



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE UNA PLANTA QUÍMICA**

TESINA

Que para obtener el título de

Especialista en Ahorro y Uso Eficiente de la Energía

P R E S E N T A

SALINAS LÓPEZ KYM BETZABETH

DIRECTOR DE TESINA

M.I. GUILLERMO SÁNCHEZ LIÉVANO



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 7 |
| 1. MARCO CONTEXTUAL | 8 |
| 1.1. ANTECEDENTES | 8 |
| 1.2. SITUACIÓN ACTUAL | 8 |
| 1.3. PROBLEMÁTICA | 10 |
| 1.4. OBJETIVOS | 10 |
| 1.4.1. <i>General</i> | 10 |
| 1.4.2. <i>Específicos</i> | 10 |
| 2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL..... | 11 |
| 2.1. ENERGÍA ELÉCTRICA | 11 |
| 2.1.1. <i>Comportamiento del sector químico industrial nacional</i> | 11 |
| 2.1.2. <i>Costo de la energía</i> | 12 |
| 2.2. ENERGÍA TÉRMICA | 13 |
| 2.2.1. <i>Comportamiento del sector industrial nacional</i> | 13 |
| 2.2.2. <i>Costo del gas L.P.</i> | 14 |
| 2.3. INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO | 16 |
| 2.3.1. <i>Caldera</i> | 16 |
| 2.3.2. <i>Chiller</i> | 16 |
| 2.3.3. <i>Intercambiador de calor de placas</i> | 17 |
| 2.3.4. <i>Bomba</i> | 17 |
| 2.4. TIPOS DE MANTENIMIENTO | 17 |
| 2.4.1. <i>Mantenimiento correctivo</i> | 18 |
| 2.4.2. <i>Mantenimiento periódico</i> | 18 |
| 2.4.3. <i>Mantenimiento programado</i> | 18 |
| 2.4.4. <i>Mantenimiento predictivo</i> | 19 |
| 2.4.5. <i>Mantenimiento bajo condiciones</i> | 19 |
| 2.4.6. <i>Mantenimiento preventivo</i> | 19 |
| 3. ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL..... | 20 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.1. | PRODUCTOS ELABORADOS | 20 |
| 3.2. | ENERGÍA ELÉCTRICA | 21 |
| 3.2.1. | <i>Análisis de facturación de la energía eléctrica</i> | 22 |
| 3.2.1.1. | Consumo de energía eléctrica facturada | 22 |
| 3.3. | ENERGÍA TÉRMICA | 24 |
| 3.4. | PROCESO PRODUCTIVO..... | 25 |
| 3.4.1. | <i>Proceso térmico caliente</i> | 27 |
| 3.4.1.1. | Calentador..... | 27 |
| 3.4.1.2. | Bomba del calentador | 30 |
| 3.4.1.3. | Tubería..... | 32 |
| 3.4.2. | <i>Proceso térmico frío</i> | 34 |
| 3.4.2.1. | Chiller | 35 |
| 3.4.2.2. | Tanque de agua fría | 37 |
| 3.4.2.3. | Intercambiador de calor de placas | 37 |
| 3.4.2.4. | Bombas de enfriamiento | 38 |
| 3.4.3. | <i>Indicador energético</i> | 38 |
| 3.4.3.1. | Consumo de energía por unidad producida en el área de fabricación | 39 |
| 3.4.3.2. | Costo por energía por cada litro producido | 39 |
| 3.4.3.3. | Otros Indicadores | 39 |
| 4. | ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS..... | 40 |
| 4.1. | PROCESO TÉRMICO CALIENTE..... | 40 |
| 4.1.1. | <i>Calentador</i> | 40 |
| 4.2. | PROCESO TÉRMICO FRÍO..... | 40 |
| 4.2.1. | <i>Intercambiador de calor</i> | 40 |
| 4.2.2. | <i>Chiller</i> | 40 |
| | CONCLUSIONES | 42 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 43 |

ANEXOS

| | |
|---|----|
| ANEXO 1. MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL CALENTADOR..... | 46 |
| ANEXO 2. MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR | 61 |

IMÁGENES

| | |
|---|----|
| Imagen 1. Ubicación geográfica..... | 9 |
| Imagen 2. Elementos del sistema de producción..... | 26 |
| Imagen 3. Calentador..... | 27 |
| Imagen 4. Termografía de la chimenea del calentador..... | 28 |
| Imagen 5. Desgaste de tubería..... | 28 |
| Imagen 6. Motor de la bomba del calentador..... | 31 |
| Imagen 7. Termografía del motor de la bomba del calentador..... | 31 |
| Imagen 8. Tubería sin aislante..... | 33 |
| Imagen 9. Tubería con aislante degradado..... | 33 |
| Imagen 10. Conexión de tubería en mal estado..... | 34 |
| Imagen 11. Chiller..... | 36 |
| Imagen 12. Intercambiador de calor de placas de la empresa..... | 37 |
| Imagen 13. Informe general de rutina. Elaboración propia..... | 54 |
| Imagen 14. Orden de servicio. Elaboración propia..... | 55 |

| | |
|---|----|
| Imagen 15. Componentes del Intercambiador de calor..... | 64 |
| Imagen 16. Informe general de rutina. Elaboración propia..... | 71 |
| Imagen 17. Orden de servicio. Elaboración propia..... | 72 |

GRÁFICAS

| | |
|---|----|
| Gráfica 1. Costo de la energía eléctrica. Elaboración propia. | 12 |
| Gráfica 2. Demanda nacional de gas L.P. por sector (participación porcentual) ... | 13 |
| Gráfica 3. Demanda de combustibles en el sector industrial, 2015 (porcentual) ... | 14 |
| Gráfica 4. Frecuencia de aumentos de precios de gas L.P..... | 15 |
| Gráfica 5. Frecuencia de decrementos de precios de gas L.P. | 15 |
| Gráfica 6. Gas L.P. Precios al consumidor y número de empresas distribuidoras por entidad federativa..... | 16 |
| Gráfica 7. Producción de la empresa en el año 2016. Elaboración propia..... | 21 |
| Gráfica 8. Consumo mensual 2016-2017..... | 23 |
| Gráfica 9. Costos anuales del ventilador y la bomba. | 30 |
| Gráfica 10. Consumo anual de energía por equipo..... | 35 |

TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Consumo de energía en el sector industrial (Pentajoules) en el 2016 y 2017. Elaboración propia. Con los datos del Balance Nacional de Energía 2017 de la Secretaría de Energía. | 11 |
| Tabla 2. Producción de la empresa en el año 2016 | 20 |
| Tabla 3. Valores de demanda, consumo, F.P. y costo total antes de IVA. Elaboración propia. | 23 |
| Tabla 4. Consumo anual de Gas L.P. (L y MJ)..... | 24 |
| Tabla 5. Mediciones de gases de combustión..... | 29 |
| Tabla 6. Estado actual del ventilador de la caldereta de fluido térmico. | 29 |
| Tabla 7. Estado actual de la bomba de la caldereta de fluido térmico. | 30 |
| Tabla 8. Características del chiller. Elaboración propia..... | 35 |
| Tabla 9. Carga térmica del chiller..... | 36 |
| Tabla 10. Características de las bombas de enfriamiento..... | 38 |
| Tabla 11. Consumo y facturación del área de ionizada..... | 38 |
| Tabla 12. Datos de consumo de energía. | 39 |
| Tabla 13. Nueva tecnología (Chiller enfriado por aire mod. YCAL)..... | 41 |
| Tabla 14. Diagnósticos comunes del sistema | 57 |

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el costo energético utilizado por un centro de trabajo representa una parte importante de los costos operativos de las pequeñas y medianas empresas (PyMEs).

Debido a eso se debe comprender el uso final de la energía dentro de la organización, para poder gestionar su uso e implementación de sistemas tanto de ahorro como de gestión de la energía. Estableciendo así estrategias para controlar el consumo de energía.

El presente trabajo desarrolla un plan de mantenimiento a los equipos principales del sistema térmico caliente y frío, así como un cambio de chiller de una empresa de envasado.

En el primer capítulo se describe la situación y problemática del sistema de la empresa.

En el segundo capítulo se da una visión general del consumo energético final por sector y de la industria química, así como su evolución en esos años.

El tercer capítulo describe todo el diagnóstico realizado a la empresa tanto eléctrico como término a cada uno de los componentes del sistema.

Finalmente, en el cuarto capítulo se presenta una propuesta para cambiar, completar y mejorar el uso actual de los componentes del sistema de la empresa.

1. MARCO CONTEXTUAL

1.1. Antecedentes

En un proceso químico se intentó establecer el valor base utilizando tres productos cosméticos para proponer mejoras y/o cambios al sistema actual y posteriormente se realizaría una comparación del modelo simulado con los datos que se tienen del sistema actual y concluir si es factible y económicamente viable para la empresa.

El resultado a esto es que no se pudo obtener los datos necesarios, ya que las empresas consideran esto una información de propiedad industrial, por lo tanto, no hay manera de acceder a ella de forma directa ni indirecta.

Específicamente en esta empresa los derechos de producción no son propios, debido a que solo se envasa el producto. Entonces, con base al funcionamiento actual se buscará reducir el consumo de energía en sus componentes principales.

1.2. Situación actual

Para este trabajo se utilizó la información del proyecto PYME-CONACYT No. 249322.¹

Es una empresa mexicana, fundada en 1998, especializada en acondicionar y envasar aerosoles, líquidos y geles para el sector industrial, cosmético, automotriz y el hogar. Su clasificación empresarial pertenece a la industria química.

La empresa cuenta con un área de planta de 7,000 m² y un patio de carga y descarga de 2,000 m² así como almacenes de recepción de materia prima y entrega de producto terminado, en el Estado de México. En la Imagen 1 se muestra un enfoque satelital de la ubicación geográfica de la empresa.

¹ (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)



Imagen 1. Ubicación geográfica.

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

Para realizar su proceso productivo, la empresa emplea energía eléctrica suministrada por la Comisión Federal de Electricidad y energía térmica mediante la combustión del Gas LP.

El uso eléctrico se tiene en el sistema de alumbrado en área de oficinas, almacenes y producción; para los equipos de oficina, en el desarrollo de actividades productivas (deionización, bombeo, líneas de envasado, etc.), equipos auxiliares (bombas, ventiladores, agitadores, básculas, cargadores de montacargas, etc.). En cuanto al uso de la energía térmica derivada del gas LP, está enfocada en calentar el fluido térmico etilenglicol, canalizada a las marmitas ubicadas en el área de producción y en la producción de las emulsiones.

El horario de producción de la empresa es de lunes a viernes, con dos turnos, el primero de 6:00 a 14:00 y el segundo turno de 14:00 a 22:00.

1.3. Problemática

A continuación, se presentan tres puntos con los principales problemas del sistema a evaluar:

- Se tiene una empresa con un sistema armado que fue diseñado con partes que no eran originales para él, es decir, con componentes recuperados o rehabilitados de otros sistemas.
- La edad y condiciones actuales de los equipos evidencian la obsolescencia de los componentes, así como las condiciones en que opera el sistema (válvulas, aislamientos, etcétera) evidencian pérdidas de energía.
- El sistema procesa muchos productos (se tiene una gran mezcla de productos), implícitamente al no ser un proceso específico va a tener deficiencias. Al tener un sistema general hace que su eficiencia sea menor.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Diseñar una propuesta de revisión al sistema de producción y mejora de los elementos del proceso productivo de la planta.

1.4.2. Específicos

- Proponer un mantenimiento a la caldereta e intercambiador de calor.
- Proponer un cambio de chiller.

2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. Energía eléctrica

Esta empresa cuenta con una acometida conectada en media tensión, en una tarifa horaria; perteneciendo a la categoría tarifaria GDMTH (Gran Demanda en Media Tensión Horaria).

2.1.1. Comportamiento del sector químico industrial nacional

El sector industrial es el segundo mayor consumidor de energía en el país. Durante el 2017 alcanzó 35% del consumo energético total, mostrando un crecimiento de 11.7% respecto al 2016. ²

A continuación, se muestra la Tabla 1 con la comparativa del consumo en el sector industrial del 2016 y 2017 en México.

Tabla 1. Consumo de energía en el sector industrial (Pentajoules) en el 2016 y 2017. Elaboración propia. Con los datos del Balance Nacional de Energía 2017 de la Secretaría de Energía.

| | 2016 | 2017 |
|--|-----------------|-----------------|
| Total | 1,680.74 | 1,876.65 |
| Otras ramas | 775.94 | 979.57 |
| Industria básica de hierro y el acero | 242.74 | 248.05 |
| Fabricación de cemento y productos a base de cemento en plantas integradas | 183.56 | 175.34 |
| Industria química | 105.60 | 109.52 |
| Minería de minerales metálicos y no metálicos, excepto petróleo y gas | 66.40 | 71.30 |
| Pemex Petroquímica | 66.12 | 58.95 |
| Fabricación de pulpa, papel y cartón | 59.41 | 56.22 |
| Fabricación de vidrio y productos de vidrio | 64.33 | 51.15 |
| Elaboración de azúcares | 38.21 | 48.81 |
| Elaboración de cerveza | 23.04 | 24.29 |
| Fabricación de automóviles y camiones | 17.39 | 17.28 |
| Construcción | 13.96 | 13.18 |

² (Secretaría de Energía, Balance Nacional de Energía 2017, 2018)

| | | |
|--|-------|-------|
| Elaboración de refrescos, hielo y otras bebidas no alcohólicas, y purificación y embotellamiento de agua | 10.87 | 11.05 |
| Fabricación de productos de hule | 11.25 | 10.43 |
| Fabricación de fertilizantes | 1.30 | 0.91 |
| Elaboración de productos de tabaco | 0.61 | 0.60 |

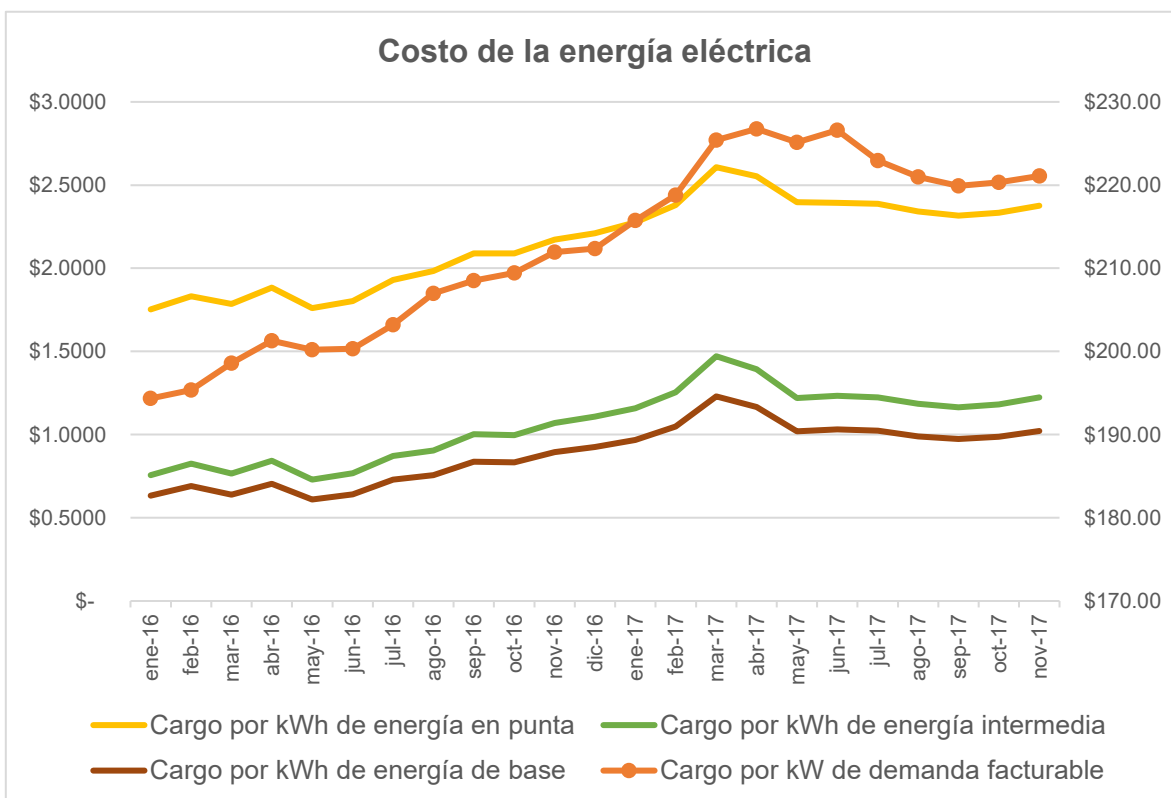
Fuente: (Secretaria de Energía, Balance Nacional de Energía 2017, 2018)

La Tabla 1 muestra que el consumo de la industria química tuvo un alza del 3.71% del 2016 a 2017 y que ocupa un 5.84% de la energía consumida en el 2017.

2.1.2. Costo de la energía

Se presenta la Gráfica 1 donde se muestran los precios de la energía eléctrica de CFE en la zona central, del año 2016 y 2017, años de donde se obtuvo información para realizar el diagnóstico energético.

Gráfica 1. Costo de la energía eléctrica. Elaboración propia.



Fuente: (CFE, 2017)

En la Gráfica 1 se puede observar, que todo el año 2016 el precio de la electricidad se fue al alza, llegando en el segundo trimestre del 2017 al coste más elevado, mientras que el año cerró con el precio aproximado de inicio de año.

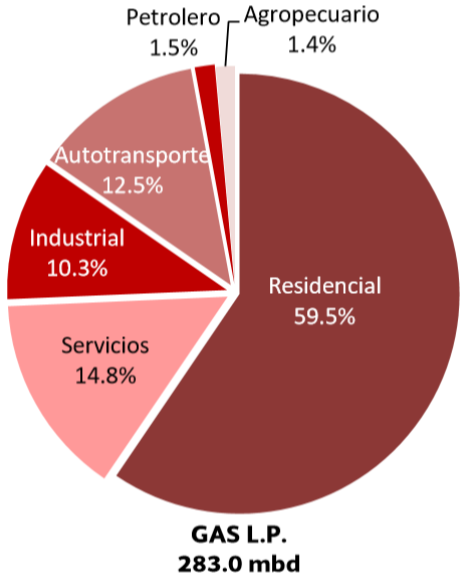
2.2. Energía térmica

La empresa cuenta con un calentador de fluido térmico, alimentado con Gas L.P.

2.2.1. Comportamiento del sector industrial nacional

En el 2015 la demanda de gas L.P. disminuyó 1.5% respecto a 2014 colocándose en 283 miles de barriles diarios (mbd). Del volumen total de gas L.P. consumido, el sector industrial tuvo una participación del 10.3% debido al aumento en el uso de gas natural, como se muestra en la Gráfica 2.

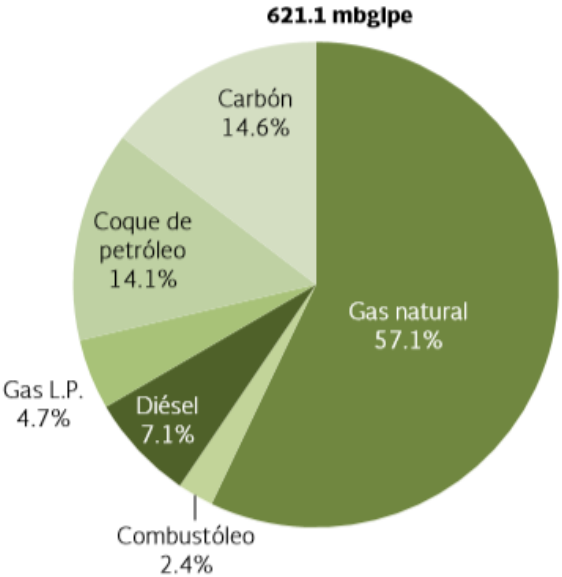
Gráfica 2. Demanda nacional de gas L.P. por sector (participación porcentual)



Fuente: (Secretaria de Energía, Prospectiva de gas L.P. 2016-2030, 2016)

En el 2015 el sector industrial empleo un volumen de 621.1 mbd mientras que el gas natural fue el más demandado con un volumen de 354.5 mbd lo que represento en 57.1% del consumo total. Por su parte el gas L.P. tuvo una participación de 4.7% del total sectorial con 29.2 mbd ³ como se muestra en la Gráfica 3.

Gráfica 3. Demanda de combustibles en el sector industrial, 2015 (porcentual)



Fuente: (Secretaria de Energía, Prospectiva de gas L.P. 2016-2030, 2016)

2.2.2. Costo del gas L.P.

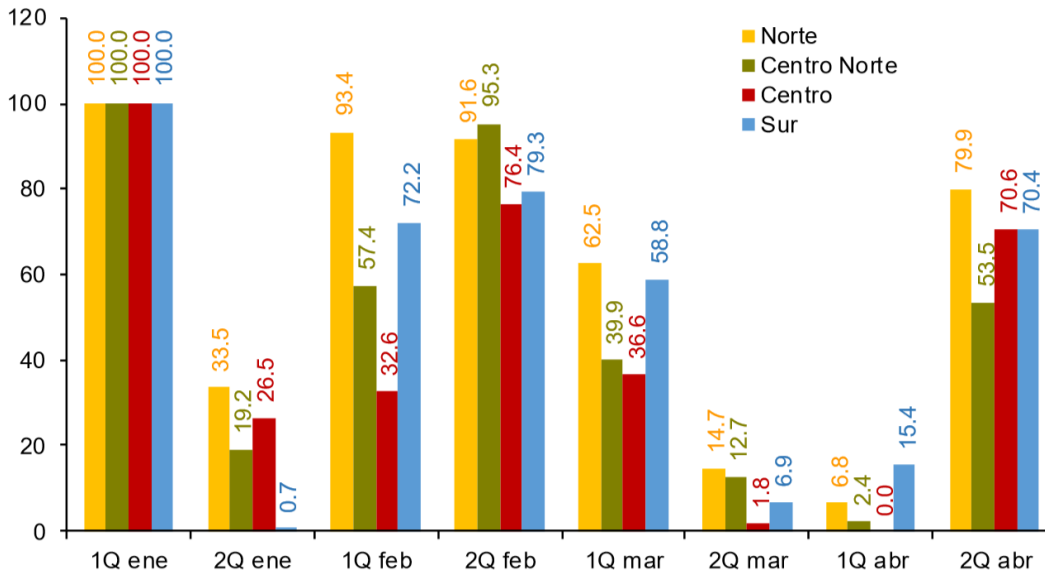
México se divide en cuatro regiones, es decir, el norte, centro norte, centro y sur.

Desde la publicación de la Ley de Hidrocarburos en el Diario Oficial de la Federación, donde se liberó el precio del gas L.P. el costo de este se centra en el precio internacional, principalmente el precio cambio del dólar.

A continuación, en la Gráfica 4 y Gráfica 5 se muestra la frecuencia de aumentos y decrementos en el precio del gas L.P. en por ciento quincenal de enero a abril del 2017.

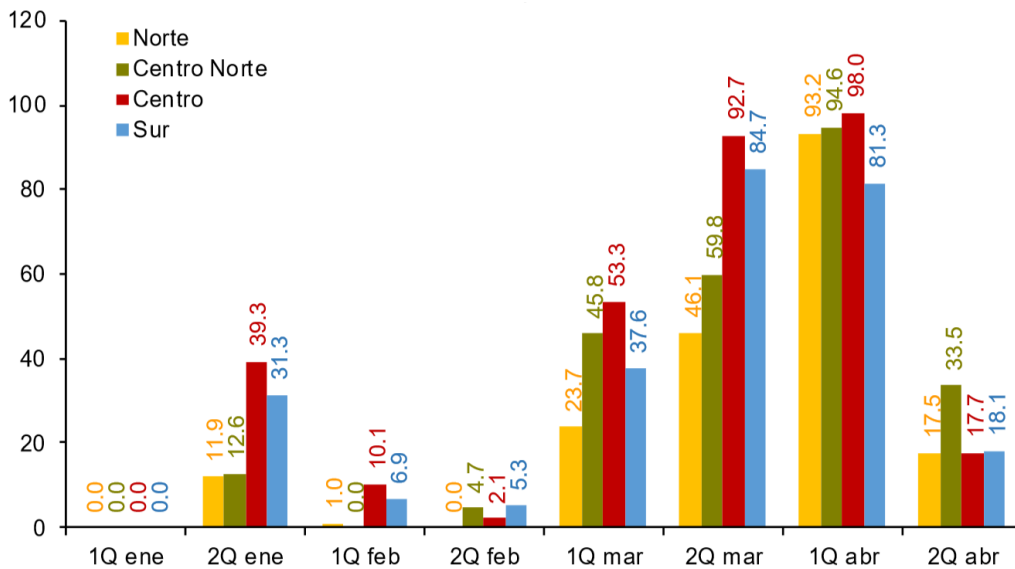
³ (Secretaria de Energía, Prospectiva de gas L.P. 2016-2030, 2016)

Gráfica 4. Frecuencia de aumentos de precios de gas L.P.



Fuente: (Banco de México, 2017)

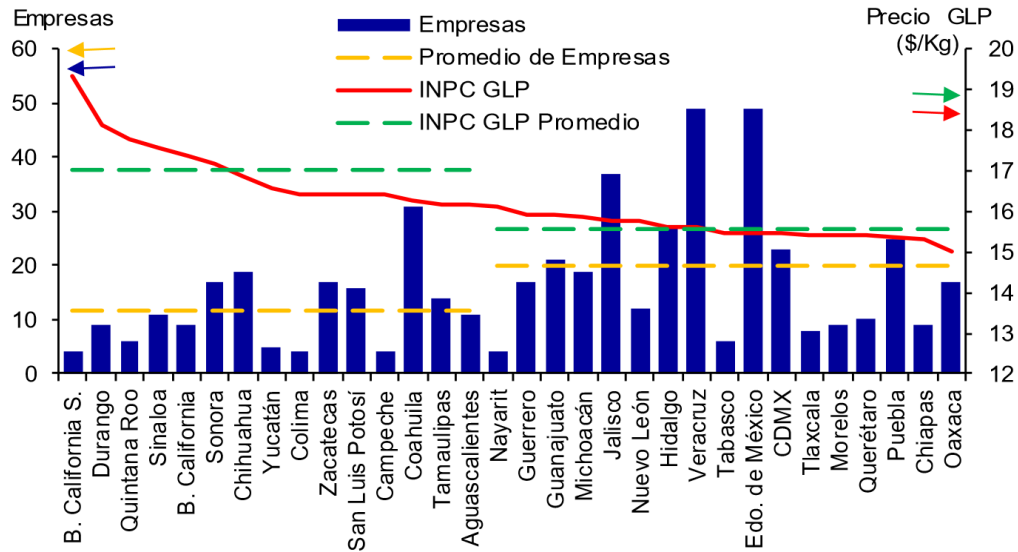
Gráfica 5. Frecuencia de decrementos de precios de gas L.P.



Fuente: (Banco de México, 2017)

Por último, la Gráfica 6 muestra los precios al consumidor y el número de empresas distribuidoras por entidad federativa.

Gráfica 6. Gas L.P. Precios al consumidor y número de empresas distribuidoras por entidad federativa



Fuente: (Banco de México, 2017)

2.3. Innovación y desarrollo tecnológico

2.3.1. Caldera

Una caldera es un recipiente metálico, cerrado, destinado a producir vapor o calentar agua, mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente y presión mayor que la atmosférica. Cuyo objetivo es generar agua caliente para calefacción y uso general o generar vapor para plantas de fuerza, procesos industriales o calefacción. ⁴

2.3.2. Chiller

El enfriador de agua o water chiller es una unidad enfriadora de líquidos. Los chillers pueden ser enfriadores de aire o agua. Los chillers para enfriar el agua, incorporan

⁴ (Abarca Bahamondes Pedro)

el uso de torres de enfriamiento las cuales mejoran la termodinámica de los chillers, en comparación con los chillers para enfriar aire. ⁵

2.3.3. Intercambiador de calor de placas

El fluido caliente y el fluido frío intercambian su calor a través de las placas corrugadas.

Cada dos placas, se forma un canal de circulación. El caudal total del fluido se divide en partes iguales por la cantidad de placas del intercambiador. Este se vuelve a dividir por la cantidad de subcanales internos de cada placa.

Este hecho, eleva la velocidad de circulación, formándose un flujo turbulento, que optimiza el intercambio de calor y disminuye el riesgo de incrustaciones. Al final del recorrido total de cada placa, el fluido logra alcanzar el 100% de su temperatura. ⁶

2.3.4. Bomba

Una bomba centrífuga es un tipo de bomba hidráulica que sirve para transformar la energía mecánica de un impulsor o rodete en energía cinética o de presión de un fluido incompresible. Por lo tanto, la bomba centrífuga convierte la energía con la que es accionada, en este caso mecánica, en energía hidráulica. ⁷

2.4. Tipos de mantenimiento

Existen diversas formas de realizar el mantenimiento a un equipo de producción, cada una de las cuales tienen sus propias características como se muestra a continuación.

⁵ (Ecogreen® - Ecochillers Inc.)

⁶ (Adningegneria)

⁷ (INOXMIM)

2.4.1. Mantenimiento correctivo

Es un mantenimiento encaminado a corregir una falla que se presente en determinado momento. Su función primordial es poner en marcha el equipo lo más rápido y con el mínimo costo posible.

Las etapas por seguir cuando se presente un problema de mantenimiento correctivo pueden ser las siguientes:

- Identificar el problema y sus causas
- Estudiar las diferentes alternativas para su reparación
- Evaluar las ventajas de cada alternativa y escoger la óptima
- Planear la reparación de acuerdo con personal y equipo disponibles
- Supervisar las actividades por desarrollar
- Clasificar y archivar la información sobre tiempos, personal y repuestos de la labor realizada, así como las diferentes observaciones al respecto

2.4.2. Mantenimiento periódico

Es aquel que se realiza después de un periodo generalmente largo (entre seis y doce meses). Se practica por lo regular en plantas de procesos tales como petroquímicas, azucareras, papeleras, de cemento, etc. y consiste en realizar grandes paradas en las que se efectúan reparaciones mayores.

Generalmente la decisión de implantar este tipo de mantenimiento no queda en manos del departamento de mantenimiento debido a la complejidad y a los costos tan altos que se manejan.

2.4.3. Mantenimiento programado

Se basa en la suposición de que las piezas se desgastan siempre en la misma forma y en el mismo periodo, así se esté trabajando bajo condiciones diferentes.

En este tipo de mantenimiento se lleva a cabo un estudio detallado de los equipos de fábrica a través de él se determina, con ayuda de datos estadísticos e

información del fabricante, las partes que se deben cambiar, así como la periodicidad con que se deben hacer los cambios. Una vez hecho esto, se elabora un programa de trabajo que satisfaga las necesidades del equipo.

2.4.4. Mantenimiento predictivo

Consiste en hacer mediciones o ensayos no destructivos mediante equipos sofisticados a partes de maquinaria que sean muy costosas o a las cuales no se les pueda permitir fallar en forma imprevista, pues arriesgan la integridad de los operarios o causan daños de cuantía. La mayoría de las inspecciones se realiza con el equipo en marcha y sin causar paros en la producción. Las más frecuentes son de desgaste, espesor, fracturas, ruido, vibraciones, temperatura.

2.4.5. Mantenimiento bajo condiciones

Es una práctica que se debe seguir cuando se tiene implantado un determinado sistema de mantenimiento y consiste en adecuar el programa según varíen las condiciones de producción (de uno a dos turnos) o las condiciones de operación (el ambiente de operación), teniendo en cuenta principalmente el efecto que cause esto sobre el equipo. En otras palabras, mediante esta práctica se mantiene actualizado el programa existente.

2.4.6. Mantenimiento preventivo

Este sistema se basa en el hecho de que las partes de un equipo se gastan en forma desigual y es necesario prestarles servicio en forma racional, para garantizar un buen funcionamiento.

Se estima el tiempo que se toma cada operación y la periodicidad con que se efectúa, con el fin de poder determinar así las horas-hombre que requiere una tarea de mantenimiento, al igual que las personas que se van a emplear en determinados momentos del año ⁸.

⁸ (Botero, 1991)

3. ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL

3.1. Productos elaborados

La empresa se especializa en el envasado y desarrollado de aerosoles, líquidos y geles para:

- Industria cosmética
- Industria automotriz
- Hogar

En la Tabla 2, se muestran los niveles de producción, con los litros totales producidos del 2016 por la empresa.

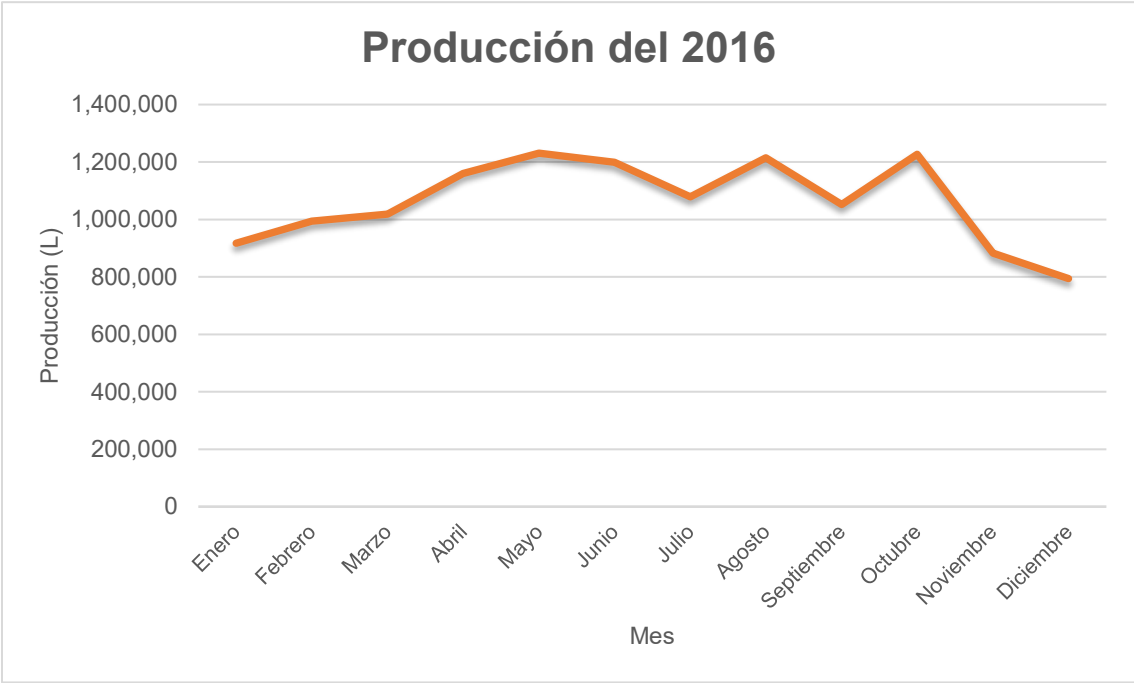
Tabla 2. Producción de la empresa en el año 2016

| Mes | Producción (L) |
|------------|----------------|
| Enero | 917,532 |
| Febrero | 993,907 |
| Marzo | 1,018,151 |
| Abril | 1,160,253 |
| Mayo | 1,230,894 |
| Junio | 1,198,814 |
| Julio | 1,079,142 |
| Agosto | 1,214,430 |
| Septiembre | 1,051,664 |
| Octubre | 1,227,104 |
| Noviembre | 882,650 |
| Diciembre | 794,051 |
| Total | 12,768,592 |

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

Asimismo, se presenta la Gráfica 7 del comportamiento de producción del año 2016. Donde se puede observar que en el inicio y fin de año disminuyo notablemente la producción.

Gráfica 7. Producción de la empresa en el año 2016. Elaboración propia.



Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

3.2. Energía eléctrica

La empresa cuenta con una acometida conectada en media tensión a 23,000 V ésta llega a un transformador de 300 kVA que reduce la tensión a 480 V. La tarifa en la cual opera es GDMTH (Gran Demanda en Media Tensión Horaria). Cabe mencionar que cuentan con un banco de capacitores conectado en la acometida para la corrección del factor de potencia.

3.2.1. Análisis de facturación de la energía eléctrica

El costo de kilowatt hora ponderado para el periodo de julio de 2016 a junio de 2017 es de 2.40 \$/kWh

Que es la relación entre la facturación total antes de IVA y el consumo de energía anual en kWh, sin tomar en cuenta el derecho de alumbrado público.

3.2.1.1. Consumo de energía eléctrica facturada

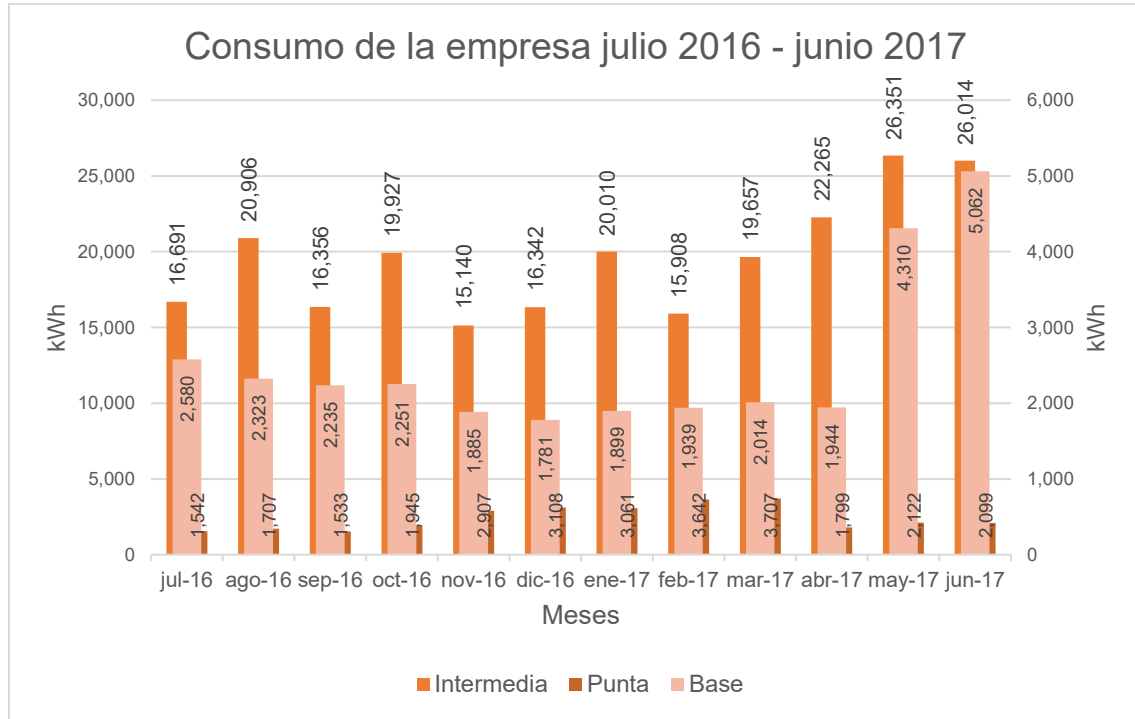
El consumo mensual promedio durante el periodo de julio de 2016 a junio de 2017 es el siguiente:

- Consumo Base: 2,519 kWh
- Consumo Intermedia: 19,631 kWh
- Consumo Punta: 2,431 kWh

A continuación, se muestra la Gráfica 8 de consumos, donde el mes de mayor consumo fue en mayo del 2017 con un total de 32,783 kWh de los cuales: el consumo base fue de 4,310 kWh, intermedia 26,351 kWh y punta 2,122 kWh. El mes de menor consumo es noviembre con un total de 19,932 kWh, de los cuales: el consumo base fue de 1,885 kWh, intermedia 15,140 kWh y punta 2,907 kWh. El máximo y mínimo consumo representan el 33.36% por arriba de la media y 18.91% debajo de la media respectivamente.

Y posteriormente, se muestra la Tabla 3 con los valores de demanda en kW, consumo en MJ, el factor de potencia y el costo total antes de IVA.

Gráfica 8. Consumo mensual 2016-2017



Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

Tabla 3. Valores de demanda, consumo, F.P. y costo total antes de IVA. Elaboración propia.

| Mes | Demanda facturable kW | Consumo MJ | F.P.% | Bonificación por F.P. | Costo total antes de IVA |
|--------|-----------------------|------------------|-----------|-----------------------|--------------------------|
| jul-16 | 94 | 74,927 | 99 | \$ 906.82 | \$ 37,580.93 |
| ago-16 | 132 | 89,770 | 99 | \$ 1,176.32 | \$ 50,213.01 |
| sep-16 | 97 | 72,446 | 100 | \$ 1,007.63 | \$ 40,698.23 |
| oct-16 | 76 | 86,843 | 99 | \$ 903.33 | \$ 40,561.12 |
| nov-16 | 144 | 71,755 | 99 | \$ 1,278.56 | \$ 53,455.21 |
| dic-16 | 131 | 76,432 | 99 | \$ 1,189.82 | \$ 53,252.42 |
| ene-17 | 171 | 89,892 | 99 | \$ 1,554.30 | \$ 67,292.49 |
| feb-17 | 164 | 77,360 | 99 | \$ 1,565.76 | \$ 64,951.97 |
| mar-17 | 132 | 91,360 | 99 | \$ 1,555.59 | \$ 69,256.44 |
| abr-17 | 176 | 93,628 | 98 | \$ 1,593.28 | \$ 76,265.89 |
| may-17 | 161 | 118,018 | 98 | \$ 1,559.92 | \$ 76,311.31 |
| jun-17 | 163 | 119,430 | 97 | \$ 1,496.99 | \$ 77,124.39 |
| | 136.75 | 1,061,861 | 99 | \$ 15,788.32 | \$ 706,963.41 |

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

3.3. Energía térmica

En la empresa se cuenta con un calentador de fluido térmico (caldereta), que ha operado durante 6 años. Dicho calentador tiene un ciclo de trabajo de 6 horas al día aproximadamente, todo esto dependerá de la cantidad de producción programada para el día. El propósito es calentar el fluido etilenglicol, para suministrar calor a los químicos que se encuentren en las marmitas. El consumo de gas anual utilizado se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Consumo anual de Gas L.P. (L y MJ)

| Mes | Gas L.P. (L) | Gas L.P. (MJ) |
|--------------|---------------|----------------|
| Enero | 723 | 19,118 |
| Febrero | 2,439 | 64,492 |
| Marzo | 1,947 | 51,483 |
| Abril | 0 | 0 |
| Mayo | 908 | 24,009 |
| Junio | 892 | 23,586 |
| Julio | 757 | 20,017 |
| Agosto | 2,099 | 55,502 |
| Septiembre | 784 | 20,731 |
| Octubre | 1,638 | 43,312 |
| Noviembre | 699 | 18,483 |
| Diciembre | 1,983 | 52,434 |
| Total | 14,869 | 393,167 |

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

El costo anual por los 14,689 litros de gas de L.P. fue de \$706,963.41 antes de IVA, con un costo promedio de 7.59 \$/L de gas de L.P.

3.4. Proceso productivo

El sistema de producción está integrado por dos subsistemas térmicos, frío y caliente.

Los elementos principales que integran el sistema son:

- Calentador de agua y glicol
- Chiller
- Tanque de agua fría
- Intercambiador de calor de placas
- Marmitas
- Bombas (de enfriamiento y del calentador)

En la Imagen 2 se muestra los elementos del sistema de producción.

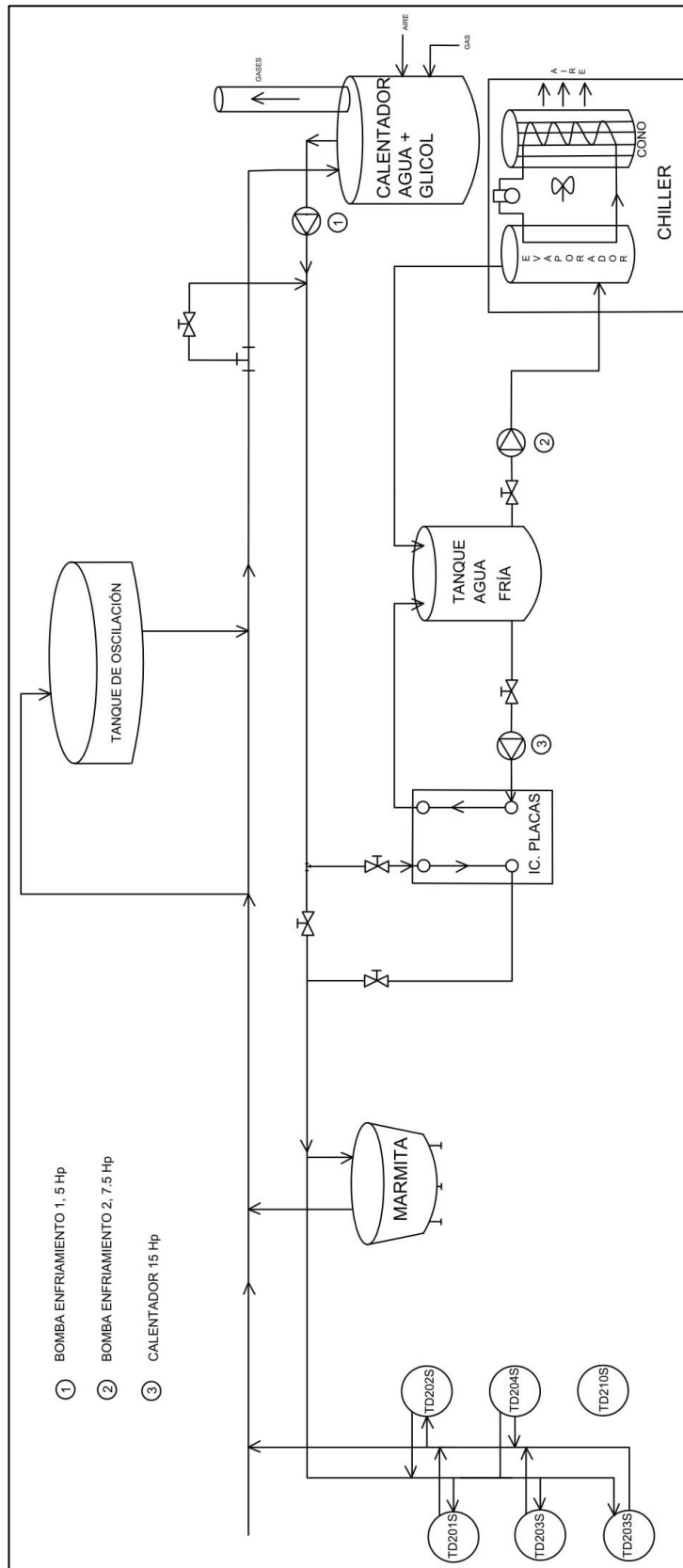


Imagen 2. Elementos del sistema de producción.

3.4.1. Proceso térmico caliente

A continuación, se describen los equipos y las mediciones realizadas que conforman el proceso térmico caliente.

3.4.1.1. Calentador

En la Imagen 3 se muestra el calentador, este no incluye refractario en las paredes ya que la bomba de recirculación puede apagarse en cualquier momento sin que se produzca daño en el aceite. La presión de entrada es de 4.1 bar y la presión de salida es de 5.51 bar.



Imagen 3. Calentador.

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

Existen áreas en donde el aislante del calentador tiene un desgaste debido a la degradación del material y al paso de tiempo. La temperatura de los gases de expulsión de la chimenea está alrededor de los 123 °C.

A continuación, se muestra la Imagen 4 donde se aprecia que la diferencia de temperatura es de 56.31 °C, la cual no es una temperatura elevada para esta zona. Existen zonas con una temperatura mayor, todo esto debido a que el aislante comienza a presentar desgaste.

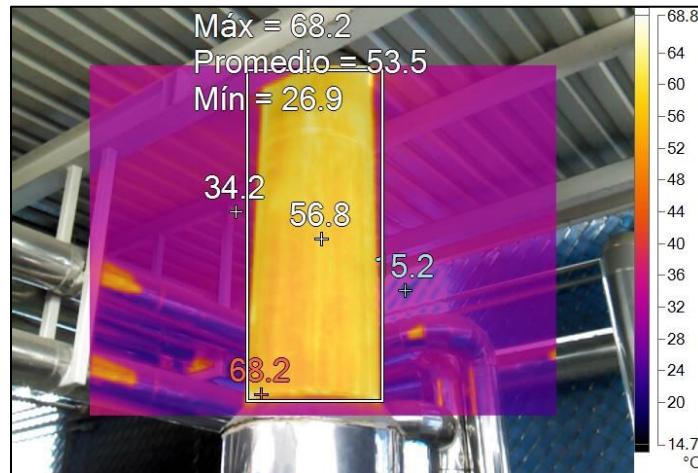


Imagen 4. Termografía de la chimenea del calentador.

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

El aislante en esta área se encuentra en óptimas condiciones para la elaboración del proceso, aunque cabe destacar que en las uniones de tubería comienzan a presentar una degradación en el material como se observa en la Imagen 5.



Imagen 5. Desgaste de tubería.

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

Las mediciones de gases de combustión que se realizaron con el Bacharach PCA3 275 arrojaron una eficiencia del 80.4%, teniendo un exceso de aire de 249.7% como máximo y como mínimo 162.4%, con un 15.3 % de oxígeno. Esto nos dice que la combustión está siendo incompleta puesto que el exceso de aire es muy grande, se está produciendo 1833 ppm de CO, junto con 3.7 % de CO₂ como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Mediciones de gases de combustión.

| Concepto | Medición 1 | Medición 2 | Medición 3 | Promedio |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| Temperatura de salida de gases de combustión (°C) | 123 | 86 | 82 | 97 |
| Co ₂ (%) | 3.7 | 4.9 | 6.1 | 4.9 |
| O ₂ (%) | 15.3 | 13.4 | 11.7 | 13.47 |
| CO (ppm) | 1833 | 1758 | 392 | 1327.67 |
| NO _x (ppm) | 1 | 22 | 30 | 17.67 |
| SO _x (ppm) | 43 | 10 | 67 | 40 |
| Exceso de aire | 249.7 | 162.4 | 114.6 | 175.6 |

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

También, como parte del sistema caldereta de fluido térmico, se consideró un ventilador de 3 HP que trabaja intermitentemente en la combustión, mostrado en la Tabla 6.

Tabla 6. Estado actual del ventilador de la caldereta de fluido térmico.

| Motor | Capacidad instalada (HP) | Capacidad instalada (kW) | Demanda (kW) | Consumo anual (kWh) | Costo energético anual (\$) |
|----------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|----------------------------|------------------------------------|
| Ventilador caldereta | 3 | 2.2 | 2.01 | 4,125.9 | \$ 12,367.53 |

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

Se considera que la eficiencia de 78.29% de la caldereta es aceptable en su operación, con un consumo total de 14,869 de litros de gas L.P. al año, lo que equivale a 393,166 MJ, con un costo de \$ 706,963.41 al año.

3.4.1.2. Bomba del calentador

El etilenglicol es un solvente utilizado para la humectación de mezclas; una vez que es calentado para su uso dentro del proceso, se hace circular por tuberías hasta la estación de consumo a través de una bomba de 15 HP mostrado en la Tabla 7.

Tabla 7. Estado actual de la bomba de la caldereta de fluido térmico.

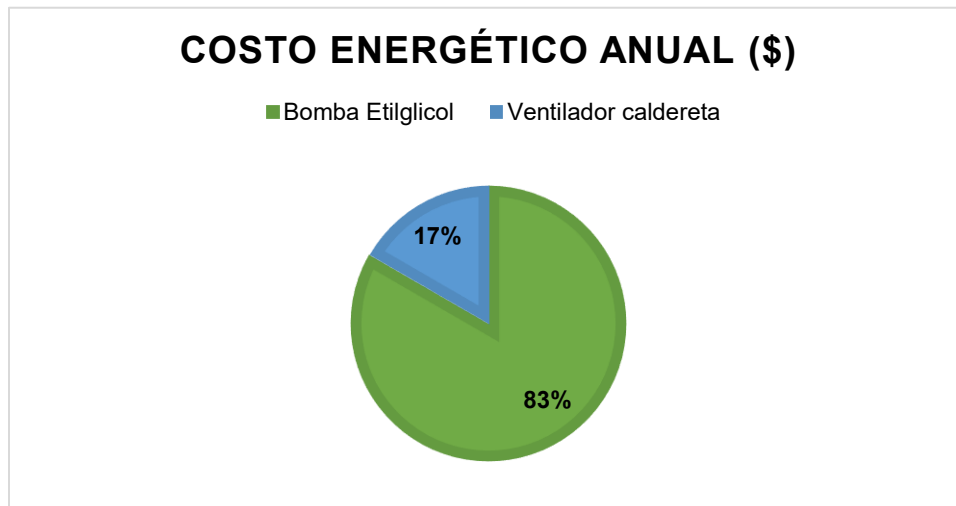
| Motor | Capacidad instalada (HP) | Capacidad instalada (kW) | Demanda (kW) | Consumo anual (kWh) | Costo energético anual (\$) |
|------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|---------------------|-----------------------------|
| Bomba Etilglicol | 15 | 11.2 | 10.06 | 20,629.6 | \$ 61,837.63 |

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

Con base en la Tabla 7, los costos energéticos por el motor de la bomba de etilenglicol son significativamente altos dado que es un equipo de operación continua, por tanto, cualquier oportunidad de mejora podría verse reflejada en buenos ahorros económicos.

A continuación, se presenta la Gráfica 9 con los costos del ventilador y la bomba, donde el 83% representa los costos de facturación eléctrica por \$ 61,837.663.

Gráfica 9. Costos anuales del ventilador y la bomba.



Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

El motor de la bomba de recirculación presenta vibraciones en la carcasa las cuales se observaron durante el diagnóstico. La temperatura máxima que presenta el motor es de 45.28 °C.

En la Imagen 6 y la Imagen 7 se puede apreciar, la bomba y su termografía respectivamente.



Imagen 6. Motor de la bomba del calentador.

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

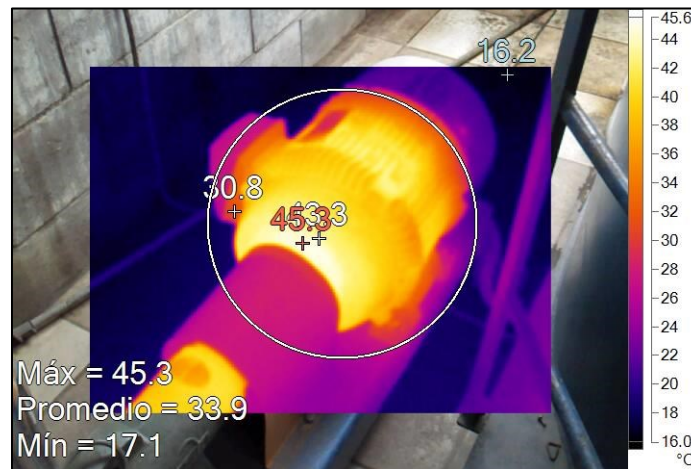


Imagen 7. Termografía del motor de la bomba del calentador.

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

Se observó que el motor de la bomba opera en un régimen cercano a plena carga, con un factor de carga: $FC = 93\%$.

Por lo general, los factores de carga entre el 80% y el 90% ofrecen las mejores eficiencias de operación. Con base en el factor de carga anterior, el presente motor opera con una eficiencia igual a la nominal: $E_f = 90\%$, esto se traduce en un buen aprovechamiento de la energía con bajas pérdidas en los devanados del motor, alrededor de \$1,878.00 anuales.

3.4.1.3. Tubería

La empresa cuenta con aproximadamente 81.6 m de tubería aislada que transportan el fluido térmico de la cual existen aproximadamente 10 metros totales de tubería con problemas de aislante, debido al deterioro del sistema.

Existen zonas en las que el aislante presenta un deterioro significativo, lo cual generará una degradación del material a mediano y corto plazo, esto debido a la operación normal del sistema y a los mantenimientos que continuamente se realizan sobre los elementos de las líneas de distribución.

El sistema de tuberías de distribución del etilenglicol se encuentra en mal estado (aproximadamente 10 m de tubería), teniendo como resultado fugas de calor en varios tramos de ésta, con el respectivo consumo de gas adicional por dichas fugas.

En la Imagen 8, la Imagen 9 y la Imagen 10, se observan las zonas afectadas por la degradación del aislante en donde se tiene la temperatura promedio de cada zona y se puede apreciar la diferencia de temperatura.



Imagen 8. Tubería sin aislante.

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

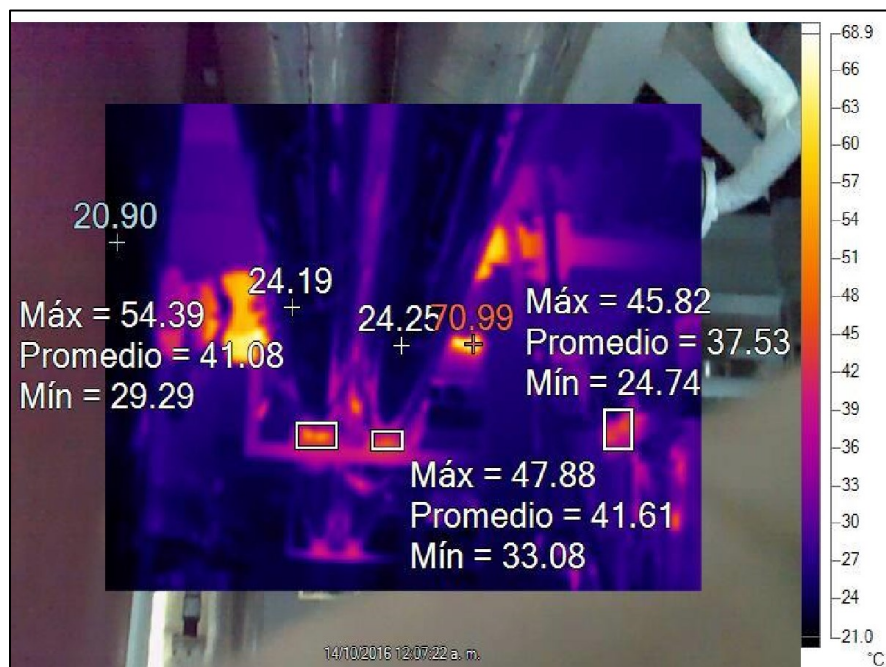


Imagen 9. Tubería con aislante degradado.

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

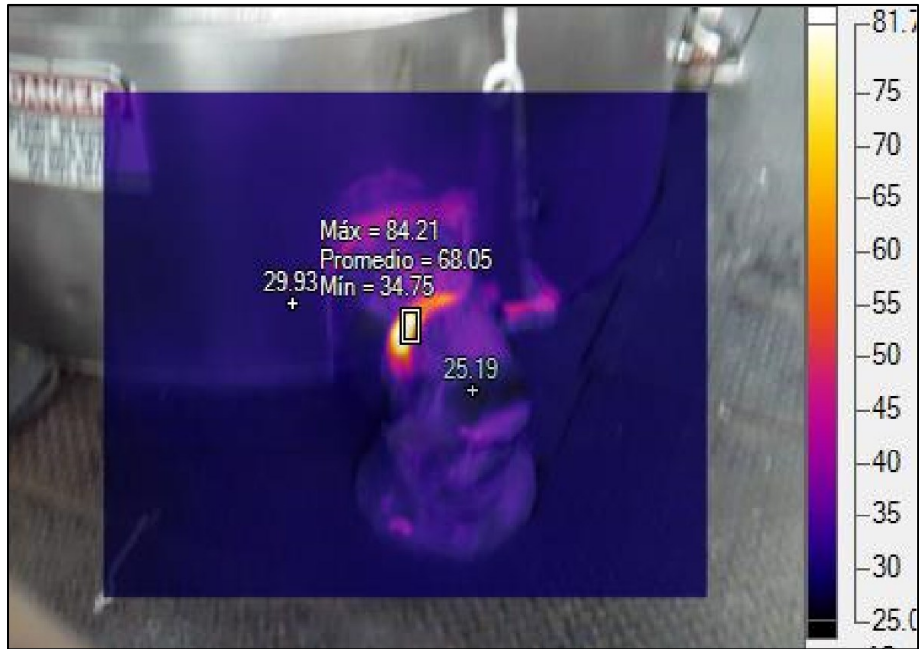


Imagen 10. Conexión de tubería en mal estado.

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

3.4.2. Proceso térmico frío

Se realizó el censo de equipos instalados con la finalidad de detectar dónde y cómo se utiliza la energía eléctrica en la empresa.

El sistema eléctrico es el que representa el mayor consumo de energía se divide en tres rubros:

1. El sistema de fuerza que contempla motores, bombas, caldereta (bomba), refrigeración y herramientas necesarios para la desarrollar las actividades transformadoras de la materia prima
2. El sistema de iluminación necesario para el correcto desarrollo de todas las actividades tanto en el taller como en las oficinas
3. La energía eléctrica ocupada para los equipos de oficinas.

Donde se despreciarán los apartados dos y tres, ya que este trabajo está enfocado en el proceso térmico.

A continuación, se describen los equipos y las mediciones realizadas que conforman el proceso térmico frío.

3.4.2.1. Chiller

A continuación, se muestra la Tabla 8 con las características principales del chiller.

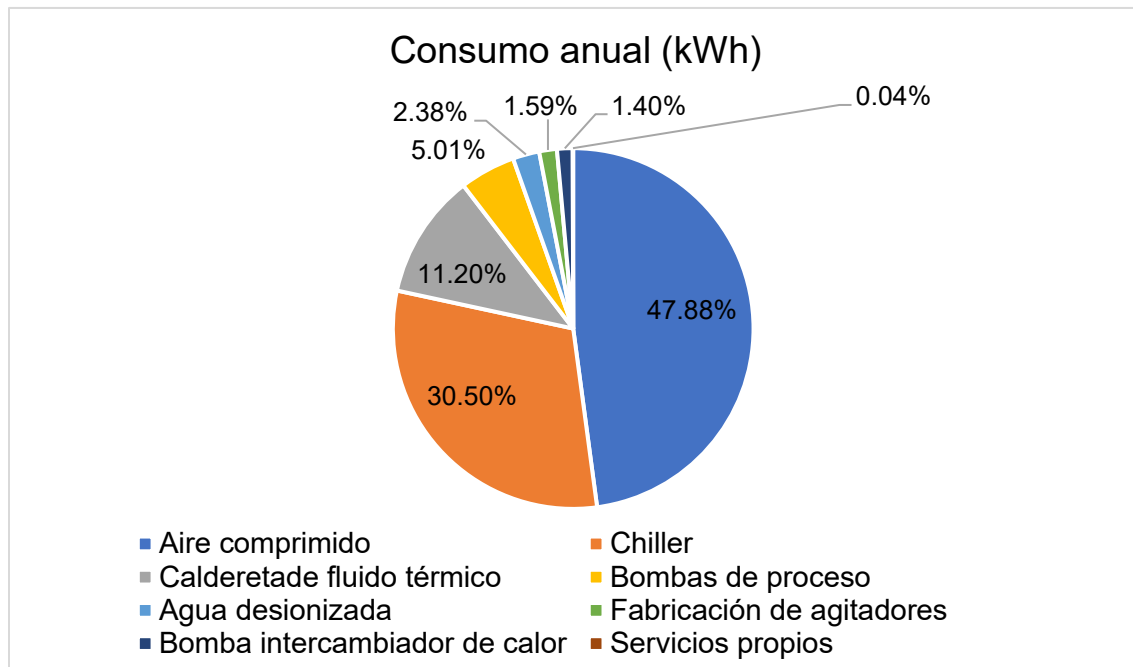
Tabla 8. Características del chiller. Elaboración propia.

| Concepto | Valor | Unidad |
|---------------------|------------|--------|
| Voltaje | 460 | V |
| Capacidad instalada | 120 | kW |
| Demanda | 93.9 | kW |
| Consumo anual | 83,149 | kWh |
| Facturación anual | 202,050.73 | \$ |

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

Al realizar mediciones de todos los equipos de fuerza se tiene que el chiller por si solo tiene un 30.5% del consumo anual de energía por equipo, mostrados en la Gráfica 10.

Gráfica 10. Consumo anual de energía por equipo.



Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

A continuación, se presenta la Tabla 9 con la carga térmica del chiller y posteriormente la Imagen 11 mostrando el chiller de la empresa.

Tabla 9. Carga térmica del chiller.

| Datos obtenidos en el diagnóstico | Cantidad | Unidad | Datos de operación | Cantidad | Unidad | Cantidad | Unidad |
|---|----------|-------------------|--|----------|----------------------------------|----------|--------|
| Fluido | | AGUA | Hrs/día op compresor @ carga mínima * | 1.20 | | | |
| Temperatura de entrada al chiller (carga min) | 10.50 | °C | Hrs/día op compresor @ carga máxima | 4.00 | | | |
| Temperatura de entrada al chiller (carga max) | 11.00 | °C | Energía térmica req. A q min por día | 272.26 | MJ | | |
| Temperatura de salida del chiller | 8.80 | °C | Energía térmica req. A q max por día | 1174.46 | MJ | | |
| Presión del sistema de enfriamiento | 3.00 | bar | Potencia eléctrica @ q. Min | 7.89 | kW _e | | |
| Presión atmosférica | 0.77 | bar | Potencia eléctrica @ q. Max | 33.40 | kW _e | | |
| Densidad promedio | 1000.00 | kg/m ³ | Hrs/día operación (chiller) a carga mínima** | 12.00 | | | |
| Capacidad calorífica del agua | 4.19 | kJ/kg°C | Hrs/día operación (chiller) a carga maxima | 4.00 | | | |
| Energía específica (max) | 9.22 | kJ/kg | Consumo energía eléctrica @ q min | 94.68 | kWh | 340.8 | MJ |
| Energía específica (min) | 7.12 | kJ/kg | Consumo energía eléctrica @ q max | 133.60 | kWh | 481.0 | MJ |
| Flujo volumétrico | 0.0089 | m ³ /s | Cop @ q min | 0.80 | kW _t /kW _e | | |
| Flujo volumétrico | 140.29 | GPM | Cop @ q max | 2.44 | kW _t /kW _e | | |
| Flujo másico | 8.85 | kg/s | Cop global | 1.76 | kW _t /kW _e | | |
| Carga térmica calculada (min) | 63.02 | kW _t | Capacidad máxima demandada (op. Actual) | 278308.4 | BTU/h | | |
| Carga térmica calculada (max) | 81.56 | kW _t | Capacidad máxima demandada (op. Actual) | 23.19 | TR | | |

Fuente: (Sanchez Lievano, 2017)



Imagen 11. Chiller

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

La operación del chiller se tiene con un factor de carga del 10% sobre el compresor, pero los servicios auxiliares operando normalmente.

La mayor parte del tiempo, el chiller trabaja a capacidad mínima. Cuando hay que enfriar el chiller opera a una mayor capacidad.

3.4.2.2. Tanque de agua fría

El tanque de agua fría es utilizado como respaldo para almacenar la mayor cantidad de agua para enfriar la marmita y poder envasar. Es un tanque que está dentro del área de producción y no contiene ningún aislante, lo que provoca que, al buscar el equilibrio térmico, gotee mucho y recircule el agua más de lo que debería.

3.4.2.3. Intercambiador de calor de placas

Este intercambiador trabaja a presión de 10 bar y 100 °C, su área de transferencia es de 5.3 m² y su longitud de placas es de 140 mm. A continuación, se presenta la Imagen 12, correspondiente al intercambiador.



Imagen 12. Intercambiador de calor de placas de la empresa.

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

3.4.2.4. Bombas de enfriamiento

En este proceso, se tienen tres bombas de enfriamiento, mencionando sus principales características en la Tabla 10.

Tabla 10. Características de las bombas de enfriamiento

| Área | ID | Capacidad instalada (HP) | Capacidad instalada (kW) |
|------------------|----------|--------------------------|--------------------------|
| Agua de ionizada | T201S | 7.5 | 5.6 |
| Agua de ionizada | T202S(1) | 3 | 2.24 |
| Agua de ionizada | T202S(2) | 3 | 2.24 |
| Total: | | | 10.08 |

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

Teniendo en cuenta las tres bombas, a continuación, se muestra la Tabla 11 con los resultados principales en el diagnóstico realizado.

Tabla 11. Consumo y facturación del área de ionizada

| Área | Demanda (kW) | Consumo anual (kWh) | Facturación anual (\$) |
|------------------|--------------|---------------------|------------------------|
| Agua de ionizada | 7.44 | 6,479 | 15,742.98 |

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

3.4.3. Indicador energético

Considerando la situación descrita, se tiene como resultado que el indicador más importante en relación con el consumo facturado en electricidad y de gas es:

IDEn: 0.11 MJ/L

Esto indica que se necesitan 0.11 MJ de energía para crear un litro de producto.

A continuación, se muestra el indicador energético en el área de producción, enfocado únicamente en la utilización de la energía eléctrica y basadas en las mediciones y estimaciones de los equipos encontrados.

3.4.3.1. Consumo de energía por unidad producida en el área de fabricación

Corresponde a la energía eléctrica en kWh necesaria para envasar un litro de producto terminado y kilogramo, el cual, con base en las estimaciones realizadas a partir de los datos y mediciones recabados en el área de producción, se tiene:

0.02 kWh/L, 0.001 L gas L.P./L de producción y 0.139 kWh/kg

3.4.3.2. Costo por energía por cada litro producido

Se trata de los costos relacionados, con la energía necesaria para envasar un litro de producto terminado y kilogramo de producto, calculados con base en la facturación eléctrica y de gas:

0.06 \$/L y 0.338 \$/kg

3.4.3.3. Otros Indicadores

De la información proporcionada, estimada y calculada en la Tabla 12 se muestran los datos de la planta al finalizar el diagnóstico energético:

Tabla 12. Datos de consumo de energía.

| Consumo de energía | | |
|---|-----------|--------------|
| Consumo de energía eléctrica | 1,061,863 | MJ/año |
| Consumo de gas L.P. | 393,166 | MJ/año |
| Total | 1,455,029 | MJ/año |
| Sistema eléctrico | | |
| Consumo de energía eléctrica | 294,962 | kWh/año |
| Sistema de fuerza | | |
| Consumo de energía en fuerza (estimada) | 272,632 | kWh/año |
| Sistema térmico | | |
| Consumo de gas al año | 14,869 | L gas al año |

Fuente: (Facultad de ingeniería de la UNAM, 2018)

4. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

En el diagnóstico se mostró la Gráfica 10. Consumo anual de energía por equipo. la cual muestra que el 47.88% del consumo lo tiene el aire comprimido, seguido por el chiller. El aire comprimido se utiliza para la etapa de envasado y no de producción, por tal motivo no se abordará en este trabajo.

A continuación, se describen los procesos de cambio y/o mejora adecuados al sistema actual productivo de la empresa.

4.1. Proceso térmico caliente

4.1.1. Calentador

Con base en el diagnóstico realizado, se obtuvo que el funcionamiento del calentador es aceptable a pesar del exceso de aire que se registró, tiene una eficiencia de 78.29%

Para este equipo, no se propuso un cambio, sino, se realizó un manual de mantenimiento, desglosado en el ANEXO 1.

4.2. Proceso térmico frío

4.2.1. Intercambiador de calor

Con base en el diagnóstico realizado, se obtuvo que el funcionamiento del intercambiador es bueno y para complementar su correcto funcionamiento se realizó un manual de mantenimiento, desglosado en el ANEXO 2.

4.2.2. Chiller

Con base en el diagnóstico se obtuvo que la operación del chiller se tiene con un factor de carga del 10% sobre el compresor, pero los servicios auxiliares operando normalmente. Trabajando la mayor parte del tiempo a capacidad mínima.

A continuación, se presenta la Tabla 13 con las especificaciones de la propuesta de cambio de chiller.

Tabla 13. Nueva tecnología (Chiller enfriado por aire mod. YCAL)

| Datos obtenidos en el diagnóstico | Cantidad | Unidad | Datos de operación | Cantidad | Unidad | Cantidad | Unidad |
|--|-----------------|----------------------------------|--|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| COP (min) garantizado por fabricante | 4.10 | kW _v /kW _e | Consumo de energía Chiller actual (anual) | 58,439.68 | kWh | 210,382.8 | MJ |
| Energía térmica diaria necesaria | 1,446.72 | MJ | Costo de la energía consumida actual (anual) | 115,710.57 | \$ | | |
| Energía eléctrica demandada/ día | 98.02 | kWh | Consumo de energía Chiller nuevo (anual) | 25,092.22 | kWh | 90,332.0 | MJ |
| Costo medio ponderado de la energía eléctrica | 1.98 | \$/kWh | Costo de la energía consumida nueva (anual) | 49,682.59 | \$ | | |
| Ahorro de energía por día – cambio de tecnología | 130.26 | kWh | Ahorro de energía (en términos relativos) | 57.06 | % | | |
| Monto del ahorro por día de operación | 257.92 | \$ | Ahorro de energía (base anual) | 33,347.46 | kWh | | |
| Días de operación al año | 256 | días | Monto del ahorro anual de operación | 66,027.98 | \$ | | |

Fuente: (Sanchez Lievano, 2017)

CONCLUSIONES

Este trabajo buscó desarrollar una propuesta de mejora para ser implementado en el sistema productivo de una empresa de envasado. Dicho trabajo partió de un diagnóstico energético previo, correspondiente al proyecto CONACYT “Diseño, integración y puesta en marcha de una plataforma digital en línea para realizar autodiagnósticos energéticos de primer nivel en PyME de manufactura No. 249322”, realizado por Proyectos de Ahorro de Energía (PAE) de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Con el diagnóstico previo fue posible identificar los consumos de la empresa por tipo energético (eléctrico y térmico) y sistemas (equipos de fuerza, oficina e iluminación), donde se encontró que, aunque el calentador de fluido térmico tiene un significativo exceso de aire en su funcionamiento, es adecuado ya que se obtuvo un 78.29% de eficiencia global del equipo, así como su tiempo de vida es 6 años. Debido a eso se consideró realizar un manual de mantenimiento para su mejor aprovechamiento y que su eficiencia global no disminuya drásticamente.

Asimismo, con el intercambiador de calor, se realizó un manual de mantenimiento para que no disminuya gradualmente su funcionamiento.

Donde sí se consideró el cambio de equipo fue en el chiller debido a que la mayor parte del tiempo está trabajando en su capacidad mínima, mientras que los servicios auxiliares operan normalmente, es un gasto representativo dentro del sistema debido a que el costo anual es aproximadamente \$115,7111.00 y si se reemplaza se obtiene un ahorro de energía en términos relativos del 57% y se puede expresar un ahorro de \$66,028.00 anuales.

Las propuestas que se realizaron tienen como objetivo la economía y el uso eficiente de energía, cumple un objetivo primordial que es el reducir consumos (eléctricos y gas) utilizando de manera adecuada lo que se tiene dentro de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

Abarca Bahamondes Pedro . (s.f.). *Descripción de Calderas y Generadores de Vapor*. Obtenido de <https://www.achs.cl/portal/trabajadores/Capacitacion/CentrodeFichas/Documents/descripcion-de-caldera-y-generadores-de-vapor.pdf>

Adningeneria. (s.f.). *Intercambiadores de calor a Placas*. Obtenido de <https://adningeneria.com.ar/productos/intercambiadores-de-calor/intercambiadores-de-calor-a-placas/>

Arriola Trigueros, D. G., Avalos Soto, M., & Menjívar Morales, A. G. (Noviembre de 2017). *Propuesta de Mejora de Sistema de Intercambio de Calor para Enfriamiento de Lodos de Perforación Geotérmica* . Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15995/1/Propuesta%20de%20mejora%20de%20sistema%20de%20intercambio%20de%20calor%20para%20enfriamiento%20de%20lodos%20de%20perforaci%C3%B3n%20geot%C3%A9rmica.pdf>

Banco de México. (Mayo de 2017). *Evolución Reciente del Precio del Gas L.P. y Consideraciones sobre su Mercado*. Obtenido de <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informes-trimestrales/recuadros/%7B8828BE2A-A71B-6620-F19B-1DECFE2808CD%7D.pdf>

Botero, C. (1991). *Manual de mantenimiento*. Obtenido de SENA/FEDEMETAL: http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/1188/1302

CFE. (2017). *Consulta tu tarifa*. Obtenido de Tarifa MH: https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_industria.asp

Clayton. (s.f.). *Manual de capacitación de generadores de vapor*. Obtenido de <file:///C:/Users/kymsalinas/Downloads/MANUAL%20DE%20CAPACITACION%20de%20Generador%20de%20Vapor%20Clayton.pdf>

Ecogreen® - Ecochillers Inc. (s.f.). *Chillers* . Obtenido de <https://ecochillers.com/Que-es-un-Chiller>

Facultad de ingeniería de la UNAM. (2 de Abril de 2018). Proyecto PyME-CONACYT No. 249322. *Diagnóstico Energético Integral* . México.

INOXMIM. (s.f.). *¿Qué es y cómo funciona una bomba centrífuga?* Obtenido de <https://www.inoxmim.com/blog-c/que-es-una-bomba-centrifuga>

Sanchez Lievano, G. (2017). *Análisis Chiller*.

Secretaria de Energía. (2016). *Prospectiva de gas L.P. 2016-2030*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177623/Prospectiva_de_Gas_LP.pdf

Secretaria de Energía. (2018). *Balance Nacional de Energía 2017*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/414843/Balance_Nacional_de_Energ_a_2017.pdf

Sigma Thermal. (s.f.). *Calentador de fluido térmico*. Obtenido de <https://www.sigmathermal.com/es/calentador-de-fluido-termico/#:~:text=Un%20calentador%20de%20fluido%20t%C3%A9rmico,en erg%C3%ADa%20t%C3%A9rmica%20a%20un%20proceso.>

ANEXOS

***ANEXO 1. MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL
CALENTADOR***

MANUAL DE MANTENIMIENTO

Calentador de Líquido Térmico



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2021

INTRODUCCIÓN

Los calentadores de fluido térmico son factores esenciales en la producción industrial, ya que, constituye una de las fuentes productivas para todo tipo de energía o productos; mientras que en la actualidad la industria ha mostrado una falta de personal técnico especializado que garantice la eficiente operación de los equipos.

Este manual se creó con el propósito de que la empresa lo implemente en esta área.

Esta diseñado de tal modo que su contenido no sea estrictamente de carácter científico, sino de aplicaciones sencillas de llevar a cabo.

FUNCIÓN Y OBJETIVOS

Los equipos en general tienen fallas en la instalación, degradación del rendimiento debido al uso y la operación, lo que resulta en servicio y reparación de equipos; minimizando la posibilidad de fallas y mantener un cierto nivel.

El papel del mantenimiento es comprender sistemáticamente el estado de la maquinaria y el equipo. Programar acciones que eliminarán la falla que causó el apagado, considerando una parada requerida para esta operación y que el impacto en la producción sea mínimo.

El objetivo básico del mantenimiento es maximizar la capacidad de producción de equipos manteniendo costos generales de producción.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| PRINCIPIOS TEÓRICOS | 49 |
| CALENTADOR DE FLUIDO TÉRMICO | 49 |
| VENTAJAS DE LOS CALENTADORES DE FLUIDO TÉRMICO | 49 |
| COMPONENTES BÁSICOS DEL CALENTADOR DE FLUIDO TÉRMICO..... | 49 |
| <i>Válvula de seguridad</i> | 49 |
| <i>Bomba de agua</i> | 49 |
| <i>Conjunto quemador y ventilador</i> | 50 |
| SISTEMA DE COMBUSTIÓN | 50 |
| QUEMADOR DE COMBUSTIBLE A GAS | 51 |
| SECUENCIAS DENTRO DE LA OPERACIÓN | 51 |
| FALLA AL ENCENDER EL QUEMADOR..... | 51 |
| PURGAS | 52 |
| INFORMES Y ORDENES | 54 |
| INFORMES GENERALES | 54 |
| ORDEN DE SERVICIO | 54 |
| ACTIVIDADES POR ETAPA | 55 |
| DIARIAS..... | 55 |
| SEMANALES..... | 55 |
| MENSUALES..... | 56 |
| TRIMESTRALES | 56 |
| SEMESTRALES | 56 |
| ANUALES..... | 56 |
| SÍNTOMA, DIAGNÓSTICO Y SOLUCIÓN POSIBLE | 57 |
| REFERENCIAS | 58 |

Principios Teóricos

Calentador de Fluido Térmico

Un calentador de fluido térmico utiliza un medio de transferencia de calor en fase líquida para entregar energía térmica a un proceso. El aceite térmico, el glicol o el agua, son medios de transferencia de calor habituales que luego de ser calentados son distribuidos a los usuarios de energía de calor dentro de un sistema de circuito cerrado.

Ventajas de los Calentadores de Fluido Térmico

Los medios térmicos ofrecen temperaturas de operación altas (los aceites sintéticos se pueden calentar hasta 800°F/427°C) permaneciendo a bajas presiones. Los riesgos de formación de incrustaciones, corrosión y heladas también son evitables para medios de transferencia de calor a base de aceite. Los calentadores de fluido térmico son más fáciles para operar y mantener que los sistemas comunes de vapor.⁹

Componentes Básicos del Calentador de Fluido Térmico

Válvula de seguridad

Se abren automáticamente cuando la presión del vapor pasa de cierto límite, que está fijado por las condiciones de seguridad de presión máxima.

Si la caldera posee recalentador, este deberá de aumentarse un manómetro.

Bomba de agua

La bomba de agua es un diseño de manufactura especialmente desarrollado para proveer un volumen fijo a través de la unidad de calentamiento, con un flujo agua

⁹ (Sigma Thermal)

controlada y con esto garantizar que la unidad de calentamiento tenga un caudal adecuado, bajo las condiciones de carga y presión requeridas en todo momento; trabajando mediante un motor eléctrico.¹⁰

Conjunto quemador y ventilador

El quemador, recibe una cantidad adecuada de aire del ventilador, para lograr una combustión eficiente. El aire entra a la cámara de combustión con un movimiento en espiral, originado por la disposición del ducto y voluta, que conducen este flujo al interior de la cámara y que al mezclarse con la atomización del combustible inyectado por la(s) boquillas(s) del quemador y encontrarse con el arco eléctrico, generen una flama de alta velocidad en forma de corazón, provocando que abarque todo el espacio disponible en la cámara, transfiriendo a los tubos de la unidad de calentamiento su poder calorífico. Obteniendo con este efecto una eficiente combustión y de esta forma obtener el máximo aprovechamiento del poder calorífico del combustible.

Sistema de Combustión

Se define como combustión, la violenta oxidación de un combustible. Se le da el nombre de combustible aquellos materiales o sustancias capaces de quemarse (oxidarse violentamente).

Se dice que una combustión es completa o correcta, cuando es aprovechado al máximo el poder calorífico del combustible que se esté quemando, es decir, cuando se obtiene el grado máximo de oxidación de dicho combustible.

Para llevar a cabo una combustión, es necesario contar con los elementos indispensables como lo son combustible, comburente e ignición. A estos tres elementos juntos se les conoce como el triángulo del fuego.

¹⁰ (Clayton)

Para esta empresa el combustible a usar es Gas L.P.

El comburente (oxígeno) se obtiene del aire que respiramos del cual solo un 22 % es oxígeno un 77 % es nitrógeno y un 1 % lo componen otros gases.

Quemador de Combustible a Gas

Una vez que el motor del generador ya arrancó, el ventilador empezará a impulsar aire con cierta presión hacia el quemador, esta presión también llegará a la cámara de combustión para hacer un barrido de gases.

Simultáneamente un interruptor de presión de aire (APS) actuara para cerrar su contacto normalmente abierto de su interruptor, permitiendo que el control de flama inicie su ciclo de encendido.

Una vez que ha cerrado su interruptor, habilita eléctricamente el control de combustión, este a su vez permite una salida en una de sus terminales para energizar el transformador de ignición y con esta establecer un arco eléctrico en el quemador, simultáneamente habilita el solenoide del piloto, esta abre y permite el paso de una cantidad controlada de gas y se genera una flama bajo condiciones seguras (piloto), antes de permitir el flujo principal de combustible hacia la cámara de combustión.

Secuencias Dentro de la Operación

Falla al Encender el Quemador

Es importante seguir una secuencia lógica, para así localizar con mayor facilidad la falla y poder tomar las acciones pertinentes para solucionar el problema.

Para ello se siguen los siguientes pasos en el orden recomendado para la detección del problema:

1. Verifique si físicamente la flama se ha generado

2. Si esto es correcto descarte las siguientes probabilidades: presión de combustible, arco eléctrico y aire de combustión (no es necesario revisarlas)
3. Y proceda en cambio a retirar la fotocelda del quemador y limpie su lente, así como el receptáculo de esta y pruebe un arranque, dejando que termine su ciclo de ignición si esta prueba es superada el problema ha sido resuelto. De lo contrario la fotocelda podría estar dañada o incluso el control de flama o modulo amplificador (aplica en algunos modelos)
4. En caso contrario verificar los siguientes puntos
5. Verificar que la presión de combustible sea la correcta
6. Asegurarse que el transformador de ignición este generando de forma eficiente el arco eléctrico en el quemador
7. Que exista un flujo de aire de combustión adecuado
8. Si el problema persiste desmonte, limpie y ajuste el quemador del equipo y revise que el o los electrodos no presente alguna fisura en el aislamiento de porcelana ya que pudiera estar generando el arco eléctrico en un lugar diferente al de las puntas

Purgas

Con el objeto de evitar problemas de obstrucción por acumulación de sólidos disueltos (lodos) en la unidad de calentamiento, es sumamente importante purgar por lo menos cada 8 horas de operación o al final de la jornada de trabajo, lo que ocurra primero.

Para purgar el generador, lleve a cabo los siguientes pasos:

1. Con el quemador del Generador encendido, mantener el equipo por un espacio de tres minutos a su máxima capacidad (fuego alto) pero sin alcanzar condiciones de paro por presión, para evitar que el quemador se apague durante este proceso y dar así Inicio al procedimiento de purga
2. Cierre la válvula de alimentación de la bomba
3. Abra la válvula de purga de la unidad de calentamiento y tome el tiempo a partir de este momento ya que, durante este, el quemador deberá permanecer

encendido de 30 a 60 segundos, sin importar que module de fuego bajo a fuego alto, pero sin alcanzar condiciones de paro por presión. Ya que el factor temperatura es importante durante este proceso

4. Controle la presión de vapor con la válvula de descarga a manera de que se cumpla la condición del paso anterior. pero también obteniendo la máxima presión posible para generar un barrido eficiente al interior de la unidad de calentamiento. Una condición de Alta presión circulando a alta velocidad y en sentido contrario al flujo natural, en combinación con la alta temperatura de la unidad. Dará como resultado al final de este proceso una limpieza interna muy eficiente
5. Apagar el quemador, esto se conseguirá cerrando la válvula principal de gas y grifo del piloto en equipos a gas. Cuando la presión baje, se deberá abrir también la válvula de drene del separador, para que este se limpie internamente. Es probable que durante este proceso se alcance su seguridad por temperatura apagando el quemador. Pero sin generar ningún tipo de riesgo o problema para el equipo
6. Pulse el botón de paro para apagar el generador y cierre totalmente las siguientes válvulas: descarga de vapor, drene de la unidad de calentamiento y drene del separador
7. Por último, compruebe que el procedimiento de purga se realizó adecuadamente. Abriendo la válvula de inspección de llenado y se deberá observar una ligera descarga de vapor con cierta presión y salpicaduras de líquido. Esto es indicio de que este procedimiento se realizó correctamente. En este caso podremos reiniciar la operación normal del equipo, siguiendo los pasos de la secuencia de arranque

Informes y Ordenes

Informes Generales

Para llevar un control se generarán informes generales de rutina, identificando si es diario, semanal, mensual, trimestral, semestral o anual; y, el turno en el que se realizó: matutino o vespertino. Asimismo, se colocará la fecha correspondiente, el nombre y firma del encargado como se muestra en la Imagen 13.

Señalar con una X las casillas correspondientes. Número de Informe: _____

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| Fecha: _____ | Turno: | <input type="checkbox"/> MAT | <input type="checkbox"/> VES | | | | |
| Tiempo: _____ | Tipo de Rutina: | <input type="checkbox"/> Diaria | <input type="checkbox"/> Semanal | <input type="checkbox"/> Mensual | <input type="checkbox"/> Trimestral | <input type="checkbox"/> Semestral | <input type="checkbox"/> Anual |
| Descripción de la Rutina | | | | | | | |
| _____ | | | | | | | |
| _____ | | | | | | | |
| _____ | | | | | | | |
| _____ | | | | | | | |
| Nombre del encargado: _____ | | | | Firma: _____ | | | |

Imagen 13. Informe general de rutina. Elaboración propia.

Orden de Servicio

A la par de los informes, las ordenes de servicio tendrán su propio formato donde se incluirá el departamento que solicita y el servicio como se muestra en la Imagen 14.

Señalar con una X las casillas correspondientes. Número de Servicio: _____

| | | |
|---|------------------------------------|--|
| Fecha de solicitud: _____ | Fecha de entrega programada: _____ | Turno: <input type="checkbox"/> MAT <input type="checkbox"/> VES |
| Departamento: _____ | Servicio solicitado: _____ | Número de máquina: _____ |
| Descripción del Servicio Solicitado <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> | | |
| Nombre del solicitante: _____ | | Firma: _____ |
| Nombre del responsable: _____ | | Firma: _____ |

Imagen 14. Orden de servicio. Elaboración propia.

Actividades por Etapa

Como se mencionó, se tendrán seis tipos de rutina, que tendrán diversas actividades mencionadas a continuación:

Diarias

- Realizar purga
- Revisar el filtro de combustible para el generador

Semanales

- Revisión de línea de alimentación de combustible
- Limpieza en los conductos
- Limpieza del tanque principal
- Revisión del funcionamiento de bombas y motores para la distribución del fluido térmico

Mensuales

- Revisión de boquillas del quemador
- Combustión del quemador
- Revisar si hay fugas de fluido o gases de combustión
- Limpieza del ventilador
- Revisión de válvulas en general
- Revisión de los empaques y su sellado
- Revisión de tubería (uniones, accesorios y en general)

Trimestrales

- Limpieza del cuerpo del quemador
- Revisión del piloto del gas
- Revisión y mantenimiento de las válvulas de seguridad
- Cebado de bombas

Semestrales

- Temperatura de la bomba
- Limpieza al interior de la caldera, lado fluido y fuego
- Revisión de material refractario
- Lubricación del motor del ventilador

Anuales

- Condiciones de seguridad en el área donde se encuentra la caldera
- Limpieza de chimenea
- Revisión de termómetros y manómetros
- Revisión del aislante térmico de tubería

Síntoma, Diagnóstico y Solución Posible

En la Tabla 14 se presentan siete situaciones comunes con su diagnóstico y solución posible.¹¹

Tabla 14. Diagnósticos comunes del sistema

| Síntoma | Diagnóstico | Solución Posible |
|--|--|---|
| El piloto al encender (el quemador apagará por seguridad si el piloto no enciende dentro de los doce segundos posteriores al arranque) | Abastecimiento de gas cerrado | Abra la válvula del servicio de gas |
| | Falla la ignición | Revise y ajuste los electrodos y el transformador de ignición |
| | Presión de gas insuficiente | Vea falta de presión de gas |
| El piloto enciende, pero el quemador falla al encender cuando el grifo principal de gas está abierto | El detector de flama o sus líneas están a tierra | Reajuste del detector de flama. Cambie las líneas y restablezca el control electrónico de seguridad |
| | Falso contacto en la línea eléctrica ocasionado por mugre, humedad o terminales flojas | Apriete todas las terminales y compruebe que estén limpias y libres de humedad |
| | Falla la flama del piloto | Vea si el piloto falla al encender |
| | La válvula solenoide de gas no opera, detector de flama sucio o fuera de ajuste | Revise el circuito de válvula de gas. Desmonte el quemador, limpie y ajuste el detector de flama |
| | Aire insuficiente en el área | Instale un ducto de aire del exterior hacia el ventilador |

¹¹ (Clayton)

| | | |
|---|---|---|
| El piloto de gas y el quemador fallan al encender | Bobina defectuosa en el solenoide del piloto | Cambie la bobina |
| | Grifo del piloto cerrado | Abra el grifo del piloto |
| El quemador enciende normal, pero después de algunos minutos pierde intensidad y se apaga | la presión en el suministro de gas se abate, debido a la regularización de gas inadecuada u obstrucción en las líneas | Revisar el regulador de gas y comprobar que la presión sea la adecuada, así como que esta sea constante |
| Operación parcial o inadecuada del quemador causando baja presión de vapor, bajo carga normal | Mezcla inadecuada de aire-combustible | Limpie las aspas del ventilador |
| | | Ajuste la abertura de la compuerta de aire |
| | | Revise el ducto de la chimenea y que no esté restringido o mal instalado |

Fuente: (Clayton)

Referencias

- Abarca Bahamondes Pedro . (s.f.). *Descripción de Calderas y Generadores de Vapor*. Obtenido de <https://www.achs.cl/portal/trabajadores/Capacitacion/CentrodeFichas/Documents/descripcion-de-caldera-y-generadores-de-vapor.pdf>
- Adningeneria. (s.f.). *Intercambiadores de calor a Placas*. Obtenido de <https://adningeneria.com.ar/productos/intercambiadores-de-calor/intercambiadores-de-calor-a-placas/>
- Arriola Trigueros, D. G., Avalos Soto, M., & Menjívar Morales, A. G. (Noviembre de 2017). *Propuesta de Mejora de Sistema de Intercambio de Calor para*

Enfriamiento de Lodos de Perforación Geotérmica . Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15995/1/Propuesta%20de%20mejora%20de%20sistema%20de%20intercambio%20de%20calor%20para%20enfriamiento%20de%20lodos%20%20de%20perforaci%C3%B3n%20geot%C3%A9rmica.pdf>

Banco de México. (Mayo de 2017). *Evolución Reciente del Precio del Gas L.P. y Consideraciones sobre su Mercado*. Obtenido de <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informes-trimestrales/recuadros/%7B8828BE2A-A71B-6620-F19B-1DECFE2808CD%7D.pdf>

Botero, C. (1991). *Manual de mantenimiento*. Obtenido de SENA/FEDEMETAL: http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/1188/1302

CFE. (2017). *Consulta tu tarifa*. Obtenido de Tarifa MH: https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_industria.asp

Clayton. (s.f.). *Manual de capacitación de generadores de vapor*. Obtenido de <file:///C:/Users/kymsalinas/Downloads/MANUAL%20DE%20CAPACITACION%20CC%81N%20-%20Generador%20de%20Vapor%20Clayton.pdf>

Ecogreen® - Ecochillers Inc. (s.f.). *Chillers* . Obtenido de <https://ecochillers.com/Que-es-un-Chiller>

Facultad de ingeniería de la UNAM. (2 de Abril de 2018). Proyecto PyME-CONACYT No. 249322. *Diagnóstico Energético Integral* . México.

INOXMIM. (s.f.). *¿Qué es y cómo funciona una bomba centrífuga?* Obtenido de <https://www.inoxmim.com/blog-c/que-es-una-bomba-centrifuga>

Sanchez Lievano, G. (2017). *Análisis Chiller*.

Secretaria de Energía. (2016). *Prospectiva de gas L.P. 2016-2030*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177623/Prospectiva_de_Gas_LP.pdf

Secretaria de Energía. (2018). *Balance Nacional de Energía 2017*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/414843/Balance_Nacional_de_Energ_a_2017.pdf

Sigma Thermal. (s.f.). *Calentador de fluido térmico*. Obtenido de <https://www.sigmathermal.com/es/calentador-de-fluido-termico/#:~:text=Un%20calentador%20de%20fluido%20t%C3%A9rmico,en erg%C3%ADa%20t%C3%A9rmica%20a%20un%20proceso.>

***ANEXO 2. MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL
INTERCAMBIADOR DE CALOR***

MANUAL DE MANTENIMIENTO

Intercambiador de Calor de Placas Planas



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2021

INTRODUCCIÓN

Este manual se creó con el propósito de que la empresa lo implemente en esta área.

Esta diseñado de tal modo que su contenido sea utilizado como instrumento del personal a cargo del funcionamiento y mantenimiento de dicha instalación, para evitar cualquier defecto de funcionamiento.

FUNCIÓN Y OBJETIVOS

Los equipos en general tienen fallas en la instalación, degradación del rendimiento debido al uso y la operación, lo que resulta en servicio y reparación de equipos; minimizando la posibilidad de fallas y mantener un cierto nivel.

La función del mantenimiento es comprender sistemáticamente el estado de las máquinas y los equipos. Teniendo en cuenta la parada requerida para esta operación, y se minimiza la posibilidad de eliminar el impacto en la producción, se puede realizar una operación de programación para eliminar la falla que provocó la parada.

El objetivo básico del mantenimiento es maximizar la capacidad de producción del equipo mientras se mantienen los costos generales de producción.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| PRINCIPIOS TEÓRICOS | 64 |
| INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS PLANAS | 64 |
| <i>Principios de Funcionamiento</i> | 64 |
| COMPONENTES BÁSICOS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR | 64 |
| PLACAS | 65 |
| JUNTAS | 65 |
| CONEXIONES | 65 |
| TIPOS DE MANTENIMIENTO | 66 |
| LIMPIEZA MANUAL | 66 |
| <i>Sugerencias</i> | 67 |
| CIP (CLEANING IN PLACE) | 67 |
| PRINCIPALES ACTIVIDADES EN EL MANTENIMIENTO | 68 |
| APERTURA DEL INTERCAMBIADOR | 68 |
| DESMONTAJE DE PLACAS | 69 |
| CAMBIO DE JUNTAS | 69 |
| <i>Eliminación de las juntas viejas</i> | 69 |
| <i>Limpieza del alojamiento de la junta</i> | 70 |
| <i>Encolado de la junta</i> | 70 |
| CIERRE DEL INTERCAMBIADOR | 70 |
| INFORMES Y ORDENES | 71 |
| INFORMES GENERALES | 71 |
| ORDEN DE SERVICIO | 72 |
| MEDIDAS DE SEGURIDAD | 72 |
| REFERENCIAS | 73 |

Principios Teóricos

Intercambiador de Calor de Placas Planas

El intercambiador de calor de placas es un equipo que permite recuperar el calor presente en un fluido transfiriéndolo a otro fluido.

Los dos fluidos no entran jamás en contacto entre sí porque están separados por láminas metálicas. Estas láminas, denominadas placas, son muy finas y arrugadas para hacer pasar la máxima cantidad de calor por cada unidad de superficie.

El intercambiador de calor de placas se ha realizado para garantizar este intercambio de calor en la máxima seguridad.

Principios de Funcionamiento

El principio de funcionamiento de los intercambiadores de placas se basa en la convección y conducción. Los fluidos se hacen circular en sentido invertido (circulación en contracorriente) para mantener siempre sensiblemente elevado el salto de temperatura entre los dos fluidos, uniformando el intercambio de calor entre los mismos.

Componentes Básicos del Intercambiador de Calor

En la Imagen 15 se puede observar los componentes de un intercambiador.

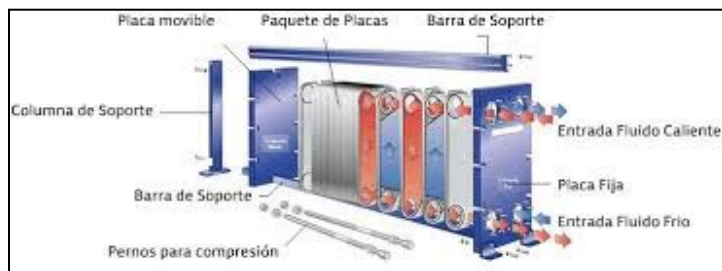


Imagen 15. Componentes del Intercambiador de calor

Fuente: (Arriola Trigueros, Avalos Soto, & Menjívar Morales, 2017)

Placas

Las placas son los componentes principales de un intercambiador de calor. Estas placas representan la superficie de intercambio térmico entre los fluidos.

El número y la forma de las placas dependen de las características termodinámicas necesarias por el usuario; sobrepuestas entre sí forman el llamado "paquete de placas".

Las placas se pueden obtener de cualquier material prensable. Los materiales se eligen en base a las condiciones de uso; los más utilizados son:

- Acero Inoxidable
- Titanio
- Titanio-Paladio
- Níquel

Juntas

Desempeñan tres funciones principales:

1. Contienen los fluidos en el área perimetral de la placa
2. Desvían los mismos fluidos alternativamente en el interior del intercambiador
3. Distinguen flujo

Un fluido que entra en el circuito primario encuentra abierto la entrada al canal presente entre dos placas, mientras encuentra cerrado el segundo. Al contrario, en el circuito secundario el fluido encuentra cerrado el primer paso mientras encuentra abierto el segundo.

Conexiones

Las conexiones son los dispositivos necesarios para acoplar el intercambiador a la instalación.

Convencionalmente se ha establecido que en la plancha fija las conexiones estén enumeradas consecutivamente en sentido antihorario; mientras que en la plancha de presión las conexiones se han enumerado consecutivamente en sentido horario.

Tipos de Mantenimiento

Cuando la instalación vaya a estar parada durante largos períodos de tiempo, se aconseja retirar el equipo de la instalación o bien ventilar periódicamente la sala donde esté ubicado. Esto es debido al ambiente húmedo y clorado al que se ven expuestos los equipos, lo cual provoca el deterioro acelerado de los componentes electrónicos del mismo.

Para garantizar el correcto funcionamiento de los intercambiadores se debe evaluar los residuos sólidos (incrustaciones y depósitos) ya que pueden comprometer la estanqueidad de las juntas, corroer las placas y también alterar significativamente las prestaciones del intercambiador en términos de intercambio térmico.

La limpieza de los intercambiadores de placas puede efectuarse tanto de manera manual como con operaciones CIP (Clearing in place).

Limpieza Manual

- Abrir el intercambiador
- Si es necesario utilizar un cepillo para quitar los residuos sólidos sobre las placas, utilizar del tipo de cerdas blandas o de plástico. Algunos cepillos ferrosos sobre el acero inoxidable pueden acelerar la formación de óxido y/o la corrosión de las placas
- Aclarar con agua dulce cada placa; es posible utilizar un chorro de alta presión teniendo cuidado, en el caso de las juntas pegadas, dirigir el chorro perpendicularmente respecto a las superficies de las juntas para evitar que estas se separen

- Tener cuidado de no rayar la superficie de las juntas reduciendo su superficie de apoyo
- Limpiar de nuevo y secar las juntas con especial cuidado. Algunas partículas de suciedad que se adhieren a la superficie las juntas podrían ser causa de pérdidas de fluido del intercambiador. Recomendamos limpiar también la parte trasera de cada placa ya que ésta está también en contacto con el fluido que circula

Sugerencias

- No utilizar ácido clorhídrico, ácido muriático o agua que contenga más de 300 ppm de cloruros para limpiar placas de acero inoxidable
- No utilizar ácido fosfórico para limpiar placas de titanio
- No utilizar ácido sulfúrico
- Para incrustaciones calcáreas, aceites y grasas; utilizar ácido nítrico al 4% máx. 60°C. Ácido cítrico al 4% máx. 60°C. Parafina o queroseno (Las juntas EPDM pueden resultar dañadas por estos fluidos - Limitar el contacto)
- Para barros, óxidos metálicos o depósitos orgánicos; utilizar ácido nítrico al 8% máx. 60°C. Ácido cítrico al 4% máx. 60°C. Solución al 2% de sosa cáustica a máx. 40°C

CIP (Cleaning in place)

Este tipo de limpieza está indicado cuando en los circuitos del intercambiador fluyen fluidos corrosivos y es necesario un lavado profundo del mismo sin necesidad de abrirlo.

Preparar el intercambiador respetando las indicaciones siguientes:

- Vaciar ambos circuitos accionando las válvulas de descarga; si no fuera posible, poner en circulación agua dulce hasta el rebosamiento completo del intercambiador de fluidos del proceso que serán recogidos siguiendo las normas correspondientes de eliminación
- Vaciar completamente los circuitos del agua y conectar la unidad

- Para una mejor realización de la limpieza, utilizar una bomba centrífuga colocada entre la unidad IP y el intercambiador para hacer circular la solución detergente desde abajo hacia arriba de manera que se puedan eliminar todos los residuos de suciedad
- Hacer circular agua dulce en el sentido opuesto al sentido usual (invertir entrada/salida) teniendo presente que el uso de filtros colocados aguas arriba del intercambiador reduce la necesidad de circulación inversa
- Hacer circular una cantidad de solución detergente superior al caudal usual de fluido del circuito
- Aclarar ambos circuitos con agua dulce después del lavado. Para eliminar los problemas de que los residuos ensucien (fibras o partículas) y atasquen los canales del intercambiador

Principales Actividades en el Mantenimiento

Apertura del Intercambiador

Antes de efectuar la secuencia de apertura del intercambiador:

1. Limpieza y lubricación de la barra de soporte
2. Limpieza de los pernos y de la parte roscada de los tirantes
3. Lubricación de las partes de deslizamiento
4. Medir y anotar la cota de apriete

Después de haber efectuado estas operaciones preliminares, se procede a las operaciones de apertura:

1. Cierre lentamente la válvula de entrada del circuito con presión más alta
2. Cierre la válvula de salida
3. Repita para el otro circuito

4. Abra la válvula de purga y lleve la presión en el intercambiador a nivel atmosférico. El intercambiador se puede abrir solamente cuando la temperatura ha descendido por debajo de los 50°C y el recipiente no está más bajo presión
5. Desconecte todas las conexiones de la plancha fija y móvil
6. Afloje completamente los pernos y quite los tirantes superior e inferior del intercambiador
7. Afloje las tuercas en modo cruzado
8. Cuando todos los tirantes han sido extraídos, mueva la plancha de presión hasta la columna de soporte. Ahora es posible acceder a las placas individuales
9. Si las placas deben ser enumeradas, proceda a la numeración antes del desmontaje

Desmontaje de Placas

Para la manipulación de las placas, es aconsejable utilizar guantes ya que los bordes de estas cortan.

Cuando se desmontan las placas se procede como se indica a continuación:

1. Deslice la plancha de presión hasta la columna de soporte
2. Incline en sentido longitudinal la placa para soltar la parte inferior de la misma, empotrada en la barra de dirección
3. Gire la placa alrededor de la barra de soporte y extráigala

Cambio de Juntas

El cambio de las juntas se debe realizar con la máxima atención y cuidado para prevenir que se dañen las placas.

Es necesario efectuar estas operaciones:

Eliminación de las juntas viejas

Con una pistola de aire caliente se calienta la parte posterior de la placa hasta cuando se consigue despegar fácilmente la junta.

Limpieza del alojamiento de la junta.

Después de haber extraído la junta, se deberá limpiar el alojamiento de los restos de cola y eventualmente de las partes de guarnición antes encolar una nueva.

Lave el alojamiento de la junta, aunque no presente residuos de aceite u otras sustancias grasas, utilizando paños embebidos de acetona u otros disolventes, es importante utilizar disolventes libres de cloro.

Encolado de la junta

Cuando se efectúa la operación de encolado, compruebe que la cámara de trabajo esté lo suficiente ventilada y sin llamas libres.

Aplique la cola con un cepillo fino y plano sobre todo el alojamiento que debe entrar en contacto con la junta; déjela secar brevemente. Para reconocer en donde estaban aplicadas las juntas viejas, es suficiente notar la diferencia de color en el alojamiento causado por la cola anterior.

Es sumamente importante que la junta esté encolada en modo plano y sin ondas en su alojamiento. Después de haber dejado secar la cola, la junta se fija en su alojamiento correspondiente.

Cierre del Intercambiador

Antes de ensamblar el intercambiador, es necesario revisar todas las juntas y las superficies de contacto con las mismas.

El procedimiento de montaje es el siguiente:

1. Controle que todas las superficies estancas estén limpias
2. Limpie la rosca de los tirantes con un cepillo de acero. Lubrique la rosca de los tirantes con una película de grasa

3. Inserte la placa con las arrugaciones tipo espina de pescado en dirección alternada y las juntas orientadas hacia la plancha fija
4. Presione las placas entre sí. La sujeción se efectúa en dos fases, el pretensado y el verdadero bloqueo:
 - a. Sujete en secuencia los dos pares de pernos diagonales
 - b. Apriete los pernos hasta alcanzar la cota de apriete
5. Finalmente sujete el par de pernos central, luego los pernos inferiores y superiores

Informes y Ordenes

Informes Generales

Para llevar un control se generarán informes generales de rutina, identificando el turno en el que se realizó: matutino o vespertino. Asimismo, se colocará la fecha correspondiente, el nombre y firma del encargado como se muestra en la Imagen 16.

| | | |
|--|---------------|--|
| Señalar con una X las casillas correspondientes. | | Número de Informe: _____ |
| Fecha: _____ | Tiempo: _____ | Turno: <input type="checkbox"/> MAT <input type="checkbox"/> VES |
| Descripción de la Rutina | | |
| _____ _____ _____ _____ | | |
| Nombre del encargado: _____ | | Firma: _____ |

Imagen 16. Informe general de rutina. Elaboración propia.

Orden de Servicio

A la par de los informes, las ordenes de servicio tendrán su propio formato donde se incluirá el departamento que solicita y el servicio como se muestra en la Imagen 17.

| | | |
|--|------------------------------------|--|
| Señalar con una X las casillas correspondientes. | | Número de Servicio: _____ |
| Fecha de solicitud: _____ | Fecha de entrega programada: _____ | Turno: <input type="checkbox"/> MAT <input type="checkbox"/> VES |
| Departamento: _____ | Servicio solicitado: _____ | Número de máquina: _____ |
| Descripción del Servicio Solicitado | | |
| _____ _____ _____ _____ | | |
| Nombre del solicitante: _____ | Firma: _____ | |
| Nombre del responsable: _____ | Firma: _____ | |

Imagen 17. Orden de servicio. Elaboración propia.

Medidas de Seguridad

- Utilizar siempre gafas y guantes de protección durante las operaciones de limpieza de acuerdo con las prescripciones indicadas en la ficha de seguridad del producto utilizado
- Proteger ojos y otras partes del cuerpo con indumentaria protectora durante las operaciones de limpieza. Las salpicaduras de ácido pueden resultar muy peligrosas
- Los vapores de los ácidos pueden ser peligrosos para la salud. Airear los locales donde se realiza el mantenimiento, durante y después del mismo

- Después de limpiar con ácido, enjuagar las placas con agua dulce
- Las aguas restantes deben eliminarse mediante las normativas ambientales vigentes

Referencias

Abarca Bahamondes Pedro . (s.f.). *Descripción de Calderas y Generadores de Vapor*. Obtenido de <https://www.achs.cl/portal/trabajadores/Capacitacion/CentrodeFichas/Documents/descripcion-de-caldera-y-generadores-de-vapor.pdf>

Adningeneria. (s.f.). *Intercambiadores de calor a Placas*. Obtenido de <https://adningeneria.com.ar/productos/intercambiadores-de-calor/intercambiadores-de-calor-a-placas/>

Arriola Trigueros, D. G., Avalos Soto, M., & Menjívar Morales, A. G. (Noviembre de 2017). *Propuesta de Mejora de Sistema de Intercambio de Calor para Enfriamiento de Lodos de Perforación Geotérmica* . Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15995/1/Propuesta%20de%20mejora%20de%20sistema%20de%20intercambio%20de%20calor%20para%20enfriamiento%20de%20lodos%20de%20perforaci%C3%B3n%20geot%C3%A9rmica.pdf>

Banco de México. (Mayo de 2017). *Evolución Reciente del Precio del Gas L.P. y Consideraciones sobre su Mercado*. Obtenido de <https://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-prensa/informes-trimestrales/recuadros/%7B8828BE2A-A71B-6620-F19B-1DECFE2808CD%7D.pdf>

Botero, C. (1991). *Manual de mantenimiento*. Obtenido de SENA/FEDEMETAL: http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/1188/1302

CFE. (2017). *Consulta tu tarifa*. Obtenido de Tarifa MH:
https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_industria.asp

Clayton. (s.f.). *Manual de capacitación de generadores de vapor*. Obtenido de
<file:///C:/Users/kymsalinas/Downloads/MANUAL%20DE%20CAPACITACION%20CC%81N%20-%20Generador%20de%20Vapor%20Clayton.pdf>

Ecogreen® - Ecochillers Inc. (s.f.). *Chillers*. Obtenido de
<https://ecochillers.com/Que-es-un-Chiller>

Facultad de ingeniería de la UNAM. (2 de Abril de 2018). Proyecto PyME-CONACYT
No. 249322. *Diagnóstico Energético Integral*. México.

INOXMIM. (s.f.). *¿Qué es y cómo funciona una bomba centrífuga?* Obtenido de
<https://www.inoxmim.com/blog-c/que-es-una-bomba-centrifuga>

Sanchez Lievano, G. (2017). *Análisis Chiller*.

Secretaria de Energía. (2016). *Prospectiva de gas L.P. 2016-2030*. Obtenido de
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177623/Prospectiva_de_Gas_LP.pdf

Secretaria de Energía. (2018). *Balance Nacional de Energía 2017*. Obtenido de
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/414843/Balance_Nacional_de_Energ_a_2017.pdf

Sigma Thermal. (s.f.). *Calentador de fluido térmico*. Obtenido de
<https://www.sigmathermal.com/es/calentador-de-fluido-termico/#:~:text=Un%20calentador%20de%20fluido%20t%C3%A9rmico,en,energ%C3%ADa%20t%C3%A9rmica%20a%20un%20proceso.>