



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ZARAGOZA

**Propuesta de plan de acción para la gestión de energía en una
planta de la industria alimenticia**

TESIS

Que para obtener el título de

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA

José Antonio Vázquez Hernández

DIRECTOR

Dr. Rodolfo Alberto Herrera Toledo



Ciudad de México, 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.

Dedicatoria

Le doy gracias a mis padres Regina y Feliciano que sin su ayuda y amor no hubiera podido completar mis estudios universitarios y que sin duda son los mejores padres que pudiera tener, a mis hermanos Marcos e Ivonne que me acompañaron en este camino y que con sus ánimos y amor me apoyaron a terminar esta ingeniería, a mi sinodal el Dr Rodolfo Herrera que con su tiempo, sabiduría, consejos y pasión, ha hecho que en cada una de las cosas que enseña termine uno queriendo aprender más y amando más esta hermosa carrera, sin duda uno de los mejores profesores que pude haber tenido yo y esta hermosa facultad, a la maestra Olga Benítez que siempre hace que uno saque lo mejor de sí en cada una de sus clases dentro y fuera, nunca voy a olvidar lo mucho que me ha apoyado en toda la carrera tanto como estudiante y profesional, a los dos siempre los voy a llevar dentro del corazón y siempre voy a estar muy agradecido con ustedes, a mis amigos Diego, Ivonne, Chuy, Monica, Erika, Cesar, Deniro los cuales son la esencia de mi persona y de los cuales estoy muy orgulloso de lo que somos y fuimos porque nunca voy a olvidar los días en que solo hacíamos que pasaran las cosas, todavía falta mucho camino que recorrer profesionalmente como espiritualmente, pero estoy seguro de que con ustedes a lado las cosas van a ser más hermosas, a mis colegas que me he encontrado en estos años que he ejercido mi carrera y que sin duda han dejado huella por las personas que son y como me han apoyado en mi crecimiento profesional no podría nombrarlos a todos, pero a todos ellos les mando un fuerte abrazo. A mis de más sinodales que con su tiempo y comentarios me ayudaron a culminar este trabajo, por último a mi hermosa UNAM que gracias a ella tengo lo que siempre soñé.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| OBJETIVOS..... | 9 |
| INTRODUCCIÓN..... | 10 |
| CAPÍTULO 1 SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA..... | 11 |
| 1.1 Definición entre sistema de gestión de energía | 11 |
| 1.2 Beneficios de un sistema de gestión de energía..... | 13 |
| 1.3 ISO 50001 | 14 |
| 1.4 Metodología para el diseño e implementación en un sistema de gestión de energía..... | 15 |
| 1.5 Principios para llevar a cabo la gestión de energía (ISO 50001) | 16 |
| 1.6 Indicador clave de desempeño. | 17 |
| 1.6.1 Indicadores de desempeño energético | 18 |
| 1.7 Línea base | 21 |
| 1.8 Panorama actual de las PYMES..... | 21 |
| CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA | 24 |
| 2.1 Organigrama | 24 |
| 2.2 Plan de producción | 25 |
| 2.3 Definición de queso..... | 28 |
| 2.4 Proceso general de elaboración de queso..... | 29 |
| 2.5 Elaboración de queso Oaxaca..... | 34 |
| 2.5.1 Descripción de proceso de queso Oaxaca..... | 35 |
| 2.6 Elaboración de queso panela..... | 37 |
| 2.6.1 Descripción de proceso del queso panela. | 38 |
| 2.7 Elaboración de queso rancho | 41 |
| 2.7.1 Descripción de proceso del queso rancho. | 42 |
| CAPITULO 3. PROPUESTA DE PLANEACIÓN DE CONSUMO DE ENERGIA | 45 |
| 3.1 Etapas de auditoría energética. | 45 |
| 3.2 Límites | 46 |
| 3.3 Política energética..... | 47 |

| | |
|--|------------|
| 3.4 Designación de representante de la dirección | 50 |
| 3.5 Designación de equipo de gestión de la energía | 50 |
| 3.6 Registro de consumo energético..... | 51 |
| 3.7 Desempeño energético | 52 |
| 3.7.1 Energía térmica..... | 53 |
| 3.7.2 Energía eléctrica | 74 |
| CAPÍTULO 4. RESULTADO DE EVALUACIÓN Y PLANES DE AUDITORIA | 83 |
| 4.1 Estructura energética | 83 |
| 4.2 Objetivos y Metas..... | 87 |
| 4.3 Plan de acción..... | 90 |
| 4.4 Capacitaciones..... | 96 |
| 4.5 Cambios operacionales..... | 97 |
| 4.6 Inversiones financieras. | 98 |
| CAPITULO 5. ACCIONES FUTURAS Y CONCLUSIONES..... | 104 |
| 5.1 Seguimiento de medición y analisis | 104 |
| 5.2 Revisión | 104 |
| 5.3 Acciones para mejorar el desempeño energético | 106 |
| 5.4 Conclusiones..... | 107 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 108 |
| ANEXOS | 111 |
| ANEXO A Cálculos de balances de masa y energía | 111 |
| ANEXO B DFP´s de la elaboración de queso | 123 |
| ANEXO C Cálculo de pérdidas térmicas..... | 126 |
| ANEXO D Cálculo de pérdidas por radiación y convección | 132 |

TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1.1 Indicadores de desempeño energético..... | 19 |
| Tabla 2.1 Leche a procesar por hectolitros. | 26 |
| Tabla 2.2 Cantidad de suero por año a procesar para el área de queso de rancho. | 27 |
| Tabla 2.3 Clasificación del queso..... | 29 |
| Tabla 3.1 Ejemplo de llenado de consumo energético..... | 52 |
| Tabla 3.2 Emisiones de calor en las tuberías..... | 56 |
| Tabla 3.3 Perdidas de calor por equipo de proceso..... | 68 |
| Tabla 3.4 Necesidades energéticas de los purgadores- expresadas en kg/h de vapor | 69 |
| Tabla 3.5 Medidas de ahorro para distribución de vapor. | 70 |
| Tabla 3.6 Medidas de ahorro para generación de vapor..... | 71 |
| Tabla 3.7 Consumo de energía térmica en la planta..... | 73 |
| Tabla 3.8 Equipos utilizados en proceso para la elaboración de queso..... | 76 |
| Tabla 3.9 Comparación de consumo eléctrico con rebobinado vs motores eficientes. | 80 |
| Tabla 3.10 Consumo de energía eléctrica en la planta. | 81 |
| Tabla 4.1 Objetivos y metas para la planta. | 89 |
| Tabla 4.2 Tipos de evaluación..... | 97 |

FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1 Integración de actividades en el SGEEn | 12 |
| Figura 1.2 Identificación de acciones para mejorar el desempeño energético | 13 |
| Figura 1.3 Etapas para el diseño e implementación de un SGEEn..... | 16 |
| Figura 1.4 Características del KPI'S | 18 |
| Figura. 1.5 Ejemplo Diagrama Energía-Producción y modelo estadístico asociado. | 20 |
| Figura 2.1 Estructura organizacional de la empresa | 25 |
| Figura 2.2 Diagrama de bloques de la elaboración de queso | 30 |
| Figura 2.3 Diagrama de bloques de la elaboración del queso Oaxaca | 35 |
| Figura 2.4 Diagrama de flujo de proceso Oaxaca | 37 |
| Figura 2.5 Diagrama de bloques para la elaboración de queso panela | 39 |

| | |
|--|-----|
| Figura 2.6 Diagrama de flujo de proceso panela..... | 41 |
| Figura 2.7 Diagrama de bloques para la elaboración de queso ranchero | 43 |
| Figura 2.8 Diagrama de flujo de proceso ranchero | 44 |
| Figura 3.1 Pasos para una auditoria | 45 |
| Figura 3.2 Distribución de la planta | 47 |
| Figura 3.3 Política energética..... | 49 |
| Figura 3.4 Concepto de desempeño energético para un SGen | 53 |
| Figura 3.5 Distribución de vapor en la planta. | 54 |
| Figura 3.6 Tubería con aislante térmico | 57 |
| Figura 3.7 Perdidas de vapor por fugas | 61 |
| Figura 3.8 Costos asociados a la generación de vapor..... | 62 |
| Figura 3.9 Condiciones de revaporizado en el condensado..... | 70 |
| Figura 4.1 Diagrama de flujo de las metas..... | 90 |
| Figura 4.2 Diagrama de Gantt para aplicar el SGen..... | 101 |

GRÁFICAS

| | |
|--|----|
| Gráfica 2.1 Consumo de leche por área..... | 26 |
| Gráfica 2.2 Total de queso producido | 27 |
| Grafica 3.1 Consumo de energía térmica en la planta por área | 73 |
| Grafica 3.2 Consumo de energía eléctrica en la planta por área. | 82 |
| Gráfico 4.1 Consumo total energético en la planta..... | 83 |
| Gráfico 4.2 Consumo total energético en la planta con medidas de ahorro..... | 84 |
| Gráfico 4.3 Línea base | 84 |
| Gráfico 4.4 KPI térmico y eléctrico /Tiempo | 86 |
| Gráfico 4.5 KPI energía total/Tiempo | 87 |

NOMENCLATURA

| | |
|--|---|
| Kilogramo | Kg |
| Grasa | G |
| Proteína | P |
| Litros equivalentes | Le |
| Leche descremada en polvo | LDP |
| Litros | L |
| Kilo calorías | Kcal |
| Poder calorífico | CP |
| Masa | m |
| Calor | Q |
| Centígrado | °C |
| Delta de temperatura | ΔT |
| Concentrado de proteína de leche | MPC |
| Metros cúbicos | m³ |
| Delta de entalpía | Δh |
| Kilo joule | kJ |
| Unidad térmica británica | BTU |
| Caballos Caldera | CC |
| Diámetro | D |
| Convectiva del coeficiente superficial | hcv W/m²K |
| Radiante del coeficiente superficial | hr W/m²K |
| Coeficiente de radiación | Cr W/°C⁴m² |
| Conductividad térmica | k W/mK |
| Coeficiente exterior | he W/m²K |
| Emisión calorífica | q W/m |
| Kilo watts horas | kWh |
| Mega Joules | MJ |

| | |
|--------------------------------|--|
| Giga Joules | GJ |
| Coeficiente de convección | h W/°C m² |
| Área superficial | As m² |
| Temperatura superficial | TS |
| Temperatura alejada del fluido | T_∞ |
| Emisividad | ε |
| Constante de Stefan-Bolteman | φ 5.67*10⁻⁸ W/m²K⁴ |
| KiloWatts | kW |
| Trabajo eléctrico | w |

OBJETIVOS

GENERAL

El objetivo principal de este trabajo es efectuar un plan de acción para aplicar un sistema de gestión de energía en una planta de la industria alimenticia, considerando como base los resultados del estado actual de la empresa mediante un diagnóstico energético y a través de estos resultados ver como se usa la energía y hacer mejoras de aprovechamiento energético, esto para disminuir costos de operación dentro de la empresa.

ESPECÍFICOS

- Determinar mediante un diagnóstico energético el estado actual del sistema de distribución de vapor y los motores de los equipos de proceso.
- Establecer una línea base para generar proyecciones futuras de consumo de energía.
- Determinar acciones de aprovechamiento energético dentro de la empresa.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se desarrolla un plan de acción un plan de acción para realizar un sistema de gestión de energía en una planta de la industria alimenticia que elabora quesos.

En el primer capítulo se menciona lo que significa un SGE_n (Sistema de Gestión de la energía), la importancia que tiene en la industria, los beneficios que proporciona y sus principios de implementación, de igual forma se mencionarán los resultados esperados cuando se aplica de una manera exitosa.

En el segundo capítulo se describe la empresa, el plan de producción, funcionamiento, y se definirán los procesos de elaboración más importantes llevados a cabo dentro de la empresa los cuales son queso Oaxaca, panela y rancho se definió que estos procesos de elaboración son los más importantes debido al consumo de energía, ya que son los que más se elaboran dentro de la empresa a diferencia de los otros productos.

En el capítulo tres se describe la propuesta de planeación utilizada, para llevar el SGE_n dentro de la empresa. Además, se describirán cada una de las etapas que se requerirán para este proceso de implementación, igualmente en este capítulo se evaluó el desempeño energético de energía térmica y eléctrica de los procesos.

En el capítulo cuatro, se mencionan los resultados obtenidos a partir de la evaluación del desempeño energético de los procesos, con lo que se estructuran objetivos y metas para llevar a cabo los planes de acción dentro de la empresa.

Finalmente, en el capítulo 5 se presentarán los seguimientos que se deben realizar y la revisión de los planes de acción y acciones para mejorar en desempeño energético dentro de la empresa.

CAPÍTULO 1 SISTEMA DE GESTIÓN DE ENERGÍA

México es uno de los países que ha ratificado sus metas para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) hacia 2020 y 2050, actualmente las áreas de oportunidad se encuentran en el uso final de la energía, sobre todo en el sector industrial y de servicios para reducir dichas emisiones. Acciones como el ahorro y uso eficiente de la energía podrán contribuir a la reducción de los gases de efecto invernadero y alcanzar objetivos donde ha mediado o largo plazo disminuya el consumo de energía en usuarios con alto consumo.

Una de las soluciones para alcanzar estos objetivos es implementar un (SGEn) que permita elevar la competitividad de las plantas productivas a través del uso racional de la energía. El contar con un SGEn permite mejorar el desempeño energético de las empresas independientemente de su tamaño o de la actividad que realice. Cuando se logra la reducción del uso de la energía, este se ve reflejado en la disminución de costos operativos de la empresa contribuyendo a la competitividad de forma importante.

El SGEn tiene beneficios económicos por la disminución del consumo de energía, como una mejora en la imagen de la empresa en donde se resalta el compromiso con la sociedad y el cuidado del medio ambiente. Los SGEn se basan en un modelo de mejora continua Planear/Hacer/Verificar/Actuar (PHVA), que ya está asimilado e implementado por varias empresas alrededor del mundo para reducir costos e incrementar su competitividad.

Esta propuesta de tesis tiene como finalidad iniciar ese proceso de gestión de energía a través de la elaboración de un plan de acción en una empresa de productos lácteos. Basado en los requisitos de la Norma Mexicana NMX-J-SAA-50001-ANCE-IMNC-2011, equivalente a la Norma Internacional ISO 50001: 2011.

1.1 Definición de sistema de gestión de energía (SGEn)

Un SGEn es una metodología que tiene como finalidad la mejora sostenida y continua del desempeño energético en las organizaciones expresado como costo-efectividad (Robles, Torres, & Robles, 2016). Además, tiene como objetivo la mejora

del desempeño energético a partir de acciones implementadas en el sistema, parte del éxito dependerá en gran medida del compromiso y disponibilidad de todos los actores involucrados en la organización (ver figura 1.1) para gestionar el uso y costo de la energía, a través de cambios que serán necesarios para facilitar las mejoras y reducción de costos.

El SGEEn es un impulsor para las empresas, ya que buscarán el uso racional y eficiente de la energía como también el de los recursos naturales, es por ello que los principales impulsores de la gestión de energía son la seguridad energética, el desarrollo económico y la competitividad, el cambio climático y la salud pública.



Figura 1.1 Integración de actividades en el SGEEn
Fuente: (Aller, Salazar, Bueno, & Peña)

1.2 Beneficios de un sistema de gestión de energía

Los beneficios que se obtienen al implementar un SGE_n en las organizaciones son los siguientes (Flores Díaz, Escoboza Pineda, & Espinoza Flores, 2016):

- Ayudar a identificar, priorizar y seleccionar las acciones para la mejora del desempeño energético con base en su potencial de ahorro y el nivel de inversión requerido (ver Figura 1.2).
- Reducir costos al aprovechar al máximo los recursos energéticos.
- Impulsar la productividad y el crecimiento (mayor aprovechamiento, menor desperdicio).
- Promueven las mejores prácticas de gestión energética.
- Asegurar la confianza y calidad de la información que se utiliza para la toma de decisiones.
- Facilitar la integración de sistemas de gestión ya existentes.
- Desarrollar capacidades en la organización.
- Generar una cultura organizacional orientada a la gestión de la energía.
- Luchar contra el cambio climático.
- Uso como publicidad positiva en la empresa.

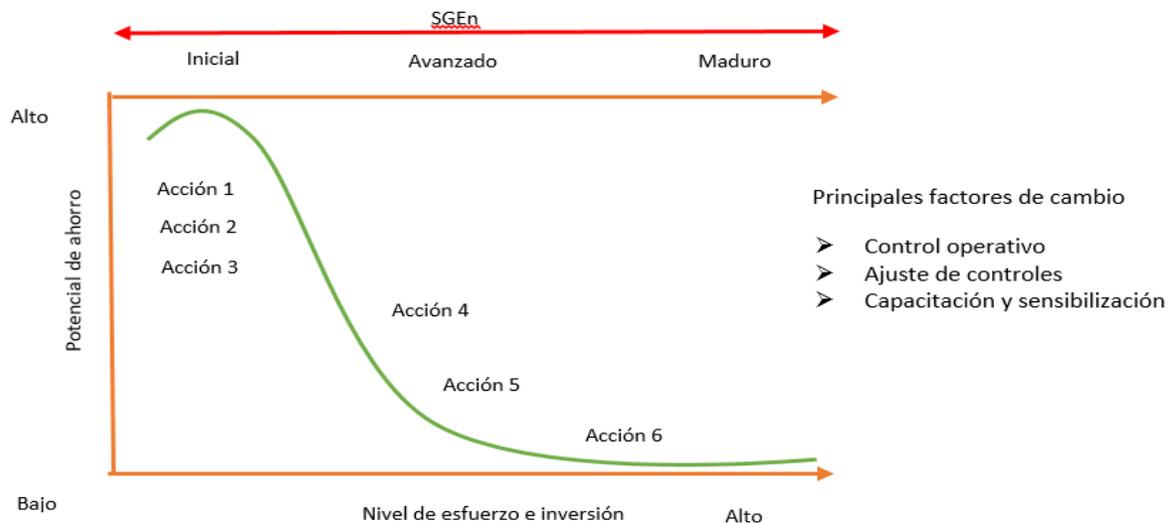


Figura 1.2 Identificación de acciones para mejorar el desempeño energético
Fuente: (Flores Díaz, Escoboza Pineda, & Espinoza Flores, 2016)

Como se puede apreciar en la figura 1.2, en la etapa inicial del SGEEn se encontrarán muchas áreas de oportunidad para mejorar el desempeño energético; lo que permitirá que las acciones a implementar puedan requerir de baja inversión, ya que en la mayoría de los casos se tratará de medidas simples. En la medida en que el SGEEn avanza hacia su estado de madurez, dichas áreas de oportunidad para el ahorro y uso eficiente de energía disminuirán y requerirán media o alta inversión debido a que se trata de acciones más complejas.

Estos beneficios se ven reflejados en la imagen de la empresa y ahorros económicos de la misma además de permitir un desarrollo sustentable; para poder acceder a ellos no necesariamente se tiene que ser una empresa grande, si no que puede ser adoptada para cualquier tipo de organización, independiente de que actividad realiza.

1.3 ISO 50001

Se debe considerar que el SGEEn se ocupa solamente de desarrollar e implementar una política energética y de organizar aspectos energéticos, su implementación será más fácil cuando coexistan otros sistemas de gestión en la organización como por ejemplo la ISO 14000, la norma ISO 50001 que en México su equivalente es la NMX-J-SAA50001-ANCE-IMNC-2011 es una especificación para sistemas de gestión de la energía que define los requerimientos para establecer, implementar, mantener y mejorar lo que permite a las organizaciones establecer sistemas y procesos necesarios para mejorar el desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo. (Robles, Torres, & Robles, 2016)

La ISO 50001 proporciona beneficios para las organizaciones grandes y pequeñas, en los sectores públicos y privados, en la manufactura y los servicios.

Se estima que la norma, puede influir hasta en un 60% de consumo de la energía consumida por todo el mundo. (Secretaría Central de ISO, 2011)

1.4 Metodología para el diseño e implementación en un sistema de gestión de energía

Esta fase constituye el núcleo fundamental del programa de la gestión de la energía es donde se realizan los diagnósticos necesarios, se implantan los sistemas de monitoreo, se producen las políticas y acciones de ahorro energético, se preparará el personal y se validará y documentará todo el proceso. La ISO 50001 se basa en el esquema de mejora continua (figura 1.3) cada etapa del PHVA se muestra a continuación:

Planificar:

Se basa en realizar una revisión energética y establecer la línea base, y los indicadores de desempeño energéticos (IDEn), objetivos, metas y planes de acción necesarios de acuerdo con la política energética de la organización.

Línea base es el desempeño energético inicial a partir de cuál vamos a medir nuestro desempeño. Un indicador de desempeño energético (IDEn) es un valor cuantitativo o medida del desempeño energético tal como lo define la organización. Los IDEn se utilizan para normalizar las bases de información energética en factores que pueden contribuir a detectar fluctuaciones de energía. El representante desarrolla IDEn de los cuales estarán a cargo un equipo multidisciplinario dentro de la organización.

Hacer:

Implementar los planes de acción enfocados en la gestión energética.

Verificar:

Supervisar los procesos de medición y las principales características de las operaciones que determinan el desempeño energético entre la política y los objetivos energéticos.

Actuar:

Tomar acciones para la mejora continua del desempeño energético y del SGEN. (Flores Díaz, Escoboza Pineda, & Espinoza Flores, 2016)

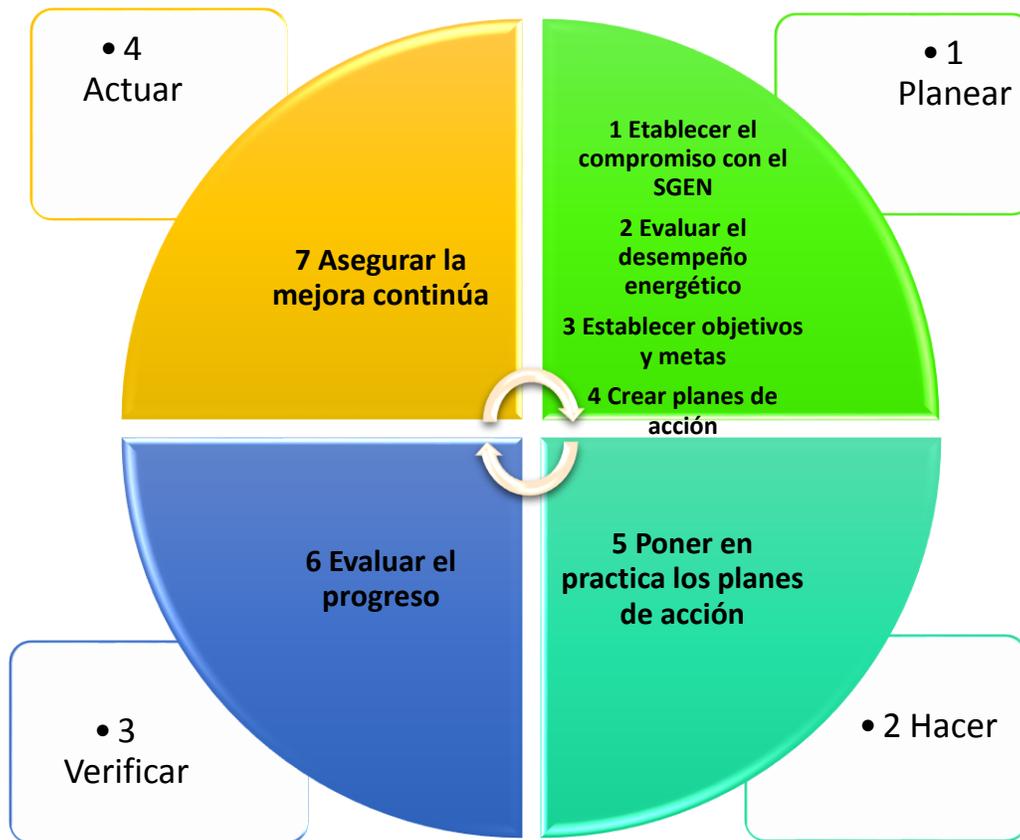


Figura 1.3 Etapas para el diseño e implementación de un SGEN.
Fuente: (Flores Díaz, Escoboza Pineda, & Espinoza Flores, 2016)

1.5 Principios para llevar a cabo la gestión de energía (ISO 50001)

El SGEN debe gestionarse y ser liderado por un representante que debe utilizar herramientas que obtiene a través de auditar, analizar además debe de prever, prospectar y reportar la información desde el sitio a un nivel superior. Un SGEN se integra de recursos internos (recursos humanos), hardware, software y servicios de consultoría (Schneider Electric, 2012).

La organización debe establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar un SGEEn de acuerdo con sus requisitos, definirán y documentará el alcance y las fronteras del SGEEn.

El SGEEn y los planos energéticos más efectivos por lo general son el resultado de una fuerte colaboración entre los recursos internos de una organización y una compañía experta en la gestión energética.

Algunos factores clave adicionales para una implementación son:

- Establecer objetivos claros.
- Tener visibilidad energética en todas las etapas del plan energético, antes, durante y después.
- Asegurar la consistencia de la información en los diferentes niveles de la organización.
- Revisar decisiones pasadas de manera regular (ciclo recurrente); practicando la eficiencia energética activa y pasiva.
- Buscar el soporte de un consultor con experiencia para ganar eficiencia y consistencia (Schneider Electric, 2012).

1.6 Indicador clave de desempeño

Un indicador clave de desempeño o KPI (Key Performance Indicator), es una herramienta que mide el alcance o rendimiento de un proceso que se esté llevando a cabo, de esta manera se puede saber que tanto se están logrando los objetivos, dentro del tiempo establecido. Las características de un indicador de desempeño se presentan en la (figura 1.4);



Figura 1.4 Características del KPI'S.
Fuente; Elaboración propia.

Para poder formular un KPI, hay que identificar los objetivos que se quieren alcanzar y estrategias que se emplearán para lograrlo. Asegurándose de que los objetivos sean claros precisos y cuantificables para que permitan su medición. Redactar el KPI en aspectos de qué objetivo se va a medir, definir el indicador del objetivo que se a va cuantificar, determinar de dónde se sacara la información para realizar la medición del KPI y asignar un método de cálculo para estimar los resultados.

1.6.1 Indicadores de desempeño energético

Un indicador de desempeño energético es un valor cuantitativo que se utiliza para normalizar la información energética que puede contribuir a detectar fluctuaciones de energía.

Dentro de los objetivos que se tienen en la empresa de quesos es el uso racional de la energía, es por ello por lo que los indicadores estarán enfocados en la medición de consumo de energía (térmica, eléctrica) en función del producto terminado, lo que permite medir la relación entre los recursos utilizados o servicios que resultaron de ellos y así determinar los factores que afectan el proceso y determinar si se debe mantener o corregir.

La tabla 1.1 muestra los indicadores propuestos para planta quesera.

Tabla 1.1 Indicadores de desempeño energético.
Fuente: Elaboración propia.

| INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO | | |
|---|--|-----------------------|
| Consumo energético | Indicador de desempeño energético | Unidades |
| Consumo de diésel para la generación de vapor en la producción de queso | Consumo de diésel por tonelada de queso. | MW/tonelada de queso |
| Consumo eléctrico para la producción de queso. | Consumo eléctrico por tonelada de queso. | MW/tonelada de queso |
| Consumo total de energía para producción de queso. | Energía total por tonelada de queso. | MW/tonelada de queso. |

Para realizar la caracterización de la empresa se utilizan herramientas estadísticas que permitan analizar el desempeño energético mediante indicadores cuantitativos. La línea base es un gráfico de energía contra producción tal y como se muestra en la (figura 1.5), nos indicará tanto la energía no asociada a la producción (corte de las abscisas) como el incremento de energía necesario cuando se incrementa la producción (pendiente de la recta).

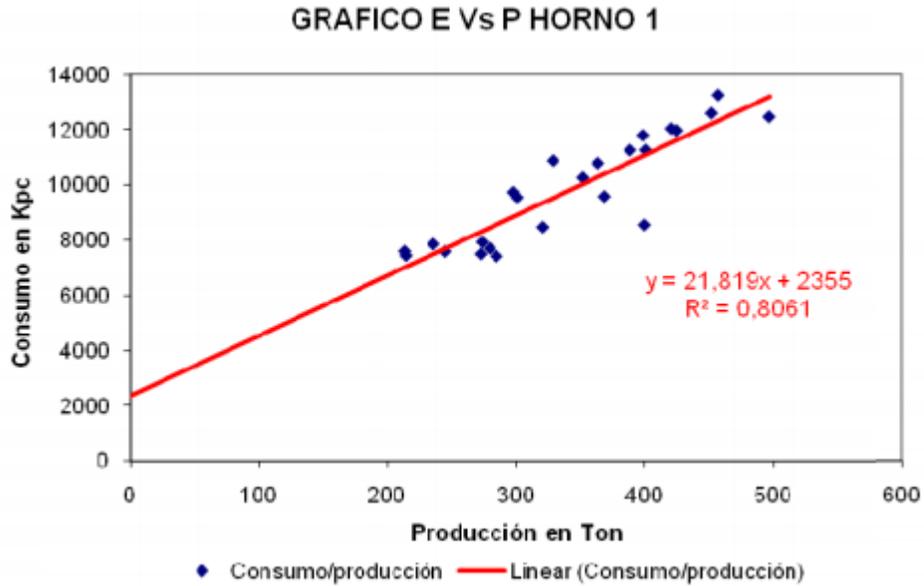


Figura. 1.5 Ejemplo Diagrama Energía-Producción y modelo estadístico asociado.
Fuente: (Aller, Salazar, Bueno, & Peña)

Dónde:

$$C = E + \frac{dC}{dP} * P$$

$C =$ Consumo de energía

$E =$ Energía no asociada al consumo

$\frac{dC}{dP} =$ Incremento de energía por unidad de producción

$P =$ Producción

Si la relación es mayor a 70% entre la energía y producción se considera prácticamente lineal. Los puntos dispersos de la pendiente son aquellos que ofrecen información valioso a la hora detectar perdidas ya que estas nos permite implementar acciones de ahorro o metas de ahorro en etapas posteriores.

Tal y como se hablará en el capítulo 4 el resultado de la línea base para la empresa será una relación de consumo de energía por toneladas de queso producido por un año, para hacer esta línea base se evalúa dos fuentes importantes de consumo de energía que es la térmica la cual es la distribución de vapor y la eléctrica para accionar los motores de los equipos de procesos es importante mencionar que estos resultados serán de ayuda para implementar acciones de mejora continua al tema de consumo de energía, con lo que la línea base a través del tiempo tendrá tendencia a la disminución de consumo de energía siempre y cuando se aplique de manera óptima el SGEEn, lo que influirá de manera positiva en costos de operación.

1.7 Línea base

La línea base refleja un periodo específico de tiempo que puede ser:

- Una relación matemática del consumo de energía en función de variables relevantes.
- Un modelo de ingeniería.
- Una relación sencilla de entradas y salidas de energía.
- Datos de consumo sencillo.

Se construye para tener un punto de referencia para la mejora del desempeño energético en un periodo equivalente futuro, estos periodos pueden ser anuales, menor a un año, mayor que un año. Los periodos anuales son los más comunes debido a la alineación con que la gestión de la energía y los objetivos de negocio, tales como la reducción del consumo de energía de años anteriores. Un año también incluye todas las estaciones y por lo tanto puede capturarse el impacto de las variables relevantes, tales como el clima en el uso y consumo de la energía. También puede capturar la producción que varía en todo el año debido a la demanda del mercado anual.

1.8 Panorama actual de las PYMES

Actualmente en México se ha observado un crecimiento de las PYMES tan solo durante el 2018 se registraron poco más de 4.1 millones de micro, pequeñas y

medianas empresas (MIPyMES), clasificadas en los sectores de manufactura, comercio y servicios privados no financieros de las cuales las microempresas representa el 97.3%, y las pequeñas y medianas empresas que representa el 2.7% (INEGI 2019), estas empresas tienen una relevancia socioeconómica, Ya sea por la capacidad de generar empleos o por la participación del crecimiento económico, sin embargo las pymes son un sector muy heterogéneo, lo cual hace difícil formular políticas globales para las empresas de esas dimensiones. Ya que no son económicamente factibles para el gobierno, motivo por el cual se realizan programas piloto en la implantación de los sistemas de gestión de la energía (SGEn).

Además, constituyen un sector muy importante dentro de la economía, de generación de empleo. En este último rubro, el censo económico del 2019 muestra que las micro aportan un 37.8%, pequeños 14.7%, medianos 15.9% y mientras que las grandes empresas aportan el 31.6%.

Actualmente la CONUEE (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía) tiene la responsabilidad de atender a las pequeñas y medianas empresas (Pymes) para brindarles apoyo en la implementación de un sistema de gestión de la energía que les permita aplicar en sus prácticas cotidianas medidas de uso sustentable de la energía, incluida la eficiencia energética. De esta manera llevó a cabo un proyecto llamado introducción de eficiencia energética y sistemas de gestión de la energía en PyMes de México, donde participaron alrededor de 21 empresas inscritas.

El proyecto se desarrolló en cuatro etapas que fueron, planeación, implementación de los sistemas de gestión de la energía, resultados e impacto y documentación del proyecto. Como resultados finales, 17 empresas vivieron su primer auditoría interna al SGEn, el auditor resaltó que las empresas se encuentran en un nivel de implementación por arriba del 70% por lo que es viable iniciar con el proceso de certificación, esto si así lo decidieran. Como otro punto a destacar del proyecto se obtuvo un ahorro de 57.7 GWh energía que equivale a un ahorro económico de \$56,592,421.31 pesos.

Estos datos son concisos lo que resalta la necesidad de apoyar a este sector para mejorar su productividad y competitividad a través de acciones de eficiencia energética ya que al hacer la empresa más competitiva tendrá mayores ingresos, ya sea en los mercados nacionales o internacionales, aparte de que se verán reflejados puntos importantes en la gestión financiera, recursos tecnológicos y la innovación, la calidad, la dirección y gestión de los recursos humanos, la flexibilidad de la estructura organizativa, los sistemas de información y las alianzas y acuerdos de cooperación.

Si bien la implementación del sistema de gestión de energía se mencionó anteriormente y de los beneficios que proporciona, es importante señalar que una de las razones para que su aplicación dentro de la empresa se lleve a cabo es a través de la disminución de los costos de producción. Los capítulos posteriores se mencionarán de cómo se está usando la energía y a partir ahí identificar las áreas de oportunidades lo que permitirá aplicar medidas de ahorro o cambios operacionales disminuyendo los costos por energía lo que se verá reflejado a la hora de producir la misma cantidad de producto por menor consumo de energía.

CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa estudiada es 100% mexicana con más de 30 años en la elaboración de quesos frescos dentro su producción se encuentra queso Oaxaca, panela, rancharo, rallado, canasto, doble crema, manchego, como también crema. Esta empresa distribuye desde el Estado de México a los diferentes municipios y delegaciones de la región del Valle de México y poco a poco se han expandido a estados como Puebla y Quintana Roo.

En esta empresa trabajan 50 personas teniendo un horario de 6:00 a 18:00 h. de lunes a viernes y los sábados de 7:00 a 14:00 h. Por otra parte, se debe tener en cuenta que el personal que trabaja para la empresa no cuenta con un conocimiento sólido de lo que representa un sistema de gestión de la energía. Como punto importante la empresa no ha considerado la implementación de un sistema de gestión de energía como parte para reducir el consumo energético de la planta, lo que permite realizar un análisis sobre la situación de la empresa e implementar la gestión.

2.1 Organigrama

La empresa cuenta con una estructura organizacional de forma piramidal, con un director general y un subdirector con cinco gerencias: administrativa, innovación y desarrollo, producción, finanzas y por último calidad (Ver figura 2.1)

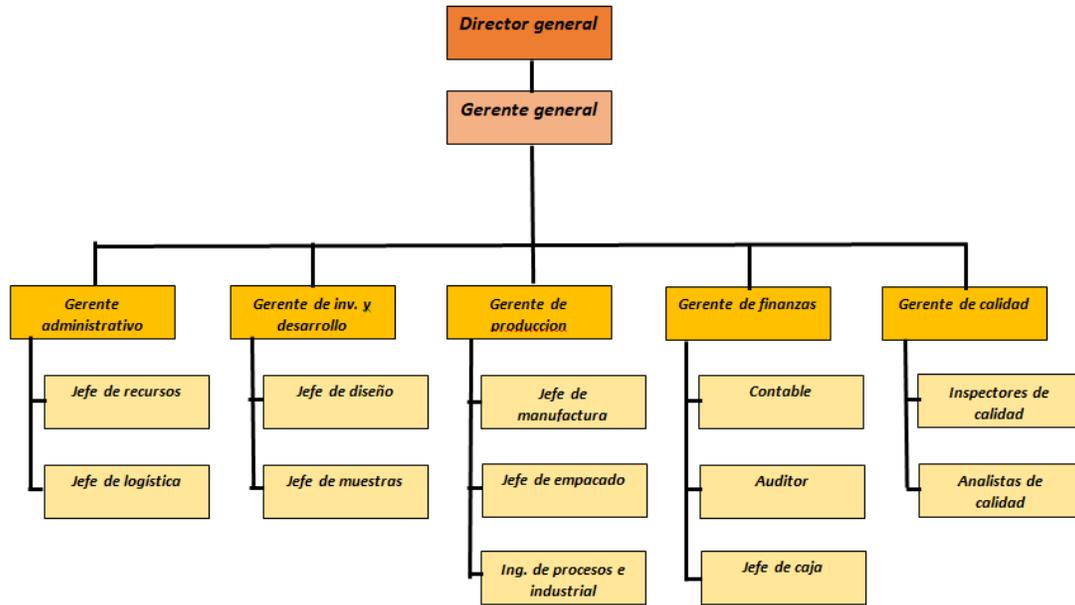
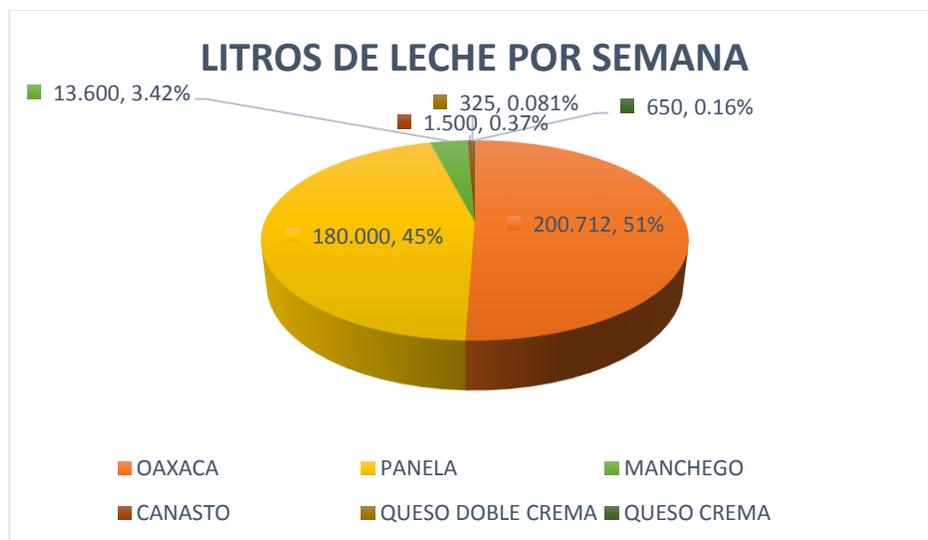


Figura 2.1 Estructura organizacional de la empresa.
Fuente; Datos de la empresa.

2.2 Plan de producción

La empresa cuenta con un plan de producción por semana en donde se consume un total 397,787 litros de leche para toda la planta, pero esta es distribuida para cada área en la elaboración de queso, tal y como se muestra en la gráfica 2.1 se puede observar que el mayor consumo de leche es en el área de queso panela y Oaxaca.



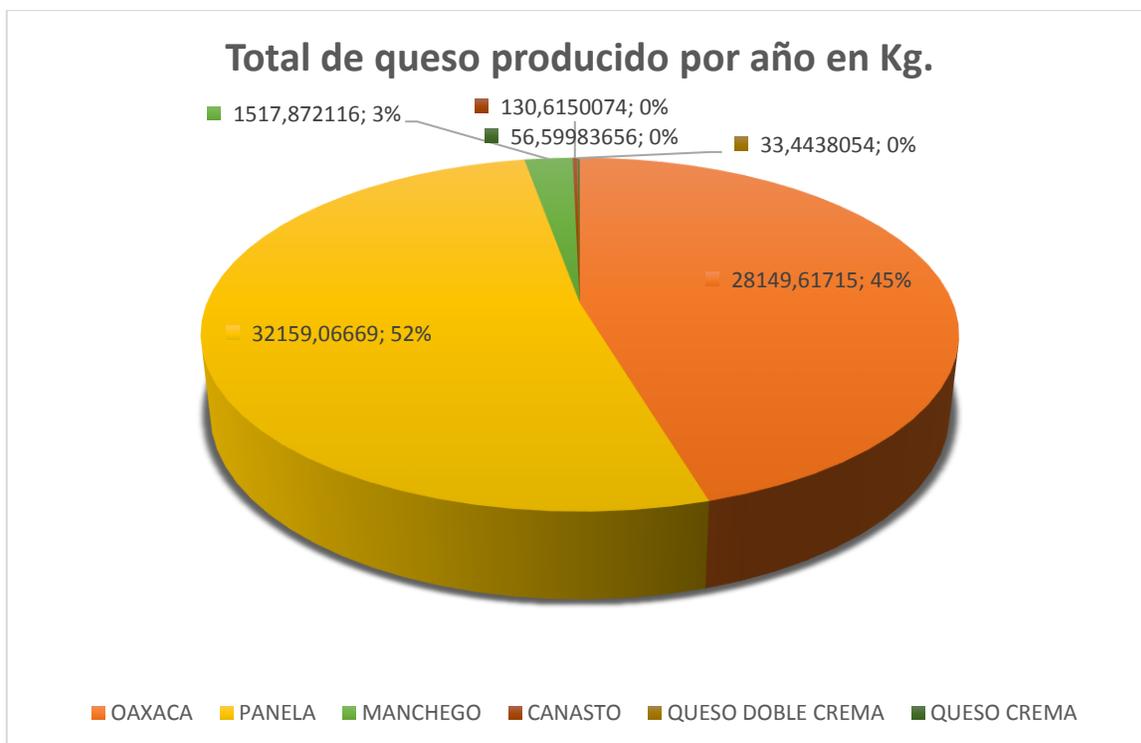
Gráfica 2.1 Consumo de leche por área.
Fuente; Datos de la empresa

Al año se consume un total de 202,361,37 litros de leche para la elaboración de queso, tal y como se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Leche a procesar por hectolitros.
Fuente: Datos de la empresa

| Leche a procesar por hectolitros | | |
|---|-----------------------------------|--------------------------------|
| Producto | Litros de leche por semana | Litros de leche por año |
| OAXACA | 200,712 | 10236312 |
| PANELA | 180,000 | 9180000 |
| MANCHEGO | 13,600 | 693600 |
| CANASTO | 1,500 | 76500 |
| QUESO DOBLE CREMA | 325 | 16575 |
| QUESO CREMA | 650 | 33150 |
| TOTAL DE LITROS DE LECHE | 396,787 | 20236137 |

Al año la planta produce 62,047 kg de queso de los cuales, el queso Oaxaca representa un 45% y el panela un 52% de la producción total, tal y como se observa en la (gráfica 2.2).



Gráfica 2.2 Total de queso producido.
Fuente; Datos de la empresa.

Del grafico 2.2 se puede obtener el suero producido por producto de queso, el queso cuando se desuera tiende a desprender suero que es usado para procesar queso rancharo que es uno de los procesos que se analizan en esta tesis, debido que durante su elaboración se consume un potencial alto de energía. En la tabla 2.2 tienen los kilogramos de suero por área en un año, al final todo este suero es procesado para el queso rancharo.

Tabla 2.2 Cantidad de suero por año a procesar para el área de queso de rancharo.
Fuente: Datos de la empresa.

| Cantidad de suero por año a procesar para el área de queso rancharo. | | |
|---|-----------------------------------|---------------------|
| Producto | kg de quesos por producto por año | Kg de suero por año |
| OAXACA | 28149.61 | 178985.16 |
| PANELA | 32159.1 | 153600.93 |
| MANCHEGO | 1517.87 | 12517.32 |
| CANASTO | 130.61 | 1417.38 |

| | | |
|-------------------|----------|-----------|
| QUESO DOBLE CREMA | 33.44 | 301.95 |
| QUESO CREMA | 56.59 | 614.2 |
| TOTAL | 62047.21 | 347436.96 |

2.3 Definición de queso.

Se define el queso como el producto blando, semiduro, duro y extraduro, madurado o no madurado, y que puede estar recubierto, en el que la proporción entre las proteínas de suero y la caseína no sea superior a la de la leche, obtenido mediante:

- a) Coagulación total o parcial de la proteína de la leche, leche descremada, leche parcialmente descremada, crema, mantequilla, o de cualquier combinación de estos productos, por acción del cuajo u otros coagulantes idóneos, y por escurrimiento parcial del suero que se desprende como consecuencia de dicha coagulación, respetando el principio de que la elaboración del queso resulta en una concentración de proteína láctea (especialmente la porción de caseína) y que por consiguiente, el contenido de proteína del queso debe ser más alto que el de la mezcla de los productos lácteos ya mencionados en base a la cual se elaboró el queso, y/o
- b) Técnicas de elaboración que conducen a la coagulación de la proteína de la leche y/o productos obtenidos de la leche que dan un producto final que posee las mismas características físicas, químicas y organolépticas que el producto definido en el apartado (NOM-223-SFCI/SAGARPA-2018)

El queso se clasifica con forme a la tabla 2.3

Tabla 2.3 Clasificación del queso.
Fuente: NOM-223-SFCI/SAGARPA-2018.

| Clasificación de Queso | Definición |
|-------------------------------|---|
| Queso fresco | Se caracteriza por su alto contenido de humedad, no madurado, y por no tener corteza o tener corteza fina, pudiendo o no adicionarles aditivos e ingredientes opcionales. |
| Queso madurado | Se caracteriza por ser de pasta dura, semidura o blanda y puede tener corteza o no corteza. <ul style="list-style-type: none">• Sometido a maduración. Queso que debe mantenerse bajo condiciones controladas de tiempo, temperatura y humedad para que se produzcan los cambios bioquímicos y físicos característicos del producto del que se trate.• Sometido a maduración por mohos: Queso curado en el que la maduración se ha producido principalmente como consecuencia del desarrollo característico de mohos por todo el interior y/o sobre la superficie del queso. |

2.4 Proceso general de elaboración de queso

De forma general, el queso se produce por coagulación de las proteínas de la leche, a partir de cultivos lácticos y/o cuajo. Este proceso se puede favorecer añadiendo enzimas, por acidificación y/o calentado. A continuación, se sala, moldea, prensa y para los quesos maduros, se siembra con cultivos fúngicos o bacterianos. En algunos casos también se le añaden colorantes, especias u otros alimentos no lácteos (CAR/PL. 2002),

La descripción de cada paso para la elaboración de queso se desarrolla a continuación, ver (figura 2.2).

Recepción de la leche.

La leche cruda proveniente de los centros de recolección, es recibida en la zona de recepción en donde se le realizarán análisis fisicoquímicos, microbiológicos y

organolépticos rápidos, para saber la calidad de la leche, por lo que en caso de sobrepasar los límites permitidos para la elaboración del queso, será rechazada esto para no tener complicaciones en la elaboración del queso.

Una vez que la leche ha sido recibida y aceptada, se pasa a la primera zona de procesamiento. Esta consiste en la depuración, donde se eliminan las partículas gruesas que pueden venir en la leche. A continuación, se enfría la leche a través de un enfriador de placas, hasta una temperatura de 3-4 °C, la leche fría es almacenada en un tanque de acero inoxidable hasta su posterior elaboración (CAR/PL. 2002).



Figura 2.2 Diagrama de bloques de la elaboración de queso.
Fuente; Elaboración propia.

A través del plan de producción se determinará la cantidad de leche que se destinará a cada área de proceso para la elaboración de queso.

Estandarización.

La leche es sometida al proceso de estandarización donde se le ajustará el porcentaje de grasa y de proteína, ya que el queso debe tener una relación grasa/proteína, esta relación afecta el rendimiento del queso. La estandarización se logra a través de una descremadora centrífuga donde mediante diferencias de densidades separa la grasa de la leche por medios mecánicos, los de mayor densidad son enviados a la parte inferior y los de menor densidad a la periferia (9), la proteína es ajustada a través de MPC (concentrado de proteína de leche) o LPC (leche concentrada el polvo).

Pasteurización.

Como siguiente paso la leche es llevada a un proceso de pasteurización rápida, en un intercambiador de placas donde el producto es calentado hasta una temperatura de 72 °C a 73 °C y se mantiene durante 15 o 20 s (Bylund, 1996). Esto se realiza para reducir la carga microbiana presente en la leche, además de eliminar a todas las bacterias patógenas que puedan estar en la leche, enseguida es enfriada para la operación de la coagulación donde la temperatura debe estar de 30 °C a 35 °C.

Aditivos.

Antes de preparar la leche para el proceso de elaboración del queso, es necesario adicionar aditivos que ayudarán a tener un mejor queso, en sabor y rendimiento:

Cultivo inicial: son bacterias lácticas cuya característica principal es producir ácido láctico, donde el ácido disminuye el pH, lo que es importante para ayudar a la sinéresis (concentración del coaguló acompañado de la expulsión del suero de leche). Además, se liberan sales de calcio y fosforó que influyen en la consistencia del queso y ayudan a aumentar la firmeza de la cuajada. Otra función importante que realizan las bacterias productoras de ácido es eliminar las bacterias supervivientes de la pasteurización.

Cloruro de calcio (CaCl_2): se agrega en cantidades de entre 5 a 20 g por cada 100 litros (Badillo Gutierrez & Rodriguez Esquivel, 2011) , de leche es normalmente suficiente para aumentar el rendimiento, firmeza del cuajo y retención de la grasa en un tiempo de coagulación constante.

Dióxido de carbono (CO_2): es usado como un inhibidor y reduce el pH de la leche, esto resultará en un tiempo de coagulación más corto y una reducción de la cantidad de cuajo.

Nitrato de sodio (NaNO_3) o Nitrato de potasio (KNO_3): son usados para evitar la formación de gas no deseado esto debido a problemas de fermentación si la leche de queso contiene esporas de bacterias.

Agentes colorantes: el color del queso está determinado por la grasa de la leche, colores como el caroteno y la orleana, se utiliza para corregir estas variaciones donde se permite obtener un color característico del queso.

Coagulación.

La elaboración del queso se logra por medio de la coagulación de la caseína, este proceso se logra mediante la adicción de ácidos o por medio de enzimas a la leche, esto consigue que las proteínas presentes en la leche se vuelvan insolubles y se solidifiquen, transformando la leche en una sustancia semisólida y gelatinosa, lo que permite que a través de una red atrapa a los glóbulos de grasa y al suero de la leche (lacto suero) (Patlan Velazquez, 2012). La temperatura óptima del cuajo va desde los 40 hasta los 42°C (Badillo Gutierrez & Rodriguez Esquivel, 2011), después de este rango la actividad de coagulación disminuye.

Corte de la cuajada.

El tiempo de corte de la cuajada dependerá del tiempo en que la coagulación se alcance regularmente suele ser de 30 min, cortar suavemente la cuajada logra granos con un tamaño de 3-15 mm, cuanto más fino el corte, menor será el contenido de humedad en el queso.

La cuajada es cortada por cuchillos radiales de acero inoxidable afilados, las cuchillas logran la agitación adecuada en la tina, realizando que el suero se empiece a separar de la cuajada.

Desuerado.

El desuerado es la operación por la cual se permite la salida del suero de la cuajada esto es para tener condiciones necesarias para que los microorganismos y enzimas tenga un efecto en la maduración del queso. Para acelerar el desuerado en ocasiones se suele calentar el cuajo a temperaturas de 30 °C a 48 °C (Badillo Gutierrez & Rodriguez Esquivel, 2011), durante el calentamiento es importante mantener la agitación, debido a que los trozos de coagulo se pueden fundir y formar una pasta, de cada 100 kg de leche se obtiene 11 kg de queso.

Moldeado.

Una vez separado el suero de la cuajada este debe unirse formando una pasta, esto dependerá del moldeado que suele ser en canastillas o coladoras o en moldes de diversas formas, para que finalmente con el prensado se logre retirar el suero excedente que pueda tener el queso.

Prensado.

El objetivo del prensado es retirar el exceso de suero, obtener una firmeza consistente de la cuajada, así como controlar la humedad final que pueda tener el queso. El prensado se puede realizar de dos maneras auto prensado, prensado mecánico se debe realizar a bajas temperaturas (<10 °C) para evitar que la grasa del queso salga con el suero (Patlan Velazquez, 2012).

Salado.

El salado regula el contenido de suero y de la acidez, haciendo la pasta del queso más suave, como también inhibe la germinación de microorganismos que afectan directamente al queso sobre todo hace que se hinche.

Las técnicas de salado empleadas en la industria del queso son: salado en masa (se agrega sal directamente a la cuajada desuerada), salado en suero (adición de

sal en la superficie del producto final) y salado en salmuera (adición de sal por inmersión del queso en salmuera disuelta)

Maduración.

La maduración es la operación donde se desarrollan características típicas de sabor, color, cuerpo, textura, olor. Estas propiedades dependerán de la cuajada fresca, así como también del ambiente que se establece para llevar a cabo el proceso de maduración, tales condiciones son humedad baja , acidez que varía para cada tipo de queso, alto contenido de sal en el queso, bajas temperaturas.

Envasado.

Es la operación donde se cubre el queso para protegerlo de polvo, suciedad y evitar la pérdida de humedad así como conservar la forma original del mismo. En general, las películas empleadas deben ser impermeables al oxígeno y dióxido de carbono.

2.5 Elaboración de queso Oaxaca.

Es un queso que se puede clasificar en la categoría de pasta semiblanda, durante su elaboración la cuajada se eleva su temperatura es por ello que es un queso cocido cuya característica principal es lo elástico de su textura por efecto del cocimiento de la cuajada. En la figura 2.3 se observan los pasos generales de la elaboración del queso Oaxaca.



Figura 2.3 Diagrama de bloques de la elaboración del queso Oaxaca
Fuente; Elaboración propia.

2.5.1 Descripción de proceso de queso Oaxaca.

Ver figura 2.4 de DFP de queso Oaxaca y anexo.

La leche cruda es recibida y enviada a un tanque de balance, esta leche es bombeada a unos filtros donde quedan retenidas las partículas gruesas que pudieran venir en la leche y que afectarían el proceso. Una vez filtrada la leche es enfriada 3 °C a 4 °C en un intercambiador de placas.

Esta leche fría es almacenada en un tanque de acero inoxidable un día, para que alcance la acidez de 32 °D. Posteriormente, la leche es enviada a dos zonas, una

de ellas es el área de estandarización donde se ajustará la grasa a 3.2-3.3 % este proceso se logra mediante una centrifugadora, donde por diferencia de densidades se separa la grasa de la leche, al término de la operación se tendrán dos corrientes una de ellas es leche descremada y la otra es grasa de crema esta será enviada al mezclador, mientras que la otra corriente de leche se envía directamente al tanque de mezclado, a continuación en el tanque 2 se disolverá LDP (leche descremada en polvo) con agua y se calentará con vapor hasta una temperatura 30-40°C se dejará reposar por una hora.

En el tanque 1 de preparación se calentará grasa vegetal con monogrol junto con agua hasta una temperatura de 73°C ,mientras que el tanque de preparación 3 se añadirá retenedor de humedad, sabores enzimáticos, colorantes y agua, esta mezcla es calentada hasta 40°C posteriormente será enviada junto con la tanque 1 de preparación al tanque de mezclado donde se juntará con el LDP, la grasa de crema, a todo esto se le llamará base de queso que se mezclara por 15 min subsiguientemente será enviado al homogeneizador a 130 bares por 15 min, esta base de queso se envía a una tina y con vapor se ajustará la temperatura de la tina a 36°C, y una vez alcanzada la temperatura se adicionará el cuajo, la formación de la cuajada es de 12 min aproximadamente , una vez concluido el tiempo se pasa a cortar la cuajada.

En la tina con la cuajada se agitará suavemente por aproximadamente 15 min, después con unas palas se pasa a mover la cuajada a unos recipientes donde se deja que el suero que pueda tener en exceso se escurra de la cuajada ya hecha. La siguiente parte es enviar la cuajada a la malaxadora donde por medio de vapor se fundirá, esta operación se lleva a cabo a una temperatura de aproximadamente 65-75°C, por otro lado el equipo permite que salga el suero sobrante que pueda llevar la cuajada, aquí el queso tiene la forma elástica que caracteriza el queso Oaxaca.

El queso tiene una forma elástica robusta pero no tiene la forma de correa, aquí los operadores le dan la forma de tiras largas que serán enfriadas con agua a 4°C. Se pasa a salar el queso para formas las bolas de trenzado después de aquí es enviado

para su empaque y su venta, su rendimiento varía de 7 a 10% por cada 100 litros de leche.

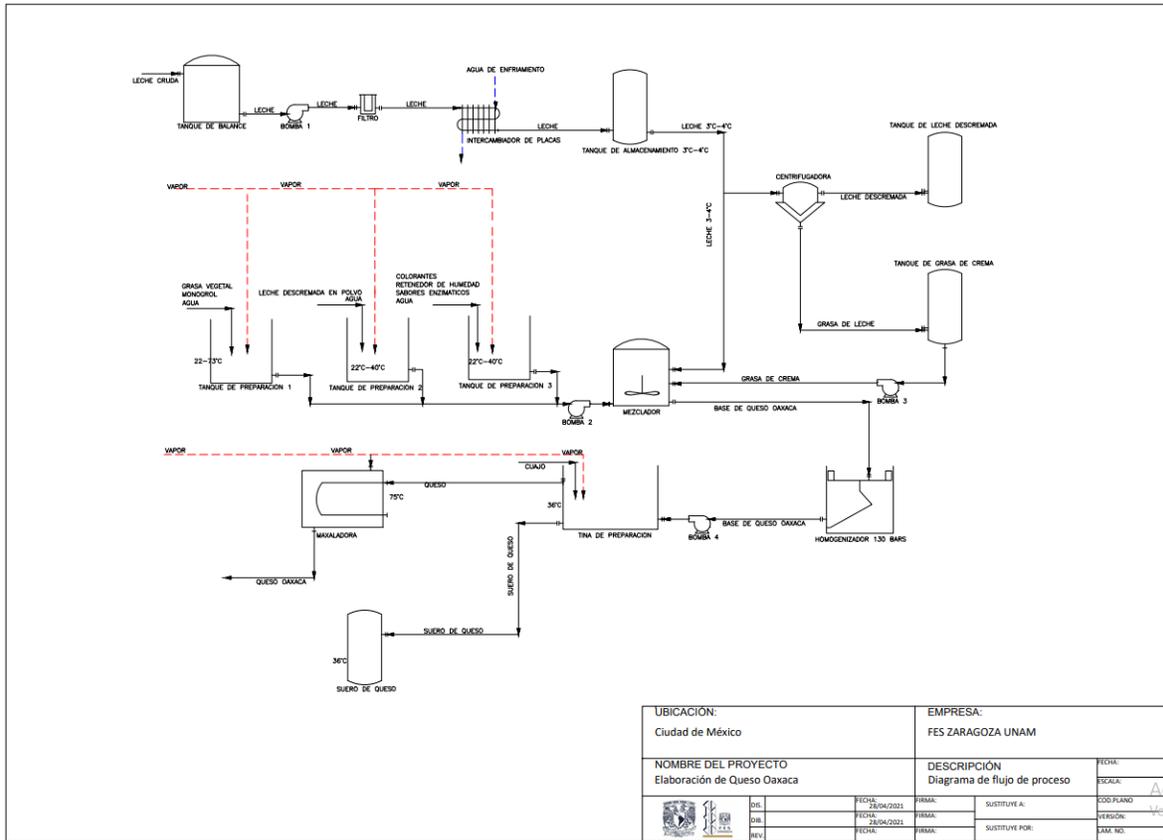


Figura 2.4 Diagrama de flujo de proceso Oaxaca
Fuente; Elaboración propia.

2.6 Elaboración de queso panela

Este queso se elabora con leche estandarizada de 4% a 4.05% en contenido de grasa, se le conoce con el nombre de queso crema, pues la cuajada que se ha moldeado por medio de capas delgadas colocadas en los moldes y se ha desuerado por gravedad, presenta un aspecto de pasta crema. En la figura 2.5 se puede observar los pasos generales de la elaboración del queso panela.

2.6.1 Descripción de proceso del queso panela.

Ver figura 2.6 de DFP de queso panela y anexo.

La leche cruda recibida es enviada a un tanque de balance, esta leche es bombeada a unos filtros donde su objetivo principal es retener partículas gruesas que puedan venir en la leche y que puedan afectar el proceso durante la elaboración del queso. Una vez filtrado la leche es enfriada 3°C a 4°C por un intercambiador de placas.

La leche es recibida en un tanque de regulación, con una bomba se enviará la leche al pasteurizador, la leche entra primero al precalentamiento, aquí la leche será calentada con la leche ya pasteurizada y a la misma vez la leche pasteurizada será enfriada con la leche fría. Al término del proceso del precalentamiento la leche alcanzara una temperatura de 55 °C, esta entra a un calentamiento regenerativo que sería la segunda sección, en esta segunda sección se intercambia calor con agua caliente, esto para alcanzar la temperatura de pasteurización, que es de 75°C.

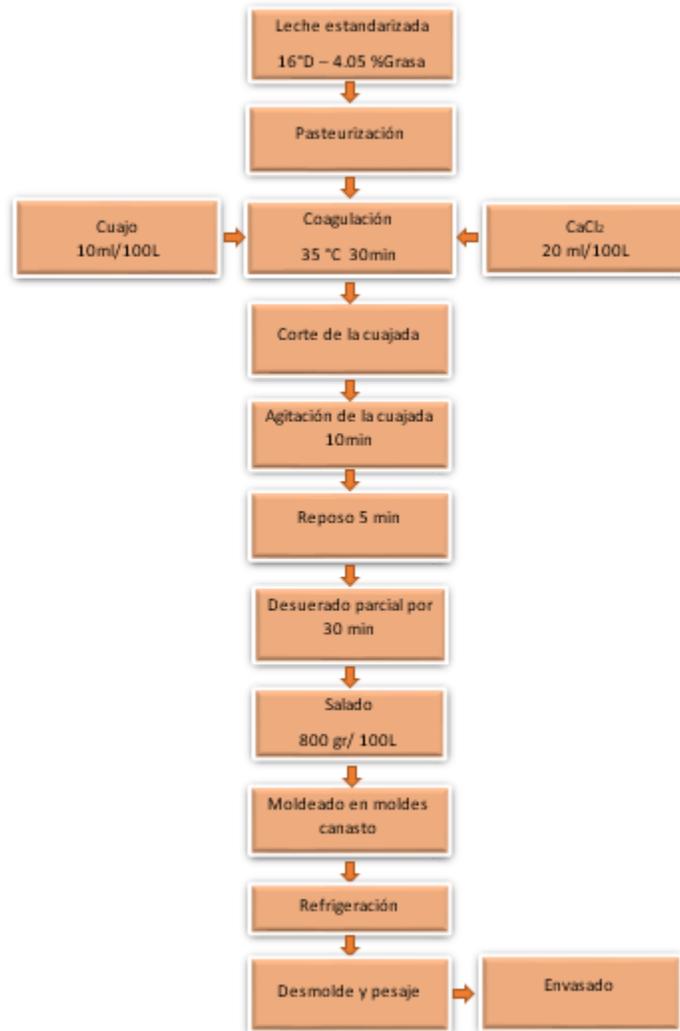


Figura 2.5 Diagrama de bloques para la elaboración de queso panela.
Fuente; Elaboración propia.

A continuación, la leche caliente continúa por el tubo de sostenimiento por 15 segundos, inmediatamente esta leche pasteurizada es enfriada por la leche que entra al proceso para ser precalentada con esta leche. Posteriormente, a este intercambio es necesario terminar de enfriar con agua de torre. Una parte de esta leche entra al tanque de mezclado 1, mientras que otra parte es enviada al área de estandarizado donde se ajustará la grasa de la leche mediante la centrifugadora, esto para obtener grasa de crema que será enviada al mezclador 1.

En el tanque de preparación 1 se prepara concentrado de proteína de leche (llamado MPC) y agua este será calentado a 38 °C con vapor esta preparación es enviado al tanque de mezclado 1 junto con la leche pasteurizada, que también se mezclará con grasa de crema proveniente del área de estandarizado, una vez mezclado todos los ingredientes por 15 minutos será enviado a la tina de preparación.

En el tanque de preparación 2 se disolverá hidróxido de sodio junto con agua hasta que este se disuelva completamente esta solución la cual es enviada al mezclador 2, mientras que en embudo triblender se agregará caseína acida y se mezclará con agua en un tanque de mezclado por 5 minutos y se dejará reposar 20 minutos, a este mismo embudo se agregara retenedor de humedad, bióxido de titanio, y ácido sórbico y se recirculará por 5 minutos se aumentará la temperatura a 75 °C esta será enviada al tanque de mezclado 2.

En el tanque de preparación 3 se fundirá grasa vegetal junto con monogrol y agua hasta 73 °C, una vez fundida esta será enviada a un tanque de mezclado 2 junto con todos los ingredientes provenientes del embudo y el hidróxido de sodio.

Una vez mezclado todos los ingredientes esta corriente será enviada a un homogeneizador a 130 bares, esto a que se ha demostrado que ha esta presión la ruptura de las moléculas de grasa provenientes de la leche son más pequeñas a esta presión como consecuencia de este proceso disminuye la tendencia a la separación de la nata. A la salida el producto es enviado a la tina de preparación junto con la leche, grasa de crema y el MPC.

En la tina de preparación la temperatura debe ser de aproximadamente de 32 °C, esto para agregar el cuajo y el cloruro de calcio. Treinta minutos después de haber agregado el cuajo se forma la cuajada, con ayuda de espátulas de acero inoxidable se corta la cuajada en formas rectangulares uniformes a fin que la distribución de la grasa sea pareja en el corte, se agita fuertemente para empezar a desuerar el queso por aproximadamente 10 minutos, se deja reposar por 5 minutos, pasado el tiempo se separa el queso del suero en este paso se llenan los moldes de tipo canasta con

el queso, este se empezará a desuerar con el fin de terminar el proceso se deja reposar 24 h. El tamaño del queso disminuye y es necesario cambiarlo a otro molde para que no pierda la forma y se deja reposar otra 24 h. Posterior a esto se sala el queso por medio de absorción untando el queso por sus caras y se empaca y está listo para su venta. El rendimiento de esta clase de queso fluctúa entre 15 al 18% por cada 100 litros de leche.

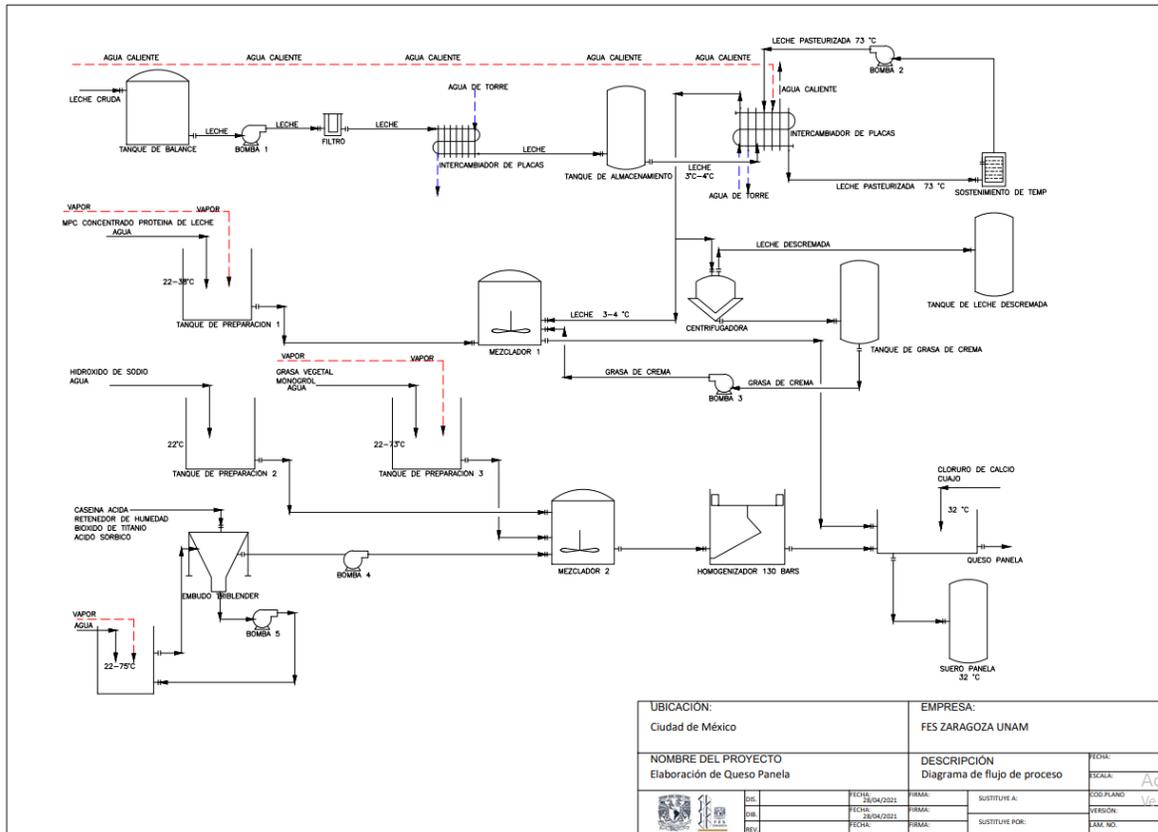


Figura 2.6 Diagrama de flujo de proceso panela Fuente; Elaboración propia.

2.7 Elaboración de queso ranchero

La fabricación del requesón o también llamado queso ranchero constituye una de las formas de utilizar el suero residual que resulta de la elaboración de quesos, que económicamente es más ventajosa siempre que sea posible asegurar su venta, teniendo en cuenta que la conservación es limitada. En la figura 2.7 se puede observar los pasos generales de la elaboración del queso panela.

2.7.1 Descripción de proceso del queso ranchero.

Ver figura 2.8 de DFP de queso ranchero y anexo.

El suero proveniente del proceso Oaxaca y Panela es bombeado a un intercambiador de placas con una temperatura de 35°C, a la salida del intercambiador la temperatura del suero es de 60°C, el intercambio se logra del aprovechamiento energético del suero caliente desgastado que viene de las pailas con una temperatura de 85°C, este intercambia calor con el suero proveniente del queso Oaxaca y Panela, este suero caliente es almacenado en un tanque de recepción.

El suero caliente de 60°C es enviado a las pailas, donde tiene una temperatura muy por debajo para que se empiece la coagulación del requesón por eso con vapor se calienta hasta 85°C, esta es la temperatura necesaria para empezar a separar el suero desgastado del queso. En el embudo triblender se agregará caseinato de sodio, retenedor de humedad, bióxido de titanio, y ácido sorbico y se recirculara por 5 min se deja reposar por 20 min y se aumentará la temperatura a 75 °C esta será enviada al tanque de mezclado.



Figura 2.7 Diagrama de bloques para la elaboración de queso ranchero.
Fuente; Elaboración propia.

En el tanque de preparación 2 se agregará agua, grasa vegetal y monogrol y se calentará con vapor hasta 73°C por 3 min, posteriormente será enviado al tanque de mezclado, en el tanque de mezclado se adicionara grasa de crema y se juntaran las dos mezclas al término de la mezcla se pasara al homogeneizar a 130 bares.

A la salida del homogeneizador esta base se bombea a un tanque receptor de bases de 3000 litros, esta base es administrada a las pailas junto con coagulo del requesón con agitación continua, al formarse el requesón este es enviado por la parte inferior de las pailas, donde mediante unas redes se atrapará el requesón y se dejara caer

CAPITULO 3. PROPUESTA DE PLANEACIÓN DE CONSUMO DE ENERGIA

Inicialmente se presenta la problemática de la instalación analizada, a continuación, se enumeran los principales problemas que se tienen dentro de esta empresa.

- No se tiene un plan de mantenimiento a los equipos.
- Mínima difusión al uso racional y ahorro de energía dentro de la empresa.
- Instalaciones deterioradas.
- Equipos antiguos y baja eficiencia.
- Incumplimiento de algunas normas.
- Alto consumo energético y eléctrico que representa un costo importante.
- No se cuenta con la automatización de los procesos lo que ocasiona, retardos en la producción de los productos.

3.1 Etapas de auditoría energética.

Como primera etapa en la implementación de la gestión de energía se recomienda hacer un reconocimiento del sitio basada en la ISO 50001 ya que menciona acciones que deben llevarse a cabo en esta etapa del proceso. Con lo anterior se tiene información suficiente para definir la estructura organizacional del sistema de gestión. En la figura 3.1 se muestra una serie de pasos para realizar una auditoría.

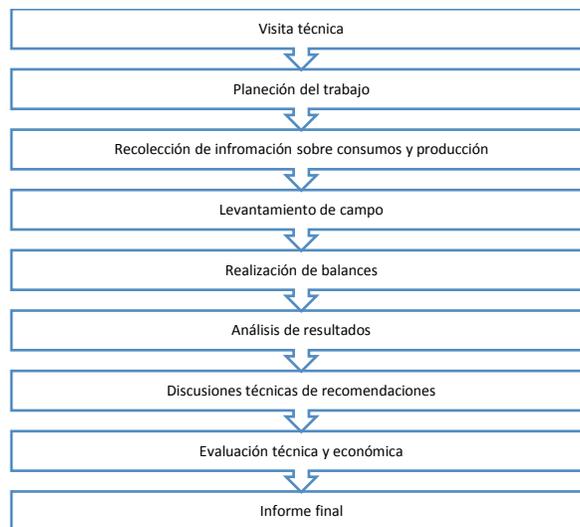


Figura 3.1 Pasos para una auditoría en SGen.
Fuente: (Aller, Salazar, Bueno, & Peña)

3.2 Límites

Es importante definir los límites y el alcance del análisis, ya que las etapas siguientes se enfocarán en estos, se podrán determinar estos límites a partir de aquellas actividades, lugares físicos o procesos con influencia en el consumo y uso de la energía.

Para ello se tendrá que establecer una metodología, para definir los alcances y los límites, entonces se recomienda:

- Establecer un nivel al que se desea gestionar la energía como puede ser: corporativo, oficinas, sucursales, edificaciones, instalación/planta, operación/actividad/proceso.
- Dar un enfoque ya sea en proceso o por sistema energético.
- Describir las actividades conforme al nivel y enfoque seleccionado
- Describir la ubicación o los elementos energéticos que conforman cada una de las actividades seleccionadas

Límites dentro de la empresa quesera

Los límites del análisis energético de la empresa van a estar en función del plan de producción, la mayor carga de energía eléctrica y térmica se van a concentrar en donde se producen los quesos Oaxaca, panela y queso ranchero, también se analiza el área de recepción de leche y área de estandarizado ya que son parte del procesos de la elaboración de cada queso. El análisis energético se enfocará en las áreas en color rojo y verde indicadas en la figura 3.2.

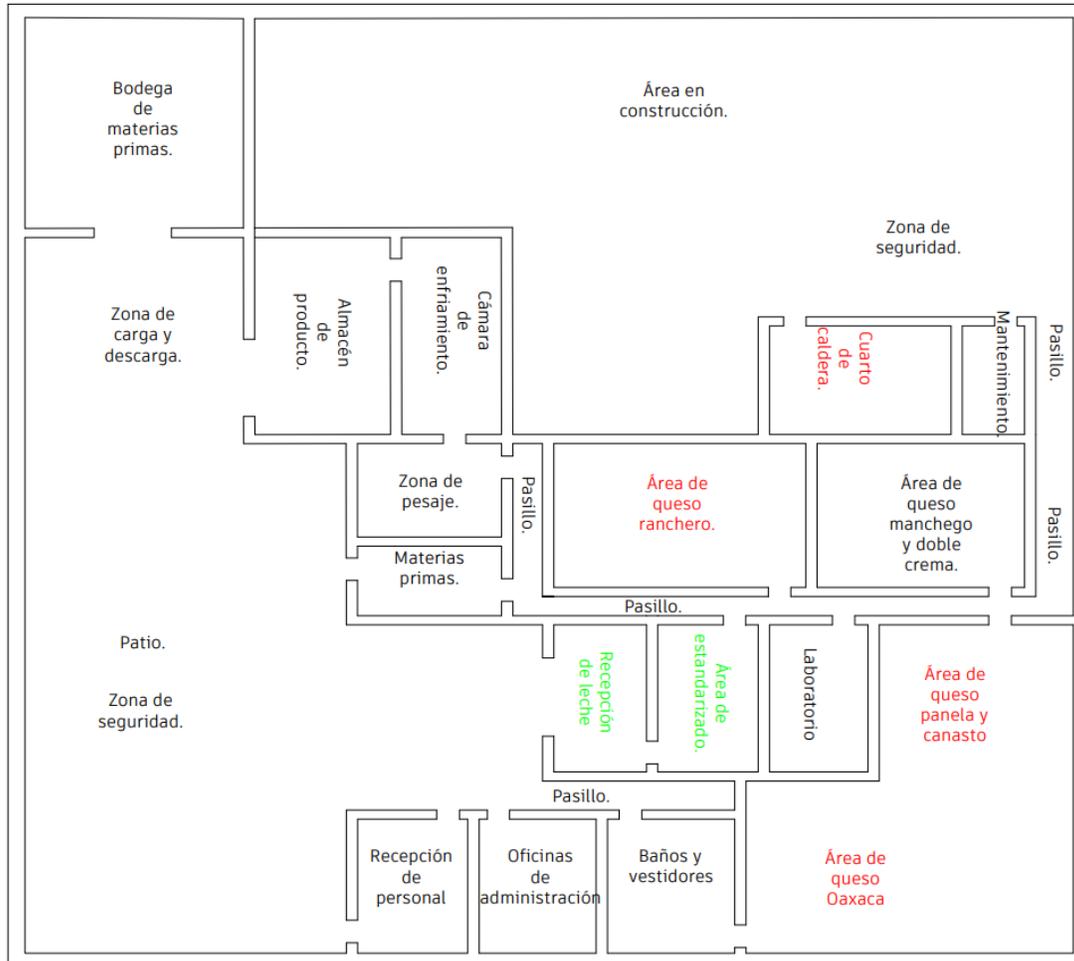


Figura 3.2 Distribución de la planta
Fuente: Elaboración propia.

3.3 Política energética

La política energética es una declaración formal de la alta dirección y debe ser documentada y comunicada a todos los niveles de la organización. Asimismo, debe ser revisada y actualizada regularmente (Flores Díaz, Escoboza Pineda, & Espinoza Flores, 2016).

El manual para el diseño de un sistema de gestión de la energía considera que debe contener los siguientes puntos dentro de la política energética:

- Ser apropiada a la naturaleza y a la magnitud del uso y consumo de energía de la organización.
- Establecer y revisar objetivos claros y medibles alineados con la cultura organizacional y las prioridades de la empresa.
- Asegurar la disponibilidad de la información y recursos necesarios para el logro de los objetivos establecidos.
- Asumir un compromiso con los requisitos legales aplicables y con otros relacionados con el uso y consumo de energía que influyan en la organización.
- Apoyar la compra de productos y servicios energéticamente eficientes y el diseño con un mejor desempeño energético.
- Asumir un compromiso de mejora continua del desempeño energético.

La política energética se crea por el representante de la dirección en colaboración con un grupo de expertos en materia de energía. El representante tiene la responsabilidad de asegurar que la política energética se establezca, se implemente, se mantenga y se mejore de manera continua tal y como se muestra en la figura 3.3 se desarrolló la política energética que se empleará en la empresa.

POLITICA ENERGÉTICA

La empresa quesera asume el compromiso de utilizar eficientemente la energía en sus instalaciones y actividades con el propósito de preservar los recursos naturales, reducir las emisiones atmosféricas, contribuir a mitigar los efectos del cambio climático y mejorar su posicionamiento competitivo, sin afectar el producto.

- *La empresa se compromete a impulsar los programas de eficiencia energética, asegurándose de que la organización respete los principios establecidos en esta política.*
- *Contar con registros de consumos energéticos que se reportara mensualmente.*
- *Elaborar indicadores claves de desempeño, donde mida la relación de los recursos utilizados y los productos que resultará de ellos.*
- *Hacerse de equipos de proceso y maquinarias más eficientes y automáticas, para disminuir las perdidas y consumo energético.*
- *Establecer objetivos y metas para la mejora continua del SGEN.*
- *Mejorar el uso continuo de los recursos energéticos en las instalaciones y actividades que se realicen dentro de la empresa, optimizando los procesos que se usan dentro de la empresa y hacerlo más eficientes.*
- *La empresa quesera se compromete cumplir y en hacer cumplir esta política para todas las personas que participen en la organización.*

Dirección general

Estado de Mexico julio 2019

Figura 3.3 Política energética.
Fuente; Elaboración propia.

3.4 Designación de representante de la dirección

Parte del compromiso de la alta dirección consiste en designar un representante con la habilidad, competencias definidas y autoridad para asegurar que el SGEEn se implemente y mantenga, y que se lleven a cabo acciones de mejora continua (Flores Díaz, Escoboza Pineda, & Espinoza Flores, 2016).

A continuación, se menciona algunas de las características que debe tener el representante para que el SGEEn se lleve a cabo con éxito en la empresa

- Liderazgo.
- Coordinación de equipos de trabajo.
- Comunicación verbal y escrita.
- Experiencia o conocimiento de procesos de mejora continua con base en sistemas de gestión.
- Habilidades analíticas básicas para entender el desempeño energético.
- Administración del tiempo.
- Resolución de problemas.

Designación de representante dentro de la empresa quesera.

Dentro de la empresa se escoge que el gerente de procesos es la persona que tiene conocimientos y habilidades adecuadas para llevar a cabo lo establecido en la política energética, un punto clave es que conoce el proceso de los productos y las áreas de mayor consumo, además de que cuenta con el respaldo de la empresa con lo que permite tener una credibilidad a la hora de promover el SGEEn a toda la organización.

3.5 Designación de equipo de gestión de la energía.

Un SGEEn se basa principalmente en un enfoque de trabajo de equipo. Su principal fortaleza es el aprovechamiento de las diversas habilidades y conocimientos de sus integrantes. El contar con un equipo de gestión de la energía aporta las siguientes fortalezas:

- Ofrece diferentes puntos de vista sobre temas de interés.

- Distribuye la carga de trabajo.
- Facilita la implementación.
- Apoya la toma de decisiones.
- Promueve una mayor aceptación.
- Mejora las perspectivas para mantener el sistema.

En la conformación del equipo de gestión de la energía es recomendable incluir un colaborador por cada área relevante en términos de la estructura de la organización.

Algunas de estas áreas relevantes pueden ser:

- Dirección corporativa.
- Ingeniería.
- Compras.
- Operación y mantenimiento.
- Construcción y gestión de instalaciones.
- Salud y seguridad en el trabajo.
- Medio Ambiente.

La designación del equipo dentro de la empresa quedará a cargo del representante de la dirección ya que él conoce a los operadores de las áreas de proceso donde se analizará el consumo energético, por eso es importante que se defina el equipo dentro de estas áreas, ya el éxito de la implementación dependerá de la participación de los colaboradores dentro del equipo de energía.

3.6 Registro de consumo energético.

Para poder disminuir los costos de la energía en un área de trabajo determinado debemos conocer cuanta energía se consume, para ello se debe tener un registro de consumo de energía que es un reporte periódico y detallado de los consumos de energía y los costos que representa.

Al recabar estos datos se puede elaborar e implementar un plan de mejora, comparar el consumo después de su implementación y evaluar los ahorros alcanzados.

Para llevar un registro de consumo energético es necesario llevar a cabo las siguientes actividades:

Recabar la información: reunir facturas y recibos de los proveedores energéticos. Elaborar un archivo impreso con copias de las facturas o almacenarlas en una computadora de manera digital.

- a) Ordenar la información por periodos de registro: Definir cada cuanto tiempo se registrará la información; puede ser mensual, bimestral o anual.
- b) Llenar la tabla (figura 3.1): Para esto se requieren las facturas o recibos de consumo energético, como son los de electricidad, gas, agua, combustibles, o cualquier otro empleado en el lugar donde se realiza el registro.

| Periodo | | | Datos de facturación | | | | | | | | Total | |
|----------|--------|-----|----------------------|----|-------------------|----|--------------------|----|----------------|----|-------|-------|
| NO. | Inicio | fin | Eléctrica | | Gasolina o Diésel | | Gas (natural o LP) | | Agua | | | Otros |
| | | | Kwh | \$ | L | \$ | L | \$ | m ³ | \$ | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | |
| subtotal | | | | | | | | | | | | |
| % | | | | | | | | | | | | |

Tabla 3.1 Ejemplo de llenado de consumo energético
Fuente; Elaboración propia.

3.7 Desempeño energético

Entender ¿cómo?, ¿dónde? y ¿por qué? se consume la energía en una organización es primordial para poder observar e identificar oportunidades de mejora del desempeño energético. La obtención de resultados medibles

relacionados con la eficiencia energética, el uso y consumo de la energía en la organización permiten administrar y controlar más adecuadamente los recursos.

El concepto de desempeño energético considera los usos que se dan a la energía (dónde se está utilizando la energía), la forma en que se consume (las cantidades utilizadas de los diferentes energéticos), la intensidad energética (la energía necesaria para obtener una unidad de producto o servicio) y las medidas disponibles para fomentar la eficiencia y el ahorro de energía (ver Figura 3.4).

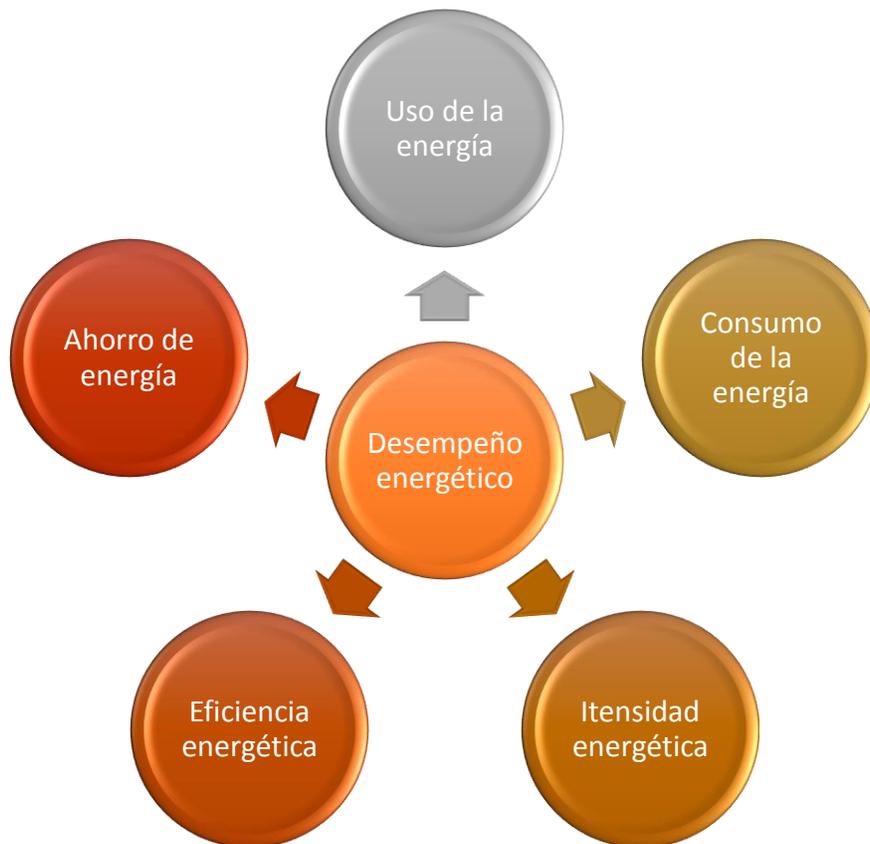


Figura 3.4 Concepto de desempeño energético para un SGen
Fuente: (Flores Díaz, Escoboza Pineda, & Espinoza Flores, 2016)

3.7.1 Energía térmica

Para realizar la caracterización del consumo térmico dentro de la empresa, se detectarán lugares puntuales donde se está perdiendo vapor o en su caso generando pérdidas es por ello que se analizará un antes y después del consumo

del vapor, esto para realizar gráficas de control y de consumo que empiece a tener un punto inicial dentro de la empresa y que con el tiempo se contabilice la forma en que se consume la energía térmica a través de la elaboración del producto de distribución de vapor en donde se puntualiza las pérdidas (Ver figura 3.6).

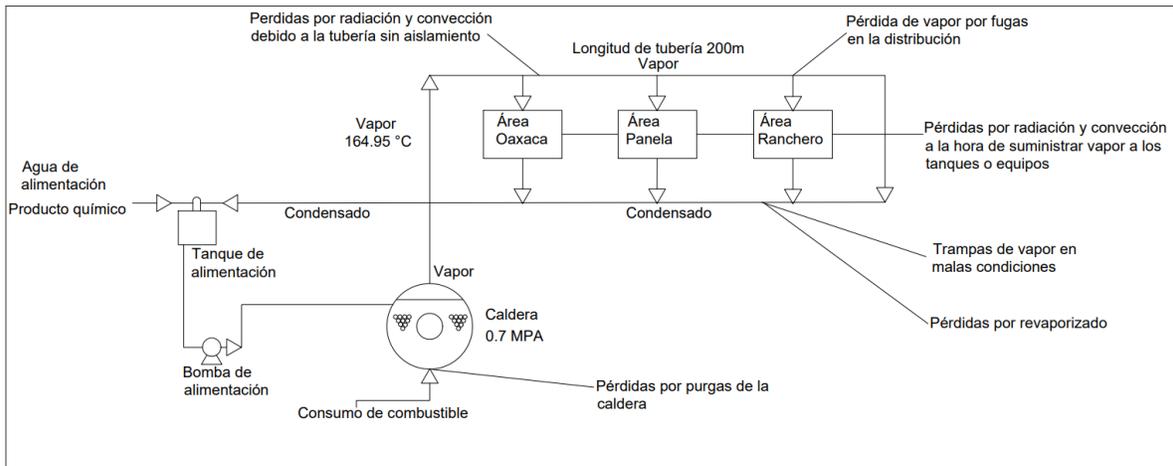


Figura 3.5 Distribución de vapor en la planta.
Fuente; Elaboración propia.

Generación de vapor

Actualmente en la empresa se cuenta con tres calderas con capacidad de 150 CC a 0.7 MPa que operan en días diferentes, los días de trabajo son de lunes a sábado de 6 de la mañana a 6 de la tarde. A continuación se calcula el flujo de vapor real.

$$\Delta h \text{ a } 0.7 \text{ MPA} = 2066.3 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$1 \text{ CC} = 33475 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}$$

$$1 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} = 1.055056 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

$$150 \text{ CC} * \frac{33475 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}}{\text{CC}} * \frac{1.055056 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}}{1 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}} = 5297699.94 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

$$Q = mcp\Delta T$$

$$Q = m\Delta h$$

$$m_{\text{vapor}} = \frac{Q}{\Delta h} = \frac{5297699.94 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}}{2066 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 2563.85 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$\text{eficiencia} = 0.72$$

$$m_{\text{vapor, real}} = \frac{m_{\text{vapor}}}{\text{eficiencia}} = \frac{2563.85 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{0.72} = 1845.97 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Cálculo de pérdida de calor y condensado en la tubería

Tan pronto como el vapor deja la caldera empieza a ceder parte de su energía a cualquier superficie de menor temperatura. Al hacer esto, parte del vapor se condensa convirtiéndose en agua con la misma temperatura que tiene el vapor.

El condensado es agua caliente producida cuando el vapor libera su energía térmica, es un recurso valioso que contiene aproximadamente el 25% de la energía útil que contiene el vapor al principio. En la mayoría de las veces se procura retornar entre el 75 y 80% del condensado en la mayoría de las plantas industriales esto a que influye directamente al ahorro de energía y se reducen los costos de combustible y se reducen las purgas en la caldera.

Como en la empresa se tiene una tubería de 4 pulgadas de acero inoxidable con aproximadamente de 200m de longitud desde la generación de vapor hasta el área de servicio que en este caso son el área Oaxaca, panela, y queso ranchero.

Para realizar el cálculo de cuanto calor se está perdiendo sin aislamiento se tiene que calcular emisión calorífica.

Para esto se tienen los siguientes datos

$$\text{Temperatura de la salida de vapor } (T1) = 164.953 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatura ambiente } (T2) = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 164.953^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 139.9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Para la tubería se recomienda multiplicar la longitud de la tubería por el 10% para considerar accesorios y válvulas.

$$LT = (200m)(10\%) + 200m = 220m$$

Después se buscó el diámetro de la tubería; para la temperatura que se obtuvo de la tabla 3.2 de spirax sarco.

| Diferencia de temperatura entre vapor y aire °C | Tamaño do tubería | | | | | | | | | |
|---|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 15 mm | 20 mm | 25 mm | 32 mm | 40 mm | 50 mm | 65 mm | 80 mm | 100 mm | 150 mm |
| | W/m | | | | | | | | | |
| 56 | 54 | 65 | 79 | 103 | 108 | 132 | 155 | 188 | 233 | 324 |
| 67 | 68 | 82 | 100 | 122 | 136 | 168 | 198 | 236 | 296 | 410 |
| 78 | 83 | 100 | 122 | 149 | 166 | 203 | 241 | 298 | 360 | 500 |
| 89 | 99 | 120 | 146 | 179 | 205 | 246 | 289 | 346 | 434 | 601 |
| 100 | 116 | 140 | 169 | 208 | 234 | 285 | 337 | 400 | 501 | 696 |
| 111 | 134 | 164 | 198 | 241 | 271 | 334 | 392 | 469 | 598 | 816 |
| 125 | 159 | 191 | 233 | 285 | 285 | 394 | 464 | 555 | 698 | 969 |
| 139 | 184 | 224 | 272 | 333 | 333 | 458 | 540 | 622 | 815 | 1 133 |
| 153 | 210 | 255 | 312 | 382 | 382 | 528 | 623 | 747 | 939 | 1 305 |
| 167 | 241 | 292 | 357 | 437 | 437 | 602 | 713 | 838 | 1 093 | 1 492 |
| 180 | 274 | 329 | 408 | 494 | 494 | 676 | 808 | 959 | 1 190 | 1 660 |
| 194 | 309 | 372 | 461 | 566 | 566 | 758 | 909 | 1 080 | 1 303 | 1 852 |

Nota: Emisión de calor en tuberías horizontales sin protección con temperatura ambiente entre 10°C y 21°C y aire en calma.

Tabla 3.2 Emisiones de calor en las tuberías
Fuente: (spirax sarco, 1999)

Para una temperatura de 139.953 °C y una tubería de diámetro exterior de 4" se tiene una emisión calorífica de 815 W/m.

$$q = \frac{815W}{m} * 220m = 179300W = 179.3kW$$

$$q = 179.3kW * \frac{3168h}{año} = 568022.4kWh/año$$

Enseguida se calculó la tubería con aislante térmico, para esto contamos con aislamiento de 3.5 cm de espesor de fibra de vidrio recubierto con lámina de aluminio ver figura 3.6.

Para este cálculo utilizaremos ecuaciones que se describen en el anexo como cálculo de pérdidas térmicas.

Posteriormente la temperatura 46.9°C es calculada con la siguiente ecuación;

$$\lambda = \text{aislante fibra de vidrio}$$

$$h_e = \text{coeficiente exterior}$$

$$Temp = T_{\text{ambiente}} + \frac{Temp_{\text{vapor}} - T_{\text{ambiente}}}{\frac{h_e \text{Diametro}2}{2\lambda} * \ln \frac{\text{Diametro}2}{\text{Diametro}1} + 1} \text{ (}^\circ\text{C)}$$

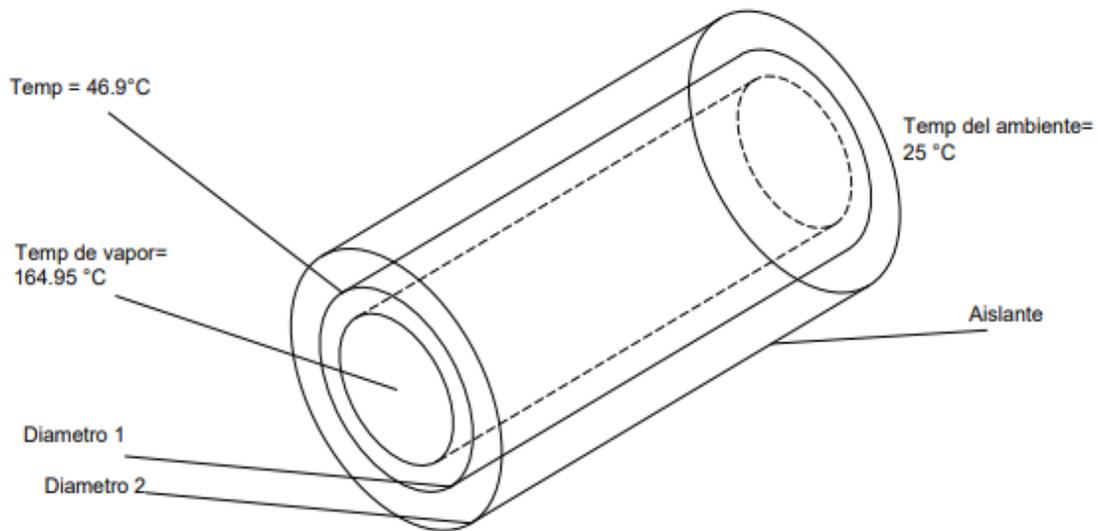


Figura 3.6 Tubería con aislante térmico
Fuente; Elaboración propia.

Con esta ecuación se calcula el índice de flujo para ver si corresponde a régimen laminar o turbulento:

$$Diametro2^3 \Delta T \leq 10m^3 K$$

$$(0.17m)^3 (49.9 - 25) = 0.1223m^3 K \leq 10m^3 K$$

Como puede verse, el régimen es laminar, tubería horizontal y en interiores, por lo que para calcular el coeficiente superficial exterior se utilizará:

Para la parte convectiva

$$hcv = 1.25 \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{D2}}$$

$$hcv = 1.25 \sqrt[4]{\frac{(49.9 - 25)}{0.17m}} = \frac{4.21W}{m^2K}$$

Para la parte radiante

$$hr = \frac{Temp^4 - Tambiente^4}{Temp - Tambiente} * Cr$$

$$hr = \frac{320.05^4 - 298.15^4}{320.05 - 298.15} * 2.8 * \frac{10^{-9}W}{m^2K} = \frac{0.331176W}{m^2K}$$

Con lo que el coeficiente exterior será la suma de ambos, o sea

$$he = hcv + hr$$

$$he = 4.21 + 0.331176 = \frac{4.54W}{m^2K}$$

Como se está tratando con vapor, el coeficiente interior es despreciable por lo que no se va a tener en cuenta. Puede de esta forma, calcularse la densidad de flujo de calor mediante

$$q = \frac{\pi * (Tempvapor - Temambien)}{\frac{1}{2 * kacero} * \ln \frac{D2}{D1} + \frac{1}{he * D2}}$$

$$q = \frac{\pi * (164.953 - 25)}{\frac{1}{2 * 0.038} * \ln \frac{0.17}{0.1} + \frac{1}{4.54 * 0.17}} = \frac{53.12W}{m}$$

$$\dot{q} = \frac{53.12W}{m} * 220m = 1062.4W = 1.0624kW$$

$$q = 1.0624Kw * \frac{3168h}{año} = 3365.6832kWh/año$$

Se procede a calcular el flujo de condensado dentro de la tubería. estos cálculos serán presentados de dos formas una de ellas es la tubería sin aislamiento y la otra con aislamiento.

Se tiene una tubería de 100 mm con 200 m de largo verticalmente desde la caldera al área de servicio Oaxaca, panela y rancharo, esto sin considerar accesorios y válvulas.

Se recomienda multiplicar la longitud de la tubería por el 10% para considerar accesorios y válvulas.

$$LT = (200m)(10\%) + 200m = 220m$$

Otro valor a considerar en el cálculo de condensación es si la tubería está aislada o no lo está, para esto menciona que para una tubería bien aislada se debe tener un factor de aislamiento "0.15 y para una tubería sin aislamiento debe ser 1" (spirax sarco, 1999, p.47).

Datos para calcular la tasa de condensación

$$\text{Emisión calorífica} = \frac{W}{m}$$

$$\text{Longitud total del tubo} = m$$

$$\text{Entalpia de evaporación} = \frac{kJ}{kg}$$

$$\text{Factor de aislamiento} = 0.15 \text{ a } 1$$

$$m_{cond} = \frac{Q * L * 3.6}{H} F$$

A continuación se calcula el flujo de condensado sin aislamiento térmico.

$$Q = \frac{815W}{m}$$

$$m_{cond} = \frac{Q * L * 3.6}{H} F = \frac{815W}{m} * 220m * 3.6}{2759.6 \frac{kJ}{kg}} * 1 = 233.9 \frac{kg}{h}$$

Enseguida se calcula el flujo de condensado con aislamiento térmico.

$$Q = \frac{53.12W}{m}$$

$$m_{cond} = \frac{Q * L * 3.6}{H} F = \frac{53.12W}{m} * 220m * 3.6}{2759.6 \frac{kJ}{kg}} * 0.15 = 2.2868 \frac{kg}{h}$$

Pérdidas por fugas

Las pérdidas por fugas son a menudo ignoradas. Sin embargo, las fugas pueden tener un alto costo tanto económico como ambiental, por lo tanto requieren de pronta atención para asegurar que el vapor trabaje en condiciones óptimas y un mínimo impacto ambiental.

Dentro del análisis se consideran como parte fundamental las pérdidas por fugas, ya que estas pueden influir en la pérdida de vapor durante su trayecto, cabe mencionar que se encontraron alrededor de 5 fugas con tamaños de 5mm aproximadamente.

Con la figura 3.7 podemos calcular el flujo de vapor que se pierde al tener una fuga con un orificio de 5mm a una presión de 7 bar.

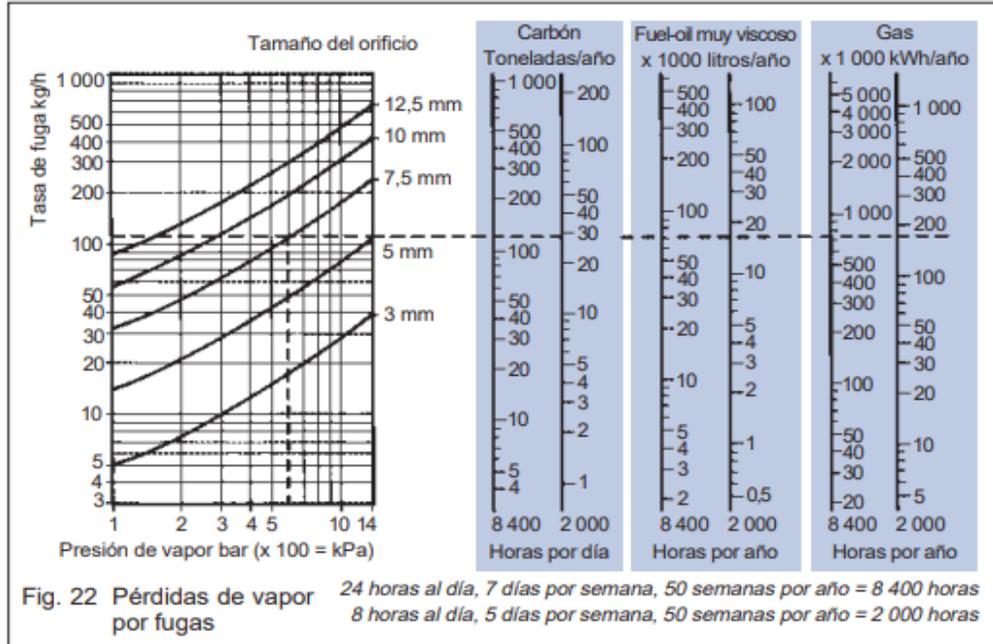


Figura 3.7 Perdidas de vapor por fugas
Fuente: (spirax sarco, 1999)

$$mfugas = (5) \left(\frac{50kg}{h} \right) = 250 \frac{kg}{h}$$

$$Entalpia\ de\ evaporación = 2759.6 \frac{kJ}{kg}$$

$$Q = \left(2759.6 \frac{kJ}{kg} \right) \left(\frac{250kg}{h} \right) = \frac{689900kJ}{h} * \frac{1h}{3600s} = 191.63kW$$

$$q = 191.63kW * \frac{3168h}{año} = 607083.84\ kWh/año$$

Pérdidas por no retorno de condensado.

Al no recuperar los condensados se elevan los costos y consumos operativos de la caldera al generar vapor, entre estos factores se encuentran el combustible,

tratamiento químico, mantenimiento a la caldera, electricidad y agua de reposición. Tal como se muestra en la figura 3.8, se aprecia que el 93% representa el consumo de combustible, lo que aumentaría el consumo de combustible esto debido al aporte energético que habrá de suministrar en la caldera, al cambio tan brusco de entalpia debido al agua de liquida en condiciones de entrada a la caldera ya que esto implica un cambio de energía mayor debido a que el agua entra a temperatura ambiente lo que implica un mayor uso de combustible para calentar esa agua que acaba de entrar a la caldera.

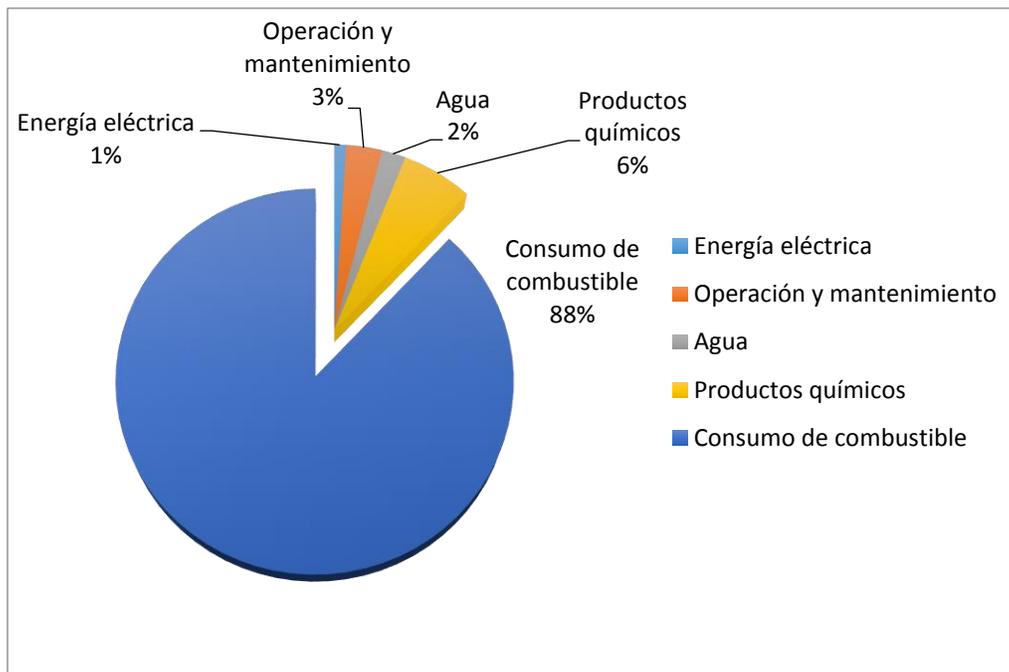


Figura 3.8 Costos asociados a la generación de vapor
Fuente: (spirax sarco)

Se tienen las temperaturas de condensado y del agua de alimentación a la caldera, entonces es posible determinar el DT.

$$Temperatura\ de\ condesado\ al\ retorno = 78.9\ ^\circ C$$

$$Temperatura\ del\ agua\ a\ la\ caldera = 10\ ^\circ C$$

$$\Delta T = 79.9 - 10 = 68.9\ ^\circ C$$

Para elevar 68.9 °C la temperatura de 1 kg de agua fría a la caldera se requiere la siguiente energía.

$$q = (1 \text{ kg}) \left(\frac{4.186 \text{ kJ}}{\text{kgk}} \right) (68.9 \text{ } ^\circ\text{C}) = 288.4154 \text{ kJ}$$

La caldera suministra vapor a 1845.97 kg/h pero hay que restarle las pérdidas por fuga y las pérdidas por la mala instalación y mantenimiento, este valor está alrededor del 40% y que en el balance de masa se tiene que volver a reponer con agua nueva a la caldera(a menor temperatura que el condensado) con lo que es mayor consumo de combustible.

Entonces la cantidad de energía que se pierde para producir el vapor durante el proceso es la siguiente

$$q = (m_{\text{vapor}} - m_{\text{fugas}}) * 0.4$$

$$q = 1845.97 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} - 250 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 1595.97 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 0.4 = 638.388 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$q = 638.388 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} + 250 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 888.388 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$q = \left(\frac{888.388 \text{ kg}}{\text{h}} \right) \left(\frac{288.4154 \text{ kJ}}{\text{kg}} \right) \left(\frac{0.001 \text{ MJ}}{\text{kJ}} \right) = 256.22 \text{ MJ/h}$$

La planta funciona 12 h/día, 6 días/semana, 45 semanas/año, el número total de horas trabajadas es 3160 h.

La energía total requerida para calentar el agua de reposición a la caldera es:

$$\text{horas operacion} = \left(\frac{12 \text{ h}}{1 \text{ día}} \right) \left(\frac{6 \text{ días}}{\text{semana}} \right) (44 \text{ sem}) = 3168 \text{ h}$$

$$q = \left(\frac{256.2247 \text{ MJ}}{\text{h}} \right) \left(\frac{0.001 \text{ GJ}}{\text{MJ}} \right) \left(\frac{3168 \text{ h}}{1 \text{ año}} \right) = \frac{811.7201 \text{ GJ}}{\text{año}}$$

$$\left(\frac{811.7201 \text{ GJ}}{\text{año}} \right) \left(\frac{1000000 \text{ kJ}}{1 \text{ GJ}} \right) = \frac{811720100 \text{ kJ}}{\text{año}}$$

El poder calorífico del combustible es de 35.86 MJ/l y suponiendo que el rendimiento de la caldera es de 70% la energía entregada por el combustible al agua de la caldera es:

$$(0.7) \left(\frac{35.86 \text{ MJ}}{l} \right) \left(\frac{0.001 \text{ GJ}}{\text{MJ}} \right) = 0.025102 \text{ GJ/l}$$

$$\left(\frac{0.025102 \text{ GJ}}{l} \right) \left(\frac{1000000 \text{ kJ}}{1 \text{ GJ}} \right) = 25102 \text{ kJ/l}$$

El combustible necesario para calentar el agua de reposición caldera es

$$\left(\frac{811720100 \text{ kJ/año}}{25102 \text{ kJ/L}} \right) = 32336.86 \text{ l/año}$$

El precio del combustible en marzo del 2020 fue de 19.02 \$/l

$$\$_{\text{combustible}} = \frac{32336.86 \text{ l}}{\text{año}} * \frac{19.02 \$}{l} = 615047.07 \$$$

Precio del agua

La cantidad total de agua necesaria en un año para compensar el condensado que no se recupera.

$$\left(\frac{3168 \text{ h} * 888.388 \text{ kg/h}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \right) = 2814.4131 \text{ m}^3$$

Costo del agua en la ciudad y área metropolitana es de 23.48\$/m³

$$\$_{\text{agua}} = \left(2814.4131 \text{ m}^3 * \frac{23.48 \$}{\text{m}^3} \right) = 66082 \$$$

Cálculo cuando no se pierde condensado.

$$\text{Temperatura de condensado al retorno} = 78.9^\circ \text{C}$$

Temperatura del agua a la caldera = 10°C

$$\Delta T = 79.9 - 10 = 68.9^{\circ}C$$

Para elevar 68.9°C la temperatura de 1kg de agua fría a la caldera se requiere la siguiente energía.

$$q = (1kg) \left(\frac{4.186kj}{kgk} \right) (68.9^{\circ}C) = 288.4154kj$$

La caldera suministra vapor a 1845.97 kg/h de este flujo de vapor hay que quitarle las pérdidas por fuga y las pérdidas por la mala instalación y mantenimiento, el valor esta alrededor de un 40% que se pierde del flujo total de vapor y que al final se tiene que volver a reponer con agua nueva a la caldera con lo que es mayor consumo de combustible.

Entonces el consumo de energía para calentar el vapor que se pierde durante el proceso es el siguiente.

La caldera va suministra vapor a 1845.97 kg/h pero esto flujo de vapor se va a multiplicar por un 30% que se pierde en el proceso.

Entonces el consumo de energía para calentar el vapor que se pierde durante el proceso es el siguiente.

$$q = (mvapor) * 0.3$$

$$q = 1845.97 \frac{Kg}{h} * 0.3 = 553.791$$

$$q = \left(\frac{553.797kg}{h} \right) \left(\frac{288.4154kj}{kg} \right) \left(\frac{0.001MJ}{KJ} \right) = 159.52Mj/h$$

Si la planta funciona 12 h/día, 6 días/semana, 45 semanas/año, el número total de horas trabajadas es 3160 h.

La energía total requerida para calentar el agua de reposición a la caldera es:

$$\text{horas operacion} = \left(\frac{12h}{1\text{dia}}\right) \left(\frac{6\text{dias}}{\text{semana}}\right) (44\text{sem}) = 3168h$$

$$q = \left(\frac{159.52Mj}{h}\right) \left(\frac{0.001Gj}{MJ}\right) \left(\frac{3168h}{1\text{año}}\right) = \frac{505.3593Gj}{\text{año}}$$

$$\left(\frac{505.3593Gj}{\text{año}}\right) \left(\frac{1000000kj}{1Gj}\right) = \frac{505359300kj}{\text{año}}$$

El poder calorífico del combustible es de 35.86 MJ/l y suponiendo que el rendimiento de la caldera es de 70%, la energía entregada por el combustible al agua de la caldera es:

$$(0.7) \left(\frac{35.86MJ}{l}\right) \left(\frac{0.001Gj}{MJ}\right) = 0.025102Gj/l$$

$$\left(\frac{0.025102Gj}{l}\right) \left(\frac{1000000kj}{1Gj}\right) = 25102kj/l$$

El combustible necesario para calentar el agua de reposición caldera es:

$$\left(\frac{505359300kj/\text{año}}{25102kj/L}\right) = 20132.23 l/\text{año}$$

El precio del combustible en marzo del 2020 fue de 19.02 \$/l

$$\text{\$combustible} = \frac{20132.23l}{\text{año}} * \frac{19.02\$}{l} = 382915.0146\$$$

Precio del agua

La cantidad total de agua necesaria en un año para compensar el condensado que no se recupera:

$$\left(\frac{3168h * 553.1049kg/h}{1000 \frac{kg}{m^3}} \right) = 1752.2363 m^3$$

Costo del agua en la ciudad y área metropolitana es de 23.48\$/m³

$$\$agua = \left(1752.2363m^3 * \frac{23.48\$}{m^3} \right) = 41142.5\$$$

Pérdidas de calor por radiación y convección

El vapor es utilizado para calentar ingredientes de manera directa, lo que puede ser de alguna manera ineficiente ya que deja que el vapor escape hacia el medio ambiente lo que provocará pérdidas y calentamiento inadecuado. Lo que sugiere calcular estas pérdidas por radiación y convección y calcular cuánto calor se está perdiendo, la tabla 3.3 muestra las pérdidas de calor en las áreas de cada proceso de producción.

Se utilizara as siguientes ecuaciones para determinar el consumo de calor por radiación y convección. Ver anexo para las operaciones.

Para el cálculo del calor por convección se emplea la ecuación:

$$Q_{conv} = hAs(Ts - T_{\infty})$$

Donde:

$$h = \text{Coeficiente de convección} \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$As = \text{Área superficial}$$

$$Ts = \text{Temperatura de superficie}$$

$$T_{\infty} = \text{Temperatura alejado del fluido}$$

Y para determinar las perdidas por radiación se tiene la ecuación:

$$Q_{rad} = \varepsilon \phi A_s (T_s^4 - T_{alred}^4)$$

Donde:

$\varepsilon =$ Emisividad

$$\phi = \text{Constante de Stefan - Boltzmann } 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

$A_s =$ Área superficial

$T_s =$ Temperatura de superficie

$T_{alred} =$ Temperatura alrededor

Tabla 3.3 Perdidas de calor por equipo de proceso.
Fuente; Elaboración propia.

| Equipo\Área | OAXACA | PANELA | RANCHERO |
|-------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Tanque de preparación 1 | 2.08655 kW | 0.76323 kW | |
| Tanque de preparación 2 | 0.7633 kW | | |
| Tanque de preparación 3 | 0.76323 kW | 2.086665 kW | |
| Tina de preparación | 3.085637 kW | | |
| Malaxadora | 4.05759 kW | | |
| Embudo triblender | | 2.16972 kW | 2.16972 kW |
| Intercambiador de calor | | 1.76165 kW | |
| Tanque de mezcla | | | 2.08665 kW |
| Pailas | | | 11.9796 kW |
| Horas de operación | 3168h/año | 3168h/año | 3168h/año |
| Total | 24300.68 kWh/año | 21438.04 kWh/año | 51435.55 kWh/año |

Perdidas en los purgadores

Un purgador es aquel que se encarga de descargar el condensado sin permitir el escape vivo de vapor. Medir las pérdidas de energía en los purgadores no es tarea

fácil, puede perderse energía en los purgadores pero esta dependerá de la carga, se perderá energía en el purgador debido a la radiación, aunque esta se puede reducir considerablemente revistiendo con aislantes.

En la tabla 3.4 se resumen los requisitos de energía de los diferentes purgadores de 1/2" a 5 bares. El propósito de la tabla 3.4 no es de establecer el hecho de que un tipo de purgador es más eficaz que otro; Simplemente es resaltar que los purgadores de vapor requieren solo una cantidad mínima de energía. Las pérdidas solo son significativas cuando los purgadores son defectuosos. Lo importante es por consiguiente combinar la selección, comprobación y mantenimiento para conseguir fiabilidad. Si se hace correctamente, se minimizarán los costos y derroche de vapor.

Tabla 3.4 Necesidades energéticas de los purgadores- expresadas en kg/h de vapor
Fuente: (spirax sarco, 1999)

| Purgadores de ½ pulgada a 5 bares. | | | | | | |
|---|-----------------------|-------------------|-------|-----------------------|-------------------|-------|
| | Sin carga | | | Carga normal | | |
| | A través del purgador | Desde el purgador | Total | A través del purgador | Desde el purgador | Total |
| Termostático | 0.5 | 0.5 | 1 | Cero | 0.5 | 0.5 |
| Boya | Cero | 1.40 | 1.4 | Cero | 1.4 | 1.4 |
| Cuba invertida | 0.5 | 1.20 | 1.7 | Cero | 1.2 | 1.2 |
| Termodinámico | 0.5 | 0.25 | 0.75 | Cero | 0.25 | 0.25 |

Pérdidas por revaporizado

El condensado es descargado a través de purgadores desde una presión mayor a una menor, como consecuencia de esta caída de presión, parte del condensado se evapora de nuevo, a este vapor generado se le llama revaporizado.

La proporción que se revaporizará es variable en función del nivel de reducción de presión entre los lados del vapor y del condensador del sistema, pero una cantidad típica es del 10-15 % de la masa. En la figura 3.9 se observa que el total de energía de condensado, el revaporizado contiene la mitad de esa energía. La recuperación

del revaporizado es, por tanto, esencial para lograr un sistema energéticamente eficiente.

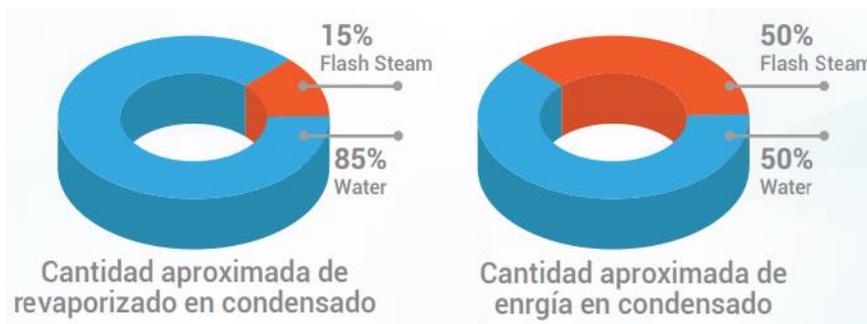


Figura 3.9 Condiciones de revaporizado en el condensado.
Fuente: (spirax sarco)

A continuación, se menciona un directorio de las medidas encaminadas a eliminar, no solo las pérdidas evaluadas, sino también se presentarán medidas que permitirán mejorar la generación y distribución del vapor.

Como se muestra en la tabla 3.5 se mencionan las acciones que se recomendadas para generar una mejor distribución de vapor en la planta de proceso.

Tabla 3.5 Medidas de ahorro para distribución de vapor.
Fuentes; Elaboración propia.

| Distribución de vapor | |
|---|---|
| Áreas potenciales de ahorro | Medidas de ahorro |
| Calor perdido en líneas aisladas y no aisladas | <ul style="list-style-type: none"> • Colocar aislante térmico en tuberías. • Cambio de aislamiento térmico en tuberías. |
| Calor perdido en purgas y fugas | <ul style="list-style-type: none"> • Instalación de trampas para vapor en líneas y equipos. • Reparación de las trampas para vapor. • Cambio de las trampas para vapor. • Instalación de mirillas de flujo o válvulas de 3 vías en las líneas de condensado. • Sustitución de purgadores |
| Instrumentación y control | <ul style="list-style-type: none"> • Calibración o modernización de los instrumentos. |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Automatización del sistema de control (control distribuido o control remoto) • Control de velocidad en bombas y ventiladores. • Automatización de purgas |
| Tuberías | <ul style="list-style-type: none"> • Revisar dimensionamiento y disposición de tuberías. • Agregar cabezal común para varios generadores de vapor. |
| Agua de alimentación y condensados. | <ul style="list-style-type: none"> • Instalar turbo bombas para el agua de alimentación • Evaluar el retorno de condensados; contaminación, porcentaje y temperatura. • Evaluar la presión de bombas de agua de alimentación. • Incrementar el retorno de condensados. |
| Calor perdido en tanques y depósitos. | <ul style="list-style-type: none"> • Reparación y eliminación de fugas |
| Aislamiento y fugas | <ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de grietas en mamparas, paredes y válvulas • Mejorar el aislamiento |

Cabe mencionar que las medidas de ahorro sugeridas son solo una guía de las propuestas que se podrían aplicar para incrementar el aprovechamiento energético de la empresa, estas medidas aunque no resultan de la cuantificación de una pérdida, son el resultado de las observaciones y evaluaciones realizadas durante los diagnósticos. Tal como se muestra en la tabla 3.6 se mencionan las acciones para generar una mejor generación de vapor en la planta de proceso.

Tabla 3.6 Medidas de ahorro para generación de vapor.
Fuente; Elaboración propia.

| Generación de vapor | |
|---|---|
| Áreas potenciales de ahorro | Medidas de ahorro |
| Perdidas en el generador de vapor. | <ul style="list-style-type: none"> • Optimización de la combustión. • Reducir el porcentaje de exceso de aire • Precalentamiento del combustible |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Sustitución por quemadores de bajo exceso de aire • Instalación de equipos de recuperación de calor: economizador o pre calentador de aire. • Sustitución de generador de vapor. • Dotar con analizadores de gases y otros instrumentos. • Corrección por oxígeno. • Corrección por CO |
| Combustible | <ul style="list-style-type: none"> • Sustitución o complementación. • Control de la recepción, manejo, almacenamiento y seguridad. • Secado, calentado y atomizado. |
| Planeación de la operación | <ul style="list-style-type: none"> • Repartir la carga eficientemente entre generadores de vapor y en el tiempo. • Administración de la carga de la caldera. |
| Equipos auxiliares o periféricos. | <ul style="list-style-type: none"> • Compuertas y capuchones para viento en chimenea • Deflector de viento en ventilas del cuarto de caldera. • Quemadores de bajo exceso de aire • Sustituir quemadores atmosféricos por quemadores de alta presión • Quemadores con retención de flama • Instalación de quemadores a atomización con vapor o aire • Instalación de quemadores duales • Instalación de sopladores de hollín |
| Gases de combustión | <ul style="list-style-type: none"> • Precalentamiento de agua y aire • Revisar tiros forzados o inducidos • Revisar transferencia de calor a tubos de agua • Verificar espesor de fluxes |
| Calor perdido por purgas en calderas. | <ul style="list-style-type: none"> • Reducción del calor perdido en la purga continua. • Evaluar la calidad del agua de repuesto. |

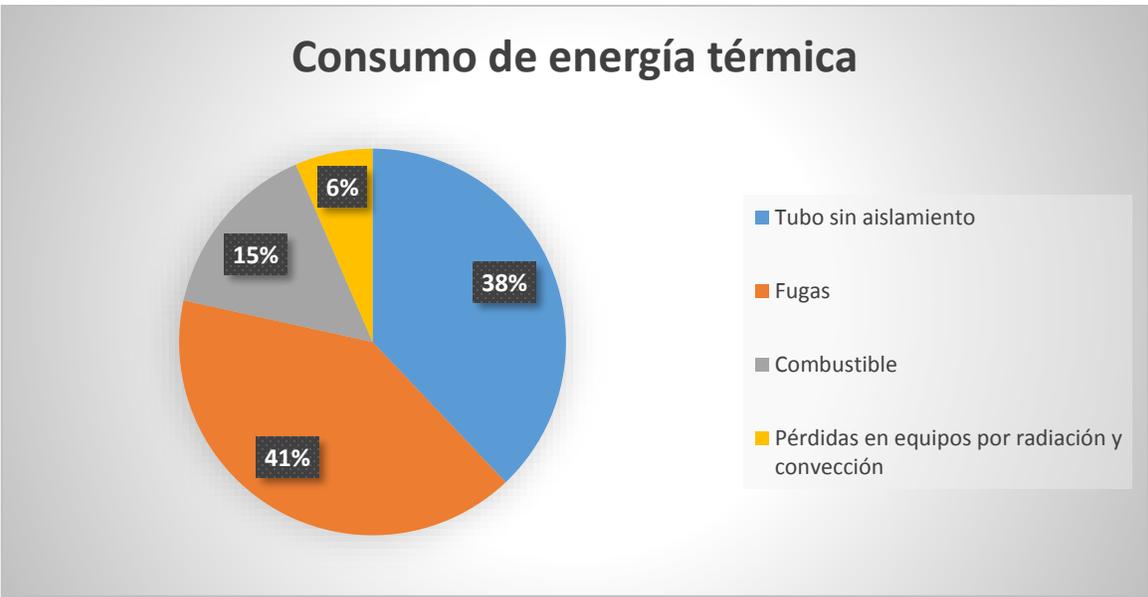
| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Analizar los sistemas de tratamiento de agua, para poder reducir la purga continua. • Recuperar el calor de la purga continua. |
|--|---|

Energía térmica consumida en la planta

A continuación, el gráfico 3.7 muestra la energía total consumida en la planta evaluando todas pérdidas de distribución de vapor.

| Energía térmica | | |
|--|-------------------|----------------|
| Tubo sin aislamiento | 568022.4 | kWh/año |
| Fugas | 607083.84 | kWh/año |
| Combustible | 225477.8 | kWh/año |
| Perdidas en equipos por radiación y convección | 97219.28 | kWh/año |
| Total | 1497803.32 | kWh/año |

Tabla 3.7 Consumo de energía térmica en la planta.
Fuente; Elaboración propia.



Gráfica 3.1 Consumo de energía térmica en la planta por área
Fuente; Elaboración propia.

3.7.2 Energía eléctrica

La empresa cuenta con equipos de alto consumo de energía eléctrica se observa en la tabla 3.8 el número de equipos y el consumo de energía que cada uno representa.

| NOMBRE | EQUIPO | CARGA | # DE REBOBINADO |
|--------------------|---|---------|-----------------|
| BOMBAS CENTRIFUGAS |  | 2.23 kW | 3 |
| MAXALADORA |  | 1.34 kW | 2 |
| TANQUE DE MEZCLADO |  | 1.1 kW | 3 |

| | | | |
|-------------------------------------|---|---------------|----------|
| <p>HOMOGENIZADOR</p> |  | <p>15 kW</p> | <p>3</p> |
| <p>CENTRIFUGADORA</p> |  | <p>30 kW</p> | <p>2</p> |
| <p>PASTEURIZADOR</p> |  | <p>9.5 kW</p> | <p>2</p> |
| <p>EMBUDO TRIBLENDER</p> |  | <p>7.5 kW</p> | <p>2</p> |

| | | | |
|--|---|----------------|----------|
| <p>PAILA</p> |  | <p>1.49 kW</p> | <p>3</p> |
| <p>TINA DE ELABORACIÓN DE QUESO</p> |  | <p>0.5 kW</p> | <p>1</p> |
| <p>PRENSA PARA QUESO</p> |  | <p>0.36 kW</p> | <p>2</p> |

Tabla 3.8 Equipos utilizados en proceso para la elaboración de queso.
Fuente; Datos de la empresa

Rebobinado en los motores

Los motores eléctricos son los equipos de mayor consumo de energía eléctrica en las plantas industriales, aproximadamente el 60% y 70% del consumo de energía

eléctrica de una industria corresponde a equipos electromotrices tales como ventiladores, bombas, compresores etc. Es evidente que causan un gran impacto en el consumo de energía en el sector industrial, por lo cual es importante encontrar o identificar las áreas de oportunidad en ahorro en ellos, y conocer el estado en que se encuentran.

El bobinado de motores es un concepto aplicado a los motores de corriente alterna monofásicos y trifásicos, es un proceso que comprende el desmonte de las piezas de motor, y que mediante cálculos a volver a configurar un entramado de cables llamado bobina que permite el movimiento del eje del motor.

El rebobinado de motores en las plantas industriales es muy usual en los procesos para arreglar los motores, ya que es una forma fácil práctica y económica a simple vista, esta decisión afectará dependiendo de la manera en que se repara el motor; por ejemplo, en los talleres que hacen estos trabajos al motor se le aplica calor sin control, golpes, torsiones o no son desarmados correctamente, lo que reduce la eficiencia de un 4 al 6%, por eso es muy importante que el taller tenga el equipo adecuado, y la metodología correcta y el personal capacitado.

Siempre que se rebobine un motor aunque sea un taller de calidad se produce una disminución en la eficiencia de motor esta eficiencia disminuye un 2%, mientras que si realiza en un taller de mala calidad, puede disminuir hasta un 6%. (BUNCA-CA)

Cálculo de pérdidas por rebobinado

Se utilizarán las siguientes ecuaciones

$$w_{elec} = \frac{w_{mec}}{eficiencia}$$

Cada motor de bomba cuenta con al menos 3 rebobinados en su vida útil y será este valor el que se utilizará como promedio en todos los equipos para calcular la disminución de eficiencia partiendo de un valor máximo de 88% de acuerdo al tiempo vida que tienen estos equipos

Enseguida, se determinó el consumo total eléctrico; hay que recordar que por cada rebobinado se pierde un 2 a 6%, se consideró que el personal de mantenimiento tiene buenos conocimientos a la hora de arreglar el motor, por lo tanto, la eficiencia que se empleó en el cálculo fue del 3% por rebobinado.

Un motor eficiente presenta valores de 90% a 92% (rango aplicable a los motores de esta empresa), entonces si se resta la pérdida de eficiencia por el número de veces que se ha rebobinado y se conseguirá la eficiencia de la bomba sin considerar otro tipo de pérdidas eléctricas como factor de potencia y pérdidas por variación de tensión e intensidad de corriente.

$$eficiencia = 90 - 9 = 81\%$$

$$welec = \frac{2.23 \text{ kW}}{81\%} = 2.7875 \text{ kW}$$

Por 8 bombas

$$welec = 2.7875 \text{ kW} * 8 = 22.8 \text{ kW}$$

$$horas \text{ operacion} = \left(\frac{12h}{1dia}\right) \left(\frac{6dias}{semana}\right) (44sem) = 3168h$$

$$welec = 22.8 \text{ kW} * \frac{3168h}{año} = 70646.4 \text{ kWh/año}$$

Para la demás motores de los equipos de proceso se aplica la misma metodología de cálculo, con lo que se obtienen los siguientes resultados.

Maxaladora

$$welec = \frac{1.34 \text{ kW}}{84\%} = 1.5952 \text{ kW}$$

$$welec = 1.5952 \text{ kW} * \frac{3168h}{año} = 5053.71 \text{ kWh/año}$$

Tanque de mezclado

$$welec = \frac{1.1 \text{ kW}}{81\%} = 1.3580 \text{ kW}$$

Por dos tanques de mezclados

$$w_{elec} = 1.3580kW * 2 = 2.716kW$$

$$w_{elec} = 2.716kW * \frac{3168h}{año} = 8604.388 kWh/año$$

Homogenizador

$$w_{elec} = \frac{15 kW}{81\%} = 18.51kW$$

$$w_{elec} = 18.51kW * \frac{3168h}{año} = 58666.66 kWh/año$$

Centrifugadora

$$w_{elec} = \frac{30kW}{84\%} = 35.7142kW$$

$$w_{elec} = 35.7142kW * \frac{3168h}{año} = 113142.58 kWh/año$$

Pasteurizador

$$w_{elec} = \frac{9.5kW}{84\%} = 11.38kW$$

$$w_{elec} = 11.38kW * \frac{3168h}{año} = 36051.84kWh/año$$

Embudo triblender

$$w_{elec} = \frac{7.5kW}{84\%} = 8.92kW$$

Por dos embudos triblender

$$w_{elec} = 8.92kW * 2 = 17.84kW$$

$$w_{elec} = 17.84kW * \frac{3168h}{año} = 56517.12kWh/año$$

Paila

$$w_{elec} = \frac{1.49kW}{81\%} = 1.83kW$$

Por 4 pailas

$$w_{elec} = 1.83kW * 4 = 7.32kW$$

$$w_{elec} = 7.32kW * \frac{3168h}{año} = 23189.76kWh/año$$

Tina de elaboración

$$w_{elec} = \frac{0.5kW}{88\%} = 0.56kW$$

$$w_{elec} = 0.56kW * \frac{3168h}{año} = 1774.08kWh/año$$

Prensa para queso

$$w_{elec} = \frac{0.36kW}{84\%} = 0.42kW$$

$$w_{elec} = 0.42kW * \frac{3168h}{año} = 1330.56kWh/año$$

Tabla 3.9 Comparación de consumo eléctrico con rebobinado vs motores eficientes.
Fuente; Elaboración propia.

| | Carga kW | eficiencia | equipos | Con rebobinado kWh/año | Sin rebobinado kWh/año |
|---------------------------|----------|------------|---------|------------------------|------------------------|
| Bombas centrifugas | 2.23 | 0.9 | 8 | 69774.22 | 62796.8 |
| Maxaladora | 1.34 | 0.9 | 1 | 5053.71 | 4716.8 |
| Tanque de mezclado | 1.1 | 0.9 | 2 | 8604.44 | 7744 |
| Homogeneizador | 15 | 0.9 | 1 | 58666.66 | 52800 |
| Centrifugadora | 30 | 0.9 | 1 | 113142.85 | 105600 |
| Pasteurizador | 9.5 | 0.9 | 1 | 35828.57 | 33440 |
| Embudo triblender | 7.5 | 0.9 | 2 | 56571.42 | 52800 |

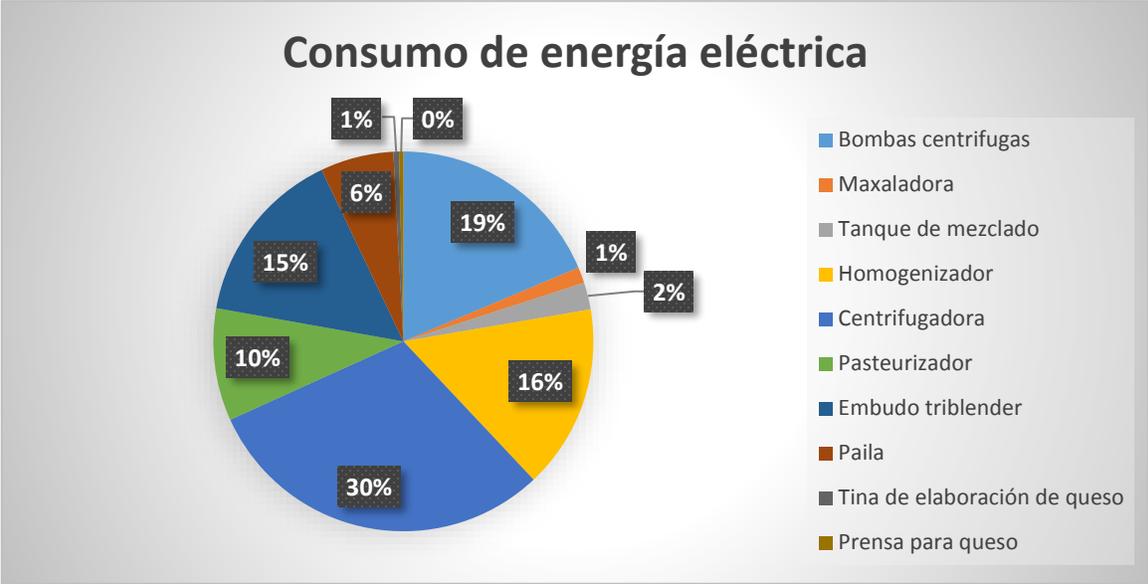
| | | | | | |
|-------------------------------------|------|-----|---|-----------|---------|
| Paila | 1.49 | 0.9 | 4 | 23310.22 | 20979.2 |
| Tina de elaboración de queso | 0.5 | 0.9 | 1 | 1800 | 1760 |
| Prensa para queso | 0.36 | 0.9 | 1 | 1357.71 | 1267.2 |
| Total | | | | 374109.84 | 343904 |

Energía eléctrica consumida en la planta

En la gráfica 3.2 se muestra la energía eléctrica total consumida en la planta evaluando las veces que se ha rebobinado los motores de los equipos de proceso.

Tabla 3.10 Consumo de energía eléctrica en la planta.
Fuente; Elaboración propia.

| Energía eléctrica | | |
|-------------------------------------|-----------|---------|
| Bombas centrifugas | 70646.4 | kWh/año |
| Maxaladora | 5053.71 | kWh/año |
| Tanque de mezclado | 8604.38 | kWh/año |
| Homogeneizador | 8604.38 | kWh/año |
| Centrifugadora | 113142.58 | kWh/año |
| Pasteurizador | 36051.84 | kWh/año |
| Embudo triblender | 56517.12 | kWh/año |
| Paila | 23189.76 | kWh/año |
| Tina de elaboración de queso | 1774.08 | kWh/año |
| Prensa para queso | 1330.56 | kWh/año |
| Total | 324914.82 | kWh/año |



Grafica 3.2 Consumo de energía eléctrica en la planta por área.
Fuente; Elaboración propia.

CAPÍTULO 4. RESULTADO DE EVALUACIÓN Y PLANES DE AUDITORIA

4.1 Estructura energética

La evaluación del consumo energético total dentro de la planta por un año, se muestra en el gráfico 4.1 en donde el consumo energético sin hacer medidas de aprovechamiento energético, la energética térmica es la que más se consume dentro de la planta.

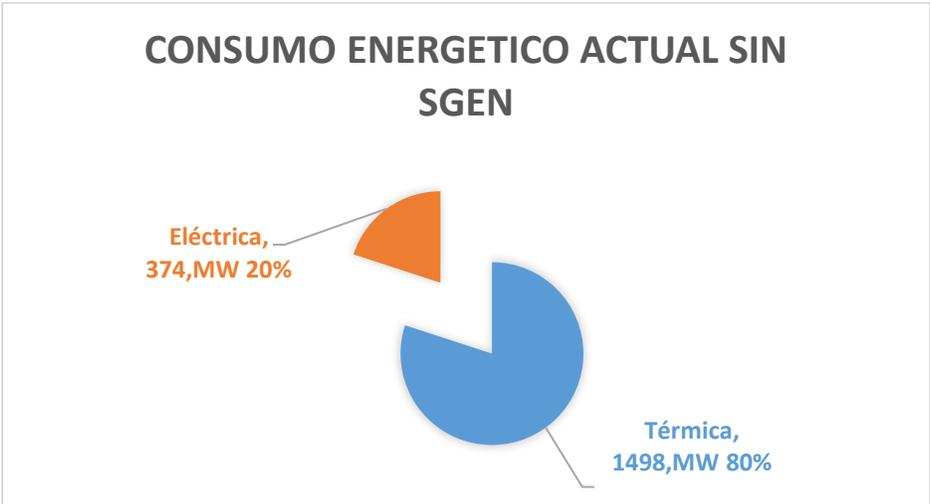


Gráfico 4.1 Consumo total energético en la planta.
Fuente; Elaboración propia,

Para un consumo en donde se aplicará las medidas de ahorro o de aprovechamiento energético se tienen mejoras como muestra el siguiente gráfico 4.2 en donde el mayor consumidor de energía es la eléctrica aparte de que disminuye el consumo de la energía térmica.

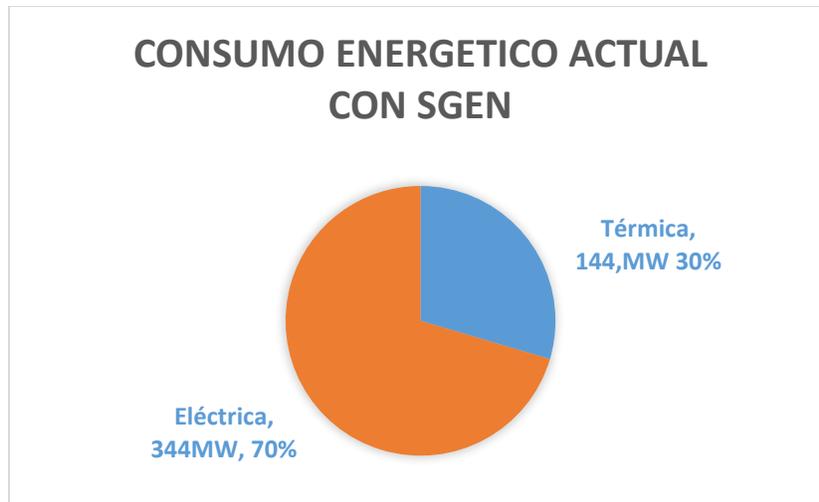


Gráfico 4.2 Consumo total energético en la planta con medidas de ahorro.
Fuente; Elaboración propia.

Se muestra el grafico 4.3 de la línea base con la tendencia con el fin de conseguir la ecuación característica y el coeficiente de correlación que es útil para predecir matemáticamente la evolución del consumo de energía con respecto a la cantidad de producción para posteriores periodos.

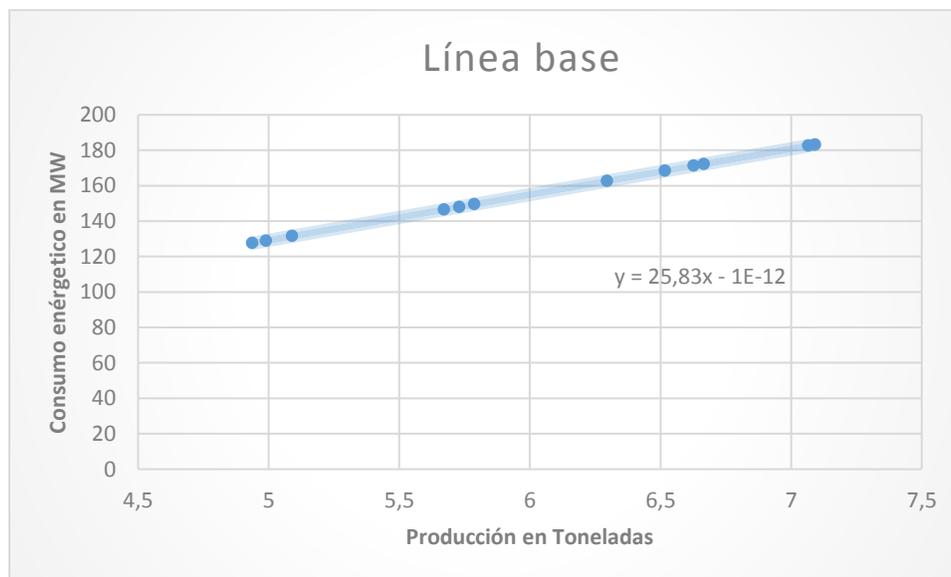


Gráfico 4.3 Línea base
Fuente; Elaboración propia.

Ecuación

$$C = 25.83x - 1 * 10^{-12}$$

Donde;

C = Consumo de energía MW

$\frac{25.83MW}{TON} = \text{Razón de cambio del consumo energético con respecto a la producción}$

x = producción ton

P = Producción ton

$-1 * 10^{-15}MJ = \text{Energía no asociada a la producción}$

El gráfico 4.4 se puede apreciar que el KPI de energía térmica anda de alrededor de 25 unidades y el de energía eléctrica de 18 unidades; se espera que el KPI incremente una vez implementado el SGEEn con lo que la expectativa para un KPI de energía eléctrica es que ande alrededor de las 80 unidades mientras que el de energía eléctrica se espera que ande por encima de las 20 unidades de KPI. Estos resultados solo se podrán obtener con la evaluación continua del proceso y del funcionamiento de las mejoras de aprovechamiento energético con respecto al tiempo.

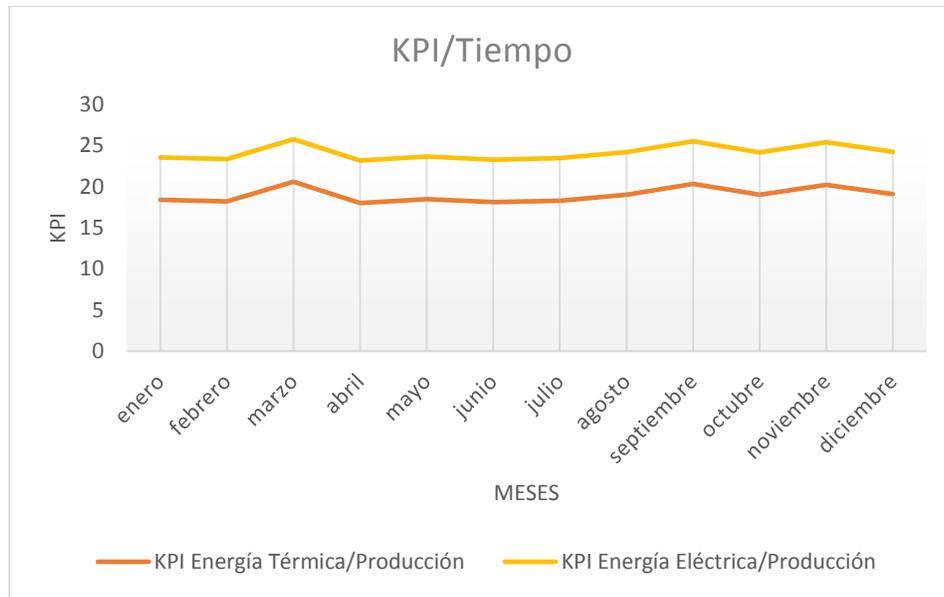


Gráfico 4.4 KPI térmico y eléctrico /Tiempo
Fuente; Elaboración propia.

De igual forma se espera que la energía total se vea reflejado en los KPI, porque está asociado a la forma en que se está evaluando constantemente el SGEN con respecto al tiempo. Una vez haciendo constantemente las mejoras se espera que los KPI aumenten sin tantas variaciones como se puede notar en la gráfica 4.5; los resultados esperados es que esos puntos de mayor consumo logren disminuir logrado una gráfica más lineal, pero para que suceda es necesario que la empresa aplique las acciones de mejora que se mencionan en la sección de los planes de acciones.

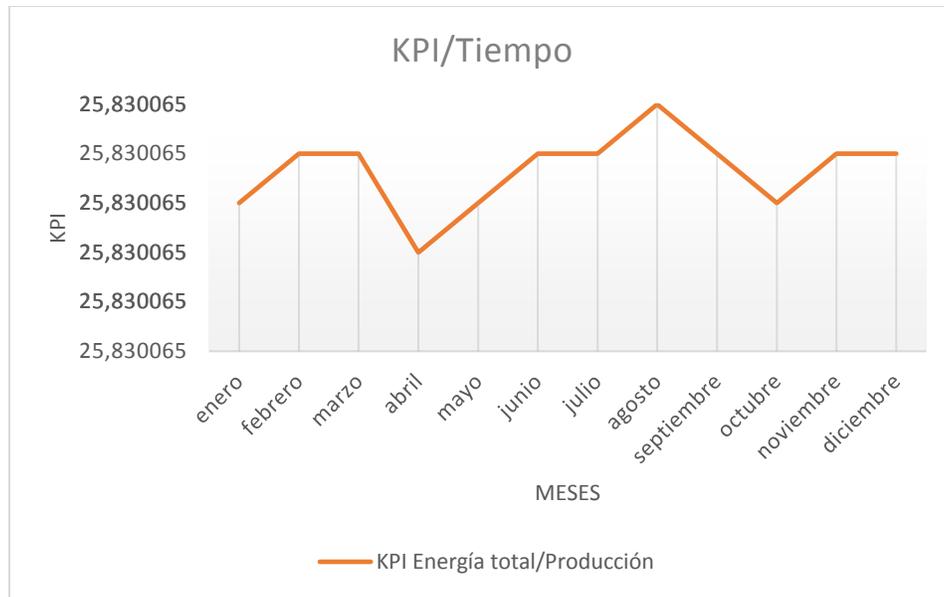


Gráfico 4.5 KPI energía total/Tiempo
Fuente; Elaboración propia.

4.2 Objetivos y Metas

Con el cálculo del KPI's y la línea base, el siguiente paso es establecer objetivos y metas acordes a la política energética y a la información obtenida durante la evaluación del desempeño energético.

Para poder establecer objetivos de desempeño estos pueden incluir varios niveles de la organización, así como diversos periodos de tiempo para la culminación de las metas.

Los niveles organizacionales más comunes para el establecimiento de objetivos son:

- Toda la organización: Los objetivos que abarcan a toda la organización proporcionan un marco para la comunicación del éxito de la gestión de la energía ante los actores internos y externos involucrados.
- Por instalación: En este nivel, los objetivos pueden variar de acuerdo al rendimiento concreto por cada instalación con base en los resultados obtenidos en la comparación o en una auditoría energética. Los objetivos al

nivel de instalación son establecidos para cumplir las metas de la organización.

- Por proceso o equipo: algunas organizaciones pueden encontrar útil el establecimiento de metas concretas para líneas de proceso y equipos cuando el consumo de energía se concentra en áreas específicas.

Por otro lado, el establecimiento de plazos apropiados y realistas para los objetivos asegura que estos sean relevantes y promuevan el cambio. Una combinación de objetivos de corto y largo plazo puede ser eficaz.

Objetivos de corto plazo que proporcionan puntos clave necesarios para dar seguimiento al progreso y la mejora continua.

Objetivos de largo plazo; suelen ser específicos de cada organización y pueden incluir:

- Aspectos financieros.
- Visión y directrices de planificación interna, planes estratégicos de la organización.
- Compromisos con iniciativas ambientales voluntarias.

Las formas más comunes de expresar metas incluyen:

Reducción definida: las metas energéticas se presentan en términos de una cantidad o porcentaje específico de disminución en el consumo de energía, por ejemplo, una reducción del 15% o una cantidad específica 8,520 kWh al mes (Flores Díaz, Escoboza Pineda, & Espinoza Flores, 2016).

Mejor desempeño: apunta a un cierto nivel de desempeño en comparación con un punto de referencia.

Mejora de la eficiencia: las metas se expresan como una reducción en la intensidad energética o de un indicador de desempeño energético, por ejemplo: este podría ser 23.2 GJ/ton producida de acero.

Impacto ambiental: estos objetivos se traducen en ahorro de energía con la consecuente disminución de emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero).

En la tabla 4.1 se especifican los objetivos y metas que se propusieron para la planta;

| Objetivos | Metas |
|--|---|
| <p>Objetivo 1 Reducir el consumo de diésel para la generación de vapor sin afectar la calidad de vapor durante su distribución.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Obtener una reducción del importe mensual de consumo de diésel en la planta.</i> • <i>Obtener una reducción del importe mensual de agua</i> |
| <p>Objetivo 2 Reducir las pérdidas de calor en tuberías.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Obtener un aumento de vapor útil para los procesos para elaboración de los productos.</i> |
| <p>Objetivo 3 Reducir el consumo eléctrico por parte de los motores de la planta</p> | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Obtener una reducción de importe mensual de energía eléctrica.</i> |

Tabla 4.1 Objetivos y metas para la planta.
Fuente; Elaboración propia.

4.3 Plan de acción

Al haber establecido y registrado los objetivos y metas de la organización, se prepara una hoja de trabajo para mejorar el desempeño energético, a través de planes de acción.

Los planes de acción se actualizan con frecuencia, con la intención de reflejar logros obtenidos se hace un diagrama de flujo donde se mencionan los objetivos y los planes de acciones (ver figura 4.1).

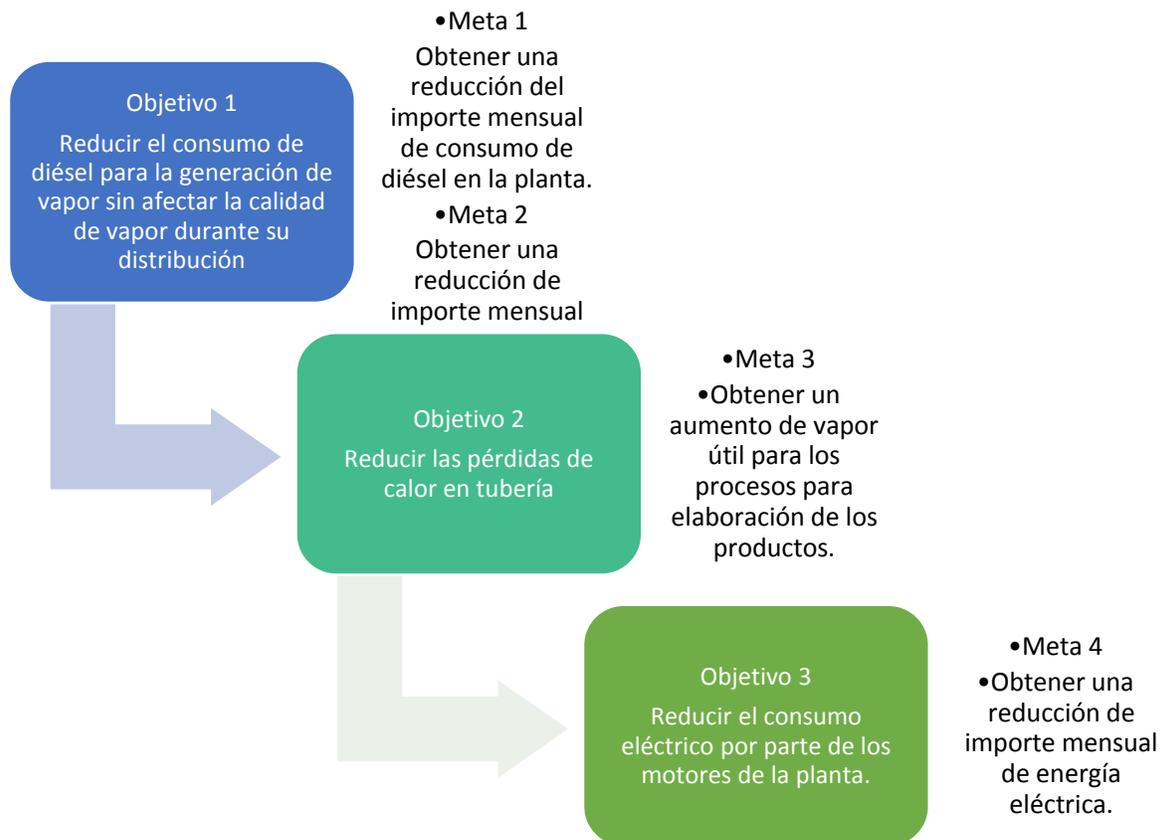


Figura 4.1 Diagrama de flujo de las metas.
Fuente: Elaboración propia.

Plan de acción 1. Reducción de consumo de diésel

El primer plan de acción es disminuir el consumo de diésel de la caldera para generar vapor, debido a que se ha encontrado que es una fuente potencial de ahorro ya que el uso de combustible representa el 93% de consumo, esto para la empresa es importante porque ayudaría a disminuir costos de combustible. A continuación, se enumeran acciones que se deben llevar a cabo en la empresa para disminuir el consumo.

- Establecer los costos de producción de vapor.
- Determinar el consumo específico de combustible.
- Obtener disminución o eliminación de fugas durante su distribución a las áreas de servicio en la planta.
- Colocar aislante térmico a las tuberías para disminuir la generación de condensado.
- Reparación de las trampas de vapor o cambio esto para evitar que vapor útil escape.
- Revisar dimensionamiento de tuberías ya que un mal dimensionamiento aumenta las caídas de presión y generan mayor condensado.
- Evaluar el retorno de condensado; contaminación porcentaje y temperatura.
- Reparación de fugas en línea de distribución de vapor.
- Reducir el porcentaje de exceso de aire.
- Instalaciones de equipos de recuperación de calor economizador o precalentador.
- Analizar los sistemas de tratamiento de agua, para poder reducir la purga continua.
- Revisar la transferencia de calor a tubos de agua.
- Verificar el espesor de los tubos esto para determinar si hay una buena transferencia de calor.

En todos los puntos anteriores se requiere que el cargado de mantenimiento y el operador de cuarto de caldera, realicen las revisiones pertinentes en toda la línea de distribución de vapor y regreso de condensado evaluando que no halla fugas y tubería sin aislamiento térmico y un registro de fugas y reparación donde se detalle el tamaño y el cómo y cuándo se llevó a cabo la reparación.

Plan de acción 2. Reducción de importe mensual de agua.

Para reducir el consumo de agua es importante mencionar que el condensado una vez finalizado su uso en el proceso, tiene que regresar al tanque de alimentación de la caldera, en seguida se mencionan acciones que se deben llevar a cabo para reducir el consumo de agua.

- Disminuir el costo del tratamiento químico, del consumo de agua y del combustible.
- Instalaciones de trampas para vapor en líneas y equipos.
- Instalar turbo bombas para el agua de alimentación.
- Evaluar la presión de las bombas de agua alimentación.
- Incrementar el retorno de condensado.
- Eliminar grietas en mamparas, paredes y válvulas.
- Recuperar el calor de purga continúa.

Parte fundamental de recuperar condensado es la de elegir el purgador más adecuado, entre ellos se encuentran los que se mencionan a continuación;

- Purgadores termostáticos; no descarga hasta que la temperatura ha descendido por debajo del condensado.
- Purgadores mecánicos; descarga el condensado a la temperatura de vapor.
- Purgadores termodinámicos; Descargan el condensado a una temperatura de saturación.

Sobre el uso de bombas para recuperar el condensado al tanque de alimentación de la caldera se tienen las siguientes;

- Bombas de condensado eléctricas; manejan condensado muy caliente y lo retornan para su uso como agua de alimentación de caldera para mejorar la eficiencia energética de la generación de vapor.
- Bombas de condensado mecánicas; recuperan el condensado bajo todas las condiciones de funcionamiento. Son autónomas usando calor u otro gas presurizado como fuerza de accionamiento.
- Bombas de purgador automático; eliminación de condensado de los intercambiadores de calor cuando, no hay suficiente presión es instalado una bomba con purgador automático.

Sobre todo, lo mencionado anteriormente es trabajo del ingeniero a cargo y junto con el consultor de elegir la tecnología más adecuada y que su enfoque sea la de una inversión de recuperación corta y que se pueda estimar, para que cuando se presente la propuesta esta sea viable y fácil de hacer su instalación.

Todos los planes de acción deben ser apoyados por las personas involucradas en el proyecto, como el mantenimiento, los de compra, los gerentes y hacer parte fundamental del día, día el uso racional de la energía de cualquier índole.

Plan de acción 3. Aumento de vapor a través de aislante térmico.

Al manejar un fluido como es el vapor que tiene una alta temperatura, toda la red debe estar provista de un aislante térmico adecuado que evite fugas térmicas que son causantes de ineficiencia en la instalación.

La presencia de condensado se produce en los momentos de arranque y paro de la instalación, aunque este es un inicio el condensado se sigue produciendo debido a pérdidas térmicas no aisladas o con mal aislamiento en seguida se mencionan acciones para mejorar la generación de vapor..

- Colocar aislamiento térmico en tuberías.
- Sustitución de purgadores.
- Colocar separadores de gotas.
- Eliminadores de aire.

- Cambio de las trampas para vapor.

Todos los puntos anteriores deben considerar que el hacer ajuste en estos sistemas son de acuerdo a las especificaciones que pueda dar el consultor, esto porque un mal dimensionamiento o mal funcionamiento puede hacer que se eleven los costos operacionales y de alguna manera afectara la eficiencia del sistema de distribución.

Para tal caso tenemos los purgadores, ya que estos deben ser seleccionados para llevar a cabo una función determinada bajo unas condiciones determinadas.

Tales como:

- Presiones máximas de vapor y condensado.
- Presiones de trabajo de vapor y condensado.
- Temperaturas y caudales.
- Si el proceso está controlado por temperatura.

Para el cálculo del espesor de aislamiento optimo más rentable.

Para la determinación de un espesor de aislamiento adecuado obedece en algunos casos a condiciones exclusivamente técnicas, como puede ser limitar la caída de temperatura de un fluido en una conducción o fijar la temperatura máxima superficial de un aislamiento por motivos de seguridad de los trabajadores.

Sin embargo, la mayor parte de las inversiones en aislamiento tienen un carácter meramente económico que tiene su origen en la limitación de las pérdidas de calor cuando las tuberías discurren por recintos a temperaturas muy diferentes a las ambientales. Por ello elegir un aislamiento adecuado a las necesidades del proceso, se tienen que introducir conceptos económicos que generalmente se fijan sobre todo en el término del espesor.

Plan de acción 4. Reducir el consumo eléctrico por parte de los motores que se usan para proceso.

Los motores de la empresa consumen un gran potencial de energía eléctrica dentro de toda la planta, es importante encontrar o identificar las áreas de oportunidad, a

continuación mencionamos acciones para disminuir el consumo de energía eléctrica;

- Cambiar motores ineficientes por motores de alta eficiencia en lugar de su reparación.
- Evitar sobre dimensionamiento.
- Cuando se requiera manejar flujos, utilizar variadores de velocidad, en lugar de estrangular los flujos con válvulas.
- Dar mantenimiento a motor para evitar contaminación y sobre calentamiento interna del motor.
- Revisar las conexiones, interruptores, contactos, disyuntores, etc., para evitar tensiones.
- Inspeccionar la ventilación del motor para evitar sobrecalentamiento.

Al elegir un motor se debe de tomar en cuenta los siguientes puntos

El uso eficiente de energía eléctrica en motores comienza desde su selección apropiada. Siempre hay uno adecuado a las necesidades requeridas, tanto en lo que respecta a su tipo, por condiciones ambientales de operación, por condiciones de arranque o regulación de velocidad, así como por su tamaño o potencia. En el accionamiento de motores eléctricos, se encuentran importantes oportunidades de aumentar la eficiencia energética debido al avance en el diseño y construcción de motores de alta eficiencia.

Si fallan los motores eléctricos, sustituirlos por motores de alta eficiencia en lugar de su reparación, ya que ésta implica reducir su eficiencia. Se recomienda instalar motores NEMA Premium.

Correcto dimensionamiento (evitar el sobredimensionamiento).

Si se utilizan motores de mayor eficiencia en la planta por cada vez que se reutiliza un motor rebobinado, disminuye el consumo de energía de la planta, tal y como se muestra en la tabla 3.8, se hicieron los cálculos a motores con eficiencia con 90% y se compara, con el número de cálculos que hizo para los rebobinados.

4.4 Capacitaciones.

Todas las personas involucradas en el SGEEn deben estar conscientes, que parte de las acciones en su trabajo influye directamente a los objetivos y metas implementadas para mejorar el desempeño energético.

Es por ello que los planes de capacitación deben estar enfocados directamente en la importancia de los SGEEn, entonces como primera instancia la capacitación estará enfocada en hacer saber los beneficios de un sistema de gestión de energía a toda la empresa.

Estas pláticas deben tener un seguimiento de que tanto se está avanzado en el aprendizaje. Es por ello que todas las personas involucradas deben conocer los procedimientos de trabajo, técnicas de operación de los equipos y cada una de las personas involucradas debe reconocer las responsabilidades de cada una de las partes involucradas.

En resumen, al desarrollar capacidades o capacitar al personal en la operación en el SGEEn se producen resultados debido a la mejora continua. Al estar sensibilizados y capacitados los empleados aportan mejores ideas al proceso de mejora continua. Por ello hay que asegurar los planes de comunicación permitan que estas ideas sean escuchadas y reconocidas a través de la revisión continua del SGEEn. .

El personal encargado del control operativo maneja de manera más eficiente los equipos y sistemas asociados a los planes de acción desarrollados y los SGEEn. Esto reduce significativamente los costos de operación y mantenimiento.

Se adoptan y aplican de manera natural los documentos (procedimientos, instrucciones de trabajo, etc.) asociados al SGEEn. El SGEEn se vuelve parte del día a día y no es una tarea adicional que sea percibida como ajena a las funciones particulares de cada empleado.

La capacitación debe ser evaluada al final de lo aprendido, a continuación se muestra en la tabla 4.2 se muestra la forma en que se puede evaluar a las personas que tomaron las capacitaciones.

Tabla 4.2 Tipos de evaluación.
Fuente: Elaboración propia.

| Tema | Objetivo | Destinatarios | Tipo de evaluación |
|---|--|------------------------|---------------------------|
| Introducción al SGE _n | Hablar al personal sobre la nueva cultura organizacional enfocada hacia el desempeño energético. | Todo el personal | Examen |
| Evaluación sobre la generación de vapor | Crear técnicas de mantenimiento y planes de sustitución cuando se requiera | Mantenimiento | Teórico y práctico |
| Control de demanda | Concientizar a los operadores de los equipos de proceso eléctricos, cuando se trabaja por más tiempo | Personal de producción | Teórico y práctico |

4.5 Cambios operacionales.

Como se mencionó anteriormente, pueden existir potenciales de mejora que sean de nula o baja inversión. Por lo que estas oportunidades se encuentran en actividades de operación y mantenimiento que están relacionadas con los USE_n Uso significativo de energía.

Es importante que, para aprovechar estas oportunidades, es necesario analizar y/o modificar como se opera y se da mantenimiento a los USE_n.

Para ello se determina dos formas de criterios: de control operacional y mantenimiento.

Los criterios de control operacional describen el modo y los horarios de funcionamiento de los equipos, sistemas o procesos identificados como USEn de las instalaciones consideradas en el alcance y límites del SGEN.

El control operacional puede tomar formas de:

- Procedimientos documentados.
- Instructivos de operación/trabajo.
- Parámetros críticos de operación.
- Dispositivos físicos (válvulas reguladoras de caudal. Sistemas de automatización o controladores lógicos programables).
- Mantenimiento.
- Diseño u otras especificaciones.
- Técnicas de seguimiento como gráficos de control.

La empresa tiene encargados en las diferentes áreas de producción, ellos son los que se encargan de la producción de cada queso, conocen bien el proceso de producción y los ingredientes que cada uno lleva lo que resulta útil a la hora de producir por que cumplen con el objetivo. Más sin en cambio no están optimizando los recursos de la planta lo que ocasiona grandes consumos energéticos es por eso que al empezar implementar procedimientos o instructivos de operación, se tendrá un control operacional sin afectar directamente la calidad del producto, por eso es primordial asentar las bases de los procedimientos de cada proceso.

4.6 Inversiones financieras.

Muchas de las veces en la evaluación de un proyecto en una planta se necesitan equipos nuevos o instalaciones nuevas para tener un mejor funcionamiento dentro de esta, ya que con el que cuentan es obsoleto por los años en operación, o por el hecho de que no se le dio el mantenimiento adecuado.

A la hora de empezar a seleccionar un equipo de proceso o una nueva instalación se tendrán que tomar en cuenta las implicaciones de la energía y de cómo esta repercute en ella. Por sí mismo un equipo se debe pagar por si solo en un tiempo estimado debido al ahorro que el equipo nos pueda proporcionar en un tiempo

determinado ya que en un inicio su eficiencia es óptima mientras que pase los años esta puede fluctuar a varias condiciones, por mencionar algunas mantenimiento, ambiente, operación.

Por ello se busca de consultorías de energía, empresas de servicios de energía, para que a través de ellas se evalúan todos los equipos disponibles que se encuentre en el mercado y obtener el mejor equipo que se adapte al proceso, sin modificar las variables del producto, obteniendo mejoras en tiempo y consumo energético. Es importante que los proveedores de servicios de energía tengan la formación, experiencia y competencia en el área de desempeño energético de acuerdo con sus servicios.

La empresa cuenta con equipos con alrededor de 10 años de operación lo que resulta una baja eficiencia, que hace que lo más factible sea reemplazar estos equipos de proceso. Entre las causas para su reemplazo son la baja eficiencia esto debido a que no se le ha dado el mantenimiento adecuado, en términos prácticos es más fácil dar mantenimiento a los equipos y luego evaluar si estos pueden disminuir su consumo, es por eso que una de las razones es considerar si realmente cambiar un equipo de proceso es lo mejor o solamente este repercutirá en unos meses y no ataca el problema de fondo que es mejorar el desempeño energético.

Se acordó en la empresa solo obtener como iniciativa solo los planes de mantenimiento a los equipos, ya que una de las limitantes es el capital. Pero se pretende evaluar la posibilidad de obtener un equipo nuevo, como es el caso de la caldera, ya que esta es del año 1960, por lo que solo queda como una propuesta.

Como se ve en la figura 4.2 se tiene un plan de acción o diagrama de Gantt que se desea aplicar a través de todo un año en la empresa, con tres apartados que son la base de este diagrama que son decisión estratégica, instalación del SGE y por último operación del SGE.

| | Meses | | | | | | | | | | | |
|--|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| Decisión estratégica | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Caracterización energética de la empresa | | | | | | | | | | | | |
| Compromiso de la alta dirección con el SGE | | | | | | | | | | | | |
| Alineación de estrategias para llevar a cabo los objetivos | | | | | | | | | | | | |
| Definición de la estructura técnica y organizacional | | | | | | | | | | | | |
| Instalación del SGE | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Establecimiento de indicadores del sistema de gestión | | | | | | | | | | | | |
| Identificación de oportunidades de mejora de desempeño | | | | | | | | | | | | |
| Definición de los sistemas de monitoreo | | | | | | | | | | | | |
| Diagnóstico energético | | | | | | | | | | | | |
| Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva | | | | | | | | | | | | |
| Plan de medidas de uso eficiente de la energía | | | | | | | | | | | | |
| Actualización y validación de la gestión organizacional | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| Preparación del personal | | | | | | | | | | | | |
| Documentación | | | | | | | | | | | | |
| Auditaría y ajuste del plan | | | | | | | | | | | | |
| Operación del SGE _n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Seguimiento y divulgación de indicadores | | | | | | | | | | | | |
| Seguimiento y evaluación de buenas prácticas energéticas | | | | | | | | | | | | |
| Implementación de programas y proyectos de mejora | | | | | | | | | | | | |
| Implementación del plan de entrenamiento y evaluación del personal | | | | | | | | | | | | |
| Chequeos de gerencia | | | | | | | | | | | | |
| Ajustes del sistema de gestión | | | | | | | | | | | | |
| Evaluación de resultados | | | | | | | | | | | | |

Figura 4.2 Diagrama de Gantt para aplicar el SGE_n.
Fuente: Elaboración propia.

En figura 4.2 se puede apreciar que la primera parte de la aplicación del SGEEn es la decisión estratégica, donde en un periodo de tres meses se espera tener la participación total de la empresa, ya que generalmente la empresa no cuenta con una cultura organizacional técnica ni como operativa para comenzar a instalar el sistema de gestión. En esta parte el objetivo general es identificar el estado actual de la empresa, las metas globales y los impactos que conlleva en la producción y productividad, el medio ambiente y los beneficios que conlleva la implementación del SGEEn, dentro de la empresa.

La etapa 2, llamada instalación del SGEEn se considera que puede aplicarse en un tiempo de al menos de 5 meses donde se podrán aplicarse simultáneamente objetivos al mismo tiempo para llevar a cabo el SGEEn, con excepción del objetivo del uso eficiente de la energía ya que este tiene que ser aplicado durante todo el SGEEn, este módulo es considerado como el núcleo de este trabajo ya que en esta parte se realizarán los diagnósticos necesarios dentro de la empresa, se implantan los sistemas de monitoreo, se producen las políticas y acciones de ahorro energético, se prepara el personal y se valida y documenta todo el proceso.

Dentro de esta etapa podemos considerar que los objetivos y los planes de acción se van llevando conforme a condiciones mínimas de inversión posteriormente se van aplicado a las demás acciones con mayor costo monetario.

En la etapa 3, llamada operación del SGEEn se considera que se puede llevar a cabo dentro de cuatro meses de acuerdo a las necesidades de la empresa. El objetivo general de este módulo es de asegurar la mejora continua del sistema, evaluando el desarrollo de la cultura por la eficiencia energética del recurso humano, de tal manera que se mantenga los intereses y el compromiso de los niveles estratégicos, tácticos y operativos de la empresa.

Con todo el tiempo establecido es importante evaluar condiciones fuera de lo contemplado que pueden afectar los tiempos para llevar a cabo el SGEEn dentro de la empresa, estas cuestiones pueden ser sociales, enfermedades, y hasta ciertas afectaciones como desastres naturales, es por eso que las cuestiones a mejorar

para que se lleven a cabo con los objetivos del SGEEn es de llevar acciones estratégicas operacionales, para esto se contempla establecer equipos de decisiones de emergencia que su función será de tomar acciones concretas, garantizando que las decisiones sean lo más acertada posibles al SGEEn. Además, se establecerá un mecanismo de comunicación de información para empleados creando documentos de comunicación estandarizados. Se debe considerarse la posibilidad de ajustar el presupuesto del SGEEn a lo previsto de un inicio.

CAPITULO 5. ACCIONES FUTURAS Y CONCLUSIONES

Una vez iniciadas la primera etapa del sistema de gestión es conveniente la verificación del plan de acción y que las acciones establecidas en la operación se lleven a cabo de manera rutinaria, para asegurar el logro de los objetivos de desempeño energético establecidos por la organización

En términos prácticos es necesario recabar datos que tienen que ser recopilados en un intervalo de tiempo que permita visualizar el progreso del sistema esta recopilación de datos puede ser en periodos semanales o mensuales.

La información recabada debe enfocarse a identificar aspectos muy específicos, como los siguientes:

- Nivel de progreso alcanzado, de los planes de acción.
- Barreras identificadas.
- Beneficios obtenidos.

5.1 Seguimiento de medición y análisis

Es importante dar seguimiento a los planes de acción para evaluar y validar los resultados obtenidos ya que estos resultados serán de referencia para comparar lo real contra las metas establecidas.

Entonces el logro de un desempeño energético mejorado es el resultado, de una evaluación del desempeño energético actual más el diseño de planes de acción.

A través de gráficos de tendencias y otras representaciones de gráficos podemos dar seguimiento al desempeño energético, a continuación estos datos son transmitidos a los operarios y la alta dirección y otras partes interesadas.

5.2 Revisión

La revisión debe enfocarse en analizar la efectividad de los planes de acción, cuando se obtienen resultados favorables este se documenta y se comparte con toda la organización, además de esto permite identificar áreas de oportunidad para el diseño o actualización de futuros planes.

Al revisar los planes de acción nos permite;

Tener una visión hacia nuevas aplicaciones tecnológicas, prácticas y programas.

- Evita repetir errores mediante la identificación de las actividades que no eran tan efectivas como se esperaba.
- Evaluar la efectividad de los recursos utilizados para la ejecución de los planes de acción (sistemas, herramientas, etc.).
- Proporcionar al personal la oportunidad de contribuir y entender el proceso de gestión de la energía.
- Genera aprendizaje que impulsa la mejora continua del SGEN.
- Una herramienta para realizar una revisión sistemática de los resultados obtenidos y de la efectividad de la documentación y de todo el SGEN, es realizar un proceso de auditoría interna.
- Por lo que para establecer el proceso de auditoría interna al SGEN es importante considerar lo siguiente:
- Competencia de los auditores.
- Verificación de la competencia del auditor.
- Un auditor independiente del área que se audita.
- Programa de auditoría que cubra un periodo definido (cada año, como mínimo).
- Programas de auditoría y planes que no se basen en solamente requisitos, que contemplen proceso del SGEN, tomando en cuenta las instalaciones, equipo, sistemas y procesos de la organización.
- Enfoques definidos de acuerdo con el alcance y objetivos de la auditoría del SGEN.
- Planeación y realización de auditorías, incluyendo el uso de cualquier forma de auditoría, listas de verificación u otras herramientas de auditoría si aplica.

- Compilación y comunicación de los resultados de la auditoría a la alta dirección.
- Definición clara de responsabilidad y requisitos para tomar y completar las acciones correctivas sobre las no conformidades de la auditoría.
- Registro de los procesos y resultados de la auditoría.
- Una vez realizada la auditoría se deben implementar las correcciones, acciones correctivas y acciones preventivas pertinentes.
- Si hay causas de desviaciones se debe tomar acciones correctivas que minimicen los riesgos de incurrir en la falla dos veces.

5.3 Acciones para mejorar el desempeño energético

Reconocer o garantizar una mejora continua, de los resultados de la revisión por la dirección deben incluir todas las decisiones y acciones para garantizarla y que se relacionen con cambios en;

- El desempeño energético de la organización
- La política energética
- Los IDEn (Indicadores de desempeño energético)

Los objetivos, metas u otros elementos del SGEN, consistentes con el compromiso de la organización con la mejora continua y la asignación de recursos , es por eso que constantemente se debe estar evaluando los datos de uso y consumo de la energía, esto con la finalidad de comparar los resultados esperados por el sistema de gestión y lo que realmente se está obteniendo esto en función de los objetivos y metas establecidos , dicha revisión no ayudará a crear nuevos planes de acción y nuevos objetivos, que ayudarán a identificar las mejoras en la planta, otra cuestión es la capacitación constante del personal para mejorar el desempeño ,mantener y establecer buenas prácticas de operación y mantenimiento de los equipos y procesos que usan energía y constantemente se debe tener una cultura operacional y organizativa en el usos eficiente de la energía dentro de la organización.

5.4 Conclusiones

El desarrollar esta tesis se permitió conocer más a detalle los procesos de elaboración de queso, lo que influyó a que se determinará en que parte se estaba perdiendo energía. Los resultados del diagnóstico permitieron establecer el desempeño energético que se realizó en la empresa, se estableció que la energía térmica (generación y distribución) influyen en la generación de pérdidas monetarias dentro de la empresa ya que se encontró tubería sin aislamiento, fugas, e irregularidades en toda la distribución de vapor dentro de la planta ya que se observó que la instalación es muy antigua, y con lo que respecta a la energía eléctrica se encontró que de igual forma tiene pérdidas por parte de los motores ya que estos son rebobinados varias veces por la parte de mantenimiento con lo que aumenta el consumo de energía eléctrica y de igual forma contribuye a la generación de más consumo monetario.

Con la evaluación del desempeño se obtuvieron los primeros datos de consumo de energía térmica y eléctrica por parte de la empresa, logrando obtener la línea base para predecir acciones futuras de mejora de desempeño, así como también la generación de KPI'S, con lo que a través de estos resultados se generaron los objetivos y metas que debe llevar a cabo la empresa para que con un plan acción se hagan las acciones de mejora, para disminuir el consumo energético en la empresa.

Es importante mencionar que hay acciones que resultan en un principio fácil de implementar y de alguna forma no son muy costosas pero mientras avanza las acciones de mejora estas consumen un costo monetario mayor, con lo que la empresa debe tomar estas acciones como únicas y de mejora, que contribuirán a que la empresa se encuentre mejor económicamente sea más eficiente, ya que esta tesis ha sido redactada con esos fines de proporcionar la literatura adecuada para hacer énfasis en la necesidad de implementar un SGE.

BIBLIOGRAFÍA.

1. A.Cengel & A. Boles . (2012). Termodinámica. New York U.S.A: McGraw
2. A.Cengel & J. Ghajar . (2011). Tránsito de calor y masa. New York U.S.A: Mc Graw Hill.
3. A.Burns. (2011). Fundamentos de química. México: Pearson.
4. Agencia Internacional de Energía. (2015 a). Recomendaciones de políticas de eficiencia energética regionales. Agencia Internacional de Energía.
5. Avilés, S. A. (2017). Programa de gestión de la energía en pequeña empresa dulcera. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
6. CAR/PL. (2002). Prevención de la contaminación en la Industria Láctea. España.
7. CONUEE. (s.f.). Proyecto Piloto SGEEn para PYMEs. Obtenido de Proyecto Piloto SGEEn para PYMEs: <https://sites.google.com/a/conuee.gob.mx/proyecto-piloto-introduccion-a-los-sistemas-de-gestion-de-la-energia-para-pymes-de-mexico/home?authuser=0>
8. Cooperación Alemana al Desarrollo-GIZ. (2013). Catálogo de maquinaria para procesamientos de lácteos. Perú lima: ilatac sac.
9. Guzmán De Las Casas, A., & Martínez Ramírez, R. (1984). Diseño de una planta para elaboración de crema y quesos frescos. Ciudad de México: UNAM.
10. Rodríguez, A. A. (2010). Investigación Bibliográfica Acerca De La Elaboración De Quesos De Mayor Consumo Nacional Dirigida Al Desarrollo De Pequeñas Empresas. Estado de México: UNAM.
11. Rodríguez, T. V. (2010). Manual técnico de diseño y cálculo de redes de vapor. España: Junta de Castilla y León.
12. Fundación MAPFRE. (2011). Guía práctica para la implementación de sistemas de gestión energética. España: Fundación MAPFRE.
13. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2008). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill
14. H. Acoltzi & H. Pérez (2011). ISO 50001, Gestión de energía. Artículo técnico, boletín IIE

15. INEGI. (2019) INEGI presenta resultados de encuesta nacional sobre productividad y competitividad de las micro, pequeñas y medianas empresas (ENAPROCE).
16. Luis A. Salomón Arguedas (septiembre 6, 2017) ¿Por qué es importante un Sistema de Gestión de Energía? Forbes México. Recuperado de <https://www.forbes.com.mx/por-que-es-importante-un-sistema-de-gestion-de-energia/>
17. Mayra Robles; Zacarías Torres & Martha Robles (2016) La eficiencia energética en microempresas mexicanas; recuperado de <https://www.uv.mx/iiesca/files/2017/03/19CA201602.pdf>
18. NORMA Oficial Mexicana NOM-223-SFCI/SAGARPA-2018, Queso-Denominación, especificaciones, información comercial y métodos de prueba.
19. Organización Internacional para la estandarización (ISO). (2011). Gana el desafío de la energía con ISO 50001. Suiza: Organización Internacional para la estandarización (ISO).
20. Patlan Velazquez, L. F. (2012). Elaboración Y Evaluación De Quesos Frescos Funcionales. Ciudad de México: UNAM.
21. Secretaria de Energía. (2014). Manual para la implementación para un sistema de gestión de la energía. México: SENER.
22. Secretaria de Energía. , (2016). MANUAL 2ª. EDICIÓN Para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía México: SENER
23. Schneider Electric. (2012). ISO 50001:Recomendaciones para su cumplimiento. Mexico D.F: Schneider Electric.
24. Universidad del Atlántico, Universidad Autónoma de Occidente. (s.f.). Eficiencia energética en la generación y distribución del vapor. Colombia.
25. Ximena, G. R. (2019). Metodología para la implementación de un plan estratégico en una empresa de envasado para un sistema de gestión de la energía. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
26. INEGI. (2019) CENSOS Económicos
27. Bylund, G. (1996). Manual de industrias lácteas. Suecia: Tetra Pak.

28. Badillo Gutierrez, M. E., & Rodriguez Esquivel, C. I. (2011). Ingeniería Conceptual Y Evaluación Económica Para Una Planta Productora De Quesos. Ciudad de Mexico : UNAM.
29. Aller, J., Salazar, L., Bueno, A., & Peña, M. (s.f.). Metodología para la implementación de un sistema integral de gestión de la energía. Obtenido de https://www.academia.edu/3181460/Metodologia_para_la_Implantacion_de_un_Sistema_Integral_de_Gestion_de_la_Energia
30. spirax sarco. (1999). Distribucion del vapor. Obtenido de <http://www1.frm.utn.edu.ar/electromecanica/materias%20pagina%20nuevas/INSTALACIONES%20TERMICAS%20MECANICAS%20Y%20FRIGORIFICAS/material/apuntes/01-Distribucion%20de%20Vapor%20-%20Spirax%20Sarco.pdf>
31. spirax sarco. (1999). Purga de vapor y eliminación de aire. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/244484402/Purga-de-vapor-y-eliminacion-de-aire-pdf>
32. spirax sarco. (s.f.). OPTIMIZACIÓN ECONÓMICA Y OPERATIVA DE SISTEMAS DE VAPOR EN LA INDUSTRIA. Obtenido de <https://vaporparalaindustria.com/ebook-optimizacion-sistemas-vapor-la-industria/>

ANEXOS

ANEXO A Cálculos de balances de masa y energía

Cálculos de queso OAXACA

A continuación se especifican los ingredientes y composiciones para elaborar queso Oaxaca.

El queso Oaxaca se elabora con datos específicos en proteína y grasa esto para obtener un queso que cumpla con los requisitos de producción.

$$\text{Grasa} = 3.2\%$$

$$\text{Proteína} = 3.0\%$$

$$\text{relación} = \frac{G}{P}$$

$$\text{relación} = \frac{3.2\%}{3.0\%} = 1.06$$

Debido a que la tina tiene una capacidad de 6690 L, se procesara con leche descremada en polvo (LDP).

litros equivalentes a procesar es 6690.4 Le con LDP

Ecuación para sacar el total de proteína en función del volumen total.

$$\text{Proteína total} = (\text{Le}) \left(\frac{P}{100\%} \right)$$

$$\text{Proteína total} = (6690,4 \text{ Le}) \left(\frac{3.0\%}{100\%} \right) = 200.712 \text{ kg de proteína}$$

Se utilizará de LDP con un volumen de 3345 L, ya que la mitad es de leche fluida.

$$(\text{composición de LDP}) = \left(\frac{\text{L de LDP}}{\text{Total de Le}} \right)$$

$$(\text{composición de LDP}) = \left(\frac{3345 \text{ L de LDP}}{6690.4 \text{ L}} \right) = 0.5$$

Kg de proteína que se utilizarán a la composición calculada.

$$kg \text{ de LDP} = (\text{composición}) * (\text{proteína total})$$

$$kg \text{ de LDP} = (0.5) * (200.7 \text{ kg}) = 100.35 \text{ kg}$$

Proteína que contiene el LDP es de 34%

$$LDP \text{ con extensión} = \left(\frac{kg \text{ de LDP}}{34\%} \right)$$

$$kg \text{ de LDP} = \left(\frac{100.35 \text{ kg proteína}}{34\%} \right) = 295.14 \text{ kg de proteína de LDP}$$

Proteína que con tiene la leche fluida es de 3%

$$(\text{compocision de Leche fluida}) = \left(\frac{L \text{ de leche fluida}}{\text{Total de Le}} \right)$$

$$(\text{compocisión de leche fluida}) = \left(\frac{3345 \text{ L de leche fluida}}{6690.4 \text{ L}} \right) = 0.5$$

$$kg \text{ de Leche fluida} = (\text{composición}) * (\text{proteína total})$$

$$kg \text{ de Leche fluida} = (0.5) * (200.7 \text{ kg}) = 100.35 \text{ kg}$$

Ecuación para sacar el total de grasa

$$G_{total} = R * P$$

$$G_{total} = (1.06)(200.712 \text{ kg}) = 212.73 \text{ kg de grasa}$$

Grasa que contiene la leche fluida es de 1.7%

$$G \text{ de leche fluida} = (x \text{ leche fluida})(kg \text{ de leche fluida})$$

$$G \text{ de leche fluida} = (0.017) * (3345 \text{ kg de leche fluida}) = 56.867 \text{ kg de grasa}$$

Cantidad de grasa vegetal que se debe añadir

$$\%Grasa \text{ vegetal} = (\text{Grasa total} - G \text{ de leche fluida})\%$$

$$\%Grasa \text{ vegetal} = (3.2 - 1.7)\% = 1.5\%$$

$$G \text{ vegetal} = (\%Grasa \text{ vegetal}) (\text{total de leche fluida})$$

$$G_{\text{vegetal}} = 1.5\% (3345 \text{ kg}) = 50.175 \text{ kg de grasa vegetal}$$

Grasa de crema

$$\begin{aligned} G_{\text{v,lec}} &= (G_{\text{vegetal}})(G_{\text{de leche fluida}}) \\ &= 50.175 \text{ kg de grasa vegetal} + 56.867 \text{ kg de grasa} \\ &= 107.042 \text{ kg de grasa} \end{aligned}$$

$$G_{\text{de crema}} = G_{\text{total}} - G_{\text{v,lec}}$$

$$G_{\text{de crema}} = 212.73 - 107.042 = 105.688 \text{ kg de grasa}$$

En la siguiente tabla se encuentran los ingredientes para la elaboración del queso Oaxaca.

| QUESO OAXACA | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|----------|-----------|----------------|--------------|---------------|-----------------|
| Ingredientes | Cantidad | Unidades | %PT | Kg PT | %Grasa | Kg Grasa | Le equivalentes |
| Leche fluida | 3345 | L | 3 | 100.35 | 1.7 | 56.865 | 3345 |
| LDP | 295.14 | kg | 34 | 100.3476 | | | 3345 |
| Grasa de crema | 105.69 | kg | | | 100 | 105.69 | |
| Grasa vegetal | 50.175 | kg | | | 100 | 50.175 | |
| Agua potable | 3345 | L | | | | | |
| Monogrol 1.5% | 2.88 | kg | | | | | |
| Cuajo 10MI/100L | 0.66 | L | | | | | |
| Sal 1.1% | 66 | kg | | | | | |
| TOTAL | 7210.545 | | 37 | 200.712 | 201.7 | 212.73 | 6690.4 |

Tabla 2.5 Ingredientes para queso Oaxaca

Energía requerida para el área de queso Oaxaca.

Tanque de preparación 1.

$$q = m_{CP}grasa\Delta T + m_{CP}agua\Delta T$$

$$q = (50.176Kg) \left(8950 \frac{kcal}{kg^{\circ}C} \right) (73 - 22)^{\circ}C + (5kg) \left(\frac{1kcal}{kg^{\circ}C} \right) (73 - 22)^{\circ}C$$

$$= 22903090.2kcal$$

Tanque de preparación 2

$$q = mCP_{agua}\Delta T$$

$$q = (3240kg) \left(\frac{1kcal}{kg^{\circ}C} \right) (40 - 22)^{\circ}C = 54810kcal$$

Tanque de preparación 3

$$q = mCP_{agua}\Delta T$$

$$q = (100kg) \left(\frac{1kcal}{kg^{\circ}C} \right) (40 - 22)^{\circ}C = 1800kcal$$

Tina de preparación

$$q = mCP_{agua}\Delta T + mCP_{leche}\Delta T$$

$$q = (3345kg) \left(\frac{1kcal}{kg^{\circ}C} \right) (36 - 30)^{\circ}C + (3345kg) \left(\frac{0.9434kcal}{kg^{\circ}C} \right) (36 - 30)^{\circ}C$$

$$= 39004.038kcal$$

Maxaladora

$$q = mCP_{queso}\Delta T$$

$$q = (909kg) \left(\frac{0.3176kcal}{kg^{\circ}C} \right) (75 - 34)^{\circ}C = 11836.63kcal$$

Cálculos de queso panela.

El queso Panela se elabora con datos específicos en proteína y grasa esto para obtener un queso que cumpla con los requisitos de producción.

$$\text{Grasa} = 4.05\%$$

$$\text{Proteína} = 3.0\%$$

$$\text{relación} = \frac{G}{P}$$

$$\text{relación} = \frac{4.05\%}{3.0\%} = 1.35$$

litros de leche a procesar es 6000 L con MPC70 Y Caseína ácida

Ecuación para sacar el total de proteína en función del volumen total.

$$\text{Proteína total} = (\text{Le}) \left(\frac{P}{100\%} \right)$$

$$\text{Proteína total} = (6000 \text{ Le}) \left(\frac{3.0\%}{100\%} \right) = 180 \text{ kg de proteína}$$

Se utilizara un volumen de 1500 L de milk protein concéntrate MPC 70

$$(\text{composición de MPC}) = \left(\frac{\text{L de MPC}}{\text{Total de Le}} \right)$$

$$(\text{composición de MPC}) = \left(\frac{1500 \text{ L de MPC}}{6000 \text{ L}} \right) = 0.25$$

$$\text{kg de MPC} = (\text{composición}) * (\text{proteína total})$$

$$\text{kg de MPC} = (0.25) * (180 \text{ kg de proteína}) = 45 \text{ kg de proteína}$$

Proteína que contiene el MPC es de 70%

$$\text{MPC con extensión} = \left(\frac{\text{kg de MPC}}{70\%} \right)$$

$$\text{kg de MPC} = \left(\frac{45 \text{ kg de proteína}}{70\%} \right) = 64.28 \text{ kg de proteína de MPC}$$

Se utilizara de 1500 L de caseína ácida.

$$(\text{composición de caseína ácida}) = \left(\frac{L \text{ de caseína ácida}}{\text{Total de Le}} \right)$$

$$(\text{composición de caseína ácida}) = \left(\frac{1500 L \text{ de caseína}}{6000 L} \right) = 0.25$$

$$\text{kg de caseína ácida} = (\text{composición de caseína ácida}) * (\text{proteína total})$$

$$\text{kg de caseína ácida} = (0.25) * (180 \text{ kg de proteína}) = 45 \text{ kg}$$

Proteína que contiene la caseína ácida es de 90%

$$\text{caseína ácida con extensión} = \left(\frac{\text{kg de caseína ácida}}{90\%} \right)$$

$$\text{kg de caseína ácida} = \left(\frac{45 \text{ kg proteína}}{90\%} \right) = 50 \text{ kg de proteína caseína ácida}$$

Leche fluida es de 3% proteína 3000 L

$$(\text{composición de Leche fluida}) = \left(\frac{L \text{ de leche fluida}}{\text{Total de Le}} \right)$$

$$(\text{composición de leche fluida}) = \left(\frac{3000 L \text{ de leche fluida}}{6000 L} \right) = 0.5$$

$$\text{kg de Leche fluida} = (\text{composición de leche fluida}) * (\text{proteína total})$$

$$\text{kg de leche fluida} = (0.5) * (180 \text{ kg de proteína}) = 90 \text{ kg de proteína}$$

Calculo de la grasa que se necesita

$$G = R * P$$

$$G_{\text{total}} = (1.35)(180 \text{ kg de proteína}) = 243 \text{ kg de grasa}$$

Leche fluida de grasa es de 1.7%

$$G \text{ de leche fluida} = (x \text{ leche fluida})(\text{kg de leche fluida})$$

$$G \text{ de leche fluida} = (0.017) * (3000 \text{ kg de leche fluida}) = 51 \text{ kg de grasa}$$

Grasa vegetal

$$\%Grasa \text{ vegetal} = (Grasa \text{ total} - G \text{ de leche fluida})\%$$

$$\%Grasa \text{ vegetal} = (4.05 - 1.7)\% = 2.35\%$$

$$G \text{ vegetal} = (\%Grasa \text{ vegetal}) (\text{total de leche fluida})$$

$$G \text{ vegetal} = 2.35\% (3000 \text{ kg}) = 70.5 \text{ kg de grasa vegetal}$$

Grasa de crema

$$Grasa \text{ v, lec} = (G_{\text{vegetal}})(G_{\text{de leche fluida}})$$

$$= 51 \text{ kg de grasa} + 70.5 \text{ kg de grasa vegetal} = 121.5 \text{ kg de grasa}$$

$$Grasa \text{ de crema} = Grasa \text{ total} - Grasa \text{ v, lec}$$

$$Grasa \text{ de crema} = 243 - 121.5 = 121.5 \text{ kg de grasa}$$

En la siguiente tabla se encuentran los ingredientes para la elaboración del queso panela.

| QUESO PANELA | | | | | | | |
|------------------------------|----------|----------|-----|-------|--------|----------|-----------------|
| Ingredientes | Cantidad | Unidades | %PT | Kg PT | %Grasa | Kg Grasa | Le equivalentes |
| Leche fluida | 3000 | L | 3 | 90 | 1.7 | 51 | 3000 |
| MPC70 | 64.28 | kg | 70 | 45 | | | 1500 |
| Caseína acida | 50 | kg | 90 | 45 | | | 1500 |
| Grasa de crema | 121.5 | kg | | | 100 | 121.5 | |
| Grasa vegetal | 70.5 | kg | | | 100 | 70.5 | |
| Agua potable | 2303.52 | L | | | | | |
| Monogrol 1.5% | 2.88 | kg | | | | | |
| Cloruro 20mL/100L | 1.2 | kg | | | | | |
| Cuajo 10MI/100L | 0.66 | L | | | | | |
| Sal 800g/100L | 48 | kg | | | | | |

| | | | | | | | |
|--------------|---------|--|-----|-----|-------|-----|------|
| TOTAL | 5662.54 | | 163 | 180 | 201.7 | 243 | 6000 |
|--------------|---------|--|-----|-----|-------|-----|------|

Tabla 2.6 Ingredientes para queso panela.

Energía requerida en el área de queso panela.

Tanque de preparación 1.

$$q = mCP_{agua}\Delta T$$

$$q = (1500kg) \left(1 \frac{kcal}{kg^{\circ}C}\right) (40 - 22)^{\circ}C = 27000kcal$$

Tanque de preparación 3.

$$q = mCP_{grasa}\Delta T + mCP_{agua}\Delta T$$

$$q = (70.5kg) \left(8950 \frac{kcal}{kg^{\circ}C}\right) (73 - 22)^{\circ}C + (3.52kg) \left(1 \frac{kcal}{kg^{\circ}C}\right) (73 - 22)^{\circ}C$$

$$= 32179904.52kcal$$

Tanque del embudo triblender.

$$q = mCP_{agua}\Delta T$$

$$q = (800kg) \left(1 \frac{kcal}{kg^{\circ}C}\right) (75 - 22)^{\circ}C = 42400kcal$$

Pasteurizador

$$mCP_{leche}\Delta T = macP\Delta T$$

$$q_{leche} = \left(\frac{180m^3}{h}\right) \left(\frac{1020kg}{m^3}\right) \left(3.95 \frac{kJ}{kg^{\circ}C}\right) (73 - 55)^{\circ}C = \frac{13053960kJ}{h}$$

$$mCP_{leche}\Delta T = mac\Delta h$$

$$\frac{mCP_{leche}\Delta T}{\Delta H} = m_{aguacaliente}$$

$$maguacaliente = \frac{\frac{13053960kj}{h}}{\frac{313.91kj}{kg}} = \frac{41585.04kg}{h}$$

$$qaguacaliente = \left(\frac{41585.04kg}{h}\right) \left(\frac{313.91kj}{kg}\right) = \frac{13053959.91kj}{h}$$

2.7.2 Cálculos de queso ranchero.

$$Grasa = 4.0\%$$

$$Proteína = 3.3\%$$

$$relación = \frac{G}{P}$$

$$relación = \frac{4.0\%}{3.3\%} = 1.21$$

litros equivalentes a procesar es 2500 L

Ecuación para sacar el total de proteína en función del volumen total.

$$Proteína\ total = (Le) \left(\frac{P}{100\%}\right)$$

$$Proteína\ total = (2500\ kg) \left(\frac{3.3\%}{100\%}\right) = 82.5\ kg\ de\ proteína$$

La proteína que se encuentra en el suero es de 0.55 %

$$kg\ de\ suero = (total\ de\ suero)(composición\ de\ suero)$$

$$kg\ de\ suero = (2000\ kg) * \left(\frac{0.55}{100}\right) = 11\ kg$$

Se utilizará 500 L de caseinato de sodio.

$$\text{kg de caseinato de sodio} = (\text{Proteína total}) - (\text{kg de suero})$$

$$\text{kg de caseinato de sodio} = 82.5 \text{ kg} - 11 \text{ kg} = 71.5 \text{ kg}$$

Proteína que contiene el caseinato de sodio es de 90%

$$\text{caseinato de sodio con extensión} = \left(\frac{\text{kg de caseinato de sodio}}{90\%} \right)$$

$$\text{caseína de sodio con extensión} = \left(\frac{71.5 \text{ kg proteína}}{90\%} \right) = 79.4 \text{ kg de proteína}$$

Cálculo de la grasa que se necesita

$$G = R * P$$

$$G = (1.21)(82.5 \text{ kg}) = 99.82 \text{ kg de grasa}$$

La grasa que se encuentra en el suero es de 0.05%

$$G \text{ de suero} = (x \text{ grasa de suero})(\text{kg de suero})$$

$$G \text{ de suero} = (0.05\%) * (2000 \text{ kg de suero}) = 1.00 \text{ kg de grasa}$$

Grasa vegetal

$$32 \text{ kg grasa vegetal} = 100\%$$

Grasa de crema

$$\% \text{Grasa de crema} = (\text{Grasa total} - G \text{ de suero})\%$$

$$\% \text{Grasa de crema} = (4.0 - 0.05)\% = 3.95\%$$

$$G \text{ de crema} = (\% \text{Grasa de crema}) (\text{total de leq})$$

$$G \text{ de crema} = 3.95\% (2500 \text{ kg}) = 98.75 \text{ kg de grasa}$$

$$\text{grasa butirica} = 98.75 - 32 = 66.75 \text{ kg}$$

En la siguiente tabla se encuentran los ingredientes para la elaboración del queso ranchero.

| QUESO RANCHERO | | | | | | | |
|---------------------------|----------|----------|------|-------|--------|----------|-----------------|
| Ingredientes | Cantidad | Unidades | %PT | Kg PT | %Grasa | Kg Grasa | Le equivalentes |
| SUERO | 2000 | L | 0.55 | 11 | 0.05 | 1 | 2000 |
| Caseinato de sodio | 79.4 | kg | 90 | 71.5 | | | 500 |
| Grasa de crema | 66.75 | kg | | | 100 | 66.75 | |
| Grasa vegetal | 32 | kg | | | 100 | 32 | |
| Agua potable | 1283.2 | L | | | | | |
| Sal 800gr/100L | 20 | kg | | | | | |
| TOTAL | 3481.35 | | | 82.5 | | 99.82 | 2500 |

Tabla 2.7 Ingredientes para queso ranchero.

Energía requerida en el área de queso ranchero.

Tanque de preparación 1.

$$q = mCPgrasa\Delta T + mCPagua\Delta T$$

$$q = (32kg) \left(8950 \frac{kcal}{kg^{\circ}C} \right) (73 - 22)^{\circ}C + (3.2kg) \left(1 \frac{kcal}{kg^{\circ}C} \right) (73 - 22)^{\circ}C$$

$$= 14606563kcal$$

Tanque del embudo triblender

$$q = mCPagua\Delta T$$

$$q = (1280kg) \left(1 \frac{kcal}{kg^{\circ}C} \right) (75 - 22)^{\circ}C = 67840kcal$$

Pailas 1

$$q = mCP_{\text{sueros}}\Delta T$$

$$q = (2500\text{kg})\left(0.97\frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right)(80 - 60)^\circ\text{C} = 48500\text{kcal}$$

Pailas 2

$$q = mCP_{\text{sueros}}\Delta T$$

$$q = (2500\text{kg})\left(0.97\frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right)(80 - 60)^\circ\text{C} = 48500\text{kcal}$$

Pailas 3

$$q = mCP_{\text{sueros}}\Delta T$$

$$q = (2500\text{kg})\left(0.97\frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right)(80 - 60)^\circ\text{C} = 48500\text{kcal}$$

Pailas 4

$$q = mCP_{\text{sueros}}\Delta T$$

$$q = (2500\text{kg})\left(0.97\frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right)(80 - 60)^\circ\text{C} = 48500\text{k}$$

ANEXO B DFP's de la elaboración de queso.

Diagrama de flujo de proceso del queso Oaxaca.

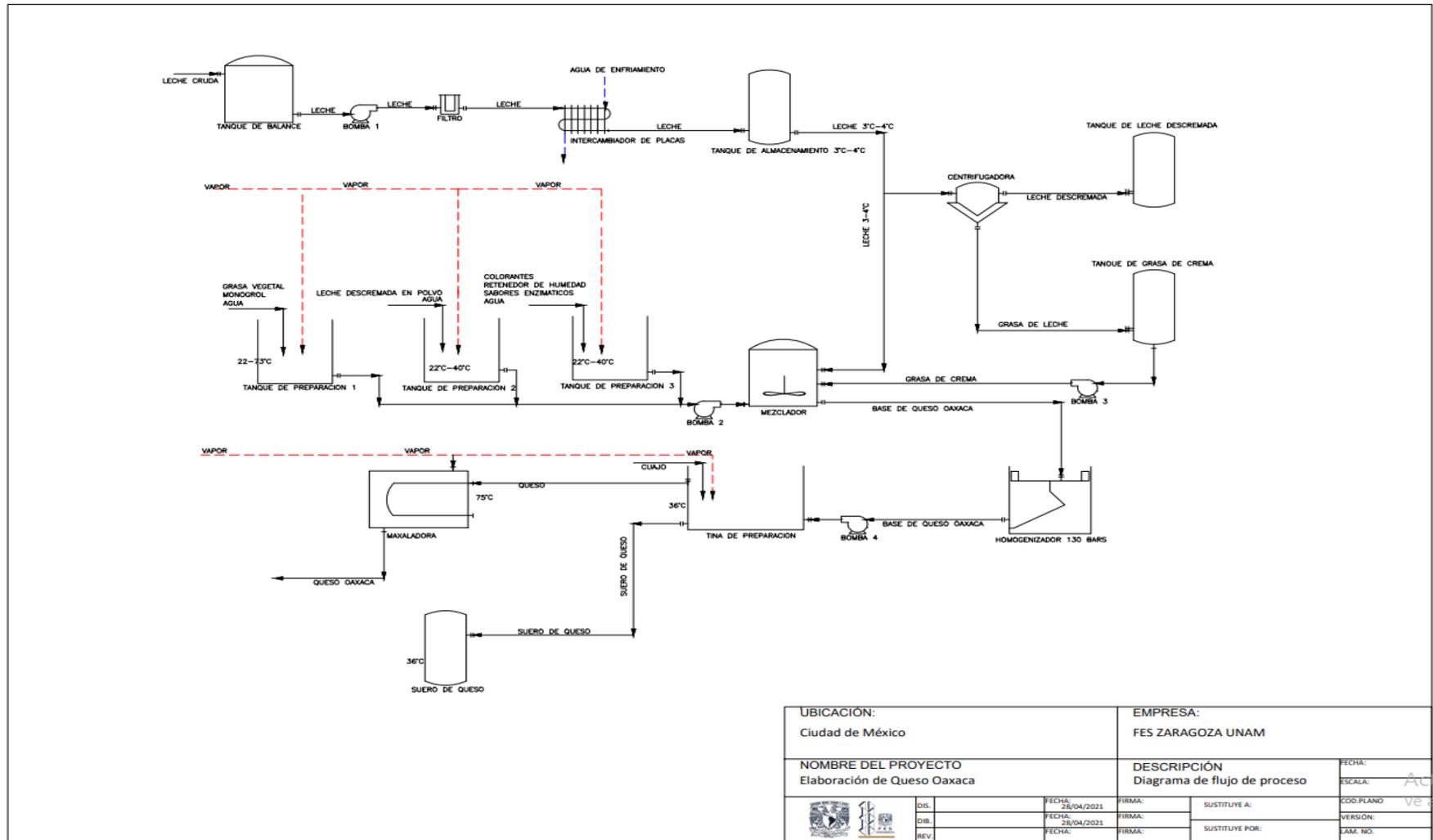


Diagrama de flujo de proceso del queso panela.

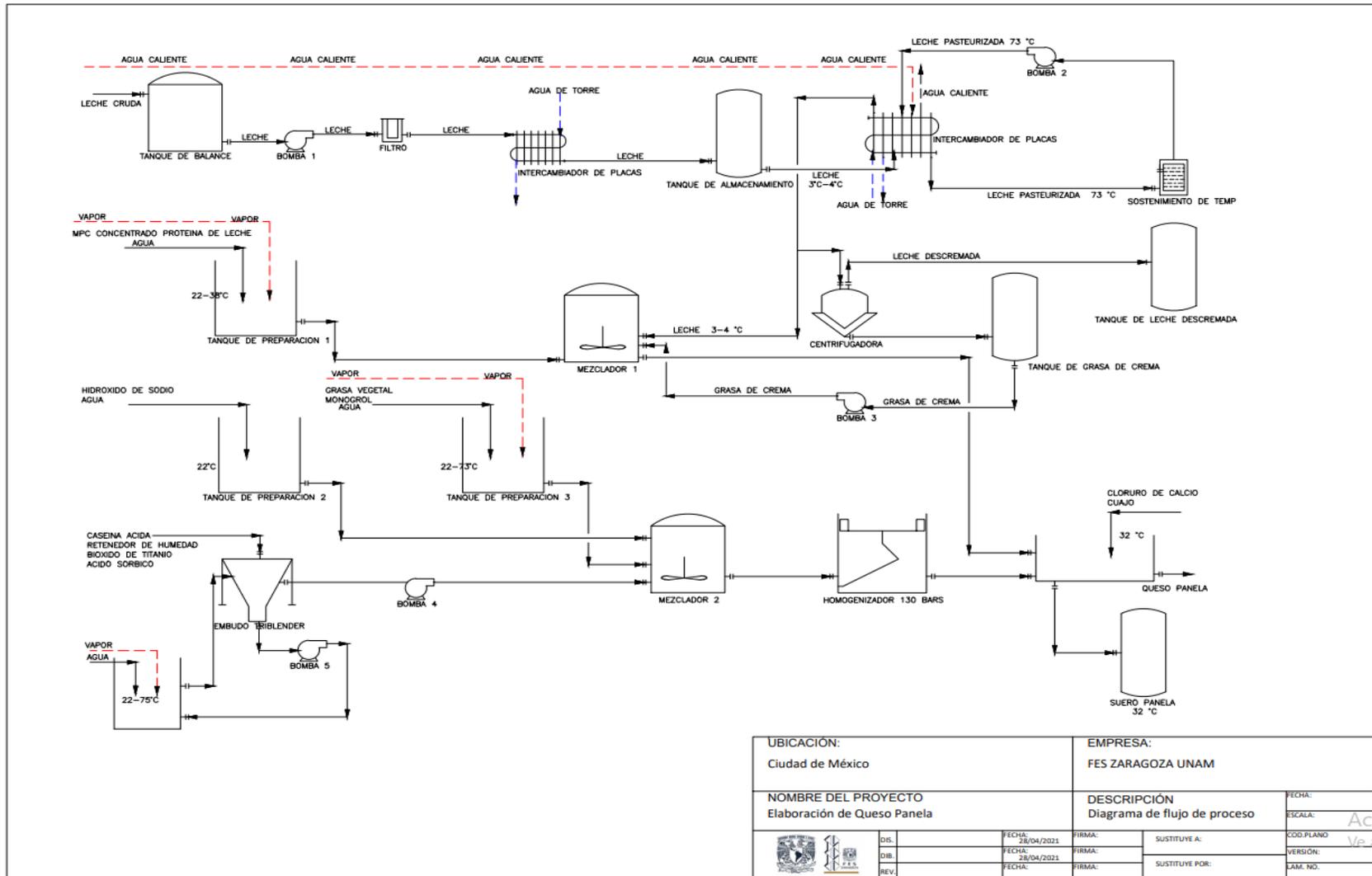
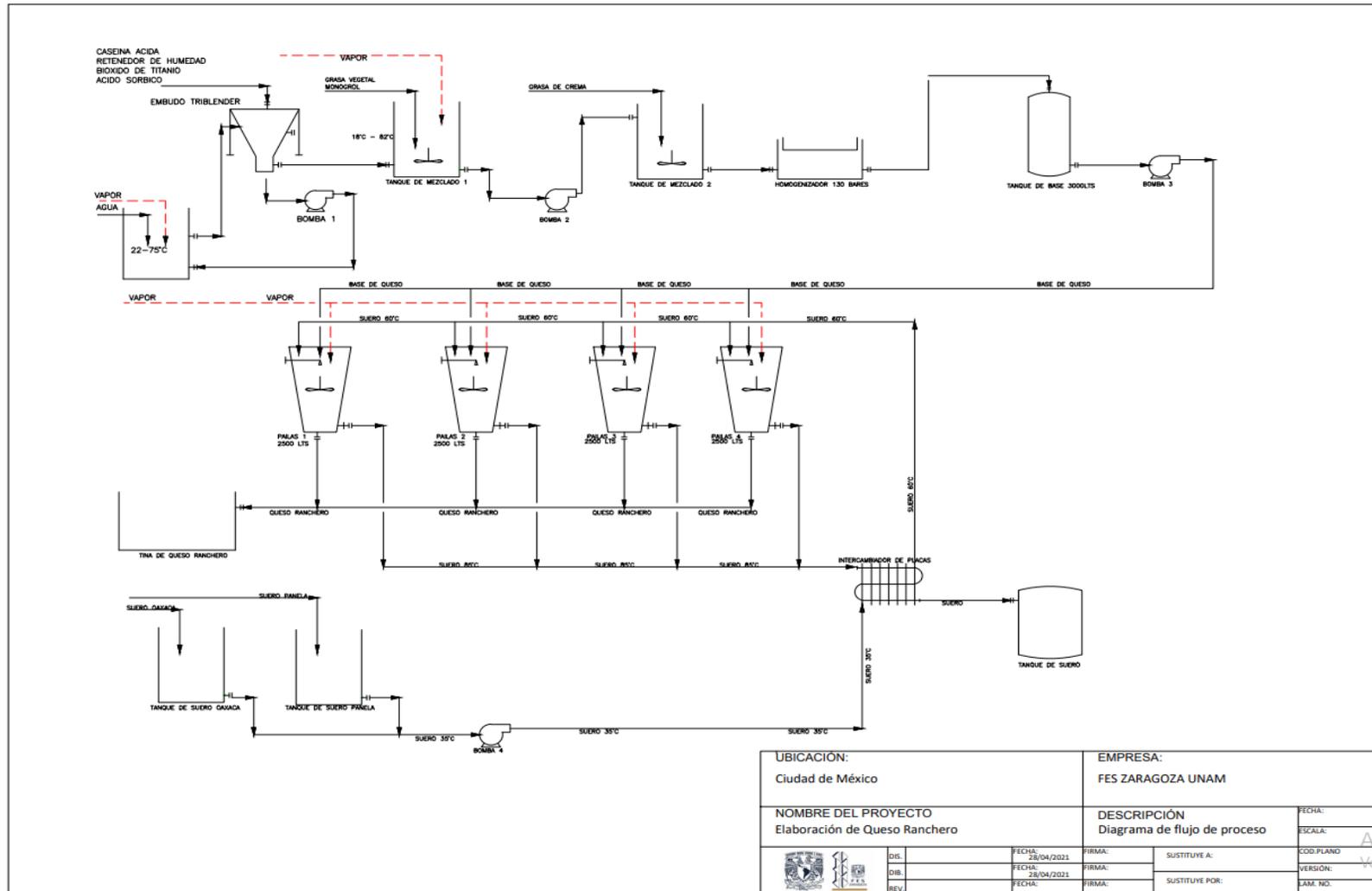


Diagrama de flujo de proceso del queso ranchero.



| | | | |
|---|--------|---|----------------------|
| UBICACIÓN: Ciudad de México | | EMPRESA: FES ZARAGOZA UNAM | |
| NOMBRE DEL PROYECTO Elaboración de Queso Ranchero | | DESCRIPCIÓN Diagrama de flujo de proceso | |
|  | | FECHA: 26/04/2021 | FECHA: 28/04/2021 |
| DIS. | FECHA: | FRMA: | SUSTITUYE A: |
| DIB. | FECHA: | FRMA: | VERSION: |
| REV. | FECHA: | FRMA: | SUSTITUYE POR: |
| | | | JAM. NO. |

ANEXO C Cálculo de pérdidas térmicas

Transmisión del calor por conducción en régimen estacionario

La conducción de calor normalmente describe la transmisión de calor a través de las moléculas, en sólidos, líquidos y gases, producido por un gradiente de temperatura. En el cálculo se supone que el gradiente de temperatura existe en una sola dirección, y que la temperatura es constante en planos perpendiculares a ella. La densidad de flujo de calor q para una pared cilíndrica hueca en una dirección perpendicular a su cara, viene dada por:

$$q_j = \frac{T_{si} - T_{se}}{R_j} = \left(\frac{W}{m} \right)$$

donde R_j es la resistencia térmica lineal de una sola capa cilíndrica hueca, dada por:

$$R_j = \frac{\ln\left(\frac{D_e}{D_i}\right)}{2 * \pi * \lambda_j} = \left(m * \frac{K}{W} \right)$$

En las que:

λ_j = es la conductividad del material en W/mk

D_e = es el diametro exterior de la capa, en m

D_i = es el diametro interior de la capa, en m

T_{si} = es la temperatura de la superficie interior, en $^{\circ}C$

T_{se} = es la temperatura de la superficie exterior, en $^{\circ}C$

T_{se} = es la temperatura de la superficie exterior, en $^{\circ}C$

R_j = es la resistencia térmica de la pared en m^2k/w

Para una pared multicapa:

$$q = \frac{T_{si} - T_{se}}{R'} = \left(\frac{W}{m} \right)$$

Donde

R' = es la resistencia térmica de la pared multicapa

NOTA – La prima indica que se refiere a una pared multicapa.

Transmisión superficial del calor en régimen estacionario

En las instalaciones, las superficies sólidas mantienen una transferencia de calor con el medio fluido en contacto, donde se mezclan las formas convectivas y radiantes, especialmente cuando el medio fluido es gaseoso como el aire ambiente.

Por ello es necesario el estudio conjunto de ambos tipos de transferencias.

El coeficiente superficial de transmisión de calor h en $W/m^2 \cdot K$ se define como la cantidad de flujo de calor que pasa a través de una superficie en estado estacionario, dividida por la diferencia de temperatura entre dicha superficie y su entorno.

En el caso de instalaciones, existen dos tipos de coeficiente superficial según se trate de la cara interna h_i o la externa h_e .

En general, el coeficiente superficial de transmisión de calor viene dado por:

$$h_s = h_r + h_{cv}$$

Dónde: $h_r =$
es la parte radiante del coeficiente superficial de transmisión de calor

$h_{cv} =$ es la parte convectiva del coeficiente superficial de transmisión de calor

Parte radiante del coeficiente de superficie, h_r

El coeficiente superficial debido a radiación, h_r depende de la temperatura, del acabado superficial del material y de su emisividad. La emisividad se define como la relación entre el coeficiente de radiación C_r de la superficie y el coeficiente de radiación constante del cuerpo negro.

h_r está dado por:

$$hr = ar * Cr = \left(\frac{W}{m^2K} \right)$$

ar es el factor temperatura. Está dado por:

$$ar = \frac{T1^4 - T2^4}{T1 - T2} = (K^3)$$

Cr es el coeficiente de radiación, en W/m²·K⁴ y es el resultado del producto del coeficiente de emisión e por la cte. de Stefan-Boltzmann (5.67·10⁻⁸).

Cr está dado por:

| MATERIAL | EMISIVIDAD | Cr W/m²·°C⁴ |
|---|-------------------|--|
| aluminio brillante | 0,05 | 2,80E-09 |
| aluminio oxidado | 0.13 | 7,40E-09 |
| chapa de metal galvanizado, limpio | 0.26 | 1,47E-08 |
| chapa de metal galvanizado, sucio | 0.44 | 2,49E-08 |
| acero austenítico | 0.15 | 8,50E-09 |
| plancha de aluminio-zinc | 0.18 | 1,02E-08 |
| superficies no metálicas | 0.94 | 5,33E-08 |

Parte convectiva del coeficiente superficial, hcv

Este factor es dependiente de varios factores, tales como la velocidad del aire, la orientación de la superficie, el tipo de material, la diferencia de temperatura, etc.

Diferentes ecuaciones se utilizan en distintos países y no existen medios matemáticos exactos para seleccionar una ecuación inequívoca, por lo que los resultados pueden variar.

Para la parte convectiva, debe hacerse una distinción entre el coeficiente de superficie para las tuberías instaladas en el interior de edificios y para las que están instaladas en exteriores.

Para tuberías existe una diferencia entre el coeficiente interno, h_i y el coeficiente externo, h_e .

a) Interior de los edificios

Para tuberías verticales situadas en el interior de edificios, la parte convectiva h_{cv} puede ser calculada mediante:

- convección libre laminar ($De^3 \cdot \Delta T \leq 10 \text{ m}^3 \cdot \text{K}$)

$$h_{cv} = 1.32 \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{De}} \left(\frac{W}{m^2 K} \right)$$

- convección libre turbulenta ($De^3 \cdot \Delta T \geq 10 \text{ m}^3 \cdot \text{K}$)

$$h_{cv} = 1.74 \sqrt[3]{\Delta T} \left(\frac{W}{m^2 K} \right)$$

Para tuberías horizontales situadas en el interior de edificios, la parte convectiva h_{cv} está dada por:

- convección libre laminar ($De^3 \cdot \Delta T \leq 10 \text{ m}^3 \cdot \text{K}$)

$$h_{cv} = 1.25 \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{De}} \left(\frac{W}{m^2 K} \right)$$

- convección libre turbulenta ($De^3 \cdot \Delta T \geq 10 \text{ m}^3 \cdot \text{K}$)

$$h_{cv} = 1.21 \sqrt[3]{\Delta T} \left(\frac{W}{m^2 K} \right)$$

donde:

$$\Delta T = (T_{se} - T_a) \text{ en } k$$

T_{se} = es la temperatura de la superficie de la pared, en k

T_a = es la temperatura del aire ambiente dentro del edificio, en k

D_e es el diámetro de la tubería, en m.

Todas las ecuaciones de la parte convectiva del coeficiente térmico de la superficie externa dentro de edificios son aplicables para situaciones con diferencias de temperatura entre superficie y aire menores de 100 °C.

b) Exterior de edificios

Para TUBERÍAS HORIZONTALES Y VERTICALES situadas en el exterior de edificios, la parte convectiva h_{cv} puede ser calculada mediante las siguientes expresiones:

convección libre laminar ($v \cdot D_e \leq 8,55 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$)

$$h_{cv} = \frac{8.1 \cdot 10^{-3}}{D_e} + 3.14 \sqrt{\frac{v}{D_e}} \left(\frac{W}{\text{m}^2 K} \right)$$

convección libre turbulenta ($v \cdot D_e \geq 8,55 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$)

$$h_{cv} = 8.9 * \frac{v^{0.9}}{D_e^{0.1}} \left(\frac{W}{\text{m}^2 K} \right)$$

en las que:

D_e es el diámetro exterior del aislamiento, en m.

v es la velocidad del viento, en m/s.

NOTA: Para los líquidos en el interior de tuberías y depósitos, los coeficientes superficiales alcanzan valores muy elevados, en general superiores a 2.000 W/m²·K. Lo mismo sucede con el vapor de agua saturado o sobrecalentado.

Resistencia térmica superficial R_{se}

La resistencia térmica superficial R_{se} es la inversa del coeficiente superficial h . Para paredes cilíndricas, la resistencia térmica superficial lineal R_{se} viene dada por:

$$R_{se} = \frac{1}{h_e * \pi * D_e} \left(\frac{mK}{W} \right)$$

Transmitancia térmica

La transmitancia térmica lineal de una tubería, U , es la cantidad de flujo de calor que en estado estacionario pasa por unidad de longitud de tubería, dividida por la diferencia de temperatura en los alrededores de ambas caras de la pared:

$$U_i = \frac{q_i}{T_i - T_a} \left(\frac{W}{mK} \right)$$

Su inversa es la resistencia térmica lineal y como ya hemos visto:

$$\frac{1}{U_i} = R = R_{lpi} + R_{ic} + R_{lpe}$$

Por lo que, para paredes cilíndricas (tuberías y aislamientos de tubería), la transmitancia térmica lineal U_i puede calcularse:

$$\frac{1}{U_i} = \frac{1}{h_i \pi D_i^2} + R_{ic} + \frac{1}{h_e \pi D_e^2} \left(\frac{mK}{W} \right)$$

Como se ha indicado antes, para líquidos y vapor en el interior de depósitos y tuberías, el valor de h_i es muy elevado, por lo que la resistencia lineal superficial interior R_{lpi} es pequeña y se puede despreciar.

Temperatura superficial

Dado que no es posible conocer todos los parámetros que entran en juego, resulta difícil garantizar la temperatura superficial.

El cálculo de la temperatura superficial se usa normalmente para determinar un valor límite de la temperatura de la instalación por razones de seguridad.

El cálculo teórico puede variar en la práctica por distintas condiciones. Éstas pueden ser: temperatura ambiente, movimiento del aire, estado de la superficie del aislamiento, efecto radiante de los cuerpos adyacentes, condiciones meteorológicas, etc.

Para la obtención de la temperatura superficial se parte de la fórmula anterior; despreciando la R_{lpi} , como se ha indicado antes y al sustituir los valores de R_{lpe} y R_{ic} , para una sola capa de aislante se tiene para paredes cilíndricas:

$$T_{se} = T_a + \frac{T_i - T_a}{\frac{heDe}{2\lambda} * \ln \frac{De}{Di} + 1} \text{ (}^\circ\text{C)}$$

ANEXO D Cálculo de pérdidas por radiación y convección

Área de queso Oaxaca

Para los tanques de preparación se calcula el área del tanque, de la siguiente manera

$$\text{Área} = 2\pi r h + 2\pi r^2$$

Donde

r = radio del tanque

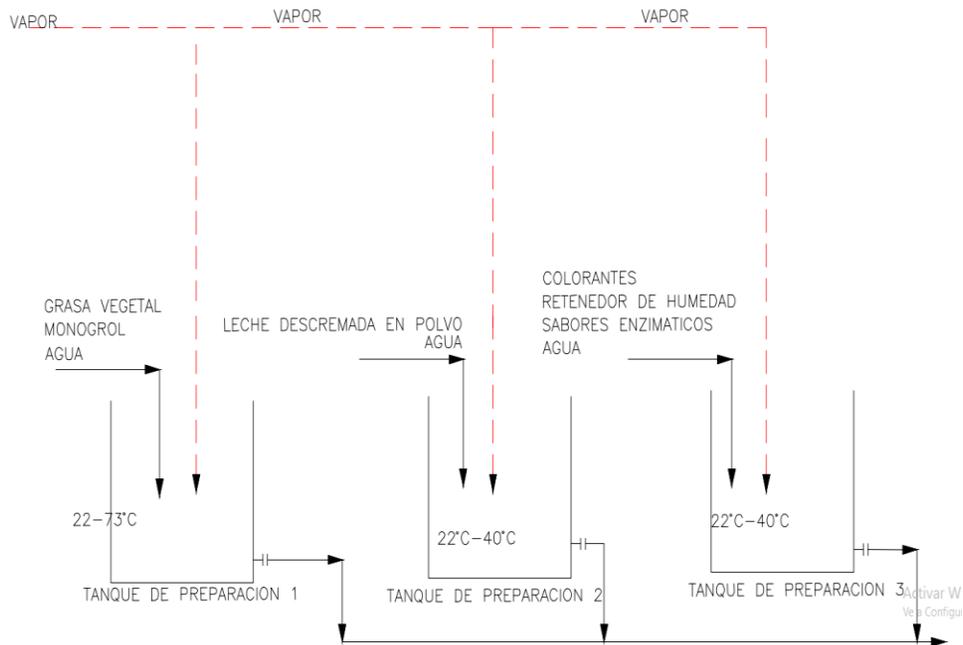
h = altura del tanque

Otro valor a considerar es el de coeficiente de convección entre el aire y el tanque cengel menciona un valor entre 2-5 w/m²°C para convección libre de gases.

La temperatura de superficie es la que emite el tanque al termino de a ver suministrado vapor.

La temperatura del medio es la que está al redor del tanque que es de 20°C

Cálculo del primer tanque de preparación:



El radio del tanque es de 0.5 m y la altura de 1.5m se sustituye en la ecuación anterior:

$$\text{Área} = 2\pi(.5m)(1.5m) + 2\pi(0.5m)^2 = 6.2831m^2$$

$$h = 5 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

$$A_s = 6.2831m^2$$

$$T_s = 73^\circ C$$

$$T_\infty = 20^\circ C$$

$$Q_{conv} = 5 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} (6.2831m^2)(73^\circ C - 20^\circ C) = 1665.02 W$$

$$Q_{rad} = \varepsilon \phi A_s (T_s^4 - T_{alred}^4)$$

$$\varepsilon = 0.17$$

$$\phi = 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

$$A_s = 6.2831m^2$$

$$T_s = 346K$$

$$T_{alred} = 293K$$

$$Q_{rad} = (0.17) \left(5.67 * \frac{10^{-8}W}{K^4 m^2} \right) (6.2831m^2)(346K^4 - 293K^4) = 421.63W$$

$$Q_{total} = 1665.02W + 421.63W = 2086.65W$$

Calculo del 2 tanque de preparación:

El radio del tanque es de 0.5 m y la altura de 1.5m se sustituye en la ecuación anterior:

$$\text{Área} = 2\pi(.5m)(1.5m) + 2\pi(0.5m)^2 = 6.2831m^2$$

$$h = 5 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$A_s = 6.2831m^2$$

$$T_s = 40^\circ C$$

$$T_\infty = 20^\circ C$$

$$Q_{conv} = 5 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} (6.2831m^2)(40^\circ C - 20^\circ C) = 628.31W$$

$$Q_{rad} = \varepsilon \phi A_s (T_s^4 - T_{alred}^4)$$

$$\varepsilon = 0.17$$

$$\varphi = 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

$$As = 6.2831m^2$$

$$Ts = 313K$$

$$T_{alred} = 293K$$

$$Q_{rad} = (0.17) \left(5.67 * \frac{10^{-8}W}{m^2 K^4} \right) (6.2831m^2)(313K^4 - 293K^4) = 134.92W$$

$$Q_{total} = 628.31W + 134.92W = 763.23W$$

Calculo del 3 tanque de preparación:

El radio del tanque es de 0.5 m y la altura de 1.5m se sustituye en la ecuación anterior:

$$\text{Área} = 2\pi(.5m)(1.5m) + 2\pi(0.5m)^2 = 6.2831m^2$$

$$h = 5 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

$$As = 6.2831m^2$$

$$Ts = 40^\circ C$$

$$T_\infty = 20^\circ C$$

$$Q_{conv} = 5 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} (6.2831m^2)(40^\circ C - 20^\circ C) = 628.31W$$

$$Q_{rad} = \varepsilon \varphi As (Ts^4 - T_{alred}^4)$$

$$\varepsilon = 0.17$$

$$\varphi = 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

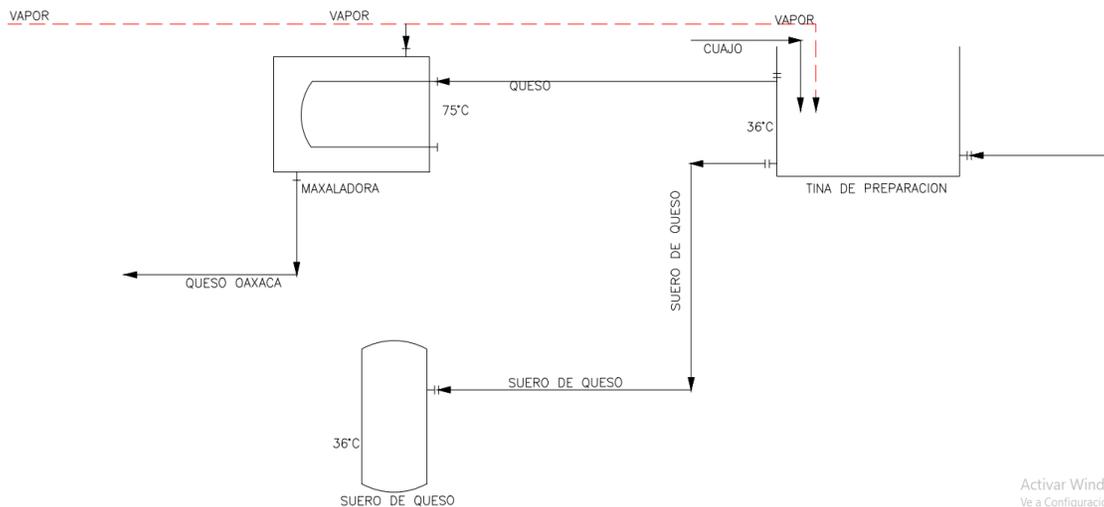
$$As = 6.2831m^2$$

$$Ts = 313K$$

$$T_{alred} = 293K$$

$$Q_{rad} = (0.17) \left(5.67 * \frac{10^{-8}W}{m^2K^4} \right) (6.2831m^2)(313K^4 - 293K^4) = 134.92W$$

$$Q_{total} = 628.31W + 134.92W = 763.23W$$



Cálculo en la tina de preparación

El radio de la tina es de 1.5 m y la altura de 1.5m se sustituye en la ecuación anterior:

$$\text{Área} = 2\pi(1.5m)(1.5m) + 2\pi(1.5m)^2 = 28.2743m^2$$

$$h = 5 \frac{W}{m^2\text{°C}}$$

$$A_s = 28.2743m^2$$

$$T_s = 38\text{°C}$$

$$T_{\infty} = 20\text{°C}$$

$$Q_{conv} = 5 \frac{W}{m^2\text{°C}} (28.2743m^2)(38\text{°C} - 20\text{°C}) = 2544.687W$$

$$Q_{rad} = \varepsilon\phi A_s(T_s^4 - T_{alred}^4)$$

$$\varepsilon = 0.17$$

$$\varphi = 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

$$A_s = 28.2743 m^2$$

$$T_s = 311 K$$

$$T_{alred} = 293 K$$

$$Q_{rad} = (0.17) \left(5.67 * \frac{10^{-8} W}{m^2 K^4} \right) (28.2743 m^2) (311 K^4 - 293 K^4) = 540.95 W$$

$$Q_{total} = 2544.687 W + 540.95 W = 3085.637 W$$

Cálculo en la maxaladora.

El ancho de la maxaladora es de 1.0 m y la altura de 1.75m y su largo 1.5m se sustituye en la ecuación anterior:

$$\text{Área} = 2(1.5m * 1.0m + 1.5m * 1.75 + 1.0m * 1.75m) = 11.75 m^2$$

$$h = 5 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

$$A_s = 11.75 m^2$$

$$T_s = 75 \text{ } ^\circ C$$

$$T_\infty = 20 \text{ } ^\circ C$$

$$Q_{conv} = 5 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} (11.75 m^2) (75 \text{ } ^\circ C - 20 \text{ } ^\circ C) = 3231.25 W$$

$$Q_{rad} = \varepsilon \varphi A_s (T_s^4 - T_{alred}^4)$$

$$\varepsilon = 0.17$$

$$\varphi = 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

$$A_s = 11.75 m^2$$

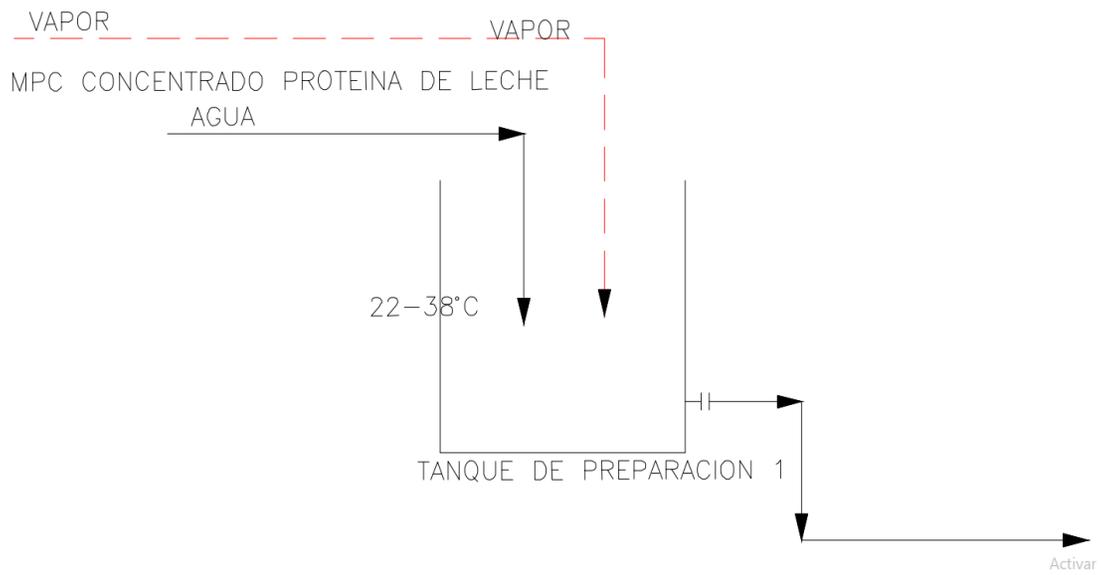
$$T_s = 348K$$

$$T_{alred} = 293K$$

$$Q_{rad} = (0.17) \left(5.67 * \frac{10^{-8}W}{m^2K^4} \right) (11.75m^2)(348K^4 - 293K^4) = 826.34W$$

$$Q_{total} = 3231.25W + 826.3W = 4057.59W$$

Área de queso panela.



El radio del tanque es de 0.5 m y la altura de 1.5m se sustituye en la ecuación anterior:

$$\text{Área} = 2\pi(.5m)(1.5m) + 2\pi(0.5m)^2 = 6.2831m^2$$

$$h = 5 \frac{W}{m^2°C}$$

$$A_s = 6.2831m^2$$

$$T_s = 40°C$$

$$T_{\infty} = 20°C$$

$$Q_{conv} = 5 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} (6.2831 m^2) (40^\circ C - 20^\circ C) = 628.31 W$$

$$Q_{rad} = \varepsilon \phi A_s (T_s^4 - T_{alred}^4)$$

$$\varepsilon = 0.17$$

$$\phi = 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

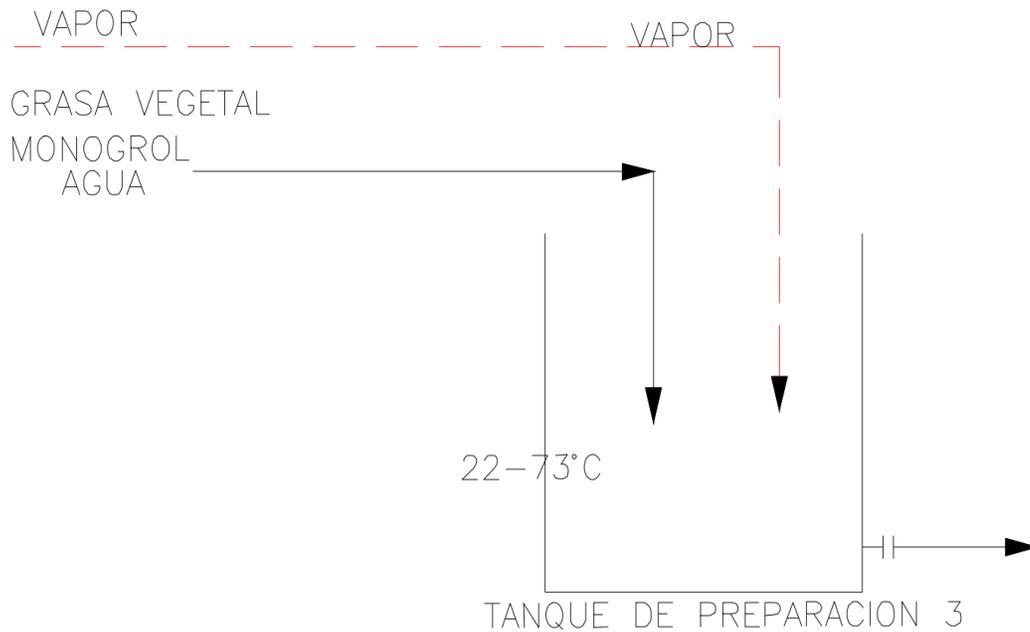
$$A_s = 6.2831 m^2$$

$$T_s = 313 K$$

$$T_{alred} = 293 K$$

$$Q_{rad} = (0.17) \left(5.67 * \frac{10^{-8} W}{K^4 m^2} \right) (6.2831 m^2) (313 K^4 - 293 K^4) = 134.92 W$$

$$Q_{total} = 628.31 W + 134.92 W = 763.23 W$$



$$\text{Área} = 2\pi(.5m)(1.5m) + 2\pi(0.5m)^2 = 6.2831 m^2$$

$$h = 5 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$A_s = 6.2831 m^2$$

$$T_s = 73^\circ\text{C}$$

$$T_\infty = 20^\circ\text{C}$$

$$Q_{conv} = 5 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ\text{C}} (6.2831 m^2) (73^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 1665.02 W$$

$$Q_{rad} = \varepsilon \phi A_s (T_s^4 - T_{alred}^4)$$

$$\varepsilon = 0.17$$

$$\phi = 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

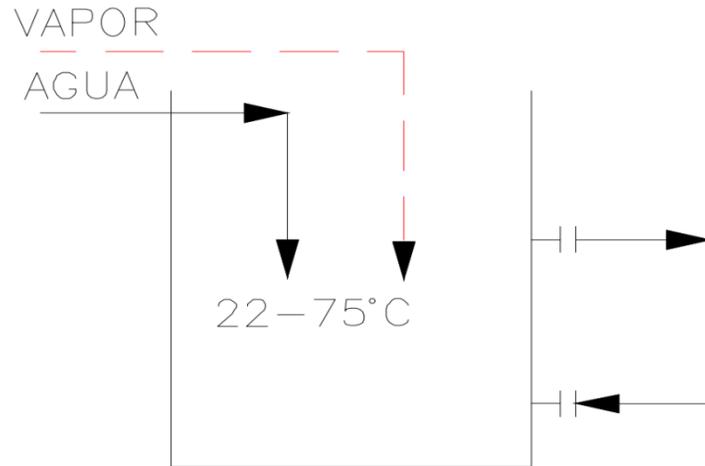
$$A_s = 6.2831 m^2$$

$$T_s = 346 K$$

$$T_{alred} = 293 K$$

$$Q_{rad} = (0.17) \left(5.67 * \frac{10^{-8} W}{K^4 m^2} \right) (6.2831 m^2) (346 K^4 - 293 K^4) = 421.63 W$$

$$Q_{total} = 1665.02 W + 421.63 W = 2086.65 W$$



TANQUE DE PREPARACION 4

$$\text{Área} = 2\pi(.5m)(1.5m) + 2\pi(0.5m)^2 = 6.2831m^2$$

$$h = 5 \frac{W}{m^2\text{°C}}$$

$$A_s = 6.2831m^2$$

$$T_s = 75\text{°C}$$

$$T_\infty = 20\text{°C}$$

$$Q_{conv} = 5 \frac{W}{m^2\text{°C}} (6.2831m^2)(75\text{°C} - 20\text{°C}) = 1727.85 W$$

$$Q_{rad} = \varepsilon\phi A_s(T_s^4 - T_{alred}^4)$$

$$\varepsilon = 0.17$$

$$\phi = 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2K^4}$$

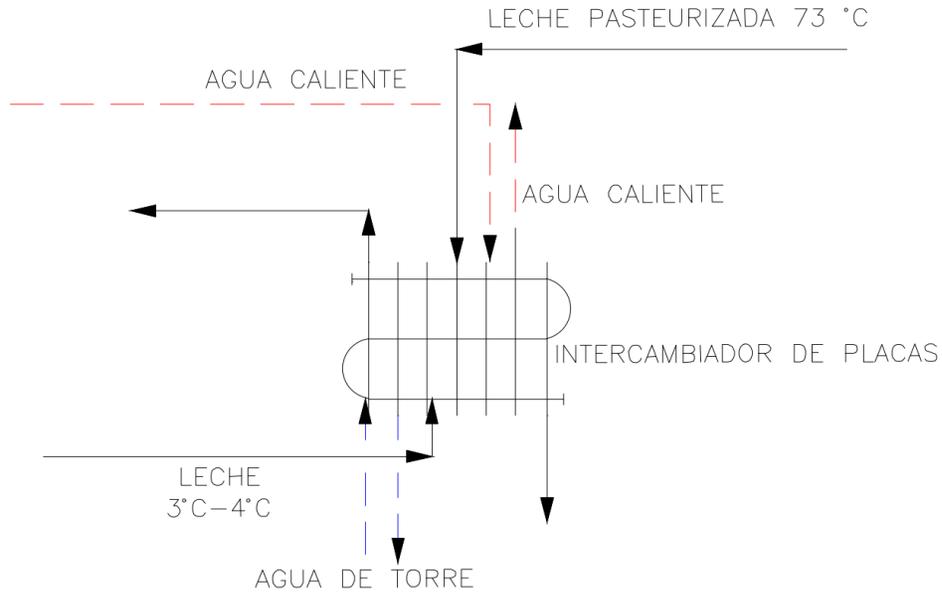
$$A_s = 6.2831m^2$$

$$T_s = 348K$$

$$T_{alred} = 293K$$

$$Q_{rad} = (0.17) \left(5.67 * \frac{10^{-8} W}{K^4 m^2} \right) (6.2831 m^2) (348 K^4 - 293 K^4) = 441.87 W$$

$$Q_{total} = 1727.85 W + 441.87 W = 2169.72 W$$



Artiv

Área del intercambiador de calor

$$A = \frac{V * \rho * Cp * \Delta T}{\Delta tm * k}$$

A = area de transferencia de calor requerida

V = Caudal de producto

ρ = Densidad del producto

Cp = Calor especifico del producto

ΔT = Cambio de temperatura del producto

Δtm = Diferencia de temperatura media logaritmica (DTML)

k = Coeficiente global de trnsmision de calor

$$A = \frac{(180m^3) \left(\frac{1020kg}{m^3}\right) \left(\frac{3.95kJ}{kgK}\right) (1^\circ C) \left(\frac{1000J}{kJ}\right) \left(\frac{1h}{3600seg}\right)}{(7.55^\circ C) \left(\frac{5000W}{m^2k}\right)} = 5.33m^2$$

$$h = 5 \frac{W}{m^2^\circ C}$$

$$As = 5.33m^2$$

$$Ts = 73^\circ C$$

$$T_\infty = 20^\circ C$$

$$Q_{conv} = 5 \frac{W}{m^2^\circ C} (5.33m^2) (73^\circ C - 20^\circ C) = 1412.45 W$$

$$Q_{rad} = \varepsilon \phi As (Ts^4 - T_{alred}^4)$$

$$\varepsilon = 0.17$$

$$\phi = 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

$$As = 5.33m^2$$

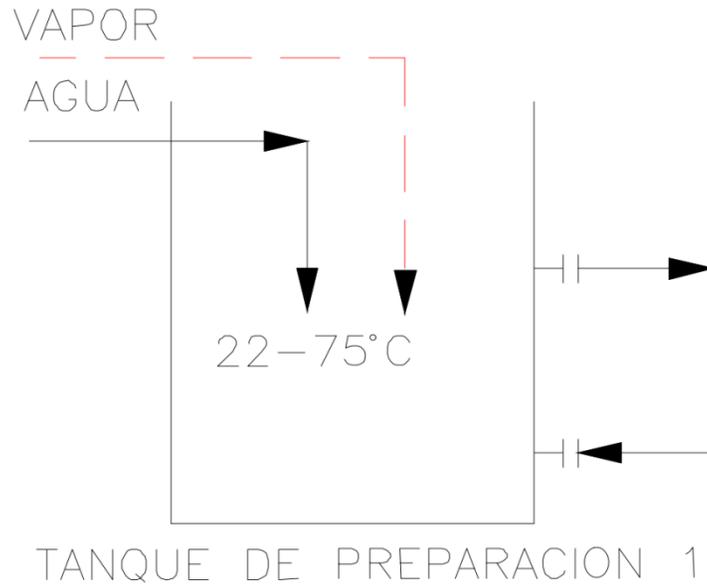
$$Ts = 345K$$

$$T_{alred} = 293K$$

$$Q_{rad} = (0.17) \left(5.67 * \frac{10^{-8} W}{K^4 m^2}\right) (5.33m^2) (345K^4 - 293K^4) = 349.2W$$

$$Q_{total} = 1412.45W + 349.2W = 1761.65W$$

Área de queso ranchero



$$\text{Área} = 2\pi(.5m)(1.5m) + 2\pi(0.5m)^2 = 6.2831m^2$$

$$h = 5 \frac{W}{m^2\text{°C}}$$

$$A_s = 6.2831m^2$$

$$T_s = 75\text{°C}$$

$$T_\infty = 20\text{°C}$$

$$Q_{conv} = 5 \frac{W}{m^2\text{°C}} (6.2831m^2)(75\text{°C} - 20\text{°C}) = 1727.85 W$$

$$Q_{rad} = \varepsilon\phi A_s(T_s^4 - T_{alred}^4)$$

$$\varepsilon = 0.17$$

$$\phi = 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2K^4}$$

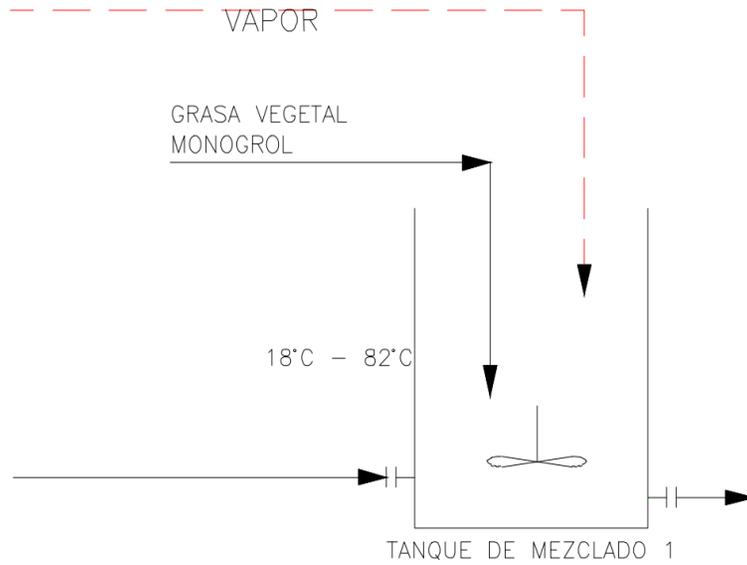
$$A_s = 6.2831m^2$$

$$T_s = 348K$$

$$T_{alred} = 293K$$

$$Q_{rad} = (0.17) \left(5.67 * \frac{10^{-8} W}{K^4 m^2} \right) (6.2831 m^2) (348 K^4 - 293 K^4) = 441.87 W$$

$$Q_{total} = 1727.85 W + 441.87 W = 2169.72 W$$



$$\text{Área} = 2\pi(.5m)(1.5m) + 2\pi(0.5m)^2 = 6.2831 m^2$$

$$h = 5 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$$

$$A_s = 6.2831 m^2$$

$$T_s = 73^\circ C$$

$$T_\infty = 20^\circ C$$

$$Q_{conv} = 5 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C} (6.2831 m^2) (73^\circ C - 20^\circ C) = 1665.02 W$$

$$Q_{rad} = \varepsilon \phi A_s (T_s^4 - T_{alred}^4)$$

$$\varepsilon = 0.17$$

$$\phi = 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

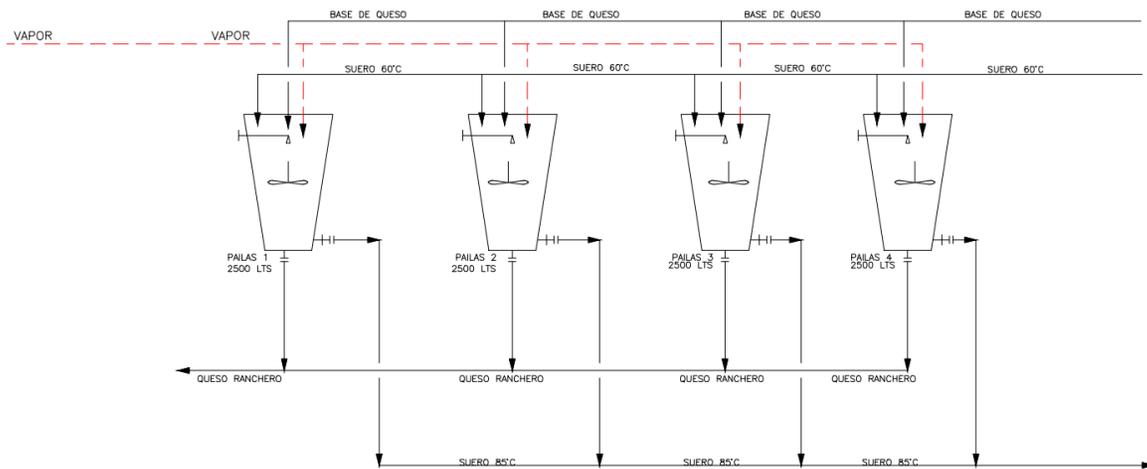
$$A_s = 6.2831 m^2$$

$$T_s = 346K$$

$$T_{alred} = 293K$$

$$Q_{rad} = (0.17) \left(5.67 * \frac{10^{-8}W}{K^4m^2} \right) (6.2831m^2)(346K^4 - 293K^4) = 421.63W$$

$$Q_{total} = 1665.02W + 421.63W = 2086.65W$$



La paila tiene un diámetro de 1.5m por 2.5 de alto.

$$g = \sqrt{h^2 + r^2}$$

$$g = \sqrt{(2.5m)^2 + (0.75m)^2} = 2.61m$$

$$\text{área} = r\pi(g + r)$$

$$\text{área} = (0.75m)\pi(2.61m + 0.75m) = 7.91m^2$$

$$h = 5 \frac{W}{m^2 \circ C}$$

$$A_s = 7.91m^2$$

$$T_s = 80^\circ C$$

$$T_\infty = 20^\circ C$$

$$Q_{conv} = 5 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} (7.91m^2)(80^\circ C - 20^\circ C) = 2373 W$$

$$Q_{rad} = \varepsilon \phi A_s (T_s^4 - T_{alred}^4)$$

$$\varepsilon = 0.17$$

$$\phi = 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

$$A_s = 7.91m^2$$

$$T_s = 353K$$

$$T_{alred} = 293K$$

$$Q_{rad} = (0.17) \left(5.67 * \frac{10^{-8} W}{K^4 m^2} \right) (7.91m^2)(353K^4 - 293K^4) = 621.9 W$$