



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
A UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA, APLICADO A UN
PROCESO INDUSTRIAL UTILIZADO EN AGRO TEXTIL**

Edgar Adolfo Valle Álvarez

Asesorado por el Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga

Guatemala, mayo de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
A UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA, APLICADO A UN
PROCESO INDUSTRIAL UTILIZADO EN AGRO TEXTIL
TRABAJO DE GRADUACIÓN**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

EDGAR ADOLFO VALLE ÁLVAREZ

ASESORADO POR EL ING. LUIS ALFREDO ASTURIAS ZÚÑIGA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MAYO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Vocal I	
Vocal II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
Vocal III	Ing. Julio David Galicia Celada
Vocal IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Vocal V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga
EXAMINADOR	Ing. Sergio Torres Hernández
SECRETARIA	Ing. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
A UN SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA APLICADO A UN
PROCESO INDUSTRIAL UTILIZADO EN AGRO TEXTIL,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, el 31 de mayo de 2005, ref. EIM 288.2005.

Edgar Adolfo Valle Álvarez

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS:

Gracias Dios mío, por dame la vida, estos padres, por estar en todo momento, conmigo, y darme fuerzas para seguir adelante en los momentos más difíciles de mi vida.

MIS PADRES:

Adolfo Valle Lima y Maria Josefina Álvarez de Valle, por ser mi motivación para seguir obteniendo triunfos, ya que son lo más importante de mi vida, gracias por todos los consejos, los amo.

MI ABUELITA:

Maria Graciela Gutiérrez, en el lugar que te encuentres se que estas conmigo, fuiste una madre y padre a la vez todo lo que tengo es gracias a ti, este triunfo es tuyo te amo.

MIS TÍOS:

Clara luz, Juanita, José Agustín , Cesar Díaz, María Teresa, Rodolfo, Miguel Ignacio, gracias por su cariño y comprensión, los consejos que me dieron en todo momento y apoyarme, los quiero.

MIS PRIMOS:

Marcelo, José, Oswaldo, Maria Gabriela, Marco Tulio, por mantener esa especial relación fraternal entre nosotros y porque sé que siempre podré confiar en ellos.

**LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA**

Por tener el privilegio de haber estado, en la casa donde se forman a los mejores profesionales de Guatemala.

AGRADECIMIENTOS A:

MI ASESOR:

Ing. Luis Alfredo Asturias Zuñiga, gracias por sus consejos, por el apoyo en la realización de este trabajo de graduación.

MIS CATEDRATICOS:

Gracias por brindarme su tiempo u conocimientos.

MI AMIGA:

Mónica García, gracias por brindarme su amistad y comprensión.

MIS AMIGOS

Erick, Estuardo, Sergio, éste triunfo lo comparto con ustedes.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1 ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Sacos agroindustriales	1
1.1.1. Ubicación	1
1.1.2. Visión	1
1.1.3. Misión	1
1.1.4. Objetivos	2
1.1.5. Productos elaborados	2
1.2. Descripción general y principios de operación del enfriador de agua (chiller)	5
1.2.1. Aspectos generales	5
1.2.1.1. Definición	5
1.2.1.2. Clasificación de chiller	6
1.2.1.3. Eficiencia del enfriador de agua	6
1.2.2. Componentes principales de un enfriador de agua (chiller)	6
1.2.2.1. Compresor	6
1.2.2.2. Condensador	7
1.2.2.3. Evaporador	7

1.2.2.4.	Válvula de expansión _____	7
1.2.3.	Componentes auxiliares _____	8
1.2.3.1.	Unidad de modulo de control UCM _____	8
1.2.3.2.	Termistores _____	9
1.2.3.3.	Calefactores del cooler _____	10
1.3.	Mantenimiento _____	12
1.3.1.	Concepto _____	12
1.3.2.	Costo total de servicio _____	13
1.3.3.	Tipos de mantenimiento _____	14
1.3.3.1.	Mantenimiento eléctrico _____	14
1.3.3.2.	Mantenimiento de refrigeración _____	14
2.	DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL _____	15
2.1	Situación actual del departamento de mantenimiento _____	15
2.1.1.	Organigrama _____	15
2.1.2.	Descripción de puestos _____	16
2.2	Proceso de producción en los que es utilizado el enfriador de agua (chiller) _____	17
2.2.1.	Proceso de extrusión _____	17
2.2.2.	Proceso de corte _____	18
2.2.3.	Proceso de inyección y soplado _____	19
2.2.4.	Proceso de laminado _____	20
2.3.	Localización del enfriador de agua (chiller) _____	20
2.4.	Tipo de chiller utilizado _____	21
2.5.	Listado de accesorios, equipos y condiciones en las que se encuentran _____	23
2.6.	Mantenimiento realizado al chiller _____	23
2.6.1.	Tareas realizadas _____	23
2.6.2.	Periodicidad _____	24

3. DESCRIPCIÓN Y PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA ENFRIADORES DE AGUA (CHILLER)	27
3.1. Descripción y localización de accesorios y equipos	27
3.1.1. Compresor	27
3.1.2. Condensador	27
3.1.3. Evaporador	28
3.1.4. Válvula de expansión	28
3.1.5. Componentes auxiliares	28
3.2. Inventario de repuestos y accesorios necesarios para realizar mantenimiento	29
3.3. Listado de problemas comunes y sus soluciones	29
3.4. Periodicidad de mantenimiento	30
3.4.1. Mantenimiento semanal	30
3.4.2. Mantenimiento mensual	31
3.4.3. Mantenimiento anual	31
4. IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA ENFRIADORES DE AGUA (CHILLER)	33
4.1 Procedimientos para la realización de mantenimiento	33
4.1.1 Limpieza de la bobina	33
4.1.2 Limpieza del evaporador	33
4.1.3. Tratamiento de agua	34
4.1.4. Porcentaje de glycol utilizado en el agua	35
4.1.5. Registro del mantenimiento	36
4.2. Hoja de registro	36
4.2.1. Hoja de tareas realizadas	36
4.2.2. Hoja de programación	36

4.3.	Seguimiento del plan de mantenimiento _____	37
4.3.1.	Auditorías internas _____	38
4.3.2.	Auditorías externas _____	39
CONCLUSIONES	_____	41
RECOMENDACIONES	_____	43
BIBLIOGRAFÍA	_____	45

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Proceso de fabricación saco laminado valvulado	3
2	Proceso de fabricación de productos de polietileno	3
3	Proceso de elaboración de hilo	4
4	Proceso de la planta de soplado de envases PET	4
5	Panel de la unidad de módulo de control C60 (UCM)	9
6	Formas constructivas de termistores	11
7	Calefactores del evaporador	12
8	Organigrama de sacos agroindustriales	16
9	Proceso de extrusión	18
10	Proceso de corte	19
11	Proceso de laminado	20
12	Chiller Trane	22

TABLAS

I.	Porcentaje de glycol en el agua a cierta temperatura.	35
II	Hoja de inspección	37

GLOSARIO

Bobina	Componente de un circuito eléctrico formado por un alambre aislado que se enrolla en forma de hélice, con un paso igual al diámetro del alambre.
Chiller	Unidad de refrigeración que permite mantener el agua a una temperatura bastante baja, y por medio de ella enfriar diferentes procesos.
Compresor	Bomba de un mecanismo de refrigeración que arrastra o introduce gas refrigerante del lado de baja presión o de absorción de calor, y lo comprime hacia el área de alta presión o de condensación del ciclo.
Condensador	Parte del mecanismo de refrigeración que recibe gas a alta temperatura y alta presión del compresor, y que enfría el refrigerante gaseoso hasta que éste regresa a su estado líquido.
Cooler	Nombre técnico de refrigeración que se le da al evaporador.

Evaporador	Parte del mecanismo de refrigeración en el que se evapora el refrigerante mediante la absorción de calor.
Glycol	Líquido utilizado en el chiller para que no se cristalice el agua.
Mantenimiento	Serie de trabajos que hay que ejecutar en algún equipo, planta o método, a fin de conservarlo y dárle el servicio para el que fue diseñado.
Proceso de corte	Proceso que consiste en que la tela del saco sale en forma de bobina, ésta se introduce a la máquina y se procede al enebrado para el corte.
Proceso de extrusión	Proceso que consta de un extrusor con un tornillo sinfín, y al final un molde plano para dar espesor del producto.
Proceso de inyección y soplado	Proceso en el cual se inyecta el material, adquiere la forma del molde, dentro del molde existen tubos de agua, dicha agua proviene de los enfriadores de agua, la cual se encuentra fría; es utilizada para enfriar la forma que adquirió en el molde.

Proceso de laminado

Proceso que cubre la tela que sale de telares con una pequeña capa de polietileno, este polietileno se aplica de forma líquida sobre la tela, y se utiliza el agua de los enfriadores de agua para enfriar la forma que adquirió.

Termistores

Dispositivos semiconductores que se comportan como resistencias, con un coeficiente de temperatura de resistencia alto.

Unidad de módulo de control

Tablero electrónico que proporciona funciones como control de la temperatura del agua, funciones de la protección de la unidad, funciones de la protección del compresor, control del condensador.

Válvula de expansión

Es el encargado de efectuar el estrangulamiento (caída), hasta la presión que tiene en el evaporador del sistema.

RESUMEN

En este trabajo se estudian los principios básicos del funcionamiento de los enfriadores de agua (chiller), los cuales son utilizados en procesos agro-textiles, éstos están diseñados para mantener agua a una temperatura bastante baja, y por medio de ella enfriar diferentes áreas con diferentes evaporadores, el sistema del condensador permite la extracción del calor, esto permite almacenar el agua en un tanque o depósito del chiller, están expuestos al ambiente y trabajan continuamente, a diferentes climas; debido a esto se necesita implementar un plan de mantenimiento preventivo, que garantice que el equipo funcione en condiciones óptimas y que no represente costos elevados a la empresa.

La implementación del plan de mantenimiento se realiza principiando con la organización del departamento de mantenimiento, los procesos de producción en los que se utiliza el enfriador de agua (chiller), tales como proceso de extrusión, corte, laminado, inyección y soplado, incluyendo los componentes y las tareas de mantenimiento en base a la programación de producción que se realice; haciendo una descripción detallada de los componentes del equipo y conociendo el tiempo de vida, se puede predecir su falla y determinarse el tiempo de reemplazo, los mantenimientos se programarán en actividades semanales, mensuales, anuales. En base a estos mantenimientos se realizará una programación de mantenimiento que consiste en hoja de tareas realizadas, asignación de tareas, auditorías internas y externas y programación de tiempos.

OBJETIVOS

General

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo a un sistema de enfriamiento de agua, aplicado a un proceso industrial utilizado en agro-textil en Sacos Agroindustriales, S. A.

Específicos.

1. Establecer las generalidades de Sacos Agroindustriales, S. A., como también el marco teórico, para la comprensión del tema y la propuesta que se hará para la solución del problema planteado.
2. Determinar la situación actual del enfriador de agua (chiller), incluyendo su instalación, componentes y las tareas de mantenimiento que son realizadas en Sacos Agroindustriales, S. A.
3. Establecer un programa de mantenimiento para el enfriador de agua (chiller) y la periodicidad del mismo, así como los recursos necesarios para poder llevar a cabo y poder lograr el servicio continuo de los mismos.
4. Establecer un seguimiento del plan de mantenimiento por medio del registro diario, planear actividades y calcular tiempo estimado para el mantenimiento requerido en el enfriador de agua (chiller), y la creación de un listado de problemas comunes que se puedan presentar en el funcionamiento del chiller, sus causas y sus soluciones.

INTRODUCCIÓN

Los enfriadores de agua (chiller) son utilizados en la industria debido a que el agua que se enfría es utilizada para diferentes procesos.

Debido a la importancia de los Chiller, en la mayoría de empresas se cuenta con personal de mantenimiento especializado en ellas y con planes específicos de mantenimiento, esto para garantizar que el equipo ofrezca un buen servicio y operación continua.

Es por esto que, el trabajo que a continuación se presenta tiene como propósito servir como guía para comprender de una manera fácil y sencilla el funcionamiento del enfriador de agua (Chiller) utilizado en la industria de sacos agroindustriales S. A, así como cada uno de sus componentes, y establecer un programa de mantenimiento detallado para que las personas que laboran en el taller de mantenimiento puedan realizar el mantenimiento a las mismas en las fechas programadas.

Garantizando con esto un correcto servicio y una operación sin interrupciones o paros no programados, siempre y cuando se sigan correctamente las instrucciones para su operación y mantenimiento.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Sacos agroindustriales

1.1.1. Ubicación

La ubicación exacta de Sacos Agrícolas, San Pedro Las Huertas, Apartado 84 Antigua Guatemala, nace en 1,986 con la finalidad de proveer empaque al Grupo DISAGRO, específicamente sacos de polipropileno, con una capacidad instalada de 6.4 millones de sacos anuales.

1.1.2. Visión

Seremos reconocidos a nivel mundial como líderes de calidad, eficiencia, comercialización, servicio e innovación de nuestros productos.

1.1.3. Misión

En Sacos Agroindustriales S.A. fabricamos y comercializamos productos de calidad mundial para envase y empaque, con la finalidad de conservar los productos e imagen de nuestros clientes. Teniendo un crecimiento continuo y bien planificado. Participando con la comunidad con programas de orientación para el uso de productos seguros y reciclables. Contando con recurso humano competente, comprometido y motivado.

1.1.4. Objetivos

El objetivo central de este trabajo es determinar como Sacos Agroindustriales S.A. es una empresa netamente guatemalteca aplica la planeación estratégica como herramienta para seguir siendo la empresa líder en todo Centro América y el Caribe.

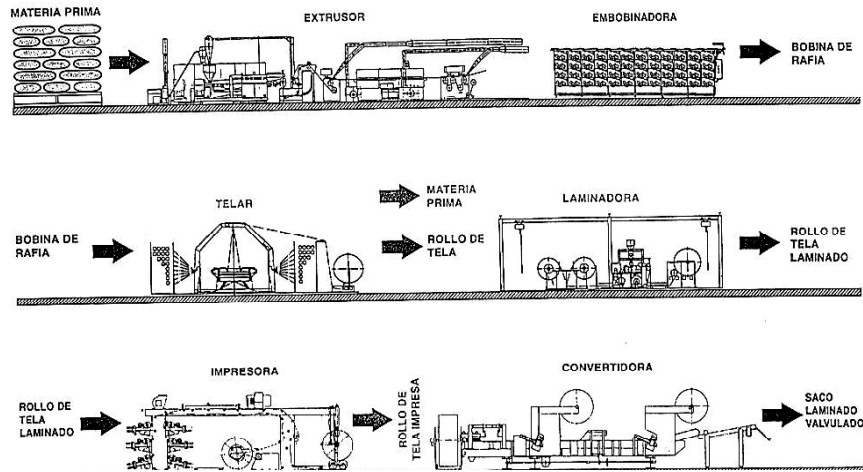
Sacos Agroindustriales S.A. es una empresa que se dedica a cubrir las necesidades que actualmente se identifican en el mercado en lo que corresponde a servicios y productos relacionados con plástico, se ha conformado organizadamente en cinco divisiones: División de Bolsa plástica, División de Lonas de PVC, División de Sacos de polipropileno, División de hilo multifilamento y División de Inyección y soplado.

1.1.5. Productos elaborados

Es una compañía que se dedica a la fabricación de diversos productos de empaque, los cuales están siendo utilizados por diferentes industrias del país, tales como: fertilizantes, azúcar, café, cemento, harina, sal, alimentos concentrados, minerales, bebidas no carbonatadas y carbonatadas, etc. Entre las líneas de producción de Sacos Agroindustriales tenemos los siguientes:

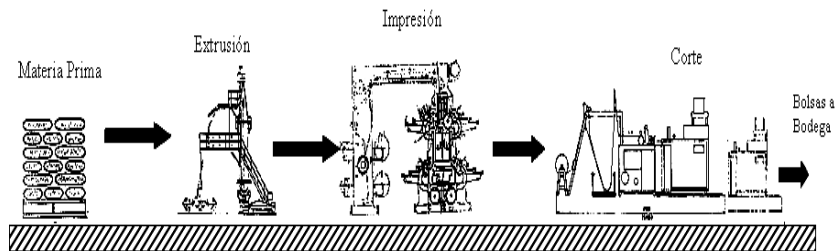
Proceso de saco laminado valvulado, proceso de fabricación de productos de polietileno, proceso de la elaboración del hilo, proceso de elaboración de sacos de yute, soplado, etiquetado, entarimado.

Figura 1. Proceso de fabricación saco laminado valvulado.



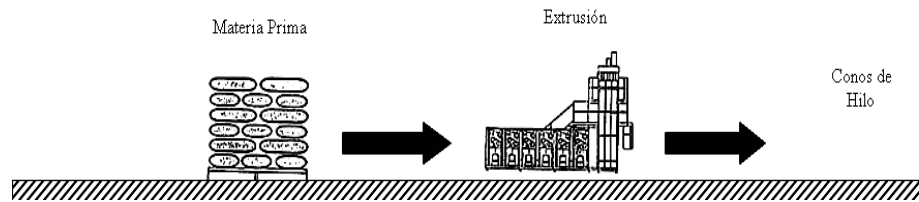
Cortesía. Sacos agroindustriales

Figura 2. Proceso de fabricación de productos de polietileno.



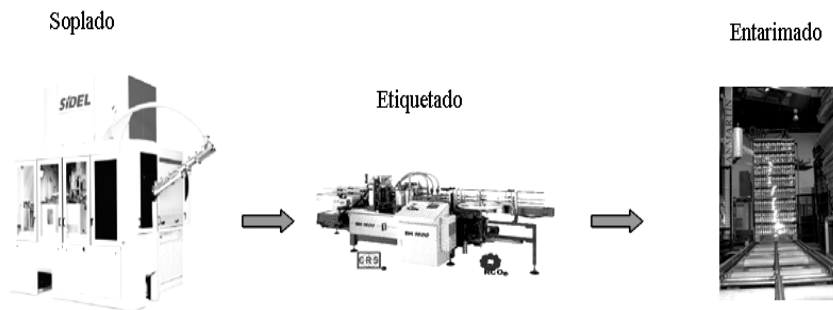
Cortesía. Sacos agroindustriales

Figura 3. Proceso de elaboración de hilo



Cortesía. Sacos agroindustriales

Figura 4. Proceso de la planta de soplado de envases PET



Cortesía. Sacos agroindustriales

1.2. Descripción general y principios de operación del enfriador de agua (chiller).

1.2.1. Aspectos generales

1.2.1.1. Definición

La unidad enfriadora de agua opera mediante el ciclo de refrigeración a base de la compresión de un vapor, y lo que específicamente realiza es extraer el calor de un espacio y rechazarlo posteriormente a otro espacio seleccionado. Para ello cuenta con cuatro componentes básicos y un fluido conocido como refrigerante que circula entre ellos.

En el evaporador se absorbe el calor para nuestro caso, se absorbe calor del agua y al hacer esto la misma baja su temperatura. Al desarrollar este proceso, el fluido que circula (el refrigerante) se evapora y lo toma el compresor donde se le eleva la presión y la temperatura, para luego rechazar en el condensador el calor absorbido a un medio seleccionado aire ambiental.

Al rechazar el calor el refrigerante se condensa y pasa al dispositivo de control donde se baja la presión y la temperatura, y está listo para absorber calor nuevamente en el evaporador.

El sistema de aire acondicionado funciona con procesos meramente de intercambio de calor.

1.2.1.2. Clasificación de chiller

Los enfriadores de agua tienen dos clasificaciones las cuales son las siguientes: chiller enfriados por agua y chiller enfriados por aire, la diferencia de estos dos enfriadores es que, el de agua utiliza en la parte exterior de la casa de máquinas utiliza un equipo que se le conoce con el nombre de torre de enfriamiento, el cual alimenta al chiller, el de aire no utiliza dicha torre.

1.2.1.3. Eficiencia de un enfriador de agua (chiller)

La eficiencia se calcula en base al desempeño del compresor, mediante tablas, las cuales, permiten determinar valores de la eficiencia del mismo, por lo tanto la eficiencia del chiller es la del compresor.

$$EER = \text{Razón de la Eficiencia de Energía} \quad \text{Ec.1}$$

$$EER = (\text{capacidad en Btu/h}) / (\text{consumo en Watts}) \quad \text{Ec.2}$$

$$\text{Costo} = \text{Kilo Watts} / \text{Toneladas de Refrigeración} \quad \text{Ec.3}$$

1.2.2. Componentes principales de un enfriador de agua (chiller)

1.2.2.1. Compresor

Se utiliza una energía mecánica para aumentar la presión, por ende la temperatura del vapor.

1.2.2.2. Condensador

Es donde se condensa el vapor (gas refrigerante) de alta presión, desprendiendo calor a sus proximidades.

1.2.2.3. Evaporador

Es donde se absorbe el calor a una baja temperatura al evaporarse (hervir) un líquido (refrigerante) a baja presión.

1.2.2.4. Válvula de expansión

Es un dispositivo que se usa para regular la entrada en el evaporador del agente refrigerante en su fase líquida, procedente del condensador a través de la correspondiente tubería, conocida como línea de líquido.

El refrigerante líquido a alta presión, que procede del depósito de la unidad condensadora pasa por la válvula de expansión para convertirse en líquido a baja presión. Dicha válvula es la divisoria entre las partes de alta y baja presión del sistema, tiene dos funciones distintas.

Regular la velocidad de admisión de líquido en el serpentín de enfriamiento y consecuentemente controlar la proporción de área superficial interior que se encuentra en contacto con el refrigerante líquido.

Mantener constante la carga del compresor al mantener invariable la presión de succión. El aumento en la carga del sistema de refrigeración origina un incremento en la presión de succión pues el vapor se forma con mayor rapidez, si se mantiene constante esta presión la capacidad refrigerante del compresor es inalterable en todo momento.

1.2.3. Componentes auxiliares

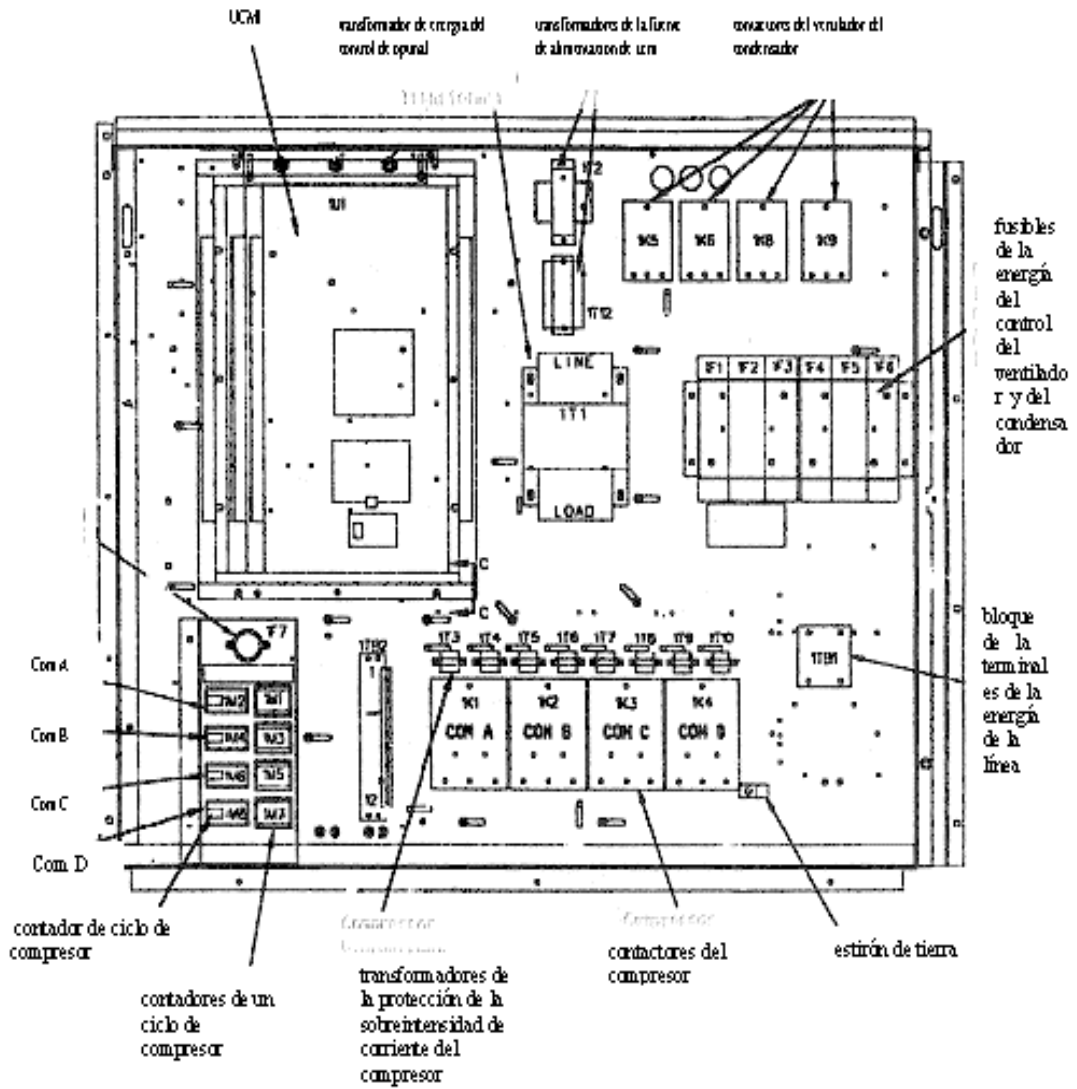
1.2.3.1. Unidad de modulo de control UCM

Está colocado en el panel de control, proporciona varias funciones, entre las estándares se encuentran: control de la temperatura del agua, funciones de la protección de la unidad, funciones de la protección del compresor, control del condensador.

Además proporciona otras opciones entre las cuales se encuentran: control del recalentamiento de la válvula de expansión, contactos corrientes alejados de la indicación y de la alarma, de calibración de enfriado del agua reajuste de temperatura de la zona de temperatura ambiente al aire libre y de temperatura del agua enfriada, interfase de comunicaciones.

Las características principales proporcionadas en el frente de la unidad de módulo de control UCM son las siguientes: exhibición de diagnóstico y de funcionamiento fluorescente de cinco cifras del código, botón anticipado de la exhibición (funcionar la exhibición), interruptor del refrigerador (usado para seleccionar modo de funcionamiento de la unidad), interruptor de la selección del menú (seleccionar servicio o el menú de funcionamiento para la exhibición), potenciómetro enfriado de la calibración del agua, potenciómetro de la calibración de la temperatura del delta del diseño.

Figura 5. Panel de la unidad de módulo de control C60 (UCM)



Cortesía. Manual chiller Trane

1.2.3.2. Termistores

Son dispositivos semiconductores que se comportan como resistencias con un coeficiente de temperatura de resistencia alto y, generalmente negativo.

Un termistor de coeficiente negativo de temperatura (NTC) es aquel cuya resistencia disminuye a medida que la temperatura aumenta, y un termistor de coeficiente positivo de temperatura (PTC) es aquel cuya resistencia aumenta conforme aumenta la temperatura.

Los NTC funcionan por calentamiento externo y son utilizados como sensores de temperatura, mientras que los PTC funcionan por autocalentamiento y se emplean para proteger los componentes electrónicos de un circuito de las sobrecorrientes que aparecen en el encendido del mismo.

En algunos casos, la resistencia de un termistor a temperatura ambiente puede disminuir hasta un 6% por cada 1°C que se eleve la temperatura. Dada esta alta sensibilidad al cambio de temperatura hacen al termistor muy conveniente para mediciones, control y compensar con precisión la temperatura. El uso de termistores está muy difundido en tales aplicaciones, en especial en el rango más bajo de temperatura de -100°C a 300°C.

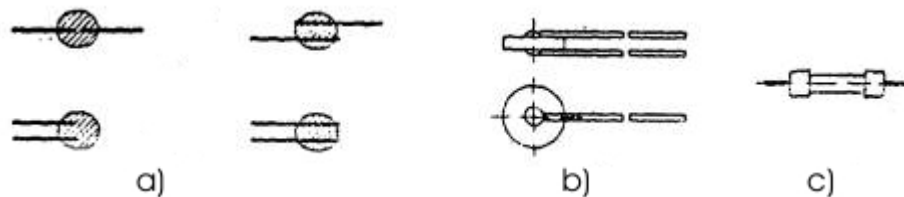
Los termistores se componen de una mezcla sintética de óxidos de metales, como manganeso, níquel, cobalto, cobre, hierro y uranio. Su rango de resistencia va de 0.5 ohms a 75 ohms y están disponibles en una amplia gama de formas y tamaños. Los más pequeños con un diámetro de 0.15 mm a 1.25 mm. Los pequeños se pueden colocar dentro de una barra de vidrio para formar sondas que son más fáciles de montar.

Con ellos se pueden hacer discos y arandelas presionando el material termistor en condiciones de alta presión en formas cilíndrica y plana con diámetros de 2.5 mm a 25mm. Las arandelas se pueden apilar y conectar en serie o paralelo con el fin de incrementar la disipación de potencia.

Los termistores tienen tres características importantes son las siguientes.

- Resistencia y temperatura
- Voltaje y corriente.
- Corriente y tiempo.

Figura 6. Formas constructivas de termistores NTC a. Tipo glóbulo con diferentes tipos de terminales - b. Tipo disco - c. Tipo barra.



Cortesía. Manual chiller Trane

1.2.3.3. Calefactores del cooler

Son resistencias que se encuentran alrededor de la tubería por donde circula el agua del enfriador de agua (chiller), en el interior cuentan con un aislamiento térmico, en el cual aísla las tuberías junto con las resistencias, la función de estas resistencias es calentar el agua cuando disminuya la temperatura del agua por alguna circunstancia, estas resistencias no dejan que el agua se convierta en hielo, y mantiene la temperatura del agua para trabajar a condiciones normales en el chiller.

Figura 7. Calefactores del cooler (evaporador).



Cortesía. Manual chiller Trane

1.3. Mantenimiento

1.3.1. Concepto

El mantenimiento es la serie de trabajos que hay que ejecutar en algún equipo, planta o método a fin de conservarlo y de el servicio para lo que fue diseñado.

Para el administrador el objetivo del mantenimiento es la conservación, ante todo, del servicio que están suministrando los equipos, instalaciones etc.

En las labores de mantenimiento los factores esenciales son:

- Calidad económica del servicio
- Duración adecuada del equipo
- Costo mínimo de mantenimiento

1.3.1. Costo total de servicio

Para calcular el costo del servicio de un equipo dependen de tres factores:

Costo inicial del equipo considerando su depreciación: Acarrea costo elevado, sobre todo que inicialmente su depreciación es acelerada, aunque esto se compense por ser los costos de mantenimientos bajos, pues la expectativa de falla es menor.

Costo de mantenimiento considerando su incremento: Conforme el tiempo, el equipo y sus componentes se desgastan aumentando la frecuencia de falla y como consecuencia los gastos de mantenimiento son mayores.

Costo de falta de servicio: Costo por falla, causa pérdidas en el ingreso que origina la presentación del mismo, de tal manera que el costo total aumenta tanto que se ha prohibido el uso del equipo.

1.3.3. Tipos de mantenimiento

Entre los mantenimientos realizados al enfriador de agua (chiller) podemos mencionar dos importantes los cuales son los que aparecen a continuación.

1.3.3.1. Mantenimiento eléctrico

Este mantenimiento se realiza revisando, limpiando y apretando piezas eléctricas, por ejemplo: la unidad de módulo de control UCM, contactores del compresor, contactores del nivel del ventilador del condensador, fusibles de la energía del control del ventilador y del condensado, fusibles del control del circuito, relés.

1.3.3.2. Mantenimiento de refrigeración

Este mantenimiento se realiza revisando, las terminales del compresor, midiendo las presiones de succión y descarga, esto se realiza para verificar si las presiones son las adecuadas para un trabajo eficiente del chiller.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Situación actual del departamento de mantenimiento.

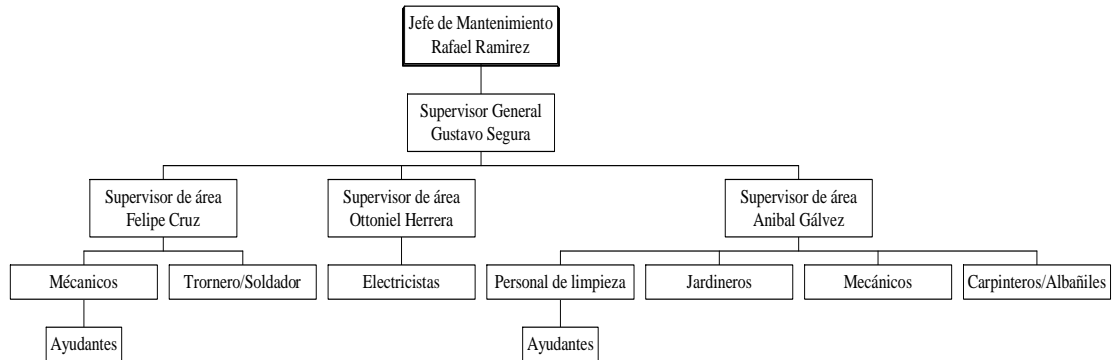
Actualmente el departamento de mantenimiento esta formado por catorce personas siendo las encargadas de:

- Mantener en operación continua, confiable, segura y económica la totalidad de los elementos físicos con los que dispone la empresa para el suministro de servicios
- Velar por la conservación de máquinas, instalaciones y equipos para obtener de ellos los máximos beneficios.

2.1.1. Organigrama.

Para el logro de los objetivos anteriores el departamento de mantenimiento se encuentra organizado por:

Figura 8. Organigrama de sacos agroindustriales



Cortesía. Sacos agroindustriales

2.1.2. Descripción de puestos

A continuación se detallan de una manera breve las tareas que realiza cada persona según el puesto que desempeña.

- **Mecánicos y ayudantes:** son los encargados de velar por el funcionamiento de la maquinaria aplicando mantenimiento preventivo y correctivo.
- **Tornero y soldador:** El tornero es el encargado de la elaboración de tornillos, cojinetes de fricción, todo lo relacionado con trabajo de banco industrial y el soldador es el encargado de soldar en piezas, puertas, ventanas, rejas, etc.
- **Electricistas:** Son los encargados de velar por que las instalaciones eléctricas se encuentren en perfectas condiciones, así como revisar conexiones de motores, aparatos eléctricos entre otros.
- **Personal Limpieza:** son los encargados de la limpieza dentro y afuera de las oficinas, de cada departamento dentro de Sacos Agroindustriales.

- **Jardineros:** Son los encargados del riego, corte, fumigación y conservación de las plantas y áreas verdes con que cuentan Sacos Agroindustriales.
- **Carpintero y albañiles:** Son los encargados de las modificaciones, construcciones o arreglos a cualquier inmueble que sea de madera o de cemento.

2.2. Procesos de producción en los que es utilizado el enfriador de agua (chiller)

2.2.1. Proceso de extrusión

Fabricación de hilo para tejido de polipropileno, el proceso consta de un extrusor con un tornillo sinfin y al final un molde plano para dar espesor del producto, luego entra a una pila de agua a 30 grados centígrados aproximadamente para su enfriamiento para luego pasar por el procedimiento de secado de película el cual se efectúa por medio de ejes perforados y haciendo succión de bombas de vacío. La tela después de haber sido secada se corta al ancho deseado para luego pasar por un horno de estiramiento el cual está entre los 120 y 150 grados centígrados para luego ser pasado por los rodillos de templado el cual consta de rodillos calientes a 90 grados centígrados y cambiándole la temperatura por medio de rodillos fríos estando a 10 grados centígrados para salir así a la embobinadora que consta de 200 embobinadoras una para cada hilo y trabajando a 125 metros por minuto.

Figura 9. Proceso de extrusión



Cortesía Sacos agroindustriales

2.2.2. Proceso de corte

En el proceso de corte se puede realizar de dos maneras, con tela impresa y con tela en blanco cuando se corta con tela en blanco no es necesario que lleve alguna marca de corte y se puede realizar con una medida programada, mientras el corte con tela impresa debe llevar un sistema de marca a las orillas indicando el final del saco.

Cuando la tela sale de laminación o impresión en forma de bobina esta se introduce a la máquina y se procede al enebrado para el corte y de forma automática pasa por unas fajas transportadoras que lo llevan hasta una máquina de costura la cual cose el fondo del saco.

Estas máquinas cortadoras cosedoras tienen la capacidad de corte hasta 42 sacos por minuto.

Figura 10. Proceso de corte



Cortesía. Sacos agroindustriales

2.2.3. Procesos de inyección y soplado

Este proceso se realizan cinchos de seguridad, mas conocidos como arneses, mesitas, pelotas, tinajas, alcancillas, galones, todas estas son fabricadas con materiales como nylon, polipropileno, dichos materiales se inyectan dentro de moldes huecos, a altas temperaturas como por ejemplo el nylon 312 grados centígrados a 320 grados centígrados, el polipropileno, 250 grados centígrados a 360 grados centígrados, cuando se inyecta el material, adquiere la forma del molde, dentro del molde existen tubos de agua, dicha agua proviene de los enfriadores de agua, la cual se encuentra fría, esta es utilizada para enfriar la forma que adquirió en el molde, esto se realiza para que salga a una temperatura, adecuada la cual pasa en una barra transportadora.

2.2.4. Proceso de laminado.

Este proceso trata de cubrir la tela que sale de telares con una pequeña capa de polietileno, este polietileno se aplica de forma líquida sobre la tela y lleva un enfriamiento similar al del proceso de extrusión por medio de un rodillo frío luego por medio de un enebrado este tiene un retorno de tela por medio del cual se lamina de ambos lados, lo que consigue este proceso es evitar el colocar una bolsa plástica adentro del saco. Luego de aplicar las capas de laminado este se rebobina para presentarlo en forma de bobina para el próximo proceso.

Figura 11. Proceso de laminado



Cortesía Sacos agroindustriales

2.3. Localización del enfriador de agua (chiller)

El enfriador de agua (chiller) se encuentra ubicado en un área 49 metros cuadrados dicha área esta compuesta por un cimientado de cemento, se encuentra al descubierto (a cualquier cambio climático).

Este chiller se encuentra con otros tres más los cuales son los siguientes:

- Carrier 30GT-070
- Friger H 70 CSI-040
- Frigomecanica MK80

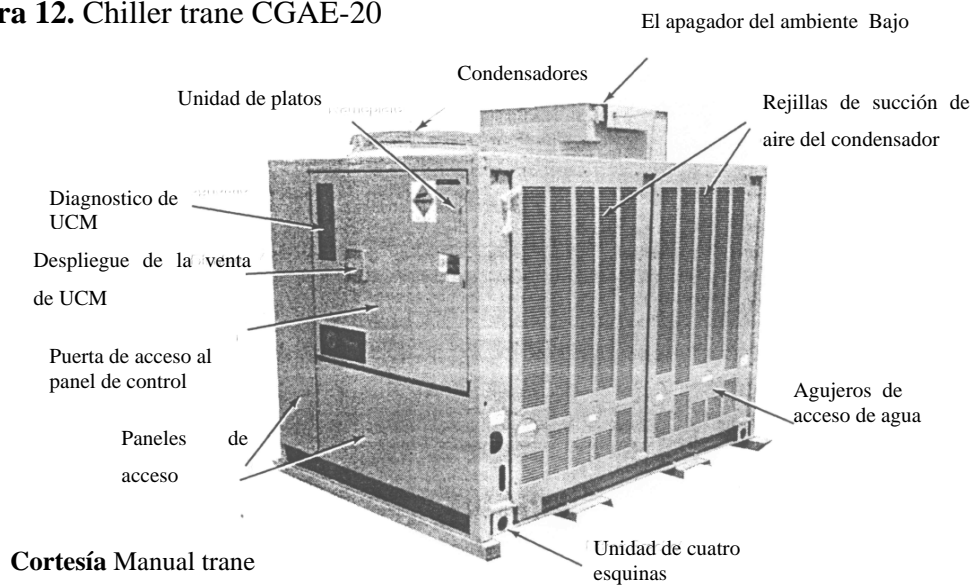
Cada uno de ellos forman un área cuadrada, cada uno de ellos está conformado por una bomba, el del carrier tiene una bomba de 15 HP de capacidad, el friger y el frigomecánica cada uno de ellos una 5 HP, y el trane una de 10 HP, los cuatros chiller son programados en el panel de control para trabajar a diferentes temperaturas por ejemplo 10 grados centígrados, 11 o 12 grados centígrados según la demanda del producto así será la temperatura programada.

2.4. Tipo de chiller utilizado

El enfriador de agua (chiller) utilizado es CGAE- C20 C30- toneladas (marca Trane). Los enfriadores de agua están provistos de cuatro compresores, en los cuales existen dos circuitos de refrigeración. Cada uno de los compresores se conduce por dos circuitos en paralelo y utiliza un sistema de dirección de aceite pasivo para mantener el nivel de aceite de compresor apropiado. El mando de control para estas unidades es un microordenador (UCM) unidad de módulo de control, esta gobierna el funcionamiento de la unidad de respuesta a temperatura de agua enfriada que deja el evaporador. El refrigerante están al lado del evaporador de tipo de concha y tubo se fabrica en de acuerdo con las normas de ASME. Cada evaporador se aísla y equipa con una conexión de desagüe. Los diagramas, el manual de instalación, la operación y el mantenimiento se encuentran en el panel de control.

El agua suministrada de los enfriadores de agua proviene de la tubería que abastece la municipalidad, esta entra a un depósito el cual está dividido en dos partes iguales, en la primera se encuentra agua fría y en la segunda se encuentra agua caliente, el agua fría es suministrada a los diferentes procesos por medio de una bomba tales procesos son como corte, laminado, extrusión, inyección y soplado, ya utilizada dicha agua es depositada en la segunda parte del depósito en la cual se encuentra el agua caliente, que es enviada por medio de una bomba la cual entra a cada chiller, estos son accionados según la temperatura en la cual se encuentra el agua caliente en el segundo depósito. Por ejemplo el chiller número uno está programado para trabajar a una temperatura de 10 grados centígrados, si la temperatura es más alta que los diez, pasa al segundo chiller el cual está programado a una temperatura de 11 Celsius, así sucesivamente hasta llegar al cuarto chiller, el agua enfriada es enviada por medio de una bomba la cual se encuentra afuera del chiller y es la encargada del retorno del agua fría al tanque de agua, se vuelve a repetir el proceso esto quiere decir que el sistema de refrigeración es cerrado, no hay pérdida de agua.

Figura 12. Chiller trane CGAE-20



2.5. Listado de accesorios, equipos y condiciones en las que se encuentran.

Los accesorios del enfriador de agua (chiller), son los siguientes:

- Condensador
- Evaporador
- Válvula de expansión
- Compresor
- Termostato
- Termistores
- Presostatos
- Ventilador del motor del condensador
- Capacitor del condensador
- Contactor del condensador

Las condiciones del chiller son condiciones normales, esto quiere decir que trabaja sin ningún inconveniente, las condiciones van a cambiar cuando la demanda de la producción de la empresa aumente, esto produce un mayor esfuerzo de la máquina.

2.6. Mantenimientos realizados al chiller

2.6.1. Tareas realizadas.

Las tareas realizadas al chiller son las siguientes:

- Revisar carga de gas de circuito refrigerante
- Revisar selenoide de circuito refrigerante
- Revisar válvula de expansión de circuito refrigerante
- Revisar aislamiento de circuito refrigerante

- Revisar condición de serpentín de evaporador
- Revisar transformador de evaporador
- Revisar termostato de controles
- Revisar Timer de controles
- Revisar condición de serpentín de condensador
- Revisar compresor de condensador
- Revisar motor ventilador del condensador
- Revisar capacitor de el condensador
- Revisar contactores de condensador
- Revisar nivel de aceite de el condensador
- Revisar filtros de aceite y nivel de los compresores
- Cojinetes de la bomba de agua
- Abrazaderas de la bomba de agua

2.6.2. Periodicidad

Las tareas realizadas tienen una periodicidad, semanal, mensual, anual, en la semanal, chequear el panel de control donde se revisa la tarjeta de la unidad de modulo de control (UCM), la cual permite ver la operación, el diagnóstico actual y permite graduar la temperatura que se desea enfriar el agua, para realizar las tareas antes mencionadas se debe presionar el interruptor el cual desplegara los códigos de operación, el último código de diagnóstico, otro código de diagnóstico , la temperatura que se desea enfriar el agua, temperatura del agua al evaporador, temperatura a la salida del evaporador, entre los códigos de operación podemos mencionar:

- 00 Paro de la unidad
- 01 Control manual
- 02 Control remoto
- 21 Nivel de enfriamiento 1

- 22 Nivel de enfriamiento 2
- 23 Nivel de enfriamiento 3
- 24 Nivel de enfriamiento 4
- 100 Paro de la unidad externa
- 101 Nivel de congelación completa
- 121 Nivel de congelación 1
- 122 Nivel de congelación 2
- 123 Nivel de congelación 3
- 124 Nivel de congelación 4

La periodicidad mensual consiste en medir las presiones de los compresores, succión y descarga nivel de aceite, revisar los amperajes de los compresores, limpieza exterior e interior del tablero, limpieza de los contactores del compresor, limpieza de los contactores del nivel del ventilador del condensador, revisar el serpentín del condensador, y el del evaporador, revisar fusibles de la energía del control del ventilador y del condensador, fusibles del control del circuito, relés, la ubicación del bulbo de la válvula de expansión.

La periodicidad anual podemos encontrar todo lo anterior con la única diferencia que se realiza una revisión más detallada, por ejemplo se cambia los filtros de aceite de los compresores, aceite. Podemos decir que se realiza una periodicidad enfocada más al mantenimiento de refrigeración.

3. DESCRIPCIÓN Y PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA ENFRIADORES DE AGUA (CHILLER)

3.1. Descripción y localización de accesorios y equipos

3.1.1. Compresor

Este componente recibe el vapor del refrigerante de baja presión es el encargado de elevar la presión y la temperatura del vapor debe ser lo suficiente comprimido para tener una temperatura de saturación mayor que la temperatura del medio usado para enfriarlo, para entregarse al condensador, esta área es conocida como alta presión.

3.1.2. Condensador

Este componente recibe el gas a una presión y temperatura elevada, esta área se conoce como refrigerante de alta presión, la cual es eliminada en la condensación por medio del condensador, el líquido refrigerante puede pasar a un receptor o depósito para almacenamiento.

3.1.3. Evaporador

Este componente recibe el vapor ya regulado por medio de la válvula de expansión, el evaporador es el que determina la temperatura que se desea mantener en el espacio enfriado, pasando el líquido por el evaporador esta área se conoce como refrigerante de baja presión, luego ingresa al compresor.

3.1.4. Válvula de expansión

Este componente es el encargado de efectuar el estrangulamiento (caída) hasta la presión que tiene en el evaporador del sistema, durante el paso del líquido en la válvula de expansión se enfría el líquido refrigerante a expensas de la evaporación de una parte del líquido.

3.1.5. Componentes auxiliares

Entre los componentes auxiliares podemos mencionar la unidad de módulo de control (UCM), esta es la encargada del control de la temperatura del agua, función es de la protección de la unidad, funciones de la protección del compresor, control del condensador.

También podemos mencionar los termistores los cuales son dispositivos semiconductores que se comportan como resistencias con un coeficiente de temperatura de resistencia alto y, generalmente negativo.

Por último tenemos los calefactores del evaporador son resistencias que se encuentran alrededor de la tubería por donde circula el agua del chiller, en el interior cuentan con un aislamiento térmico.

En el cual aísla la tubería junto con las resistencias, la función de estas resistencias es calentar el agua cuando disminuya en un intervalo de 7 a 8 grados centígrados, por alguna circunstancia, estas resistencias no dejan que el agua se convierta en hielo, y mantiene la temperatura del agua para trabajar a condiciones normal en el chiller.

3.2. Inventarios de repuestos y accesorios necesarios para realizar mantenimiento

Los repuestos y accesorios para realizar el mantenimiento son los siguientes:

- Gas refrigerante
- Válvula de expansión
- Aisladores para circuitos eléctricos
- Resistencias, termistores y relés
- Contactores para compresores y evaporadores
- Tuberías de cobre, uniones, gas map
- Termostatos y presostatos de los controles
- Capacitadores para los condensadores
- Aceite, filtros para el compresor y el condensador
- Equipo de medición de variables eléctricas (multímetro digital), con capacidad de medir voltaje, resistencia, amperaje, frecuencia, juego de desarmadores de todo tipo
- guantes, casco, instrumento para medición de presiones
- Instrumentos eléctricos y mecánicos

3.3. Listado de problemas y sus soluciones

En toda maquina existen problemas mínimos y en otras problemas complejos, en los chiller existen problemas que conforme al uso se van desgastando las piezas, cambio de filtros, de aceite, todo esto refiriéndonos a lo mecánico, a lo eléctrico cuando se quema un fusible, contactor, presostatos, capacitores, la solución es aplicar un mantenimiento preventivo el cual esta basado en la programación de la actividades de mantenimiento a intervalos de tiempo, la función es anticiparse a las fallas, en este caso existen rutinas mensuales y anuales.

3.4. Periodicidad de mantenimiento

La periodicidad del manteniendo debe de seguir los procedimientos de mantenimiento e inspecciones a los intervalos recomendados. Esto prolongará la vida del equipo y reducirá la posibilidad de costos elevados para la empresa.

El operario es fundamental para el mantenimiento debido que es el encargado de llevar una hoja de registro de todas las condiciones de la máquina y puede ser una valiosa herramienta de diagnóstico para el personal de servicio. Notando las tendencias en las condiciones que esta operando, el operador puede prevenir a menudo las situaciones del problema antes de que ellos se pongan más complejos.

3.4.1. Mantenimiento semanal

Cuando la unidad este encendida y haya estado operando durante aproximadamente 10 minutos y el sistema ha estabilizado, cheque que opera a las condiciones normales.

Chequear el nivel de aceite el cual debe ser visible en el vidrio del compresor está encendido, operar los compresores por un mínimo de tres a cuatro horas cuando se

verifique el nivel, deberá chequearse cada 30 minutos. Si el aceite no está en el nivel apropiado después de este periodo, deberá de agregar o quitar el aceite para que trabaje a condiciones óptimas.

Chequear la presión de succión y descarga, verificar el nivel de refrigerante, si es el adecuado para que opere la presión de succión y descarga en condiciones óptimas, sin el nivel de refrigerante no se encuentra normal, puede provocar un enfriamiento muy bajo o puede provocar un calentamiento, esto puede elevar la presión, la que causa pérdida de aceite

3.4.2. Mantenimiento mensual

Para la realización del mantenimiento mensual se tienen que realizar todos los pasos del mantenimiento semanal.

Llevar un registro de medida del sistema caliente y del sub-enfriado, manualmente revise los orificios del condensador, para verificar que todos los orificios se encuentren en condiciones adecuadas para realizar su trabajo. Para prevenir lesión o muerte debido al choque eléctrico, desconéctelo.

3.4.3. Mantenimiento anual

Para la realización del mantenimiento anual se tienen que realizar todos los pasos del mantenimiento semanal y mensual.

Este mantenimiento se debe realizar con personal técnicamente calificado el cual deberá inspeccionar las condiciones y reemplazar los compresores y contactores si es necesario.

Inspeccionar los conductos de agua del desagüe del evaporador que no existan impedimentos o fugas, que se encuentre en buenas condiciones de trabajo, en caso que los tubos se encuentren dañados el agua debe ser llevada lo mas lejos posible.

Limpiar la parte exterior del evaporador que no exista ninguna partícula que perjudique el proceso, limpiar las aletas del condensador con desengrasante esto ayuda a que la unidad se mantenga en condiciones apropiadas, esto provoca una mayor eficiencia en el chiller, al limpiar estas aletas, las presiones no deben ser muy altas debido que pueden dañar las aletas del condensador, se utiliza un cepillo y pulverizador, además, se utiliza un detergente de calidad superior.

Si el detergente es fuertemente alcalino (tiene un valor del ph mayor que 8.5) después de mezclar, debe agregar un inhibidor.

Inspeccionar la válvula de expansión, dándose cuenta que el bulbo del sensor de la válvula de expansión deben hacer el buen contacto con la succión y que esté aislada apropiadamente, deberá ser limpiada con mucha precaución.

Inspeccionar el nivel de aceite del compresor, filtros, presiones de succión y descarga, cojinetes, manómetros, uniones, abrazaderas, todos las inspecciones descritas anteriormente se deben realizar con la máquina parada.

4. IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA ENFRIADORES DE AGUA(CHILLER)

4.1. Procedimientos para la realización de mantenimiento

Estos procedimientos deben estar a cargo del área de mantenimiento, su equipo técnico está compuesto por personas especializadas, tanto ingenieros industriales y mecánicos así como operarios capacitados en el área de mantenimiento para realizar los siguientes procedimientos:

4.1.1. Limpieza de la bobina

Los cuatro compresores cuentan con cuatro contactores y cuatro bobinas, estas se encuentran junto a ellos, los contactores se revisan, el amperaje, voltaje, en el caso de la bobina es un poco más complejo debido a que hay que desarmar el contactor y la bobina, requiere un mayor tiempo, en caso que sea necesario se desarma, lo cual da como resultado medir la continuidad de la bobina, limpiarla con una brocha, para ver que no exista alguna partícula que afecte el contacto entre la bobina y el contactor del compresor, y en casos muy extremos se debe cambiar la bobina por otra nueva.

4.1.2. Limpieza del evaporador

La limpieza consiste en rociar el químico a presión este provee limpieza efectiva y profunda a serpentines evaporadores y ayuda a regresar la eficiencia de los sistemas.

Este químico es biodegradable, no tóxico, fácil de usar y es una combinación de agentes limpiadores y desodorizantes. Ayuda a limpiar el drenaje de los sistemas y es aceptado por la USDA para uso en plantas de procesamiento de comestibles.

Para la limpieza del condensador se utiliza el químico espumante para condensadores a la intemperie, este se aplica a presión. Su fórmula es efectiva al remover grasa, hojas, insectos, plumas y la película del humo negro. Limpia y deja los serpentines brillantes.

4.1.3. Tratamiento de agua

Todo proceso donde se requiera agua deberá ser tratado debido a que el agua tiene un potencial de hidrógeno (ph) significa la concentración de iones de hidrógeno de agua ácida o alcalina, los intervalos de acidez están dentro de 0 a 6 de ph y los intervalos alcalinos están de 8 hasta 14 de ph.

En estos procesos se trabaja con un $ph = 7$, este se considera como óptimo, para dichos procesos, para lograr este nivel de ph se necesita colocar secuestrantes químicos los cuales permiten disminuir el calcio y el magnesio, también evitar la corrosión dentro de la tubería donde recorre el agua, podemos decir que es preferible trabajar con agua alcalina que con una ácida debido a que la acidez provoca corrosión de las tuberías, respecto a la alcalina que provoca incrustación.

Antes de aplicar el secuestrante químico (desincrustante) se realiza una purga en el depósito de agua, para limpiar el depósito se aplica un químico que permite la limpieza de la tubería de entrada y de salida del enfriador de agua y del depósito, este químico permanece por 30 minutos, luego se abre el paso del agua, y a continuación se realiza otra purga, esta se realiza para remover todo el químico dentro del depósito y las

tuberías, por ultimo se llena el tanque de agua, donde se aplica el secuestrante químico(desincrustante), este va a mantener el nivel de ph = 7.

4.1.4. Porcentaje de glycol utilizado en el agua

El glycol se utiliza para que no se cristalice el agua dentro del (chiller), este porcentaje va dependiendo del rango de operación en que se requiera enfriar el agua para determinado proceso de producción.

A continuación se presenta una tabla donde se muestra la temperatura y el porcentaje de contenido de glycol que se debe agregar en el agua

Tabla I. Porcentaje de glycol en el agua a cierta temperatura.

Temperatura de salida grados celsius	Porcentaje mínimo de glycol	Punto de congelación del glycol en grados celsius
3.9	8%	-3.3
3.3	8%	-3.3
2.8	8%	-3.3
2.2	8%	-3.3
1.7	14%	-6.1
1.1	14%	-6.1
0.6	14%	-6.1
0.0	14%	-6.1
-0.6	14%	-6.1
-1.1	19%	-9.4
-1.7	19%	-9.4
-2.2	19%	-9.4
-2.8	19%	-9.4
-3.3	19%	-9.4
-3.9	24%	-11.1

4.1.5. Registro de mantenimiento del operador

El registro de mantenimiento del operador, es fundamental debido a que se lleva un control o registro de como va evolucionando el enfriador de agua (chiller), de los procesos en los cuales es utilizado.

Las personas del departamento de mantenimiento, son las encargadas de realizar la tarea de dar los servicios a toda la maquinaria y equipo, así como mantener reportes y controles sobre los programas y prevenciones de los mismos.

4.2. Hoja de registro

La hoja de registro consiste en llevar un registro del mantenimiento que se realiza ya sea semanal, mensual, y anual es importante debido, a que conforme se realizan los mantenimientos, estamos observando las condiciones de trabajo de los enfriadores de agua (chiller).

4.2.1. Hoja de tareas realizadas

Esta consiste en llevar el registro del mantenimiento que se desea realizar, que pueden ser: semanal, mensual, anual, continuación se mostrara un ejemplo de una hoja de tareas realizadas.

Tabla II. Hoja de inspección

HOJA DE INSPECCION

Equipo: _____ Modelo: _____ Serie: _____

Marca: _____ Fecha: _____

Frecuencia		Mantenimiento	Lecturas
Semanal	S 1	Revisar temperatura de entrada	
	S 2	Revisar temperatura de salida	
	S 3	Revisar el nivel de aceite de los compresores	
Mensual	S	Realizar el mantenimiento semanal	
	M2	Revisar presión de succión de circuito 1 y 2	
	M3	Revisar presión de descarga de circuito 1 y 2	
	M4	Revisar resistencia de sistema de congelación del evaporador	
	M5	Revisar fusibles y contactores del condensador	
	M6	Revisar fusibles y contactores del compresor	
	M7	Revisar nivel del bulbo de la válvula de expansión	
	M8	Limpiar las aletas del condensador	
	M9	Revisar aislamiento del circuito refrigerante	
Anual	M	Realizar el mantenimiento mensual	
	A 1	Revisar continuidad de los compresores	
	A 2	Revisar los termistores	
	A 3	Revisar los conductos del evaporador que no existan fugas	

Materiales: _____

Observaciones: _____

Técnicos: _____

Vo. Bo.

Nombre

Firma

4.2.2. Hoja de programación

Esta hoja consiste en establecer la programación del mantenimiento, de la siguiente forma:

➤ ***Programación Semanal:***

- Revisar la temperatura de entrada
- Revisar la temperatura de salida
- Revisar el nivel de aceite de los compresores

➤ ***Programación Mensual***

- Realizar programación semanal
- Revisar presión de succión de circuito 1 y 2
- Revisar presión de descarga de circuito 1 y 2
- Revisar resistencia del sistema de descongelación del evaporador
- Revisar fusibles y contactores del condensador
- Revisar fusibles y contactores del compresor
- Limpiar las aletas del condensador
- Revisar la ubicación del bulbo de la válvula de expansión
- Revisar aislamiento del circuito refrigerante.

➤ ***Programación Anual***

- Realizar programación mensual
- Revisar la continuidad de los compresores
- Revisar los conductos del evaporador que no existan fugas
- Revisar los termistores
- Revisar los conductos del evaporador
- Cambiar filtros de aire, aceite, cojinetes, abrazaderas, etc.

4.3. Seguimiento del plan de mantenimiento

El seguimiento del plan de mantenimiento es fundamental debido a que se enfoca hacia el servicio que proporciona la máquina y no a la misma, el mantenimiento se realiza en función del servicio que presta la máquina, y por lo tanto estas deben recibir atención desde el punto de su preservación, y mantener su ciclo de vida para lo que fueron diseñadas y por lo que respecta al servicio que estas ofrecen.

4.3.1. Auditorías internas

Estas auditorías internas se basan en la periodicidad que se realiza al enfriador de agua, el encargado de realizar estas auditorías es el departamento de mantenimiento, que tienen la tarea de dar los servicios a toda la maquinaria y equipo, así como mantener reportes y controles sobre los programas y prevenciones de los mismos las cuales se pudieron observar en el punto 2.6.1 donde existen varios tipos de tareas que se deben de realizar al chiller.

4.3.2. Auditorías externas

Estas auditorías externas consiste en la contratación de una empresa independiente, la cual tenga personal calificado, estas auditorías no la pueden realizar el personal de la empresa, debido al tiempo, y la capacitación que ellos necesitan.

CONCLUSIONES

1. Los enfriadores de agua, son máquinas que operan mediante el ciclo de refrigeración a base de la compresión de un vapor, y lo que específicamente realizan es extraer el calor de un espacio y rechazarlo posteriormente a otro espacio seleccionado.
2. Los chiller tienen dos clasificaciones, las cuales son las siguientes: enfriados por agua y por aire, la diferencia de estos dos enfriadores de agua es que, el primero utiliza en la parte exterior de la casa de máquinas un equipo que se le conoce con el nombre de torre de enfriamiento, en el otro tipo, el agua circula dentro de él y/o necesita de una torre de enfriamiento.
3. Los componentes principales del sistema de refrigeración del chiller son: compresor, condensador, válvula de expansión, evaporador.
4. El chiller se utiliza para procesos agro-textiles, siendo los más importantes: el proceso de extrusión, corte, laminado, inyección y soplado; dichos procesos utilizan el agua enfriada por el chiller, para enfriar el producto hecho y en algunos casos partes de la maquinaria.

5. El chiller utilizado es de aire, el cual está provisto de dos compresores, en los cuales existen dos circuitos de refrigeración. Cada uno de los cuatro compresores se conduce por dos circuitos en paralelo, y utiliza un sistema de dirección de aceite pasivo para mantener el nivel de aceite del compresor apropiado. El mando de control para estas unidades es un microordenador (UCM) unidad de módulo de control.

6. Los mantenimientos realizados al chiller fueron de tipo eléctrico y tipo mecánico, los cuales tienen una periodicidad semanal, mensual, anual; estos mantenimientos pueden ser realizados con personal propio de la empresa o personal de una empresa independiente a ésta.

RECOMENDACIONES

1. Los procedimientos del mantenimiento deben estar a cargo del área de mantenimiento, el equipo técnico debe estar compuesto por personas especializadas tanto ingenieros industriales y mecánicos como operarios capacitados para realizar los mantenimientos
2. El agua utilizada en el chiller para los procesos debe tener un $\text{ph} = 7$, éste se considera como óptimo para dichos procesos; para lograr este nivel de ph se necesita colocar secuestrantes químicos los cuales permiten disminuir el calcio y el magnesio, también evitar la corrosión dentro de la tubería donde recorre el agua, podemos decir que es preferible trabajar con agua alcalina que con una acidez debido a que la ésta provoca corrosión en las tuberías, respecto a la alcalina que provoca incrustaciones.
3. Los mantenimientos realizados al chiller deben cumplirse con la periodicidad establecida, ya que al no realizarse, estos irán deteriorando la máquina, la cual producirá un mantenimiento correctivo en lugar de un mantenimiento preventivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Althous, Andrew; Carl Turquist y Alfred Bracciano. **Moder Refrigeration and Air Conditioning**. E.E.U.U. The Goodhert-Willcox Company, Inc, 1966.
2. Carrier Internacional. **Manual de aire acondicionado Carrier**. México: Editorial Marcombo, 1992.
3. Chiller 30GTN 0/5-025. **Reciprocating Liquid**.
4. Chiller Carrier. **Manual Operating And Maintenance**.
5. Chiller Frigel Firenze. **Manual Operating**.
6. Chiller Portable, **Manual Operating And Instalation AEC**.
7. Dossat, Roy J. **Principios de Refrigeración**. México: Compañía Editorial Continental, S. A. 1980.
8. www.york.com 13/01/2006.