

300617



UNIVERSIDAD LA SALLE

57
24

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

NOMBRE DE LA TESIS

"UNIDAD MOVIL DE GENERACION DE VAPOR "

VALLE DE ORIGEN

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

JOSE ANTONIO RAFAEL MURILLO HIDALGO

DIRECTOR DE TESIS :

M. I. E. ING. JORGE ROMAN DE LA PARRA

MEXICO, D. F.

1992

TESIS CON



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 está 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.

I N D I C E

PROLOGO.....	3
CAP. I ANTECEDENTES.....	8
CAP. II TIPOS DE CALDERAS.....	17
CAP. III DESCRIPCION GENERAL DE UNA UNIDAD MOVIL DE GENERACION DE VAPOR.....	44
CAP. IV CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	75
CAP. V MANTENIMIENTO DEL EQUIPO.....	88
CAP. VI PRECALENTADORES.....	102
CONCLUSIONES.....	111
CITAS TEXTUALES.....	116
BIBLIOGRAFIA.....	117

PROLOGO

Para el desarrollo de ésta fue necesario conjuntar y analizar los elementos básicos que intervienen en la construcción y operación de una Unidad Móvil de Generación de Vapor en el lugar que sea requerido con la mayor versatilidad que sea posible.

El título seleccionado (UNIDAD MOVIL DE GENERACION DE VAPOR) tiene como objetivo el proporcionar una guía para facilitar el cálculo de los equipos necesarios con los cuales debe de contar una unidad de este tipo, así como las características de la plataforma sobre la cual se deben de montar los equipos que se seleccionen.

Para ejemplificar los procedimientos adecuados para el cálculo y selección de los equipos, se tomó en cuenta la demanda de vapor de un proceso.

La generación de vapor es de suma importancia en algunos de los procesos de la industria, tal es el caso de la Industria Alimenticia, Farmacéutica, Papelera, Hulera, Eléctrica, etc. Es muy común detectar que en la gran mayoría de los procesos se cuenta con algún sistema que utiliza vapor como fuente básica de energía o simplemente en procesos secundarios, siendo el caso de los servicios en general.

Muchas empresas se han enfrentado a grandes problemas, tal es el caso de los picos en la demanda de vapor, lo cual

se podrá solucionar utilizando los servicios que proporciona una Unidad Móvil de Generación de Vapor, cubriendo satisfactoriamente estas demandas pico en la generación de vapor a un bajo costo.

Cuando las demandas pico ocurren durante un periodo de tiempo relativamente corto, es recomendable solicitar en renta una Unidad Móvil de Generación de Vapor, ya que no sería conveniente efectuar una compra de un equipo nuevo para cubrir estas demandas, pero no solo representaría la inversión del equipo, sino también el del personal calificado para operar y mantener en óptimas condiciones el equipo nuevo, en comparación con el servicio de renta de vapor tiene incluido el personal necesario para la correcta operación de la unidad.

El primer capítulo tiene como objetivo el proporcionar los elementos para conocer a partir de cuando el vapor y la caldera empezaron a formar parte de la industria.

En el segundo capítulo se determinarán los tipos de calderas y las características del vapor que se genera por medio de las calderas.

Dentro del tercer capítulo se seleccionarán cada uno de los equipos que son necesarios para la correcta operación del sistema en base al ejemplo que se presenta.

El capítulo cuatro presentará un lay out típico para especificar la distribución de los equipos, tuberías, accesorios y la propia caldera.

En el quinto capítulo se especifica una guía que se recomienda seguir para efectuar los servicios de mantenimiento preventivo a la unidad móvil y a los equipos que forman parte de ella, ya que es primordial tener en óptimas condiciones el equipo para que entre en operación cuando sea requerido su servicio.

El capítulo seis trata sobre la inversión y rentabilidad de la colocación de precalentadores, así como sus tipos.

Por último se presentan las conclusiones a las que nos llevará el presente trabajo.

Teniendo una guía de cálculo de los equipos necesarios para formar una Unidad Móvil de Generación de Vapor, se facilitará la selección de los equipos.

Dado que en la actualidad día a día se debe de cuidar la utilización de los recursos para cubrir las necesidades que surgen durante el crecimiento de cualquier industria, es por esto que la demanda en renta de unidades de este tipo se hace mas notable a través del tiempo, y ya que existen muy pocas empresas que proporcionan el servicio de renta y las necesidades

de éstas para aumentar sus equipos requieren de procedimientos rápidos para aumentar su capacidad instalada, a través del sistema de selección que se propone, se podrá contar con la facilidad de efectuarlo de una manera rápida.

Día a día las exigencias en cuanto a los sistemas productivos son mayores dado que existe una competencia para mejorar, eficientar y economizar dichos sistemas.

Esta tesis proporciona los parámetros básicos de selección de un sistema completo para la generación de vapor, siendo que por las características de las calderas no se tenía con anterioridad la facilidad de obtener en renta este tipo de servicio (renta de vapor) pero ahora ya es posible encontrar esta clase de servicios pero muy limitadamente en cuanto a la capacidad de generación de vapor.

El hecho de poder obtener de una manera rápida los parámetros de selección y montaje del equipo, proporciona una gran ventaja para las empresas que cuenten con el servicio de renta de unidades generadoras de vapor para diversificar las características de las unidades con las que pueden contar o en su defecto para promover una variedad de unidades con una capacidad de 40 c.v. a 300 c.v.

No obstante este tipo de unidades también son utilizadas por empresas del sector público para el mantenimiento de grandes tanques de almacenamiento, los cuales se encuentran en lugares retirados en donde no es posible contar con una unidad

de generación de vapor de una forma fija, ya que representaría una inversión sumamente fuerte, la cual no es posible amortizar en un tiempo razonable, ya que el tiempo de operación real es muy corto.

Todos los equipos que se analizarán dentro del presente trabajo representan una parte del sistema general de vapor, no perdiendo de vista que la plataforma o remolque también influye dadas sus características en el sistema general de vapor, ya que es éste el que transportará todos los equipos de una manera segura y confiable.

Para tener una idea general de la importancia que el uso del vapor ha tenido a través de los años, es necesario conocer las causas por las cuales el vapor ha llegado a tener gran importancia como fuente de energía en la industria, para esto nos enfocaremos brevemente en la trayectoria que ha tenido la generación de vapor a través de los años.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

En el siglo XVIII se presentaron cambios radicales en cuanto a la técnica de manufactura de infinidad de productos.

En la segunda mitad de este siglo se dio el movimiento conocido como Revolución Industrial, el cual trajo consigo cambios en la distribución de las distintas actividades económicas, así como nuevos y revolucionarios sistemas en la industria y el transporte, tales como ferrocarriles, navegación a vapor y mecanización en la industria.

Uno de los principales mecanismos que trajo grandes cambios para la industria fue la máquina de vapor.

Esta máquina tenía como elementos principales una caldera, un cilindro, un émbolo o pistón, un cigüeñal, una válvula y un condensador. (fig. 01)

Todos estos elementos al trabajar en conjunto generaban energía mecánica y así era aprovechada en el movimiento de locomotoras, barcos a vapor y maquinaria que era usada en la industria.

La maquinaria utilizada tenía grandes pérdidas de energía, dado que todos sus elementos que contenían no eran lo suficientemente correctos, ya que los avances tecnológicos no se dieron sino hasta después que empezaron a detectar todas estas pérdidas y por ello se avocaron a corregir o rediseñar algunas de las partes.

Siendo el vapor el elemento básico que contenía la energía calorífica para así transformarla en energía mecánica, se continuó con la investigación para mejorar las condiciones de producción de vapor y de la utilización del mismo, procurando hacer sistemas más eficientes.

Dado esto se considera que el vapor fue el causante directo de la era industrial, es por este motivo que el vapor ha tenido y seguirá teniendo una gran importancia en los ámbitos industriales.

Durante mucho tiempo la generación del vapor fue la principal fuente de energía en un gran sector de la industria, tales como la textil, azucarera, química, transporte, etc.

Dadas las dimensiones de estas industrias la cantidad de vapor requerida en aquellos tiempos representaba una gran cantidad de energía, ésta era obtenida de un generador de grandes dimensiones para así poder cubrir toda la demanda de vapor y las pérdidas de los sistemas. (fig. 02)

Los generadores de vapor utilizados tiempo atrás tenían grandes dimensiones en comparación con los actuales, ya que la construcción de las calderas se efectuaba con materiales refractarios, sistemas mecánicos o manuales de alimentación de combustible, viguetas de acero para contener el cuerpo de la caldera y sistemas manuales para retirar los residuos de la combustión, ya que se utilizaban materiales sólidos (carbón principalmente) para generar la combustión.

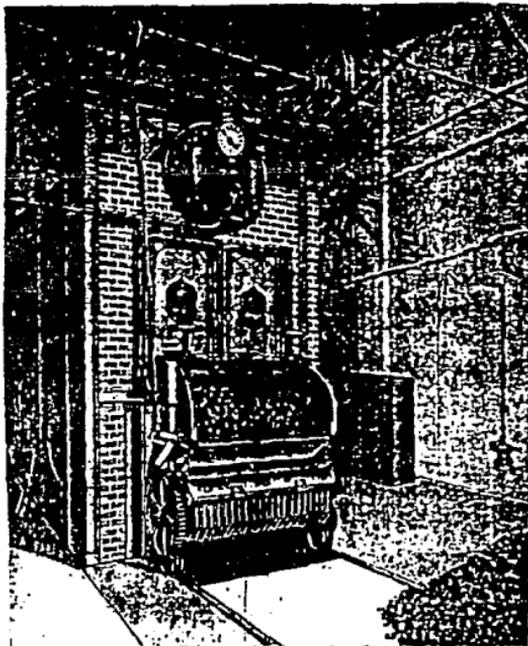


Figure 11

Por ésto y muchas razones los generadores de vapor tenían baja eficiencia comparando los requerimientos efectivos de vapor contra la producción total del generador. (fig. 03)

La investigación no solo se dio en el área de la generación de vapor, sino también en los medios para la transportación de éste con la menor cantidad de pérdidas de energía por las paredes de las tuberías y de la maquinaria.

Durante algún tiempo se consideró que el corazón de muchas industrias lo constituía un generador de vapor, ya que éstos producían la energía total requerida para los sistemas y para los servicios, fue por esta razón que a través del tiempo fueron adquiriendo más importancia y por lo que se buscó la manera de fabricar equipos más eficientes y durables, que fuesen confiables en la operación tratando de llevar al mínimo el riesgo de una falla o de un posible deterioro del equipo en un lapso muy corto de tiempo.

Hoy en día se considera que una de las inversiones más rentables es la adquisición de una caldera, puesto que su vida útil oscila entre 20 y 25 años de duración, teniendo ésta los cuidados necesarios y recomendado por los fabricantes).

Dada la duración de estos equipos es de sumo cuidado hacer la selección de una caldera en cuanto a sus características generales y en su capacidad de producción, ya que se debe de considerar la demanda total de vapor en el momento de seleccionar



Figure 95

el equipo y contemplar posibles ampliaciones durante la vida de ésta, para así hacer una elección correcta y durable.

Alguno de los parámetros a tomar en cuenta para la selección de una caldera son los siguientes:

- Agua de alimentación.
- Tiempo de operación diaria.
- Tipo de caldera y número de unidades.
- Combustibles.

En algunos casos existen industrias que su capacidad instalada no llega a satisfacer las demandas pico que se llegan a producir dentro de sus procesos y en una época determinada, por lo que solo tienen dos alternativas, las cuales son:

- Adquisición de un equipo de mayor capacidad.
- Renta del servicio durante el tiempo necesario.

La adquisición de un equipo nuevo representa un alto costo, lo cual muchas empresas no están en posibilidades económicas de una erogación de esta magnitud, y en caso de poder efectuarla se distrae capital de trabajo.

La renta de vapor representa una mayor rentabilidad, ya que no se distrae el capital de trabajo y no se efectúa una erogación fuerte, sino que solo se puede incluir el costo del servicio dentro de sus costos de operación, teniendo las siguientes ventajas:

- Ahorro en tiempos muertos y mayor producción.
- Rentabilidad del servicio.

- Cobertura total de demandas pico en producción.

Teniendo la facilidad de obtener en renta por cualquier lapso de tiempo de Unidad Móvil de Generación de Vapor satisfacen las demandas pico de una manera rentable.

CAPITULO II

TIPOS DE CALDERAS

Para determinar el funcionamiento de una caldera, es necesario identificar cada una de sus partes, así como los sistemas con los que cuenta, y para ésto definiremos lo que es una caldera.

Se conoce como un equipo mecánico, que haciendo uso de la transferencia de calor produce vapor, y en algunos otros casos también producen agua caliente.

Existen dos grandes agrupaciones de calderas que son:

- Calderas Tubos de Agua.
- Calderas Tubos de Humo.

CALDERAS TUBOS DE AGUA.

Estos equipos se les llama así, ya que el agua que se encuentra dentro del equipo, circula a través de los tubos o fluxes, así como en los domos superior e inferior, el producto de la combustión circula fuera de los tubos pero dentro del cuerpo de la caldera.

Mas adelante se explicará a detalle cada una de las partes de las calderas.

Dadas las características de este tipo de equipo, no es recomendable utilizarlas para formar una Unidad Móvil de Generación de Vapor, ya que su peso y sus dimensiones las hacen poco prácticas.

CALDERAS TUBOS DE HUMO.

A diferencia de las anteriores, en estas calderas el agua se localiza en la parte exterior de los tubos o fluxes, pero contenida dentro del cuerpo de la caldera y el producto de la combustión circula por el interior de los tubos o fluxes independientemente del número de pasos con los que cuenta la caldera.

Dadas sus características generales este tipo de calderas son las utilizadas para Unidades Móviles de Generación de Vapor.

Al hablar de calderas es necesario identificar cada una de sus partes y así posteriormente entrar a definir los procesos por los cuales se produce vapor, para la identificación de las partes desglosaremos una caldera tubos de agua y tubos de humo.

2.1 CALDERAS TUBOS DE AGUA.

Los componentes principales de las calderas tubos de agua son:

- 1.- Cuerpo o envolvente.
- 2.- Tubos o fluxes.
- 3.- Domo superior.
- 4.- Domo inferior.
- 5.- Cámara de combustión.

Cuerpo o Envolvente.- Se le llama así a la parte que sirve para limitar el espacio que utiliza la caldera, así como para la conducción de los gases de producto de la combustión.

Este cuerpo o envolvente está formado por una pared aislante que en algunas casos consta de tabiques refractarios, cámaras de aire o fibra de vidrio y otra pared es fabricada en placa de acero, pero esta no tiene que tener temperaturas muy altas, ya que la primera pared se utiliza como aislante térmico.

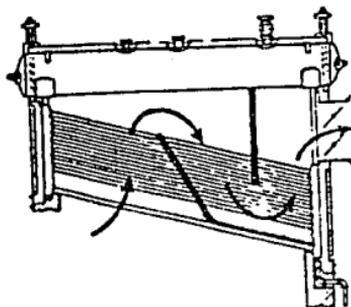
Tubos o Fluxes.- Los fluxes son los tubos por los cuales circula el agua y a través de éstos es donde se lleva a cabo el proceso de transferencia de calor entre los gases de combustión que se encuentran a altas temperaturas y el agua.

Los fluxes están conectados entre el domo superior y el domo inferior, éstos en sus partes terminales se encuentran soldados o rebordeados contra la pared de los domos como medio de fijación. (fig. 04)

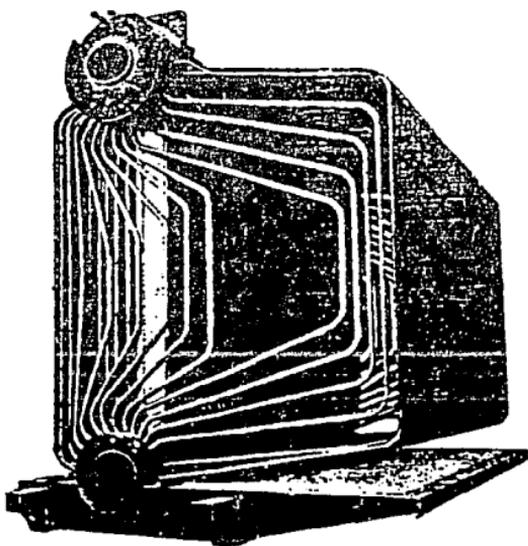
Domo Superior.- Es un tanque de forma cilíndrica horizontal ubicado en la parte alta de la caldera, ya que es aquí en donde se determina el nivel mínimo y máximo de agua, en éste mismo es donde se encuentra el vapor que se genera.

Este domo cuenta con un registro tipo tortuga para inspección y mantenimiento, así como todos los coples para los elementos de control. (fig. 05)

Domo Inferior.- En comparación del superior éste también tiene una forma cilíndrica horizontal, pero se encuentra localizado en la parte baja de la caldera, y a diferencia del



Caldera tubos de agua rectos



Caldera tubos de agua curvos

Figura 14

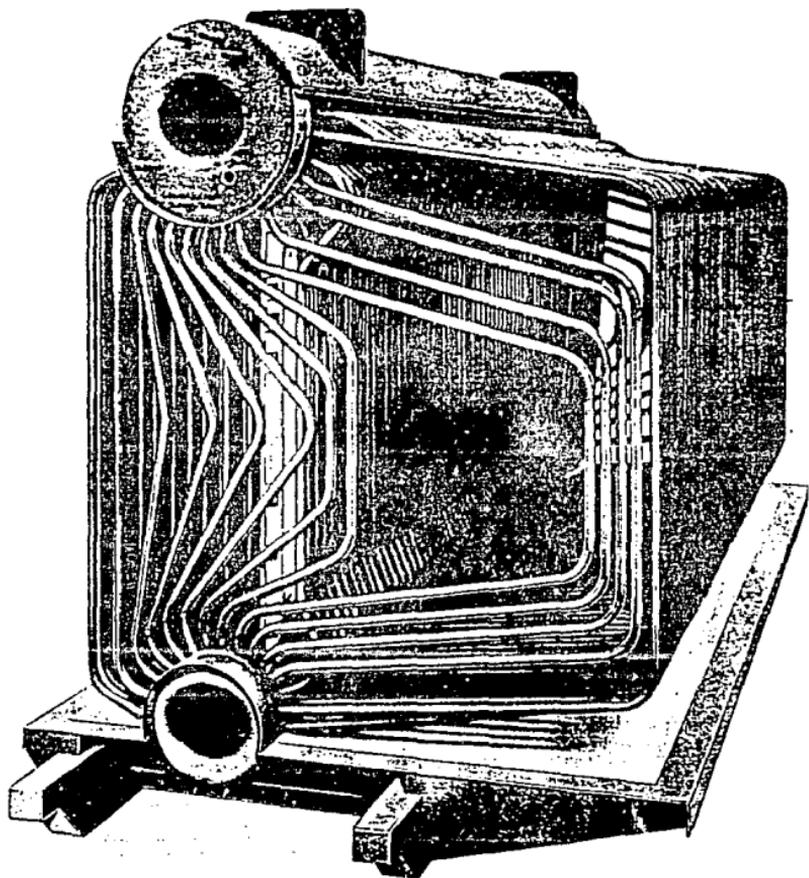


FIGURE 05

anterior en éste solo se encuentra agua en su interior. (fig. 05)

Cámara de Combustión.- El espacio que se ocupa para combustión está limitado por el cuerpo o envolvente y por los fluxes, ya que la salida del producto (gases de combustión) es a través de la chimenea. (fig. 05)

2.2. CALDERAS TUBOS DE HUMO.

Para analizar los componentes de este tipo de calderas los dividiremos en:

- 1.- Cuerpo o envolvente.
- 2.- Tubos o fluxes.
- 3.- Espejos.
- 4.- Hogar.

Cuerpo o envolvente.- Esta parte de la caldera se le denomina así ya que limita el espacio exterior del interior de la caldera, así mismo sirve para contener tanto el agua como el vapor y todos los elementos que se encuentran, tales como fluxes, espejos, hogar, etc. (fig. 06)

Tubos o fluxes.- Los fluxes son una serie de tubos de acero dispuestos en forma horizontal, que van del espejo frontal al posterior, éstos se encuentran en contacto por la parte interior con los gases de combustión y por la parte exterior el agua, siendo que es a través de los fluxes que se produce un intercambio de calor. (fig. 06)

Espejos.- Se les denomina así ya que se encuentran dos piezas en cada caldera, siendo que tienen una forma igual el frontal y el posterior.

En estos se alojan los tubos o fluxes así como el hogar, y en la mayoría de los casos los tensores que van soldados a los espejos y al cuerpo de la caldera para evitar deformaciones.

(fig. 06)

Hogar.- Se le llama así a la zona donde se produce la combustión y también se considera la zona de mayor generación de calor. (fig. 06)

2.3. PRINCIPIO DE OPERACION DE LAS CALDERAS TUBOS DE HUMO.

Es necesario conocer los procesos de transformación que se llevan a cabo dentro de la envolvente de las calderas, tales son los casos de los sistemas que a continuación se describen.

1.- Sistema de Agua-Vapor.

2.- Sistema de Aire.

3.- Sistema de Combustible.

Sistema de Agua-Vapor.- Siendo que todos los sistemas son de suma importancia, ya que intervienen al mismo tiempo en el proceso de la generación del vapor, podemos decir que el primero de estos sistemas tiene por objetivo el de efectuar un cambio de estado del agua que está contenida dentro del cuerpo y está limitado por los espejos frontal y posterior, así como por los

tubos o fluxes, nunca se encuentra lleno este volumen pues en la parte superior se encuentra el vapor que se genera dado el cambio de estado que sufre el agua al elevar su temperatura.

Sistema de Aire.- Es indispensable la inyección de aire por medio de un ventilador, el cual lleva su flujo entre el espejo frontal y la tapa, y desemboca en primer término al hogar donde se mezcla con el combustible previamente atomizado y proporciona la cantidad suficiente de oxígeno para que se produzca la combustión, al ser un sistema de tiro forzado la trayectoria del producto de la combustión (gases de combustión), es dirigido a través de los tubos o fluxes y circula de la parte frontal hacia la parte posterior, tantas veces como sean los números de pasos, dependiendo del tipo de diseño que se trate. (fig. 07)

Sistema de combustible.- Para lograr una combustión dentro del hogar es necesario introducir un combustible en las calderas.

Mas adelante se efectuara un análisis de cada uno de los combustibles en relación de su costo contra su poder calorífico y así mismo un comparativo para detectar el costo por operación.

Es común utilizar cualquiera de los tres combustibles que se mencionan o una combinación de estos.

- | | |
|-------------|------------------|
| 1.- Gas. | 3.- Combustóleo. |
| 2.- Diesel. | 4.- Dual. |

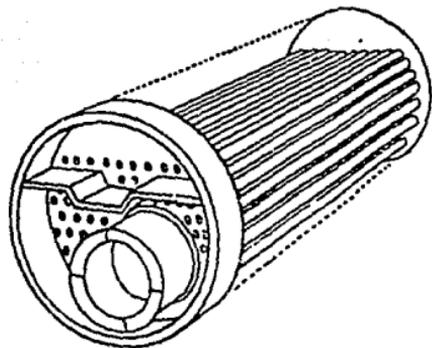
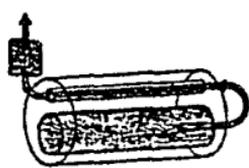


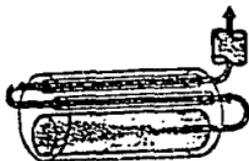
Figura 05



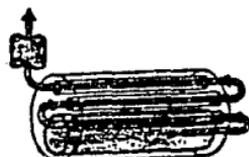
De dos retornos, parte posterior seca



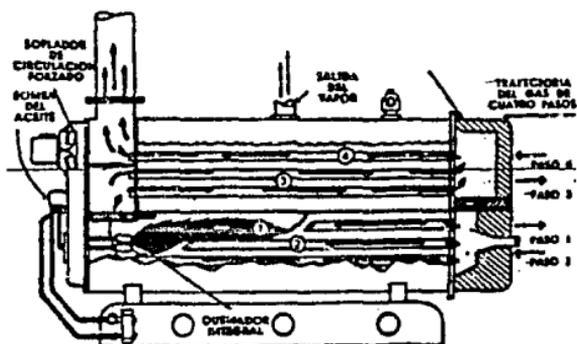
De tres retornos parte posterior enfriado por agua



De tres retornos, parte posterior seca



De cuatro retornos, parte posterior seca



Calderas tubos de fuego de 4 pasos

Figura 07

Gas.- Este combustible es común utilizarlo en zonas donde es fácil su adquisición, ya sea por derivaciones de gasoductos o por el almacenamiento del mismo.

En la actualidad se consideran dos factores en la utilización de este combustible.

a) Costo.

b) Riesgo.

a) El costo se ha incrementado poco a poco y cada vez es menos rentable su utilización, como se observará mas adelante en el comparativo.

b) Este combustible siempre tiene un riesgo latente en cuanto a un posible accidente por fugas, aunque es posible detectarlas, pero no deja de existir un alto riesgo.

Combustión.

Para poder obtener un cambio de temperatura en el agua es necesario tener una fuente emisora, la cual se obtiene de los combustibles, entendiéndose como combustibles, a cualquier substancia que al combinarse con el oxígeno del aire produce luz, calor y desprendimiento de gases.

Existe una clasificación general en cuanto a los combustibles que son: combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.

Dentro de la clasificación de combustibles sólidos se puede mencionar el carbón mineral, la madera, las cortezas de bagazo de caña, etc.

Como combustibles líquidos se puede citar una gran variedad, ya que son obtenidos después de un proceso de refinación del petróleo crudo que contiene una gran cantidad de hidrocarburos sólidos y gaseosos disueltos.

Ejemplo: Diesel, combustóleo, gasolinas, alcoholes, etc.

Los combustibles gaseosos tienen una amplia aplicación en la rama industrial, pero se caracterizan por tener todas las ventajas de los combustibles líquidos y en algunos casos menores desventajas, pero es necesario tener consideración para su aplicación y almacenamiento, ya que se deben extremar las medidas de seguridad, como ejemplo, podemos mencionar al gas natural, gas de horno de coque, gas de altos hornos y gas L.P., éste último tiene un costo sumamente alto y es por esta razón que es casi nula su aplicación.

El sistema que utiliza este combustible para su conducción hasta la caldera se compone básicamente de:

- a) Línea principal de gas.
- b) Línea de piloto de gas.

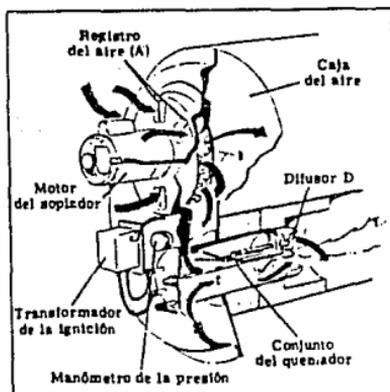
a) Los elementos que componen la línea principal:

- Llave principal de gas.
- Válvula reguladora de gas.
- Válvula de diafragma de gas.
- Tuerca unión.

b) Los elementos que componen la línea del piloto de gas son:

- Derivación de la línea de abastecimiento principal.
- Manómetro de presión de gas.
- Llave de piloto de gas.
- Tuerca union.
- Regulador de presión del piloto de gas.
- Manómetro de presión del gas en el piloto.
- Válvula solenoide del piloto de gas.
- Bujía de ignición.
- Conjunto de piloto de gas.

Las líneas de gas que utilizan conjuntamente el sistema de aire que le proporciona el motoventilador para mezclarse y así producir la combustión. (fig. 08)

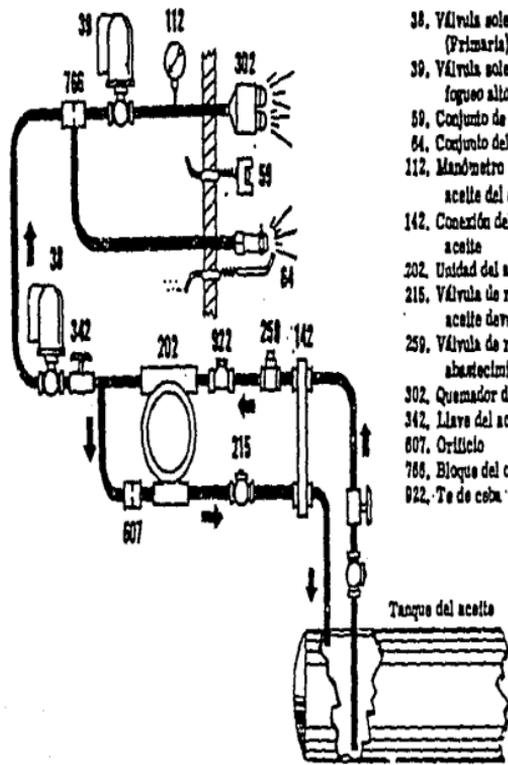


Diesel.- Es válido afirmar que el sistema de combustible de diesel es el mas limpio y sencillo en comparación a los demás, ya que no requiere grandes cantidades de accesorios y tampoco tiene el riesgo de explosión. los elementos que componen el sistema de alimentación de diesel son:

- Válvula solenoide primaria.
- Válvula solenoide secundaria.
- Conjunto de fotocelda.
- Piloto de encendido de diesel.
- Manómetro del quemador.
- Bomba de diesel.
- Válvula de retencion.
- Conjunto del quemador.
- Válvula de paso de la línea principal.
- Derivación de la línea principal de combustible.
- Tee para cebar la línea.

Al igual que otros sistemas de combustible el aire que suministra el motoventilador se mezcla con el diesel para efectuar la combustión dentro del hogar y así llevar consigo todos los gases producto de ésta a través de la chimenea. (fig. 09)

Combustóleo.- El sistema que describimos a continuación se considera el que contiene una mayor cantidad de elementos, ya que



- 38. Válvula solenóide del aceite (Primaria)
- 39. Válvula solenóide del aceite, foguero alto (Retardada)
- 59. Conjunto de la fotocélula
- 64. Conjunto del piloto de aceite
- 112. Manómetro de la presión del aceite del quemador
- 142. Conexión del abastecimiento de aceite
- 202. Unidad del aceite, dos etapas
- 215. Válvula de retención (Vino del aceite devuelto)
- 259. Válvula de retención del abastecimiento de aceite delgado
- 302. Quemador de aceite
- 342. Llave del aceite
- 607. Orificio
- 766. Bloque del orificio
- 922. Te de cobre

Tanque del aceite

en este caso se necesita tener compresor de aire, precalentador de combustible y muchos otros accesorios para el correcto funcionamiento del sistema.

Los elementos que se enumeran a continuación son los necesarios para una correcta instalación.

- 1.- Filtro de aire.
- 2.- Válvula de columpio.
- 3.- Cruceta.
- 4.- Manómetro de aire de atomización.
- 5.- Quemador de combustible.
- 6.- Aire de atomización.
- 7.- Compresor.
- 8.- Válvula de prueba de aire de atomización.
- 9.- Válvula solenoide de combustible.
- 10.- Controlador de combustible.
- 11.- Retorno de aire de atomización.
- 12.- Tanque receptor aire-aceite.
- 13.- Válvula check de purga.
- 14.- Válvula de purga de aire.
- 15.- Regulador de presión de combustible.
- 16.- Termómetro de combustible.
- 17.- Bulbo de filtro de combustible.
- 18.- Línea de aceite.
- 19.- Boquilla de orificio de aire.
- 20.- Válvula reguladora.

- 21.- Leva dosificadora.
- 22.- Válvula de alivio.
- 23.- Switch de baja temperatura de combustible.
- 24.- Manómetro de retorno de combustible.
- 25.- By-pass manual.
- 26.- Manómetro de combustible.
- 27.- Válvula de orificio.
- 28.- Retorno de combustible.
- 29.- Manómetro de suministro de combustible.
- 30.- Válvula de alivio de combustible.
- 31.- Termostato del calentador.
- 32.- Filtro de combustible.
- 33.- Manómetro de vapor del calentador.
- 34.- Válvula solenoide de vapor del precalentador.
- 35.- Regulador de presión de vapor.
- 36.- Calentador de combustible.
- 37.- Suministro de vapor.
- 38.- Válvula check.
- 39.- Drenador de vapor.
- 40.- Válvula de corte de vapor.
- 41.- Termostato de combustible.
- 42.- Válvula check.
- 43.- Trampa de vapor.

Todos los elementos que se mencionan son necesarios para el uso del combustóleo.

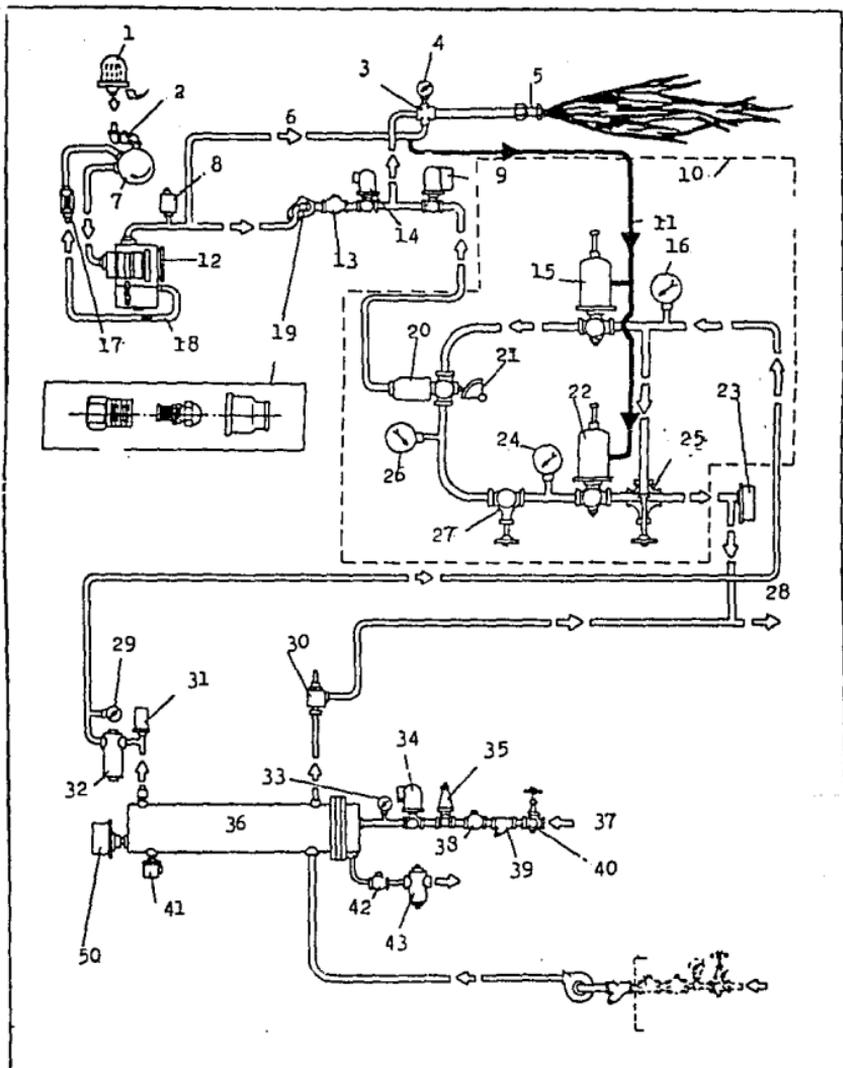


Figure 11

El motoventilador también forma parte de este sistema, ya que el aire comprimido que suministra el compresor es únicamente para la atomización del combustible en la boquilla. (fig.10)

Dual.- Este sistema se obtiene cuando las calderas pueden operar indistintamente con dos combustibles, es decir, una caldera puede operar con diesel o gas, pero también con diesel o combustóleo, esto dependiendo de las características de la localidad en donde se encuentra el equipo y la facilidad de obtención, almacenaje y costo de los combustibles.

2.4. GENERACION DE VAPOR.

Al hablar de vapor se entiende que es una forma por medio de la cual se puede manifestar la subsistencia, así como en un estado sólido o líquido.

La sustancia en cuestión es el agua, ésta contiene ciertas características que son aprovechadas en las calderas para generar vapor, el objetivo básico es el de utilizar el vapor, como medio para transmitir alguna de sus propiedades, tales como temperatura y presión, ya que el agua se encuentra en diferentes estados y representa un bajo costo en relación con otras sustancias. (fig. 11)

El proceso de obtención de vapor se lleva a cabo a través de una caldera. Para poder generar una transmisión de calor es necesario contar con una fuente emisora y una receptora que en

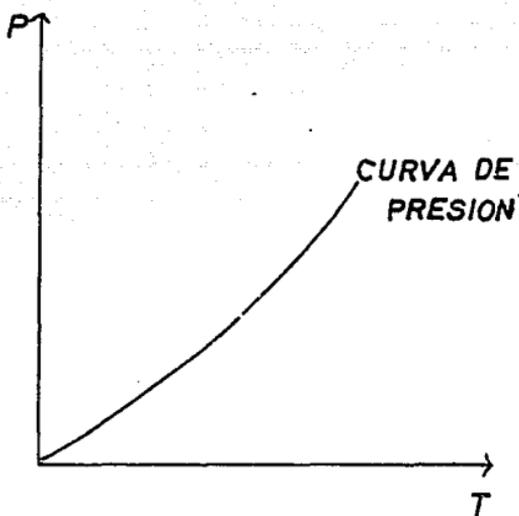


Figura 11

este caso la fuente emisora es la caldera y la receptora el agua.

La fuente emisora de calor (caldera) tiene como objetivo el transmitir calor latente al agua, pero en realidad también transmite calor sensible, estos dos términos se definen como:

Calor sensible.- Se presenta un cambio en la temperatura hasta llegar al punto de saturación del agua.

Calor latente.- No se presenta un cambio de temperatura y empieza a partir del punto de saturación y existe el cambio de estado, o sea empieza a existir vapor-agua, dependiendo de la calidad. (fig. 12)

El calor sensible y el calor latente son proporcionados por la caldera, es decir, el conjunto del quemador (antes descritos) generan una combustión, de esta combustión se desprende una energía, la cual se manifiesta como calor, se transmite al agua a través de los tubos o fluxes y ésta incrementará paulatinamente su temperatura hasta el momento en que empieza a hervir, se dice que ha llegado al punto que se define como líquido saturado (punto A).

Dado que la fuente emisora de calor continúa su operación el agua cambia su estado encontrándose una mezcla agua-vapor (punto A, B) es en este momento que el agua empieza a adquirir calor latente, en el momento en que desaparece la última partícula de agua y se convierte en vapor, éste se encuentra como vapor

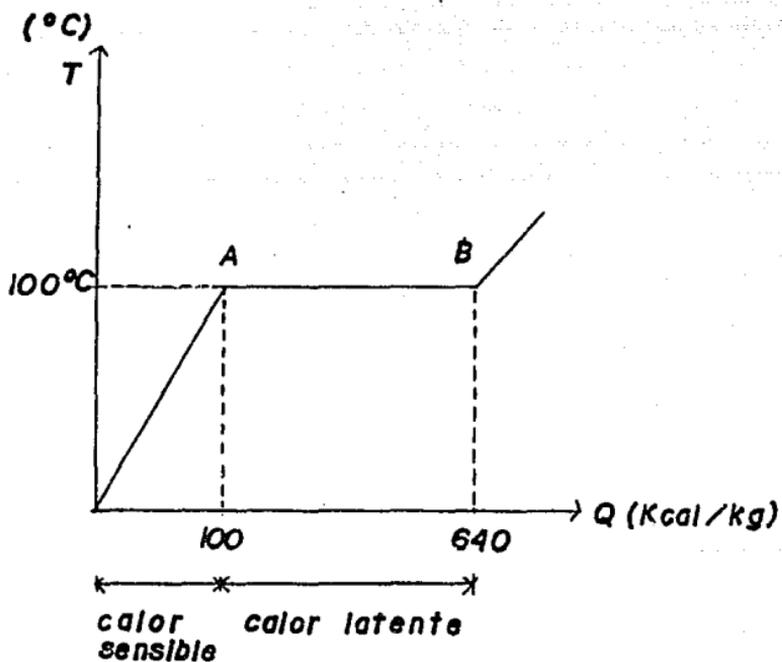


Figure 12

saturado, esto quiere decir que tiene una calidad de 100%

La calidad del vapor es de suma importancia para determinar que tipo de equipo es necesario para obtener las condiciones que se requieren, ya que las calderas están diseñadas para recibir liquido saturado a 100°C y entregar vapor saturado a 100°C a condiciones de presión y temperatura del nivel del mar, pero también es posible encontrar vapor saturado a diferentes presiones y temperaturas como se puede ver en la siguiente tabla. (fig. 13)

En la siguiente gráfica se puede observar la variedad de curvas que se pueden obtener a diferentes presiones y temperaturas, así como el comportamiento del vapor en la sección de calor sensible, calor latente y alguno de los casos específicos, tal como lo ilustra la curva j. (fig. 14)

En las curvas A, B y C existe un proceso de calentamiento de agua en el cual se le suministra calor sensible, posteriormente se nota un proceso a temperatura constante con un cambio de volumen, es en este momento que podemos ver entre los puntos F y K, G y L, H y M, las cuales se encuentran a diferentes presiones.

La línea F, G, H, I representa la curva de liquido saturado y la línea I, M, L, E representa la curva de vapor saturado, ya teniendo definición de estas curvas existe el caso de la curva E, J, la cual representa un proceso a presión constante pero mayor a la presión crítica.

FRESHEN	TEMPERATURE	VOLUME		COLUMEN ESTE		ESTALIA		CALOR DE
		ESTALIA	ESTALIA	ESTALIA	ESTALIA	ESTALIA	ESTALIA	
LBS/SEC	°F	PIED LB	PIED LB	BTU/LB	BTU/LB	BTU/LB	BTU/LB	ESTALIA
0.2	57.14	0.01803	1525	21.21	1095	1063.3		
0.2	64.47	0.01805	1537.3	21.32	1090	1057.4		
0.4	72.84	0.01806	371.7	40.89	1092.3	1022.7		
0.5	79.23	0.01866	641.4	47.6	1094.4	1048.8		
0.5	82.21	0.01869	540	52.21	1099.7	1043.7		
0.7	90.62	0.0181	466.7	75.07	1101	1042.7		
0.8	94.26	0.01812	411.7	80.36	1102.3	1040.4		
0.9	98.24	0.01813	366.4	86.21	1104.5	1038.2		
1	101.74	0.01814	327.8	89.7	1106	1036.2		
1.2	107.92	0.01818	290.9	75.87	1108.8	1027.7		
1.4	112.26	0.01818	243	81.2	1110.8	1029.6		
1.6	117.99	0.0182	214.3	85.91	1112.8	1026.6		
1.8	122.27	0.01821	191.2	90.14	1114.6	1024.5		
2	126.05	0.01823	172.75	95.69	1116.2	1022.2		
2.2	129.74	0.01827	158.75	101.85	1117.5	1019.5		
2.5	141.46	0.0182	118.71	109.77	1122.6	1013.2		
2.5	145.27	0.01827	102.75	115.36	1123.1	1009.6		
3	149.37	0.01826	86.47	120.79	1127.7	1006.6		
3.5	157.82	0.01828	81.16	125.71	1129.2	1007.6		
4	162.24	0.0184	75.22	120.12	1121.1	1001		
5.5	180.3	0.01843	67.24	124.19	1122.7	998.5		
6	170.06	0.01843	61.98	127.95	1134.2	996.2		
6.5	177.56	0.01847	57.5	141.47	1128.6	994.1		
7	176.85	0.01849	55.84	144.76	1126.9	992.1		
7.5	178.94	0.01851	50.27	147.36	1128.1	990.2		
8	182.45	0.01857	47.25	150.79	1129.5	988.2		
8.5	187.44	0.01854	44.77	157.57	1140.4	986.3		
9	193.29	0.01856	42.4	156.22	1141.4	982.2		
9.5	196.3	0.01858	40.71	158.75	1142.5	978.6		
10	197.21	0.01859	39.42	161.47	1142.7	975.1		
11	197.73	0.01862	39.14	165.75	1145	970.5		
12	201.96	0.01865	37.4	167.96	1146.8	976.6		
12	205.88	0.01867	36.46	173.91	1148.1	974.2		
14	217.56	0.0187	35.04	177.61	1148.5	971.9		
14.5	222	0.01872	34.3	180.67	1150.4	970.2		
15	219.27	0.01872	34.25	181.11	1150.8	967.7		
16	219.22	0.01874	34.73	184.42	1152	967.6		
17	218.41	0.01877	33.74	187.56	1152.1	965.5		
18	222.41	0.01879	33.17	190.56	1154.2	962.6		
18	222.24	0.01881	31.18	192.42	1155.2	961.9		
20	226.79	0.01883	30.039	196.16	1156.7	961.1		
16	227.81	0.01774	4.422	296.4	1167.2	888.6		
150	228.42	0.01909	2.013	320.51	1194.1	867.6		
200	281.79	0.01927	1.288	325.56	1198.4	842		
220	462.95	0.01933	1.3428	376	1201.1	822.1		
230	417.27	0.01937	1.5423	387.84	1202.8	806		
250	471.77	0.01945	1.225	409.69	1202.9	794.2		

FIGURA 13

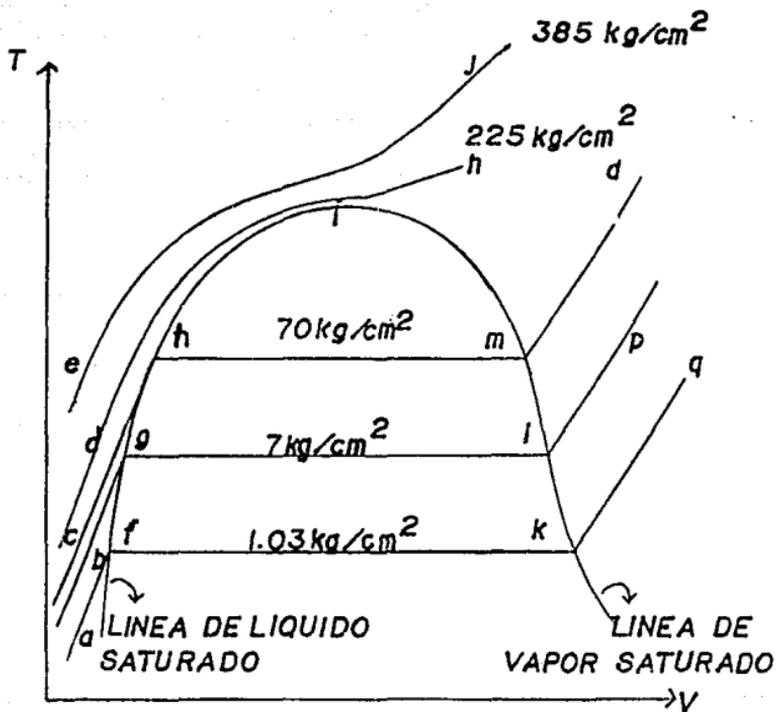


Figura 14

Si el agua es calentada en un proceso de presión constante a 386 kgf/cm² y 15.6° C nunca se encontrarán presentes dos estados, sino que habrá un cambio continuo de densidad y durante este proceso solo estará presente un solo estado. (fig. 14)

CAPITULO III

DESCRIPCION GENERAL DE UNA UNIDAD MOVIL
DE GENERACION DE VAPOR

Conociendo los pasos que sigue el agua dentro de la caldera es posible obtener las condiciones deseadas para un proceso determinado, es decir, en los procesos requeridos por la industria existen condiciones especificas de las características del vapor, tales como; presión, temperatura, estas condiciones se pueden obtener en las calderas dependiendo de las limitantes que se tienen por su propio diseño.

En lo sucesivo se referirá de una manera ejemplificada el procedimiento propuesto para la selección, así como para el montaje del equipo en la plataforma, siendo el objetivo tener una Unidad Móvil de Generación de Vapor con una versatilidad tal que proporcione servicio a la mayor cantidad posible de usuarios, satisfaciendo de esta manera las necesidades actuales y futuras de los posibles usuarios de estas unidades.

El presente ejemplo se determino en base a las actividades de investigación que se llevaron a cabo con los posibles usuarios tales como:

- Industria alimenticia.
- Industria azucarera.
- Industria papelerera.

Estos sectores se tomaron como base para obtener los parámetros de inicio.

3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL Y DIAGRAMA INICIAL.

Siendo el objetivo principal el tener una Unidad Móvil de Generación de Vapor, es necesario determinar todos aquellos equipos que son necesarios para el funcionamiento de la caldera, de los cuales a continuación se hará una descripción.

Dentro del sistema de agua se instalará un equipo de suavización, el cual tiene la función de disminuir la dureza del agua y así evitar incrustaciones de sales y otras impurezas que tiene el agua dentro de la caldera, estas incrustaciones son perjudiciales, ya que producen a través del tiempo picaduras y un adelgazamiento de los fluxes y también de los espejos.

TANQUE DE AGUA.

Una vez que se obtiene agua tratada ésta es llevada a un tanque receptor, el cual tiene la función de mantener en operación la caldera, teniendo también la capacidad de recibir todos los condensados que sean retornados para así volverlos a ingresar a la caldera.

EQUIPO DE BOMBEO DE AGUA.

Dentro del sistema de agua de alimentación a la caldera se tienen dos bombas, (una de ellas estará de repuesto) las cuales tienen la succión conectada al tanque de agua y su descarga llega

directamente a la caldera para así mantener el nivel correcto de agua dentro del cuerpo de la caldera.

Estas bombas tienen la capacidad de ingresar el agua a la caldera a una presión mayor a la de operación de la caldera.

SEPARADOR CENTRIFUGO.

El separador centrifugo tiene como objetivo recibir las purgas de fondo y de superficie que se le efectúan a la caldera con cierta continuidad como medida de mantenimiento.

Las purgas de fondo son las que se efectúan por la parte baja de la caldera para arrastrar todos aquellos sólidos o lodos que se depositan en la caldera.

El objetivo principal de las purgas de superficie es el de eliminar algunos sólidos en suspensión y también las espumas que se llegan a formar en la superficie del agua que se encuentra dentro de la caldera.

Los residuos que aloja el separador centrifugo deben ser desechados, ya que éste contiene todas las impurezas que son retiradas de la caldera.

TANQUE DE DIESEL Y COMBUSTOLEO.

Estos tanques tienen como objetivo el de almacenar el combustible necesario para la operación de la caldera, uno de ellos almacena diesel y el otro almacena combustoleo, para ingresar este combustible al sistema del quemador de la caldera

se tiene una bomba de combustible, esta tiene su succión conectada a ambos tanques, ya que puede trabajar con diesel o con combustóleo.

En la operación con combustóleo se utiliza un intercambiador de calor que está localizado dentro del tanque de combustóleo este intercambiador opera con vapor que produce la misma caldera y así la forma por la cual se adelgaza el combustóleo para poder pasar al equipo de bombeo.

TANQUES DE GAS.

Se colocarán dos tanques de una capacidad de 10 Kg c/u, éstos darán servicio única y exclusivamente para el encendido del piloto de la caldera ya que cuando se opera con gas natural la válvula solenoide que permite el paso del gas proveniente de los tanques se cierra y es cuando empieza a operar con el suministro del gas natural.

TABLERO ELECTRICO.

Dentro de este tablero se tendrá un interruptor general de 100 Amp. un interruptor para la caldera de 30 Amp., un interruptor de 15 Amp. y un arrancador para la bomba de combustible, un interruptor de 20 Amp. y un arrancador para la bomba de agua, un interruptor de 15 Amp. y un transformador de 200 Volts-110 Volts para el circuito de control.

La alimentación a este tablero de control debe ser de 220 Volts y 60 ciclos para la correcta operación del sistema.

CHIMENEA.

La chimenea estará localizada a un lado de la caldera en forma horizontal para efectos de transportación, ya que no puede permanecer instalada en su posición normal.

Ya habiendo mencionado todos los equipos para el funcionamiento de una Unidad Móvil de Generación de Vapor se seleccionará el tipo de remolque y sus características para así instalar los equipos sobre la plataforma.

REMOLQUE.

Especificaciones:

Largo de la plataforma: 9.60 m.

Ancho total de la plataforma: 2.50 m.

Altura del peto frontal de protección: 1.67 m.

Perno de tirón forjado alta resistencia.

Dos ejes redondos con capacidad de 10,000 Kg cada uno.

Frenos: de aire, frenaje de 16 1/2 X 7" en cada rueda.

Soporte frontal tipo vertical de 2 velocidades.

Llantas: 8 llantas 1,100-22.

Rines: 8 de disco de 22".

Porta rin: Tipo canasta troquelado y soldado al bastidor principal.

Alumbrado: 12-16 Volts.

Una vez seleccionada la plataforma, el anclaje de

todos los equipos se hará directamente hacia el bastidor con pernos, debiendo fijar cada uno de los soportes que tengan los equipos.

CALDERA.

Siendo el objetivo la generación de vapor, la caldera se ubicará arriba de los ejes de la plataforma, ya que representa el equipo de mayor peso.

Esta contendrá todos los elementos para su funcionamiento tales como:

Tablero de control.

Columna de nivel.

Motoventilador.

Brida de chimenea.

Compresor.

Todos estos elementos forman parte de la caldera y se encontrarán conectados directamente.

3.2. SELECCION DE EQUIPOS.

Para poder seleccionar todos los equipos que serán utilizados en el montaje de esta Unidad Móvil de Generación de Vapor, se empezará por determinar los requerimientos de vapor, para así seleccionar la caldera determinando la presión de operación, la cantidad de caballos caldera necesarios.

Una vez obtenidas las características de la caldera podremos

seleccionar los tanques de combustible y de agua, ya que sabremos el consumo que tiene la caldera, así mismo el tipo de bombas a utilizar.

En el caso del equipo de suavización de agua debe pensar que al momento de ser una Unidad Móvil las características del agua cambiarán de un lugar a otro.

SELECCION DE LA CALDERA.

Los requerimientos de vapor para la Unidad Móvil de Generación de Vapor será de 760 Kg/hr de vapor saturado a una presión de 8 Kg/cm².

En base a los datos anteriores se puede determinar que tipo de caldera se va a utilizar y para ello debemos utilizar el equivalente en caballos caldera.

Por definición se determina que "un caballo caldera es igual a 15.65 Kg/hr de vapor saturado desde y hasta 100° C".(1)

Siendo éste el equivalente, es necesario considerar que la evaporación de la caldera depende de las características ambientales del lugar en donde se coloque la Unidad Móvil para su operación, es decir los resultados de la operación no serán los mismos en un lugar que se encuentre al nivel del mar que en un lugar que se encuentra a una determinada altura sobre el nivel del mar, por lo que se debe tomar en cuenta esto para calcular la caldera a utilizar.

Una vez teniendo la cantidad de vapor demandada y la definición de un caballo caldera, ya que es posible determinar el modelo de la caldera a utilizar.

Si tenemos:

760 kg/hr de vapor demandado

y

1 C.C. = 15.65 kg/hr de vapor

de aquí se determina la capacidad en caballos caldera o sea:

$$\frac{760 \text{ kg/hr de vapor demandado}}{15.65 \text{ kg/hr de vapor}} = 48.56 \text{ Caballos Caldera.}$$

Donde 48.56 C.C. son la cantidad de caballos caldera requeridos para generar 760 kg/hr de vapor saturado a una presión de 8.0 kg/cm².

Ya teniendo la equivalencia en caballos caldera, la caldera seleccionada sería de 60 C.C. con una presión de diseño de 10.5 kg/cm², es necesario mencionar que la diferencia entre el resultado obtenido de los cálculos es a condiciones ideales, pero ya que en la realidad estas condiciones varían de un lugar a otro y la caldera tiene como objetivo el dar servicio en diferentes lugares, las condiciones cambian de un lugar a otro, es por esto que se requiere de un factor de evaporación que se obtendrá de la siguiente tabla. (fig. 15)

Temperatura del agua de alimentación		Presión Kg/cm ² Lb/inch ²															
		0.35	0.70	1.41	3.52	4.92	6.33	7.03	7.73	8.14	10.5	12.0	13.4	14.1	15.3	17.6	
°C	°F	5	10	20	50	70	90	100	110	130	150	170	190	200	225	250	
0.0	32	1.19	1.19	1.20	1.214	1.219	1.223	1.225	1.226	1.229	1.231	1.233	1.235	1.236	1.237	1.239	
4.4	40	1.18	1.18	1.19	1.206	1.211	1.215	1.217	1.218	1.221	1.223	1.225	1.227	1.227	1.229	1.231	
10.0	50	1.17	1.17	1.18	1.196	1.201	1.205	1.206	1.208	1.211	1.213	1.215	1.216	1.217	1.219	1.220	
15.6	60	1.16	1.16	1.17	1.185	1.190	1.194	1.196	1.198	1.200	1.202	1.204	1.206	1.207	1.209	1.210	
21.1	70	1.15	1.15	1.16	1.175	1.180	1.184	1.186	1.187	1.190	1.192	1.194	1.196	1.196	1.198	1.200	
26.7	80	1.14	1.14	1.15	1.162	1.170	1.174	1.176	1.177	1.180	1.182	1.184	1.185	1.186	1.188	1.189	
32.2	90	1.13	1.13	1.14	1.154	1.160	1.164	1.165	1.167	1.170	1.172	1.173	1.175	1.176	1.178	1.179	
37.8	100	1.12	1.12	1.13	1.144	1.149	1.153	1.155	1.156	1.159	1.161	1.163	1.165	1.166	1.167	1.169	
43	110	1.11	1.11	1.12	1.134	1.139	1.143	1.145	1.146	1.149	1.151	1.153	1.155	1.155	1.157	1.159	
49	120	1.10	1.10	1.11	1.124	1.129	1.133	1.134	1.136	1.139	1.141	1.143	1.144	1.145	1.147	1.148	
54	130	1.09	1.09	1.10	1.113	1.118	1.123	1.124	1.126	1.128	1.130	1.132	1.134	1.135	1.137	1.138	
60	140	1.08	1.08	1.09	1.103	1.108	1.112	1.114	1.115	1.118	1.120	1.122	1.124	1.125	1.126	1.128	
66	150	1.07	1.08	1.08	1.093	1.098	1.102	1.104	1.105	1.108	1.110	1.112	1.114	1.114	1.116	1.118	
71	160	1.06	1.07	1.07	1.082	1.088	1.092	1.093	1.095	1.097	1.100	1.102	1.103	1.104	1.106	1.107	
77	170	1.05	1.05	1.06	1.072	1.077	1.081	1.083	1.084	1.087	1.089	1.091	1.093	1.094	1.095	1.097	
82	180	1.04	1.04	1.05	1.062	1.067	1.071	1.073	1.074	1.077	1.079	1.081	1.083	1.083	1.085	1.087	
88	190	1.03	1.03	1.04	1.052	1.057	1.061	1.062	1.064	1.066	1.069	1.071	1.072	1.073	1.075	1.076	
93	200	1.02	1.02	1.03	1.041	1.047	1.050	1.052	1.053	1.056	1.058	1.060	1.062	1.063	1.064	1.065	
99	210	1.01	1.01	1.02	1.031	1.036	1.040	1.042	1.043	1.046	1.048	1.050	1.052	1.052	1.054	1.056	

Figura 15

Tomando en consideración que en promedio el agua de alimentación a la caldera estará entre 40° C y 45° C, obteniendo de la tabla anterior el factor de evaporación, la selección de la caldera será:

760 kg/hr vapor requerido a
10.5 kg/cm² de presión de diseño.

Obteniendo el factor de la tabla:

Factor = 1.151

Entonces la selección real de la caldera será:

760 kg/hr de vapor x 1.151 = 874.76 kg/hr de vapor

874.76 kg/hr de vapor
----- = 55.89 caballos caldera requeridos.
15.65 C.C.

Por lo que al obtener 55.89 caballos caldera, la selección se hará hacia el modelo inmediato superior que en este caso es una caldera de 60 caballos caldera, por lo que de esta manera quedan contempladas las condiciones reales de operación del equipo, y así efectuar los cálculos necesarios de los equipos auxiliares.

TANQUES DE COMBUSTIBLE.

Los tanques de combustible tendrán aproximadamente la misma capacidad, ya que la caldera tiene un sistema dual para el consumo de combustible, o sea, puede utilizar el sistema de combustible diesel o el de combustóleo, para ésto se calcularán

las dimensiones de los tanques. (fig. 16 y 17)

Teniendo que la caldera es de 60 caballos caldera y suponiendo una operación de 20 horas por día a una carga de 50% el consumo de combustible será de 102 lts/hr (fig. 18), entonces el consumo por día será:

$$102 \text{ lts/hr} \times 20 \text{ hrs/día} = 2040 \text{ lts/día}$$

Ya que los tanques no deben estar llenos en su totalidad, el volumen de los tanques será de:

$$\frac{2040 \text{ lts/día}}{0.7} = 2914.2 \text{ lts/día}$$

$$\text{Volúmen} = 2.9 \text{ m}^3$$

$$\text{Longitud} = 2.0 \text{ m}$$

$$\pi = 3.14 = \text{constante}$$

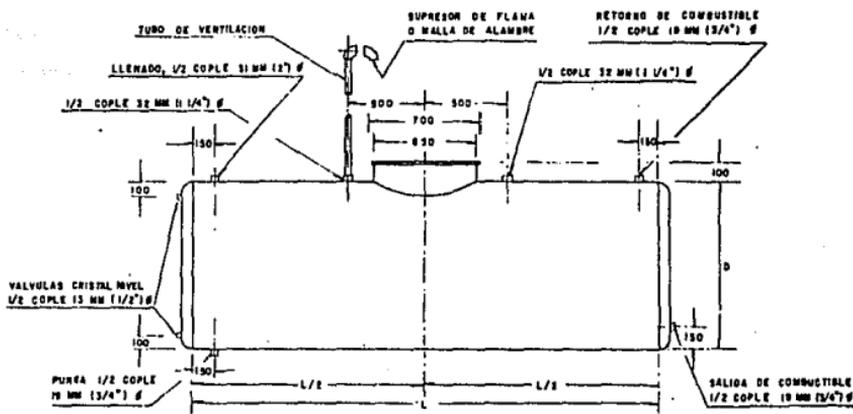
$$R = \text{incógnita}$$

$$R = \sqrt{\frac{V}{L}} = \sqrt{\frac{2.91 \text{ m}^3}{(3.14) (2.0 \text{ m})}}$$

$$R = \sqrt{\frac{2.91 \text{ m}^3}{6.28 \text{ m}}} = \sqrt{0.4633 \text{ m}^2} = 0.68 \text{ m}$$

$$R = 0.68 \text{ m}$$

Entonces el radio de los tanques de combustible será de 0.68 m .



TANQUE DE COMBUSTIBLE DIESEL

Figura 12

CONSUMOS DE COMBUSTIBLE (PROMEDIO) EN CALDERAS PARA
 DIVERSOS RENDIMIENTOS TERMICOS, CUANDO SE UTILIZAN
 COMBUSTIBLES MEXICANOS LIQUIDOS CON PODER CALORIFICO
 SUPERIOR DE 10,000 KCAL/KG

Capacidad en Caballos Caldera	Consumo de Combustible, Lt/HR a Plena Carga				
	40%	50%	60%	70%	80%
15	31.5	25.5	20.6	17.6	15.5
20	42.0	34.0	27.5	23.5	20.6
30	63.0	51.0	41.5	35.5	31.0
40	84.0	68.0	55.0	47.0	41.4
50	105.0	85.0	69.0	58.8	51.6
60	126.0	102.0	82.5	70.5	62.0
70	147.0	118.0	96.0	82.5	72.0
80	168.0	135.0	110.0	94.0	82.5
100	210.0	168.0	138.0	117.5	105.0
125	262.0	212.0	175.0	146.5	129.0
150	315.0	254.0	208.0	176.0	155.0
200	420.0	340.0	275.0	235.0	206.0
250	525.0	425.0	345.0	294.0	258.0
300	630.0	508.0	415.0	355.0	310.0
350	735.0	590.0	485.0	410.0	365.0
400	840.0	680.0	550.0	470.0	418.0
500	1050.0	850.0	690.0	590.0	518.0
600	1260.0	1020.0	810.0	705.0	620.0

Figura 16

En este caso que la caldera tiene la capacidad de utilizar diesel o combustóleo los dos tanques tendrán la misma capacidad.

TANQUE DE CONDENSADOS.

Para determinar la capacidad del tanque es necesario tener en cuenta que la caldera demandará una cantidad de agua que es casi igual a la cantidad de vapor que produce, por lo que la cantidad de agua de reposición va en proporción a la capacidad de la caldera, o sea que la demanda de agua será en función de una caldera de 60 C.C. (fig. 19)

El consumo de un caballo caldera durante un minuto es de 0.261 lts.

Entonces:

$$60 \text{ C.C.} \times 0.261 \text{ Lts/min} = 15.66 \text{ Lts/min}$$

Si la reserva mínima del tanque de agua lo debemos considerar para que la caldera se mantenga en operación por lo menos 30 minutos, entonces la capacidad del tanque será de :

$$15.66 \text{ Lts/min} \times 30 \text{ min} = 469.8 \text{ Lts.}$$

Pero no es recomendable mantener el 100% de la capacidad del tanque, por lo que se considera que debe estar al 75% de su volumen, por lo que entonces la capacidad nominal del tanque será de:

$$\frac{469.8 \text{ lts}}{0.75} = 626.4 \text{ lts}$$

**CANTIDAD MINIMA DE AGUA REQUERIDA PARA
ALIMENTACION DE CALDERAS**

Calderas Caldera	Lit./Min. Evaporadas	Caso A		Caso B		Observaciones
		Factor	Lit./min. proporcionados por la Bomba	Factor	Lit./min. proporcionados por la Bomba	
10	2.61	3	7.83			
15	3.83	3	11.49			
20	5.22	3	15.66			
30	7.83	3	23.49			
40	10.44	3	31.32			
50	13.05	2.5	32.60			
60	15.66	2.5	39.20			
80	20.88	2.5	52.20			
100	26.10	2.5	65.50			
125	32.50	2	65.00			
150	38.50	2	76.50	1.25	47.87	
200	52.20	2	104.10	1.25	65.25	
250	65.80	2	131.60	1.25	82.25	
300	78.30	2	156.60	1.25	97.87	
350	92.00	2	184.00	1.25	113.00	
400	104.40	2	208.80	1.20	125.28	
500	130.20	2	261.00	1.20	156.60	
600	156.60	2	313.20	1.20	187.92	
700	183.00	2	370.00	1.15	212.75	
800	208.80	2	417.60	1.15	240.12	
900	234.90	2	469.80	1.15	270.13	
1000	261.00	2	522.00	1.15	300.15	

Caso A.— Se refiere a bombas de paro y arranque controladas eléctricamente por la columna de nivel de agua. Considere de 2 a 3 Kg/cm². Mayor que la presión de trabajo de la caldera.

Caso B.— Se refiere a bombas en operación continua con regulación a través de una válvula de diafragma. Considere de 3 a 6 Kg/cm² mayor que la presión de trabajo de la caldera.

Figura 18

Ahora bien, ya sabiendo que la capacidad nominal del tanque se debe considerar que en el caso que exista retorno de los condensados, éstos serán llevados hacia este tanque, pero no siempre será posible retornar todos los condensados y es por esto que se considera la capacidad del tanque como si no existieran estos condensados.

Entonces se seleccionará un tanque de 690 lts, para tener un margen del 9.2% si existen retornos de condensados y así poderlos alojar dentro de este tanque.

El tanque tendrá las siguientes dimensiones:

$$V = \text{Volúmen} = 690 \text{ lts.} = 0.69 \text{ m}^3$$

$$\pi = \text{Constante} = 3.14$$

$$L = \text{Longitud} = 1.50 \text{ mts.}$$

$$r = \text{Radio} = \text{incógnita}$$

$$r = \sqrt{\frac{V}{(L) \times (\pi)}} = \sqrt{\frac{0.69 \text{ m}^3}{(3.14) \times (1.5 \text{ m})}}$$

$$r = \sqrt{\frac{0.69 \text{ m}^3}{4.71 \text{ m}}} = \sqrt{0.164 \text{ m}} = 0.383 \text{ m}$$

Por lo que:

$$V = (3.14) \times (0.383 \text{ m})^2 \times (1.5 \text{ m}) = 0.690 \text{ m}^3$$

BOMBAS DE ALIMENTACION DE AGUA.

Para la selección de las bombas de alimentación de agua a la caldera se debe tomar en cuenta:

La presión de descarga.

La presión de succión.

La caída de presión por tuberías y accesorios.

Contemplando estos tres puntos se puede determinar el tipo de bomba a utilizar para el agua de alimentación a la caldera, en base a los siguientes datos:

SUCCION.

Altura del tanque: 3.458 ft.

Longitud de tuberías: 15.75 ft.

Accesorios: 1 válvula de globo, 1 válvula de retención, 6 codos de 90°, 1 tee.

Presión en la succión: atmosférica.

Temperatura en la succión: 68° F.

DESCARGA.

Accesorios: 2 válvulas de globo, 3 válvulas de retención, 5 codos de 90°, 1 válvula de compuerta y 1 tee.

Tubería recta: 36.08 ft.

Presión de descarga: 191.96 Lb/in²

Presión interna de la caldera: 149.30 Lb/in²

Temperatura a la descarga: 212° F.

= 6527 cps.

$$= 61.93 \text{ Lb/pie}^3$$

Flujo másico = 5227.2 Lb/hr

Se debe considerar que la descarga de la bomba cuenta con 28 ó 42 Lb/in² más que la presión de operación de la caldera.

El gasto requerido de agua para alimentar a la caldera siendo que es de 60 C.C. es de: (fig. 20)

Gasto:

$$15.66 \text{ Lts/min} \times 2.5 = 39.15 \text{ Lts/min} \quad 40 \text{ Lts/min}$$

$$40 \text{ Lts/min} \frac{1 \text{ Gal}}{3.785 \text{ Lts}} = 10.56 \text{ Gal/min}$$

$$Q = \frac{\rho}{m} \text{ Lb/hr} = \text{Gpm}$$
$$500 \times \text{gr. esp.}$$

$$\rho = (Q) (500) \times \text{gr. esp.} = (10.56 \text{ gal/min}) (500 \times 0.999)$$
$$= 5227.20 \text{ Lb/hr}$$

CALCULOS EN LA SUCCION.

Area recomendada:

$$S. \text{ recom} = \frac{0.04 \times \rho}{\times \text{Vel. recom.}} = \text{in}^2$$

$$S. \text{ recom} = \frac{(0.04 \times 5227.2 \text{ Lb/hr})}{(62.41 \text{ Lb/ft}^3) (5 \text{ ft/seg})} = \frac{209.08}{312.05} =$$
$$= 0.670 \text{ in}^2$$

Características de la tubería: (fig.21)

Diámetro interior: 0.957 in.

**CANTIDAD MINIMA DE AGUA REQUERIDA PARA
ALIMENTACION DE CALDERAS**

Caballo Caldera	Lit./Min. Esperadas	Caso A		Caso B		Observaciones
		Factor	Lit./min. proporcion- adas por la Bomba	Factor	Lit./min. proporcion- adas por la Bomba	
10	2.41	3	7.83			Caso A.- Se refiere a bombas de paro y arranque controladas eléctricamente por la columna de nivel de agua. Considera de 2 a 3 Kg/cm ² , mayor que la presión de trabajo de la caldera.
15	3.83	3	11.49			
20	5.22	3	15.66			
30	7.83	3	23.49			
40	10.44	3	31.32			
50	13.05	2.5	32.60			
60	15.66	2.5	39.20			
80	20.88	2.5	52.20			
100	26.10	2.5	65.50			
125	32.50	2	65.00			
150	38.50	2	76.60	1.25	47.87	Caso B.- Se refiere a bombas en operación continua con regulación a través de una válvula de diafragma. Considera de 3 a 6 Kg/cm ² mayor que la presión de trabajo de la caldera.
200	52.50	2	104.40	1.25	65.25	
250	65.80	2	131.60	1.25	82.25	
300	78.30	2	156.60	1.25	97.87	
350	92.00	2	184.00	1.25	115.00	
400	104.40	2	208.80	1.20	125.28	
500	130.50	2	261.00	1.20	156.60	
600	156.60	2	313.20	1.20	187.92	
700	181.00	2	370.00	1.15	212.75	
800	208.80	2	417.60	1.15	240.12	
900	234.90	2	469.80	1.15	270.13	
1000	261.00	2	522.00	1.15	300.13	

Figura 20

DIMENSIONES DE TUBERIA

Cálculo 80

Nominal	Diámetros (Pulg.)			Área Transversal (Pulg. ²)			Longitud de Tubería por pie ²		Peso por pie de tubería (libras)	Número de libras por pie. en 100 pies.	
	Externo	Interno	Espesor nominal (Pulg.)	Externo	Interno	Mediata	Superficie externa Pies	Superficie interna Pies			
1/8	.405	.215	.095	.129	.036	.093	9.431	17.750	.00025	.314	27
1/4	.540	.302	.119	.229	.072	.157	7.073	12.650	.00050	.535	18
3/8	.675	.423	.126	.358	.141	.217	3.658	9.030	.00098	.728	18
1/2	.848	.546	.147	.554	.224	.330	4.547	7.000	.00163	1.00	14
3/4	1.050	.742	.154	.866	.433	.433	3.637	5.15	.00300	1.47	14
1	1.315	.957	.179	1.358	.719	.639	2.904	3.925	.00500	2.17	11 1/2
1 1/4	1.640	1.278	.191	2.164	1.283	.881	2.301	2.990	.00891	3.00	11 1/2
1 1/2	1.900	1.500	.200	2.835	1.767	1.068	2.010	2.542	.01227	3.65	11 1/2
2	2.375	1.939	.218	4.430	2.953	1.477	1.608	1.970	.02051	5.02	11 1/2
2 1/2	2.875	2.323	.276	6.492	4.238	2.254	1.328	1.645	.02943	7.66	8
3	3.500	2.900	.300	9.671	6.605	3.016	1.091	1.317	.04387	10.3	8
3 1/2	4.000	3.364	.318	12.56	8.888	3.678	.954	1.135	.06172	12.5	8
4	4.500	3.826	.337	15.90	11.497	4.407	.868	.995	.0796	14.9	8
5	5.563	4.813	.375	24.30	18.194	6.112	.686	.792	.1263	20.8	8
6	6.625	5.761	.432	34.47	26.067	8.300	.576	.673	.1810	28.6	8
8	8.625	7.623	.500	58.42	45.663	12.76	.442	.501	.3171	43.4	8
10	10.750	9.564	.593	90.76	71.84	18.92	.355	.400	.4989	64.4	8
12	12.750	11.376	.687	127.64	101.64	26.00	.299	.336	.7058	88.6	8
14	14.000	13.500	.750	153.94	122.72	31.22	.272	.305	.8527	107.0	8
16	16.500	14.314	.843	201.05	160.92	40.13	.238	.263	1.117	137.0	8
18	18.000	16.126	.937	254.85	204.74	50.61	.213	.237	1.418	171.0	8
20	20.000	17.938	1.031	314.15	252.72	61.43	.191	.208	1.755	208.0	8
24	24.000	21.564	1.218	452.40	365.99	97.18	.159	.177	2.536	297.0	8

Figura 21

Cédula = 80

Diámetro exterior = 1.315 in

Diámetro nominal = 1 in

Area real de la tubería = 0.710 in²

Velocidad real:

$$V_{\text{real}} = \frac{(0.408) \times Q}{(DI)^2} =$$

$$V_{\text{real}} = \frac{(0.408) (10.56 \text{ gal/min})}{0.915 \text{ in}^2} = 4.70 \text{ ft/seg}$$

Reinolds:

$$Re = \frac{(6.31) \left(\frac{m}{\mu}\right)}{(DI) (\mu)} = \frac{(6.31) (5227.2 \text{ lb/hr})}{(0.957 \text{ in}) (0.6527 \text{ cps})} =$$

$$Re = \frac{32983.63}{0.6246339} = 52,804$$

$$Re = 52,804 > 4,000$$

Por lo tanto es flujo turbulento.

Rugosidad relativa:

Obteniendo los siguientes datos de las figuras 22 y 23.

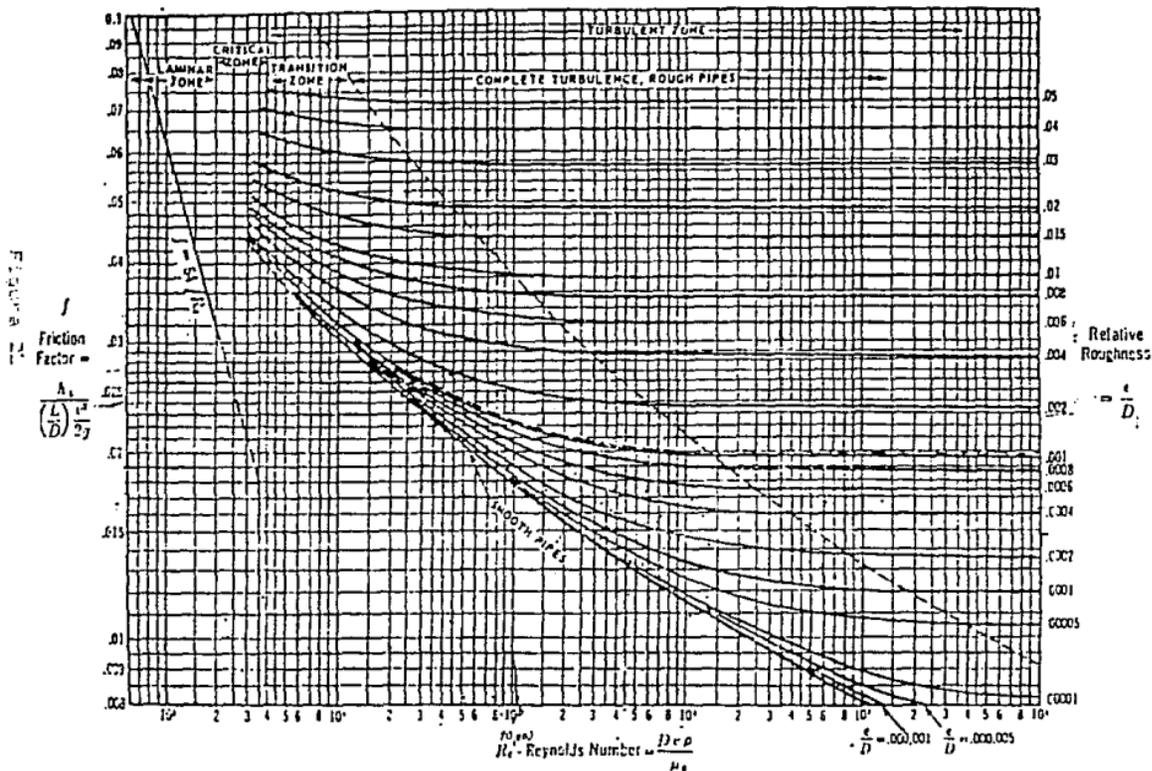
$$Re = 52,804$$

$$E/d = 0.002$$

$$f = 0.026$$

Caida de presión por cada 100 pies.

$$\Delta P/100 = \frac{(0.000336) (f) (m^2)}{(DI)^2 \times (\rho)}$$



$$\Delta P' / 100 = \frac{(0.000336) (0.026) (5227.2 \text{ lb/hr})^2}{(0.957 \text{ in})^5 (61.94 \text{ lb/ft}^3)}$$

$$\Delta P' / 100 = \frac{238.69914}{49.7199} = 4.800 \text{ psi}$$

la longitud total en la succión es:

long tot = 68.75 ft

Por lo tanto:

$$\Delta P' \text{ succ} = \frac{4.80 \times 68.75}{100} = 3.3 \text{ psi}$$

longitud de la tubería en pies:

SUCCION

DESCARGA

tubería recta = 15.75

tubería recta = 36.08 ft

Longitud equivalente de tubería recta de los accesorios:

(fig. 24)

SUCCION

DESCRIPCION	CANTIDAD	LONG. EQUIVALENTE
Válvula de globo	1 pza.	25 ft.
Válvula de retención	1 pza.	7 ft.
Codo de 90°	6 pzas.	15 ft.
Tee sencilla	1 pza.	6 ft.

	TOTAL	53 ft.

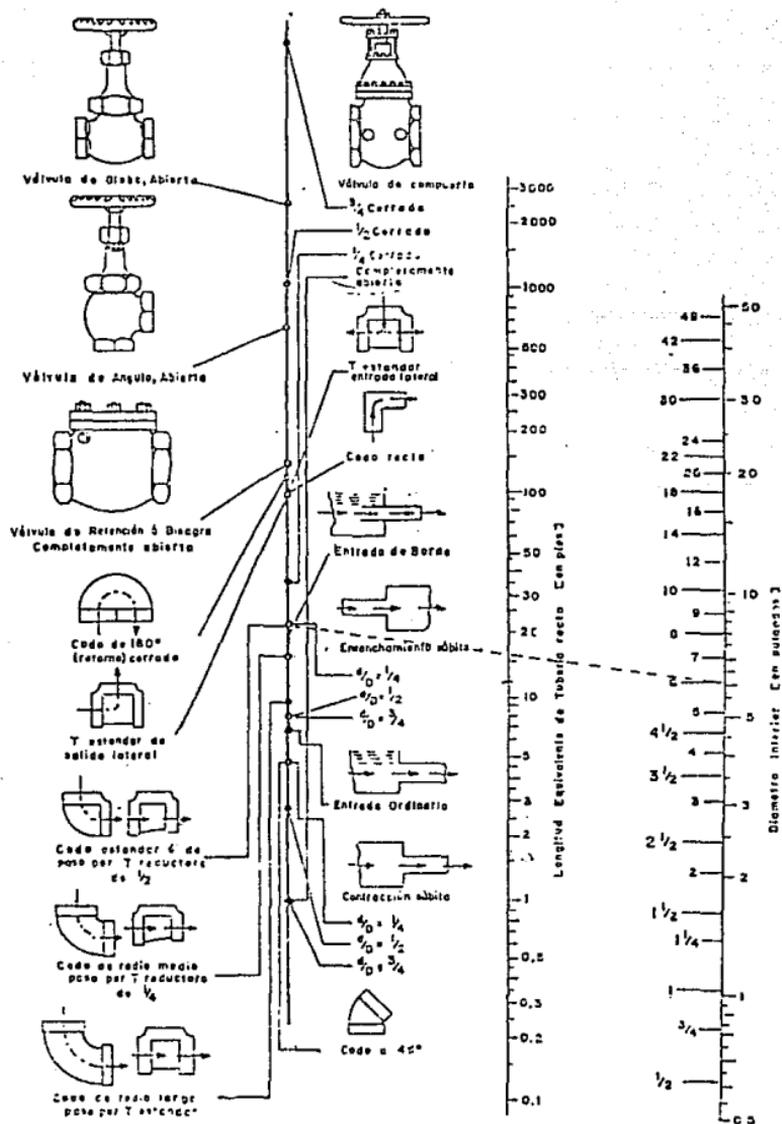


Figura 24

DESCARGA

DESCRIPCION	CANTIDAD	LONG. EQUIVALENTE
Válvula de globo	2 pzas.	50 ft.
Válvula de retención	3 pzas.	21 ft.
Válvula de compuerta	1 pza.	0.6 ft.
Codo de 90°	5 pza.	12.5 ft.
Tee sencilla	1 pza.	6 ft.
TOTAL		90.1 ft.

SUCCION

$$\Delta P_f = (\text{long. recta} + \text{long. equiv.}) \times \frac{\text{psi}}{100} = \text{total}$$

$$\Delta P \text{ total} = \frac{68.75 \text{ ft} \times 4.80}{100} = 3.31 \text{ psi}$$

$$H_{f1} = \frac{\Delta P_f \times 2.31}{\text{gr. esp.}} = \frac{(3.31) (2.31)}{0.99} = 7.7233 \text{ ft col. de H}_2\text{O}$$

CARGAS DE SISTEMA EN LA SUCCION.

$$H_s = \frac{P_s \times 2.31}{\text{gr. esp.}} + Z_s - H_{f1}$$

$$H_s = 4.265 - 7.7233 = - 3.4583 \text{ ft col. de H}_2\text{O}$$

CALCULOS EN LA DESCARGA.

AREA RECOMENDADA:

$$s. \text{ recom.} = \frac{0.04 \times m}{\rho \times \text{vel. recom.}} = 112$$

$$S. \text{ recom.} = \frac{0.04 \times 5227.2 \text{ gal/min}}{61.93 \text{ lb/ft}^3 \times 8 \text{ ft/seg}} =$$

$$S. \text{ recom.} = \frac{209.088}{495.44} = 0.4220 \text{ in}^2$$

Seleccionando en base a la fig. 21.

Características de la tubería:

Diámetro exterior = 1.050 in

Diámetro nominal = 3/4 in

Area real de la tubería = 0.433 in²

Velocidad real:

$$V \text{ real} = \frac{(0.408) \times (Q)}{(DI)^2} =$$

$$V \text{ real} = \frac{(0.408) (10.56 \text{ gal/min})}{(0.742)^2} =$$

$$V \text{ real} = \frac{4.30848}{0.55056} = 7.8255 \text{ ft.}$$

Reinolds:

$$Re = \frac{(6.31) (\dot{m})}{(DI) (\mu)} = \frac{(6.31) (5227.2 \text{ lb/hr})}{(0.742) (0.6527)} =$$

$$Re = \frac{32,983.63}{0.48378} = 68,178$$

$$Re = 68,178 > 4,000$$

Por lo tanto es flujo turbulento.

Rugosidad relativa.

Obteniendo los siguientes datos de las fig. 22 y 23.

$$Re = 68,178$$

$$E/d = 0.0021$$

$$f = 0.0265$$

Caída de presión por cada 100 pies.

$$\Delta P' / 100 = \frac{(0.00036) (f) (m^2)}{(DI) 5 \times (\rho)}$$

$$\Delta P' / 100 = \frac{(0.00036) (0.0265) (5227.2) 2}{(.742) 5 (61.93)}$$

$$\Delta P' / 100 = \frac{255.74908}{13.9202} = 18.3608 \text{ psi}$$

Longitud total en la descarga:

$$\text{Long. total} = 126.18 \text{ ft}$$

Por lo tanto:

$$\Delta P' = \frac{(18.3608 \text{ psi}) (126.18 \text{ ft})}{100} =$$

$$\Delta P' = 23.167 \text{ psi}$$

$$HfD = \frac{PD \times 2.31}{\text{gr. esp.}} = \frac{(23.167 \text{ psi}) (2.31)}{0.99}$$

$$HfD = \frac{53.515}{0.99} = 54.056 \text{ ft col. H}_2\text{O}$$

CARGA DEL SISTEMA EN LA DESCARGA

$$HD = \frac{PD \times 2.31}{gr. \text{ esp.}} + ZD + HFD$$

$$PD = P \text{ int. cal.} + 3.0 \text{ kg} = (10.5 + 3.0) = 13.5$$

$$13.5 \text{ kg/cm}^2 \frac{2.204 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} \frac{2.54 \text{ cm}^2}{1 \text{ in}^2} = 191.96 \text{ lb/in}^2$$

$$HD = \frac{(191.6 \text{ lb/in}^2) (2.31)}{0.99} + 1.64 + 54.06$$

$$HD = 447.90 + 55.69 = 503.602 \text{ ft col. de H}_2\text{O}$$

CARGA DIFERENCIAL DE LA BOMBA.

$$\Delta H = \Delta HD - \Delta Hs$$

$$\Delta H = 503.602 - (-3.4583)$$

$$\Delta H = 507.060$$

POTENCIA DEL EQUIPO.

$$THP = \frac{Q \times \Delta H \times gr. \text{ esp.}}{3960} = HP$$

$$THP = \frac{(10.568) (507.060) (0.99)}{3960} = 1.331$$

$$THP = \frac{1 \text{ HP}}{\eta \text{ equipo}} = \frac{1.331}{0.55} = 2.43 \text{ HP}$$

Por lo tanto la bomba seleccionada será de 3 HP de potencia.

CAPITULO IV

CONSUMO DE COMBUSTIBLE

4.1. COSTOS DE OPERACION.

Para tener un amplio conocimiento del costo de la generación de vapor en base a los diferentes combustibles, diesel, combustóleo y gas, es necesario determinar la eficiencia de la caldera y analizar la relación consumo vs costo de cada uno de los combustibles bajo los siguientes parámetros:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Calor aprovechado}}{\text{Calor suministrado}} = \eta = \frac{Q_a}{Q_s}$$

Definición = La ASME (American Society of Mechanical Engineers), define al caballo caldera como unidad de capacidad bajo los siguientes términos.

Es la evaporación de 15.65 Kg/Hr partiendo de 100° C a vapor de 100° C.

Estas condiciones significan que el fluido absorberá una cantidad de calor igual a:

$$Q = 15.65 \text{ Kg/hr} (640-100) \text{ Kcal/kg}$$

$$Q = 15.65 \text{ Kg/hr} \times 540 \text{ Kcal/hr} = 8450 \text{ Kcal/hr} \quad (2)$$

Por lo que idealmente el calor aprovechado por cada caballo caldera es de 8450 Kcal/hr.

La caldera seleccionada es de 60 caballos caldera y suponiendo una operación de 20 horas por día en promedio y una

carga del 50%.

El consumo de combustible según el fabricante es de 102 lts. (fig.25).

Entonces: $8450 \text{ Kcal/hr} \times 60 \text{ C.C.} = 507,000 \text{ Kcal/hr.}$

El calor suministrado es:

$Q_s = \text{Calor suministrado.}$

$P_s = \text{Poder calorífico.}$

$C_c = \text{Consumo de combustible.}$

La eficiencia se determina como:

$$\frac{Q_a}{Q_s} = \text{Eficiencia}$$

Donde:

$Q_a = \text{Calor aprovechado.}$

$Q_s = \text{Calor suministrado.}$

COSTO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR HORA,

COMBUSTOLEO.

$$C_c = \frac{507,000 \text{ Kcal/hr}}{(10,100 \text{ Kcal/lt} \times 0.50)} = \frac{507,000}{5050} = 112.29 \text{ Lts/hr}$$

$$C_c = 112.29 \text{ Lts/hr}$$

Costo por hora de consumo = $(112.29 \text{ Lts/hr}) (\$202.00)$

$22,682.58 \text{ \$/hr.}$ (fig.26).

CONSUMOS DE COMBUSTIBLE (PROMEDIO) EN CALDERAS PARA
 DIVERSOS RENDIMIENTOS TERMICOS, CUANDO SE UTILIZAN
 COMBUSTIBLES MEXICANOS LIQUIDOS CON PODER CALORIFICO
 SUPERIOR DE 10,000 KCAL/KG

Capacidad en Caballos Caldera	Consumo de Combustible, Lt/MH a Plena Carga				
	40%	50%	60%	70%	80%
15	31.5	25.5	20.6	17.6	15.5
20	42.0	34.0	27.5	23.5	20.6
30	63.0	51.0	41.5	35.5	31.0
40	84.0	68.0	55.0	47.0	41.4
50	105.0	85.0	69.0	58.0	51.4
60	126.0	102.0	82.5	70.5	62.0
70	147.0	118.0	96.0	82.2	72.0
80	168.0	135.0	110.0	94.0	82.5
100	210.0	169.0	132.0	107.5	103.0
125	262.0	212.0	173.0	144.5	129.0
150	315.0	254.0	208.0	176.0	155.0
200	420.0	340.0	275.0	235.0	206.0
250	525.0	423.0	345.0	294.0	258.0
300	630.0	506.0	415.0	353.0	310.0
350	735.0	590.0	483.0	410.0	362.0
400	840.0	680.0	550.0	470.0	414.0
500	1050.0	850.0	690.0	590.0	518.0
600	1260.0	1020.0	830.0	705.0	620.0

Figura 25

COMBUSTIBLES		
POTENCIA CALORIFICA Y CANTIDAD DE AIRE NECESARIA PARA SU COMBUSTION		
Combustible	Kilogramos de aire por cada Kg de Combustible	Poder Calorífico Kcal/Kg.
Acetileno	13.26	11 990
Alcohol etílico	9.03	7 110
Alcohol metílico	6.48	5 340
Aserrín seco	18.00	5 000
Bagazo de caña de azúcar con 30%da humedad	18.00	2 890
Bencina	13.31	10 000
Butano	15.51	11 720
Butileno	14.82	11 580
Carbón de madera	18.00	7 100
Carbones minerales:		
Antracita	19.00	6 450-6 850
Bituminoso alto grado	19.00	6 570-6 910
" grado medio	19.00	6 120-6 700
" grado bajo	19.00	5 500-6 480
Lignito	19.00	2 750-3 150
Semi-antracita	19.00	6 750-6 880
Semi-bituminoso	19.00	6 800-7 100
Hulla	19.00	6 650-6 880
Carbón puro	11.52	8 080
Etano	16.16	12 300
Etileno	14.82	11 830
Exano	13.26	11 500
Gasolina	15.00	11 170
Hidrógeno	34.56	34 450
Madera seca	18.00	0 720
Metano	17.28	13 180
Octano	15.16	11 400
Paja	18.00	3 340
Petróleo crudo alta calidad	15.00	10 820
Petróleo crudo Tampico	14.00	10 000-10 820
Petróleo diésel	15.00	11 100
Propano	15.72	11 910
Propileno	14.82	11 680
Tolueno	13.52	10 120

Figura 26

DIESEL

$$Cc = \frac{507,000 \text{ Kcal/hr}}{(9220 \text{ Kcal/lt} \times 0.50)} = \frac{507,000}{4,610} = 109.97 \text{ Lts/hr}$$

$$Cc = 109.97 \text{ Lts /hr}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo por hora de consumo} &= (109.97 \text{ Lts/hr}) (\$550.00) = \\ &= \$60,483.50 \text{ hr} \end{aligned}$$

GAS.

$$Cc = \frac{507,000 \text{ Kcal/hr}}{(11,365 \text{ Kcal/Kg} \times 0.50)} = \frac{507,000}{5682.5} = 89.22 \text{ Kg/hr}$$

$$Cc = 89.22 \text{ kg/hr}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo por hora de consumo} &= (89.22 \text{ kg/hr}) (\$2,148.93) = \\ &= \$191,727.53 \text{ \$/hr} \end{aligned}$$

4.2. LOCALIZACION, MONTAJE Y DIAGRAMAS DE EQUIPO.

Ya teniendo todos los equipos seleccionados y localizados se proporcionará la forma por la cual se deben de fijar todos y cada uno de los equipos, ya que éste es un punto esencial para la transportación de la plataforma, debido a que el peso de cada uno de los equipos no es el suficiente para mantenerlos en su posición, por lo tanto es necesario cotejar las dimensiones de la estructura que forma parte del chasis de la plataforma para así efectuar un anclaje correcto de los equipos.

En base a las investigaciones efectuadas con los posibles proveedores de plataformas móviles, se obtuvieron datos de las

dimensiones y características de fabricación, por lo que se adecuarán éstas a las condiciones con las que cuenta el equipo a montar.

Sabiendo ya que la plataforma cuenta con dos vigas principales de acero y de ahí mismo se derivan las vigas secundarias que están dispuestas perpendicularmente a las principales para rematar con la viga perimetral. (fig. 25)

Tanques.- los tanques se fijarán por medio de tornillos de cuerda standard de $5/8"$ X $3\ 1/2"$ y colocándolos sobre unos tacones de neopreno según se muestra en la siguiente figura. (fig. 27).

Tal es el caso de los tanques de diesel, combustóleo, retorno de condensados, separador centrifugo.

Equipo de bombeo.- El equipo de bombeo se fijará a una placa de acero de $1/4"$ de espesor, esta placa se sostendrá por medio de cuatro tacones y cuatro tornillos de $1/2"$ X $3\ 1/2"$.

Tanques de gas.- Los tanques de gas que servirán para el encendido de la caldera, se fijarán en la parte inferior del piso y junto a las llantas de refacción de la plataforma.

Se les colocará en una canastilla fabricada en ángulo de $1\ 1/2"$ X $1/4"$ de espesor conteniendo en su parte frontal dos visagras para el libre acceso a los mismos y así también mantener una ventilación continua en el lugar que se alojan.

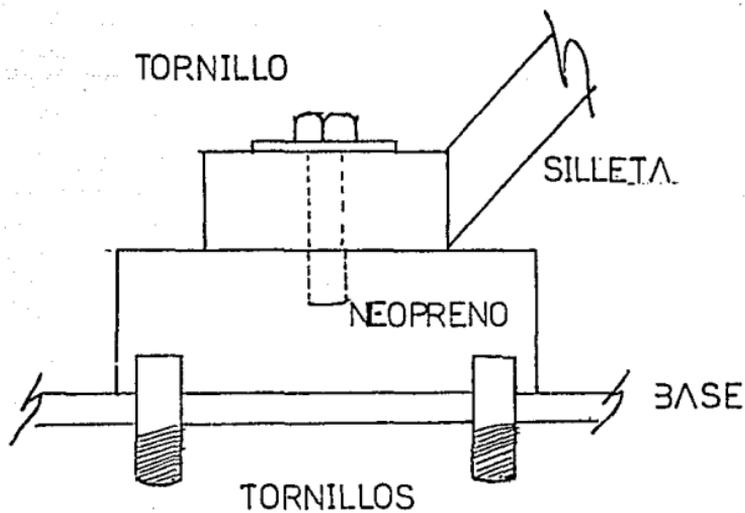


Figure 27

Tuberías.- Todas las tuberías que estén localizadas en el piso de la plataforma, se fijarán por medio de abrazaderas tipo omega y tornillos de 1/2" x 1 1/2", según se muestra en la siguiente figura. (fig. 28)

Chimenea.- La chimenea se fijará por medio de dos abrazaderas tipo omega y cuatro tornillos de 1/2" x 1 1/2".

Cabe mencionar que la chimenea quedará fija en forma horizontal con estas abrazaderas para efectos de transportación, ya que no puede permanecer en su posición de operación, dado que excede la altura máxima permisible para el paso en puentes peatonales, pasos a desnivel, etc.

Tablero eléctrico.- Al no contar con equipo similar al que se propone, es necesario efectuar un diseño del tablero general, el cual contará con dos soportes verticales tipo canal de acero que lo mantendrá en posición vertical, la canal se fijará al piso de la plataforma con cuatro canales de 1 1/2" x 3 1/2". (fig. 31)

Caldera.- La caldera contará con dos tiras de neopreno de 1" de espesor en cada una de las bases que sostienen el cuerpo de la caldera, en la parte frontal tendrá dos tornillos de 1" x 4" de largo y en la parte posterior tendrá dos abrazaderas tipo U de 1" x 4"

La fijación de la caldera se efectuará directamente en el bastidor principal de la plataforma, ya que representa el equipo

mas pesado y voluminoso a su vez.

Al proponer la posicion del equipo segun se muestra mas adelante, se toma en cuenta las caracteristicas de fabricacion proporcionadas por el propio fabricante, asi como las condiciones para su transportacion. (Fig. 30)

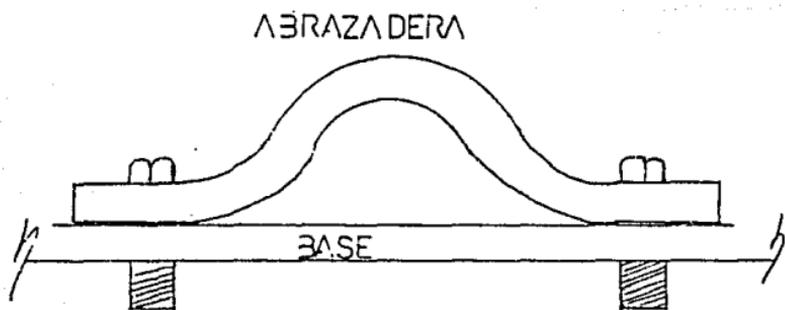
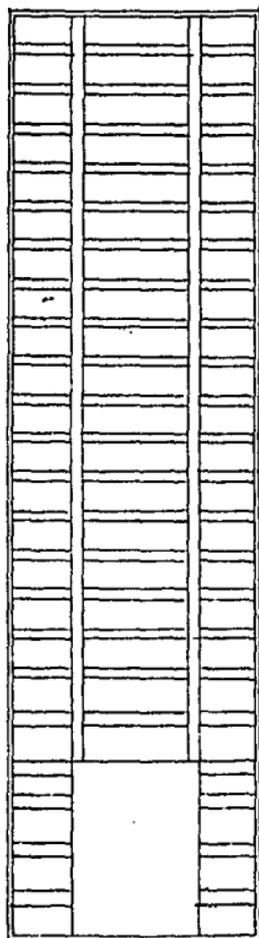


Figura 28



VISTA SUPERIOR
DE LA ESTRUCTURA
DEL CHASIS

FIGURA 2F

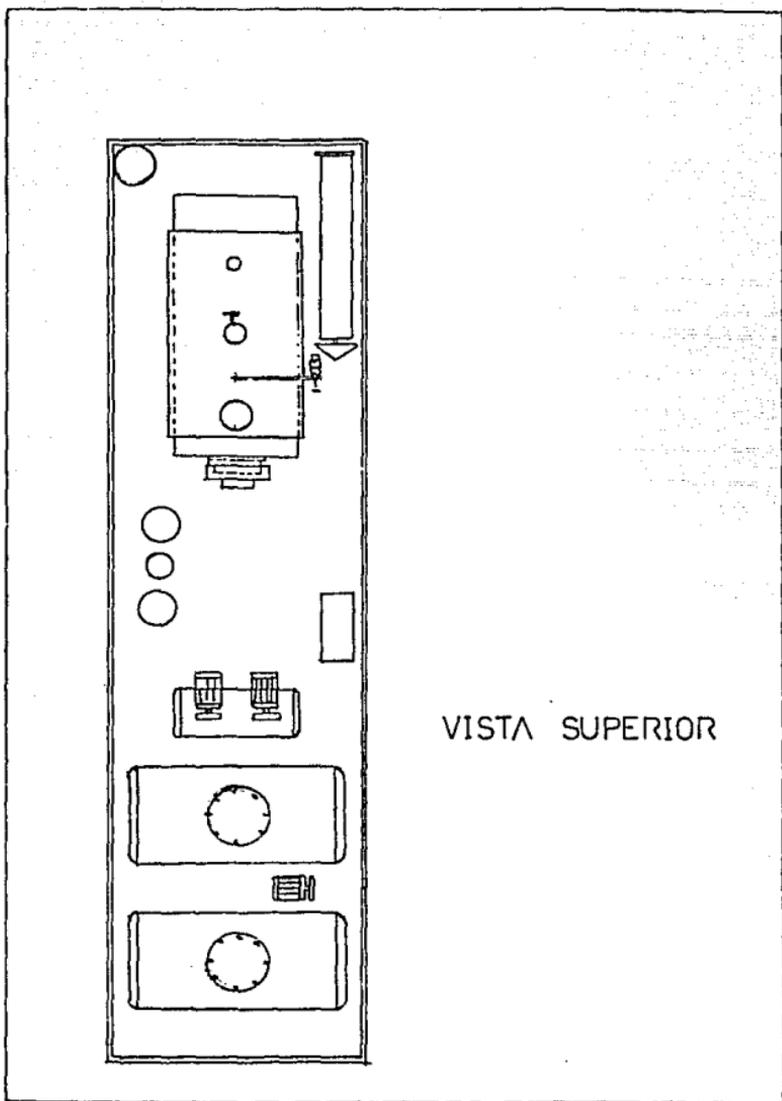
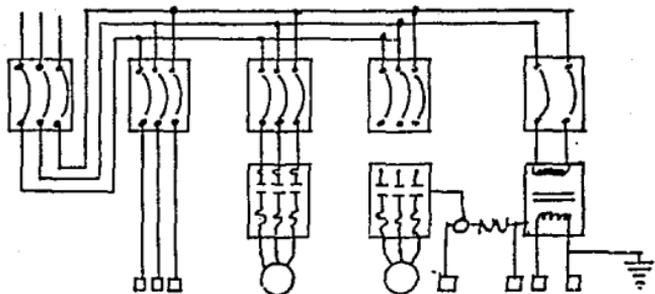


Figure 51



TABLERO ELECTRICO

Figura 21

CAPITULO V

MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

El programa de mantenimiento que se propone a continuación está diseñado en base a la continua problemática que se presenta, en la operación de las calderas, por lo que se propone el siguiente listado para poder obtener una consulta rápida y sencilla de las fallas que se puedan presentar, así como de las acciones a tomar.

La mayor cantidad de fallas se presentan en el control programador, ya que éste controla todos los equipos que entran en funcionamiento para la operación de los diferentes sistemas.

En el siguiente listado, las fallas aparecerán con letras mayúsculas y las causas de éstas se enlistarán enseguida.

I.- CERO VOLTAJE ENTRE LAS TERMINALES 2 Y 4.

- a) Interruptor desconectado.
- b) Fusible fundido.
- c) Alambre roto.
- d) Alambrado incorrecto.

II.- CERO VOLTAJE EN LAS TERMINALES 2 Y 3.

- a) Interruptor abierto en el circuito límite de presión.
- b) Alambre roto.
- c) Alambrado incorrecto.

III.- EL RELE MAESTRO RL-1 NO CIERRA.

- a) Circuito abierto entre las terminales 3 y B.
- b) Botón del relé térmico disparado.
- c) La armadura del RL-1 puede estar mecánicamente disparada evitando que cierre.
- d) El control del programador defectuoso.

IV.- EL RELEE MAESTRO SE CIERRA PERO EL PROGRAMADOR NO FUNCIONA.

- a) Contacto RL1-1 ó K4-1 están sucios o abiertos.
- b) El motor del programador está trabado.

V.- EL PROGRAMADOR NO FUNCIONA. EL MOTOR DEL VENTILADOR NO ARRANCA.

- a) Voltaje insuficiente entre las terminales 2 y 8.
- b) Fusible del moto-ventilador quemado.
- c) Elementos térmicos disparados en el arrancador magnético.
- d) Alambrado incorrecto en el moto-ventilador.
- e) Motor arrancador magnético defectuoso.

VI.- EL MOTOR MODULANTE NO ABRE LA COMPUERTA.

- a) Motor modulante no energizado.
- b) Eslabones atorados.
- c) Contacto RL1-5, K7-2, KB-1, sucios o abiertos.
- d) Contacto RL1-6 no abre.
- e) Equipo modulador defectuoso.

VII.- EL RELE MAESTRO SE ABRE DESPUES QUE COMIENZA A FUNCIONAR EL MOTOR PROGRAMADOR.

- a) Contactos RL1-3 sucios.
- b) El interruptor de flujo de aire no está cerrado.
- c) El botón del interruptor térmico está "disparado".

VIII.- EL MOTOR MODULANTE NO VUELVE LA COMPUERTA A LA POSICION DE FUEGO BAJO A LOS 20 SEGUNDOS.

- a) El motor modulante no recibe corriente.
- b) Eslabones trabados.
- c) Contactos RL1-5, K7-2 sucios o abiertos.
- d) Equipo modulante defectuoso.

IX.- LA CARATULA ALCANZA LA POSICION Nº1. LA FLAMA DEL PILOTO NO SE ESTABLECE.

- a) Voltaje insuficiente entre las terminales 2 y 3.
- b) Contactos RL1-4, F1-2, F5-3, ó F7-3, sucios o abiertos.
- c) Válvula de gas defectuosa.
- d) Transformador de ignición ó electrodos defectuosos.
- e) Posición de los electrodos fuera de ajuste.
- f) Quemador del piloto sucio u obstruido.
- g) Presión de gas insuficiente.
- h) Ajustes inadecuados del quemador.

- X.- EL RELE DE FLAMA (RL-2) NO CIERRA CUANDO NO ENCIENDE LA FLAMA DEL PILOTO.
- a) Flama del piloto muy pequeña.
 - b) Tubo de la fotocelda obstruido o lente sucio.
 - c) Fotocelda mal orientada.
 - d) Fotocelda demasiado caliente.
 - e) La fotocelda defecta refractorio incandescente.
 - f) El relé de flama esta mecanicamente trabado.
 - g) Bulbo defectuoso o bulbo invertido.
 - h) Contactos K1-3 sucios o abiertos.
 - i) Fotocelda defectuosa.
 - j) Control defectuoso.
- XI.- EL PROGRAMADOR ALCANZA LA POSICION N°2. LA VALVULA DE COMBUSTIBLE PRINCIPAL PERMANECE CERRADA.
- a) Voltaje insuficiente entre las terminales 2 y 7.
 - b) Contactos RL2-4 ó K1-1, sucios o abiertos.
 - c) Valvula defectuosa.
 - d) Flama del piloto no detectada.
- XII.- VALVULA DE COMBUSTIBLE ES ENERGIZADA, LA FLAMA PRINCIPAL NO ENCIENDE.
- a) Piloto inadecuado.
 - b) Quemador mal ajustado.
 - c) No pasa combustible a la valvula.
- XIII.- LA FLAMA PRINCIPAL ENCIENDE Y LUEGO SE APAGA.
- a) El botón del interruptor térmico se ha disparado.
 - b) Circuito limite y control de operación del interruptor de flujo de aire abiertos.
 - c) Contactos RL2-5, K5-2, sucios o abiertos.
- XIV.- EL PROGRAMADOR ALCANZA LA POSICION N°3 Y LA FLAMA DEL PILOTO SE APAGA.
- a) Valvula del piloto de gas pegada en posición abierta.
 - b) Contactos K7-3, están pegados en posición cerrada.
- XV.- EL PROGRAMADOR ALCANZA LA POSICION N°3, EL MOTOR MODULANTE NO RESPONDE AL CONTROL DE MODULACION.
- a) Motor modulante energizado.
 - b) Ajuste del control de modulación incorrecto.
 - c) Eslabones trabados.

- e) Contactos K7-1, RL1-5 sucios o abiertos.
- f) Equipo modulante defectuoso.

XVI.- LA FLAMA PRINCIPAL SE APAGA CUANDO EL PILOTO SE APAGA.

- a) La fotocelda no detecta la flama principal.
- b) Quemador mal ajustado.
- c) Alambrado incorrecto.

XVII.- EL PROGRAMADOR NO SE DETIENE EN LA POSICION (.)

- a) Contactos K4-1 e RL1-2 pegados.

XVIII.- EL PROGRAMADOR NO GIRA HASTA LA POSICION "0" CUANDO EL CIRCUITO LIMITE DE OPERACION ABRE.

- a) Contactos RL1-2 e K3-1 sucios.
- b) Interruptores límites incorrectamente alambrados.

XIX.- DURANTE EL PERIODO DE POSTPURGAS EL MOTOR MODULANTE NO MUEVE LA COMPUERTA DEL AIRE A LA POSICION DE FUEGO BAJO.

- a) Motor modulador no energizado.
- b) Eslabones trabados.
- c) Contacto RL1-6 sucio o abierto.
- d) Equipo modulador defectuoso.

XX.- EL MOTOR DEL VENTILADOR NO SE DETIENE CUANDO EL PROGRAMADOR ALCANZA LA POSICION "0".

- a) Contacto RL1-1 e K3-1 "pegados" en la posición de cerrado.
- b) Alambrado del circuito de control con las fases cruzadas.
- c) Interruptores del circuito límite y de operación cerrados.
- d) El Arrancador del motor está mecánicamente "pegado".
- e) El arrancador del motor está incorrectamente alambrado. (fig. 32)

El objetivo principal de tener un mantenimiento general del equipo es el tener la facilidad y la certeza del correcto funcionamiento de cada uno de los equipos en el momento en que sea requerida su posición, ya que por las características de la

Unidad Móvil de Generación de Vapor habrá ocasiones en que las condiciones de operación no sean las mínimas requeridas, o que el equipo trabaje en condiciones adversas, por lo que se provocará un deterioro y esto afectará en el momento en que sean requeridos los equipos para su funcionamiento.

Para poder determinar un mantenimiento adecuado se debe de efectuar una bitácora anotando en ella las características generales del arranque del equipo, la duración del periodo de operación y si en algún caso existe un problema debe de quedar asentado en la bitácora de operación de la caldera, ya que esto llega a servir como un antecedente del número de horas que ha trabajado la caldera, y así saber realmente cuando es necesaria una revisión general del equipo o algún otro tipo de revisiones menores.

Para poder efectuar un mantenimiento correcto es necesario determinar los parámetros a seguir.

En este caso estaremos hablando de un mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo procurando nunca tener que aplicar un mantenimiento correctivo, ya que esto representa mucho tiempo fuera de operación y en algunos casos significa grandes riesgos, ya sea por una explosión o por una disminución de la capacidad de la caldera.

Es recomendable que paralelamente a la bitácora de operación

de la caldera se lleve una segunda de mantenimiento en el cual se especifique la fecha de la reparación, el equipo reparado, partes que fueron cambiadas, partes que fueron reparadas en sitio y fuera de él.

Así mismo debe de contar con el nombre del mecánico y el fogonero que solicitó la revisión o reparación.

De esta forma es posible tener por medio de un orden cronológico las revisiones o reparaciones realizadas y valiéndose de esta bitácora es posible hacer una programación de mantenimiento predictivo y preventivo para evitar tener un mantenimiento correctivo.

A continuación se presenta el mantenimiento que se recomienda para cada una de las partes que componen la Unidad Móvil de Generación de Vapor.

PLATAFORMA.

Debido a que la plataforma es el elemento principal en donde se encuentran fijos todo el resto de los equipos, es de sumo cuidado su mantenimiento aunque por las horas reales de transporte no representa un deterioro excesivo en alguna de sus partes, pero en algunas otras, la falta del transporte llega a representar deterioros de consideración, por lo que a continuación se presentan los puntos principales que deben ser revisados cuando se efectúe la transportación del equipo.

a) Soportes de la plataforma.- Se recomienda verificar

periodicamente los niveles de aceite del soporte vertical, así como el correcto funcionamiento de sus velocidades.

- b) Frenos.- Se debe revisar todas las líneas de conducción del aire para evitar así una fuga de éste.
- c) Perno de tirón .- Mantener siempre la cantidad de grasa suficiente y eliminar todos los excesos.
- d) Llantas.- Verificar la presión del aire, así como la condición del piso de rodamiento.
- e) Alumbrado .- Efectuar la conexión eléctrica al tractor y probar las luces de tránsito, luces de freno, intermitentes, direccionales y de reversa.

EQUIPO Y ACCESORIOS.

a) Anclaje.- Al momento de programar la transportación de la plataforma se debe de realizar una revisión exhaustiva de todos y cada uno de los anclajes de los equipos que se encuentran colocados en la plataforma.

b) Tuberías.- Al efectuar la revisión de éstas se debe verificar picaduras, goteras, fugas, en caso de existir alguna falla de este tipo es recomendable cambiar la pieza completa.

En la trayectoria de la tubería nos encontramos accesorios tales como: conexiones, manómetros, válvulas de retención, válvular de globo, los cuales es necesario verificar su funcionamiento para evitar que alguno de éstos quede trabado.

c) Tanque de diesel.- Este tanque cuenta con un registro para poder hacer un chequeo visual de las condiciones de las

paredes del tanque y determinar si es necesario hacer una reparación mayor o no.

d) Tanque de combustóleo.- Este tanque también cuenta con su registro hombre para revisar las paredes del cuerpo del tanque y también el serpentín de precalentamiento, ya que si llega a tener fugas el serpentín de precalentamiento, el combustóleo se contaminará. Este serpentín es alimentado directamente por el vapor que produce la caldera para disminuir la viscosidad del combustóleo, es por esto que el serpentín debe de ser revisado desde sus conexiones al tanque, el circuito de vapor dentro del serpentín y si existe alguna fuga, es recomendable, cambiar la conexión completa o en su defecto el serpentín dependiendo de cual de estos dos elementos sea el que esté dañado.

e) Bomba de combustible.- Este tipo de equipo generalmente su mantenimiento es mínimo, ya que sus partes tales como el motor que impulsa a la bomba son motores con larga vida, pero se debe revisar los baleros, los colectores y el aislamiento de las conexiones eléctricas y de esta manera se efectuaría una revisión general del motor, ya que si fuera necesario revisar el rotor o el embobinado se tiene que desacoplar el motor de la bomba, así como de su base y proceder a efectuar las revisiones correspondientes en el interior del motor. El cople al ser el miembro de conexión entre el motor y la bomba requiere de una revisión de la alineación de las flechas, el hulo de transmisión, el cual tiene la función, de

no transmitir las vibraciones del motor hacia la bomba, ya que esto representaría daños en los rodamientos de la bomba y en algunos casos llega a perjudicar la carcasa de la misma.

En la descarga de la bomba nos encontramos una válvula de compuerta, la cual sirve para permitir o interrumpir el flujo de combustible hacia el indicador de presión que tiene como función el monitorear constantemente la presión de descarga de la bomba, ya que esta presión es la que llega directamente al intercambiador de calor de la caldera o el block múltiple de válvulas, en el caso del diesel, en el caso del combustóleo el intercambiador de calor representa una caída de presión que afecta la capacidad de la bomba independientemente que después de haber tomado la temperatura del vapor se va directamente hacia el block múltiple de válvulas y de ahí la necesidad también de revisar los filtros de navaja y de canasta que se encuentran en la trayectoria de la tubería, ya que éstos pueden arrastrar sólidos y tapan el block de válvulas o alguna parte del cañón del quemador.

Este intercambiador de calor tiene un sistema dual de operación o sea, puede operar con resistencias eléctricas o con un serpentín de vapor, generalmente las resistencias eléctricas se utilizan cuando el equipo se va a arrancar por primera vez y la caldera no cuenta con vapor suficiente para poder suministrarlo al intercambiador de calor, es por esto que se debe verificar el correcto funcionamiento de las resistencias, así como la válvula que da paso al vapor hacia

el intercambiador de calor independientemente de la revisión que se les debe hacer a todos los accesorios que forman parte de este sistema, tales como: válvulas solenoides, manómetros, válvulas reguladoras de presión, válvulas de alivio, termostato, etc.

f) Quemador.- Esta parte de la caldera es donde se juntan el sistema de combustible, el sistema de aire y el sistema de aire de atomización, pero para el correcto funcionamiento se debe de revisar la boquilla del quemador y efectuar una limpieza cuando menos cada vez que se interrumpa el funcionamiento de la caldera, así mismo se debe checar el nivel que tenga el aceite del tanque receptor, el cual mantiene una cantidad de aire-aceite suficiente para la lubricación del compresor del aire primario.

Es necesario tomar en cuenta el nivel de aceite, ya que en el caso contrario el compresor comienza a tener sobrecalentamientos y una pérdida de eficiencia que al final de cuentas provoca una baja en la eficiencia del quemador.

El aceite que se recomienda debe de ser SAE-10, este aceite, en el transcurso de un recorrido es recibido por el colador de aceite, el cual es necesario verificar por lo menos cada mes.

g) Sistema de alimentación de gas.- Aparentemente este sistema es mas sencillo que cuando se opera con combustibles líquidos pero a diferencia de éstos el cuidado necesario en cuanto a las líneas y accesorios de gas debe ser exageradamente minucioso, ya que las fugas solo es posible persibirlas por

medio del olfato y ésto representa grandes riesgos para la operación del equipo.

h) Control programador.- Se podría decir que es el corazón de la caldera, ya que éste es el que controla la entrada o salida de alguno de los sistemas que tiene la caldera, tales como motor del ventilador, válvula solenoide, motor modutrol, etc.

El mantenimiento que requiere el motor programador es la verificación del contacto de los platinos del control, así como una mínima cantidad de aceite ligero en la parte giratoria del control.

i) Caldera.- Por ser un equipo que opera a una determinada presión se considera que es un equipo con riesgo y es por ésto que se debe de tener suma cuidado con el mantenimiento predictivo y preventivo de la caldera.

Es posible dividir en tres grandes grupos la atención del mantenimiento el primero de ellos sería el mantenimiento que se debe tener dentro de la caldera por el lado del agua.

El segundo grupo es el cuidado de la caldera del lado del fuego y el tercer grupo serían todos aquellos equipos que se encuentran fuera del cuerpo de la caldera, tales como: controles eléctricos, columna de nivel, control programador, y equipo auxiliar. El descuido al mantenimiento de la caldera por el lado del agua acarrea problemas serios tales como: incrustaciones, picaduras, corrosión, formación de sólidos, y en algunos casos obturaciones, es por ésto que se debe de

tener un mantenimiento continuo de la limpieza, independientemente que la alimentación de agua a la caldera debe de haber tenido un mantenimiento previo para así añadir productos químicos a el agua, pero una cantidad menor, este tratamiento debe hacerse continuamente, se recomienda también hacer revisiones visuales periodicamente de los tubos fluxes, del hogar, envolvente, y espejos, esto se debe efectuar por lo menos dos veces al año, si se llega a detectar en algunas de estas revisiones incrustaciones se debe de tener mucho cuidado con esto, ya que puede resultar un sobrecalentamiento de los espejos, fluxes o del hogar y así un debilitamiento de alguna de estas partes, también si se llegan a formar lodos en la parte baja del cuerpo de la caldera, los cuales es necesario eliminar por medio de la purga de fondo y así arrastrar estos lodos fuera de la caldera.

Se debe mantener una cantidad minima de refacciones a utilizarse en la caldera, ya que no es posible predecir la falla o ruptura de alguna de las partes, por lo que es necesario tener dos juegos completos de los empaques de la caldera, ya que éstos pueden generar fugas repentinas y algunas de consideración, sinendo que éstos no representan un alto costo.

CAPITULO VI

PRECALENTADORES

En la actualidad la ingeniería tiene el compromiso de desarrollar nuevos y mejores equipos, maquinaria, etc. así como lo ha hecho durante los años.

La problemática que se nos presenta continuamente es que el ser humano poco a poco tiende a utilizar todos los recursos que se tienen, esto genera una degradación del medio ambiente, desafortunadamente la idea errónea que los recursos con los que contamos en la actualidad son los suficientes para solventar nuestra demanda, hace que se pierda de vista que el crecimiento demográfico en el mundo es alarmante.

Dentro de todas las formas de explotación de los recursos se encuentra el petróleo y sus derivados, los cuales son fuente de energía en una infinidad de formas.

Gran parte del sector industrial requiere de una fuente de energía, ésta puede ser obtenida del vapor, o de otros medios, tal es el caso de la electricidad.

La utilización del vapor se ha desarrollado en forma acentuada desde la época de la revolución industrial la cual trajo como principales cambios la utilización de la máquina de vapor, esta máquina empezó a substituir al hombre y al animal como fuente de energía, pero con el paso de los años, las investigaciones y las mejoras hechas a las calderas, las condiciones de operación y la eficiencia en los sistemas así como

en los combustibles que se utilizan, han mejorado las formas generales de operación.

Para determinar las condiciones de operación de una caldera es necesario verificar las circunstancias en que opera en la realidad, dado que es muy común encontrar que se desperdicia gran cantidad de energía, así como la generación de agentes contaminantes, los cuales se pueden reducir, y en algunos casos eliminarlos.

La caldera está diseñada para operar desde y hasta 100°C en condiciones normales de diseño, es decir, la función principal es la de cambiar de estado el agua, mas no la de calentar el agua. (que es el caso de las calderas de agua caliente).

En la mayoría de los casos el agua de alimentación a las calderas se encuentra a una temperatura muy baja, y es por eso que existe un desperdicio de energía dado que es necesario la utilización de una mayor cantidad de combustible para calentar el agua al punto de ebullición y así efectuar el cambio de fase.

En la actualidad es posible encontrar precalentadores de agua haciendo uso de los gases de combustión que salen por la chimenea de las calderas, estos precalentadores proporcionan una temperatura mayor al agua de alimentación, así como la reducción en la temperatura de los gases de salida, los precalentadores de agua se pueden colocar en calderas tubos de fuego o en calderas tubos de agua, independientemente del tamaño de la caldera.

La temperatura promedio de los gases de salida es de 200° C o mayor, en calderas tipo industrial lo cual proporciona una fuente de energía lo suficientemente capaz para la utilización de un precalentador de agua, pero que al mismo tiempo genera un ahorro de energía, dado que el consumo de combustible que se utilizaría para calentar el agua dentro del cuerpo de la caldera se está eliminando, y se aprovecha la energía calorífica que se desecha erróneamente por el tiro de la chimenea.

Los precalentadores pueden tener diferentes formas de construcción pero en la mayoría de los casos la construcción de éstos se hace dependiendo del tipo de chimenea y/o de caldera que se trate.

Los precalentadores pueden diseñarse para operar con flujo forzado, en un sistema de un solo paso el cual consiste en un serpentín aletado dentro de una carcasa por la que circulan los gases producto de la combustión. Estos se pueden clasificar como horizontales o verticales, de acuerdo con el arreglo geométrico de sus tubos; de flujo longitudinal o cruzado, según la dirección relativa del gas y el agua.

El aletado del serpentín tiene el objetivo de aumentar el área de transferencia, previamente calculado para obtener una mayor eficiencia en cuanto a la energía suministrada y la aprovechada por el agua, dentro de los precalentadores el agua que sale del precalentador debe pasar directamente a la caldera o en caso de no requerir agua la caldera, ésta pasará al tanque de

almacenamiento.

Para el retiro de sólidos producto de la combustión y de la formación de incrustaciones en el serpentín, se encuentran dentro del cuerpo del precalentador unos tubos limpiadores que a través de unos orificios dispuestos de tal manera, que enviando un chorro de agua caliente a presión efectúa la limpieza del serpentín y a su vez provoca un arrastre de sólidos los cuales se pueden retirar por el dren con el cual cuentan los precalentadores.

La temperatura de los tubos localizados en el interior del economizador generalmente se aproxima a la temperatura del agua que circula en el interior, en los casos en que existen bajas temperaturas del agua de alimentación, se puede presentar condensación y corrosión en el exterior de los tubos.

Un arreglo típico de la forma de instalar un precalentador, es que a la salida de la chimenea de la caldera se coloque éste, para tener acceso a los accesorios de control y medición del precalentador, teniendo en cuenta que mientras mas cerca de la caldera se encuentre éste, la temperatura de los gases será mayor y así la temperatura que se obtenga en el agua por consecuencia también será mayor.

La eficiencia promedio en un generador de vapor en condiciones normales de operación es de 80% a 85%. Con una temperatura de salida de los gases de combustión de 200°C, lo

cual indica que a la salida de la chimenea existe una fuente de energía que se desecha al aire generando un mayor consumo de combustible y una contaminación ambiental, ésta fuente de energía se puede utilizar de diversas maneras, tal es el caso de los precalentadores, los cuales haciendo uso de la energía que contienen los gases de salida, aumentan la temperatura del agua de alimentación a la caldera, en este caso es posible lograr un incremento en la eficiencia del generador.

La viabilidad de efectuar la inversión de un precalentador en el caso de una caldera de 60 C.C. estará determinado por el costo de inversión y el ahorro que representa la inversión, para ésto a continuación se presenta un estudio para determinar la rentabilidad de la inversión del equipo.

INVERSION.

a) Economizador	\$14'360,000.00 M.N.
b) tubería y accesorios	\$ 5'795,000.00 M.N.
c) control	\$ 4'190,000.00 M.N.
d) varios	\$ 2'234,500.00 M.N.

total \$26'579,500.00 M.N.

Dado el diseño con el que cuentan las calderas, éstas son capaces de generar 15.65 kg/hr de vapor seco saturado por cada caballo caldera con una temperatura de agua de alimentación de 100°C y a la altura del nivel del mar.

Dado que la temperatura del agua de alimentación a la

caldera se encuentra a una temperatura de 60°C y a una presión de operación, la cantidad de vapor seco saturado por cada caballo caldera será: (Fig. 33)

$$15,65 \text{ kg/hr de vapor} \times 60 \text{ C.C.} = 939 \text{ kg/hr de vapor.}$$

$$\text{factor de evaporación} = \frac{\text{evaporación nominal}}{\text{evaporación real}}$$

Despejando tenemos:

$$\text{evaporación real} = \frac{\text{evaporación nominal}}{\text{factor de evaporación}}$$

$$\text{evaporación real} = \frac{15,65 \text{ kg/hr}}{1,1139} = 14,05 \text{ kg/hr}$$

por lo que la misma caldera de 60 C.C. generará:

$$14,05 \text{ kg/hr} \times 60 \text{ C.C.} = 843 \text{ kg/hr de vapor}$$

entonces el diferencial de vapor producido será:

$$(939 \text{ kg/hr de vapor}) - (843 \text{ kg/hr}) = 96 \text{ kg/hr de vapor}$$

tomando en cuenta un jornal promedio de 10 hr de operación durante un año, el diferencial de producción de vapor será de:

$$(96 \text{ kg/hr de vapor}) \times (10 \text{ hr}) \times (28 \text{ días}) \times (12 \text{ meses}) = 322,560 \text{ kg/año de vapor}$$

lo que representa una pérdida económica considerable en cuanto a combustible se refiere, ya que para producir esta cantidad de vapor se requiere una cantidad de combustible de:

$$\begin{array}{r} 62,0 \text{ lts/hr} \text{ ----- } 939 \text{ kg/hr de vapor} \\ \times 1 \text{ ----- } 322,560 \text{ kg/año de vapor} \end{array}$$

$$X1 = \frac{(322,560 \text{ kg/año}) \times (62.0 \text{ lts/hr})}{939 \text{ kg/hr de vapor}} = 21,297.85 \text{ lts/año}$$

este consumo extra de combustible representa:

$$(21,297.85 \text{ lts/año}) \times (715 \text{ \$/lt}) = 15'227,991.35 \text{ \$/año}$$

lo que representa una pérdida mensual de:

$$(15'227,991.35 \text{ \$/año}) / (12 \text{ meses}) = 1'268,999.28 \text{ \$/mes}$$

Tomando en cuenta la vida útil del equipo, el cual oscila entre 10 a 15 años, entonces la amortización de la inversión se hará en:

$$\text{amortización} = \frac{26'579,500.00 \text{ M.N.}}{10 \text{ años}} = 2'657,950.00 \text{ M.N./año}$$

por consecuencia, al efectuar la inversión del equipo éste se amortizará en:

$$\frac{\text{costo de inversión } 26'579,500.00 \text{ M.N.}}{\text{ahorro anual } 15'227,991.35 \text{ \$/año}} = 1.74 \text{ años}$$

Con ésto se demuestra que el ahorro anualizado es considerable, además de traer consigo otras ventajas tales como:

- a) Reducción de la temperatura de los gases de salida.
- b) Reducción de agentes contaminantes.
- c) Ahorros considerables en los costos de operación.
- d) Menor desgaste de los equipos y del sistema.

Temperatura del agua de alimentación		Presión 8 kg/cm ² Libras/cm ²															
°C	°F	0.33	0.70	1.41	3.13	4.93	6.53	7.93	9.14	10.1	12.0	13.4	14.1	15.0	17.4		
6.0	33	1.19	1.19	1.20	1.214	1.219	1.221	1.223	1.226	1.229	1.231	1.233	1.235	1.236	1.237	1.238	
4.4	40	1.18	1.18	1.19	1.206	1.211	1.213	1.217	1.218	1.221	1.223	1.225	1.227	1.227	1.229	1.231	
10.0	50	1.17	1.17	1.18	1.194	1.201	1.201	1.206	1.208	1.211	1.213	1.215	1.216	1.217	1.219	1.220	
15.6	60	1.16	1.16	1.17	1.185	1.190	1.194	1.196	1.198	1.200	1.202	1.204	1.206	1.207	1.209	1.210	
21.1	70	1.15	1.15	1.16	1.175	1.180	1.184	1.186	1.187	1.190	1.192	1.194	1.196	1.196	1.199	1.200	
26.7	80	1.14	1.14	1.15	1.162	1.170	1.174	1.176	1.177	1.180	1.182	1.184	1.185	1.186	1.188	1.189	
32.3	90	1.13	1.13	1.14	1.154	1.160	1.164	1.165	1.167	1.170	1.172	1.173	1.175	1.176	1.178	1.179	
37.8	100	1.12	1.12	1.13	1.144	1.149	1.153	1.153	1.154	1.159	1.161	1.163	1.165	1.166	1.167	1.169	
43	110	1.11	1.11	1.12	1.134	1.139	1.143	1.143	1.144	1.149	1.151	1.153	1.155	1.155	1.157	1.159	
49	120	1.10	1.10	1.11	1.124	1.129	1.133	1.134	1.136	1.139	1.141	1.143	1.144	1.145	1.147	1.148	
54	130	1.09	1.09	1.10	1.113	1.118	1.123	1.124	1.126	1.128	1.130	1.132	1.134	1.135	1.137	1.138	
60	140	1.08	1.08	1.09	1.103	1.108	1.112	1.114	1.115	1.118	1.120	1.122	1.124	1.125	1.126	1.128	
66	150	1.07	1.07	1.08	1.093	1.098	1.103	1.104	1.105	1.108	1.110	1.112	1.114	1.116	1.118	1.119	
71	160	1.06	1.07	1.07	1.082	1.088	1.092	1.093	1.095	1.097	1.100	1.102	1.103	1.104	1.106	1.107	
77	170	1.05	1.05	1.06	1.072	1.077	1.081	1.083	1.084	1.087	1.089	1.091	1.093	1.094	1.095	1.099	
83	180	1.04	1.04	1.05	1.062	1.067	1.071	1.073	1.074	1.077	1.079	1.081	1.083	1.083	1.085	1.087	
88	190	1.03	1.03	1.04	1.052	1.057	1.061	1.062	1.064	1.066	1.069	1.071	1.072	1.073	1.075	1.076	
93	200	1.02	1.02	1.03	1.041	1.047	1.050	1.052	1.053	1.056	1.058	1.060	1.062	1.063	1.064	1.066	
99	210	1.01	1.01	1.02	1.031	1.036	1.040	1.042	1.043	1.046	1.048	1.050	1.052	1.052	1.054	1.056	

Figura 33

CONCLUSIONES

A lo largo de la presente tesis se proporcionan las formas de cálculo que se recomiendan para la selección de equipos para formar una Unidad Móvil de Generación de Vapor.

Esta tesis también proporciona una forma fácil y rápida de selección, este tipo de unidades, tienen como objetivo el cubrir las necesidades de aquellas empresas que requieren de un servicio de renta de generación de vapor para cubrir demandas pico de éste, siendo que de esta manera se proporciona una forma rápida para seleccionar el tipo o modelo de caldera que se requiere y así poder solicitarla.

Actualmente existen muy pocas empresas que tienen Unidades Móviles de Generación de Vapor para renta, siendo que en las investigaciones efectuadas la demanda de este tipo de unidades es mayor a la oferta existente en el mercado, muy probablemente se deba al desconocimiento de las ventajas que proporcionan este tipo de unidades así como una falta de información en relación al mercado potencial que demanda este tipo de servicio, por lo que de una manera ejemplificada en el presente trabajo se desea proporcionar a todas aquellas empresas que cuentan con la infraestructura suficiente para invertir en este tipo de servicio tengan una guía de selección de equipos para formar estas Unidades Móviles, cabe mencionar que las empresas que decidan implantar este tipo de servicios necesitarán contar con algún

punto de partida, tomando el presente trabajo como un marco de referencia para un estudio de mercado, y así tendrán bases firmes para determinar la rentabilidad de la inversión que se requiera para implementar este tipo de servicio.

En el capítulo N°3 se muestra la forma para determinar la capacidad de la caldera que se requiere dependiendo de una demanda de vapor existente, siendo que se efectúa a una manera de ejemplo, teniendo en mano esta guía es posible seleccionar calderas de otras capacidades, así como los diferentes equipos auxiliares que aquí se muestran, tal es el caso de los sistemas de bombeo, tanques de almacenamiento, equipo de suavización de agua, tablero eléctrico y la propia caldera.

Una de las consideraciones que se efectuaron para conjuntar todos los elementos necesarios para poder obtener una Unidad Móvil de Generación de Vapor fue la plataforma, ya que de esto depende la forma de anclaje y las características de cada uno de los equipos, dado que se tienen que reunir todos estos elementos para poder efectuar un montaje adecuado.

En la actualidad vivimos una época en donde todos los combustibles representan la base energética para el desarrollo económico de las empresas, siendo esto una preocupación continua para mejorar los tipos de combustibles con los que contamos actualmente y así mejorar las condiciones ambientales, en el capítulo N°3 se desarrolla un comparativo en cuanto al costo que

tiene la generación de vapor a base de combustóleo, diesel y gas, teniendo como resultado que la utilización de combustóleo es la más económica.

De acuerdo a las investigaciones realizadas para la elaboración de este trabajo y al comportamiento que se ha observado en el sector público y privado se concluye que es factible dadas las condiciones actuales el proporcionar el servicio de renta de Unidades Generadoras de Vapor, no perdiendo de vista que las necesidades dentro de un mercado sumamente amplio son muy variadas en cuanto a la cantidad de vapor que requieren para un determinado proceso.

Hoy en día es común cuestionar la renta de este tipo de servicios, pero no hay que perder de vista que las Unidades Móviles de Generación de Vapor tienen la característica principal de tener la versatilidad de actuar en diferentes lugares, por ejemplo en el caso de que se tenga que dejar fuera de servicio una caldera por razones de mantenimiento, la Unidad Móvil podrá substituir de una manera rápida y eficiente la generación de vapor o en el caso de que surja una demanda pico prevista en algún proceso, también puede actuar de una manera conjunta con la capacidad instalada de cualquier planta.

Al igual que cualquier tipo de maquinaria o equipo, todos requieren de un correcto mantenimiento.

En el capítulo N°5 se muestra una guía para efectuar un

mantenimiento adecuado, así como las fallas más comunes que se pueden presentar y las causas que pueden producir estas fallas, en algunos casos el deterioro de los equipos no se da únicamente por el uso, siendo que se pueden presentar factores externos que propician fallas de los equipos, tal es el caso de las vibraciones que se generan al transportar los equipos sobre la plataforma, es por ello que se debe enfatizar en un mantenimiento predictivo, preventivo y en caso extremo el correctivo, procurando evitar al máximo este último, ya que puede generar grandes pérdidas económicas y/o materiales.

Una de las limitantes con las que se pueden encontrar las empresas que deseen emplear este tipo de servicios será que las Unidades Móviles son para cubrir demandas de casos especiales como los casos arriba citados.

En el capítulo N°6 se trata el tema de los Precalentadores, los cuales traen un beneficio económico a las empresas que hacen uso de este tipo de equipos y conjuntamente provocan una reducción de los agentes contaminantes que se generan por la propia operación de las calderas, por lo que se puede concluir después de haber desarrollado el estudio de rentabilidad de inversión, que este tipo de equipos no representa un gasto sino una inversión perfectamente comprobable.

En la actualidad la conciencia industrial está sufriendo un cambio en cuanto a la concepción de los agentes contaminantes que

emanan de sus fabricas, dado que esto representa un beneficio a la sociedad en general.

CITAS TEXTUALES

- (1) SOCIEDAD ELECTROMECANICA, S.A. DE C.V., Manual de Calderas
SELMEC, pág. 76.

- (2) SOCIEDAD ELECTROMECANICA, S.A. DE C.V., Manual de Calderas
SELMEC, pág. 77.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- GORDON J. VAN WYLEN Y RICHARD E. SONNTANG. Fundamentos de Termodinámica; Michigan., E.U.A., Limusa, S.A., 1983.
- 2.- HUGO BAHR. La Escuela del Técnico Mecánico; Barcelona., España., Labor, S.A., 1959. 8 volúmenes. v.VII.
- 3.- CLAUDIO MATAIX. Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas; Distrito Federal., HARLA, 1982.
- 4.- SOCIEDAD ELECTROMECHANICA, S.A. DE C.V. Manual de Calderas SELMEC; Distrito Federal., México., 1976.
- 5.- DIVISION OF AQUA-CHEM, INC. Packaged Boilers; Milwaukee, Wisconsin., 1975.
- 6.- CLEAVER BROOKS COMPANY. Manual de Operación para las Calderas Integrales; Milwaukee, Wisconsin., 1975.