

Diseño de una Red de Vapor para la Producción de Emulsiones de la Planta Farmacéutica

Qualipharm

Miguel Alejandro Yáñez Arias

Universidad Internacional SEK

Nota de Autor

Miguel Alejandro Yáñez Arias, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Internacional SEK; Director Paolo Salazar.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:
urion89@gmail.com.

Declaración Juramentada

Yo, MIGUEL ALEJANDRO YÁNEZ ARIAS, con cédula de identidad 172292286-9, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que se ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

MIGUEL A. YÁNEZ ARIAS

C.I.:172292286-9

Agradecimiento

Agradezco a Dios, por brindarme la segunda oportunidad que necesitaba mi vida para poder cambiar y continuar hasta llegar a culminar con la meta propuesta.

A toda mi familia, a mi papá y mi mamá, por el apoyo recibido en todos estos años de estudio, brindándome su comprensión y sustento para lograr este objetivo.

A la carrera de Ingeniería mecánica en energía y control, que supo acogerme y brindarme el apoyo que necesitaba en un momento difícil de mi vida.

A todos los ingenieros, con los que me brindaron su conocimiento para poderse desempeñarme en el ámbito laboral; en especial a mi tutor, Ing. Paolo Salazar, con el que aprendí una nueva forma de visualizar y aplicar los conocimientos recibidos durante toda la carrera universitaria.

Un agradecimiento especial a mi esposa Jenny, a quien he llegado a considerar mi mejor amiga, la que siempre me apoyado y me ayudado a resolver muchas de las dificultades por las que he pasado y en quien he depositado mi confianza.

Gracias a todos aquellos que colocaron un granito de arena en esta meta.

Miguel Alejandro Yáñez Arias

Dedicatoria

El presente proyecto de titulación está dedicado a mi papá Miguel Floresmilo Yáñez Muñoz y a mi mamá Rosa Mirian de los Ángeles Arias, de quienes he recibido el apoyo incondicional en toda mi vida y me han llevado por el buen camino con sus consejos y enseñanzas hasta lograr mis metas.

A mis hermanos Fernanda, Diana, Bryan, de quienes he recibido un buen ejemplo de que, con dedicación y esfuerzo, poco a poco se consigue llegar a las metas propuestas.

Además, dedico este proyecto a todas aquellas personas que han sabido aprovechar las oportunidades que ofrece la vida para demostrar que, a pesar de las adversidades, se puede lograr triunfar en la vida.

Miguel Alejandro Yáñez Arias

Índice General de Contenidos

Declaración juramentada.....	2
Agradecimiento	3
Dedicatoria	4
Estado del Arte	2
Área Farmacéutica.....	2
Área Cosmética	2
Situación Actual	2
Instalaciones, Máquinas y Equipos	3
Condiciones Generales.....	3
Máquinas y equipos.....	4
Sistemas de apoyo crítico para la industria farmacéutica.....	4
Emulsiones	4
Método	7
Requerimiento del Vapor en la Elaboración de Emulsiones.....	7
Vapor para calentar la camisa de los reactores.....	7
Vapor para calentar la camisa de las marmitas.	7
Vapor para la limpieza.	8
Selección de la Caldera	8
Balance térmico.....	9
Datos específicos de las emulsiones.....	9
Factores que Intervienen en la selección de la caldera.....	13

Agua de alimentación disponible.	13
Tiempo de operación de la caldera.	14
Tipo de caldera a utilizar.	14
Número de unidades generadoras o calderos.	14
Selección de combustible.	15
El espacio disponible.	15
La disponibilidad de la energía eléctrica.	16
Características de la caldera a emplearse.	16
Sistema de Agua de Alimentación	17
Demanda del agua en la caldera	18
Economizador.	19
Capacidad y dimensión del tanque de agua de alimentación	20
Criterios para la Selección de Bomba de Agua de Alimentación	21
Operación continua o intermitente	21
Presión de descarga	22
Capacidad	22
La carga neta de succión positiva (NPSH).	22
Sistema de Combustible	25
Selección del combustible a utilizarse.	26
Demanda del combustible en la caldera	26
Calculo de capacidad del tanque de combustible	26
Calculo de la bomba de combustible.	29
Quemador de combustible.	31
Cálculo y dimensionamiento de la chimenea	32

Control de la combustión en la caldera	32
Control de nivel.....	33
Control de la bomba y cierre de bajo nivel de agua.	33
Control de la Combustión.	34
Control de Llama.....	34
Programadores.....	35
Controles de Vapor.....	36
Indicador de presión.	36
Control de la presión máxima de operación.....	36
Válvula de prueba.....	36
Válvula de seguridad.....	36
Colector del condensado.	36
Válvula de retención.....	36
Termómetro de la chimenea.....	36
Descripción de los controles comunes de las calderas	37
Detector de llama.....	37
Regulador de presión de vapor.....	37
Válvula de purga de aire.....	37
Calculo y dimensionamiento de las tuberías de vapor y de retorno de condensado.	38
Factores Necesarios para Dimensionar Tuberías de Vapor.....	38
Caudal másico.	39
Caída de presión máxima admisible.....	40
Observaciones en el Cálculo de Tubería de Vapor	40
Distribución de las Tuberías de Vapor	40

Velocidad del vapor.....	41
Cálculo y Dimensionamiento de las Tuberías de Vapor.	43
Selección del Espesor y Aislante de la Tubería de Vapor.....	50
Material aislante	51
Distribución de las tuberías de retorno de condensado	55
Trampas de vapor	57
Aplicaciones de las trampas de vapor	57
Resultados	66
Discusión	71
Conclusiones	73
Bibliografía.....	75
Anexos.....	77

Índice de tablas

Tabla 1. Demanda de vapor para la fabricación Qualipharm para producción de 24 toneladas diarias	11
Tabla 2. Características generales de la caldera propuesta	17
Tabla 3. Dimensiones del tanque de alimentación de agua.....	21
Tabla 4. Datos de la bomba de agua de alimentación para el programa WinCARPS.....	23
Tabla 5. Especificaciones técnicas de la bomba de agua de alimentación.....	25
Tabla 6. Diámetro máximo de tanques para almacenar combustible.....	27
Tabla 7. Bomba para el transporte de combustible	31
Tabla 8. Caudal de cada una de las maquinas usadas en el proceso	39
Tabla 9. Componentes de la tubería principal de la instalación.....	45
Tabla 10. Distancias equivalentes de los accesorios del tramo AB	46
Tabla 11. Diámetros ideales de las tuberías secundarias.....	47
Tabla 12. Accesorios de las tuberías secundarias de la instalación	49
Tabla 13. Distancias equivalente de los accesorios de las tuberías secundarias	50
Tabla 14. Características de la lana de vidrio aislantes de la tubería.....	52
Tabla 15. Aislamiento Óptimo del material para diferentes diámetros de tubería y temperatura.....	53
Tabla 16. Espesores de aislantes requeridos de lana de vidrio para tubería de vapor	54
Tabla 17. Factor de seguridad en trampas de vapor	60

Tabla 18. Aplicaciones de la trampa de vapor	61
Tabla 19. Consumos de las maquinas instaladas para cálculo de trampas de vapor	62
Tabla 20. Resultados del diámetro de las trampas de vapor para las diferentes máquinas	63
Tabla 21. Modelo de trampa según Spirax Sarco y su diámetro	65
Tabla 22. Componentes de la red de vapor y sus características	66
Tabla 23. Dimensiones de las tuberías tanto de vapor como condensado	69

Índice de figuras

Figura 1. proceso para preparar una emulsión	5
Figura 2. Diagrama de flujos para la elaboración en cosméticos	6
Figura 3. Curva temperatura oxígeno en el vapor	14
Figura 4. Medidas de las calderas model CB de cleaver-Brooks	15
Figura 5. Partes de una caldera acuotubular	20
Figura 6. Curva NPSH de la bomba de alimentación de agua.	24
Figura 7. Selección de la bomba de acuerdo al flujo y presión requerida.....	30
Figura 8. Plano arquitectónico de la ubicación de los puntos de vapor	42
Figura 9. Diagrama banco reductor de presión para cada una de las máquinas	48
Figura 10. Perdida de carga en Kg/cm ² por cada 100 metros de tubería de condensado	56
Figura 11. Tipos de trampas para caudal y presión diferencial.....	64
Figura 12. Diagrama esquemático de la instalación la red de vapor actual y la red de vapor nueva	70

Índice de Anexos

Anexo A. Presiones de operación del caldero vs temperatura de agua de alimentación	78
Anexo B. Impurezas del agua de nueva aportación y sus efectos	79
Anexo C. Características de calderas del modelo cb de la marca cleaver brooks.....	83
Anexo D. Dimensiones de las calderas del modelo cb de la marca cleaver brooks.....	84
Anexo E. Dimensiones del tanque de condensado.....	86
Anexo F. Características de la bomba de agua de alimentación.....	87
Anexo G. Norma técnica ecuatoriana nte inen 2 251:2003.....	89
Anexo H. Hoja de cálculos.....	97
Anexo I. Bomba de combustible	131
Anexo J. Plano arquitectónico de la ubicación de los puntos de vapor	134
Anexo K. Ecuaciones de equivalencias en longitud de accesorios de tuberías.....	135
Anexo L. Diagrama banco reductor de presión.....	139
Anexo M. Descripción de trampas de condensado.	140
Anexo N. Planos de equipos a instalar otorgados por Ginhong	143

Resumen

El presente estudio está basado en una instalación de vapor para una industria de elaboración de emulsiones donde se parte de la producción diaria en dicha fábrica y parámetros requeridos tal como presión de vapor, temperatura y capacidad. A partir de estos datos se hace la selección de los diferentes equipos del sistema de vapor, así como para su distribución a cada punto de consumo.

Se determina los requerimientos de vapor para cubrir la demanda necesaria, mediante la selección del generador de vapor mediante cálculos propuestos, también se analiza otros sistemas secundarios que trabajan conjuntamente con el generador de vapor como el sistema de alimentación de agua, sistema de combustible, las tuberías de vapor y retorno de condensado, trampas de vapor, los cálculos previos para cada selección de cada uno de estos elementos.

Mediante el balance energético del consumo general de vapor de la planta se obtiene, 2415 Lb/h para producir 10,6 toneladas de emulsiones, para esto es preciso una caldera 70 CC, la cual cubre dicha demanda.

A partir de la selección de las calderas se procede a realizar la selección de los demás equipos mencionados, con el fin de reducir costos tanto de mantenimiento, como de operación.

Se espera que el presente trabajo sirva como respaldo para diferentes plantas que elaboran estos productos, debido a que muchas fábricas se montan sin el debido asesoramiento técnico y obtienen como resultados mal funcionamiento de los equipos y excesivos consumos de vapor.

Palabras Clave

CC (caballos caldera), Trampa de vapor, Condensado, Emulsión.

Abstract

This study is based on a steam installation for emulsion processing industry where it is part of the daily production at the plant and required parameters such as vapor pressure, temperature and capacity. From these data the selection of the various teams of the steam system is made as well as for distribution to each point of consumption.

Steam requirements is determined to meet the demand required by selecting the steam generator through proposed calculations, other subsystems working together with the steam generator and the system of water supply, fuel system is also analyzed, the steam pipes and condensate return, steam traps, previous calculations for each selection of each of these elements.

By overall energy balance of the steam consumption of the plant is obtained, 2415 Lb/hr to produce 10.6 tons of emulsions, it is necessary for a boiler 70 CC, which covers the demand.

From the selection of boilers proceed to the selection of other such equipment, in order to reduce costs of both maintenance and operation.

It is hoped that this work will serve as a backup for different plants that produce these products, because many factories are mounted without proper technical advice and results obtained as malfunctioning equipment and excessive consumption of steam.

Key Words

CC (boiler horses), Steam trap, Condensate, Emulsion.

Introducción

El vapor es usado extensamente en el sector industrial y comercial, principalmente en el calentamiento de procesos, cocimiento de productos, generación de potencia, en calefacción de espacios, etc.

Para la elaboración de emulsiones se necesita vapor en el proceso para calentar los diferentes componentes que ingresan al reactor o a la marmita de acuerdo a como se tenga establecido el proceso de esta manera se obtiene el producto terminado para su exportación o comercialización interna, según el destino que se desee darle.

Se requiere vapor para la limpieza de diferentes utensilios usados en la elaboración del producto además en la eliminación de bacterias de los diferentes equipos y otros elementos del proceso.

Primero se selecciona correctamente el generador de vapor de acuerdo a la demanda de los equipos que necesiten, este análisis se lo realiza mediante un balance de energía para cada equipo que utiliza vapor para su funcionamiento, de acuerdo al valor final realizado de los cálculos correspondientes y considerando otros parámetros como el número de unidades, combustible a utilizar, el agua de alimentación disponible, tiempo de operación de la caldera, espacio disponible entre otros.

Luego a partir de las calderas seleccionadas se seleccionan los demás equipos apropiados para el sistema (tanques de combustible y agua, trampas de vapor, red de tuberías, elementos de control, entre otros.), efectuando así un circuito cerrado, y la producción apropiada.

De este modo se selecciona el sistema de vapor más apropiado para cubrir la demanda necesaria y así se evita pérdidas innecesarias de vapor.

Estado del Arte

Qualipharm Laboratorio Farmacéutico S.A., es una empresa farmacéutica de inversión privada, constituida en Quito - Ecuador, el 23 de Septiembre del 2008. Las oficinas y la planta industrial están ubicadas en la Avenida Manuel Córdova Galarza Oe 4-175 y Esperanza.

La empresa Qualipharm Laboratorio Farmacéutico se dedica al llenado y embalaje de perfumes, desodorantes, colonias, así como a la fabricación de jarabes, pastillas, cápsulas, granulados, entre lo principal, para toda esta actividad productiva tiene alrededor de 30 máquinas y procesos detallados específicos en los cuales se involucra sistemas de circuitos cerrados de vapor para elaborar los diferentes productos.

Qualipharm tiene dos actividades productivas claramente definidas que son el área farmacéutica y el área cosmética.

Área Farmacéutica

Es el área que se dedica a la fabricación preparación y comercialización de productos químicos medicinales para el tratamiento y también la prevención de las enfermedades de los seres humanos.

Área Cosmética

Es el área que se dedica a la fabricación de productos cosméticos, como cremas, maquillaje, perfumes en todas sus formas que le permita su tecnología y la legislación nacional vigente que es Resolución 516 de la comunidad Andina para Armonización de Legislaciones en materia de Productos Cosméticos.

Situación Actual

En la actualidad, tiene contratos de fabricación de cosméticos AVON y de medicamentos, para los laboratorios Baselpharma y Ecuabirm, continuamente está realizando gestiones que generen cada vez más vínculos con otras empresas tanto farmacéuticas como cosméticas para obtener su participación como futuros clientes. Todos los productos

fabricados por Qualipharm Laboratorio Farmacéutico S.A. están sujetos al control de las autoridades, nacionales, provinciales y municipales del ramo sanitario e industrial, bajo leyes locales pertinentes y Normas de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), las que aseguran la calidad de los procesos y productos desarrollados en la fábrica y satisfacen los requisitos especificados por nuestros clientes.

Instalaciones, Máquinas y Equipos

Las instalaciones de Qualipharm Laboratorio Farmacéutico S.A. se encuentra dentro de Fierro Inmobiliaria y ocupa una superficie aproximada de 1660 metro cuadrados, que están destinados al área de Planta, divididos en las áreas de: producción, control de calidad bodega, administración. La empresa esta adecuada para la realización de todos los procesos según las necesidades requeridas por sus clientes.

Condiciones Generales

Para mantener la seguridad que implica el trabajar en actividades que demanda la empresa, en diferentes zonas de la planta están distribuidos sensores de humo, extintores de incendios, botones de alarma y gabinetes con mangueras de agua para extinción de incendios, de acuerdo a las exigencias del Cuerpo de Bomberos del Distrito Metropolitano de Quito. Además la empresa cuenta con generador y lámparas de emergencia para guiar procesos de evacuación. Cuenta además con un sistema de extracción de aire de procesos, para reducir la salida de polvo residual de productos por la extracción de ambiente. El polvo recolectado en el sistema de extracción de procesos, se envía a destrucción por incineración, así como todo residuo industrial que lo amerite.

Las áreas auxiliares de la planta comprende las oficinas de la gerencia general, logística, recepción, administración, mantenimiento, aseguramiento de calidad, control de calidad y sanitarios de visitas; así también la zona del generador, caldero, y área de mantenimiento se ubica en una zona externa de las instalaciones. La empresa también dispone

de un área para patio de maniobras de los vehículos que transportan los suministros, materias primas y productos terminados. En una construcción separada del edificio principal se ubican la zona de recolección de residuos y bodega de materiales inflamables. En la segunda planta del edificio principal se ubica el túnel técnico, en el que se encuentran en forma accesible a las tareas de mantenimiento, todas las líneas de medios de servicios de la planta, así como la iluminación de toda la zona de producción, las unidades manejadoras de aire y ductos del sistema de inyección y extracción de aire de ambiente que permite mantener las condiciones microbiológicas, de humedad y temperatura exigidas en las normas de BPM (buenas prácticas de manufactura) y, de un sistema de extracción de aire de procesos, que reduce la polución y, por tanto, la exposición del personal y el ambiente a materiales peligrosos.

Máquinas y equipos

Las máquinas y equipos de los que dispone Qualipharm laboratorio farmacéutico S.A., para las diferentes actividades de producción, acondicionamiento, control en proceso, control de calidad, etc. Además de que son sometidos periódicamente a limpieza, mantenimiento y calibración; su operación está a cargo de personal propio de la fábrica calificado y entrenado, que conoce la forma de conducirse en las actividades que los incluyen.

Sistemas de apoyo crítico para la industria farmacéutica

La fábrica tiene varios sistemas de apoyo crítico entre ellos consta la red de aire comprimido, la red eléctrica, la red de vacío, el circuito de agua desmineralizada, la red de agua potable, sistema de alcantarillado, red de vapor, sistemas de ventilación entre otros. Este proyecto se basa en el dimensionamiento de la red de vapor.

Emulsiones

Las emulsiones son en un contexto general la mezcla entre un líquido y grasas que usan un componente emulgente para que las dos mezclas pueden formar un solo elemento

homogéneo, entre ellos tenemos cremas, protectores solares, desodorantes, pastas dentales entre otros.

La figura 1 se describe el proceso de elaboración de emulsiones desde el inicio de la mezcla hasta el final en la elaboración de las emulsiones.

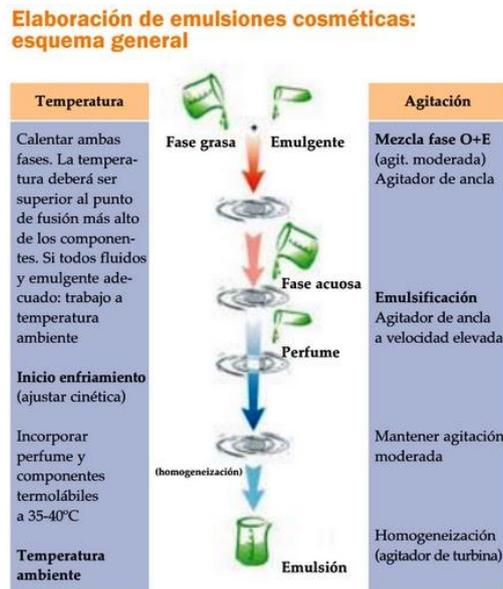


Figura 1. Proceso para preparar una emulsión. Obtenido de Del Pozo, A. (2007).

La figura 2 representa un diagrama de flujos del proceso para la preparación de emulsión de cosmeticos cada producto tiene sus tiempos de preparación especificados por un especialista en la material.

El fin de este estudio va relacionado con el funcionamiento de los reactores y marmitas y va ha centralizarce en el uso del vapor para calentar las camisas de los equipos y de esta manera preparar las diferentes emulsiones de la fábrica.

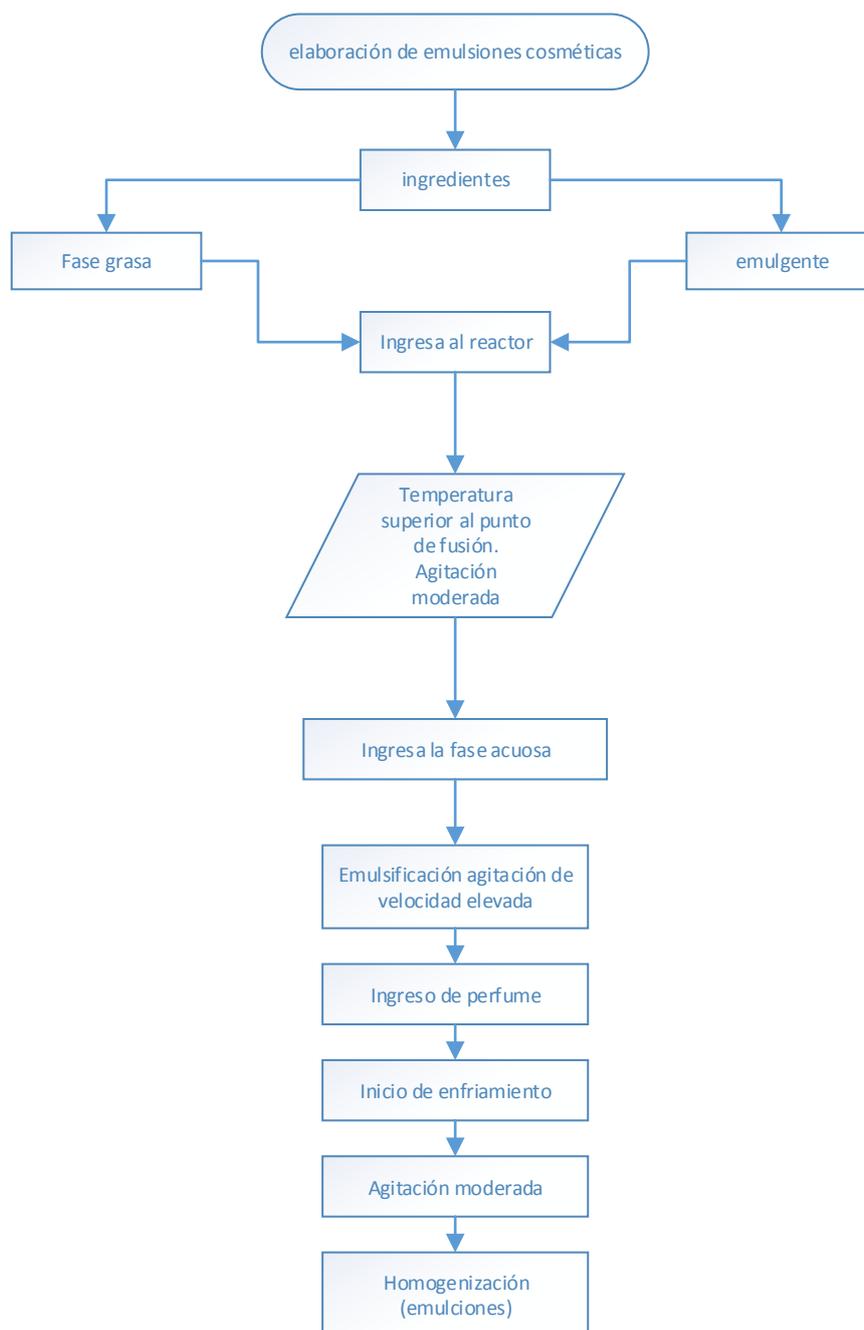


Figura 2. Diagrama de flujos para la elaboración en cosméticos.

Método

Requerimiento del Vapor en la Elaboración de Emulsiones

Según el video (Channel, 2010), el vapor es necesario en varios procesos en la elaboración de emulsiones como en:

- Calentar la camisa de los reactores.
- Calentar la camisa de las marmitas.
- En la limpieza de los suministros.
- Limpieza de reactores.
- Limpieza de marmitas.

Vapor para calentar la camisa de los reactores.

Los reactores tienen la función de calentar los elementos que componen las emulsiones y de mezclar los componentes y permitir condiciones de presión, temperatura y composición de modo que la reacción tenga lugar en el grado y a la velocidad deseadas, atendiendo a los aspectos termodinámico y cinético de la reacción, obtenido de Ciencia, (2015).

Los componentes de las emulsiones son añadidos al reactor cumpliendo los requerimientos que cada producto lo requiere por un tiempo promedio de una hora a una temperatura de 90°C y una presión de 30 psi para el vapor.

Vapor para calentar la camisa de las marmitas.

Una marmita es una olla de metal cubierta con una tapa que queda totalmente ajustada. Se utiliza generalmente a nivel industrial para procesar alimentos nutritivos,

mermeladas, jaleas, chocolate, dulces y confites, carnes, bocadillos, salsas, entre otros, Además sirven en la industria química farmacéutica, obtenido de Arango, (2015).

Los componentes son previamente calentados o preparados en las marmitas por un tiempo promedio de una hora a una temperatura de 80°C y una presión de 30 psi para el vapor suministrado.

Vapor para la limpieza.

Una vez concluida la elaboración de las emulsiones es necesario limpiar y esterilizar tanto los reactores como las marmitas y diferentes utensilios. Esta labor se la realiza siguiendo un procedimiento para la limpieza de los mismos en la cual incluye lanzar vapor directamente a las superficies que tienen contacto con el producto con la finalidad de esterilizar las mismas.

Este proceso de limpieza que se realiza manualmente requiere una presión de 15 psi para una conexión de ½ pulgada para el vapor.

Selección de la Caldera

Para comenzar con el estudio y dimensionamiento de la red de vapor se debe determinar la capacidad mínima de la fuente generadora de vapor para este caso una caldera mediante el consumo de cada uno de los equipos existentes en la fábrica que son para 2 reactores de 3000 litros de capacidad, una marmita de 2000 litros un reactor de 1000 litros y 2 marmitas de 800 litros.

La selección del generador de vapor debe ser tal que este funcione de manera adecuada y brinde el servicio de la manera más eficiente.

Balance térmico

Se debe determinar las cargas caloríficas existentes en la elaboración de emulsiones que van estar expresadas en unidades de potencias Kcal/h o CC, obtenido de Yopez, (2012).

Para la elaboración de emulsiones en esta fábrica es necesarios que operen de forma paralela tanto marmitas como reactores, para luego pasar a la siguiente etapa de dosificado, etiquetado y bodegaje.

Datos específicos de las emulsiones.

Debido a que existen gran variedad de emulsiones tanto en el mercado como productos que se elaboran en la fábrica Qualipharm para el caso se tomará en cuenta el producto que abarca el 30% de producción siendo este los desodorantes de roll-on.

Una vez definido un producto específico se tomará los datos del componente más abundante dentro de esta emulsión para nuestro caso será la dimeticona.

Los datos de la dimeticona serán extraídos de Ficha de datos de seguridad dimeticona copoliol ciclometicona fds, Acofarma, (2010).

- Densidad 0.956 g/ml
- Calor específico 0,35 cal/g°C

Adicional a esto se usa un 50 % de agua desmineralizada que tiene las siguientes características que fueron extraídos de Ficha de información Técnica Agua desmineralizada (desionizada), Acofarma, (2015).

- Densidad 1 g/ml
- Calor específico 1 cal/g°C

Para estos cálculos tomando en cuenta el 20% más de ingredientes se va a considerar los siguientes datos:

- Densidad 0,9 g/ml
- Calor específico 1,2 cal/g°C

Cálculos de las cargas caloríficas.

Equipos que necesitan vapor.

- Marmitas.
- Reactores.
- Zona de lavados.
- Lavado de máquinas.

Para el cálculo se realizar basado en el libro manual práctico de operadores de calderas industriales de Sanz del Amo , (2014), una vez realizado el balance térmico se realiza con la ecuación 1 descrito en el anexo H y su resumen en la tabla 1 se obtiene el consumo total de la planta además de la capacidad de cada uno de los equipos empleados en el proceso de elaboración de emulsiones y el consumo en caballos vapor (CC).

$$Q = m C_p \Delta T = m C_p (T_v - T_p) \quad (1)$$

Donde:

Q = es la cantidad de calor (que se gana o se pierde)

m = masa

C_p = es el calor específico del cuerpo

T_v = temperatura de final del producto

T_p = temperatura inicial del producto

Lavado de máquinas.

Debido a que los reactores y las marmitas tienen un sistema de lavado CIP (clean in place) el consumo del vapor se estimará del 5 % del vapor entregado por medio de los

equipos antes mencionados, además aquí se incluye también los requerimientos en otros usos auxiliares como el precalentado del combustible, siendo esta demanda total igual a:

$$0.05 \times (68,52 \text{ CC}) = 3,42 \text{ CC}$$

Consumo total.

El consumo total será el que definirá el 100% del consumo de la planta, es decir todos los equipos funcionando a su máxima capacidad, será definido en la tabla 1.

Tabla 1

Demanda de vapor para la fábrica Qualipharm para una producción de 24 toneladas diarias

Demanda de vapor		
Equipo	Unidades	Demanda (CC)
Marmitas	3	23,27
Reactores	3	45,25
Zona de lavado	1	2
Lavado de maquinas	1	3,42
Total	8	73,94

A este valor se considera un factor de seguridad de 20 %, debido a perdidas por radiación y convección en las tuberías y en la operación de los equipos:

$$73,94\text{CC} \times 1,20 = 88,73\text{CC}$$

También se debe tener en consideración al agua de alimentación, debido a que esta ingresa a la caldera a una presión ligeramente mayor que la presión de operación y a una

temperatura aproximada de 80°C, menor que la temperatura de saturación correspondiente a la presión de operación, es por eso que se va a necesitar de calor adicional (calor sensible) para calentar el agua hasta obtener líquido saturado.

Este calor adicional se calcula por medio de la tablas de anexo A, en donde se involucra un factor de evaporación FE, que depende de las condiciones de presión de operación de la caldera y de la temperatura del agua de alimentación; para este caso, 150 Psig (presión relativa o manométrica en psi) y 80°C. Este factor de evaporación se define en la ecuación 2.

$$FE = \frac{\text{Evaporación nominal}}{\text{Evaporación real}} \quad (2)$$

Donde:

FE= factor de evaporación

Evaporación nominal

Evaporación real

La evaporación real se refiere a la demanda de vapor en todos los puntos de consumo en el proceso, este vapor ya fue calculado anteriormente y es de 88,73 CC con 80 °C y 150 Psig, se obtiene del Anexo A un factor de operación del 1083.

Por lo tanto, la evaporación nominal o capacidad nominal deberá ser de:

$$\text{Evaporación nominal} = 88,73 \text{ CC} \times 1,079$$

$$\text{Evaporación nominal} = 95,74 \text{ CC.}$$

Con el fin de tener siempre vapor en la planta se va considerar un 20 % de vapor adicional para una posible ampliación en los equipos será una caldera de 114,88 CC. Ahora ese valor será el que se maneje cuando todo esté funcionando al 100%, como la planta en

momentos picos llegará a ese valor se usará una caldera del 60 % de este valor es decir 68,9 CC la más próxima a este valor comercialmente es una de 70CC.

Factores que Intervienen en la selección de la caldera

Para la selección de la caldera, además de la demanda de vapor que se requiere para la elaboración de emulsiones dentro de la fábrica, hay que considerar los siguientes factores:

Agua de alimentación disponible.

El agua que alimenta a la caldera tiene que ser tratada respectivamente de los diferentes entes químicos que se muestran en el anexo B y acatar las sugerencias ahí dispuestas para eliminar los mismos.

En el capítulo tratamiento de agua de calderas menciona del libro manual práctico de operadores de calderas industriales de Sanz del Amo, (2014) que el mal tratamiento de agua a largo plazo ocasiona la disminución de la vida útil de la caldera debido a la corrosión por oxígeno o pitting.

La presencia de oxígeno va directamente relacionado con la temperatura del agua como lo muestra en la figura 3 donde está la curva obtenida del libro de Sanz del Amo,(2014) en la misma se ve que entre más caliente esté el agua menor oxígeno va a tener y por ende va existir menos corrosión en la red de vapor y la caldera.

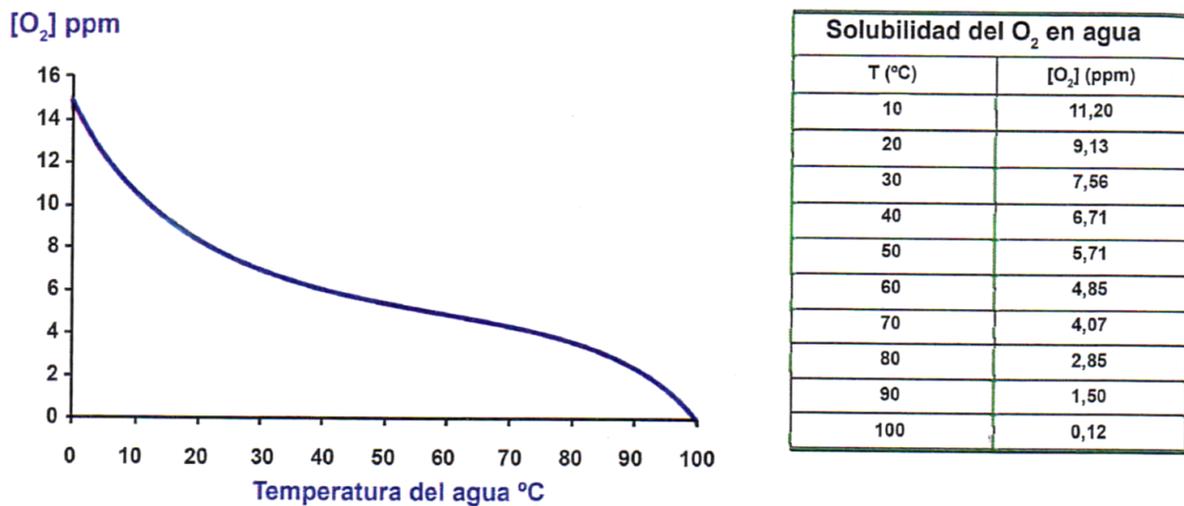


Figura 3. Curva temperatura oxígeno en el vapor. Obtenido de Sanz del Amo, M. (2014).

Tiempo de operación de la caldera.

El tiempo de operación diaria de la caldera va a influir en la cantidad de vapor por día que se necesite, así como también en el tipo de combustible a utilizar. En este caso la caldera operará las 24 horas al día

Tipo de caldera a utilizar.

La presión inicial de diseño de la caldera es 150 PSI y 70 CC de producción de vapor, este valor está dentro del rango establecido para el uso de calderas pirotubulares que pueden ser usada hasta presiones de 250 PSI y hasta capacidades de 25000 lb/h o 725 CC de producción de vapor, como se indica en cleaver-brooks. (2015).

Número de unidades generadoras o calderos.

Este factor depende de la demanda de vapor, de acuerdo a las características de la empresa y que tiene dos áreas definidas que son producción de fármacos y cosméticos.

Además la fábrica tiene al momento una caldera la misma que alimenta la producción de fármacos tiene una potencia de 40 hp y es pirotubular.

Adicional es necesario para los nuevos equipos una caldera de 70 CC según lo descrito anteriormente para la elaboración de emulsiones, la caldera que se tiene estimado comprar es de marca Cleaver Brooks los detalles específicos se los puede ver en el anexo C.

Selección de combustible.

La caldera actual que se dispone en la fábrica funciona a diésel y se estima usar el mismo combustible para la nueva caldera para evitar otros gastos, como construcción de otra cisterna y manejar dos tipos de combustible y todo lo que esto conlleva.

El espacio disponible.

Este es otro factor que puede ser causa de problemas, especialmente si el área destinada para instalar la caldera es reducida con respecto a las dimensiones de la caldera. Para este fin se tiene destinado un área específica de calderas y la nueva caldera entra perfectamente en esta área para designar las medidas de la caldera el fabricante de la caldera a dispuesto las siguientes medidas extraídas de cleaver-brooks, (2015).

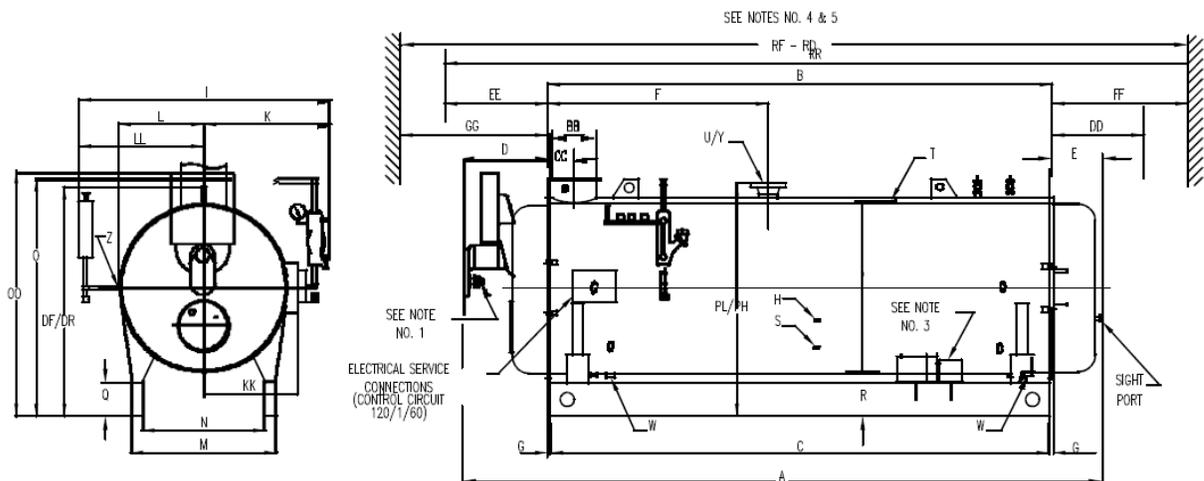


Figura 4. Medidas de las calderas model CB de cleaver-Brooks. Obtenida de cleaver-brooks. (2015).

La tabla en la cual se puede visualizar las medidas de las calderas de este fabricante se encuentra en el anexo D.

Las medidas a tomar de la figura 4 para definir el área física para instalar el caldero serán I que tiene un valor de 1,86 m será el ancho y RD ya que el área designada es una área con mucha ventilación serán 6 m será el largo de la caldera a esto se añade 0.8 metros para mantenimiento. Los valor mínimos necesarios serán ancho 2.66m y largo 6.8 m obtenidos del anexo D.

La disponibilidad de la energía eléctrica.

Este factor se debe considerar, de acuerdo a los requerimientos de voltaje, número de fases, puesto que la caldera necesita para su funcionamiento electricidad para los motores de quemadores, bombas y controles. El suministro de energía eléctrica lo hace la empresa eléctrica Quito.

Características de la caldera a emplearse.

En el anexo C se detalla las características de la caldera a utilizar, en la que se menciona lo más importante en la tabla 2.

Tabla 2

Características generales de la caldera propuesta

Características generales de la caldera	
Descripción	Características
Marca	Cleaver Brooks
Tipo de caldera	Pirotubular- Horizontal cuatro pasos
Potencia (CC)	70
Vapor generado (lb/h)	2415
Combustible utilizado	Diésel
Presión de diseño (PSI)	150

Sistema de Agua de Alimentación

La materia prima para la generación de vapor va a ser el agua de suministro, por este motivo el caldero debe ser continuamente alimentado para obtener vapor.

Esta agua debe estar en un tanque de agua que alimenta al caldero en donde se encuentra el condensado retornado de la red de vapor y agua nueva de aportación o agua de reposición.

Es fundamental que la reserva de alimentación de agua este bien dimensionada para no tener fallas en la red de vapor y la caldera, debido a que una mala operación de sus componentes podría llevar a consecuencias graves de estos.

Por lo que un sistema deficientemente a menudo es origen de grandes pérdidas térmicas y está sometido a excesivos mantenimientos, para esto el agua que ingrese debe ser tratada previamente, de esta forma se evita incrustaciones y otros daños más que

implicaría la disminución en la vida útil de la caldera, en la entrevista realizada a Flores, gerente general de electromecánica se concluye lo siguiente:

- Un sistema bien diseñado aprovechará al máximo el uso del calor, y evita el desgaste de los elementos por presencia de condensado.
- Los costos por tratamiento químico se reducirán al mínimo entre más condensado se recupere.

Uno de los mayores agentes dañinos de los gases disueltos es el oxígeno, este elemento en exceso causa efectos de picaduras de metal, para eliminarlo se debe calentar el agua de alimentación o realizar un tratamiento químico para que se use en la caldera. Además con agua caliente se manejaría menos combustible en la caldera, pues sería mucho más fácil alcanzar la temperatura de ebullición del agua a la presión de trabajo.

Por lo que es recomendable obtener una temperatura regulada de 80°C, por los beneficios planteados, pero no se debe sobrepasar esta temperatura en el agua de alimentación, debido a que causaría problemas de cavitación en la bomba y por consiguiente su pronto deterioro y riesgo para la caldera, como lo indica Sanz del Amo en su libro manual práctico del operador de calderas industriales, (2014).

La eficiencia de la caldera aumenta con la elevación de la temperatura de agua de alimentación. Un incremento en la temperatura de agua de alimentación redundará en un aumento de rendimiento de aproximadamente el uno por ciento, obtenido de (Sanz del Amo, 2014).

Demanda del agua en la caldera

La generación de vapor en la caldera va a depender de la cantidad de agua que se suministre, por lo que es recomendable que la cantidad de agua de reserva y la capacidad

del tanque de alimentación sea de tal manera que almacene una cantidad mínima de agua lo suficiente para mantener la evaporación de la caldera por menos durante 20 minutos.

Por medio de datos experimentales se tiene que para satisfacer la demanda de 1CC se requiere 0.069 galones americanos por minuto o 0.261 litros por minuto. Como la capacidad de la caldera que se selecciono es de 70CC la capacidad de evaporación va a corresponder a 4,83 *gpm*.

Economizador

El economizador es un elemento opcional de la caldera que recupera calor sensible de los gases de salida de una caldera para aumentar la temperatura del agua de alimentación, Obtenido de Sanz del Amo, (2014).

Este es un conjunto de tubos mediante el cual pasa el agua de alimentación, que se calienta con los gases de combustión que pasan a través del haz de convección de la caldera.

En la figura 5 indica la ubicación del economizador en la caldera, adicional se encuentran las partes principales de la planta de cogeneración en ciclo combinado.

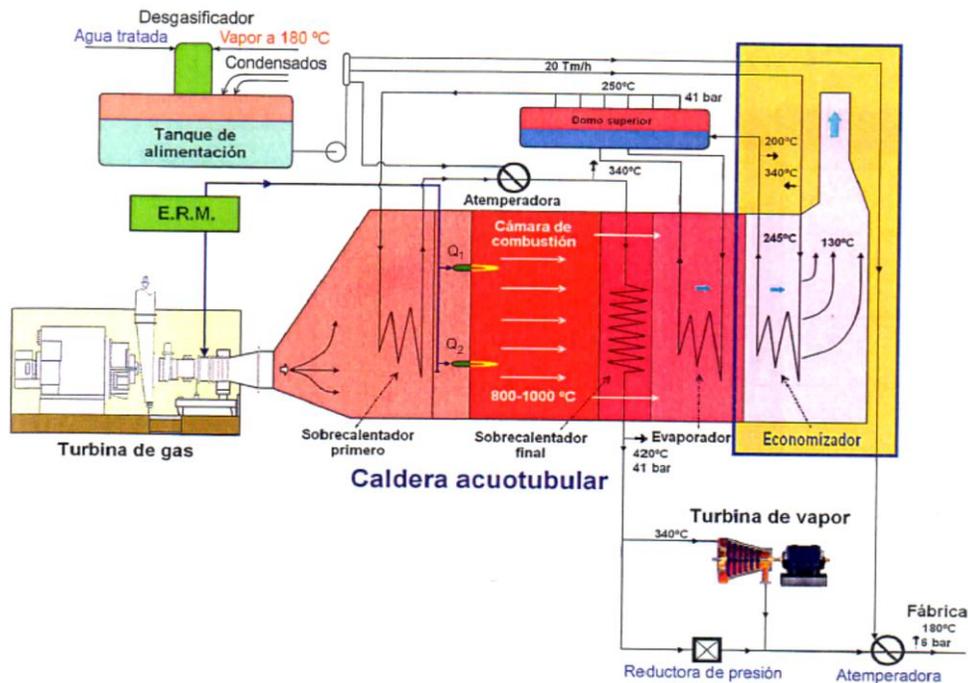


Figura 5. Partes de una caldera acuotubular. Obtenida de Sanz del Amo, M. (2014).

Capacidad y dimensión del tanque de agua de alimentación

El tanque de almacenamiento de agua de alimentación que recibe el condensado que se forma después de que el vapor haya transferido calor en los diferentes procesos térmicos para los cuales se destinó.

Si la reserva mínima de agua deberá satisfacer la evaporación en la caldera durante 20 minutos del proceso por tanto consume 365,67 litros.

Debido que el tanque va a ser una mezcla de agua y vapor no puede estar nunca lleno en su totalidad, sino que solamente el nivel de agua debe cubrir el 70 % del volumen del tanque, con el fin de considerar el aumento de presión cuando haya incremento de temperatura en el agua la reserva será 522,44 litros.

Será la capacidad del tanque de agua de alimentación 138 galones es decir 522,4 litros. Los tanques para condensado ya tienen medidas predeterminadas como se ve en el

anexo E que fue obtenido de la ficha técnica one and two stage Aurora, (2015), el tanque esta entre uno de 100 galones y 200 galones para este fin se usará uno de 100 galones las dimensiones se verán en la tabla 3.

Tabla 3

Dimensiones del tanque de alimentación de agua

Dimensiones del tanque de alimentación	
Diámetro en pulgadas	24
Longitud en pulgadas	54

Criterios para la Selección de Bomba de Agua de Alimentación

La bomba de agua de alimentación succiona del tanque agua para llevarla hasta la caldera para generar el vapor.

Para seleccionarla es necesario considerar los siguientes criterios:

- Operación continua o intermitente.
- Temperatura del agua de succión.
- Capacidad.
- Presión de descarga.
- Carga neta de succión positiva requerida.

Operación continua o intermitente

La operación de la bomba de agua de alimentación es de forma intermitente, ya que arranca dependiendo del nivel de agua, estas calderas trabajan generalmente con un flotador sobre el cual actúa un interruptor, por lo que hace que el motor que impulsa la bomba para

o arranque a cierto nivel, debiendo dirigirse la tubería de descarga directamente hacia la caldera sin restricción en esta línea.

Presión de descarga

La presión de descarga de la bomba de agua de alimentación es siempre mayor que la presión de diseño de la caldera, en (Sanz del Amo, 2014) la alimentación de agua deberá poder inyectar una cantidad de agua igual a 1,5 veces la máxima que pueda evaporar la caldera la misma que fue definida en 4.83 gpm (galones por minuto) y será un valor de 7,245 gpm.

Capacidad

La capacidad de una bomba de agua de alimentación de calderas significa el caudal que una bomba puede proveer, pero siempre dependiendo también de la presión de descarga y de la carga neta de succión requerida como se en (Sanz del Amo, 2014).

Existen dos tipos de bombas utilizadas para el agua de alimentación:

- Tipo rotativa.
- Tipo centrífuga.

La carga neta de succión positiva (NPSH).

Es la altura total absoluta de succión corregida al eje impulsor menos la presión de vapor líquido, en cm o pies absolutos. La NPSH se refiere a un análisis de las condiciones de succión de la bomba, para saber si el agua se vaporiza o no en el punto de menor presión, debido a que se debe mantener el fluido en estado líquido para obtener un buen funcionamiento de la bomba evitando la cavitación debido a que este afecta a la presión, capacidad y eficiencia, que podría producir incluso perforaciones en la paletas del impulsor.

Para evitar este problema, es esencial proporcionar la mejor posible de succión positiva neta (NPSH) a la bomba de manera que la presión estática este tan alta como sea posible. Esto se facilita mucho con la localización del tanque de alimentación lo más alto posible por encima de la caldera. El NPSH se determina con las curvas de la bomba a seleccionar.

Para la selección de la bomba se usa un software especializado en bombas WinCAPS versión: 2008.1.24 INT. En donde los resultados será la bomba adecuada.

Para la selección de la bomba se debe ingresar al software a la opción dimensionamiento (sizing), después de esto ingresa a la opción calefacción (heating) seguido por la opción sistemas de servicio de plantas industriales (Industrial plant service systems), en la opción recirculación principal (main circulator) y llenamos los siguientes datos de la tabla 4:

Tabla 4

Datos de la bomba de agua de alimentación para el programa WinCAPS

Caudal	Flow(Q)	0,61m ³ /h
Altura	Head(H)	10m
Temp máxima liquid	max temp liquid	95°C
Presión max de opera	max operation pessure	10 bar
Presión min de entra	min inlet pressure	1,5 bar

El WinCAPS propone 8 clases de bombas de la cual se escoge la siguiente bomba con la siguiente curva NPSH que se visualiza en la figura 6.

Tabla 5

Especificaciones técnicas de la bomba de agua de alimentación

Especificaciones técnicas	
Descripción	Características
Motor eléctrico	0,37kw /2890rpm/50hz
bomba	25 B ASTM
Caudal	0,61 m ³ /h
Voltaje	220-240V trifásico

Sistema de Combustible

El sistema de combustible de una caldera depende en gran medida que la mezcla aire-combustible sea la correcta para que la combustión sea eficiente. La combustión es una reacción química y violenta en la cual generalmente contiene una gran cantidad de calor y luz. En toda combustión existe un elemento que arde y se denomina combustible y otro que produce la combustión (comburente), generalmente el oxígeno gaseoso. Una combustión incompleta se debe a que la mezcla no está en la proporción adecuada, dando como resultado generación de cenizas, obtenido de (Sanz del Amo, 2014)

Entre los principales componentes del sistema de combustible de una caldera son los siguientes:

- Tanque de combustible.
- Bomba de combustible.
- Quemadores de combustible.
- Accesorios.

Selección del combustible a utilizarse

La selección del combustible deberá hacerse no solamente tomando en consideración su costo de adquisición, sino también la disponibilidad en el mercado durante todo el año, seguridad durante el transporte y almacenamiento, calidad y costo de operación. Para nuestro caso se selecciona el diésel debido a las condiciones de trabajo de la fábrica ya que tiene una caldera de 40 hp que funciona con este combustible y para evitar manejar dos combustibles y todos los costos que esto representa.

Demanda del combustible en la caldera

La demanda de combustible en la caldera va a depender de la temperatura de entrada del agua de alimentación y de la cantidad de vapor que requiera el proceso industrial.

La capacidad de la caldera se determinó que es de 70 CC, que equivale a 2 344 600 BTU/h, esta energía total requerida tiene que ser suministrada por el combustible, el caudal de combustible $22,31 \frac{\text{galones}}{\text{hora}}$.

Calculo de capacidad del tanque de combustible

Primero para definir el tanque de combustible es ineludible revisar las normativas vigentes en el país de origen, para el caso del Ecuador son las normas NTE INEN 251:2003. (Manejo, almacenamiento, transporte y expendio en los centros de distribución de combustible líquido. Requisitos).

Para definir la capacidad del tanque de combustible de servicio diario deberá tener como mínimo una capacidad de almacenamiento para que el combustible pueda durar 24

horas de operación de la caldera. En los tanques de reserva debe tener como mínimo una capacidad de almacenamiento de tal magnitud que el combustible puede durar de 15 a 30 días de tiempo de funcionamiento de las calderas. Para este caso será 20 días y tendrá una capacidad de 10708,8 galones.

Para usar los valores estándares de INEN, (2003), hay que transformar la capacidad del tanque de galones a litros es decir $40537,09 \text{ dm}^3$.

Según el INEN, (2003), la capacidad operativa del tanque no debe ser menor que la capacidad nominal, ni mayor que el 110% de la capacidad nominal obteniendo el valor de 44590.8 dm^3 .

Usando la tabla 6 extraída de INEN, (2003), es posible conocer el diámetro interior máximo que será 3,20 metros y debe tener un espesor de mínimo de 6,00 milímetros.

Tabla 6

Diámetro máximo de tanques para almacenar combustible

Capacidad (dm^3)	Diámetro interno máximo (m).	Espesor mínimo (mm)
Hasta 1078	1.07	1.70
1082 a 2120	1.22	2.36
2124 a 4164	1.63	3.12
4168 a 15142	2.13	4.24
15145 a 45425	3.20	6.00
45429 a 75708	3.66	7.67
75712 a 189270	3.66	

Para el diseño de este tanque se tomará una forma del tanque cilíndrico con las siguientes medidas internas:

- Diámetro: 3 metros
- Longitud: 6,31 metros

Además la caldera debe disponer de un tanque de consumo diario el mismo que debe abastecer a la caldera de su consumo en el trayecto del día ya que una avería en las tuberías o la bomba de combustible puede ocasionar que la caldera dimita su operar.

Las dimensiones del tanque de consumo diario deberán tener como mínimo una capacidad de almacenamiento para que el combustible pueda durar 24 horas de operación de la caldera es decir 535,44 galones.

Para usar los valores estándares de (INEN, 2003) hay que transformar la capacidad del tanque de galones a litros siendo $2026,85 \text{ dm}^3$.

Según INEN, (2003), la capacidad operativa del tanque no debe ser menor que la capacidad nominal, ni mayor que el 110% de la capacidad nominal aumentando su tamaño en $2229,54 \text{ dm}^3$.

Usando la tabla 6 extraída de (INEN, 2003) es posible conocer el diámetro interior máximo que para el caso será 1,63 metros y debe tener un espesor de mínimo de 3,12 milímetros el taque tiene una forma cilíndrica y tiene una longitud de $1,064 \text{ m}$.

El tanque de almacenamiento de combustible debe tener varias características que se encuentran en el anexo G que son las normas (INEN, 2003) en donde se define la boca de inspección, venteo de llenado, válvula de drenaje, inclinación, válvula esclusa, filtro.

Es recomendable que la instalación del tanque de consumo diario sea elevada para que permita el flujo del combustible por gravedad, eliminándose el mezclado de las impurezas que originan los sistemas de bombeo.

También el tanque de reserva debe ser ubicado fuera del cuarto de la caldera.

Calculo de la bomba de combustible

Todas las calderas vienen provistas de bomba de combustible, y estas serán generalmente del tipo de desplazamiento positivo. Estas bombas son pequeñas de bajo peso y con eficiencia mecánica entre 75 al 85%.

Estas bombas tienen como características principales:

- Cabezal de descarga.
- Caudal volumétrico.

Obtenido de Torres, (2001), la potencia necesaria para impulsar la bomba de combustible se calcula mediante la ecuación 3.

$$pot = \frac{8,33 \times Q_{comb} \times TDH \times SG}{33000 \eta} \quad (3)$$

Donde:

Pot = potencia (HP)

Q_{comb} =caudal de combustible = $22,31 \frac{galones}{hora} = 0,371 \frac{galones}{min}$

SG = gravedad específica del diésel = 0.86

η = eficiencia de la bomba = 0,8.

TDH = Cabezal de presión de descarga en pies de columnas de agua (la presión de

descarga puede fluctuar entre 75 y 100 $\frac{lb}{pulg^2}$ esta se define:

$$TDH = 100\text{psi} \times \left(\frac{2,31 \text{ pies } H_2O}{1\text{psi}} \right) = 231 \text{ pies de } H_2O$$

Entonces reemplazando los datos la potencia de la bomba sería 0,0233 HP.

Este valor no existe comercialmente el más próximo es $\frac{1}{4}$ hp por lo tanto la bomba requerida será de la potencia mencionada.

Según Yépez, (2012) para seleccionar el tipo de bomba se debe utilizar una curva descrita en la figura 7 el dato anterior calculado el flujo de combustible es $22,31 \frac{\text{galones}}{\text{hora}}$ el mismo que debe estar expresado en galones por minuto siendo $0,371 \frac{\text{galones}}{\text{min}}$ y la presión de 231 pies columna de agua, se selecciona una bomba de desplazamiento positivo tipo rotatoria y regenerativa.

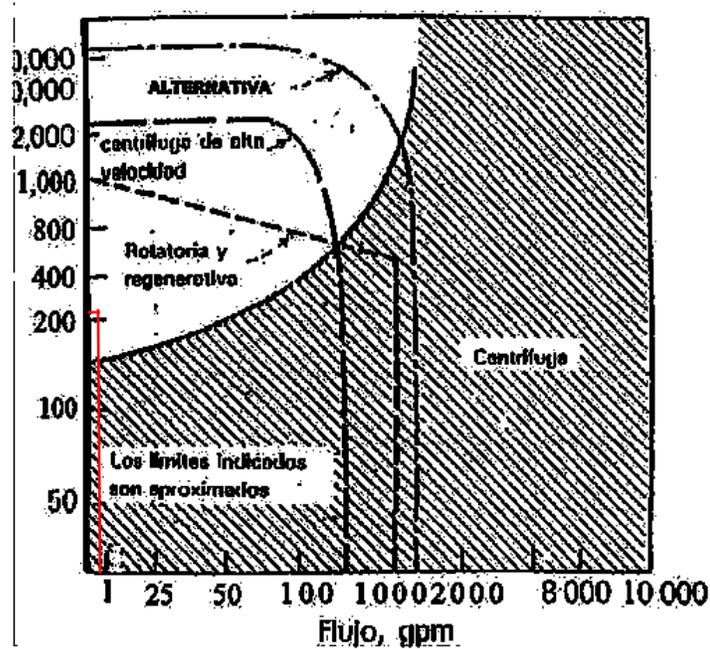


Figura 7. Selección de la bomba de acuerdo al flujo y presión requerida. Obtenida de Yépez, (2012).

Dentro de las bombas tipos rotatorias se tiene las de engranaje internos, que son óptimas para fluidos de todo tipo y adecuados para esta aplicación.

La bomba seleccionada para estas aplicaciones es de la marca VIKING PUMP, las características de la misma se encuentran en el anexo I, en la tabla 7 se describen las particularidades más importantes de la bomba.

Tabla 7

Bomba para el transporte de combustible

Modelo	LVP40017
Velocidad	1750 rpm
Galones por minuto	20
Potencia del motor eléctrico	0.25 ph
Voltaje de trabajo	220 V trifásico
Frecuencia	60 Hz
Máxima presión	200 psi

Quemador de combustible

Los quemadores de combustible de una caldera constituyen la parte final de todo sistema de combustible, siendo su función principal la de producir la atomización y regulación del combustible para quemarlo.

La caldera escogida de la marca Cleaver Brooks de 70 CC viene con su quemador incorporado, es decir al seleccionar la caldera indirectamente se está seleccionando el

quemador requerido, ya que los fabricantes incluyen al quemador así como también el panel de control, control de llama y otros accesorios.

Cálculo y dimensionamiento de la chimenea

La chimenea es el tubo de escape de los gases de combustión. Su altura varían de acuerdo con las características de la calderas y con las disposiciones de contaminación atmosférica legales vigentes. Las chimeneas se diseñan altas cuando se trata de conseguir la máxima dispersión de los humos de escape o chimeneas bajas cuando el único objetivo se expulsar dichos humos fuera de la caldera, obtenida (Sanz del Amo, 2014).

Control de la combustión en la caldera

El control de la combustión en las calderas es importante y se realiza a través de los gases de escape lo cual permite establecer si el combustible se está quemado adecuadamente o se necesita hacer correctivos.

Siempre se debe tener presente que el proceso de combustión se lleva a cabo adecuadamente si son correctos cuatro factores:

- Una cantidad comburente suficiente para suministrar el oxígeno adecuado.
- Una mezcla adecuada de combustible y comburente.
- Una temperatura de ignición apropiada para iniciar y mantener el proceso de combustión.
- Un tiempo suficiente que permita la combustión completa.

Selección de los controles de la caldera

Los controles automáticos de la caldera deben cumplir dos funciones básicas, regulación y seguridad. La verificación de la eficiencia de operación de cada uno de ellos

debe ser frecuente y rigurosa debido a que las calderas son equipos industriales de alto peligro, esta verificación puede ser efectuada a través de los instrumentos de medición de temperatura, presión, composición química de gases de combustión etc.

Siempre es necesario que una caldera mantenga una presión de trabajo constante para la gran diversidad de caudales de consumo, por lo cual debe ser capaz de:

- Aportar una energía calorífica suficiente a través de la combustión del combustible con el aire.
- Desde el punto de vista de seguridad industrial, el nivel debe estar controlado y mantenido dentro de los límites.
- Garantizar una llama segura en la combustión.

El control de las calderas se basa en 3 aspectos fundamentales que constituyen la combustión, la seguridad industrial ante la llama, y el nivel del agua en la caldera.

Control de nivel

La forma de controlar el nivel de agua es mediante el indicador de nivel, este consiste en un tubo de cristal, el cual muestra el nivel real de agua en la caldera, de esta forma se muestra la lectura. Estos indicadores de nivel están propensos a daños por la corrosión de los químicos en el agua de la caldera, cualquier señal de corrosión obliga a cambiar el cristal, obtenido de (Yepez, 2012).

Control de la bomba y cierre de bajo nivel de agua.

Este control que opera por medio de un flotador responde al nivel de agua de la caldera, el control efectúa dos funciones diferentes:

- Detiene la alimentación del quemador si el nivel del agua es menor que el nivel seguro de operación, activando el indicador de nivel en el panel de control.
- Arranca y detiene la bomba alimentadora de agua para mantener el agua al nivel de operación adecuado.

Control de la Combustión.

La regulación de la combustión es requerida para mantener constante la presión de vapor en la caldera. Sus variaciones se toman como una medida de la diferencia entre el calor que produce la caldera en forma de vapor y el calor que se suministra con la combustión.

El controlador de la presión de vapor ajusta la válvula de control de combustible, la señal procedente del caudal de aire es modificada por un relé de relación para ajustar la relación entre el aire y combustible y pasa a un controlador que lo compara con la señal de caudal de combustible.

Si la proporción no es correcta se emite una señal al servomotor de mando del ventilador o a la válvula de mariposa, de modo que el caudal de aire es ajustado hasta que la relación aire-combustible sea correcta.

Control de Llama

El control de llama es muy importante desde el punto de vista de seguridad en la operación de las calderas. Para que el funcionamiento de los quemadores sea correcto, estos necesitan que la llama producida por el combustible sea estable, de calidad, y que además se mantenga en estas condiciones mientras se encuentre en marcha.

Se efectúa por medio de un controlador de presión (pressuretrol) el que controla el suministro de combustible y aire al quemador. El controlador de presión activa un motor eléctrico reversible que acciona la válvula de regulación de combustible y la entrada de aire.

Existe un control adicional de seguridad mediante una célula fotoeléctrica, la cual en caso de falla corta el suministro de combustible. El lente de la fotocélula debe mantenerse limpio, debido a que la formación de hollín o polvo producirá una falsa información a la misma con la consiguiente inestabilidad de operación.

Ante una falla en la llama, el sistema de protección, deben actuar inmediatamente a través de detectores de llama para que el conjunto caiga en seguridad y evite la entrada de combustible sin quemarlo, parando la instalación y eliminando de esta manera el peligro de su eventual encendido y explosión.

Programadores

Son dispositivos de control que se programan para detectar alguna falla mediante alarmas u otro tipo de señales. Los detectores de llama están conectados a programadores con relés de seguridad de llama que puedan abarcar desde una simple alarma de falla de llama que incluya la parada de la caldera hasta una programación completa que realice las siguientes funciones:

- Pre barrido o pre purga, es decir limpieza de los gases que pudieran haberse acumulado durante la última combustión en el hogar basta antes de cada encendido.
- Encendido de la llama piloto.
- Encendido de la llama principal.
- Parada de instalación.

- Post barrido, que es la limpieza de los gases quemados.

Controles de Vapor

Dentro de los controles de vapor se detalla a continuación lo más importantes:

Indicador de presión.

Indica la presión interna de la caldera.

Control de la presión máxima de operación.

Interrumpe el circuito para detener la operación del quemador cuando la presión excede el ajuste seleccionado.

Válvula de prueba.

Esta válvula permite que se escape el aire de la caldera durante el llenado y facilita la inspección retinaria de la misma.

Válvula de seguridad.

El propósito de esta válvula es eliminar el exceso de presión sobre la diseñada para la caldera.

Colector del condensado.

Drena el condensado y evita la pérdida de vapor, el condensado debe ser conducido por una tubería a un lugar seguro de descargue.

Válvula de retención.

Evita la entrada de aire durante periodos de paralización.

Termómetro de la chimenea.

Indica la temperatura de los gases de combustión en la chimenea.

Descripción de los controles comunes de las calderas

El tablero eléctrico debe contener varios pulsadores y selectores para el control de cada uno de los elementos que componen el sistema de vapor y principalmente la caldera, e indicadores visuales.

- Falla de la caldera.
- Demanda de carga.
- Válvula de combustible (válvula abierta).
- Bajo nivel de agua.

Detector de llama.

Monitorea el piloto gas y activa el relevador de programación de la llama en repuesta a una serial de llama, y continua verificando la llama principal después que finaliza el periodo de prueba piloto, obtenido de (Yepez, 2012).

Regulador de presión de vapor.

Se ajusta para reducir la presión para mantener adecuadamente la temperatura requerida del combustible.

Válvula de purga de aire

La válvula solenoide se abre simultáneamente con el cierre de la válvula solenoide de combustible cuando se apaga el quemador, permitiendo que el aire comprimido purgue el combustible de la boquilla del quemador y la tubería adyacente. Este combustible se quema con la llama que se está extinguiendo, la cual sigue quemando aproximadamente 4 segundos después que se cierra la válvula solenoide del combustible

Calculo y dimensionamiento de las tuberías de vapor y de retorno de condensado.

La red de distribución de vapor junto con los reguladores de presión y temperatura, constituye la parte central de una instalación para generación de vapor, esta va a ser la encargada de conducir el vapor generado por la caldera hacia los diferentes puntos de demanda existentes en el proceso.

Se debe tener en cuenta que la mayor parte de las mejoras en esta red de vapor, están después de la generación de vapor, esto es, en la operación, mantenimiento y en el sistema de distribución de vapor.

En estas áreas normalmente se tienen fugas y equipos funcionando inadecuadamente y por lo tanto, es donde se tienen pérdidas de vapor, por lo que estas son áreas las que ofrece oportunidades de recuperar calor a través del uso de trampas de vapor, retomo de condensado e intercambiadores de calor.

El aire y la humedad son dos elementos indeseables para el vapor, debido a que el aire disminuye la temperatura de vapor, mientras la humedad hace disminuir el poder calorífico.

Factores Necesarios para Dimensionar Tuberías de Vapor

De acuerdo a la entrevista realizada a Flores, gerente general de electromecánica, al instante de dimensionar tuberías de vapor hay que tener presente lo siguiente:

- Si la tubería es subdimensionada se provocará altas caídas de presión y elevadas velocidades que causarían ruido y erosión.
- Si la tubería es sobredimensionada tendría un costo muy alto y consecuente pérdida de calor.

Cuando las tuberías de vapor son dimensionadas e instaladas incorrectamente, el vapor no llegue a los equipos a las condiciones de presión y temperatura deseadas, formando golpes de ariete y erosiones en las mismas, por tal motivo es necesario conocer ciertos factores indispensables para un correcto dimensionamiento, Flores (2015).

Caudal másico.

Es la cantidad de vapor que fluye a través de la tubería de vapor que se quiere dimensionar esta va a depender del consumo de cada uno de los equipos a utilizar los mismos, obtenido de Yépez, (2012).

Los valores de caudal másico para los equipos se describen en la tabla 8.

Tabla 8

Caudal de cada una de las maquinas usadas en el proceso

Máquina	Consumo total en $\frac{kcal}{h}$	Consumo total en $\frac{libras}{h}$
Marmita 01	109069,1	446,08
Marmita 02	43631,45	178,45
Marmita 03	43631,45	178,45
Reactor 01	163620	669,2
Reactor 02	163620	669,2
Reactor 03	54540	223,06
Zona de lavado	16800	69
Total	431292	2433,44
Caldero 70 CC		2415

Caída de presión máxima admisible.

Es la máxima caída de presión que se puede admitir en el tramo de tubería que se está dimensionando para nuestro caso será del 10%, obtenido de Sanz del Amo, (2014).

Observaciones en el Cálculo de Tubería de Vapor

En la entrevista realizada a Flores mencionó que las observaciones más importantes que hay que tener presente para el cálculo de las tuberías de vapor son:

- Mientras más baja sea la presión del vapor, más grande es el diámetro de la tubería se requerirá debido al incremento que sufre el volumen específico.
- A mayor caudal, es decir a mayor velocidad se incrementa la caída de presión para un tamaño determinado de tubería.
- Debido a las altas velocidades que acompañan a toda caída de presión, el vapor erosionara más fácilmente las tuberías especialmente en los codos y en los cambios de dirección.
- El vapor que fluye en una tubería a altas velocidades produce ruidos excesivamente elevados.

Distribución de las Tuberías de Vapor

En la figura 8 se muestra gráficamente la distribución de las tuberías de vapor principales y secundarias dentro de la fábrica como se ha definido centralizar el consumo de vapor en un área estratégica dentro de la producción y para el proceso, es decir en el medio de la fábrica.

Velocidad del vapor

Los rangos de velocidad recomendadas para vapor en tuberías serán (en pies por minutos):

- Para vapor saturado de 0 – 50 psi será de 4000 a 6000 ppm.
- Para vapor saturado de 50 – 600 psi será de 6000 a 10000 ppm.
- Para vapor sobrecalentado 200 psi y mayor será de 10000 a 15000 ppm.

Para este fin se usará 6000 ppm ya que la presión inicial de la caldera es de 150 psi.

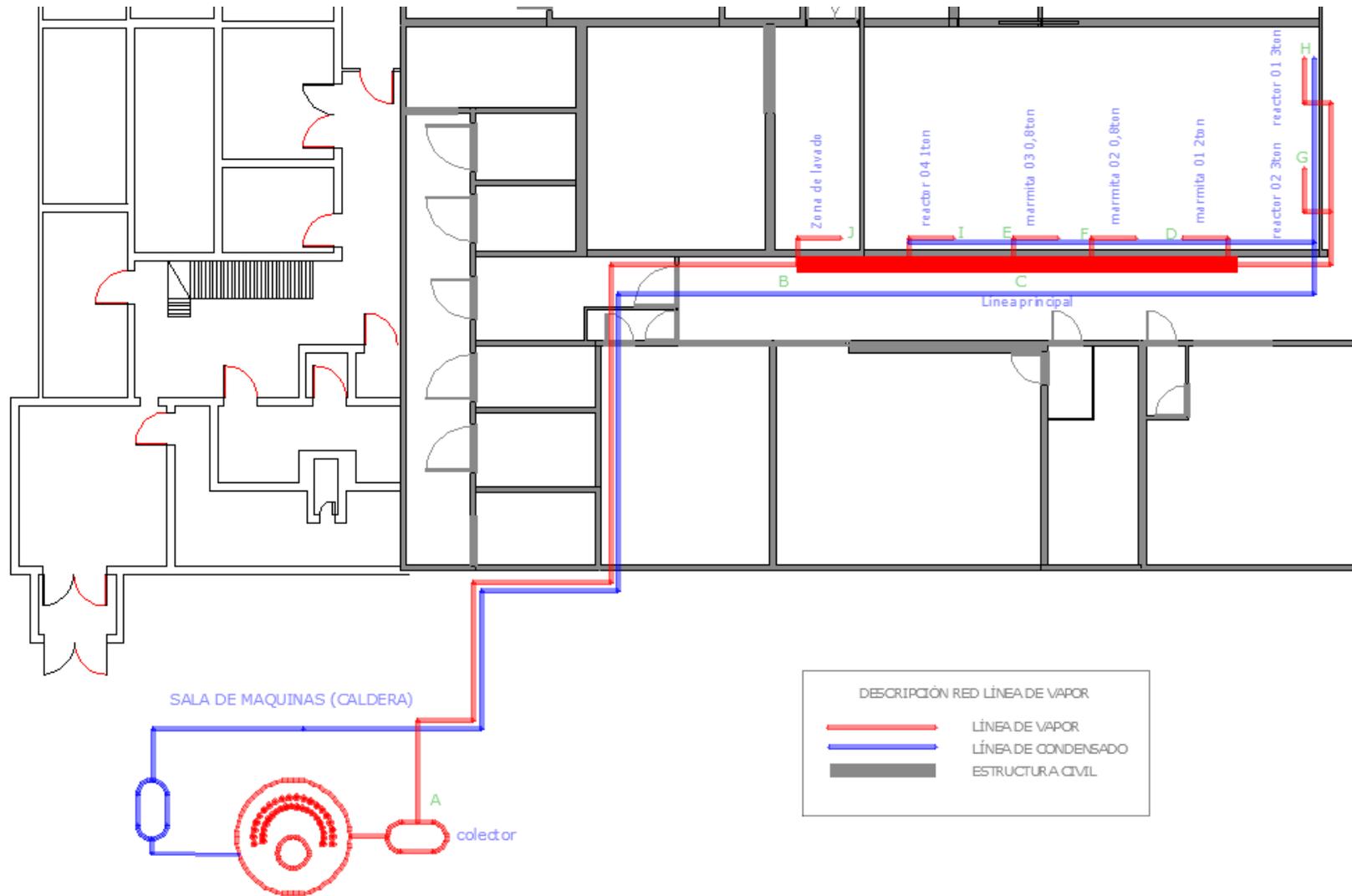


Figura 8. Plano arquitectónico de la ubicación de los puntos de vapor.

Cálculo y Dimensionamiento de las Tuberías de Vapor.

Para dimensionar las tuberías de vapor se sigue un procedimiento, el cual a emplear unos diagramas prácticos elaborados por ingenieros especializados en vapor dirigidos por Flores, (2015), que van a servir para las instalaciones de vapor. Si la presión normal de operación en la caldera se la mantiene con la presión de trabajo de 150 psi, se debe estimar una caída de presión debido al momento de ingresar al colector de vapor, este valor se lo puede conocer mediante la lectura de un manómetro instalado en el colector de vapor, pero si no se conoce este valor se puede considerar según la experiencia en 3 psi de caída de presión de acuerdo a Flores, (2015). Por lo que en el punto de referendo A de la figura 8se tendrá una presión de 147 psi.

A partir de este punto, se extenderá una tubería principal hacia un segundo distribuidor a la entrada del área que se encuentra la carga de consumo que es el punto B.

Uno de los criterios más importantes para el dimensionamiento de una tubería es la velocidad de flujo del vapor dentro del tubo.

La velocidad del vapor en una tubería circular se puede expresar en la ecuación 4.

$$V = 3,056 V_R \frac{W}{d^2} \quad (4)$$

Donde:

V= la velocidad del vapor 6000 pies por minuto.

V_R = Volumen específico del vapor, pies cúbicos por hora (PCH)

W = Flujo masa del vapor, libras por hora

d = Diámetro interior de la tubería, pulgadas.

En el rango de presiones hasta 600 psi, el volumen específico del vapor saturado puede ser representado por la ecuación 5:

$$V_R = \frac{334}{p^{0.938}} \quad (5)$$

Donde:

V_R = volumen específico del vapor saturado

P = presión absoluta del vapor, 147 psi

Sustituyendo la ecuación 5 en la ecuación 4 da como resultado la ecuación 6.

$$d = \sqrt{1020 \times \frac{W}{v \times p^{0.938}}} \quad (6)$$

Donde:

d = diámetro ideal de la tubería en pulgadas

W = Flujo masa del vapor, libras por hora

v = velocidad de vapor en pies por minutos

p = presión absoluta del vapor en psi

El diámetro de la tubería principal en el punto AB es de 1,95 pulgadas sin considerar las pérdidas de fricción en la tubería, la misma que va aumentando según la distancia que recorra sea mayor además hay que considerar la resistencia que presentan válvulas, codos y otros accesorios en la instalación. El cálculo de todos estos elementos se considera el valor del diámetro comercial superior es decir 2 pulgadas, que van de la mano con la figura 8 en

la porción AB para ver la posición fija en el plano y las fórmulas para el cálculo fueron extraídos de (Mott, 2006) del anexo K y los calculados se encuentran en el anexo H los resultados de la distancia equivalente de los accesorios del tramo de tubería AB en 2" se encuentran en la tabla 9.

Tabla 9

Componentes de la tubería principal de la instalación

Elementos	Cantidad de accesorios	Distancia equivalente en 2 pulgadas unitario	Distancia equivalente en 2 pulgadas total
Codos	7	1,53 m	10,71 m
Válvulas tipo compuerta	2	0,41 m	0,82 m
Pieza en T	1	3,05 m	3,05 m
Distancia tubos	70 m	70 m	70 m
Total			84,58 m

Para el cálculo de las pérdidas por fricción se usará la fórmula de UNIWIN descrita en la ecuación 7.

$$\Delta P = k V_R L \frac{W^2}{d^5} \quad (7)$$

Donde:

ΔP = perdidas de presión en psi.

$$K = 3,625 \left(1 + \frac{3,6}{d} \right) / 10^{11}.$$

V_R = Volumen específico del vapor, PHC.

L = Longitud equivalente de tubería.

D = Diámetro interior de la tubería.

W = Flujo masa del vapor, libras por horas.

Las pérdidas por fricción en la longitud equivalente de la tubería con el diámetro de 2 pulgadas da 29,06 psi de pérdidas, es decir que la presión final será de 117,94 psi, este valor se sale del máximo permisible en pérdidas del 10% por lo que se recalcula con tubería de 2 ½ pulgadas que es la inmediata superior.

El recalcu se lo realiza en el anexo H, los resultados de la distancia equivalente de los accesorios del tramo de tubería AB en 2 1/2" se encuentran en la tabla 10.

Tabla 10

Distancias equivalentes de los accesorios del tramo AB

Elementos	Cantidad de accesorios	Distancia equivalente en 2 pulgadas unitario	Distancia equivalente en 2 pulgadas total
Codos	7	1,90 m	13,30 m
Válvulas tipo compuerta	2	0,51 m	1,01 m
Pieza en T	1	3,80 m	3,80 m
Distancia tubos	70 m	70 m	70 m
Total			88,11 m

Las pérdidas por fricción en la longitud equivalente de la tubería con el diámetro de 2 ½ pulgadas da 8,65 psi de pérdidas, es decir que la presión final será de 138,35 psi, este

valor equivale al 5,76% de pérdida en la presión es decir que cumple perfectamente los requerimientos establecidos del 10% en pérdidas de presión.

Para dimensionar las tuberías de vapor restantes se considera un nuevo distribuidor que tendrá una caída de 3 psi es decir que para los siguientes puntos la presión inicial será de 135,35 psi desde este punto C descrito en la figura 8.

En la tabla 11 se describen los diámetros según la ecuación 6 de las tuberías secundarias a partir del punto C, los cálculos se encuentran en el anexo H.

Tabla 11

Diámetros ideales de las tuberías secundarias

Máquina	Puntos	Diámetro sin pérdidas
Marmita 01	CD	0,867 pul
Marmita 02	CE	0,549 pul
Marmita 03	CF	0,549 pul
Reactor 01	CG	1,062 pul
Reactor 02	CH	1,062 pul
Reactor 03	CI	0,613 pul
Zona de lavado	CJ	0,341 pul

Para los siguientes puntos hay que definir los accesorios necesarios para reducir la presión a la nominal de los equipos, el diagrama que se presenta en la figura 09 son extraídos de (SARCO, 1981) que son los elementos necesarios para reducir la presión a la de operación y para cada caso se describe en la tabla 12.

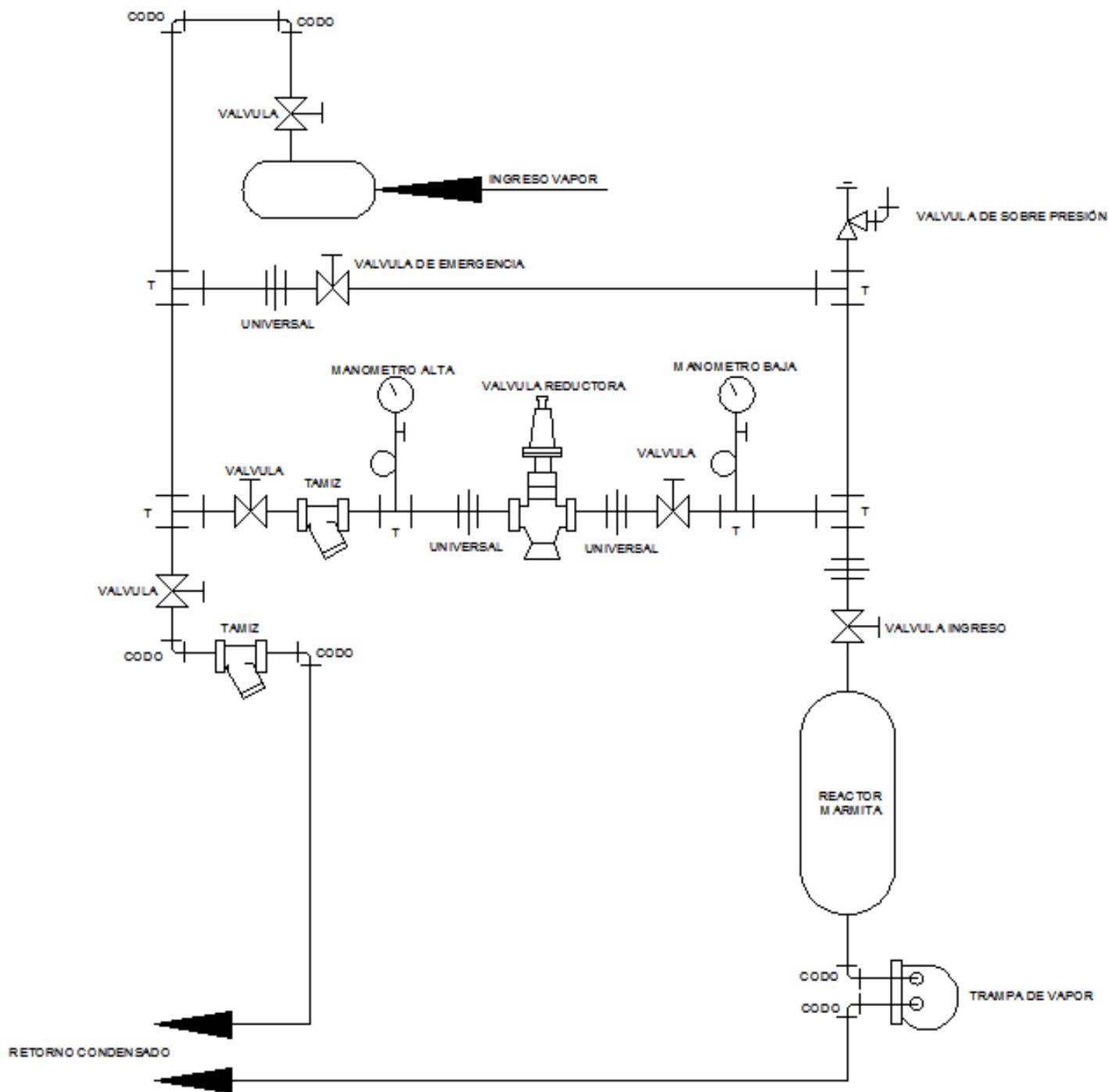


Figura 9. Diagrama banco reductor de presión para cada una de las máquinas.

Tabla 12

Accesorios de las tuberías secundarias de la instalación

Máquina	Puntos	codos	Tee	Válvulas de compuerta	universal	Tamiz	Válvula reductora de presión
Marmita 01	CD	4 un	6 un	5 un	3 un	2 un	1 un
Marmita 02	CE	4 un	6 un	5 un	3 un	2 un	1 un
Marmita 03	CF	4 un	6 un	5 un	3 un	2 un	1 un
Reactor 01	CG	4 un	6 un	5 un	3 un	2 un	1 un
Reactor 02	CH	4 un	6 un	5 un	3 un	2 un	1 un
Reactor 03	CI	4 un	6 un	5 un	3 un	2 un	1 un
Zona de lavado	CJ	4 un	6 un	5 un	3 un	2 un	1 un

La tabla 13 describe las distancias equivalentes de cada tramo con los diámetros ideales calculados además contiene la presión final al usar el diámetro de la tubería descrita en la tabla 11, evidentemente el cálculo inicial del diámetro es ideal por este motivo no cumple cuando se aplican las distancias equivalentes a los elementos usados en la instalación por este motivo se requiere realizar un recalcu de la tubería usando un diámetro superior descrito en la tabla 13 como de las presiones finales resultantes.

Tabla 13

Distancias equivalente de los accesorios de las tuberías secundarias

Segmento de la tubería	Distancia equivalente con diámetro ideal	Presión final con la distancia equivalente con diámetro ideal	Diámetro recalculado	Distancia equivalente con diámetro recalculado	Presión final con la distancia equivalente con diámetro recalculado
CD	44,97 m	105,00 psi	1,5”	63,60 m	131,22 psi
CE	38,83 m	113,37 psi	1,0“	48,07 m	130,22 psi
CF	39,83 m	112,81 psi	1,0“	47,07 m	130,12 psi
CG	52,39 m	113,67 psi	1,5”	61,60 m	126,36 psi
CH	50,33 m	114,49 psi	1,5”	59,60 m	126,65 psi
CI	31,80 m	107,21 psi	1,0“	41,07 m	128,51 psi
CJ	22,53 m	114,86 psi	0,75”	31,80 m	132,65 psi

Selección del Espesor y Aislante de la Tubería de Vapor.

El aislamiento en tuberías, por cuyo interior circula un fluido a una temperatura mayor a la del ambiente, tiene por objeto retardar el flujo de calor hacia el exterior, evitando que la eficiencia de la caldera disminuya. Para efectuar la selección deben tomarse en cuenta las siguientes observaciones, obtenido de (Vargas, 1996):

- El aislante debe tener alta resistencia a la transferencia de calor.
- El material aislante debe ser capaz de soportar la temperatura máxima de operación del fluido que circula por la tubería.
- El aislante debe acoplarse adecuadamente sobre la superficie de la tubería y formar una buena unión.

- De preferencia el aislante debe ser impermeable; caso contrario, debe ser protegido con un revestimiento si fuese necesario.
- Además debe ser el material aislante un medio de protección personal, debe promover la conservación ambiental, sin ser nocivo para la salud del personal que trabaja en las instalaciones.
- El material aislante debe ser de fácil adquisición en el mercado.

Material aislante

Los aislantes comúnmente utilizados en sistemas de vapor son: lana de vidrio, silicato de calcio, uretano y asbesto.

El aislante más frecuente usado es la lana de vidrio, para bajas y medianas presiones en sistemas de vapor; es fácil de instalar y posee una moderada conductividad térmica. Este aislante es bueno hasta temperaturas de 900 °F (482 °C) y es usado como aislamiento de la tubería del sistema de generación de vapor y retomo de condensado en forma de cañuelas, debido a que es utilizada comúnmente para sistema de vapor a bajas y medianas presiones y sus características se encuentran en la tabla 14, obtenido de (Vargas, 1996).

Tabla 14.

Características de la lana de vidrio aislantes de la tubería

Características de la lana de vidrio	
Conductividad térmica	0.035 W/°C. m2
Rango de temperatura de aplicación	30-350°C
Humedad relativa	95%
Largo	91 cm (36")
Diámetro	De ½" a 25"
Espesor de pared	De 1" a 5"

Las cañuelas están construidas con lana superfina de vidrio preformada con resina aglutinante y una sal de elevada resistencia a la temperatura que fortalece la incombustibilidad de la fibra, además está blindada con una hoja de aluminio calibre 0.10 pulgadas de espesor de fácil instalación.

El espesor del aislamiento térmico que se requiere depende de las características del material aislante, del diámetro de la tubería y la temperatura del fluido que circula por el interior de la misma.

Es importante la determinación del espesor del aislamiento Óptimo del material escogido, debido a que no se debe exagerar el mismo. Porque al duplicar este solo se reducen las pérdidas en aproximadamente un 25 % con respecto al espesor original en la tabla 15 se define los espesores recomendados para aislantes de lana de vidrio extraída de (Vargas, 1996).

Tabla 15

Aislamiento Óptimo del material para diferentes diámetros de tubería y temperatura

Diámetro nominal Tubería en pulgadas	Temperatura de operación en grados Fahrenheit				
	100-199	200-299	300-399	400-499	500-599
0,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
0,75	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00
1,00	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00
1,50	1,00	1,50	2,50	3,00	3,00
2,00	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00
2,50	1,00	2,00	3,00	3,00	3,00
3,00	1,50	2,50	3,00	3,00	3,00
4,00	1,50	2,50	3,00	3,00	3,50
5,00	1,50	2,50	3,00	3,00	4,00
6,00	1,50	3,00	3,00	3,50	4,00
8,00	1,50	3,00	3,00	3,50	4,50
10,00	1,50	3,00	3,00	4,00	4,50
12,00	1,50	3,00	3,50	4,00	5,00
14,00	1,50	3,00	3,50	4,00	5,00
16,00	1,50	3,00	3,50	4,00	5,00
18,00	1,50	3,00	3,50	4,50	5,00
20,00	2,00	3,00	3,50	4,50	5,00
24,00	2,00	3,00	4,00	4,50	5,50
30,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00
36,00	2,50	4,50	6,00	7,50	9,00

De acuerdo a la tabla 13, se selecciona el espesor del aislamiento requerido, los resultados se presentan en la tabla 16 para definir la temperatura del agua a las diferentes presiones resultantes se toma en cuenta las tablas de Cengel, (2011).

Tabla 16

Espesores de aislantes requeridos de lana de vidrio para tubería de vapor

Espesores de aislantes requeridos de lana de vidrio para tubería de vapor				
Tramo de tubería	Diámetro en pulgada	Presión máxima (PSI)	Temperatura °F (°C)	Espesor requerido en pulgadas
AB	2 ½"	138,35 psi	352,08 °F 177,83 °C	3"
CD	1,5"	131,22 psi	348,01 °F 175,56 °C	2,5"
CE	1,0"	130,22 psi	347,44 °F 175,24 °C	2"
CF	1,0"	130,12 psi	347,38 °F 175,22 °C	2"
CG	1,5"	126,36 psi	345,11 °F 173,95 °C	2,5"
CH	1,5"	126,65 psi	345,28 °F 174,05 °C	2,5"
CI	1,0"	128,51 psi	346,41 °F 174,67 °C	2"
CJ	0,75"	132,65 psi	348,83 °F 176,02 °C	2"

Distribución de las tuberías de retorno de condensado

Una vez que el vapor ha cedido el calor requerido en el proceso, retoma en forma de condensado, por un sistema de retorno de condensado.

El calor que contiene el condensado, incluso después de haberse aprovechado el evaporizado se puede utilizar como agua caliente de proceso, pero la mejor solución es devolverlo al tanque de alimentación de la caldera donde puede ser utilizado sin necesidad de tratamiento con lo que se ahorra combustible, agua de reposición y los costos del tratamiento.

La experiencia indica que si se diseña la tubería de retorno, como si se tratara de una tubería de agua, con el caudal correspondiente a las condiciones de precalentamiento, será capaz de transportar el condensado y re vaporizado de régimen. Cuando no se conoce el caudal de puesta en marcha, en la mayoría de los casos se puede considerar que es igual al doble del régimen. En algunos casos especialmente con presiones altas, se debe aumentar el margen de seguridad de 2.5 a 3 veces el caudal del régimen. Para este caso se considera solamente el doble.

Para este caso en particular se tiene una sola red de condesado ya que todos los equipos que encuentran juntos por este motivo se considera el caudal máximo de consumo de la red principal que es de 2415 lb/h como el margen de seguridad se estima en el doble será 4830 lb/h y en kilogramos por hora es 2190 kg/h.

Una vez conocido el caudal del condensado se recurre al siguiente diagrama que se encuentra en la figura 10 extraída de (Vargas, 1996).

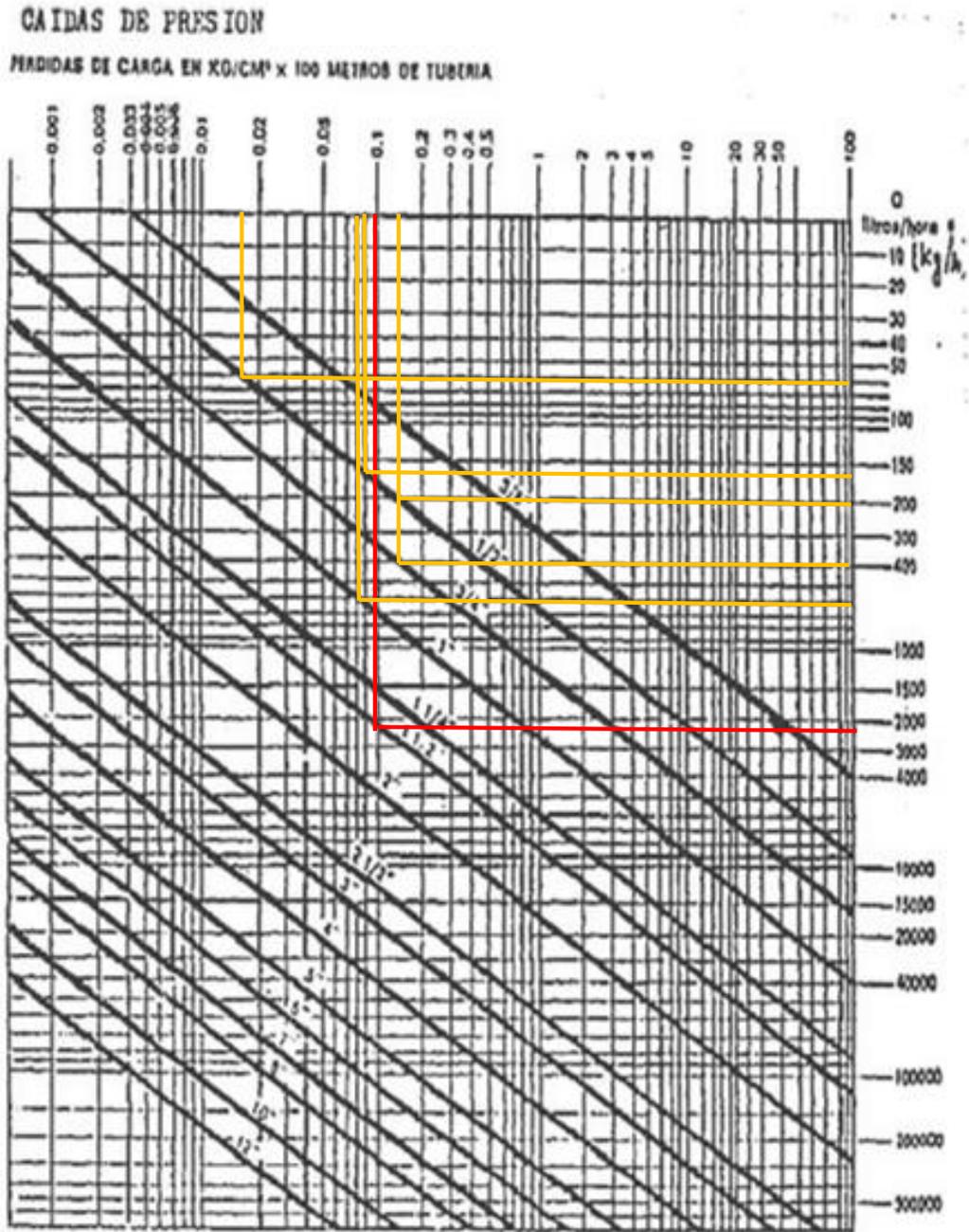


Figura 10. Perdida de carga en Kg/cm² por cada 100 metros de tubería de condesado.

Obtenido de Vargas, A. (1996).

El diámetro de la tubería empleada en el retorno de condensado será de 2 pulgadas y la pérdida de carga será 0.1 kg/cm^2 que es 1,422 psi por cada 100 metros de tubería. La tubería de condensado recorre la misma ruta que la tubería normal por tanto tiene 100 metros aproximadamente.

Trampas de vapor

Fundamentalmente, una trampa de vapor es un dispositivo que retiene el vapor para separarlo del condensado así como del aire y otros gases, obtenido de (Sanz del Amo, 2014).

Siendo las trampas de vapor muy indispensable para el drenaje del condensado en los sistemas de vapor, estas deben cumplir las siguientes funciones:

- Drenar el condensado formado.
- Eliminar el aire y los gases que no se pueden condensar.
- Eliminar cualquier suciedad presente en el vapor y/o condensados.
- No permitir el escape de vapor.

Aplicaciones de las trampas de vapor

Debido a la importante función que desempeñan las trampas de vapor, estas deberán ser instaladas en lugares tales como, obtenido de (Sanz del Amo, 2014):

- Donde el vapor indirectamente calienta un líquido a través de una superficie metálica, como por ejemplo marmitas y reactores.
- Donde el vapor calienta un sólido a través de una superficie metálica.
- Donde el vapor calienta indirectamente el aire a través de superficies metálicas, como por ejemplo serpentines.

- Donde el vapor calienta directamente materiales sólidos como en: autoclaves, esterilizadores.

Cálculo y Selección de las Trampas de Vapor.

En la entrevista realizada a Flores, (2015), no dice que cada tipo de trampa tiene sus ventajas y limitaciones que deben considerarse en la selección. El tipo y tamaño de la trampa de vapor es vital para la eliminación eficiente y adecuada del condensado. Se recomienda consultar las guías de selección de trampas para la obtención de la correcta información antes de proceder a la adquisición de estos componentes.

La mayoría de los problemas en los sistemas de vapor, se originan por fallas en el sistema de drenajes. Las fallas más comunes son:

- No usar trampas de vapor.
- Usar una trampa de tamaño inadecuado.
- Usar un tipo de trampa no adecuado.

Selección del tamaño de trampas de vapor

El tamaño necesario de una trampa de vapor para una aplicación dada, puede ser determinado en tres etapas, obtenido de (Vargas, 1996).

Primera etapa: Obtener la información necesaria

- Calcule o estime la carga máxima de condensado en libras por hora. Si el equipo opera con diferentes presiones de vapor, debe tomarse en cuenta la carga máxima de condensado a la presión mínima del vapor.

- Presión a la entrada de la trampa. Esta puede ser mucho menor que la presión en las tuberías principales de vapor, ya que se tienen de por medio reguladores de temperatura, reductores de presión, filtros.
- Contra-presión, contra la cual opera la trampa. Esta contra-presión también incluye la carga hidrostática de los condensados ejercida en el sentido contrario.

Segunda etapa: Aplique un factor de seguridad.

La relación entre la capacidad de descarga máxima de la trampa de vapor y la carga de condensado esperada debe manejarse con un factor de seguridad. El factor de seguridad es influenciado por:

- Características de operación de la trampa.
- Exactitud de la carga de condensado estimada o calculada.
- Condiciones de presión a la entrada y salida de la trampa.

Factor de seguridad den trampas de vapor

Un factor de seguridad adecuado asegura tener una trampa eficiente bajo condiciones severas de operación y además asegure la remoción de aire y los otros no condensables los factores de seguridad para trampas de vapor se describen en la tabla 17.

Tabla 17

Factor de seguridad en trampas de vapor

Tipos de trampa	Factor de seguridad
Trampas termostáticas	2 a 4
Trampas de expansión líquidas	2 a 4
Trampas de flotador y termostáticas	1,5 a 2,5
Trampas termodinámicas	1,2 a 2
Trampas de balde	2 a 4

Tercera etapa: Seleccionar del tipo de trampa.

La selección del tipo adecuado de trampa para una aplicación dada es muy importante, y debe referirse a la tabla 18 siguiente, obtenido de (Vargas, 1996):

Tabla 18

Aplicaciones de trampas de vapor

Aplicación	Primera Alternativa	Segunda Alternativa
Serpentines de Calefacción de aire		
Baja y mediana presión	Flotador y Termostática	N.A.
Alta Presión	N.A.	Termodinámica
Intercambiadores de Calor		
Pequeños - Alta Presión	Termodinámica	Flotador y Termostática
Grandes - Baja y mediana presión	Flotador y Termostática	N.A.
Re-calentadores	Flotador y Termostática	N.A.
Recipiente con camisa de vapor		
Alta presión	Termodinámica	Flotador y Termostática
Baja presión	Flotador y Termostática	Termodinámica
Trampas para drenar líneas principales de vapor		
0 - 15 lbs/pulg ² man	Flotador y Termostática	N.A.
16 - 125 lbs/pulg ² man	Termodinámica	Flotador y Termostática
125 - 600 lbs/pulg ² man	Termodinámica	Balde Invertido
Separadores de Vapor		
0 - 15 lbs/pulg ² man	Flotador y Termostática	N.A.
16 - 125 lbs/pulg ² man	Termodinámica	Flotador y Termostática
125 - 600 lbs/pulg ² man	Termodinámica	Balde Invertido
Serpentines de calefacción sumergidos		
Alta presión	Termodinámica	Balde Invertido
Baja y mediana presión	Flotador y Termostática	Termostática (de presión equilibrada)
Otras Aplicaciones		
Serpentines para tanque de almacenamiento	Expansión Líquida	Termodinámica
Serpentines de tubería de vapor (Calefacción de Aire)	Termostática (de presión equilibrada)	Termodinámica
Radiadores de vapor	Termostática (de presión equilibrada)	Termodinámica
Calentadores de agua (instantáneos)	Flotador y Termostática	N.A.
Calentadores de agua (almacenamiento)	Flotador y Termostática	N.A.

Las trampas de vapor que se utilizarán para este proceso, serán de flotador termostático y termodinámicas, porque presentan mejores condiciones de funcionamiento para este tipo de trabajo.

- Las trampas tipo termodinámicas para los tramos de tuberías de vapor principales.
- Las trampas tipo mecánico de flotador termostático para los equipos como marmitas, reactores, y varios usos.

Con respecto a la cantidad de condensado a descargar, se debe tener presente que el vapor se condensará más rápidamente en el arranque, es decir cuando el sistema esta frio, por esta razón es una práctica común dimensionar la trampa para descargar el doble de condensado presente en la marcha normal.

Selección de la trampa flotador y termostática

Para la selección de las trampas flotador termostático requerido para los diferentes procesos, se utiliza la Tabla 19 en donde están los consumos de las máquinas instaladas que van a consumir vapor, y por otro lado la figura 10, que es una representación gráfica de las capacidades de condensado vs. Presión diferencial, como se explica en el libro de calderas industriales y marinas de Vargas, (1996).

Tabla 19

Consumos de las maquinas instaladas para cálculo de trampas de vapor

Máquina	Consumo total en $\frac{kg}{h}$	Consumo total en $\frac{libras}{h}$	Multiplicando por el factor de seguridad 2 para el cálculo de condesado $\left(\frac{kg}{h}\right)$
Marmita 01	202,34	446,08	404,68
Marmita 02	80,94	178,45	161,88
Marmita 03	80,94	178,45	161,88
Reactor 01	303,54	669,2	607,08
Reactor 02	303,54	669,2	607,08
Reactor 03	101,18	223,06	202,36
Zona de lavado	31,30	69	62,6
Total	1103,79	2433,44	2207,58
Caldero 70 CC	1095,42	2415	2190,84

Se puede evaluar la presión diferencial obtenida en la figura 10 la misma está señalada con color amarillo y conjugando con los valores de la tabla 19, como la presión para vencer las pérdidas hasta llegar al destino final del condensado (tanque de alimentación), y además considerando el factor de seguridad.

En la tabla 20 se puede se puede ver la presión diferencial y el diámetro de las trampas de vapor.

Tabla 20

Resultados del diámetro de las trampas de vapor para las diferentes máquinas

Máquinas	Multiplicando por el factor de seguridad 2 para el cálculo de condesado $\left(\frac{kg}{h}\right)$	Presión diferencial $\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$		Diámetro en pulgadas de la trampa de vapor
		$\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$	psi	
Marmita 01	404,68	0,15	2,13	$\frac{3}{4}$ "
Marmita 02	161,88	0,09	1,28	$\frac{1}{2}$ "
Marmita 03	161,88	0,09	1,28	$\frac{1}{2}$ "
Reactor 01	607,08	0,08	1,13	1"
Reactor 02	607,08	0,08	1,13	1"
Reactor 03	202,36	0,15	2,13	$\frac{1}{2}$ "
Zona de lavado	62,6	0,018	0,25	$\frac{1}{2}$ "

Una vez visto el diámetro en pulgadas de las trampas de vapor es necesario conocer el modelo de las trampas de vapor para esto hay que aplicar los datos de presión diferencial y el caudal de la tabla 20 en la figura 11 y de esa forma en la tabla 21 tendremos una características de las trampas.

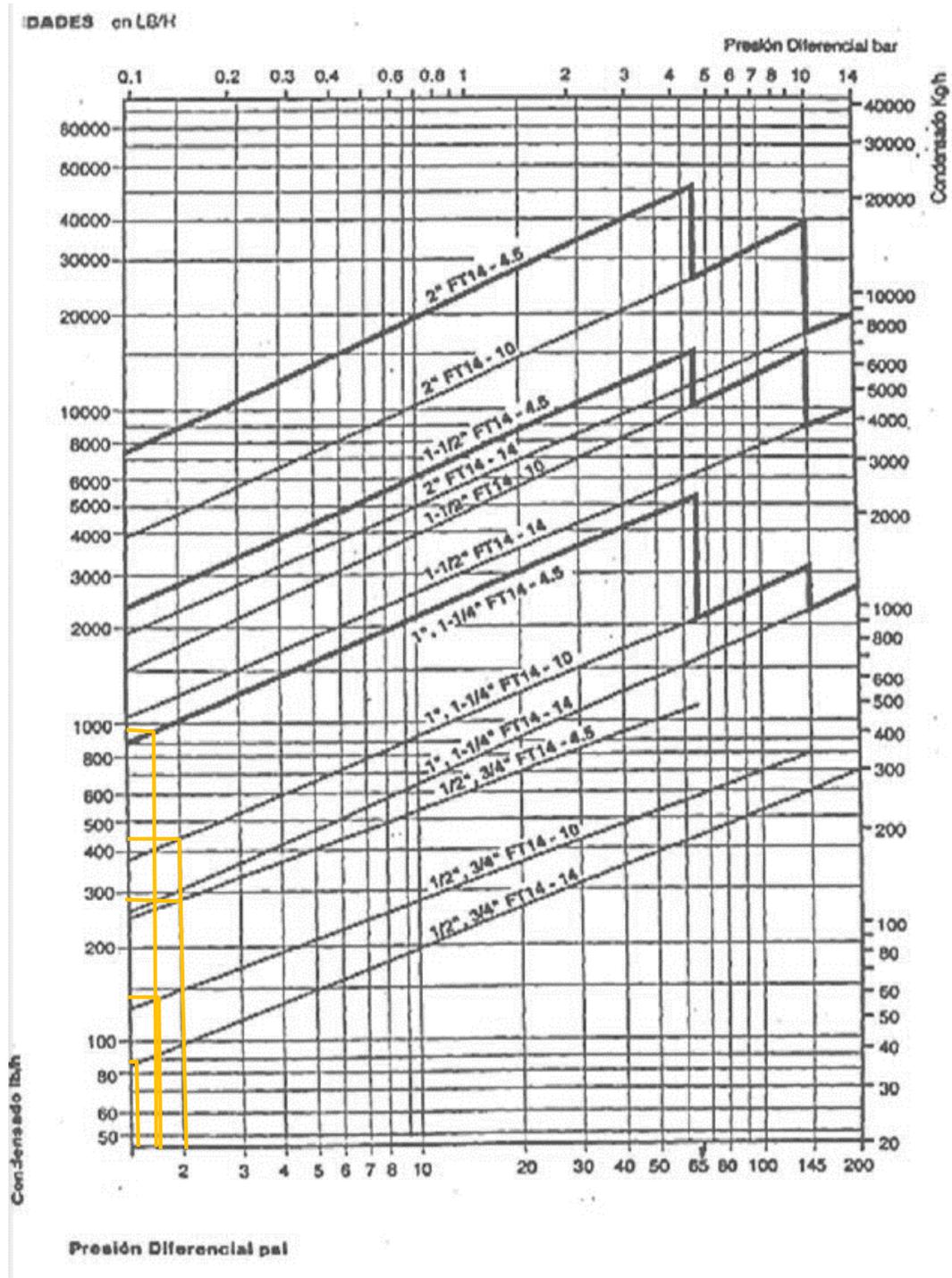


Figura 11. Tipos de trampas para caudal y presión diferencial. Obtenido de Vargas, A. (1996).

El modelo de trampa para cada uno de los casos se describe en la tabla 21 los mismo que son trampas de flotador de la marca Spirax sarco la descripción de las mismas se encuentran en el anexo M.

Tabla 21

Modelo de trampa según Spirax Sarco y su diámetro

Máquinas	Modelo de trampa de vapor de la marca Spirax Sarco	Diámetro en pulgadas de la trampa de vapor
Marmita 01	FT14-10	1"
Marmita 02	FT14-10	½"
Marmita 03	FT14-10	½"
Reactor 01	FT14-4,5	1"
Reactor 02	FT14-4,5	1"
Reactor 03	FT14-4,5	½"
Zona de lavado	FT14-14	½"

Resultados

Los resultados del diseño de la red de vapor para la producción de emulsiones de la planta farmacéutica Qualipharm se expresan en la tabla 22 en donde se encuentran los componentes resultantes de los cálculos antes propuestos y se puede relacionar con el diagrama de la figura 12 en donde se encuentra esquematizado la red actual y el diseño propuesto para este proyecto.

Tabla 22

Componentes de la red de vapor y sus características

Componente	Características	Observación
Caldera	70 CC Piro-tubular- Horizontal cuatro pasos 2415 Lb/h Combustible diésel	Dimensionamiento para el 60% de la capacidad total Diésel para usar el mismo combustible de la caldera existente
Tanque de agua de alimentación	Presión de trabajo 150psi Diámetro 24 pulgadas Longitud 54 pulgada	138 galones
Bomba de agua de alimentación	Motor 0,37 Kw /2890 rpm/50hz 220V trifásica Bomba 25B ASTM Caudal 0,61 m ³ /h	La bomba debe ser para agua caliente
Tanque de combustible almacenamiento mensual	Diámetro 3 metros Longitud 6,31 metros	6,00 milímetros de espesor De acero

Tanque de combustible almacenamiento diario	Diámetro 1,63metros	3,12 milímetros de espesor
	Longitud 1,064 metros	De acero
Bomba de combustible	0,25 hp/1750 rpm/220V trifásica/60Hz	La bomba debe ser exclusivamente para combustible
	20 galones por minuto	
	Bomba rotatoria con engranajes internos	
	200 psi	
Quemador de combustible	Para 70 CC	La marca debe ser compatible con la marca y modelo del caldero.
Chimenea	Altura de 6 metros mínimo	De acuerdo a normas locales de emisión de gases en plantas industriales
Selección de los controles de la caldera	Control de nivel de la caldera	Control e indicador del nivel del agua.
	Control de la bomba de agua de alimentación	Control de nivel máximo y mínimo de agua.
	Control de la combustión.	Válvula de control de caudal de combustible controlada mediante un controlador que mide la diferencia de temperatura de la caldera y un servomotor para logran un control difuso.
	Control de aire para la combustión dentro de la caldera	Control de aire de suministrado de aire
	Control de llama	Mantiene la llama contante dentro de los quemadores de la caldera.

Programadores	Detectan las fallas en el sistema producen alarmas controlan el sistema.
Indicador de presión	Indica la presión interna de la caldera.
Control de la presión máxima de operación	Detiene al quemador cuando hay sobre presión.
Válvula de prueba	Escape de aire cuando se llena la caldera.
Válvula de seguridad	Elimina el exceso de presión en el sistema.
Colector del condensado	Drena el condensado de la caldera al tanque de agua
Válvula de retención	Evita la entrada de aire durante periodos de paralización.
termómetro de la chimenea	Indica la temperatura de los gases en la chimenea
presostatos	Seguridades operaciones de la caldera
Controladores e indicadores eléctricos de los motores y sistema (tablero eléctrico).	Controles eléctricos de los motores.
Colador del combustible	Evita que entre partículas al quemador.

Calentador de combustible Calienta el combustible
para los arranques del
caldero

Los dimensiones de las tuberías de vapor y condensado serán analizadas de acuerdo a la máquina y sector designado según la figura 8 estos valores están reflejados en la tabla 23.

Tabla 23

Dimensiones de las tuberías tanto de vapor como condensado

Máquina	Segmento de la tubería	Diámetro tubería de vapor	Diámetro tubería de condensado	Aislante tubería lana de vidrio espesor	Trampas de vapor
Tubería principal	AB	2 1/2"	2"	3 "	
Marmita 01	CD	1 1/2"	2"	2,5"	FT14-10 1"
Marmita 02	CE	1"	2"	2"	FT14-10 1/2"
Marmita 03	CF	1"	2"	2"	FT14-10 1/2"
Reactor 01	CG	1 1/2"	2"	2,5"	FT14-4,5 1"
Reactor 02	CH	1 1/2"	2"	2,5"	FT14-4,5 1"
Reactor 03	CI	1"	2"	2"	FT14-4,5 1/2"
Zona de lavado	CJ	3/4"	2"	2"	FT14-14 1/2"

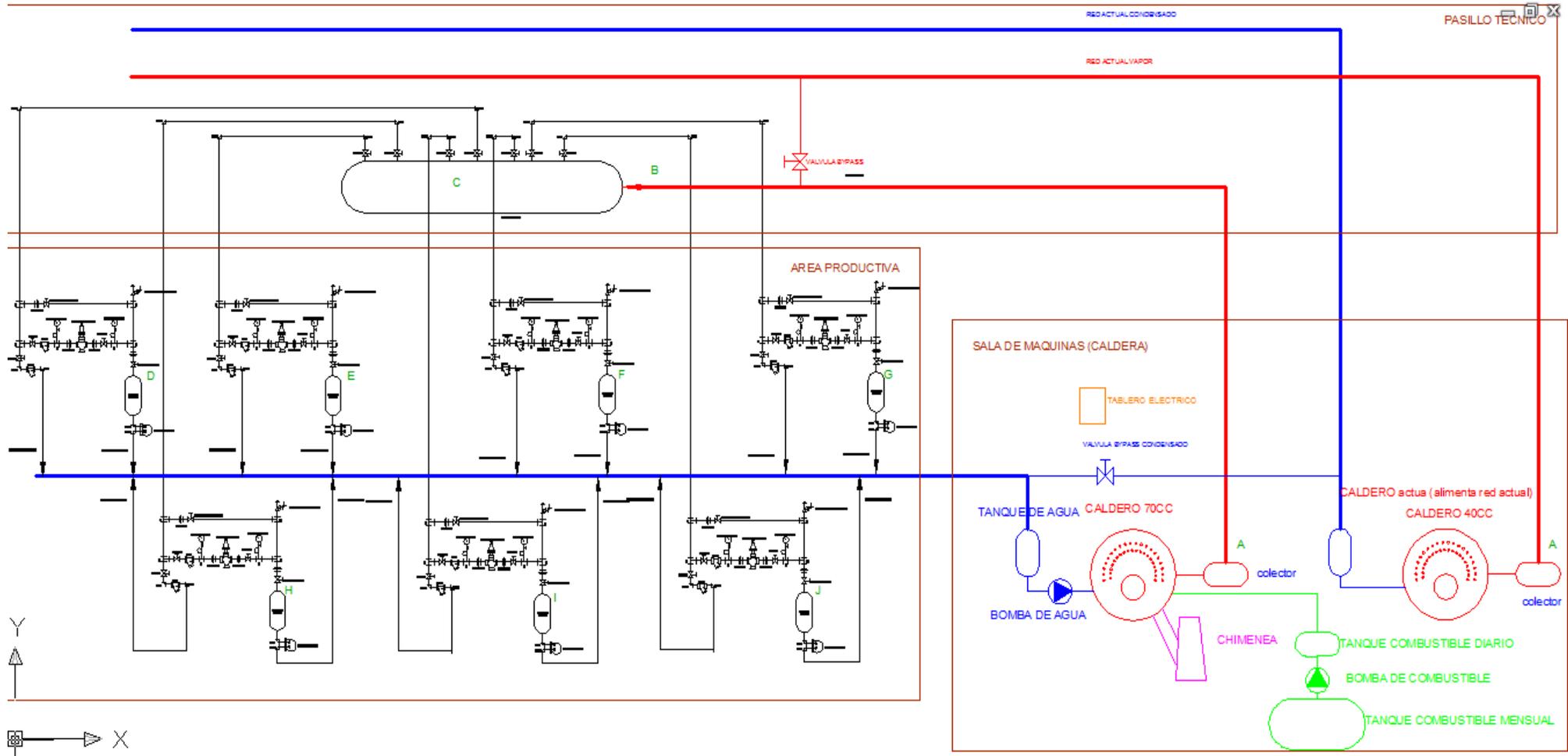


Figura 12. Diagrama esquemático de la instalación la red de vapor actual y la red de vapor nueva.

Discusión

Los resultados obtenidos demuestran que entre más grande sea el consumo de vapor dentro de las instalaciones mayor va a ser el tamaño de los componentes, como tubería, válvulas, trampas de vapor entre otros.

Cuando el tamaño de las instalaciones es demasiado grande y costosa lo mejor es dividirlo en secciones sobre todo en los tramos de tubería ya que la maniobra de mantenimiento e instalación son más manejables. Así de igual forma las pérdidas térmicas son mayores cuando el sistema es de mayor magnitud por este motivo requiere un aislante térmico de mayor tamaño.

En los sistemas de vapor que son críticos para el funcionamiento de una fábrica de emulsiones lo más recomendable es tener dos calderas y dos redes de tubería de vapor principales cada una unida a un caldero diferente, con la finalidad que cuando se presente un daño en cualquiera de estas redes de vapor pueda alimentar la producción mediante un bypass, con sus respectivas válvulas, entre las redes de vapor. Para el caso puntual de la fábrica Qualiparm ya tiene una red de vapor existente alimentada con un caldero de 40CC la nueva red tendrá un bypass a la altura del segundo distribuidor al ingreso del área donde están los equipos como se muestra en el anexo J.

En los sistemas de vapor sobre todo en el retorno de condensado y trampas de vapor se debe seleccionar las adecuadas al consumo de las mismas, ya que si son muy pequeñas el caudal provocará que estas se dañen y perjudiquen el resto del sistema provocando golpes de ariete en el resto del sistema deteriorando los componentes y reduciendo la vida útil del

sistema, así como aumentando las actividades de mantenimiento del sistema, encareciendo la productividad.

Por otro lado si las trampas de vapor son muy grandes no van a trabajar a los tiempos requeridos y la presencia de mucho condensado sobre todo en las camisas de los reactores y marmitas reduce la temperatura del proceso, aumentando el tiempo de elaboración de las emulsiones. Debido a esto el operador se ve obligado a aumentar la presión de la red con la finalidad de aumentar la presión y la temperatura del proceso, esto ocasiona que la vida de las camisas de los equipos se deteriore en un tiempo muy corto dañando al equipo.

El mantenimiento de las trampas y accesorios de la red se deben hacer continuamente para evitar el deterioro de las mismas y de la misma forma para esta actividad la instalación debe tener universales en cada uno de los elementos sujetos a mantenimiento frecuente.

Las válvulas de emergencia colocada en la parte superior de la red de baja presión solo deben ser abiertas en caso que algún accesorio de la válvula reductora de presión este averiado y la producción lo ameriten se puede apreciar la misma en la figura 9. Esta válvula trabaja directamente con la válvula de sobrepresión de la red de baja presión por este motivo es muy importante la revisión continua del correcto funcionamiento de estos elementos.

Conclusiones

La generación de vapor calculada permitirá contar con vapor suficiente para producir la máxima capacidad requerida para cada uno de las máquinas expuestas.

Los equipos utilizados para el sistema de generación y distribución de vapor, que se seleccionaron se pueden adquirir en casa comerciales dentro del país, facilitando de esta manera la elaboración del proyecto.

Los equipos seleccionados en el diseño del sistema del vapor, poseen sistemas e instrumentos, para controlar la presión de vapor, nivel de agua, la presencia de llama, el flujo de combustible y el flujo de aire para así asegurar el buen funcionamiento de la caldera bajo los requerimientos especificados por el fabricante.

Los sistemas de control de las calderas son de vital importancia para que el sistema de generación de vapor, funcione en forma segura, eficiente y de una manera confiable.

Es recomendable pintar la camisa exterior del tanque de almacenamiento de combustible (diésel), de color negro para que absorba calor y de esta manera ayudar a calentar el combustible de forma que pueda ser manipulable.

Al momento de instalar la caldera sobre su base se recomienda poner los cuatro pernos pero solo apretar dos hasta su ajuste máximo, debido a que cuando se comience a trabajar la caldera se expanda por cuestiones de dilatación del metal, pueda hacerlo sin necesidad de deformarse.

Se recomienda probar anualmente la válvula de seguridad y cada 2 años desmontarla para revisar y decidir si requiere ser reemplazada.

Se deberá como parte de mantenimiento periódico chequear las trampas de vapor mensualmente ya que el consumo en la planta será continuo, para de esta manera detectar algún tipo de problema como temperaturas elevadas o alguna obstrucción de la misma que evite la descarga de vapor. Las purgas deben revisar 3 veces al día y esencialmente en la mañana al iniciar la jornada ya que el vapor se encuentra en su estado líquido y a temperatura ambiente.

Se recomienda la elaboración de un procedimiento de operación para evitar daños del sistema y posibles accidentes en la operación para todo el sistema de vapor, para lograr un óptimo funcionamiento del sistema y alargar la vida útil de los equipos y precautelar la vida de los operadores.

El personal responsable de la operación y manejo del sistema de generación de vapor debe recibir capacitación adecuada y permanente por los eminentes peligros que conlleva el sistema de vapor.

Se deben aislar todas aquellas superficies cuyas temperaturas se encuentren por arriba de los 50°C en las líneas de vapor o de retomo de condensado, así como válvulas, accesorios y tanques debido a que las superficies desnudas constituyen no solo un riesgo para la seguridad de los operadores sino también pérdidas de calor que produce condensación y merma de este, lo cual tiene que ser compensado con mayor aporte de combustible en la caldera.

Bibliografía

Acofarma. (2010). *Ficha de datos de seguridad dimeticona copoliol ciclometicona fds.*

Madrid: Acofarma.

Acofarma. (2015). *Ficha de información Técnica Agua desmineralizada (desionizada).*

Madrid: Acofarma.

Arango, L. A. (27 de abril de 2015). *Biblioteca Virtual*. Obtenido de Biblioteca Virtual:

<http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/objetos/objetos68.htm>

Aurora. (2015). *one and two stage*. North Aurora: Aurora.

Cengel, Y. (2011). *termodinamica*. Mexico: mcgraw-hill/interamericana editores, s.a. de

c.v.

Channel, D. (Dirección). (2010). *Así se hace "cosméticos"* [Película].

Ciencia, A. (25 de Abril de 2015). *Area Ciencias*. Obtenido de Area Ciencias:

<http://www.areaciencias.com/quimica/que-es-reactor-quimico.htm>

cleaver-brooks. (2015). *Calderas Model CB*. Thomasville: cleaver-brooks.

Del Pozo, A. (2007). *Emulsiones en dermofarmacias: conceptos generales y elementos para*

su formulación. Barcelona: AULAdelafarmacia.

Flores, P. (15 de abril de 2015). Gerente general de electromecánica . (M. Yáñez,

Entrevistador)

INEN. (2003). *manejo, almacenamiento, transporte y expendio en los centros de*

distribución de combustibles líquidos. requisitos. Quito: inen.

Mott, R. (2006). *Mecánica de fluido*. Mexico: Pearson.

Sanz del Amo, M. (2014). *Manual práctico del Operador de calderas industriales*. Madrid: Paraninfo.

SARCO, S. (1981). *sarco type 25p, 25pa and 25pi pressure reducing valves installing the valve*. españa: spirax sarco.

Torres, R. J. (2001). *Cálculo de sistema de vapor para la industria de concentrado de maracuyá*. Guayaquil: ESPOL.

Vargas, A. (1996). *Calderas industriales y marinas*. Madrid: seriel VZ.

Yepez, V. (2012). *Selección e Instalación de un sistema de vapor para una fabrica de sardinas*. Guayaquil: ESPOL.

Anexos

Anexo A

Presiones de operación del caldero vs temperatura de agua de alimentación

TEMP °C	PRESION (Psi)														
	5	10	20	50	70	90	100	110	130	150	170	190	200	225	250
0	1.19	1.19	1.2	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	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	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	1.22
15.6	1.16	1.16	1.17	1.185	1.19	1.194	1.196	1.198	1.2	1.202	1.204	1.206	1.207	1.209	1.21
21.1	1.15	1.15	1.16	1.175	1.18	1.184	1.186	1.187	1.19	1.192	1.194	1.196	1.196	1.198	1.2
26.7	1.14	1.14	1.15	1.162	1.17	1.174	1.176	1.177	1.18	1.182	1.184	1.185	1.185	1.188	1.189
32.2	1.13	1.13	1.14	1.154	1.16	1.164	1.165	1.167	1.17	1.172	1.173	1.175	1.176	1.178	1.179
37.8	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	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	1.1	1.1	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	1.09	1.09	1.1	1.113	1.118	1.123	1.124	1.126	1.128	1.13	1.132	1.134	1.135	1.137	1.138
60	1.08	1.08	1.09	1.103	1.108	1.112	1.114	1.115	1.118	1.12	1.122	1.124	1.125	1.126	1.128
66	1.07	1.08	1.08	1.093	1.098	1.102	1.104	1.105	1.108	1.11	1.112	1.114	1.114	1.116	1.118
71	1.06	1.07	1.07	1.082	1.088	1.092	1.093	1.095	1.097	1.1	1.102	1.103	1.104	1.106	1.107
77	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	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	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	1.02	1.02	1.03	1.041	1.047	1.05	1.052	1.053	1.056	1.058	1.06	1.062	1.063	1.064	1.066
99	1.01	1.01	1.02	1.031	1.036	1.04	1.042	1.043	1.046	1.048	1.05	1.052	1.052	1.054	1.056

Anexo B

Impurezas del agua de nueva aportación y sus efectos

Impureza	Fórmula	Estado	Efectos
Dióxido de carbono	CO ₂	Gas	Corrosión
Oxígeno	O ₂	Gas	Corrosión
Sólidos en suspensión	MES	Sólidos no disueltos (turbidez)	Depósitos, espumas y arrastres en el vapor
Materia orgánica	MO	Sales disueltas y sólidos no disueltos	Depósitos, espumas y arrastres en el vapor
Aceite		Coloidal	Depósitos, espumas y arrastres en el vapor
Acidez	H ⁺		Corrosión
Dureza	Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺	Sales disueltas	Incrustaciones
Alcalinidad	CO ₃ ²⁻ , CO ₂ , H ⁺ , OH ⁻	Sales disueltas	Espumas, arrastres en el vapor, desprendimiento de CO ₂ , fragilidad cáustica
Salinidad (TSD)		Sales disueltas	Depósitos, espumas y arrastres en el vapor
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	Sales disueltas	Aumento salinidad con Ca ⁺⁺ forma incrustaciones muy duras
Cloruros	Cl ⁻	Sales disueltas	Aumento salinidad y corrosividad
Sílice	SiO ₂	Sales disueltas o coloidal	Incrustaciones y depósitos sobre turbinas u otros elementos de la instalación
Hierro, Manganeseo	Fe, Mn	Sales disueltas o insolubles	Depósitos
Cobre	Cu	Sales disueltas o insolubles	Depósitos y corrosión

Problemática del tratamiento del agua

Constituyentes	Fórmula química	Problemas que causan (efectos)	Medio de tratamiento
1. Acidez mineral libre	SO ₄ H ₂ , ClH, etc. expresados como CO ₃ Ca (disueltos)	Corrosión.	Neutralización por álcalis.
2. Ácido sulfhídrico	H ₂ S (gas disuelto)	Olor a huevos podridos, corrosión.	Aireación. Cloración. Intercambio aniónico básico. Coagulación con sales de hierro.
3. Alcalinidad	Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻) Carbonatos (CO ₃ ²⁻) Hidróxidos (OH ⁻)	Espuma y arrastres de sólidos con el vapor. Fragilidad cáustica. Los bicarbonatos y carbonatos producen CO ₂ en el vapor siendo una fuente de corrosión en las tuberías de condensado.	Ablandamiento con cal y sosa en frío o caliente. Ablandamiento con zeolitas (H ⁺). Desmineralización y desalcalinización por intercambio aniónico. Precipitación con cal. Neutralización con ácido.
4. Amoníaco	NH ₃ (gas disuelto)	Corrosión de aleaciones de cobre y zinc formando iones complejos solubles.	Intercambio iónico con zeolita (H ⁺). Cloración. Desaireación. Absorción por ciertas arcillas (clinoptilolita).

Constituyentes	Fórmula química	Problemas que causan (efectos)	Medio de tratamiento
5. Aluminio	Al ⁺⁺⁺ (sólido disuelto)	Normalmente presente como resultado de arrastres de floculos del clarificador. Puede causar depósitos en los sistemas de refrigeración y contribuye a incrustaciones complejas en calderas.	Mejorar las operaciones de clarificación y filtración. Intercambio iónico (ClNa y ácido).
6. Cloruros	Cl ⁻ (sólidos disueltos)	Aumenta el contenido de sólidos e incrementa el carácter corrosivo del agua.	Desmineralización. Evaporación. Osmosis inversa.
7. Dióxido de carbono	CO ₂ (gas disuelto)	Corrosión en tuberías de agua y principalmente en tuberías de vapor y condensado.	Aireación. Desgasificación. Intercambio iónico (sosa). Neutralización con álcalis. Precipitación con cal.
8. Dureza	Sales Ca y Mg expresadas como CaCO ₃ (sólidos disueltos)	Fuente principal de incrustaciones en equipos intercambiadores de calor, calderas, tuberías, etc.	Ablandamiento. Desmineralización. Tratamiento interno del agua de calderas. Agentes protectores de superficie. Precipitación con cal, CO ₃ Na ₂ .
9. Fluoruros	F ⁻ (sólidos disueltos)	Empleado para la higiene dental. No tiene gran influencia en la industria.	Absorción con Mg (OH) ₂ y fosfato de calcio. Coagulación por alúmina. Intercambio aniónico.
10. Hierro	Fe ⁺⁺ (ferroso) Fe ⁺⁺⁺ (férrico) (sólidos disueltos)	Colorea el agua, fuente de depósitos en tuberías de agua, calderas, etc. Interfiere en industrias de colorantes, taninos, papel, etc.	Aireación. Coagulación y filmación. Tratamiento con cal. Intercambio catiónico. Filtración agentes para la retención del hierro.
11. Manganeso	Mn ⁺⁺ (sólido disuelto)	Colorea el agua, fuente de depósitos en tuberías de agua, calderas, etc. Interfiere en industrias de colorantes, taninos, papel, etc.	Aireación. Coagulación y filmación. Tratamiento con cal. Intercambio catiónico. Filtración agentes para la retención del manganeso.
12. Nitratos	NO ₃ ⁻ (sólido disuelto)	Aumenta el contenido de sólidos. Se emplea para control de la fragilidad del metal de caldera.	Desmineralización.

Problemática del tratamiento del agua (continuación).

Constituyentes	Fórmula química	Problemas que causan (efectos)	Medio de tratamiento
13. Oxígeno	O ₂ (gas disuelto)	Corrosión de tuberías de agua, equipos de intercambio de calor, calderas, tuberías de retorno, etc.	Desgasificación a vacío y/o térmica. Sulfito sódico o hidrazina. Inhibidores de corrosión.
14. pH	$pH = \log \frac{1}{[H^+]}$	El pH varía de acuerdo con la acidez o alcalinidad de los sólidos en el agua. Las aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8.	El pH puede aumentarse por álcalis y decrecer por ácidos.
15. Sílice	SiO ₂ (sólido disuelto), a veces coloidal	Incrustaciones en calderas y sistemas de torre de refrigeración. Depósitos insolubles en álabes de turbinas debido a la vaporización de la sílice de coagulación.	Eliminación en caliente con magnesio. Absorción por resinas aniónicas altamente básicas en conjunción con la desmineralización.
16. Sodio	Na ⁺ (sólidos disueltos)	Aumenta el contenido de sólidos disueltos. Cuando se combina con OH ⁻ causa corrosión en calderas bajo ciertas condiciones.	Desmineralización. Evaporación. Ósmosis inversa.
17. Sólidos disueltos		Es una medida de la cantidad de materia disuelta determinada por evaporación. Alta concentración de sólidos disueltos en calderas no deseable, pues forman espumas en calderas y depósitos en turbinas.	Varios procesos de ablandamiento, tales como ablandamiento con cal e intercambio catiónico con zeolita (H ⁺). Desmineralización.
18. Sólidos en suspensión		Es una medida de la materia no disuelta determinada gravimétricamente. Los sólidos en suspensión pueden causar depósitos en equipos de intercambio de calor, calderas, tuberías, etc.	Sedimentación. Filtración, normalmente precedida de coagulación y sedimentación. Clarificación.

Problemática del tratamiento del agua (continuación)

Constituyentes	Fórmula química	Problemas que causan (efectos)	Medio de tratamiento
19. Total sólidos		Es la suma de los dos anteriores, determinada gravimétricamente.	Ver 17 y 18.
20. Sulfatos	SO ₄ ²⁻ (sólidos disueltos)	Aumenta el contenido de sólidos, combinado con calcio forma incrustaciones muy duras.	Desmineralización. Tratamiento masivo con cal o cal-aluminato.
21. Turbidez	(sólidos no disueltos)	Da una apariencia desagradable al agua. Depósitos en tuberías, equipos, etc. Interfiere con la mayor parte de los procesos.	Coagulación, sedimentación y filtración.
22. Color	(sólidos disueltos o no disueltos)	Espuma, arrastres y ensuciamiento. Interfiere en métodos de precipitación tal como eliminación de hierro, ablandamiento con fosfato en caliente. Puede manchar productos.	Coagulación, cloración. Filtración por carbono activado.
23. Materia orgánica	(sólidos disueltos o no disueltos)	Espuma, arrastres y ensuciamiento. Ensuciamiento de resinas de intercambio iónico.	Coagulación, cloración. Filtración por carbono activado.
24. Conductividad	Expresada en microohmios	La conductividad es el resultado de los sólidos ionizables en solución. Alta conductividad puede aumentar las características corrosivas de un agua.	Cualquier proceso que disminuya sólidos disueltos decrecerá la conductividad. Ejemplos son la desmineralización y el tratamiento con cal.
25. Aceite	Coloidal	Depósitos-espumas. Incrustaciones, lodos y espumas en calderas. Recalentamientos localizados, impide intercambio calor. Indeseable en todos los procesos.	Separadores, filtros. Coagulación y filtración. Filtración con tierras de diatomeas.

Anexo C**Características de calderas del modelo CB de la marca Cleaver Brooks**

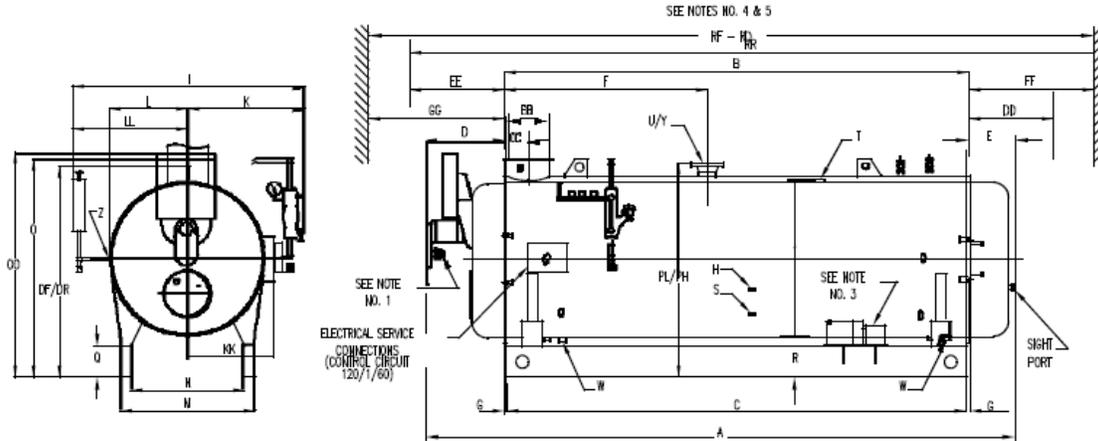
BOILER HP	15 ^c	20 ^c	30 ^c	40 ^c	50	60	70	80	100
RATINGS - SEA LEVEL TO 3000 FT									
Rated Cap. (lbs steam/hr @212°F) Btu Output (1000 Btu/hr)	518 502	690 670	1035 1004	1380 1339	1725 1674	2070 2009	2415 2343	2760 2678	3450 3348
APPROXIMATE FUEL CONSUMPTION AT RATED CAPACITY									
Light Oil (gph) ^A	4.5	6.0	9.0	12.0	14.9	17.9	20.9	23.9	29.9
Heavy Oil (gph) ^B	-	-	-	-	13.9	16.7	19.5	22.3	27.9
Gas (cfh) 1000 Btu-Nat Gas (Therm/hr)	628 6.3	837 8.4	1255 12.6	1674 16.7	2092 20.9	2511 25.1	2929 29.3	3348 33.5	4184 41.8
POWER REQUIREMENTS - SEA LEVEL TO 3000 FT, 60 HZ									
Blower Motor hp (except gas)	1	1	1-1/2	2	2	2	2	2 ^D	3
Gas Models (only)	1	1	1-1/2	2	2	2	2	2 ^D	3
Oil Pump Motor, hp No. 2 Oil	Belt-Driven From Blower				1/3	1/3	1/3	1/3	1/3
Oil Pump Motor, hp No. 6 Oil	-	-	-	-	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3
Oil Heater kW No. 6 Oil	-	-	-	-	5	5	5	5	5
Air Compressor Motor hp (Oil firing Only)	Air Compressor Belt-Driven from Blower Motor				2	2	2	2	2

NOTES:

1. For altitudes above 3000 ft, contact your local Cleaver-Brooks authorized representative for verification of blower motor hp.
- A. Based on 140,000 Btu/gal.
- B. Based on 150,000 Btu/gal.
- C. No. 6 Oil not available in 15-40 hp range.
- D. 3 hp above 2000 ft.

Anexo D

Dimensiones de las calderas del modelo CB de la marca Cleaver Brooks



BOILER HP	DIM	15	20	30	40	50	60	70	80	100
LENGTHS										
Overall	A	96-5/8	96-5/8	114-5/8	140-5/8	129	129	168	168	187
Shell	B	62-5/8	62-5/8	80-5/8	106-5/8	92	92	131	131	150
Base Frame	C	59	59	77	103	91	91	130	130	148
Front Head Extension	D	18-1/2	18-1/2	18-1/2	18-1/2	18-1/2	18-1/2	18-1/2	18-1/2	18-1/2
Rear Head Extension	E	15-1/2	15-1/2	15-1/2	15-1/2	18-1/2	18-1/2	18-1/2	18-1/2	18-1/2
Front Ring Flange to Nozzle - 15 psig	F	36	36	45	57	46	46	65-1/2	65-1/2	75
Front Ring Flange to Nozzle - 150 psig	F	36	36	45	57	46	46	72-1/2	72-1/2	82
Ring Flange to Base	G	1-13/16	1-13/16	1-13/16	1-13/16	5/8	1/2	1/2	1/2	1/2
WIDTHS										
Overall	I	61	61	61	61	73	73	73	73	73
ID, Boiler	J	36	36	36	36	48	48	48	48	48
Center to Water Column	K	33	33	33	33	39	39	39	39	39
Center to Outside Hinge	KK	22	22	22	22	29	29	29	29	29
Center to Lagging	L	20	20	20	20	27	27	27	27	27
Center to Auxiliary LWCO	LL	28	28	28	28	34	34	34	34	34
Base, Outside	M	28	28	28	28	37-5/8	37-3/8	37-3/8	37-3/8	37-3/8
Base, Inside	N	22	22	22	22	29-5/8	29-5/8	29-5/8	29-5/8	29-5/8

Dimensiones de las calderas del modelo CB de la marca Cleaver Brooks

(Continuación)

BOILER HP	DIM	15	20	30	40	50	60	70	80	100
HEIGHTS										
Base to Steam Outlet (15 psig only)	PL	50-1/4	50-1/4	50-1/4	50-1/4	70-5/16	70-5/16	70-5/16	70-5/16	70-5/16
Overall	OO	66	66	66	66	78-3/4	78-3/4	78-3/4	78-3/4	78-3/4
Base to Vent Outlet	O	53-1/2	53-1/2	53-1/2	53-1/2	70	70	70	70	70
Base to Steam Outlet (150 psig only)	PH	50-1/4	50-1/4	50-1/4	50-1/4	66-31/2	66-1/2	66-1/2	66-1/2	70-5/16
Height of Base	Q	8	8	8	8	12	12	12	12	12
Base to Bottom of Boiler	R	12	12	12	12	16	16	16	16	16
BOILER CONNECTIONS										
Chemical Feed	H	1	1 1 1	1 1 1 1						
Feedwater, Right and Left	S	1	1	1	1	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4
Low Pressure (15 psig only)	U	4	4	4	6 ^A	8 ^A				
Steam Nozzle	W	1	1	1	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/2	1-1/2	1-1/2
High Pressure (150 psig only)	T	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Surface Blowoff, Top C _L	Y	1-1/2	1-1/2	2	2	3	3	3	3	4 ^B
Steam Nozzle	W	1	1	1	1	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4
Blowdown, Front and Rear	W	1	1	1	1	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4
VENT STACK										
Diameter (flgd connection)	BB	6	6	8	8	10	10	12	12	12
Front Ring Flange to Vent C _L	CC	4	4 5 5	6 6 7 7						
MINIMUM CLEARANCES										
Rear Door Swing ^C	DD	44	44	44	44	55	55	55	55	55
Front Door Swing ^C	EE	44	44	44	44	55	55	55	55	55
Tube Removal, Rear	FF	56	56	74	100	84	84	123	123	142
Tube Removal, Front	GG	46	46	64	90	74	74	113	113	132
MINIMUM BOILER ROOM LENGTH ALLOWING FOR DOOR SWING AND TUBE REMOVAL FROM:										
Rear of Boiler	RR	163	163	199	251	231	231	309	309	347
Front of Boiler	RF	153	153	189	241	221	221	299	299	337
Thru Window or Doorway	RD	151	151	169	195	202	202	241	241	260
WEIGHT IN LBS										
Normal Water Capacity		1340	1300	1710	2290	3130	2920	4620	4460	5088
Approx. Ship Wgt - 15 psig		3000	3100	3650	4350	6900	7000	8100	8200	9000
Approx. Ship Wgt - 150 psig		3100	3200	3800	4500	7000	7200	8800	9000	9500
Approx. Ship Wgt - 200 psig		3300	3400	4100	4700	7400	7600	9300	9500	10000

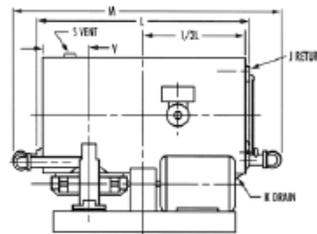
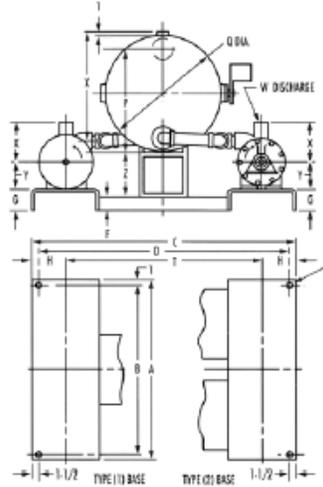
NOTES:

1. Air compressor belt driven from blower motor on sizes 15 thru 40
 2. Air compressor module on sizes 50 thru 100 hp.
 3. Accompanying dimensions, while sufficiently accurate for layout purposes, must be confirmed for construction by certified dimension prints.
- A. ANSI 150 psig flange.
B. ANSI 300 psig flange.
C. 15 thru 100 hp standard hinged door.

Anexo E

Dimensiones del tanque de condensado

Dimensional Data



Pump Size	V	W	X	Y*
A35-A4-C4-D4-E4 F4-G4-H4-I4-J4	4-3/4	1-1/4 N.P.L.	6-1/4	3-1/2
M4-P4-R4	4-3/4	1-1/2 N.P.L.	5-3/8	3-1/2
D4T-E4T-F4T-G4T I4T-J4T	6-1/16	1-1/4 N.P.L.	5-3/8	3-1/2
H5-I5	4-3/4	1-1/4 N.P.L.	7-1/2	4-3/4
K5-L5-M5-N5-P5	4-3/4	1-1/2 N.P.L.	7-1/2	4-3/4
F6T	8-1/2	2 250# FLG.	7-1/2	6-1/4
G6-H6-J6-K6	8-1/2	2-1/2 250# FLG.	8-1/4	6-1/4
G6T-H6T-J6T-K6T	8-1/2	2-1/2 250# FLG.	7-1/2	6-1/4

Type Base	Base Size	A	B	C	D	F	G	H	T
(1) 15, 30 and 60 Gallon Receiver	1	26	24	38	35	2	2-5/8	5	28
	2	27	25	42	39	2	3	6	30
	3	30	28	42	39	2	3	6	30
	4	34	32	50	47	2-5/8	4	6-1/2	37
	5	44	42	64	64 1/2	2	3-3/8	7-1/2	49
	6	48	46	70	67	2	4	9	52
(2) 100 and 200 Gallon Receiver	1	25	23	44	41	2	2-5/8	5	34
	2	27	25	48	45	2	3	6	36
	3	30	28	48	45	2	3	6	36
	4	34	32	54	51	2-5/8	4	6-1/2	41
	5	38	36	56	53	2	2-7/8	6	44
	6	44	42	64	61	3	3-3/8	7-1/2	49
	7	48	46	70	67	3	4	9	52

Pedestal	Z	Mtr. Frame	Y*	Mtr. Frame	Y*
A	6	4B	3	213F-215T	5-1/4
B	8-1/2	56-143F-145T	3-1/2	254F-256T	6-1/4
C	11	182T-184T	4-1/2	See Note #9	

Gal. Cap.	Type	J	K	L	M	P	Q	R	S
15	(1)	2	3/4	30	40	12-1/2	14	14-1/2	2
30	(1)	3	3/4	38	50	13-5/8	16	16-1/2	2
60	(1)	3	3/4	38	50	19-5/8	22	22-1/2	2
100	(2)	3	1-1/4	54	66	21-5/8	24	24-1/2	3
200	(2)	4	1-1/4	68	82	26-7/8	30	30-1/2	3

Notes:

- All dimensions in inches.
- Not for construction purposes unless certified.
- Duplex unit with mechanical alternator illustrated.
- All connections are threaded.
- Conduit box and/or capacitor not shown as location and dimensions vary with each motor manufacturer.
- Flanges in accordance with American Std.
- Write for Bulletin 110 for additional pump details.
- All simplex receivers have a blanked-off section opening available for possible future conversion to duplex construction.
- *Always use max. "Y" dimensions given.

Anexo F

Características de la bomba de Bomba de Agua de Alimentación

	Description	Value
	Product name:	TPE 32-150/2-S A-F-A BUBE
	Product No:	96275355
	EAN number:	5700830061831
Technical:	Speed for pump data:	2890 rpm
	Actual calculated flow:	0.61 m ³ /h
	Resulting head of the pump:	10 m
	Head max:	150 dm
	Shaft seal:	BUBE
	Curve tolerance:	ISO 9906 Annex A
	Pump No:	96463644
	Pump version:	A
Materials:	Pump housing:	Cast iron
		EN-JL1040 DIN W.-Nr.
		25 B ASTM
	Impeller:	Stainless steel
		1.4301 DIN W.-Nr.
		304 AISI
	Material code:	A
Installation:	Maximum ambient temperature:	40 °C
	System pressure:	10 bar
	Max pressure at stated temp:	10 / 140 bar / °C
	Min inlet pressure:	-0.1 bar
	Flange standard:	DIN
	Connect code:	F
	Pipe connection:	DN 32
	Pressure stage:	PN 6 / PN 10
	Flange size for motor:	FT85
Liquid:	Pumped liquid:	Heating water
	Liquid temperature range:	0 .. 140 °C
Electrical data:	Motor type:	71A
	Rated power - P2:	0.37 kW
	Mains frequency:	50 Hz
	Rated voltage:	1 x 220-240 V
	Rated current:	2,70-2,50 A
	Cos phi - power factor:	0,96
	Rated speed:	360-2840 rpm
	Enclosure class (IEC 34-5):	IP55
	Insulation class (IEC 85):	F
	Motor protec:	PTC
	Motor No:	85755102
Others:	Net weight:	29.3 kg
	Gross weight:	32.5 ka
	Shipping volume:	0.064 m ³
	Config. file no:	96280077

Imagen de la bomba seleccionada



Anexo G**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 251:2003**

NTE INEN 2 251

2003-04

5.5 Para la protección del ambiente, cada terminal de almacenamiento y centro de distribución, debe adoptar las medidas tecnológicas necesarias para disminuir las emisiones producidas por la evaporación de los combustibles de acuerdo con las leyes ambientales vigentes.

5.6 El distribuidor debe proporcionar al funcionario y personal autorizado de la operación, las facilidades necesarias para el cumplimiento de las labores de inspección y control que le sean asignadas.

5.7 Con el fin de prevenir y controlar fugas del producto para evitar la contaminación del subsuelo se deben realizar inspecciones periódicas a los tanques de almacenamiento y dispositivos de contención.

6. DISPOSICIONES ESPECIFICAS

6.1 Las operaciones de carga de combustibles líquidos en la terminal de almacenamiento son de responsabilidad de la comercializadora y de la terminal de almacenamiento.

6.2 Las operaciones de descarga en los centros de distribución son de responsabilidad de la terminal de almacenamiento, la comercializadora, el transportista y el distribuidor.

6.3 El distribuidor es responsable de preservar la calidad del combustible una vez realizada su descarga en el centro de distribución.

6.4 La comercializadora es responsable del buen funcionamiento de los tanques de almacenamiento de los distribuidores.

6.5 El manejo y almacenamiento de los lodos provenientes de la limpieza de los tanques, deben registrarse por las leyes ambientales vigentes.

6.6 La comercializadora y el distribuidor son responsables del manejo ambiental aceptable de las emisiones de vapores de los combustibles (pérdidas por evaporación en tanques de almacenamiento de volumen constante y pérdidas por evaporación en autotanques).

7. REQUISITOS**7.1 Estaciones de servicio****7.1.1 Instalaciones nuevas**

7.1.1.1 El diseño y fabricación se deben realizar de acuerdo a lo que se establece en los códigos y normas oficiales vigentes.

7.1.1.2 Las instalaciones mínimas con las que deben contar son:

- a) Área de almacenamiento: zona de tanques de almacenamiento.
- b) Área de abastecimiento o despacho de combustibles.
- c) Área administrativa o de oficinas.
- d) Accesos, entradas y salidas.
- e) Cuarto de máquinas.
- f) Servicios Sanitarios separados por sexos.
- g) Servicios de agua y aire para automotores.
- h) Trampa separadora de grasas y aceites.
- i) Islote de separación entre accesos de entrada y salida.
- j) Áreas verdes.

(Continúa)

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 251:2003

(CONTINUACIÓN)

NTE INEN 2 251

2003-04

7.1.1.3 Los tanques de almacenamiento deben estar provistos de los implementos siguientes:

- a) Bomba sumergible.
- b) Accesorios para control en el espacio anular de los tanques.
- c) Dispositivo de llenado.
- d) Dispositivo para recuperación de vapores a autotanques.
- e) Dispositivo para sistema de medición.
- f) Entrada hombre (diámetro mínimo 0,60 m).
- g) Dispositivo para tubería de venteo.

7.1.1.4 Las instalaciones de los tanques de almacenamiento bajo tierra, deben cumplir las disposiciones siguientes:

- a) Los tanques para almacenamiento de líquidos combustibles e inflamables deben ser tanques horizontales, cilíndricos, atmosféricos, provistos de sistemas de monitoreo intersticial de fugas, de doble pared, fabricados de acuerdo a lo especificado en el Decreto Ejecutivo No. 1215 de 2001-02-02.
- b) Los tanques para instalación horizontal deben ser cilíndricos, fabricados con plancha de acero al carbono de conformidad con el código correspondiente y recubiertos exteriormente con fibra de vidrio o similar, los que deben tener un certificado de calidad otorgado por el fabricante.
- c) La profundidad en áreas no sujetas a tráfico, debe ser mínimo 0,90 m y para áreas sujetas a tráfico regular 1,25 m; la profundidad se mide a partir del lomo del tanque hasta el pavimento.
- d) La distancia mínima entre paredes, tapas del tanque y la excavación debe ser de 0,50 m rellena con arena, para evitar la corrosión.
- e) Las tuberías enterradas deben estar debidamente protegidas para evitar la corrosión, y a por lo menos 0,50 m de distancia de las canalizaciones de aguas servidas, sistemas de energía eléctrica y teléfonos.
- f) El piso de la excavación en donde se asienta el tanque debe disponer de un relleno de arena, mínimo de 0,30 m; ningún tanque debe ser instalado directamente sobre elementos rígidos de hormigón o de cualquier otro material.
- g) Los tanques, tanto los subterráneos como los que se encuentran sobre la superficie, deben poseer sistemas de disposición de fugas que permitan prevenir la contaminación del subsuelo.
- h) Los tanques de almacenamiento deben tener dispositivos para prevenir la contaminación del subsuelo, cuando se presente alguna fuga o derrame de producto, de acuerdo a las disposiciones establecidas en el Decreto Ejecutivo No. 1215 de 2001-02-02.

7.1.1.5 Los tanques de almacenamiento sobre superficie deben fabricarse de acuerdo a las disposiciones establecidas en el Decreto Ejecutivo 1215 de 2001-02-02 y deben contar además con un sistema retardante de fuego que proteja al tanque de una eventual ignición al menos por dos horas continuas o de un sistema de inertización del aire para evitar el fuego o con un sistema automático de extinción de fuego o algún otro sistema que impida que el tanque corra algún riesgo de incendio.

7.1.1.6 El área para tanques verticales deberá estar provista de cunetas y sumideros interiores que permitan el fácil drenaje, cuyo flujo deberá controlarse con una válvula ubicada en el exterior del lugar, que permita la rápida evacuación de las aguas lluvias o hidrocarburos que se derramen en una emergencia y deberá estar conectado a un sistema de tanques separadores.

(Continúa)

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 251:2003

(CONTINUACIÓN)

NTE INEN 2 251

2003-04

a) Entre cada grupo de tanques verticales deberá existir una separación mínima igual al 25% de la suma de los diámetros, a fin de guardar la debida seguridad.

7.1.1.7 Las dimensiones de los tanques de almacenamiento se deben determinar de acuerdo a su capacidad, según lo indicado en la tabla 1

TABLA 1 Dimensiones de los tanques

Capacidad (dm ³)	Diámetro interno máximo (m)	Espesor mínimo (mm)
hasta 1078	1,07	1,70
1082 a 2120	1,22	2,36
2124 a 4164	1,63	3,12
4168 a 15142	2,13	4,24
15145 a 45425	3,20	6,00
45429 a 75708	3,66	7,67
75712 a 189270	3,66	

7.1.1.8 La capacidad operativa del tanque no debe ser menor que la capacidad nominal, ni mayor que el 110% de la capacidad nominal.

7.1.1.9 La longitud del tanque no debe ser mayor que seis veces su diámetro.

7.1.1.10 Los tanques de almacenamiento deben disponer de ductos de ventilación de 50 mm (2 pulgadas) de diámetro mínimo, construidos de acero al carbón. La boca de desfogue debe estar colocada a una altura mínima de 4 m sobre el nivel de la cota del piso y a 1 m de distancia de cualquier fuente de calor y tener una campana de protección para evitar el ingreso de agua lluvia.

7.1.1.11 Los tanques de almacenamiento deben ser probados in situ hidrostáticamente con agua limpia para verificar su hermeticidad previamente a su utilización.

7.1.1.12 Las válvulas que se utilizan en la manipulación de productos refinados de petróleo deben ser las adecuadas para soportar una presión de trabajo que corresponda con las características del producto, de acuerdo con las disposiciones indicadas en el Decreto Ejecutivo No. 1215 de 2001-02-02.

7.1.2 Instalaciones en remodelación.

7.1.2.1 Verificar la integridad física, chequear los espesores de cuerpos y tapas, y el estado de los cordones de soldadura de las placas de desgaste, de acuerdo con las disposiciones establecidas en el Decreto Ejecutivo No. 1215 de 2001-02-02.

7.1.2.2 Someter las instalaciones a las pruebas de hermeticidad con las disposiciones establecidas en el Decreto Ejecutivo No. 1215 de 2001-02-02.

7.1.2.3 Limpiar las instalaciones de cualquier recubrimiento anterior y recubrir con fibra de vidrio o similar para formar la doble contención, con las disposiciones establecidas en el Decreto Ejecutivo No. 1215 de 2001-02-02.

(Continúa)

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 251:2003**(CONTINUACIÓN)**

NTE INEN 2 251

2003-04

7.1.3 Líneas de ventilación.

7.1.3.1 Las líneas de ventilación de los tanques de almacenamiento de gasolina, en su parte superior deben estar provistas de válvulas de presión de vacíos, y de una campana de protección para evitar el ingreso de aguas lluvias.

7.1.3.2 Las líneas de ventilación de los tanques de almacenamiento de diesel, en su parte superior, deben estar provistas de arrestador de llama, en vez de válvula de presión de vacíos.

7.1.3.3 Se debe verificar que se cumpla con lo establecido en el numeral 7.1.1.10.

7.1.4 Surtidores

7.1.4.1 Los tanques de almacenamiento deben contar con surtidores y/o dispensadores provistos de filtros, cuyo medio filtrante sea de acero inoxidable o de otro material que garantice la retención de partículas de hasta 7 mm de diámetro, como mínimo.

7.1.4.2 Los surtidores de los tanques de almacenamiento que funcionen con bomba sumergible deben disponer de una válvula de emergencia de cierre automático en el caso de que el surtidor sufra un golpe o volcamiento.

7.1.5 Seguridad.

7.1.5.1 Las estaciones de servicio deben disponer de los implementos de seguridad siguientes:

- a) Extintores de incendios.
- b) Equipos de control de incendios y/o derrames de combustibles.
- c) Rótulos de aviso de: no fumar, no encender fuego, no suministrar combustibles a vehículos de servicio público o que estén ocupados con pasajeros ni a vehículos con el motor encendido.

7.1.6 Transporte y expendio en los terminales de almacenamiento o depósitos.

7.1.6.1 Para el ingreso de los autotanques a los terminales de almacenamiento o depósitos para cargar combustibles, el transportista deberá sujetarse a las normas internas de seguridad que exija cada uno de los terminales.

7.1.6.2 Durante la carga del combustible en el autotanque en el terminal de almacenamiento, los transportistas deben cumplir con las siguientes medidas de seguridad:

- a) Ubicar el autotanque únicamente en el espacio de estacionamiento destinado para la carga, debidamente identificado.
- b) Estacionar el autotanque en el lugar indicado, desconectar el mando eléctrico y asegurar éste con el freno auxiliar.
- c) Verificar que el tanque del autotanque, antes de la carga del combustible, esté completamente vacío y limpio interiormente; en caso contrario se debe suspender la operación.
- d) Estar presentes en la operación hasta terminar la carga y descarga del combustible. No se permite la presencia de personas en el interior del vehículo. Antes de la operación, se debe verificar la existencia y el buen funcionamiento de un extintor del tipo polvo químico seco.
- e) Conectar la pinza de puesta a tierra.

(Continúa)

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 251:2003**(CONTINUACIÓN)**

NTE INEN 2 251

2003-04

7.1.7 Con la finalidad de reducir al mínimo la posibilidad de generación de electricidad estática en los tanques de almacenamiento, se debe realizar lo siguiente:

7.1.7.1 Mantener el llenado a baja velocidad.

7.1.7.2 Verificar que los tanques de almacenamiento dispongan de las conexiones a tierra adecuadas.

7.1.8 Verificar que el trasiego de los combustibles desde los camiones cisternas o los depósitos subterráneos se efectúe por medio de mangueras con conexiones de ajuste hermético, que no sean afectadas por los combustibles y que no produzcan chispa por roce o golpe.

7.1.9 Verificar antes de iniciar el llenado de un compartimiento del autotanque, que éste se encuentre conectado a tierra a través del tubo de llenado durante toda la operación de carga.

7.1.10 Vigilar, mientras se realizan las conexiones de las mangueras entre los compartimientos del autotanque y las bocas de llenado de los tanques de almacenamiento del centro de distribución, que el producto evacuado sea depositado en el tanque correcto.

7.1.11 Verificar que los compartimientos y conexiones del autotanque no tengan fugas.

7.1.12 Transporte del combustible desde el terminal de almacenamiento al centro de distribución.

7.1.12.1 *Antes de iniciar el recorrido, se debe:*

- a) Aplicar correctamente los instructivos y disposiciones de operación y seguridad contra incendios.
- b) Operar correctamente los instrumentos y accesorios del tanque de almacenamiento del centro de distribución y del autotanque.
- c) Precautelar la manipulación de los combustibles que se van a transportar para evitar riesgos.
- d) Abstenerse de fumar e ingerir bebidas alcohólicas.

7.1.12.2 *Antes de proceder a descargar el combustible en el centro de distribución se debe:*

- a) Suspender el expendio de combustible del surtidor que corresponda al tanque donde se está descargando el combustible para eliminar posibles fuentes de ignición.
- b) Suspender el expendio de combustibles desde los autotanques.
- c) Suspender el suministro de combustible a vehículos cuyos tanques presenten fugas.
- d) Suspender el abastecimiento de combustible a vehículos de transporte público que se encuentren en servicio o con pasajeros.
- e) Identificar las bocas de llenado de los tanques de almacenamiento.
- f) Verificar que las tapas y bocas de descarga del autotanque estén debidamente selladas, con la identificación correspondiente de la compañía comercializadora.
- g) Verificar que los sellos colocados en las tapas de los compartimientos y en las bocas de descarga del autotanque, sean destruidos luego de su utilización.
- h) Comprobar con la varilla de medición el nivel de combustible en cada compartimiento del autotanque.

(Continúa)

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 251:2003

(CONTINUACIÓN)

NTE INEN 2 251

2003-04

- l) Verificar que el autotanque, de acuerdo al tipo y número de compartimientos contenga la cantidad de combustible determinada, mediante aforo físico (varilla de calibración).

7.1.12.3 Durante la descarga en el centro de distribución se debe:

- a) Coordinar la operación de descarga entre el conductor del autotanque y el operador del centro de distribución.
- b) Mantener al conductor del autotanque al frente de la operación hasta finalizar la descarga.
- c) Evitar el expendio de combustibles durante la descarga en un tanque de almacenamiento y esperar por lo menos 10 min, antes de proceder a vender el combustible al usuario.
- d) Comprobar que no existan puntos de ignición o manejo de interruptores de electricidad en una área de 5 m de radio, en relación al autotanque.
- e) Comprobar que, durante el trasiego del combustible, la boca del compartimiento se encuentre abierta.
- f) Abstenerse de fumar, encender fuego o usar teléfonos celulares en las áreas de carga y descarga de los terminales de abastecimiento y estaciones de servicio, durante el transporte de los combustibles.

7.1.12.4 Al terminar la descarga en el centro de distribución se debe:

- a) Revisar los compartimientos del autotanque para tener la seguridad de que estén completamente vacíos.
- b) Notificar a la respectiva comercializadora y terminal de almacenamiento de la existencia de fallas, tales como sellos mal colocados o carencia de los mismos en las bocas de llenado y descarga de los autotanques, filtraciones en el autotanque o sus conexiones, Indicadores de nivel, carencia de extintores, defectos de mangueras, comportamiento de los conductores de los autotanques u otras que se encontraren.

7.1.12.5 Trasiego

- a) Efectuar el trasiego de combustibles líquidos inflamables, desde los autotanques a los depósitos subterráneos, mediante mangueras provistas de ajuste hermético, fabricadas de material que no se deteriore por los productos que circulen por ellas, ni que produzcan chispa por roce o golpe, así como por un conductor de descarga de electricidad estática.
- b) Verificar que el combustible, en las bocas de los tubos de llenado de los tanques de almacenamiento, esté identificado de la manera siguiente:

PRODUCTO	COLOR
Gasolina de 89 octanos	blanco
Gasolina de 85 octanos	----
Gasolina de 80 octanos	azul
Combustible diesel No 1	amarillo
Combustible diesel No 2	amarillo
Combustible para motores de dos tiempos	----
Combustibles para aviación	----

7.1.13 Contenido de agua y sedimentos en el expendio.

- 7.1.13.1** Los tanques de almacenamiento de los expendedores no deben contener más de 0,05 m de altura de agua y/o sedimentos (colchón de agua).

(Continúa)

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 251:2003

(CONTINUACIÓN)

NTE INEN 2 251

2003-04

7.1.13.2 Si los tanques contienen más de 0,05 m de altura de agua y/o sedimentos (colchón de lodos), se debe proceder a la clausura de los surtidores y dispensadores, con el fin de evitar la venta del producto contaminado al usuario. Además, se debe colocar un aviso visible al público, indicando la causa de la medida tomada.

7.1.13.3 Para la reapertura de los surtidores clausurados, el distribuidor debe proceder a separar el agua y sedimentos, utilizando la bomba de succión tipo manual (no eléctrica). Efectuada la operación, la compañía comercializadora debe notificar al organismo competente, con el fin de proceder a verificar el cumplimiento de la eliminación de éstos.

7.1.14 Verificación del estado de funcionamiento del surtidor y/o dispensador:

7.1.14.1 Cada surtidor y/o dispensador debe disponer del certificado (acta de inspección) actualizado de la unidad de volumen otorgado por la autoridad competente, luego de la constatación física realizada en el medidor de volumen normalizado.

7.1.14.2 En caso de defectos accidentales o intencionales en un surtidor y/o dispensador, la compañía comercializadora y el distribuidor deben sujetarse a lo establecido en las leyes vigentes.

7.1.14.3 Una vez subsanado el problema, de acuerdo con lo señalado anteriormente, la comercializadora debe notificar al organismo competente, para que autorice o proceda a la reapertura del surtidor afectado. Ver Anexo, modelos 3 y 4.

7.1.15 Inspección

7.1.15.1 El funcionario autorizado por el organismo competente debe efectuar inspecciones y controles periódicos de los volúmenes de entrega en los sitios de expendio, con la finalidad de que:

- a) El combustible cumpla con los requisitos de calidad establecidos en la NTE INEN correspondiente.
- b) Evitar la venta del producto al consumidor en aquellos casos en que se compruebe que el combustible esté adulterado o contaminado y proceder a sellar la pistola del surtidor y/o dispensador correspondiente.
- c) El distribuidor coloque un aviso suministrado y sellado por el organismo competente. Ver Anexo 1, modelos 1 y 4 ó 2 y 4, el cual debe estar visible al público, indicando la causa de la medida tomada.
- d) El distribuidor comunique de inmediato a la comercializadora de la medida tomada por el organismo competente.
- e) El producto adulterado no pueda ser expendido al consumidor, como un combustible de inferior calidad.
- f) El producto contaminado no pueda ser expendido al consumidor.

7.1.15.2 Con la finalidad de expender el combustible adulterado como un combustible de inferior calidad, o de evacuar el combustible contaminado, la comercializadora y/o el distribuidor deben obtener la autorización del organismo competente.

7.1.15.3 La comprobación de adulteración de combustibles en el expendio, debe ser realizada en un laboratorio acreditado para el efecto, en presencia de un representante de la comercializadora, y/o distribuidor y un funcionario del organismo competente.

]

(Continúa)

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 251:2003**(CONTINUACIÓN)**

NTE INEN 2 251

2003-04

7.2 Depósito para combustible naviero nacional

7.2.1 Para el cumplimiento de los requisitos para la instalación y funcionamiento, además de las indicadas en esta norma, debe sujetarse a las disposiciones legales vigentes a la fecha.

7.2.2 Para la verificación de los requisitos de calidad del combustible, éste debe cumplir con la NTE INEN correspondiente.

7.3 Depósito para combustible naviero internacional.

7.3.1 Para el cumplimiento de los requisitos para la instalación y funcionamiento, además de las indicadas en esta norma, debe sujetarse a las disposiciones legales vigentes a la fecha.

7.3.2 Para la verificación de los requisitos de calidad del combustible, éste debe cumplir con la NTE INEN correspondiente.

7.4 Depósito para combustible de transporte aéreo.

7.4.1 Para el cumplimiento de los requisitos para la instalación y funcionamiento, además de las indicadas en esta norma, debe sujetarse a las disposiciones legales vigentes a la fecha.

7.4.2 Para la verificación de los requisitos de calidad del combustible, éste debe cumplir con la NTE INEN correspondiente.

(Continúa)

ANEXO H

Hoja De Cálculos

Cálculos de las cargas caloríficas.

Marmita 01

Datos marmita 01:

Capacidad 2 toneladas

Tiempo estimado 60 minutos

 $T_v = 80^\circ\text{C}$ $T_{\text{producto}} = 20^\circ\text{C}$

$$Q = m C_p \Delta T = m C_p (T_v - T_p)$$

$$\text{Flujo másico} = m = \frac{2000\text{kg}}{60 \text{ min}} = 33.33 \frac{\text{kg}}{\text{min}} = 1999.8 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$Q = 1999.8 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 0,9 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (80 - 20)^\circ\text{C} = 107989 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$$1\% \text{ por pérdidas en el traslado para el siguiente proceso} = 1079,9 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$$Q = 107989 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} + 1079,9 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 109069,1 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Datos marmita 02 y 03:

Capacidad 0,8 toneladas

Tiempo estimado 60 minutos

 $T_v = 80^\circ\text{C}$ $T_{\text{producto}} = 20^\circ\text{C}$

$$Q = m C_p \Delta T = m C_p (T_v - T_p)$$

$$\text{Flujo másico} = m = \frac{800\text{kg}}{60 \text{ min}} = 13,33 \frac{\text{kg}}{\text{min}} = 799,99 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$Q = 799,99 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 0,9 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (80 - 20)^\circ\text{C} = 43199,46 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$$1\% \text{ por pérdidas en el traslado para el siguiente proceso} = 431,99 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$$Q = 43199,46 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} + 431,99 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 43631,45 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Existen dos marmitas de las mismas características:

$$Q = 2 \times 43631,45 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 87262,9 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Existen dos marmitas de las mismas características:

$$Q = 2 \times 43631,45 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 87262,9 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

El consumo total en marmitas es: $Q_{total} = Q_{marmita\ 01} + Q_{marmita\ 02\ 03}$

$$Q_{total} = 109069,1 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} + 87262,9 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 196332 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$$196332 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \times \frac{CC}{8435,48 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}} = 23,27 \text{ CC}$$

Datos Reactor 01 y 02:

Capacidad 3 toneladas

Tiempo estimado 60 minutos

$T_v = 80^\circ\text{C}$

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

$$Q = m C_p \Delta T = m C_p (T_v - T_p)$$

$$\text{Flujo másico} = m = \frac{3000\text{kg}}{60 \text{ min}} = 50 \frac{\text{kg}}{\text{min}} = 3000 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$Q = 3000 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 0,9 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (80 - 20)^\circ\text{C} = 162000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

1% por perdidas en el traslado para el siguiente proceso = $1620 \frac{kcal}{h}$

$$Q = 162000 \frac{kcal}{h} + 1620 \frac{kcal}{h} = 163620 \frac{kcal}{h}$$

Existen dos marmitas de las mismas características:

$$Q = 2 \times 163620 \frac{kcal}{h} = 327240 \frac{kcal}{h}$$

Datos Reactor 03:

Capacidad 1 toneladas

Tiempo estimado 60 minutos

$T_v = 80^\circ C$

$T_{producto} = 20^\circ C$

$$Q = m C_p \Delta T = m C_p (T_v - T_p)$$

$$\text{Flujo másico} = m = \frac{1000 \text{kg}}{60 \text{ min}} = 16.66 \frac{\text{kg}}{\text{min}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$Q = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 0,9 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ C} \times (80 - 20)^\circ C = 54000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

1% por perdidas en el traslado para el siguiente proceso = $540 \frac{kcal}{h}$

$$Q = 54000 \frac{kcal}{h} + 540 \frac{kcal}{h} = 54540 \frac{kcal}{h}$$

El consumo total en Reactores es: $Q_{total} = Q_{reactor\ 01\ 02} + Q_{reactor\ 03}$

$$Q_{total} = 327240 \frac{kcal}{h} + 54540 \frac{kcal}{h} = 381780 \frac{kcal}{h}$$

$$381780 \frac{kcal}{h} \times \frac{CC}{8435.48 \frac{kcal}{h}} = 45,25 \text{ CC}$$

Zona de lavado.

Para el lavado de utensilios se considera los siguientes datos:

Capacidad estimada: 0.08 tonelada

Tiempo estimado: 10 minutos

$T_v = 60^\circ\text{C}$

$T_{\text{utensilios}} = 25^\circ\text{C}$

Calor específico del agua = $1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$

$$Q = m C_p \Delta T = m C_p (T_v - T_u)$$

$$\text{Flujo másico} = m = \frac{80\text{kg}}{10 \text{ min}} = 8 \frac{\text{kg}}{\text{min}} = 480 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$Q = 480 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (60 - 25)^\circ\text{C} = 16800 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$$16800 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \times \frac{\text{CC}}{8435.48 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}} = 2 \text{ CC}$$

Demanda del agua en la caldera

$$\text{Capacidad de evaporación} = \text{potencia de la caldera (CC)} \times 0.069 \frac{\text{gpm}}{\text{CC}}$$

$$\text{Capacidad de evaporación} = 70 (\text{CC}) \times 0.069 \frac{\text{gpm}}{\text{CC}} = 4,83 \text{ gpm}$$

Capacidad y dimensión del tanque de agua de alimentación mínima

$$\text{Capacidad del tanque} = 4,83 \frac{\text{galones}}{\text{min}} \times 20 \text{ min} = 96,9 \text{ galones} = 365,67 \text{ litros}$$

$$\text{reserva} = \frac{96,9 \text{ galones}}{0,7} = 138 \text{ galones} = 522,4 \text{ litros}$$

Presión de descarga de la bomba de agua

$$1,5 \times \text{capacidad de evaporación} = \text{capacidad de la bomba}$$

$$1,5 \times 4,83 \text{ gpm} = 7,245 \text{ gpm} = 0,61 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Demanda del combustible en la caldera

$$Q_{comb} = \frac{\text{Capacidad caldero}}{\text{poder calorífico del diesel}}$$

Datos:

$$\text{Densidad del diesel} = 0,85 \frac{g}{cm^3} = \frac{kg}{1000g} = 3,785.40 \frac{cm^3}{galon} = 3,22 \frac{kg}{galon}$$

$$\text{Poder calorífico del diesel} = 43,0 \frac{MJ}{kg} = 948,45 \frac{BTU}{MJ} = 40783,35 \frac{BTU}{kg} = 3,22 \frac{kg}{galon} =$$

$$131322,387 \frac{BTU}{galon}$$

$$Q_{comb} = \frac{2\,344\,600 \frac{BTU}{h}}{131322,387 \frac{BTU}{galon}} = 17,85 \frac{galones}{hora}$$

La caldera empleada tiene una eficiencia del 80%, por lo tanto el consumo de combustible va a ser:

$$Q_{comb} = \frac{17,85 \frac{galones}{hora}}{0,8} = 22,31 \frac{galones}{hora}$$

El consumo total para que la caldera trabaje al 100% de su capacidad va a ser $22,31 \frac{galones}{hora}$

Calculo de capacidad del tanque de combustible

$$\text{Volumen}_{tanque} = 22,31 \frac{galones}{hora} \times 24 \text{ horas} \times 20 \text{ días} = 10708,8 \text{ galones}$$

$$10708,8 \text{ galones} \times 3,7854 \frac{dm^3}{galones} = 40537,09 \text{ dm}^3$$

$$40537,09 \text{ dm}^3 \times 1,1 = 44590,8 \text{ dm}^3$$

Cálculo de las medidas del tanque de combustible

Forma: cilíndrico

Diámetro interior: 3 metros

$$44590.8 \text{ dm}^3 \times \frac{\text{m}^3}{1000\text{dm}^3} = 44,6 \text{ m}^3$$

$$Area_{\text{circulo}} = \pi \left(\frac{d^2}{4} \right)$$

$$Area_{\text{circulo}} = \pi \left(\frac{(3)^2 \text{ m}^2}{4} \right) = 7,068 \text{ m}^2$$

$$longitud = \frac{44,6 \text{ m}^3}{7,068 \text{ m}^2} = 6,31 \text{ m}$$

Calculo de capacidad del tanque de combustible diario

$$Volumen_{\text{tanque}} = 22,31 \frac{\text{galones}}{\text{hora}} \times 24 \text{ horas} = 535,44 \text{ galones}$$

$$535,44 \text{ galones} \times 3,7854 \frac{\text{dm}^3}{\text{galones}} = 2026,85 \text{ dm}^3$$

$$2026,85 \text{ dm}^3 \times 1,1 = 2229,54 \text{ dm}^3$$

Cálculo de las medidas del tanque de combustible diario

Forma: Cilíndrica

Diámetro interior 1,63 metros

$$2229,54 \text{ dm}^3 \times \frac{\text{m}^3}{1000\text{dm}^3} = 2,22 \text{ m}^3$$

$$Area_{\text{circulo}} = \pi \left(\frac{d^2}{4} \right)$$

$$Area_{\text{circulo}} = \pi \left(\frac{(1,63)^2 \text{ m}^2}{4} \right) = 2,086 \text{ m}^2$$

$$longitud = \frac{2,22 \text{ m}^3}{2,086 \text{ m}^2} = 1,064 \text{ m}$$

Cálculo de la bomba de combustible

$$pot = \frac{8,33 \times 0,371 \frac{\text{galones}}{\text{min}} \times 231 \text{ pies de H}_2\text{O} \times 0,86}{33000 \times 0,8} = 0.0233 \text{ HP}$$

Cálculo de vapor generado del combustible

$$Q_{comb} = 22,31 \frac{\text{galones}}{\text{hora}} \times \frac{3785.41 \text{ cm}^3}{1 \text{ galón}} \times \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ seg}} = \frac{23.46 \text{ cm}^3}{\text{seg}}$$

$$\frac{23.46 \text{ cm}^3}{\text{seg}} \times \frac{832 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times \frac{\text{m}^3}{1000000 \text{ cm}^3} = 0.02 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$$

Cálculo de tubería principal AB de la red de vapor

$$d = \sqrt{1020 \times \frac{W}{v \times p^{0.938}}}$$

$$d = \sqrt{1020 \times \frac{2415 \frac{\text{lb}}{\text{h}}}{6000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times 147^{0.938}}} = 1,95 \text{ pulgadas}$$

Cálculo de la distancia equivalente de los accesorios de la tubería principal AB de la red de vapor

Codos de 90° estándar. (Cantidad 7).

Diámetro de la tubería $\approx 2'' = 0,167$ pies

$$k = 30 \text{ ft} = 30 \times 0,019 = 0,57$$

$$L_e = k \frac{D}{\text{ft}} = 0,57 \frac{0,167}{0,019} = 5,01 \text{ pies} = 1,53 \text{ m}$$

$$\text{distancia equivalente 7 codos} = 1,53 \text{ m} \times 7 = 10,71 \text{ m}$$

Válvula tipo compuerta. (Cantidad 2).

Diámetro de la tubería $\approx 2'' = 0,167$ pies

$$k = 8 \text{ ft} = 8 \times 0,019 = 0,152$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,152 \frac{0,167}{0,019} = 1,336 \text{ pies} = 0,407 \text{ m}$$

distancia equivalente 2 valvulas tipo compuerta = 0,407 m x 2 = 0,814 m

Tee. (Cantidad 1).

Diámetro de la tubería $\approx 2'' = 0,167$ pies

$$k = 60 \text{ ft} = 60 \times 0,019 = 1,14$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 1,14 \frac{0,167}{0,019} = 10,02 \text{ pies} = 3,054 \text{ m}$$

distancia equivalente 1 tee = 3,054 m

Cálculo de pérdidas por fricción mediante la fórmula de UNIWIN segmento AB

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{D}\right)}{10^{11}}$$

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{2}\right)}{10^{11}} = 1,015 \times 10^{-10}$$

$$\Delta P = k V_R L \frac{W^2}{d^5}$$

$$\Delta P = 1,015 \times 10^{-10} \times 6000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times \frac{334}{147^{0,938}} \times 84,58 \text{ m} \times \frac{2415^2}{2^5} = 29,06 \text{ psi}$$

Presión final será= 147 psi – 29,06 psi = 117,94 psi

Recalculo de tubería principal AB de la red de vapor**Recalculo de la distancia equivalente de los accesorios de la tubería principal AB de la red de vapor****Codos de 90° estándar. (Cantidad 7).**

Diámetro de la tubería $\approx 2 \frac{1}{2}'' = 0,208$ pies

$$k = 30 \text{ ft} = 30 \times 0,018 = 0,54$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,54 \frac{0,208}{0,018} = 6,24 \text{ pies} = 1,90 \text{ m}$$

distancia equivalente 7 codos = 1,90 m x 7 = 13,3 m

Válvula tipo compuerta. (Cantidad 2).

Diámetro de la tubería $\approx 2 \frac{1}{2}'' = 0,208$ pies

$$k = 8 \text{ ft} = 8 \times 0,018 = 0,144$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,144 \frac{0,208}{0,018} = 1,664 \text{ pies} = 0,507 \text{ m}$$

distancia equivalente 2 valvulas tipo compuerta = 0,507 m x 2 = 1.014 m

Tee. (Cantidad 1).

Diámetro de la tubería $\approx 2 \frac{1}{2}'' = 0,208$ pies

$$k = 60 \text{ ft} = 60 \times 0,018 = 1,08$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 1,08 \frac{0,208}{0,018} = 12,48 \text{ pies} = 3,80 \text{ m}$$

distancia equivalente 1 tee = 3,80 m

Recalculo de pérdidas por fricción mediante la fórmula de UNIWIN segmento AB

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{D}\right)}{10^{11}}$$

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{2,5}\right)}{10^{11}} = 8,845 \times 10^{-11}$$

$$\Delta P = k V_R L \frac{W^2}{d^5}$$

$$\Delta P = 8,845 \times 10^{-11} \times 6000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times \frac{334}{147^{0,938}} \times 88,11 \text{ m} \times \frac{2415^2}{2,5^5} = 8,65 \text{ psi}$$

Presión final será= 147 psi – 8,65 psi = 138,35 psi

Cálculo de tubería secundaria CD de la red de vapor

$$d = \sqrt{1020 \times \frac{W}{v \times p^{0,938}}}$$

$$d = \sqrt{1020 \times \frac{446,08 \frac{\text{lb}}{\text{h}}}{6000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times 135,35^{0,938}}} = 0,871 \text{ pulgadas}$$

Cálculo de la distancia equivalente de los accesorios de la tubería secundaria CD de la red de vapor

Codos de 90° estándar. (Cantidad 4).

Diámetro de la tubería $\approx 1'' = 0,083 \text{ pies}$

$$k = 30 \text{ ft} = 30 \times 0,023 = 0,69$$

$$L_e = k \frac{D}{\text{ft}} = 0,69 \frac{0,083}{0,023} = 2,49 \text{ pies} = 0,759 \text{ m}$$

distancia equivalente 4 codos = 0,759 m x 4 = 3.036 m

Válvula tipo compuerta. (Cantidad 5).

Diámetro de la tubería $\approx 1'' = 0,083$ pies

$$k = 8 \text{ ft} = 8 \times 0,023 = 0,184$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,184 \frac{0,083}{0,023} = 0,664 \text{ pies} = 0,20 \text{ m}$$

distancia equivalente 5 valvulas tipo compuerta = 0,20 m x 5 = 1 m

Tee. (Cantidad 6).

Diámetro de la tubería $\approx 1'' = 0,083$ pies

$$k = 60 \text{ ft} = 60 \times 0,023 = 1,38$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 1,38 \frac{0,083}{0,023} = 4,98 \text{ pies} = 1,52 \text{ m}$$

distancia equivalente 6 tee = 6 x 1,52 m = 9,12 m

Válvula reductora. (Cantidad 1).

Diámetro de la tubería $\approx 1'' = 0,083$ pies

$$k = 900 \text{ ft} = 900 \times 0,023 = 20,7$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 20,7 \frac{0,083}{0,023} = 74,7 \text{ pies} = 22,8 \text{ m}$$

distancia equivalente un valvulas reductora = 22,8 m

Tamiz. (Cantidad 2).

Diámetro de la tubería $\approx 1'' = 0,083$ pies

$$k = 20 \text{ ft} = 20 \times 0,023 = 0,46$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,46 \frac{0,083}{0,023} = 1,66 \text{ pies} = 0,51 \text{ m}$$

$$\text{distancia equivalente 2 tamiz} = 0,51 \text{ m} \times 2 = 1,02 \text{ m}$$

La perdidas total en el segmento CD = 36,976 m

Distancia de la tubería recta CD = 8

Cálculo de pérdidas por fricción mediante la fórmula de UNIWIN segmento CD

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{D}\right)}{10^{11}}$$

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{1}\right)}{10^{11}} = 1,667 \times 10^{-10}$$

$$\Delta P = k V_R L \frac{W^2}{d^5}$$

$$\Delta P = 1,667 \times 10^{-10} \times 6000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times \frac{334}{135,35^{0,938}} \times 44,976 \text{ m} \times \frac{446,08^2}{1^5} = 29,95 \text{ psi}$$

Presión final será= 135,35 psi – 29,95 psi = 105 psi

Recalculo de la distancia equivalente de los accesorios de la tubería secundaria CD de la red de vapor

Codos de 90° estándar. (Cantidad 4).

Diámetro de la tubería $\approx 1 \frac{1}{2}'' = 0,125 \text{ pies}$

$$k = 30 \text{ ft} = 30 \times 0,021 = 0,63$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,63 \frac{0,125}{0,021} = 3,75 \text{ pies} = 1,14 \text{ m}$$

distancia equivalente 4 codos = 1.14 m x 4 = 4,57 m

Válvula tipo compuerta. (Cantidad 5).

Diámetro de la tubería $\approx 1 \frac{1}{2}'' = 0,125$ pies

$$k = 8 \text{ ft} = 8 \times 0,021 = 0,168$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,168 \frac{0,125}{0,021} = 0,99 \text{ pies} = 0,304 \text{ m}$$

distancia equivalente 5 valvulas tipo compuerta = 0,304 m x 5 = 1,523 m

Tee. (Cantidad 6).

Diámetro de la tubería $\approx 1 \frac{1}{2}'' = 0,125$ pies

$$k = 60 \text{ ft} = 60 \times 0,021 = 1,26$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 1,26 \frac{0,125}{0,021} = 7,5 \text{ pies} = 2,28 \text{ m}$$

distancia equivalente 6 tee = 6 x 2,28 m = 13,71 m

Válvula reductora. (Cantidad 1).

Diámetro de la tubería $\approx 1 \frac{1}{2}'' = 0,125$ pies

$$k = 900 \text{ ft} = 900 \times 0,021 = 18,9$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 18,9 \frac{0,125}{0,021} = 112,45 \text{ pies} = 34,27 \text{ m}$$

distancia equivalente un valvulas reductora = 34,27 m

Tamiz. (Cantidad 2).

Diámetro de la tubería $\approx 1 \frac{1}{2}'' = 0,083$ pies

$$k = 20 \text{ ft} = 20 \times 0,021 = 0,42$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,42 \frac{0,125}{0,021} = 2,499 \text{ pies} = 0,761 \text{ m}$$

$$\text{distancia equivalente 2 tamiz} = 0,761 \text{ m} \times 2 = 1,523 \text{ m}$$

La perdidas total en el segmento CD = 55,60 m

Distancia de la tubería recta CD = 8

Recalculo de pérdidas por fricción mediante la fórmula de UNIWIN segmento CD

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{D}\right)}{10^{11}}$$

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{1,5}\right)}{10^{11}} = 1,232 \times 10^{-10}$$

$$\Delta P = k V_R L \frac{W^2}{d^5}$$

$$\Delta P = 1,232 \times 10^{-10} \times 6000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times \frac{334}{135,35^{0,938}} \times 63,60 \text{ m} \times \frac{446,08^2}{1,5^5} = 4,12 \text{ psi}$$

Presión final será= 135,35 psi – 4,12 psi = 131,22 psi

Cálculo de tubería secundaria CE y CF de la red de vapor

$$d = \sqrt{1020 \times \frac{W}{v \times p^{0,938}}}$$

$$d = \sqrt{1020 \times \frac{178,45 \frac{lb}{h}}{6000 \frac{pies}{min} \times 135,35^{0.938}}} = 0,551 \text{ pulgadas}$$

Cálculo de la distancia equivalente de los accesorios de la tubería secundaria CE y CF de la red de vapor

Codos de 90° estándar. (Cantidad 4).

Diámetro de la tubería $\approx \frac{3}{4}'' = 0,0625$ pies

$$k = 30 \text{ ft} = 30 \times 0,025 = 0,75$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,75 \frac{0,0625}{0,025} = 1,875 \text{ pies} = 0,57 \text{ m}$$

$$\text{distancia equivalente 4 codos} = 0,57 \text{ m} \times 4 = 2,28 \text{ m}$$

Válvula tipo compuerta. (Cantidad 5).

Diámetro de la tubería $\approx \frac{3}{4}'' = 0,0625$ pies

$$k = 8 \text{ ft} = 8 \times 0,025 = 0,2$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,2 \frac{0,0625}{0,025} = 0,5 \text{ pies} = 0,16 \text{ m}$$

$$\text{distancia equivalente 5 valvulas tipo compuerta} = 0,16 \text{ m} \times 5 = 0,8 \text{ m}$$

Tee. (Cantidad 6).

Diámetro de la tubería $\approx \frac{3}{4}'' = 0,0625$ pies

$$k = 60 \text{ ft} = 60 \times 0,025 = 1,5$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 1,5 \frac{0,0625}{0,025} = 3,75 \text{ pies} = 1,14 \text{ m}$$

distancia equivalente 6 tee = 6 x 1,14 m = 6,84 m

Válvula reductora. (Cantidad 1).

Diámetro de la tubería $\approx \frac{3}{4}'' = 0,0625$ pies

$$k = 900 \text{ ft} = 900 \times 0,025 = 22,5$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 22,5 \frac{0,0625}{0,025} = 56,25 \text{ pies} = 17,15 \text{ m}$$

distancia equivalente un valvulas reductora = 17,15 m

Tamiz. (Cantidad 2).

Diámetro de la tubería $\approx \frac{3}{4}'' = 0,0625$ pies

$$k = 20 \text{ ft} = 20 \times 0,025 = 0,5$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,5 \frac{0,0625}{0,025} = 1,25 \text{ pies} = 0,38 \text{ m}$$

distancia equivalente 2 tamiz = 0,38 m x 2 = 0,76 m

La perdidas total en el segmento CE y CF = 27,83 m

Distancia de la tubería recta CE= 11m

Distancia de la tubería recta CF = 12m

Cálculo de pérdidas por fricción mediante la fórmula de UNIWIN segmento CE y CF

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{D}\right)}{10^{11}}$$

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{0,75}\right)}{10^{11}} = 2,1025 \times 10^{-10}$$

$$\Delta P = k V_R L \frac{W^2}{d^5}$$

- Segmento CE

$$\Delta P = 2,1025 \times 10^{-10} \cdot 6000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times \frac{334}{135,35^{0,938}} \times 38,83 \text{ m} \times \frac{178,45^2}{0,75^5} = 21,9 \text{ psi}$$

Presión final será= 135,35psi – 21,9 psi = 113,37 psi

- Segmento CF

$$\Delta P = 2,1025 \times 10^{-10} \cdot 6000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times \frac{334}{136,7^{0,938}} \times 39,83 \text{ m} \times \frac{178,45^2}{0,75^5} = 22,54 \text{ psi}$$

Presión final será= 135,35 psi – 22,54 psi = 112,81 psi

Recalculo de la distancia equivalente de los accesorios de la tubería secundaria CE y CF de la red de vapor

Codos de 90° estándar. (Cantidad 4).

Diámetro de la tubería $\approx 1'' = 0,0833 \text{ pies}$

$$k = 30 \text{ ft} = 30 \times 0,023 = 0,69$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,69 \frac{0,0833}{0,023} = 2,499 \text{ pies} = 0,762 \text{ m}$$

distancia equivalente 4 codos = 0,762 m x 4 = 3,04 m

Válvula tipo compuerta. (Cantidad 5).

Diámetro de la tubería $\approx 1'' = 0,0833 \text{ pies}$

$$k = 8 \text{ ft} = 8 \times 0,023 = 0,184$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,184 \frac{0,0833}{0,023} = 0,66 \text{ pies} = 0,203 \text{ m}$$

distancia equivalente 5 valvulas tipo compuerta = 0,203 m x 5 = 1,01 m

Tee. (Cantidad 6).

Diámetro de la tubería $\approx 1'' = 0,0833$ pies

$$k = 60 \text{ ft} = 60 \times 0,023 = 1,38$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 1,38 \frac{0,0833}{0,023} = 4,99 \text{ pies} = 1,52 \text{ m}$$

distancia equivalente 6 tee = 6 x 1,52 m = 9,14 m

Válvula reductora. (Cantidad 1).

Diámetro de la tubería $\approx 1'' = 0,0833$ pies

$$k = 900 \text{ ft} = 900 \times 0,023 = 20,7$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 20,7 \frac{0,0833}{0,023} = 74,97 \text{ pies} = 22,85 \text{ m}$$

distancia equivalente un valvulas reductora = 22,85 m

Tamiz. (Cantidad 2).

Diámetro de la tubería $\approx 1'' = 0,0833$ pies

$$k = 20 \text{ ft} = 20 \times 0,023 = 0,46$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,46 \frac{0,0833}{0,023} = 1,66 \text{ pies} = 0,51 \text{ m}$$

distancia equivalente 2 tamiz = 0,51 m x 2 = 1,01 m

La perdidas total en el segmento CE y CF = 37,07 m

Distancia de la tubería recta CE= 11m

Distancia de la tubería recta CF = 12m

Recalculo de pérdidas por fricción mediante la fórmula de UNIWIN segmento CE y

CF

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{D}\right)}{10^{11}}$$

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{1}\right)}{10^{11}} = 1,667 \times 10^{-10}$$

$$\Delta P = k V_R L \frac{W^2}{d^5}$$

- Segmento CE

$$\Delta P = 1,667 \times 10^{-10} \times 6000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times \frac{334}{135,35^{0,938}} \times 48,07 \text{ m} \times \frac{178,45^2}{1^5} = 5,12 \text{ psi}$$

Presión final será= 135,35psi – 5,12 psi = 130,22 psi

- Segmento CF

$$\Delta P = 1,667 \times 10^{-10} \times 6000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times \frac{334}{135,35^{0,938}} \times 47,07 \text{ m} \times \frac{178,45^2}{1^5} = 5,22 \text{ psi}$$

Presión final será= 135,35 psi – 5,22 psi = 130,12 psi

Cálculo de tubería secundaria CG y CH de la red de vapor

$$d = \sqrt{1020 \times \frac{W}{v \times p^{0.938}}}$$

$$d = \sqrt{1020 \times \frac{669,2 \frac{lb}{h}}{6000 \frac{pies}{min} \times 135,35^{0.938}}} = 1,067 \text{ pulgadas}$$

Cálculo de la distancia equivalente de los accesorios de la tubería secundaria CG y CH de la red de vapor**Codos de 90° estándar. (Cantidad 4).**

Diámetro de la tubería $\approx 1 \frac{1}{4}'' = 0,1042$ pies

$$k = 30 \text{ ft} = 30 \times 0,022 = 0,66$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,66 \frac{0,1042}{0,022} = 3,126 \text{ pies} = 0,95 \text{ m}$$

distancia equivalente 4 codos = 0,95 m x 4 = 3,8 m

Válvula tipo compuerta. (Cantidad 5).

Diámetro de la tubería $\approx 1 \frac{1}{4}'' = 0,1042$ pies

$$k = 8 \text{ ft} = 8 \times 0,022 = 0,176$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,176 \frac{0,1042}{0,022} = 0,83 \text{ pies} = 0,25 \text{ m}$$

distancia equivalente 5 valvulas tipo compuerta = 0,25 m x 5 = 1,25 m

Tee. (Cantidad 6).

Diámetro de la tubería $\approx 1 \frac{1}{4}'' = 0,1042$ pies

$$k = 60 \text{ ft} = 60 \times 0,022 = 1,32$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 1,32 \frac{0,1042}{0,022} = 6,252 \text{ pies} = 1,91 \text{ m}$$

$$\text{distancia equivalente 6 tee} = 6 \times 1,91 \text{ m} = 11,46 \text{ m}$$

Válvula reductora. (Cantidad 1).

Diámetro de la tubería $\approx 1 \frac{1}{4}'' = 0,1042 \text{ pies}$

$$k = 900 \text{ ft} = 900 \times 0,022 = 19,8$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 19,8 \frac{0,1042}{0,022} = 93,78 \text{ pies} = 28,6 \text{ m}$$

$$\text{distancia equivalente un valvulas reductora} = 28,6 \text{ m}$$

Tamiz. (Cantidad 2).

Diámetro de la tubería $\approx 1 \frac{1}{4}'' = 0,1042 \text{ pies}$

$$k = 20 \text{ ft} = 20 \times 0,022 = 0,44$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,44 \frac{0,1042}{0,022} = 2,084 \text{ pies} = 0,64 \text{ m}$$

$$\text{distancia equivalente 2 tamiz} = 0,64 \text{ m} \times 2 = 1,28 \text{ m}$$

La perdidas total en el segmento CG y CH = 46,39 m

Distancia de la tubería recta CG= 6 m

Distancia de la tubería recta CH = 4 m

Cálculo de pérdidas por fricción mediante la fórmula de UNIWIN segmento CG y CH

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{D}\right)}{10^{11}}$$

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{1,25}\right)}{10^{11}} = 1,4065 \times 10^{-10}$$

$$\Delta P = k V_R L \frac{W^2}{d^5}$$

- Segmento CG

$$\Delta P = 1,4065 \times 10^{-10} \times 6000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times \frac{334}{135,35^{0,938}} \times 52,39 \text{ m} \times \frac{669,2^2}{1,25^5} = 21,68 \text{ psi}$$

Presión final será= 135,35 psi – 21,68 psi = 113,67 psi

- Segmento CH

$$\Delta P = 2,1025 \times 10^{-10} \times 6000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times \frac{334}{135,35^{0,938}} \times 50,33 \text{ m} \times \frac{669,2^2}{1,25^5} = 20,85 \text{ psi}$$

Presión final será= 135,35 psi – 20,85 psi = 114,49 psi

Recalculo de la distancia equivalente de los accesorios de la tubería secundaria CG y**CH de la red de vapor****Codos de 90° estándar. (Cantidad 4).**

Diámetro de la tubería $\approx 1 \frac{1}{2}'' = 0,1249$ pies

$$k = 30 \text{ ft} = 30 \times 0,021 = 0,63$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,63 \frac{0,1249}{0,021} = 3,75 \text{ pies} = 1,14 \text{ m}$$

distancia equivalente 4 codos = 1,14 m x 4 = 4,57 m

Válvula tipo compuerta. (Cantidad 5).

Diámetro de la tubería $\approx 1 \frac{1}{2}'' = 0,1249$ pies

$$k = 8 \text{ ft} = 8 \times 0,021 = 0,168$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,176 \frac{0,1249}{0,021} = 0,99 \text{ pies} = 0,30 \text{ m}$$

distancia equivalente 5 valvulas tipo compuerta = 0,30 m x 5 = 1,52 m

Tee. (Cantidad 6).

Diámetro de la tubería $\approx 1 \frac{1}{2}'' = 0,1249$ pies

$$k = 60 \text{ ft} = 60 \times 0,021 = 1,26$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 1,26 \frac{0,1249}{0,021} = 7,49 \text{ pies} = 2,28 \text{ m}$$

distancia equivalente 6 tee = 6 x 2,28 m = 13,71 m

Válvula reductora. (Cantidad 1).

Diámetro de la tubería $\approx 1 \frac{1}{2}'' = 0,1249$ pies

$$k = 900 \text{ ft} = 900 \times 0,021 = 18,9$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 18,9 \frac{0,1249}{0,021} = 112,45 \text{ pies} = 34,27 \text{ m}$$

distancia equivalente un valvulas reductora = 34,27 m

Tamiz. (Cantidad 2).

Diámetro de la tubería $\approx 1 \frac{1}{2}'' = 0,1249$ pies

$$k = 20 \text{ ft} = 20 \times 0,021 = 0,42$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,42 \frac{0,1249}{0,021} = 2,49 \text{ pies} = 0,76 \text{ m}$$

$$\text{distancia equivalente 2 tamiz} = 0,76 \text{ m} \times 2 = 1,52 \text{ m}$$

La perdidas total en el segmento CG y CH = 55,60 m

Distancia de la tubería recta CG= 6 m

Distancia de la tubería recta CH = 4 m

Recalculo de pérdidas por fricción mediante la fórmula de UNIWIN segmento CG y

CH

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{D}\right)}{10^{11}}$$

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{1,5}\right)}{10^{11}} = 1,232 \times 10^{-10}$$

$$\Delta P = k V_R L \frac{W^2}{d^5}$$

- Segmento CG

$$\Delta P = 1,232 \times 10^{-10} \times 6000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times \frac{334}{135,35^{0,938}} \times 61,60 \text{ m} \times \frac{669,2^2}{1,5^5} = 8,98 \text{ psi}$$

Presión final será= 135,35 psi – 8,98 psi = 126,36 psi

- Segmento CH

$$\Delta P = 1,232 \times 10^{-10} \times 6000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times \frac{334}{135,35^{0,938}} \times 59,60 \text{ m} \times \frac{669,2^2}{1,25^5} = 8,69 \text{ psi}$$

Presión final será= 135,35 psi – 8,69 psi = 126,65 psi

Cálculo de tubería secundaria CI de la red de vapor

$$d = \sqrt{1020 \times \frac{W}{v \times p^{0.938}}}$$

$$d = \sqrt{1020 \times \frac{223,06 \frac{lb}{h}}{6000 \frac{pies}{min} \times 135,35^{0.938}}} = 0,616 \text{ pulgadas}$$

Cálculo de la distancia equivalente de los accesorios de la tubería secundaria CI de la red de vapor

Codos de 90° estándar. (Cantidad 4).

Diámetro de la tubería $\approx \frac{3}{4}'' = 0,0625$ pies

$$k = 30 \text{ ft} = 30 \times 0,025 = 0,75$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,75 \frac{0,0625}{0,025} = 1,874 \text{ pies} = 0,571 \text{ m}$$

distancia equivalente 4 codos = 0,571 m x 4 = 2,285 m

Válvula tipo compuerta. (Cantidad 5).

Diámetro de la tubería $\approx \frac{3}{4}'' = 0,0625$ pies

$$k = 8 \text{ ft} = 8 \times 0,025 = 0,2$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,2 \frac{0,0626}{0,025} = 0,49 \text{ pies} = 0,15 \text{ m}$$

distancia equivalente 5 valvulas tipo compuerta = 0,15 m x 5 = 0,76 m

Tee. (Cantidad 6).

Diámetro de la tubería $\approx \frac{3}{4}'' = 0,0625$ pies

$$k = 60 \text{ ft} = 60 \times 0,025 = 1,5$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 1,5 \frac{0,0625}{0,025} = 3,74 \text{ pies} = 1,14 \text{ m}$$

distancia equivalente 6 tee = 6 x 1,14 m = 6,85 m

Válvula reductora. (Cantidad 1).

Diámetro de la tubería $\approx \frac{3}{4}'' = 0,0625$ pies

$$k = 900 \text{ ft} = 900 \times 0,025 = 22,5$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 22,5 \frac{0,0625}{0,025} = 56,22 \text{ pies} = 17,13 \text{ m}$$

distancia equivalente un valvulas reductora = 17,13 m

Tamiz. (Cantidad 2).

Diámetro de la tubería $\approx \frac{3}{4}'' = 0,0625$ pies

$$k = 20 \text{ ft} = 20 \times 0,025 = 0,5$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,5 \frac{0,0625}{0,025} = 1,25 \text{ pies} = 0,38 \text{ m}$$

distancia equivalente 2 tamiz = 0,38 m x 2 = 0,76 m

La perdidas total en el segmento CI= 27,08 m

Distancia de la tubería recta CI = 4 m

Cálculo de pérdidas por fricción mediante la fórmula de UNIWIN segmento CI

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{D}\right)}{10^{11}}$$

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{0,75}\right)}{10^{11}} = 2,102 \times 10^{-10}$$

$$\Delta P = k V_R L \frac{W^2}{d^5}$$

$$\Delta P = 2,102 \times 10^{-10} \times 6000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times \frac{334}{135,35^{0,938}} \times 31,80 \text{ m} \times \frac{223,06^2}{0,75^5} = 28,14 \text{ psi}$$

Presión final será= 135,35 psi – 28,14 psi = 107,21 psi

Recalculo de la distancia equivalente de los accesorios de la tubería secundaria CI de la red de vapor

Codos de 90° estándar. (Cantidad 4).

Diámetro de la tubería $\approx 1'' = 0,0833$ pies

$$k = 30 \text{ ft} = 30 \times 0,023 = 0,69$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,69 \frac{0,0833}{0,023} = 2,49 \text{ pies} = 0,76 \text{ m}$$

distancia equivalente 4 codos = 0,76 m x 4 = 3,04 m

Válvula tipo compuerta. (Cantidad 5).

Diámetro de la tubería $\approx 1'' = 0,0833$ pies

$$k = 8 \text{ ft} = 8 \times 0,023 = 0,184$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,184 \frac{0,0833}{0,023} = 0,66 \text{ pies} = 0,20 \text{ m}$$

distancia equivalente 5 valvulas tipo compuerta = 0,20 m x 5 = 1,01 m

Tee. (Cantidad 6).

Diámetro de la tubería $\approx 1'' = 0,0833$ pies

$$k = 60 \text{ ft} = 60 \times 0,023 = 1,38$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 1,38 \frac{0,0833}{0,023} = 4,99 \text{ pies} = 1,52 \text{ m}$$

distancia equivalente 6 tee = 6 x 1,52 m = 9,14 m

Válvula reductora. (Cantidad 1).

Diámetro de la tubería $\approx 1'' = 0,0833$ pies

$$k = 900 \text{ ft} = 900 \times 0,023 = 20,7$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 20,7 \frac{0,0833}{0,023} = 74,97 \text{ pies} = 22,85 \text{ m}$$

distancia equivalente un valvulas reductora = 22,85 m

Tamiz. (Cantidad 2).

Diámetro de la tubería $\approx 1'' = 0,0833$ pies

$$k = 20 \text{ ft} = 20 \times 0,023 = 0,46$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,46 \frac{0,0833}{0,023} = 1,66 \text{ pies} = 0,51 \text{ m}$$

distancia equivalente 2 tamiz = 0,51 m x 2 = 1,01 m

La pérdidas total en el segmento CI= 37,07 m

Distancia de la tubería recta CI = 4 m

Recalculo de pérdidas por fricción mediante la fórmula de UNIWIN segmento CI

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{D}\right)}{10^{11}}$$

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{1,25}\right)}{10^{11}} = 1,667 \times 10^{-10}$$

$$\Delta P = k V_R L \frac{W^2}{d^5}$$

$$\Delta P = 1,667 \times 10^{-10} \times 6000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times \frac{334}{135,35^{0,938}} \times 41,07 \text{ m} \times \frac{223,06^2}{1^5} = 6,84 \text{ psi}$$

Presión final será= 135,35 psi – 6,84 psi = 128,51 psi

Cálculo de tubería secundaria CJ de la red de vapor

$$d = \sqrt{1020 \times \frac{W}{v \times p^{0,938}}}$$

$$d = \sqrt{1020 \times \frac{69 \frac{\text{lb}}{\text{h}}}{6000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times 135,35^{0,938}}} = 0,34 \text{ pulgadas}$$

Cálculo de la distancia equivalente de los accesorios de la tubería secundaria CI de la red de vapor

Codos de 90° estándar. (Cantidad 4).

Diámetro de la tubería $\approx \frac{1}{2}'' = 0,0416 \text{ pies}$

$$k = 30 \text{ ft} = 30 \times 0,027 = 0,81$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,81 \frac{0,0416}{0,027} = 1,24 \text{ pies} = 0,38 \text{ m}$$

$$\text{distancia equivalente 4 codos} = 0,38 \text{ m} \times 4 = 1,52 \text{ m}$$

Válvula tipo compuerta. (Cantidad 5).

$$\text{Diámetro de la tubería} \approx \frac{1}{2}'' = 0,0416 \text{ pies}$$

$$k = 8 \text{ ft} = 8 \times 0,027 = 0,216$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,216 \frac{0,0416}{0,027} = 0,33 \text{ pies} = 0,10 \text{ m}$$

$$\text{distancia equivalente 5 valvulas tipo compuerta} = 0,10 \text{ m} \times 5 = 0,51 \text{ m}$$

Tee. (Cantidad 6).

$$\text{Diámetro de la tubería} \approx \frac{1}{2}'' = 0,0416 \text{ pies}$$

$$k = 60 \text{ ft} = 60 \times 0,027 = 1,62$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 1,62 \frac{0,0416}{0,027} = 2,49 \text{ pies} = 0,76 \text{ m}$$

$$\text{distancia equivalente 6 tee} = 6 \times 0,76 \text{ m} = 4,57 \text{ m}$$

Válvula reductora. (Cantidad 1).

$$\text{Diámetro de la tubería} \approx \frac{1}{2}'' = 0,0416 \text{ pies}$$

$$k = 900 \text{ ft} = 900 \times 0,027 = 24,3$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 24,3 \frac{0,0416}{0,027} = 37,48 \text{ pies} = 11,42 \text{ m}$$

distancia equivalente un valvulas reductora = 11,42 m

Tamiz. (Cantidad 2).

Diámetro de la tubería $\approx \frac{1}{2}'' = 0,0416$ pies

$$k = 20 \text{ ft} = 20 \times 0,027 = 0,54$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,54 \frac{0,0416}{0,027} = 0,833 \text{ pies} = 0,253 \text{ m}$$

distancia equivalente 2 tamiz = 0,253 m x 2 = 0,507 m

La perdidas total en el segmento CJ= 18,53 m

Distancia de la tubería recta CJ = 4 m

Cálculo de pérdidas por fricción mediante la fórmula de UNIWIN segmento CJ

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{D}\right)}{10^{11}}$$

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{0,5}\right)}{10^{11}} = 2,972 \times 10^{-10}$$

$$\Delta P = k V_R L \frac{W^2}{d^5}$$

$$\Delta P = 2,972 \times 10^{-10} \times 6000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times \frac{334}{135,35^{0,938}} \times 22,53 \text{ m} \times \frac{69^2}{0,5^5} = 20,48 \text{ psi}$$

Presión final será= 135,35 psi – 20,48 psi = 114,86 psi

Recalculo de la distancia equivalente de los accesorios de la tubería secundaria CJ de la red de vapor

Codos de 90° estándar. (Cantidad 4).

Diámetro de la tubería $\approx \frac{3}{4}'' = 0,0625$ pies

$$k = 30 \text{ ft} = 30 \times 0,025 = 0,75$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,75 \frac{0,0625}{0,025} = 1,875 \text{ pies} = 0,57 \text{ m}$$

distancia equivalente 4 codos = 0,57 m x 4 = 2,28 m

Válvula tipo compuerta. (Cantidad 5).

Diámetro de la tubería $\approx \frac{3}{4}'' = 0,0625$ pies

$$k = 8 \text{ ft} = 8 \times 0,025 = 0,2$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,2 \frac{0,0625}{0,025} = 0,499 \text{ pies} = 0,15 \text{ m}$$

distancia equivalente 5 valvulas tipo compuerta = 0,15 m x 5 = 0,76 m

Tee. (Cantidad 6).

Diámetro de la tubería $\approx \frac{3}{4}'' = 0,625$ pies

$$k = 60 \text{ ft} = 60 \times 0,025 = 1,5$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 1,5 \frac{0,0625}{0,025} = 3,74 \text{ pies} = 1,14 \text{ m}$$

distancia equivalente 6 tee = 6 x 1,14 m = 6,85 m

Válvula reductora. (Cantidad 1).

Diámetro de la tubería $\approx 3/4'' = 0,0625$ pies

$$k = 900 \text{ ft} = 900 \times 0,025 = 22,5$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 22,5 \frac{0,0625}{0,025} = 56,22 \text{ pies} = 17,38 \text{ m}$$

distancia equivalente un valvulas reductora = 17,38 m

Tamiz. (Cantidad 2).

Diámetro de la tubería $\approx 3/4'' = 0,0625$ pies

$$k = 20 \text{ ft} = 20 \times 0,025 = 0,5$$

$$L_e = k \frac{D}{ft} = 0,5 \frac{0,0625}{0,025} = 1,25 \text{ pies} = 0,39 \text{ m}$$

distancia equivalente 2 tamiz = 0,39 m x 2 = 0,76 m

La perdidas total en el segmento CJ= 27,80 m

Distancia de la tubería recta CJ = 4 m

Recalculo de pérdidas por fricción mediante la fórmula de UNIWIN segmento CJ

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{D}\right)}{10^{11}}$$

$$k = \frac{3,625 \times \left(1 + \frac{3,6}{0,75}\right)}{10^{11}} = 2,1025 \times 10^{-10}$$

$$\Delta P = k V_R L \frac{W^2}{d^5}$$

$$\Delta P = 2,1025 \times 10^{-10} \cdot 6000 \frac{\text{pies}}{\text{min}} \times \frac{334}{135,35^{0,938}} \times 31,80 \text{ m} \times \frac{69^2}{0,75^5} = 2,69 \text{ psi}$$

Presión final será= 135,35 psi – 2,69 psi = 132,65 psi

Anexo I

Bomba de combustible

LVP Series Vane Pump Construction

Construction	Casing	Head, Bracket, Relief Valve and Foot	Rotor, Shaft Assembly	Vanes	Pushrods	Discs	Bracket Bushing, Head Bushing
Standard	62 Rockwell C Hardened 316 Stainless Steel (ASTM A 743, Grade CF8M)	316 Stainless Steel (ASTM A 743, Grade CF8M)	316 Stainless Steel (ASTM A 276)	Carbon-Reinforced PEEK®	PEEK®	Carbon Graphite	Silicon Carbide
Optional	N/A	N/A	N/A	Carbon Graphite	N/A	N/A	Carbon Graphite

Construction (cont'd.)	Shaft Coating (Bushing Area)	Mechanical Seal	Seal Type - U (Inch-Standard) Models	Seal Type - M (Metric-Standard) Models	O-Rings	Motor Mount (Size 001 & 002 only)
Standard	Chrome Oxide	Viton®, Carbon / SiC	Flowserv Component Type 52	Crane Component Type 2100	Viton®	"M" Models: Steel "U" Models: Cast Iron, ASTM A48, Class 35B
Optional	N/A	EPR, Kalrez®, PTFE	Crane Component Types 8-1 and 9, Flowserv Cartridge Types ISC1PX and ISC2PP, Gerlock Triple Lip Type PS-II	Crane Component Types 58U and 59U, Crane Cartridge Types 5610 and 5620	EPR, PTFE, Kalrez®	N/A

LVP Series Vane Pump Specifications

Pump Model	② Port Size		22 cSt (100 SSU) Performance				① Maximum Differential Pressure		Maximum Hydrostatic Pressure		③ Maximum Recommended Temperature		Approximate Shipping Weight	
	DIN Flange mm	ANSI Flange in.	Nominal Capacity at 50 Hz Motor Speed		Nominal Capacity at Max. Rated Speed		BAR	PSI	BAR	PSI	Deg. C	Deg. F	kg.	lb.
			M³/Hr.	RPM	GPM	RPM								
LVP40017 LVP41017	40	1.5	4	1450	20	1750	14	200	21	300	135	275	36	80
LVP40027 LVP41027	40	1.5	9	1450	40	1750	14	200	21	300	135	275	36	80
LVP41057	50	2.0	18	950	80	1150	14	200	21	300	135	275	64	140
LVP41087	50	2.0	23	950	100	950	14	200	21	300	135	275	68	150
LVP41197	80	3.0	29	520	125	640	14	200	21	300	135	275	98	215
LVP41237	80	3.0	36	520	160	640	14	200	21	300	135	275	98	215

Viscosity Range: 0.1 to 500 cSt (28 to 2,300 SSU)

① See performance curves for maximum pressures at rated speeds.

Carbon graphite bushings reduce pressure ratings to 8.5 Bar (125 PSI).

② Opposite ports suitable for 150# ANSI steel or stainless steel companion flanges or flanged fittings standard, DIN-compatible flanges optional.

③ Higher temperatures can be handled with special construction. Consult factory.

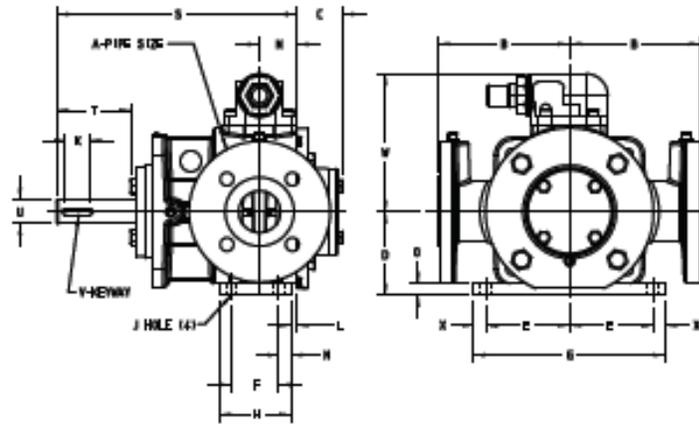
Kalrez® is a registered trademark of DuPont Performance Elastomers.
PEEK® is a registered trademark of Victrex PLC.
Teflon® is a registered trademark of the DuPont Company.
Viton® is a registered trademark of DuPont Performance Elastomers.
Viking® is a registered trademark of IDEX Corporation.

Bomba De Combustible (Continuación)

Dimensions



Dimensions For LVP Footed Pump Only - Sizes 01, 02

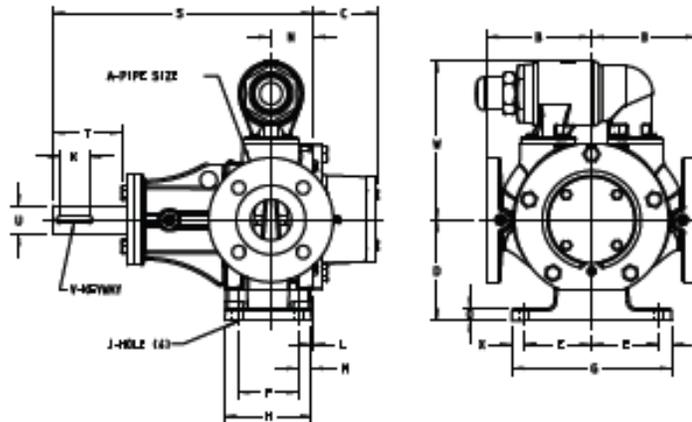


For motor mount dimensions, contact factory. Available motor mount brackets include:
IEC - B14, 90, 100, 112, 132
NEMA - 56C, 143/145TC, 182/184TC

Model		A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	S	T	U	V	W	X
LVP41017	"M" mm	40	140	48	89	89	51	203	76	11	26	6	13	40	13	256	79 / *41	25.00	8.0 X 3.5	147	13
LVP41027	"U" in.	1.50	5.50	1.90	3.50	3.50	2.00	8.00	3.00	0.44	1.02	0.25	0.50	1.56	0.50	10.06	3.11 / *1.63	1.00	.25 X .12	5.79	0.50

* T dimension when using a cartridge seal.
Ports for "M" model pumps are DIN 2501- compatible PN 16/25/40 raised face flanges.
Ports for "U" model pumps are ANSI B 16.5 compatible 150# class raised face flanges.

Dimensions for LVP Pump Only - Sizes 05, 08, 19 and 23



Model		A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	S	T	U	V	W	X
LVP41057	"M" mm	50	140	86	133	89	81	212	115	13	39	2	17	56	16	345	91 / *52	38	10.0 X 4.0	211	17
LVP41087	"U" in.	2.0	5.50	3.4	5.25	3.50	3.19	8.34	4.53	0.53	1.53	0.08	0.67	2.20	0.62	13.58	3.59 / *2.06	1.5	.38 X .19	8.31	0.67
LVP41197	"M" mm	80	184	86	155	108	108	247	139	13	77	12	15	77	16	426	129 / *90	38	10.0 X 4.0	236	15
LVP41237	"U" in.	3.0	7.25	3.4	6.10	4.25	4.24	9.72	5.46	0.53	3.03	0.46	0.61	3.04	0.62	16.76	5.09 / *3.56	1.5	.38 X .19	9.28	0.61

* T dimension when using a cartridge seal
Ports for "M" model pumps are DIN 2501- compatible PN 16/25/40 raised face flanges.
Ports for "U" model pumps are ANSI B 16.5 compatible 150# class raised face flanges.

Bomba de combustible (continuación)

Worldwide Leader Since 1911 for Positive Displacement Pumping Solutions for Industrial, OEM, and Sanitary Applications.

Innovation and Experience

Viking Pump has been a pump industry leader and innovator since its founding in 1911. We continue to build on our ever growing experience delivering innovative new pumping solutions, including custom designs, to many thousands of customers who use millions of Viking® pumps in some of the world's toughest applications.

Broad Performance Range

Capacity:
0.5 to 345 M³/Hr (0.1 to 1500 GPM)
Pressure:
0 to 172 Bar (0 to 2500 PSI)
Temperature:
-40°C to 370°C (-40°F to 700°F)
Viscosity:
0.5 to 440,000 cSt (28 to 2,000,000 SSU)

Ultimate in Sealing Solutions

Viking's offering of packing, component mechanical seals, cartridge seals, and sealless Mag Drive technology provides the best choices for sealing flexibility needed to provide your application a customized sealing solution every time - saving you money, time, and unplanned downtime.

Material Options Matched to Application

Viking's dedicated iron and alloys foundries provide pump construction materials from cast iron to Hastelloy®. Application-specific materials of construction extend pump life significantly, while reducing maintenance and unplanned downtime, which enables increased production and a better bottom line.

Liquid Integrity Protection

Viking has developed multiple positive displacement pump principles to protect shear-sensitive liquids, and low-shear options to prevent damage to fibers, polymers, and solids. Full-jacketing options provide precise temperature control throughout the pump. The Viking Mag Drive® and other seal options prevent fluid contact with air, assuring liquid integrity.

Local Applications and Engineering Support

Over 245 Authorized Viking Pump Distributors in 68 countries provide local application support and service, backed by Viking Application Engineers and Viking Region Managers strategically located around the world.

Quality Manufacturing

Viking uses ISO9001-2000, ISO14001, Six-Sigma, and Lean/Kaizen in its worldwide manufacturing and assembly processes to remove waste, reduce development costs, and deliver superior products on schedule. Dedicated Viking foundries and manufacturing facilities utilize state-of-the-art CNC equipment to assure unmatched quality is built into every pump. Viking products also meet the applicable standards or certification requirements for ATEX, CE, DIN, EHEDG, BSP, JIS, ANSI, UL, 3-A and others.

Custom Designed Solutions

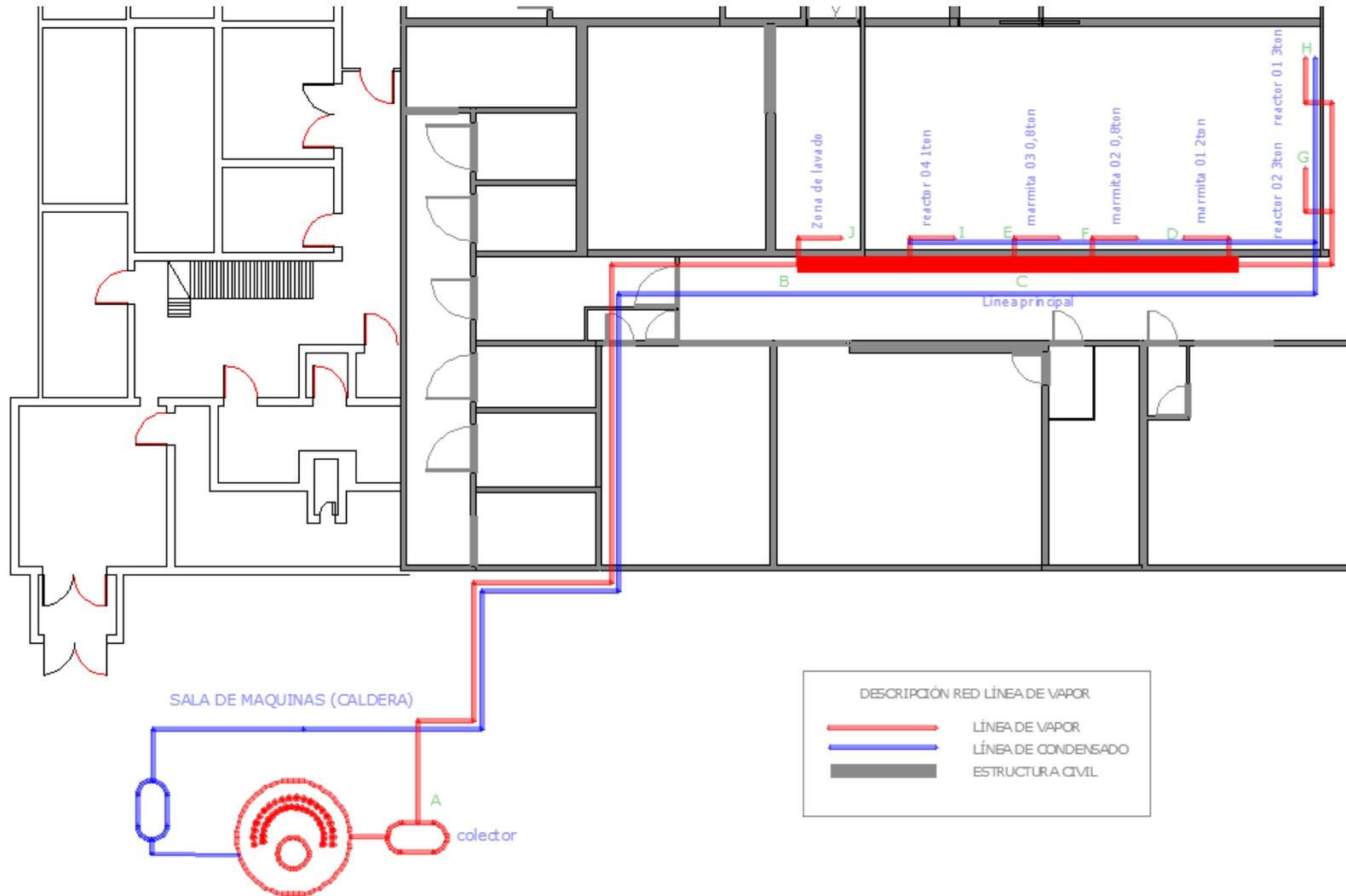
Viking has provided custom designed pumps to end-users and OEMs since its first pump in 1911, when Viking invented the gear-within-a-gear pumping principle to remove water from a rock quarry. Today, enabled by Viking's engineering staff, extensive applications experience, and in-house foundries, more than 20% of Viking's sales are new Viking designs, or pumps designs derived from more than 1000 Viking catalog pumps with more than 40,000 active configurations. So, whether you are an end-user or an OEM, Viking can provide custom designed pumping solutions to meet your specific needs.



For more information, contact your local authorized Viking Pump Distributor or contact Viking at:

VIKING PUMP, INC.
A Unit of IDEX Corporation
P.O. Box 8
Cedar Falls, Iowa 50613-0008 U.S.A.
Telephone: (319) 266-1741
Fax: (319) 273-8157
Email: info.viking@idexcorp.com
Web site: www.vikingpump.com

Anexo J Plano arquitectónico de la ubicación de los puntos de vapor



Anexo K

294

Capítulo 10 Pérdidas menores

FIGURA 10.14 Válvula de globo.
(Fuente: Crane Valves, Signal Hill, CA.)

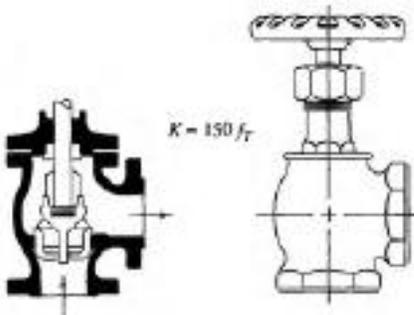
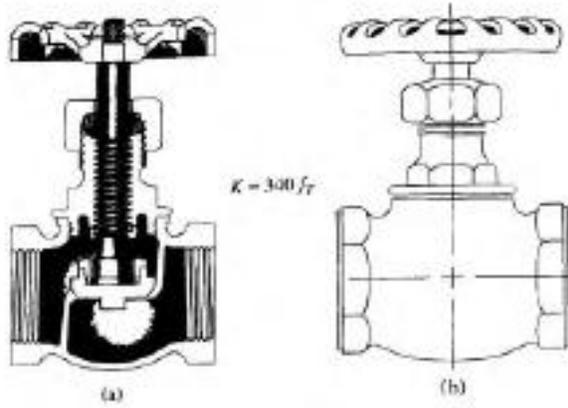


FIGURA 10.15 Válvula de ángulo.
(Fuente: Crane Valves, Signal Hill, CA.)

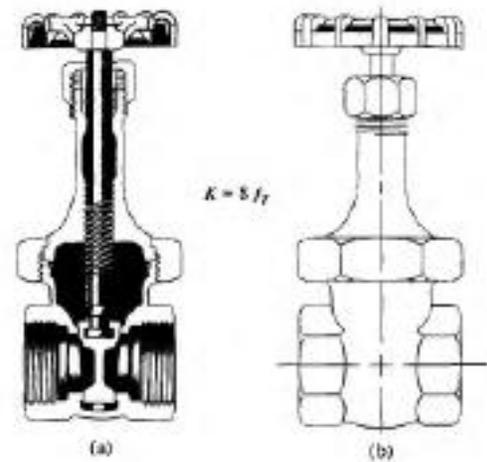
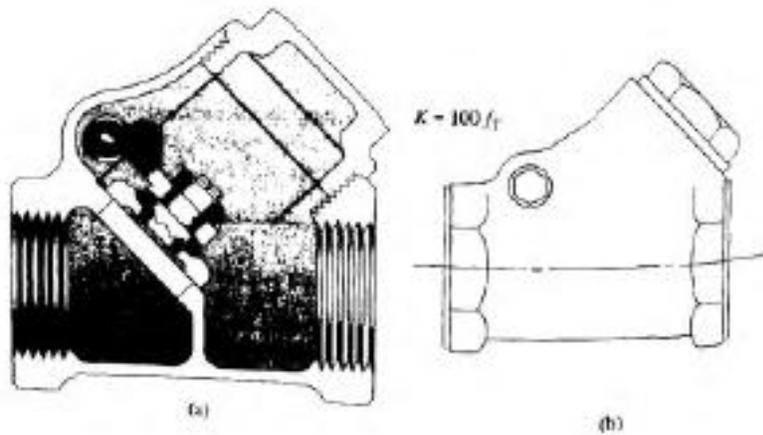


FIGURA 10.16 Válvula de compuerta.
(Fuente: Crane Valves, Signal Hill, CA.)

FIGURA 10.17 Válvula de verificación-tipo giratorio.
(Fuente: Crane Valves, Signal Hill, CA.)



Anexo K (continuación)

10.10 Coeficientes de resistencia para válvulas y accesorios

295

FIGURA 10.18 Válvula de verificación-tipo bola. (Fuente: Crane Valves, Signal Hill, CA.)

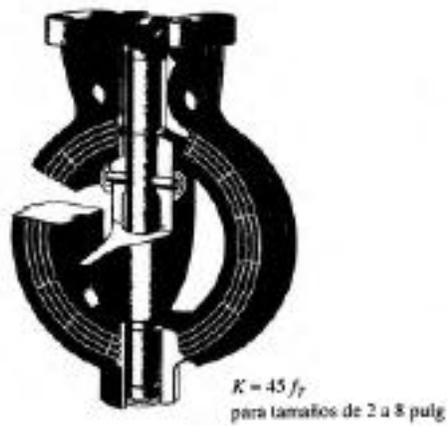
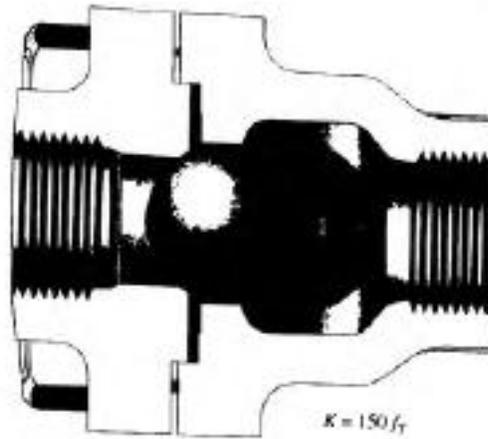


FIGURA 10.19 Válvula de mariposa. (Fuente: Crane Valves, Signal Hill, CA.)

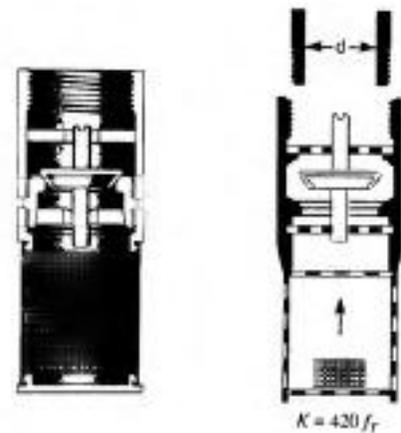
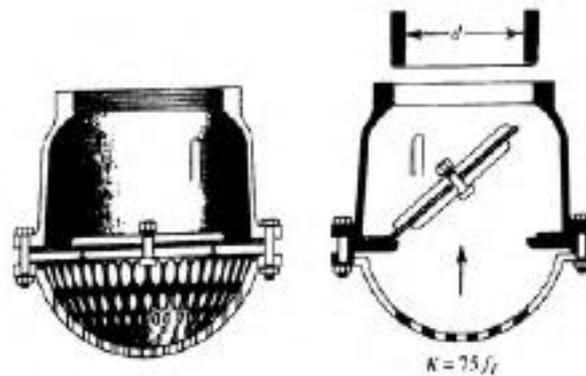


FIGURA 10.20 Válvula de pie con alcahofa (colador) tipo disco de vástago. (Fuente: Crane Valves, Signal Hill, CA.)

FIGURA 10.21 Válvula de pie en alcahofa (colador) tipo disco de bisagra. (Fuente: Crane Valves, Signal Hill, CA.)



Anexo K (continuación)

296

Capítulo 10 Pérdidas menores

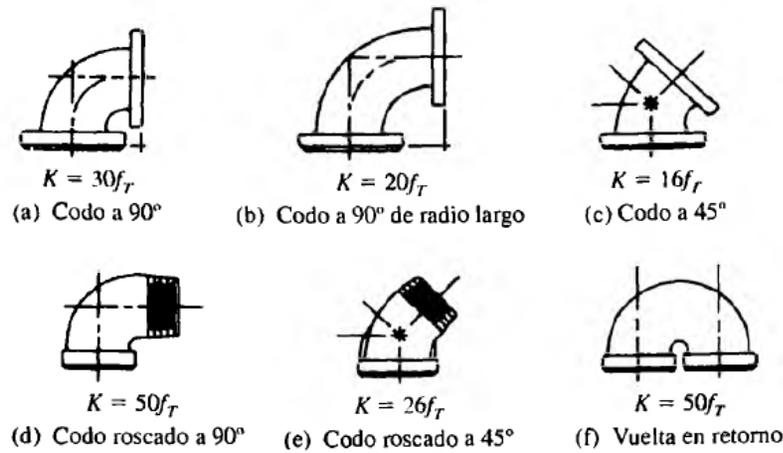


FIGURA 10.22 Codos de tubería. (Fuente: Crane Valves, Signal Hill, CA.)

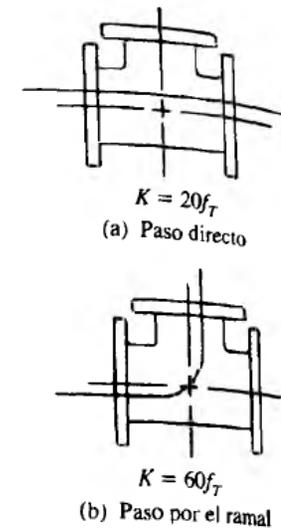


FIGURA 10.23 Tes estándar. (Fuente: Crane Valves, Signal Hill, CA.)

Anexo K (continuación)

10.10 Coeficientes de resistencia para válvulas y acoplamientos

TABLA 10.4 Resistencia de válvulas y acoplamientos, expresada como longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D .

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D
Válvula de globo—abierta por completo	340
Válvula de ángulo—abierta por completo	150
Válvula de compuerta—abierta por completo	8
— $3/4$ abierta	35
— $1/2$ abierta	160
— $1/4$ abierta	900
Válvula de verificación—tipo giratorio	100
Válvula de verificación—tipo bola	150
Válvula de mariposa—abierta por completo, 2 a 8 pulg	45
—10 a 14 pulg	35
—16 a 24 pulg	25
Válvula de pie—tipo disco de vástago	420
Válvula de pie—tipo disco de bisagra	75
Codo estándar a 90°	30
Codo a 90° de radio largo	20
Codo roscado a 90°	50
Codo estándar a 45°	16
Codo roscado a 45°	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Te estándar—con flujo directo	20
—con flujo en el ramal	60

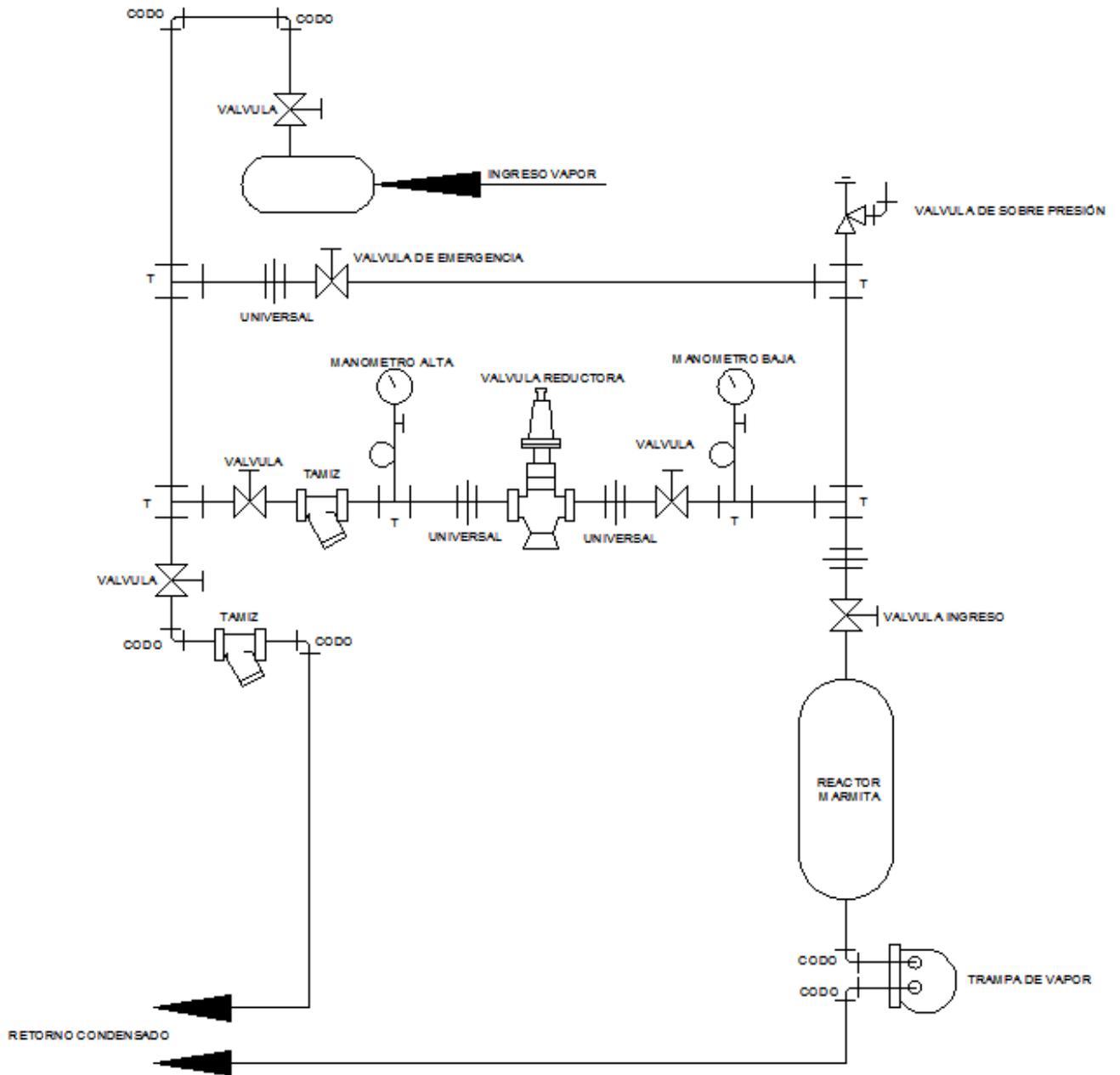
Fuente: Crane Valves, Signal Hill, CA.

TABLA 10.5 Factor de fricción en la zona de turbulencia completa para tubería de acero comercial, nueva y limpia.

Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_f	Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_f
$1/2$	0.027	$3\frac{1}{2}$, 4	0.017
$3/4$	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
$1\frac{1}{4}$	0.022	8–10	0.014
$1\frac{1}{2}$	0.021	12–16	0.013
2	0.019	18–24	0.012
$2\frac{1}{2}$, 3	0.018		

Anexo L

Diagrama banco reductor de presión



Anexo M

Descripción de trampas de condensado.

spirax sarco

FT14 Ball Float Steam Trap (Screwed)

TI-S02-03
ST Issue 10

Description

The FT14 is an SG iron bodied ball float steam trap having stainless steel working internals and integral automatic air venting facility. The FT14 can be maintained without disturbing the pipework.

Available types

FT14 (R-L)	Horizontal connections with flow from right to left
FT14 (L-R)	Horizontal connections with flow from left to right
FT14V	Vertical connections with flow downwards

Capsule

The BP99/32 capsule which is used in the FT14 is suitable for use on 150°C superheat @ 0 bar g and 50°C superheat @ 32 bar g.

Optional extras

A manually adjustable needle valve (designated 'C' on the nomenclature i.e. FT14-C) can be fitted to the trap. This option provides a steam lock release (SLR) feature in addition to the standard air vent. For further information please consult Spirax Sarco.

The FT14 has the option of an integral strainer screen (designated 'X' on the nomenclature i.e. FT14-X).

Standards

This product fully complies with the requirements of the European Pressure Equipment Directive 97/23/EC.

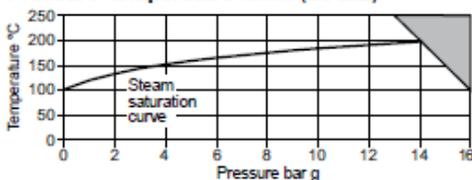
Certification

This product is available with a manufacturers' Typical Test Report. **Note:** All certification/inspection requirements must be stated at the time of order placement.

Sizes and pipe connections

½", ¾" and 1" screwed BSP or NPT.

Pressure / temperature limits (ISO 6552)

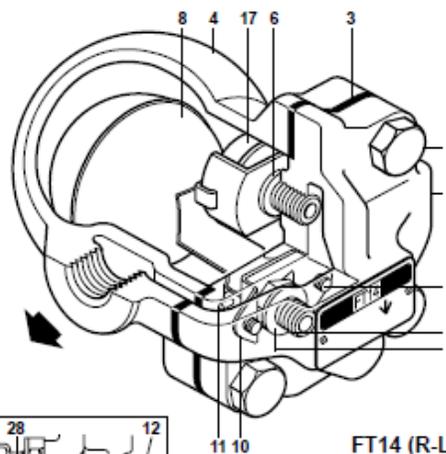
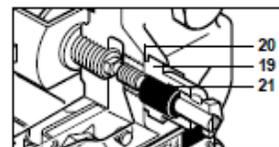


The product must not be used in this region.

Body design conditions		PN16
PMA	Maximum allowable pressure	16 bar g @ 100°C
TMA	Maximum allowable temperature	250°C @ 13 bar g
Minimum allowable temperature		-10°C
PMO	Maximum operating pressure for saturated steam service	14 bar g
TMO	Maximum operating temperature	250°C @ 13 bar g
Minimum operating temperature		0°C
	Maximum	FT14-4.5 4.5 bar
ΔPMX	differential pressure	FT14-10 10 bar
		FT14-14 14 bar

Designed for a maximum cold hydraulic test pressure of 24 bar g

FT14-C (R-L)



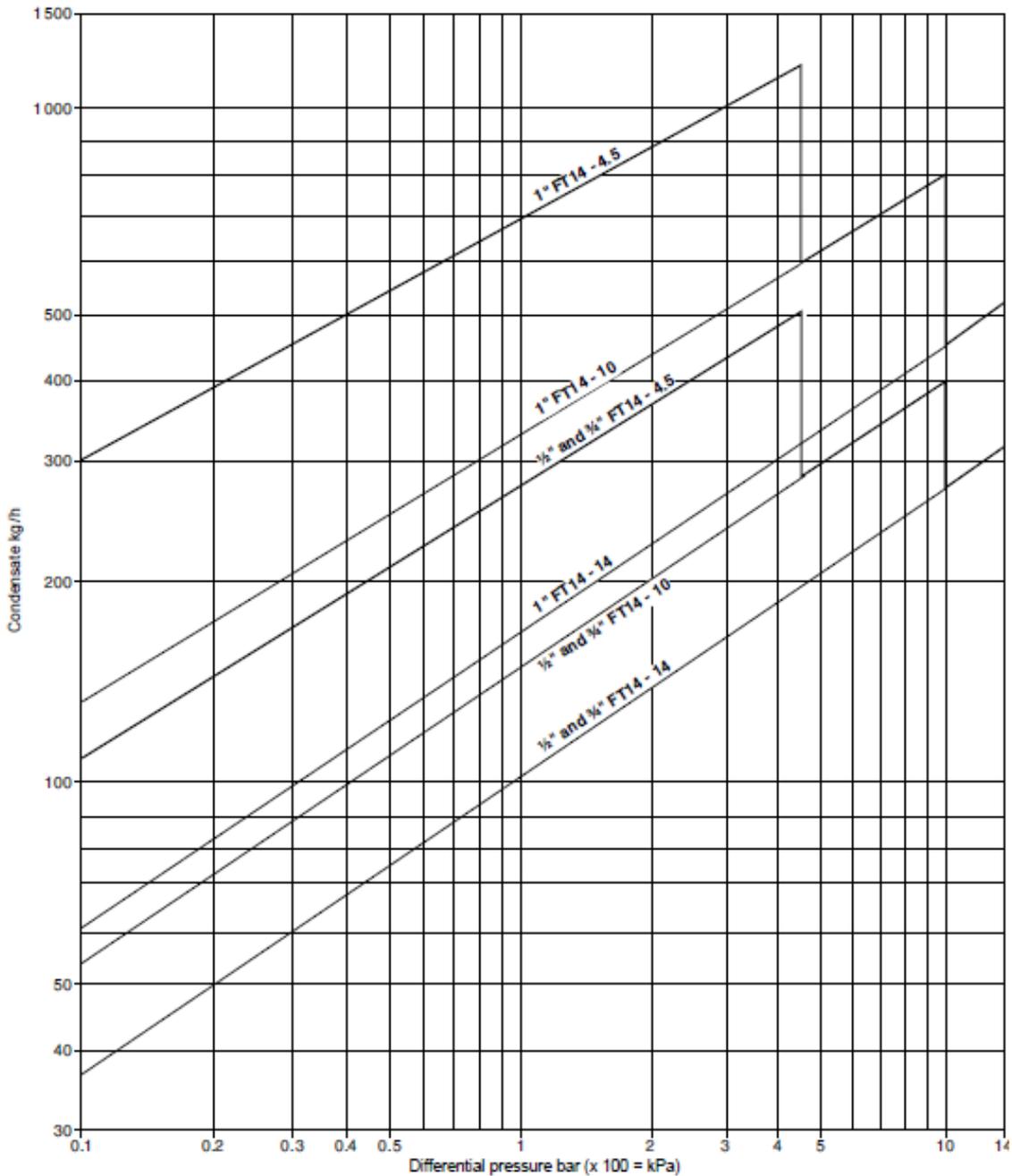
Materials

No. Part	Material
* 1 Body	SG iron DIN 1693 GGG 40
2 Cover bolts	Steel BS 3692 Gr.8.8
3 Cover gasket	Reinforced exfoliated graphite
4 Cover	SG iron DIN 1693 GGG 40
5 Valve seat	Stainless steel BS 970 431 S29
6 Valve seat gasket	Stainless steel BS 1449 409 S19
7 Pivot frame assembly screws	Stainless steel BS 6105 CI A2-70
8 Ball float and lever	Stainless steel BS 1449 304 S16
10 Pivot frame	Stainless steel BS 1449 304 S16
11 Pivot pin	Stainless steel
* 12 Erosion deflector (1" only)	Stainless steel BS 970 431 S29
17 Air vent assembly	Stainless steel
18 Air vent gasket	Stainless steel BS 1449 409 S19
19 SLR assembly	Stainless steel BS 970 303 S21
20 SLR gasket	Stainless steel BS 1449 304 S16
21 SLR seal	Graphite
28 Valve spring (1" only)	Stainless steel BS 2056 302 S26

* Note: Item 12 is pressed into item 1 (1" only).

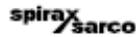


Capacities



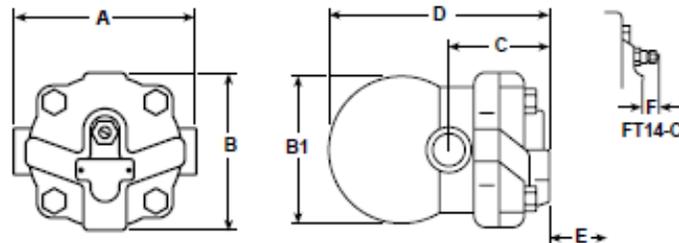
Capacities shown above are based on condensate at saturation temperature. When discharging sub-cooled condensate the air vent provides extra capacity. Under start-up conditions when the condensate is cold the internal thermostatic air vent will be open and provides additional capacity to the main valve. On 4.5 bar units this will provide a minimum of 50% increased capacity above the hot condensate figures shown. On 10 and 14 bar units this will be a minimum increase of 100% on the published capacity. The following table gives the minimum additional cold water capacities from the air vent.

ΔP (bar)	0.5	1	2	3	4.5	7	10	14
Minimum additional cold water capacity (kg/h)								
1/2" and 3/4"	70	140	250	380	560	870	1130	1500
1"	120	240	380	500	640	920	1220	1500



Dimensions/weights (approximate) in mm and kg

Size	A	B	B1	C	D	E Withdrawal distance	F	Weight
½"	121	107	98	67	147	105	30	2.9
¾"	121	107	98	67	147	105	30	2.9
1"	145	107	117	75	166	110	23	4.0



Safety information, installation and maintenance

For full details see the Installation and Maintenance Instructions (IM-S02-13) supplied with the product.

Installation note:

The FT14 must be installed with the direction of flow as indicated on the body, and with the float arm in a horizontal plain so that it rises and falls vertically. If required the flow orientation can be changed on site.

Disposal

This product is recyclable. No ecological hazard is anticipated with the disposal of this product providing due care is taken.

How to order

Example: 1 off Spirax Sarco ½" FT14-4.5 (R-L) ball float steam trap with screwed BSP connections and integral air vent.

Spare parts

The spare parts available are shown in solid outline. Parts drawn in broken line are not supplied as spares.

Available spares

Main valve assembly with float	3, 5, 6, 7 (2 off), 8, 10, 11, 28 (1" only)
Air vent assembly	3, 17, 18
Steam lock release and air vent assembly	3, 17, 18, 19, 20, 21
Cover gasket (packet of 3)	3
Maintenance kit	3, 5, 6, 7 (2 off), 8, 10, 11, 17, 18, 28 (1" only)

How to order spares

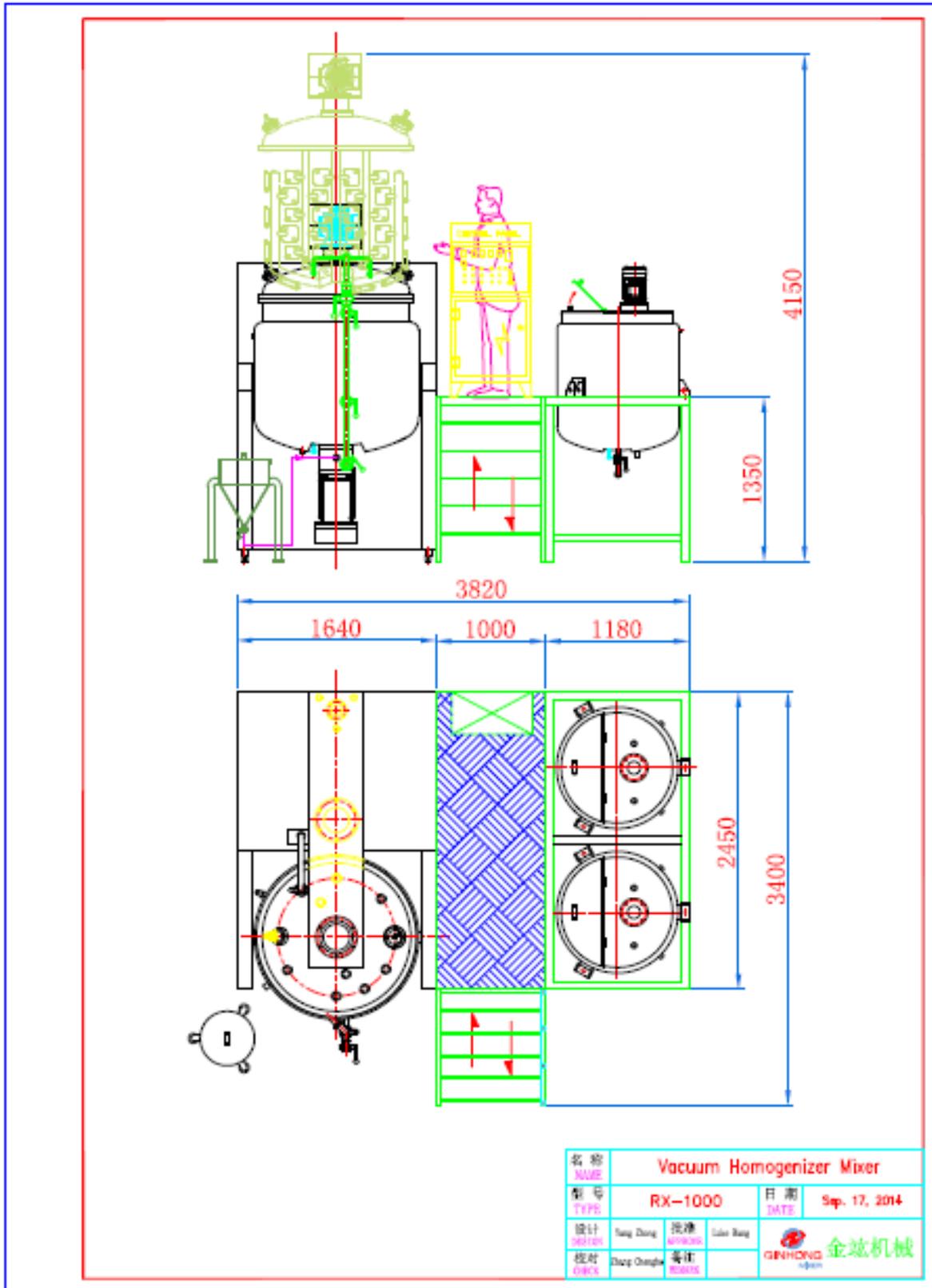
Always order spares by using the description given in the column headed 'Available spares' and state the size, type of trap and pressure range.

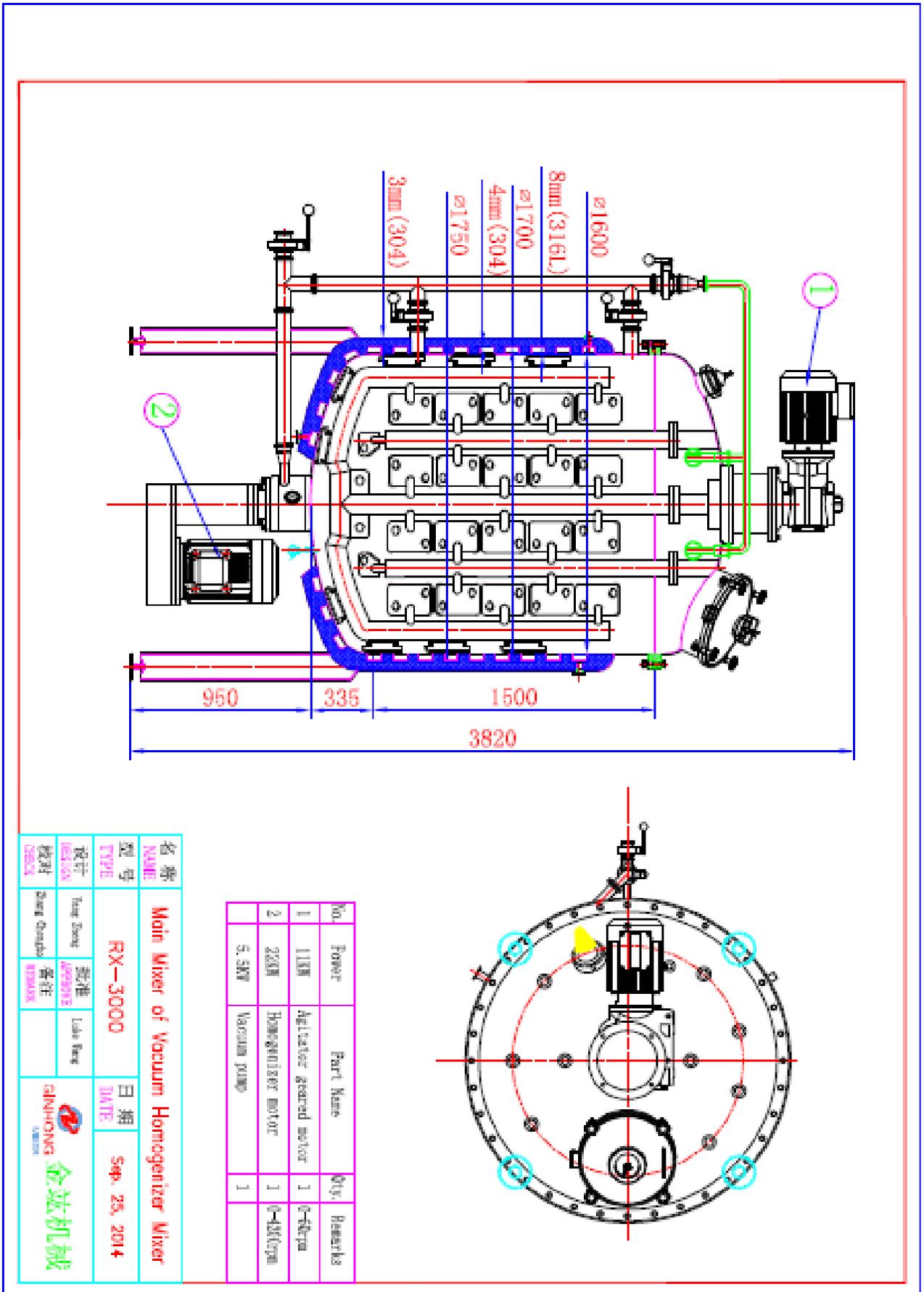
Example: 1 - Main valve assembly for a Spirax Sarco ½" FT14-10 ball float steam trap.

Recommended tightening torques

Item	or mm	N m
2	17 A/F M10 x 30	47 - 50
5	17 A/F	50 - 55
7	Pozidrive M4 x 6	2.5 - 3.0
17	17 A/F	50 - 55
19 and 21	19 A/F	50 - 55

Anexo N Planos de equipos a instalar otorgados por Ginhong





No.	Tower	Part Name	Qty.	Remarks
1	115W	Aplicator geared motor	1	0-18rpm
2	220W	Homogenizer motor	1	0-1200rpm
	5.5KW	Vacuum pump	1	

名称 NAME	Main Mixer of Vacuum Homogenizer Mixer		
型号 TYPE	RX-3000		
设计 DESIGN	王宗 Wang Zong	批准 APPROVE	日期 DATE
校对 CHECK	董成华 Dong Chenghua	备注 REMARK	2014 Sep. 25, 2014
		金达机械 JINDA MECHANICAL	