctrica del tablero de la mezcladora, se hizo una revisión de estado de dicha instalación, así como del estado del motor, para posteriormente realizar de nuevo el montaje:





10. Referencias

- [1] J. L. Mina Hinestrota, "DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE CUARTOS FRÍOS. PESQUERA ASOPESPA JAMES," Universidad Autónoma De Occidente, 2014.
- [2] P. A. Onofre Analuca, "DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA LA ILUMINACIÓN DEL LABORATORIO DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL DE LA ESFOT.," Escuela Politécnica Nacional, 2020.
- [3] D. Alejandro, G. Naranjo, and I. A. S. Y. Arquitectura, "OPTIMIZACION Y CONTROL DE LA INSTRUMENTACION ZONA DE BOMBEO EN LA PLANTA DE OPTIMIZACION Y CONTROL DE LA INSTRUMENTACION," Universidad de pamplona, 2020.
- [4] O. Garcia Palencia, "El Mantenimiento General," 2016.
- [5] G. Zabaleta and N. Avendaño, "IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO," Universidad Tecnologica De Bolivar, 2010.
- [6] G. G. O, *Organizacion y gestion integral de mantenimiento*. 2010.
- [7] J. Molina, "Mantenimiento y seguridad industria," *IMU Ing. Munic.*, pp. 214, 20-23., 2010, [Online]. Available: <http://ugr.unsl.edu.ar/documentos/Mantenimiento Industrial.doc>.
- [8] M. Garavito Gonzalez, "UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA," Universidad Técnica Federico Santa María, 2018.
- [9] E. J. Juárez Quevedo, "PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO DEL CUARTO FRÍO, BODEGA DE COBIGUA EN LA COSTA SUR," Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013.
- [10] J. A. Conesa, "Sistema de refrigeración por compresión," 2011. [Online]. Available: <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17271/1/refrigeracion.pdf>.
- [11] R. Lira, "Compresores Reciprocantes," Maracaibo, 2010.
- [12] M. Rojas, "Determinación de la eficiencia de compresores alternativos industriales tipo hhc/bdc a través del análisis termodinámico de gases compresibles a 3825 msnm.," Universidad Andina, 2015.

- [13] A. RENDÓN MARIN, "PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO PARA SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN EN CUARTOS FRÍOS," UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, 2014.
- [14] Danfoss, "Válvulas de retención Tipos NRV y NRVH," 2008. [Online]. Available: <https://iprpartesyrepuestos.com/wp-content/uploads/2018/07/fichas/VALVULA-CHEQUE-DANFOSS.pdf>.
- [15] M. A. Velasco Bautista, "Estudio de un banco de pruebas de refrigeración y su aplicación en sistemas agroindustriales en la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato," UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO., 2011.
- [16] J. Fabián Cayo, "ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE MANTENIMIENTO Y PROCEDIMIENTOS PARA EL ARRANQUE, OPERACIÓN Y PARADA DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL CON AMONÍACO, EN EL ÁREA AVÍCOLA," ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2009.
- [17] O. Arboleda Arias, "Diseño e implementación de sistema de congelación para hielo industrial en escama con refrigerante amoníaco para industria hielera," Universidad Politecnica Salesiana, 2019.
- [18] O. Mariño Díaz, "DISEÑO DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR DE TUBOS y CARCASA (1-2) PARA UNA PLANTA QUÍMICA ASOCIADA A UNA FUNDICIÓN PIROMETALÚRGICA .," UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID ESCUELA, 2018.
- [19] F. Sanz del Castillo and D. Sanz del Castillo, *Control de refrigeración.*, Editorial. 2014.
- [20] F. Arias and I. Pedraza, "DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGÍA BASADO EN LA METODOLOGÍA RCM II," DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGÍA BASADO EN LA METODOLOGÍA RCM II FRANCI LORENA ARIAS PÁEZ IVÁN ESTEBAN PEDRAZA PÁEZ UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, 2017.
- [21] C. JIMÉNEZ, "comportamiento de diferentes dispositivos de expansión al instalar un modulo termoelectrico en un sistema de refrigeración," Politecnico Nacional de Ingenieria, 2011.
- [22] Cucala Feu Jose Ignacio, "Termostatos; tipos reglaje y funcionamiento," 2007. [Online]. Available: http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700502/moodle/file.php/77/2_Curso/0040._Montaje_y_mantenimiento_de_equipos_de_refrigeracion_comercial/Capitulo_II/Funcionamiento_y_Reglaje_de_los_Termostatos.pdf.

- [23] Emerson, “Guía de válvulas de control,” 2019. [Online]. Available: <https://www.emerson.com/documents/automation/gu%EDa-de-v%El1vulas-de%A0control-control-valve-handbook-es-5459932.pdf>.
- [24] Full gauge control, “CONTROLADOR DIGITAL PARA REFRIGERACIÓN CON DESHIELO NATURAL POR PARADA DEL COMPRESOR,” 2006. [Online]. Available: <https://www.fullgauge.com/es/public/uploads/files/products/manual-de-produto-14-47.pdf>.
- [25] Gallium, “PROTECTOR-220V-440V-3-CABLES-BREAKERMATIC.” 20AD, [Online]. Available: <https://iprpartesyrepuestos.com/wp-content/uploads/2018/09/PROTECTOR-220V-440V-3-CABLES-BREAKERMATIC.pdf>.
- [26] ITM, “Instalaciones electromecánicas instalaciones eléctricas,” 2013. [Online]. Available: <http://www.uco.es/~el1bumad/docencia/minas/ie06t4.pdf>.
- [27] G. Gonzalez, “Selección y coordinación de protecciones para baja tensión,” Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011.
- [28] Universidad de la Republica de Uruguay, “Tecnología y la Eficacia energética Manuales,” 2011. [Online]. Available: <http://www.fadu.edu.uy/acondicionamiento-luminico/wp-content/blogs.dir/28/files/2012/02/Controles-de-iluminacion.pdf>.
- [29] U. Camacho, “Estudio y Diseño de un Sistema Autónomo de Iluminación mediante Sensores Foto-Receptores para su Uso en la Domótica.,” UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO UNIDAD, 2015.
- [30] C. A. S. Machado, “Gestión energética empresarial una metodología para la reducción de consumo de energía Energy management in business a method to reduce energy consumption Empresa de Gestão de Energia Uma Metodologia para a Redução de Consumo de Energia Gestão energética,” *Prod. + Limpia*, vol. 5, no. 2, p. 20, 2010.
- [31] J. Alonzo, “DISEÑO DEL CONTROL AUTOMÁTICO DE UN SISTEMA HÍBRIDO DE ILUMINACIÓN,” Universidad autónoma de yucatán, 2012.
- [32] S. AG, “Convertidor SINAMICS V20,” pp. 1–66, 2012, [Online]. Available: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/484/67267484/att_61462/v1/v20_OPI_es-SP_es-ES.pdf.