



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

**"ESTUDIO PARA EL REDISEÑO DE LA RED DE VAPOR
Y RETORNO DEL CONDENSADO PARA EL HOSPITAL
GENERAL SAN JUAN DE DIOS, GUATEMALA"**

Henry Marot Palacios Martínez

Asesorado por el Ing. Víctor Eduardo Izquierdo Palacios

Guatemala, julio de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**"ESTUDIO PARA EL REDISEÑO DE LA RED DE VAPOR
Y RETORNO DEL CONDENSADO PARA EL HOSPITAL
GENERAL SAN JUAN DE DIOS, GUATEMALA"**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

HENRY MAROT PALACIOS MARTÍNEZ

ASESORADO POR EL ING. VÍCTOR EDUARDO IZQUIERDO PALACIOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JULIO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

"ESTUDIO PARA EL REDISEÑO DE LA RED DE VAPOR Y RETORNO DEL CONDENSADO PARA EL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS, GUATEMALA",

tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, el 22 de septiembre de 2006.

HENRY MAROT PALACIOS MARTÍNEZ

ACTO QUE DEDICO A:

MIS PADRES

Henry Marot Palacios Gutiérrez
Aura Argentina Martínez

MIS HERMANOS

Carlos, Rudy, Leila y Claudia

MIS HIJOS

Shary, Henry y Allan

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE ABREVIATURAS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. INVESTIGACIÓN	1
1.1 Antecedentes de operación del Hospital General San Juan de Dios	1
1.2 Organigrama del departamento de mantenimiento	4
1.3 Realidad actual de funcionamiento	5
1.4 Sistema de distribución de vapor	8
1.4.1 Vapor centralizado	8
1.4.1.1 Intercambio directo	8
1.4.2 Vapor Generado por Resistencia Eléctrica	10
1.5 Definición de Mantenimiento	11
1.5.1 Tipos de Mantenimiento	11
2. GENERACIÓN DE VAPOR	15
2.1 Equipo de Generación de Vapor	15
2.1.1 Caldera	15
2.1.2 Bomba de agua	15
2.1.3 Tanque para retorno de condensado	16
2.1.4 Manómetros	17
2.1.5 Termómetros	18

2.1.6	Trampas de vapor	18
2.1.7	Válvulas	19
2.1.8	Tubería	24
2.1.9	Aislamiento térmico	31
2.2	Equipos que funcionan con vapor	34
2.2.1	Tanques para agua caliente	34
2.2.2	Esterilizador	34
2.2.3	Marmita	34
2.2.4	Planchadora	35
2.2.5	Secadora	35
2.2.6	Lavadora	35
2.3	Diagnóstico de equipo	36
2.3.1	Equipo de generación de vapor	36
2.3.2	Accesorios y equipos auxiliares	37
2.3.3	Equipos que operan con vapor	38
2.4	Integración de costos	40
2.4.1	Costo de operación	40
2.4.2	Costo de mantenimiento	49
2.4.3	Costo beneficio	50
3.	REDISEÑO	51
3.1	Rediseño de la red para distribución de vapor	51
3.2	Implementación del plan de mantenimiento preventivo	55
3.2.1	Lavandería	55
3.2.2	Cocina	56
3.2.3	Central de equipos	57
3.2.4	Tanque de agua caliente	57
3.3	Plan de mantenimiento preventivo	58
3.3.1	Generadores de vapor	58

3.3.2 Sistema de distribución	60
3.3.3 Accesorios	60
4. FASE DOCENCIA	61
4.1 Inducción	61
4.2 Normativa	63
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	69
APÉNDICE	71

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Organigrama	4
2. Diseño telescópico decreciente	6
3. Manómetro de Bourdón	17
4. Trampa de cubeta invertida	18
5. Trampa termodinámica de disco	19
6. Válvula de cheque	21
7. Electro válvula	23
8. Codos a 90°	25
9. Reducidor	25
10. Te Roscada	26
11. Filtros para tubería de vapor	27
12. Uniones soldadas	28
13. Uniones roscadas	28
14. Niples y Uniones	29
15. Junta de expansión	31
16. Plano de rediseño en túnel	51
17. Rediseño para tubería de Ø6" en cuarto de calderas	52
18. Diseño original para la red de vapor y retorno de condensado	53
19. Rediseño para la red de vapor y retorno de condensado	54
20. Escape de vapor desde el tanque de condensado	71
21. Tubería al final de línea en maternidad	71
22. Tubería y aislamiento en mal estado en interior del túnel	72
23. Tubería de Ø1" con escape de condensado desde maternidad	72

TABLAS

I.	Ventajas y desventajas del calentador de inyección de vapor	9
II.	Ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo	14
III.	Características de la caldera número dos	15
IV.	Características de la bomba de agua	16
V.	Características del tanque de retorno de condensado	16
VI.	Características de los manómetros	17
VII.	Características de la válvula de compuerta	20
VIII.	Características de la válvula de globo	20
IX.	Características de la válvula de bola	21
X.	Características de la válvula reductora de presión	22
XI.	Características de la electroválvula	22
XII.	Coeficientes de Holborn & Day	30
XIII.	Características del aislamiento térmico	31
XIV.	Características del calentador para agua	34
XV.	Características de la planchadora de rodillo	35

LISTA DE ABREVIATURAS

END	Ensayo No Destructivo
Gal.	Galón
Kcal.	Kilocaloría
L_{EQ}	Longitud equivalente
M_v	Masa de vapor
m.	Metros
m³.	Metros cúbicos
PSI	<i>Pounds Square Inch</i> (libras por pulgada cuadrada)
>	Mayor que
±	Más o menos
Q	Calor perdido en tubería por falta de aislamiento térmico

GLOSARIO

BTU	Es la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de una libra de agua en un grado Fahrenheit.
Cinética	Energía que adquiere una masa en función de su velocidad.
Conducción	Es el calor transferido a través de un sólido, debido a un gradiente de temperatura, sin desplazamiento apreciable de partículas.
Convección	Es el calor transferido por mezcla de una parte de fluido con otra. El movimiento de líquido o gas puede producirse por diferencia de densidades por temperatura o por el movimiento por medios mecánicos.
Corrosión	Es el desgaste lento de los sólidos, especialmente en los metálicos, por ataque químico.
Incrustación	Es un depósito de carbonato de cal formado en las paredes de los tubos para calderas.
Oxidación	Es la acción del oxígeno sobre el material de un cuerpo.
Radiación	Es la transmisión de calor en ondas desde un cuerpo a otro.
Temperatura	Es el indicativo del calor interno que posee un cuerpo.

RESUMEN

En el primer capítulo de este proyecto se tratan las generalidades de operación y funciones de la institución, también los conocimientos teóricos de algunos temas afines.

En el segundo capítulo se hace una breve descripción teórica de los equipos de generación de vapor; una evaluación de su estado actual en las instalaciones de la institución; posteriormente, se hace lo mismo con los equipos que funcionan con vapor, a los cuales se les hace un diagnóstico y se finaliza con un breve análisis de la integración de costos de operación con lo que existe actualmente. También se compara con lo que se ahorrará con la implementación de este rediseño.

En el tercer capítulo se compara lo que existe con el rediseño sugerido; paralelamente, se sugiere un plan de mantenimiento preventivo para los equipos mencionados.

En el cuarto y último capítulo se hace mención del objetivo y beneficio que caracteriza a la fase de docencia, haciendo recomendaciones para operadores de equipos en el buen uso y manejo de los mismos.

OBJETIVOS

GENERAL

Realizar un estudio para el rediseño de la red de tubería de vapor y retorno del condensado existente en las instalaciones de la institución.

ESPECÍFICOS

1. Describir las anomalías encontradas y sugerir las soluciones para las mismas.
2. Diagnosticar el estado de la red de tubería de vapor y retorno de condensado, haciendo su descripción y evaluación correspondientes.
3. Sugerir la utilización del presente informe como consulta para la instalación de la futura red de vapor y retorno del condensado en la institución.

INTRODUCCIÓN

En las instituciones de servicio público, como por ejemplo, los hospitales tienen una marcada dependencia de la generación de vapor centralizada, ya sea para la esterilización de instrumentos quirúrgicos (autoclaves), para la elaboración de alimentos (marmitas) o para la desinfección de la ropa generada por los pacientes en general (lavadoras y secadoras).

Estos procesos dependen directamente del suministro de vapor constante y de buena calidad, que el equipo diseñado para el efecto produzca. La caldera genera el vapor, pero necesita de algunos elementos para distribuirlo. Es aquí donde entra en escena la red de tubería de vapor y retorno del condensado, la cual se encarga de llevar la cantidad de vapor requerida por los diferentes equipos sin que existan fugas en el trayecto. Asimismo se encarga de conducir el condensado que se produce cuando el vapor va perdiendo presión y consecuentemente desciende su temperatura a lo largo del trayecto seguido.

Para que todo funcione correctamente en una instalación de generación de vapor, en primer lugar, debe estar funcionando eficientemente la caldera, en segundo lugar, deben estar en buenas condiciones la tubería de conducción de vapor (con sus respectivos accesorios) y la tubería de retorno de condensado. Por último los equipos deben estar aprovechando al máximo la energía calorífica del vapor.

1. INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes de operación del hospital general San Juan de Dios

1.1.1 Descripción

Es una institución dependiente del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, orientada al tratamiento de pacientes con escasos recursos económicos y como apoyo de la Facultad de Medicina de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Está constituido por los departamentos de medicina interna, cardiología, neurología, neumología, clínica de enfermedades infecciosas, endocrinología, dermatología, hemato-oncología, pediatría, anestesia, maternidad, neonatología, gineco-obstetricia, medicina nuclear, medicina física y rehabilitación, oftalmología, neurocirugía e ingeniería y mantenimiento. Los servicios más solicitados son consulta externa y emergencia.

1.1.2 Reseña histórica

Los hermanos de San Juan de Dios llegan a Guatemala en 1630 desde México, para administrar el hospital Real de la ciudad. Después se funda el hospital de San Lázaro, el cual queda a su cargo desde febrero de 1640, más tarde les fue entregado el Hospital de San Pedro (mayo de 1663), el cual estaba dedicado exclusivamente a tratar a eclesiásticos, seguidamente se les entregó el Hospital de Indias en noviembre de 1667 y a partir de esta fecha los hospitales de la ciudad quedan en manos de la orden de San Juan de Dios. Con la destrucción de la ciudad por los terremotos de Santa Marta en julio de 1773, se traslada el hospital al Valle de la Ermita en enero de 1776.

Pero ante el problema de tener una ciudad semidestruida y otra en proceso de construcción se ordenó cerrar el hospital en la antigua capital y se abre al público el hospital de San Juan de Dios el 24 de octubre de 1778, casi tres años después del traslado a la nueva ciudad. Posteriormente, se crea la Hermandad de la Caridad, formada por vecinos distinguidos de la ciudad quienes retiran el gobierno, cuidado y dirección del hospital a los hermanos de San Juan de Dios (abril de 1801), dejándoles únicamente la asistencia y el servicio, argumentando que las finanzas no habían sido manejadas adecuadamente y que no habían cumplido con la Orden Real de no establecer conventos en el hospital. Bajo esta dirección los hermanos de San Juan de Dios continúan su labor en el hospital, hasta entregárselo a las hermanas de la Caridad de San Vicente de Paúl en agosto de 1862 (quienes lo tuvieron hasta octubre de 1873), tras 86 años de atención al mismo en la Nueva Guatemala de la Asunción. Después de esto la orden hospitalaria desaparece del país.

El Hospital sufrió grandes daños ocasionados por el terremoto de 1917, cuando la ciudad ya era llamada Guatemala de la Asunción, a partir de aquí se instituyeron varias mejoras como el surgimiento de los departamentos de medicina, cirugía, gineco-obstetricia y pediatría, cada uno con sus respectivas secciones. También el reencuentro con la facultad de Ciencias Médicas para conceptualizarse desde allí como un Hospital Escuela, reorganizando la educación médica hospitalaria de pre-grado y se inició la de post-grado a partir del año de 1972 con la aplicación del concepto de Médico Residente, haciendo desaparecer el término de Médico de Guardia. En noviembre de 1978 se aprobó y firmó el anteproyecto para la construcción y equipamiento del nuevo hospital San Juan de Dios en el predio anterior (1ª Avenida entre 9ª Calle "A" y 12 Calle de la Zona uno de la ciudad capital), colocándose a continuación la primera piedra de lo que sería el nuevo hospital San Juan de Dios, puesto que el anterior quedó semidestruido por el terremoto de febrero de 1976.

A mediados de 1979 se inició la construcción del edificio de Servicios de Apoyo y la consulta Externa General del centro fue inaugurada en agosto de 1979. A partir de allí el hospital ha brindado servicios médicos a toda la población Guatemalteca en general, constituyéndose en uno de los pilares para la salud a nivel nacional y más allá de sus fronteras.

1.1.3 Naturaleza del departamento de mantenimiento

Fue creado con el fin de preservar la vida útil de equipos e instalaciones, tratando de garantizar que el servicio al paciente y usuarios en general sea constante, con rapidez y de la mejor calidad posible. Es de vital importancia, puesto que de él depende el buen funcionamiento de los equipos e instalaciones que existen en la institución.

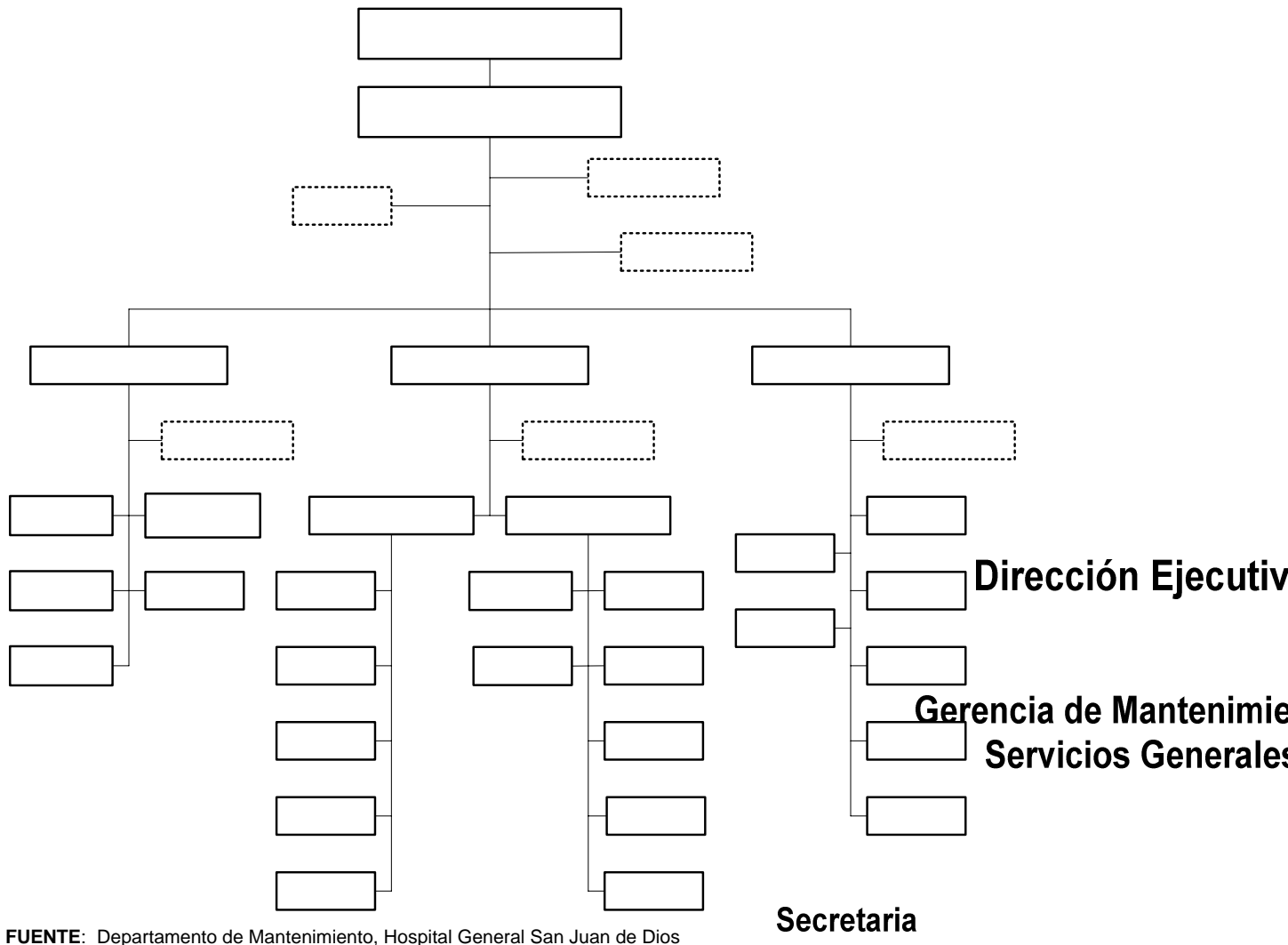
1.1.3.1 Misión y visión del departamento de mantenimiento

Su misión es brindar excelente servicio con la mejor calidad de mano de obra, para que los equipos e instalaciones funcionen eficientemente por mucho tiempo.

Su visión es ser el mejor al momento de servir al hospital y con esto ser un ejemplo para los departamentos de mantenimiento que existan en instituciones afines.

1.2 Organigrama de funcionamiento del departamento de mantenimiento

Figura 1. Organigrama



FUENTE: Departamento de Mantenimiento, Hospital General San Juan de Dios

1.3 Realidad actual de funcionamiento

1.3.1 Diagnóstico situacional

Las instalaciones y equipos del hospital tienen alrededor de 26 años de servicio, por tal razón las anomalías en la tubería de vapor -identificada con una franja amarilla- y retorno de condensado -identificada con una franja naranja y otra amarilla- son hasta cierto punto justificables, surgiendo la iniciativa de realizar un estudio para su rediseño.

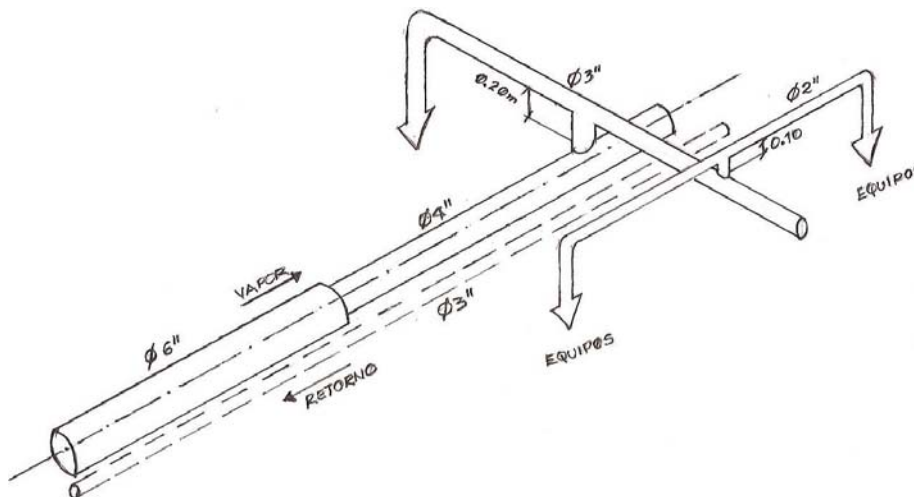
La demanda de servicios ha sido incrementada por la explosión demográfica experimentada en la ciudad capital. También porque es uno de los hospitales de servicio público que están para atender, no sólo las necesidades de la ciudad capital y sus municipios, sino que también a pacientes de todos los departamentos de la república.

1.3.2 Importancia del diseño en la red de vapor y retorno

Una red de distribución para vapor y retorno de condensado no debe tener muchas derivaciones, con el fin de aprovechar al máximo la longitud de su tubería. Lo más común es que todos los equipos, por ejemplo, en la lavandería, trabajen con una tubería sin seguir un orden establecido. Cuando no se hace así, se propician la pérdida de presión y la producción de mas condensado porque el vapor recorre una distancia mayor en la tubería, aunque se encuentre bien aislada térmicamente. Un buen diseño para la instalación puede apoyarse en los siguientes factores:

- La tubería principal debe ser la que alimente a los servicios que tengan mayor consumo y debe estar compuesta por una combinación de diámetros (diseño telescópico decreciente), tomando en cuenta los costos para cada uno, su longitud y la demanda a cubrir.
- La tubería para los equipos debe ser del diámetro menor siguiente hasta el final de la línea, utilizando el reductor adecuado para el caso y los equipos deben compartir sólo una conexión entre sí, evitando hacer cambios de dirección innecesarios. Deben soldarse en la parte superior de la principal, a 0.20 m. desde el centro de ella y desde allí perpendicularmente hacia los equipos, los cuales tomarán el vapor subiendo 0.10 m. a partir de su centro.

Figura 2. Diseño telescópico decreciente



FUENTE: Departamento de Mantenimiento, Hospital General San Juan de Dios

Para fines del proyecto y tomando en cuenta la importancia que tienen los equipos que usan vapor, haremos un recuento de los mismos, describiendo brevemente las áreas en donde se ubican.

1.3.3 Cuarto de calderas

Se cuenta con dos calderas, pero una de ellas se encuentra desarmada para efectuarle reparaciones, por lo tanto toda referencia será hecha a la número dos, que es la que está funcionando en este momento. Tiene capacidad para 250 BHP, a 100 PSI de presión de trabajo y alimentada con Diesel. Aquí se ubica también el tanque general para el retorno del condensado, el tanque diario para el Diesel y dos calentadores para agua.

1.3.4 Lavandería

Aquí se concentra el mayor consumo de vapor, puesto que se deben lavar, secar y planchar $\pm 115,000$ lbs. de ropa al mes. Este servicio cuenta actualmente con dos lavadoras de 450 lbs., tres lavadoras de 125 lbs. (nuevas), dos Secadoras de 450 lbs., tres secadoras de 125 lbs., una Planchadora de Rodillos, tres planchadoras de forma y una máquina denominada "Tren de Secado", la cual reúne en una sola las funciones de secado y planchado pero no está funcionando por falta de repuestos, ya que es de modelo muy antiguo.

1.3.5 Cocina

Aquí se encuentran diez marmitas, las cuales acaban de ser reubicadas y puestas en funcionamiento, después de reacondicionar el área en donde están colocadas.

1.3.6 Esterilización

Se divide en cuatro autoclaves para maternidad y cuatro autoclaves para el área verde que están en buenas condiciones y prestan un servicio eficiente.

1.3.7 Pozo de agua

Se cuenta con un pozo propio, de donde se extrae el agua que va a usarse en los servicios, almacenándola en un sistema de cisternas diseñado para el efecto, enviándola desde allí a donde es requerida.

1.4 Sistema de distribución de vapor

La conducción y distribución del vapor y condensado se hace con tubos de Acero al Carbono (Hierro Negro), cédula 40, sin costura, en sus diferentes diámetros ($\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ ", 1", $1\frac{1}{2}$ ", 2", 3", 4" y 6") y con sus respectivos accesorios.

1.4.1 Vapor centralizado

Es el que genera una caldera distribuyéndolo, por un sistema de tuberías, a los diferentes equipos que están conectados directamente a ella.

1.4.1.1 Intercambio directo

1.4.1.1.1 Calentador de inyección de vapor

En ocasiones se calienta el agua directamente con vapor, como en los calentadores de contacto directo, los cuales tienen las siguientes características:

Diseño del calentador

Puede ser vertical u horizontal y consta de una carcasa de acero, control para nivel de agua, purgador para agua de condensación, grifos de evacuación, purgadores de vapor o aire y un sistema de bandejas escalonadas.

Funcionamiento

El agua fría entra por la parte superior de la cubierta cayendo por gravedad sobre las bandejas traslapadas, interrumpiendo la corriente. El vapor que ingresa cerca del centro de la cubierta se mezcla con el agua, llegando instantáneamente al punto de condensación y así le transmite su calor. El agua caliente y la mezcla condensada se recolectan en la parte inferior de la cubierta y luego se envían hacia la caldera por medio de una bomba de alimentación. Tiene un control de flotación, el cual acciona la válvula de entrada de agua, que mantiene un nivel constante en el tanque. Una descarga en la parte superior elimina el exceso de vapor y gases no condensables (esto lo hace ruidoso). Su capacidad puede ser de hasta 500 Galones/minuto, calentando el agua a más de 122°F (50°C), consumiendo 18,000 lb/h ($\pm 8,200$ Kg/h) de vapor.

Tabla I. Ventajas y desventajas del calentador de inyección de vapor

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">. Conversión completa del vapor en agua.. Los gases corrosivos no condensables son removidos del agua de alimentación.. El agua adquiere la temperatura del vapor.. El valor del equipo es relativamente bajo.	<ul style="list-style-type: none">. Causa o provoca ruido excesivo.. Existe la posibilidad de que el vapor se descargue por la salida del agua caliente.. No puede separarse el condensado

1.4.2 Vapor generado por resistencia eléctrica

El vapor se genera por medio de resistencias eléctricas que se encuentran rodeadas por el agua a la que se le va a elevar la temperatura. Consta de:

Cuerpo principal

Es un recipiente cerrado que almacena el agua que se va a calentar y el vapor que se produce en el proceso. Soporta presiones desde 15 a 40 lbs/pulg² (1.05 a 2.8 Kg/cm²). Cuenta con entrada para el agua, salida para vapor, drenaje, indicador del nivel para el agua y el panel en donde van las resistencias.

Elementos para calefacción

Son resistencias que trabajan por inmersión con una alta capacidad para producir calor. Están diseñadas con un bulbo de contacto directo, que detecta el exceso de calor que se produce cuando falta el agua e interrumpe el paso de corriente a las resistencias o con un microinterruptor y detector de nivel, que funciona cuando el nivel de agua está por debajo de lo normal, generando una señal que corta el paso de corriente hacia las resistencias. Su eficiencia decrece con la acumulación de incrustaciones en la superficie, al formar un aislamiento térmico dañino. Por tal razón, el tiempo requerido para levantar la presión del vapor se alarga, aumentando el consumo de corriente eléctrica.

Regulador de presión

Conecta y desconecta la corriente en las resistencias cuando la presión del equipo disminuye o aumenta respecto a valores prefijados.

Interruptor protector y conmutador

Sirve para poner a funcionar el generador al iniciar el trabajo, también para mantener la presión, ya que conecta y desconecta las resistencias.

1.5 Definición de mantenimiento

Es un conjunto de actividades (rutinas) que deben realizarse en equipos e instalaciones con el fin de prevenir y corregir fallas, tratando de optimizar la vida útil para la cual fueron diseñados. El objetivo principal del mantenimiento es conservar y preservar el servicio en equipos e instalaciones, reduciendo la adquisición de repuestos para corregir fallas y minimizando costos sobre materiales usados. También garantiza la seguridad industrial porque cada institución en particular desarrollará sus propias técnicas de aplicación, siguiendo un régimen de fechas y frecuencias prefijado para las rutinas de mantenimiento diseñadas para cada uno de los equipos e instalaciones con que cuentan.

1.5.1 Tipos de mantenimiento

1.5.1.1 Mantenimiento preventivo

Es la conservación planificada y programada de equipos e instalaciones con el fin de prevenir condiciones desfavorables. Su función es conocer el estado de los equipos e instalaciones para programar su mantenimiento en el momento mas oportuno y de menor impacto para la producción.

Clasificación del mantenimiento preventivo

Rutinario: Recurre a una serie de instrucciones precisas para atender en forma frecuente a los equipos.

Programado Periódico: Utiliza instrucciones del fabricante para realizar la revisión y sustitución de los elementos mas importantes en los equipos.

Analítico: Estudia las anomalías y su resultado indica cuando debe ser aplicado el mantenimiento para prevenirlas.

Características del mantenimiento preventivo

- Detecta averías en su fase inicial y programa su corrección adecuadamente.
- Establece programas continuos que deberán ser aplicados por personas debidamente capacitadas para el mantenimiento de los equipos.
- Planifica la revisión de los equipos a corto, mediano o largo plazo.

Ventajas del mantenimiento preventivo.

- . Confiabilidad, porque se conoce el estado y condición de los equipos.
- . Optimización de la vida útil para los equipos e instalaciones
- . Disminución de existencia de repuestos en el almacén, ya que se determina en forma mas precisa el material de mayor o menor consumo.
- . Disminución del tiempo muerto en equipos e instalaciones.
- . Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento.
- . El costo de reparación para los equipos es reducido.

Objetivos del mantenimiento preventivo

- Optimizar el tiempo y costo totales en la aplicación del mantenimiento.
- Mejorar las condiciones del personal respecto a la seguridad en la instalación y la conservación del entorno.
- Reducir las averías en los equipos e instalaciones y ofrecer un mayor grado de eficiencia en el funcionamiento de los mismos.
- Identificar al equipo que ocasiona gastos de mantenimiento exagerados.

1.5.1.2 Mantenimiento correctivo

Consiste en la corrección de fallas a medida que se presentan o cuando interrumpen el funcionamiento de equipos e instalaciones. Se clasifica en:

No Planificado: Se lleva a cabo cuando se presentan las fallas y se corrigen de inmediato. Con esta modalidad no se aprecia la causa de las fallas, puesto que no se sabe si fue por mala operación, por descuido o desgaste natural.

Planificado: Se realiza cuando dispone con anticipación del personal y repuestos para efectuar las reparaciones. Sus ventajas son:

- . Formula soluciones para alcanzar metas y objetivos específicos para prevenir fallas graves.
- . Se adquiere la capacidad para identificar y supervisar problemas de funcionamiento específicos, desarrollando una perspectiva sólida para consultas.

1.5.1.3 Mantenimiento predictivo

Consiste en aplicar ensayos no destructivos (END) en partes de equipos que sean costosas o a las cuales no se les puede permitir fallar en forma imprevista porque arriesgan la integridad de los operarios. Su función es detectar la falla antes de que suceda, dando tiempo para corregirla sin afectar al servicio ni detener la producción. El conocimiento de operación de los equipos, a través de la medición de ciertos parámetros (temperatura, vibración, ruido, etc.) permite planificar la corrección antes que el fallo llegue a producirse.

Tabla II. Ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">. Reduce los tiempos de parada.. Permite el seguimiento en evolución de una anomalía. Optimiza la labor del personal de mantenimiento.. Permite elaborar un archivo histórico del comportamiento del equipo en base a la verificación de su estado, tanto en forma periódica, como accidental.. Permite el conocimiento del historial de actuaciones, utilizándolo en la aplicación del mantenimiento correctivo.. Facilita el análisis de averías, permitiendo el análisis estadístico del sistema.. Optimiza la toma de decisiones al experimentar un momento crítico que propicie un paro de labores.	<ul style="list-style-type: none">. Requiere de inversión inicial importante, puesto que los equipos analizadores tienen un costo elevado.. El personal para la aplicación de pruebas e interpretación de datos de salida debe tener un conocimiento técnico para las mismas.

FUENTE: Material de Apoyo, Curso Montaje y Mantenimiento de Equipo.

2. GENERACIÓN DE VAPOR

2.1 Equipo para generación de vapor

2.1.1 Caldera

La energía entra a la caldera como combustible, aire y agua; y sale como vapor y pérdidas (purgas, condensado que no retorna, evaporación, etc.). Posee un compartimiento donde se produce la combustión (lado de fuego) y otro en donde el agua se convierte en vapor (lado de agua). Utiliza un panel electrónico, un quemador, motor soplador y controles de presión y agua.

Tabla III. Características de la caldera número dos

Marca	Kewanee, alimentada con Diesel
Potencia	250 BHP
Presión de trabajo	100 PSI (Máx. 150 PSI)
Características particulares	Pirotubular, horizontal, estacionaria, 3 pasos
Modelo	H35-250-0, Serie R-1087
Superficie de calentamiento	1,250 pies ²
Voltaje	440V (3 fases), 60 Htz.

FUENTE: Cuarto de Calderas, Hospital General San Juan de Dios

2.1.2 Bomba de agua

Reciben el agua por una tubería de Ø1½" y la descargan por una de Ø1¼", funcionan en conexión con el controlador para el nivel de agua de la caldera.

Tabla IV. Características de la bomba de agua

Motor Marca	Baldor
Serie	F1094, Categoría M2333T
Potencia	15 HP
Voltaje	230/460V
Bomba Marca	Turbit G6T, Serie 890648
Diámetro Entrada	Ø1½"
Diámetro Salida	Ø1¼"
Velocidad	1750 rpm

FUENTE: Cuarto de Calderas, Hospital General San Juan de Dios

2.1.3 Tanque para retorno de condensado

Es un cilindro presurizado que recolecta el condensado de la red de distribución y retorno. También alimenta a las bombas que harán ingresar esta agua (caliente) ya mezclada con el agua de reposición (fría) hacia la caldera, por medio de las señales que le envíen los respectivos controles.

Tabla V. Características del tanque de retorno de condensado

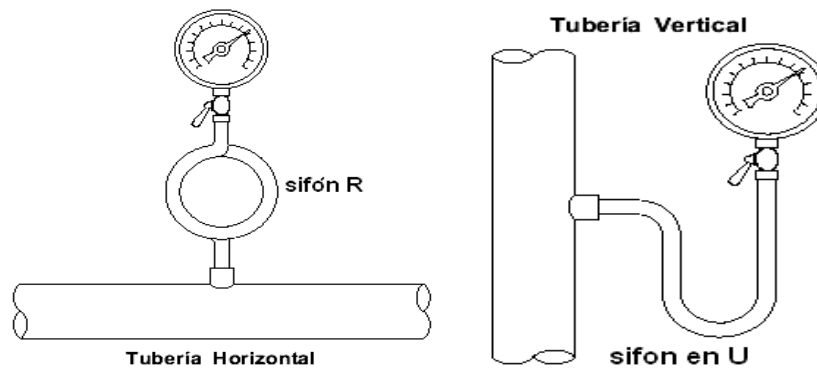
Marca	NAT LBD
Serie	304-79-1
Capacidad	666 gal.
Control para Nivel de Agua	M ^C Donell & Miller
Presión Maxima	50 PSI, 180°F

FUENTE: Cuarto de Calderas, Hospital General San Juan de Dios, Guatemala.

2.1.4 Manómetros

El manómetro de Bourdón es el más utilizado por su gran adaptabilidad a los diferentes rangos de presión y fluctuaciones repentinas en la misma, lo que puede hacer que los otros fallen. Señala la diferencia entre la presión de la caldera y la atmosférica en libras por pulgada cuadrada (PSI).

Figura 3. Manómetro de Bourdón



FUENTE: Material de Apoyo, Curso Instrumentación Mecánica.

En nuestro caso sólo hay dos visibles, localizados en la tubería que lleva el vapor al módulo de maternidad, pero están sin agujas y no ofrecen ninguna lectura. Los demás se encuentran en las válvulas reductoras de presión para el área verde, para el módulo para maternidad y para las marmitas.

Tabla VI. Características de los manómetros

Carátula	3"
Vástago adaptador	Ø1/4"
Escala de Graduación	0-60, 0-70, 0-100, 0-160 y 0-200 PSI.

FUENTE: Cuarto de Calderas, Hospital General San Juan de Dios, Guatemala.

2.1.5 Termómetros

Se encuentran en el tanque de condensado, en el de diesel, en la chimenea y funcionan correctamente, pero podrían usarse modelos más recientes. Su escala es en grados centígrados (°C) o Fahrenheit (°F).

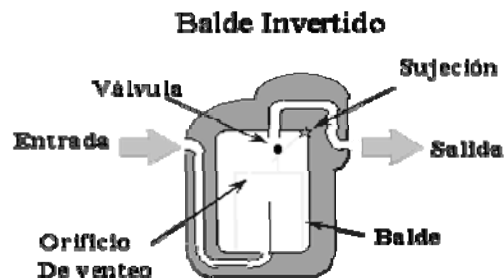
2.1.6 Trampas de vapor

Dispositivos que permiten eliminar condensado, aire y otros gases no condensables, previniendo pérdidas de vapor. En el hospital hay de dos tipos:

2.1.6.1 Trampas mecánicas de cubeta invertida

Son populares por su bajo costo, utilizan la diferencia de densidades entre el vapor y el agua como principio de operación. Constan de cubeta invertida, orificio de venteo, válvula, asiento y concha. Las que están instaladas son marca Spirax, diseñadas para presiones de 125 a 150 PSI, con diámetros de entrada y salida de 1/2" a 3/4". Se instalan antes de las válvulas de control, de las juntas de expansión, al final de las tuberías de vapor, en distancias horizontales de 40 m., en la parte baja de las tuberías que se elevan y una por cada equipo.

Figura 4. Trampa de cubeta invertida

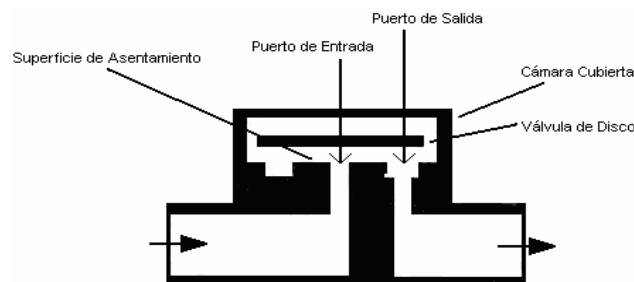


FUENTE: Material de Apoyo, Curso Plantas de Vapor.

2.1.6.2 Trampa termodinámica de disco

Funciona con base a principios termodinámicos (calor del condensado) y de dinámica de fluidos (velocidad del vapor), son detectores de fase, ya que pueden diferenciar entre líquido y gas, pero no entre vapor, aire y gases no condensables. Se usa por su pequeño tamaño, amplio intervalo de presiones, una pieza móvil y su resistencia al golpe de ariete y a la corrosión. Consta de entrada, salida, válvula de disco, cámara y superficie de asentamiento.

Figura 5. Trampa termodinámica de disco



FUENTE: Material de Apoyo, Curso Plantas de Vapor.

2.1.7 Válvulas

Una válvula es un elemento que gradúa o detiene el paso de un fluido por el interior de una tubería. Pueden ser:

2.1.7.1 De compuerta

Son usadas para detener un flujo completamente. Funcionan totalmente abiertas o totalmente cerradas. Se accionan por medio de un tornillo helicoidal que le proporciona avance en múltiples vueltas de la mariposa.

Tabla VII. Características de la válvula de compuerta

Marca	Nibco ó Klinger
Material	Acero o Bronce
Diámetro de entrada y salida	½", ¾", 1", 1¼", 1½", 2", 3", 4", 6"
Presión máxima	125–150 PSI

FUENTE: Cuarto de Calderas, Hospital General San Juan de Dios, Guatemala.

2.1.7.2 De globo

Se usan para regular el flujo bajando la presión del mismo. Se acciona con un tornillo helicoidal que avanza con varias vueltas de la mariposa.

Tabla VIII. Características de la válvula de globo

Marca	Toyo Red-White, Nibco ó Klinger
Material	Acero o Bronce
Calibre o diámetro de entrada y salida	½", ¾", 1", 1¼", 1½", 2", 3", 4", 6"
Presión Máxima	125–150 PSI

FUENTE: Cuarto de Calderas, Hospital General San Juan de Dios, Guatemala.

2.1.7.3 De bola

Son utilizadas para regular el flujo, así como para detenerlo totalmente.

Tabla IX. Características de la válvula de bola

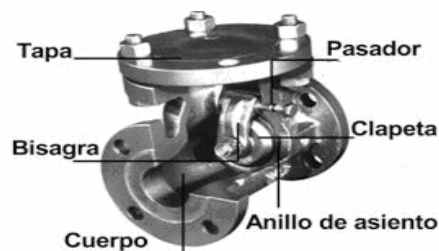
Marca	Nibco ó Klinger
Material	Acero o Bronce
Calibre o diámetro de entrada y salida	½", ¾", 1", 1¼", 1½", 2", 3", 4", 6"
Presión Máxima	125–150 PSI

FUENTE: Cuarto de Calderas, Hospital General San Juan de Dios, Guatemala.

2.1.7.4 De retención (cheque)

Son utilizadas para dejar pasar el flujo en una dirección, el cual mantiene abierta la válvula. Cuando el flujo tiende a ir en dirección contraria, ella se cierra impidiéndole el paso. La más común es la de Campana.

Figura 6. Válvula de cheque



FUENTE: Material de Apoyo, Curso Plantas de Vapor.

2.1.7.5 Válvula reductora de presión

Algunos equipos no necesitan la presión total del vapor generada por la caldera para su funcionamiento correcto (marmitas y autoclaves), entonces se les instala esta válvula para regular su presión.

Tabla X. Características de la válvula reductora de presión

Marca	Cash Acme
Material	Acero o Bronce
Calibre o diámetro de entrada y salida	½", ¾", 1", 1¼", 1½"
Rangos de Presión	100–40 y 100–20 PSI

FUENTE: Cuarto de Calderas, Hospital General San Juan de Dios, Guatemala.

2.1.7.6 Electro válvula (solenoid)

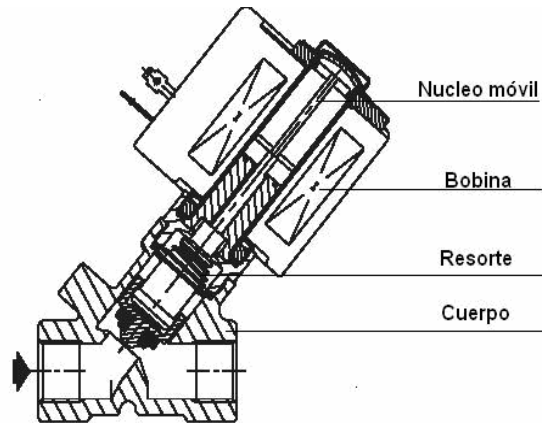
Son llaves de paso (con una parte mecánica y una parte eléctrica) que permiten controlar su acción de "abrir" y "cerrar" por medio de señales eléctricas. Los parámetros eléctricos y mecánicos que se deben considerar son voltaje, frecuencia, presión de trabajo, diámetro de la conexión y el tipo de fluido.

Tabla XI. Características de la electro válvula

Marca	Asco
Material	Acero o Bronce
Rango de Temperaturas	-68°F a 194°F
Calibre o diámetro de entrada y salida	½", ¾".
Voltaje	220V

FUENTE: Cuarto de Calderas, Hospital General San Juan de Dios, Guatemala.

Figura 7. Electroválvula



FUENTE: Material de apoyo, Curso Instalaciones Mecánicas.

2.1.7.7 De seguridad

Impiden que se acumulen presiones peligrosas en la caldera, abriéndose para dejar escapar el vapor y reduciendo automáticamente la presión interna. Toda caldera está equipada con al menos dos de ellas, la segunda válvula se fija a una presión más alta que la primera (3%) y solo entra en acción cuando ésta, calibrada al 10% más que la presión de trabajo, no libera la presión acumulada a una velocidad tal que evite una elevación de ella.

Estas válvulas se presentan como "Unidades Selladas que nunca deben ser reparadas ni ajustadas" y para garantizar esta condición los fabricantes acostumbran colocarles un sello de plomo, el cual una vez roto constituye un indicativo de que la válvula fue reparada. Consta de un resorte, una palanca de acción manual, un asiento, disco y mecanismos de graduación.

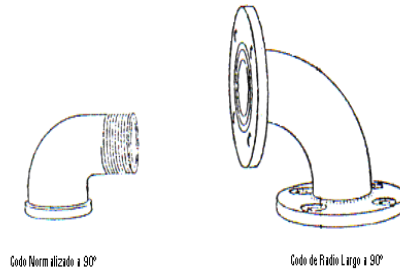
2.1.8 Tubería

Es la encargada de distribuir el vapor y retornar el condensado. Su adecuada disposición reduce al mínimo la resistencia por fricción y mantiene su presión. La ASTM agrupa los tubos en "Corrientes" (para fluidos) y "Especiales" (para intercambiadores de calor, calderas, maquinaria industrial y aviación). Los más usados son los fabricados de Hierro Negro (Acero al Carbono, 0.55%) de acuerdo a las especificaciones ASTM A106 (Cédula 80) y A53 (Cédula 40). Los materiales son los mismos para ambos pero los ensayos para el A106 son más rigurosos. Las presiones de trabajo permisibles para el A53 son de 270 lb/pulg² y para el A106 son de 1,130 lb/pulg². Se fabrican en Grados "A" y "B". El grado "B" tiene resistencia mecánica más alta, pero es menos dúctil y por ello solo se admite el grado "A" para doblado en frío.

2.1.8.1 Codos

Son acoplamientos rígidos que cambian la dirección del flujo a 90°. Son usados cuando el espacio es limitado o cuando el diseño así lo requiere. Pueden ser codos iguales cuando poseen las mismas dimensiones en sus extremos y codos desiguales cuando hay variación de diámetros en sus extremos. Se especifica como codo normalizado a 90° (radio medio), que es el Standard en las tuberías de conducción de fluidos y codo de gran radio a 90°. Estos últimos son recomendables porque, independientemente de su alto costo y la dificultad para conseguirlos, "suavizan" las curvas entre dos tuberías cuando hay cambios de dirección, reduciendo la fricción a lo largo de la misma.

Figura 8. Codos a 90°

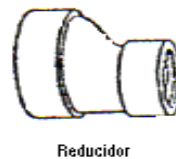


FUENTE: Material de Apoyo, Curso Instalaciones Mecánicas.

2.1.8.2 Reducidores

Elementos que acoplan tubos de diferente diámetro en dirección del flujo.

Figura 9. Reducidor

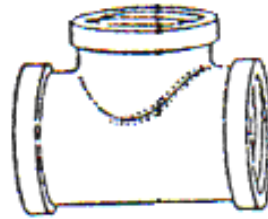


FUENTE: Material de Apoyo, Curso Instalaciones Mecánicas.

2.1.8.3 Tes

Son elementos que acoplan tres tuberías cuyo diámetro puede ser igual o desigual, según las características de la instalación. Desvían el flujo para dos tubos a 90° desde la línea principal o propician una derivación a 90° desde ella.

Figura 10. Te roscada



Te Roscada

FUENTE: Material de Apoyo, Curso Instalaciones Mecánicas

2.1.8.4 Ye o derivación en ángulo

Elemento que sirve para acoplar tres tubos de diámetro igual o desigual según las características de la instalación. Su uso depende del diseño o del aprovechamiento del espacio en donde será colocada. Desvía el flujo a 30°.

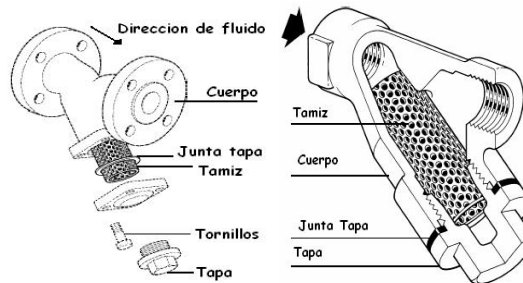
2.1.8.5 Cruces

Elementos que acoplan cuatro tubos en un mismo plano. Son utilizadas para hacer derivaciones a 90° en dos de sus líneas y una extensión de ella en la restante. Las cruces pueden ser iguales si poseen una misma dimensión en sus extremos o desiguales, si hay variación en uno o dos de sus extremos.

2.1.8.6 Filtros

El vapor debe ser filtrado antes de ingresar a los equipos, reteniendo las partículas de material sólido que vienen suspendidas en el vapor, evitando de esta forma su acumulación en los asientos de válvulas, trampas, etc.

Figura 11. Filtros para tubería de vapor



FUENTE: Material de Apoyo, Curso Plantas de Vapor.

2.1.8.7 Juntas o uniones

La instalación de las tuberías se hace en la obra. Las secciones se cortan a la medida y se empalman en el lugar por medio de juntas o uniones.

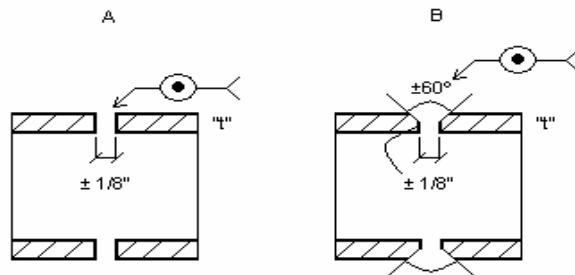
2.1.8.7.1 Uniones soldadas

La técnica de la soldadura ha reducido los costos en uniones de tuberías de acero, por su aplicación con ventaja en cualquier tamaño, por ejemplo:

- A Cuando el espesor de la pared del tubo ("t") es menor o igual a 3/8", se deja una separación entre partes a soldar de $\pm 1/8"$ y se metaliza con un electrodo calibre 3/16" que la AWS clasifica como E-6011 ó E-6013.

- B Cuando el espesor de la pared del tubo ("t") es $>$ que 3/8" se deja una separación entre partes a soldar de $\pm 1/8"$, luego se practica una incisión con el esmeril en ambos lados de la tubería formando un ángulo de $\pm 60^\circ$ entre las dos "punteándolas" con un electrodo E-6011, para después hacer la soldadura completa con un electrodo E-7018 de calibre 1/4".

Figura 12. Uniones soldadas

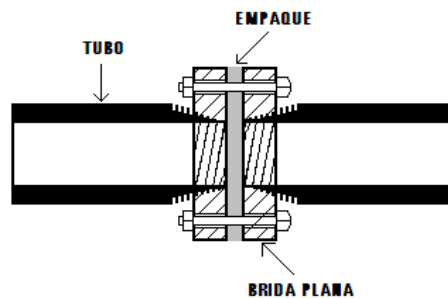


FUENTE: Departamento de Mantenimiento, Hospital General San Juan de Dios

2.1.8.7.2 Uniones roscadas

Son usadas en tuberías de diámetro pequeño (hasta $\text{Ø}4''$). La rosca en los tubos tiene cierta conicidad, lo que hace que al apretarlas queden selladas, sobre todo cuando se aplica un sellador como teflón o permatex. En estas se debe eliminar toda la rebaba interior que se forma al momento de hacer las roscas, aplicándole al tubo una pasada con el rimer o limatón. Utilizan para su conexión unas bridas planas que se roscan al tubo individualmente, colocándose un empaque entre ellas.

Figura 13. Uniones roscadas

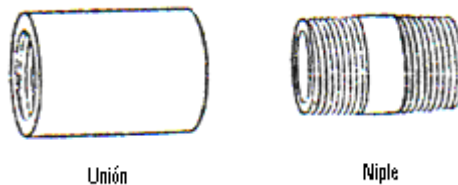


FUENTE: Departamento de Mantenimiento, Hospital General San Juan de Dios.

2.1.8.8 Niples y uniones

Son accesorios que sirven como enlace entre tubos del mismo diámetro. La unión posee rosca hembra, mientras que el niple tiene rosca doble macho.

Figura 14. Niples y uniones



FUENTE: Material de Apoyo, Curso Instalaciones Mecánicas.

2.1.8.9 Tapones

Son elementos roscados que impiden el paso del fluido hacia una dirección no deseada. Pueden ser de rosca macho o hembra.

2.1.8.10 Juntas de expansión

La dilatación no debe pasarse por alto en tuberías para vapor y retorno, ya que lo común es dejar que ésta se acomode al momento de llegar a su presión y temperatura de trabajo. Esto es limitado por condiciones de construcción por lo cual se ancla en ciertos puntos, entonces la diferencia entre dilatación y compresión puede ser controlada. En lugares en donde no hay espacio para que se acomode se usan juntas de expansión, seleccionándolas en función de presión y temperatura de trabajo, espacio con que se cuenta y conociendo la diferencia entre su longitud inicial y final (a presión y temperatura de trabajo).

Y para encontrar esta dilatación se utiliza la ecuación de Holborn & Day:

$$L_F = L_O [1.0 + \underline{a} (T_T - T_A) + \underline{b} (T_T - T_A)^2]$$

En Donde:

L_F = Longitud final a temperatura de trabajo

L_O = Longitud inicial a temperatura ambiente

T_T = Temperatura de trabajo del vapor

T_A = Temperatura ambiente

\underline{a} y \underline{b} = Coeficientes para material del tubo (adimensionales)

$L_F - L_O$ = Capacidad de dilatación de la junta a utilizar

Tabla XII. Coeficientes de Holborn & Day

Metal del Tubo	Coeficiente \underline{a}	Coeficiente \underline{b}
Hierro Fundido	$9.8 \cdot 10^{-7}$	$6.0 \cdot 10^{-9}$
Acero	$1.12 \cdot 10^{-5}$	$5.0 \cdot 10^{-9}$
Hierro Forjado	$1.17 \cdot 10^{-7}$	$5.0 \cdot 10^{-9}$

FUENTE: Material de Apoyo, Curso Instalaciones Mecánicas.

Ejemplo: La tubería de Ø3" que sale del manifold, tiene 33 m. de longitud hasta cambiar de dirección a 90° para ingresar al servicio de Lavandería.

$L_O = 33$ mts

$$L_F = L_O [1.0 + \underline{a} (T_T - T_A) + \underline{b} (T_T - T_A)^2]$$

$T_T = 177^\circ\text{C}$

$$= 33 [1.0 + 1.12 \cdot 10^{-5} (177^\circ\text{C} - 24^\circ\text{C}) + 5.0 \cdot 10^{-9} (177^\circ\text{C} - 24^\circ\text{C})^2]$$

$T_A = 24^\circ\text{C}$

$$\underline{L_F} = 33.0604$$

$\underline{a} = 1.12 \cdot 10^{-5}$

Entonces: $L_F - L_O = 33.06 - 33$

$\underline{b} = 5.0 \cdot 10^{-9}$

$$L_F - L_O = 0.06 \text{ m } (\pm 2.36")$$

Entonces se usa una junta de expansión de 150 PSI y dilatación máxima de 3".

Figura 15. Junta de expansión



FUENTE: Material de Apoyo, Curso Instalaciones Mecánicas.

2.1.9 Aislamiento térmico

Se utiliza para evitar que el calor interno escape (desde la caldera y tuberías de vapor y retorno), por efecto de la radiación ó se transmita a otros equipos por conducción. El material más utilizado son las cañuelas de fibra de vidrio y un revestimiento de lámina de aluminio o galvanizada para las que están expuestas a la intemperie.

Tabla XIII. Características del aislamiento térmico

Material	Cañuela de Fibra de Vidrio
Longitud	0.91 m (3')
Espesor para tubería de vapor	0.0254 m. (1")
Espesor para tubería de condensado	0.0127 m (½")
Láminas de aluminio	Calibre 25, (0.20")
Longitud	0.91 m. (3')
Ancho de la lámina	Varía según el diámetro del tubo ya aislado

FUENTE: Departamento de Mantenimiento, Hospital General San Juan de Dios.

El aislamiento de la red de vapor y retorno del Hospital está en malas condiciones, salvo el que va desde el cuarto de bombas hasta el módulo de Maternidad porque está intacto y cubierto con una lámina de aluminio que lo protege de las inclemencias del tiempo. Para fines de nuestro proyecto y tomando en cuenta la diversidad de diámetros en las tuberías, averiguaremos la cantidad de calor perdido (Q) debido al mal aislamiento, de la siguiente manera:

1 Hacer un recuento del total de las tuberías (f = Factor de Fricción en tablas):

Longitud total Ø6" = 151.25 pies, $f_6 = 0.0145$

Longitud total Ø4" = 124.51 pies, $f_4 = 0.0165$

Longitud total Ø3" = 574.54 pies, $f_3 = 0.0175$

Longitud total Ø2" = 626.18 pies, $f_2 = 0.0195$

2 Convertirla en tubería equivalente (a Ø2" por ser mas práctico):

$$L_6 = f_6/f_2(\Ø_2/\Ø_6)^5*(L_6) = 0.0145/0.0195*(2/12 \div 6/12)^5*(151.25) = 0.46 \text{ pies}$$

$$L_4 = f_4/f_2(\Ø_2/\Ø_4)^5*(L_4) = 0.0165/0.0195*(2/12 \div 4/12)^5*(124.51) = 3.28 \text{ pies}$$

$$L_3 = f_3/f_2(\Ø_2/\Ø_3)^5*(L_3) = 0.0175/0.0195*(2/12 \div 3/12)^5*(574.54) = 67.88 \text{ pies}$$

$$L_2 = 626.18 \text{ pies}$$

$$L_{EQ} = 0.46 + 3.28 + 67.88 + 626.18 = 697.80 \text{ pies (para vapor)}$$

$$L_3 = f_3/f_2(\Ø_2/\Ø_3)^5*(L_3) = 0.0175/0.0195*(2/12 \div 3/12)^5*(775.56) = 91.66 \text{ pies}$$

$$L_2 = 200.03 \text{ pies}$$

$$L_{EQ} = 91.66 + 200.03 = 291.69 \text{ pies (para condensado)}$$

- 3 Tomar el 50% del total de las tuberías: Asumiendo que no tienen aislamiento térmico (por el mal estado en la totalidad de las mismas).

Para vapor = $697.80 \div 2 = 348.92$ pies

Para condensado = $291.69 \div 2 = 145.87$ pies

- 4 Aplicar fórmula para pérdida de calor en tubería sin aislamiento.

$$Q = \frac{(2) * (3.1416) * (k) * (L) * (T_{\text{VAPOR}} - T_{\text{SUPERFICIE TUBO}})}{\ln (\varnothing_{\text{EXTERNO TUBO}} / \varnothing_{\text{INTERNO TUBO}})}$$

Con $k = 26$ BTU/h.pie.°F (Coeficiente de conductividad térmica para el tubo).

$$Q = \frac{(2) * (3.1416) * (26) * (348.92) * (293^{\circ}\text{F} - 140^{\circ}\text{F})}{\ln (2.375/2.067)}$$

$Q = 62,787,169.36$ BTU/h, para vapor.

$$Q = \frac{(2) * (3.1416) * (26) * (145.87) * (185^{\circ}\text{F} - 104^{\circ}\text{F})}{\ln (2.375/2.067)}$$

$Q = 7,720,263.19$ BTU/h, para condensado.

Esta es una gran pérdida de calor, solo porque la tubería está mal aislada o porque NO tiene aislamiento en absoluto.

2.2 Equipos que funcionan con vapor

2.2.1 Tanques para agua caliente

Son dos cilindros de acero que se encuentran cubiertos con material aislante con una capacidad para 2,000 y 3,000 galones de agua respectivamente. El vapor que calienta el agua ingresa por una tubería de cobre en la parte inferior interna, a lo largo del mencionado tanque.

Tabla XIV. Características del calentador para agua

Marca	Age Buekuer Ing.
Modelo	PRG66-10A-2-372, Serie 55239
Presión	125 PSI, 350°F [177°C]

FUENTE: Departamento de Mantenimiento, Hospital General San Juan de Dios.

2.2.2 Esterilizador

Es un equipo que opera a presiones superiores a la atmosférica (40 PSI) con altas temperaturas, basándose en el principio de esterilización por calor húmedo y seco a 250°F (121°C). Se usa para destruir la vida microbiana de equipos y materiales re-usables de salas quirúrgicas ó laboratorios.

2.2.3 Marmita

Efectúa el cocimiento de alimentos sólidos y líquidos con el vapor que recibe. Utiliza válvula reguladora de presión, filtro, válvula de entrada, manómetro, válvula manual, válvula de seguridad, trampa para vapor y cheque. Las que están instaladas son marca Vulcan con capacidad para 150 litros c/u.

2.2.4 Planchadora de rodillo

Este equipo combina las funciones de secado y planchado en una sola.

Tabla XV. Características de la planchadora de rodillo

Marca	Kleindienst
Modelo	3-73, año 1980
Alimentación Eléctrica	208V, 60 Hz., 0.7 Kw., 10 Amp.
Presión	70 PSI

FUENTE: Departamento de Mantenimiento, Hospital General San Juan de Dios.

2.2.5 Secadoras

En estos equipos el vapor ingresa arriba de la cámara en donde se encuentra la ropa, comunicándole su calor, empezando de esa manera el ciclo, girando al final del ciclo (operación centrifugadora) para acelerar el secado.

2.2.6 Lavadoras

Utilizan el calor del vapor que reciben en su parte superior, al mezclarlo con el agua fría de alimentación y a la cual le comunica una temperatura por contacto directo de 350°F (175°C). Posteriormente el agua caliente ingresa a la cámara en donde se encuentra la ropa sucia y con adición de un detergente (que genera poca espuma) hace la limpieza de la ropa en un ciclo que dura 60 minutos cada vez. Las lavadoras no tienen retorno de condensado.

2.3 Diagnóstico de equipo

2.3.1 Equipo de generación de vapor

2.3.1.1 Caldera

La caldera número dos es la que está funcionando regularmente (diez horas al día, siete días a la semana), pero para armar la caldera número uno y habilitarla para cubrir cualquier emergencia se necesita lo siguiente:

- . Suministro e instalación de rodete para el motor soplador.
- . Instalación de la boquilla dosificadora para el diesel en el quemador.
- . Desincrustación de la tubería en el lado de agua.

Con esta acción se garantiza la provisión de vapor en el sistema y no se tiene que buscar la alternativa por otros medios.

2.3.1.2 Bomba para agua de alimentación

Existen tres bombas, una de las cuales alimenta a la caldera número dos. La otra no está funcionando, pero debe ser revisada, pues hay marcas de corrosión cerca de las partes móviles y la última, que es la de emergencia o auxiliar, se encuentra desarmada por estar en mal estado.

2.3.1.3 Tanque para retorno de condensado

Tiene capacidad para recolectar todo el condensado, pero se debe realizar una revisión y evaluación, puesto que en la parte delantera aparece una marca de corrosión que con el tiempo oxidará el metal.

2.3.2 Accesorios y equipos auxiliares

- . Válvula de retención (cheque)
- . Válvula de compuerta
- . Válvula de globo
- . Válvula de seguridad
- . Válvula reguladora de presión
- . Trampas de vapor
- . Manómetros
- . Termómetros
- . Presóstatos
- . Filtros
- . Bomba de alimentación de agua
- . Bomba de alimentación de diesel
- . Quemador y chimenea

Estos elementos se encuentran funcionando adecuadamente, a excepción del quemador que con cierta frecuencia ocasiona paros en la combustión, puesto que se llena de hollín. Esto sugiere que la relación aire-combustible no es la adecuada y debe ser revisada o recalibrada desde el programador.

2.3.3 Equipos que operan con vapor

2.3.3.1 Tanque para agua caliente

Calienta el agua que ingresa desde la estación de bombeo y la distribuye por un sistema de tuberías presurizadas a los servicios generales. Se deben corregir fugas en la tubería de vapor antes de la válvula de compuerta y evitar que el condensado desde el tanque se drene hacia el desagüe.

2.3.3.2 Lavadoras

Las dos lavadoras grandes están cumpliendo con su función, pero por ser de modelo antiguo presentan desajustes que originan fugas y deben ser revisadas, las tres pequeñas son nuevas y funcionan a toda capacidad.

2.3.3.3 Secadoras

Las dos secadoras horizontales y las tres verticales cumplen con las necesidades del servicio pero, como se acotó anteriormente, por ser de modelo antiguo presentan desajustes, los cuales ameritan revisión y reparación inmediatas.

2.3.3.4 Planchadora de rodillos

Funciona intermitentemente, ya que por ser la única y requerida constantemente su deterioro es justificado. Necesita ser reparada inmediatamente.

2.3.3.5 Marmitas

En el servicio de cocina se acaban de reacondicionar y rehabilitar las diez marmitas existentes, dejándolas en óptimas condiciones de servicio.

2.3.3.6 Esterilizadores

Los cuatro que están en el módulo de maternidad y los cuatro del área verde en servicios médicos, prestan el servicio para el cual fueron diseñados, pero necesitan un reacondicionamiento general.

2.4 Integración de costos

2.4.1 Costo de operación

La caldera número dos trabaja 12 horas de lunes a sábado y diez horas el domingo y tarda una hora para llegar a su presión de trabajo, debido en parte al escape de vapor que existe en la tubería ($\varnothing 3''$) que se encuentra en el túnel, ya que lo normal es de 40 a 50 minutos. Las horas de trabajo real para la caldera pueden promediarse en diez, debido a las frecuentes interrupciones, sin que esto sea indicativo de que esté defectuosa. El consumo de diesel es ± 280 galones/día y cinco libras de gas para el arranque, entonces:

2.4.1.1 Pérdida de vapor en tanque de condensado

Tomando como referencia el tubo ($\varnothing 1/2''$) por donde sale el vapor y para calcular el vapor/segundo que pasa por allí, se utiliza la ecuación de Grashof:

$$M_v = [0.0165] * [\text{Área del agujero}] * [P_{ABS}]^{0.97}$$

$$M_v = [0.0165] * [0.19634954] * [64.7 \text{ PSI}]^{0.97}$$

$$M_v = [0.1849656081 \text{ lb. m. vapor/seg}] * [3,600 \text{ seg/h}]$$

$$M_v = 665.88 \text{ lb. m. vapor/hora}$$

Para convertir esta masa de vapor en su equivalente calorífico en BTU/h:

$$Q = [M_v] * [\text{Entalpía fluido (hf) a 50 PSI}]$$

$$Q = [665.88 \text{ lb. m. vapor/hora}] * [250.24 \text{ BTU/lb. m. vapor}]$$

$$Q = 166,629.81 \text{ BTU/hora, que es la cantidad de calor equivalente por el vapor que se pierde por ese respiradero.}$$

Y para saber cuantos galones de Diesel se usan para generar ese calor:

$$\text{Gal.} = [Q \text{ BTU/h}] * [\text{Contenido calorífico de un galón de diesel}]$$

$$\text{Gal.} = [166,672.35 \text{ BTU/h}] * [1 \text{ Gal}/141,000 \text{ BTU}]$$

$$\text{Gal.} = 1.18 \text{ Gal. diesel/hora}$$

Este diesel/hora convertido a quetzales/hora, representa un gasto de:

$$\text{Gasto} = [\text{Gal. Diesel/h}] * [\text{Valor en quetzales por un galón}]$$

$$\text{Gasto} = [1.18 \text{ Gal. diesel/hora}] * [20.50 \text{ Q/Gal.}]$$

Gasto = Q.24.19 Q/hora, que se escapan a la atmósfera en forma de vapor de agua NO utilizado.

Entonces:

$$\text{Costo} = [\text{Q.24.19/hora}] * [10 \text{ h/día}] * [30 \text{ días/mes}] * [12 \text{ meses/año}]$$

Costo = 87,084 quetzales/año, que es lo que representa ese escape desde el respiradero del tanque de condensado.

2.4.1.2 Pérdida de vapor en el túnel

Tomando como referencia el agujero ($\emptyset 1/4$ ") por donde sale el vapor y para calcular el vapor/segundo que pasa por allí, se usa la ecuación de Grashof:

$$M_v = [0.0165] * [\text{Área del agujero}] * [P_{ABS}]^{0.97}$$

$$M_v = [0.0165] * [0.0491] * [114.7]^{0.97}$$

$$M_v = [0.080601282 \text{ lb. m. vapor/seg}] * [3,600 \text{ seg/h}]$$

$$M_v = 290.1 \text{ lb. m. vapor/hora.}$$

Para convertir esta masa de vapor en su equivalente calorífico en BTU/h:

$$Q = [M_v] * [\text{Entalpía gas (hg) a 100 PSI}]$$

$$Q = [290.2 \text{ lb. m. vapor/hora}] * [1,187.8 \text{ BTU/lb. m. vapor}]$$

$Q = 344,699.56 \text{ BTU/hora}$, que es la cantidad de calor equivalente que se pierde por esa fuga de vapor en el túnel.

Y para saber cuantos galones de Diesel se usan para generar ese calor:

$$\text{Gal.} = [Q \text{ BTU/h}] * [\text{Contenido calorífico de un galón de diesel}]$$

$$\text{Gal.} = [344,699.56 \text{ BTU/h}] * [1 \text{ Gal}/141,000 \text{ BTU}]$$

$$\text{Gal.} = 2.45 \text{ Gal. diesel/hora}$$

Este diesel/hora convertido a quetzales/hora, representa un gasto de:

$$\text{Gasto} = [\text{Gal. Diesel/h}] * [\text{Valor en quetzales por un galón}]$$

$$\text{Gasto} = [2.45 \text{ gal./h}] * [20.50 \text{ Q/gal.}]$$

$\text{Gasto} = \text{Q.}50.23/\text{hora}$, que se escapan a la atmósfera en forma de vapor de agua NO utilizado.

Entonces:

$$\text{Costo} = [\text{Q.}50.23/\text{hora}] * [10 \text{ h/día}] * [30 \text{ días/mes}] * [12 \text{ meses/año}]$$

$$\text{Costo} = \text{Q.}180,828.00/\text{año}, \text{ por esa fuga en el túnel.}$$

2.4.1.3 Pérdida de condensado (tubo Ø1") desde maternidad

Tomando como referencia los 17.85 galones/hora de condensado a 50 PSI y 194°F [$\pm 90^{\circ}\text{C}$] que salen por esa tubería. Ese volumen de agua es generado por la siguiente cantidad de vapor equivalente:

$$M_v = [\text{Volumen condensado}] * [\text{Equivalente en masa}]$$

$$M_v = [17.85 \text{ gal./hora}] * [8.33 \text{ lb/gal}]$$

$$M_v = 148.69 \text{ lb. m. vapor/hora}$$

Para convertir esta masa de vapor en su equivalente calorífico en BTU/h:

$$Q = [M_v] * [\text{Entalpía fluido (hf) a 50 PSI}]$$

$$Q = [148.69 \text{ lb. m. vapor/hora}] * [250.24 \text{ BTU/lb. m. vapor}]$$

$$Q = 37,208.19 \text{ BTU/hora, que es la cantidad de calor equivalente generado por ese vapor.}$$

Y para saber cuantos galones de Diesel se usan para generar ese calor:

$$\text{Gal.} = [Q \text{ BTU/h}] * [\text{Contenido calorífico de un galón de diesel}]$$

$$\text{Gal.} = [37,208.19 \text{ BTU/h}] * [1 \text{ Gal}/141,000 \text{ BTU}]$$

$$\text{Gal.} = 0.26 \text{ Gal. diesel/hora}$$

Este diesel/hora convertido a quetzales/hora, representa un gasto de:

$$\text{Gasto} = [\text{Gal. Diesel/h}] * [\text{Valor en quetzales por un galón}]$$

$$\text{Gasto} = [0.26 \text{ gal./h}] * [20.50 \text{ Q/gal.}]$$

$$\text{Gasto} = 5.33 \text{ Q/hora, que se van por el desagüe en forma de condensado no reutilizado.}$$

Entonces:

$$\text{Costo} = [\text{Q.5.33/hora}] * [3 \text{ h/día}] * [30 \text{ días/mes}] * [12 \text{ meses/año}]$$

$$\text{Costo} = \text{Q.5,756.40/año, por ese condensado no reutilizado.}$$

A esto hay que agregarle el valor de los químicos utilizados en el tratamiento interno, para la caldera y el equivalente por la pérdida de calor por el mal aislamiento en esa línea en particular.

2.4.1.4 Para rediseño en el túnel

La tubería de Ø3", que conduce el condensado desde el área verde hacia el tanque principal, lo deposita en un pre-tanque que se encuentra en el túnel. Para impulsar ese condensado existe una bomba de ½ HP con succión de Ø1½" y descarga de Ø1¼", con capacidad para 20 gal/min. a una altura de 47 pies [14.5 m) adaptada a la salida del pre-tanque.

Entonces para reinstalación por diseño original:

Descripción	Precio Unitario	Total
1 Bomba de ½" HP	Q.2,962.00	Q.2,962.00
2 Válvulas de Compuerta Ø1¼"	900.00	1,800.00
1 Válvula de Compuerta Ø3"	1,600.00	1,600.00
1 Reducidor de Ø3" a Ø1¼"	50.00	50.00
7 Codos de Ø3" (4 Vapor y 3 retorno)	90.00	630.00
14 Tubos de Ø3", H.N., Ced. 40	1,180.00	16,520.00
92 Cañuelas de fibra de Vidrio	73.00	6,716.00
T O T A L		Q.30,278.00
*Los precios son promedio y aproximados al entero siguiente		

Pero para rediseño sugerido:

Descripción	Precio Unitario	Total
10 tubos HN, ced. 40 de Ø3"	Q.1,180.00	Q.11,800.00
4 Codos de Ø3" (2 para vapor y 2 retorno)	90.00	360.00
66 cañuelas de fibra de vidrio	73.00	4,818.00
66 láminas de aluminio de 18" * 3'	46.00	3,036.00
1 tubo de HG de Ø2", para el soporte	407.00	407.00
T O T A L		Q.20,421.00

2.4.1.5 Para rediseño del tubo de vapor en cuarto de calderas

Desde el empalme con vapor al calentador número uno, existe una prolongación del tubo de Ø6" que ingresa al tanque de condensado. En la situación actual no es de utilidad y puede ser eliminado.

5.80 m. hasta ingreso al tanque de condensado		
Descripción	Precio Unitario	Total
1 tubo HN, ced. 40, Ø6"	Q.2,146. ⁰⁰	Q.2,146. ⁰⁰
2 codos HN, Ø6"	216. ⁰⁰	432. ⁰⁰
1 válvula de compuerta de Ø1½"	933. ⁰⁰	933. ⁰⁰
2 válvulas de globo de Ø1½"	1,033. ⁰⁰	2,066. ⁰⁰
T O T A L		Q.5,577.⁰⁰

Pero para rediseño sugerido:

Eliminación de tubo Ø6"		
Descripción	Precio Unitario	Total
1 codo HN, Ø6"	Q.216. ⁰⁰	Q.216. ⁰⁰
T O T A L		Q.216.⁰⁰

2.4.1.6 Para rediseño en la derivación hacia maternidad

Desde el empalme con la tubería Ø3" que conduce vapor hacia servicios médicos (no hay retorno). Y tomando en cuenta que por la tubería de Ø1" del retorno de condensado se pierden en el desagüe ±18 galones/hora de condensado.

57.55 m. hasta el cuarto de bombas:		
Descripción	Precio Unitario	Total
10 tubos HN, ced. 40, Ø1½"	Q.480. ⁰⁰	Q.4,800. ⁰⁰
11 codos HN, Ø 1½"	20. ⁰⁰	220. ⁰⁰
1 reductor de Ø2" a Ø1½"	55. ⁰⁰	55. ⁰⁰
1 niple de Ø2"	23. ⁰⁰	23. ⁰⁰
1 tee Ø2"	58. ⁰⁰	58. ⁰⁰
63 cañuelas de fibra de vidrio	50. ⁰⁰	3,150. ⁰⁰
Sub-total		Q.8,306.⁰⁰
77.99 m. hasta el módulo de maternidad		
13 tubos HN, ced. 40, Ø2"	529. ⁰⁰	6,877. ⁰⁰
12 codos a 90°, de Ø2"	31. ⁰⁰	372. ⁰⁰
1 trampa para vapor de cubeta, Ø¾"	904. ⁰⁰	904. ⁰⁰
2 válvulas de compuerta, Ø2"	1,500. ⁰⁰	3,000. ⁰⁰
86 cañuelas de fibra de vidrio	58. ⁰⁰	4,988. ⁰⁰
86 láminas de aluminio de 15 * 3'	38. ⁰⁰	3,268. ⁰⁰
Sub-total		Q.19,409.⁰⁰
TOTAL		Q.27,715.⁰⁰

Con el rediseño la instalación sería la siguiente: Desde el empalme con la tubería Ø3" que conduce vapor hacia Servicios Médicos (retorno implementado).

61.75 m. hasta módulo de maternidad		
Descripción	Precio Unitario	Total
11 tubos HN, ced. 40, de Ø1 ½"	Q.480. ⁰⁰	Q.5,280. ⁰⁰
8 codos a 90°, HN, Ø1½"	20. ⁰⁰	160. ⁰⁰
1 reductor de Ø1½" a Ø¾"	58. ⁰⁰	58. ⁰⁰
1 Válvula de compuerta de Ø1½"	933. ⁰⁰	933. ⁰⁰
73 Cañuelas de fibra de vidrio	50. ⁰⁰	3,650. ⁰⁰
Para retorno		
11 tubos HN, ced. 40, de Ø1"	293. ⁰⁰	3,223. ⁰⁰
8 Codos a 90°, HN, Ø1"	16. ⁰⁰	128. ⁰⁰
1 Válvula de retención (cheque), Ø1"	950. ⁰⁰	950. ⁰⁰
T O T A L		Q.14,382.⁰⁰

Al comparar las cantidades, se ve que el rediseño es más barato y funcional.

2.4.2 Costo de mantenimiento

2.4.2.1 Costo del mantenimiento preventivo

Para mantener la red de vapor y retorno en buenas condiciones, a partir del rediseño, se requiere de la participación del operador para las calderas y de un técnico de mantenimiento. El procedimiento es el siguiente:

- Revisión para la caldera
- Revisión para el sistema eléctrico
- Revisión para la bomba eléctrica de alimentación de agua
- Revisión del tanque de condensado
- Revisión de la tubería de vapor y retorno del condensado con su respectivo aislamiento térmico y protección (si estuviera a la intemperie).
- Revisión de los accesorios para la red (codos, tes, filtros, derivaciones, válvulas, trampas de vapor, uniones universales, manómetros, etc.)

Para esta actividad se suma el salario de las dos personas implicadas en el proceso (operador y técnico de mantenimiento):

Descripción	Salario
1 operador de calderas	Q.2,500. ⁰⁰
1 técnico de mantenimiento	Q.3,000. ⁰⁰
T O T A L	Q.5,500.⁰⁰

Entonces el costo del mantenimiento preventivo para este proceso es de Q.5,500.⁰⁰ al mes (más las prestaciones a que por ley tienen derecho los trabajadores, por ejemplo bono 14, aguinaldo, etc.).

2.4.3 Costo beneficio

La inversión con la reinstalación del diseño original comparada con el rediseño sugerido se ordena y analiza de la siguiente manera:

Descripción	Costo	Costo
Diseño original para tanque de condensado	Q.5,577. ⁰⁰	
Rediseño sugerido para tanque de condensado		Q.216. ⁰⁰
Diseño original en el túnel	Q.30,286. ⁰⁰	
Rediseño sugerido en el túnel		Q.20,364. ⁰⁰
Diseño original en derivación hacia maternidad	Q.27,715. ⁰⁰	
Re-diseño sugerido en derivación hacia maternidad		Q.14,382. ⁰⁰
Sub-totales	Q.63,578. ⁰⁰	Q.34,962. ⁰⁰
Diferencia a favor del rediseño (mas barato)		Q.28,616.⁰⁰

Por lo expuesto anteriormente, se puede podernos decir lo siguiente:

- Que al comparar las cantidades resultantes (diseño original vrs re-diseño sugerido) se observa que con el segundo se obtiene un ahorro significativo al hacer la inversión, y tomando en cuenta que el mismo es funcional en todos los sentidos al optimizar el funcionamiento de la red, puede recomendarse su implementación.
- Los beneficios de hacer este rediseño pueden resumirse en que se evitan ruidos, se ahorra combustible en la caldera, se aprovecha al máximo el vapor generado, se evita el alto grado de humedad existente en el interior del túnel y se optimiza el consumo del agua en el sistema. Todo esto se refleja en un ahorro en costos de operación.

3. REDISEÑO

3.1 Rediseño de la red para distribución de vapor

Figura 16. Plano de rediseño en túnel

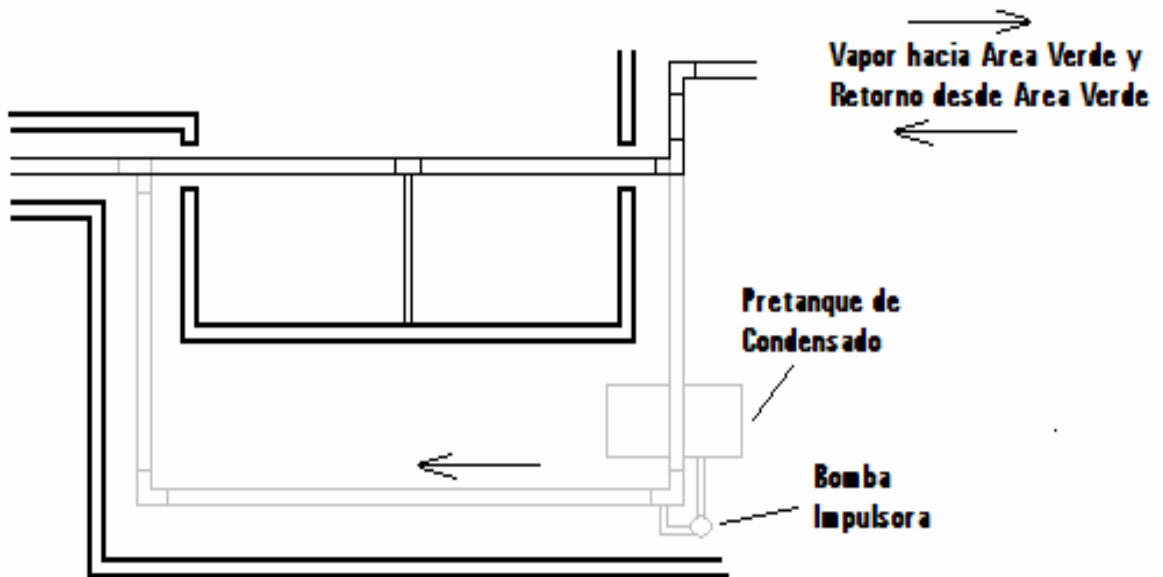


Figura 17. Rediseño para tubería de Ø6" en cuarto de calderas

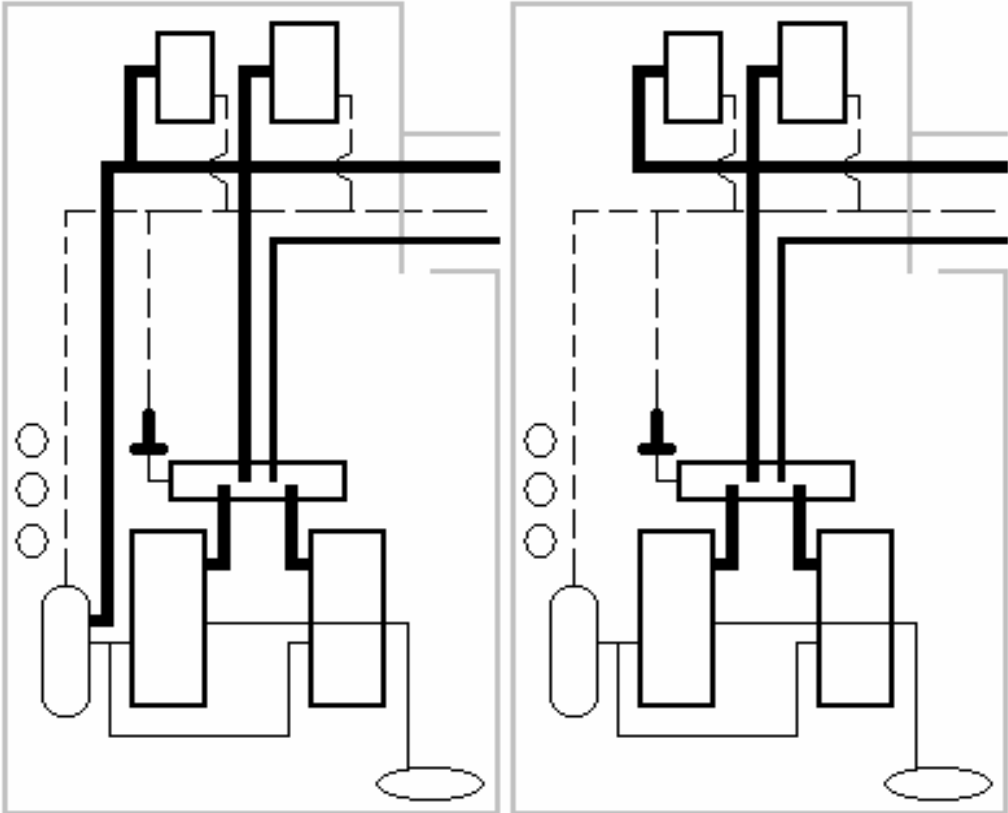


Figura 18. Diseño original para la red de vapor y retorno de condensado

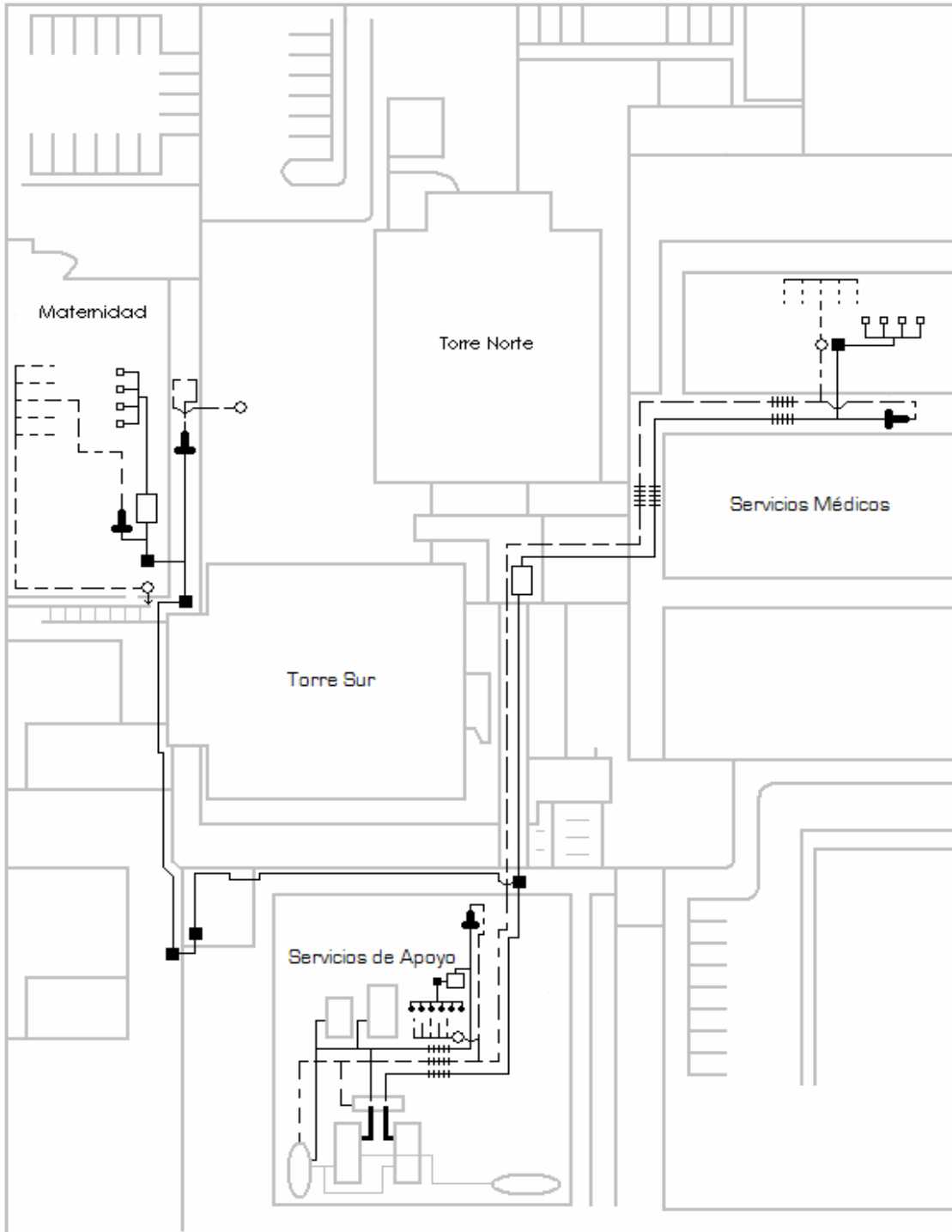
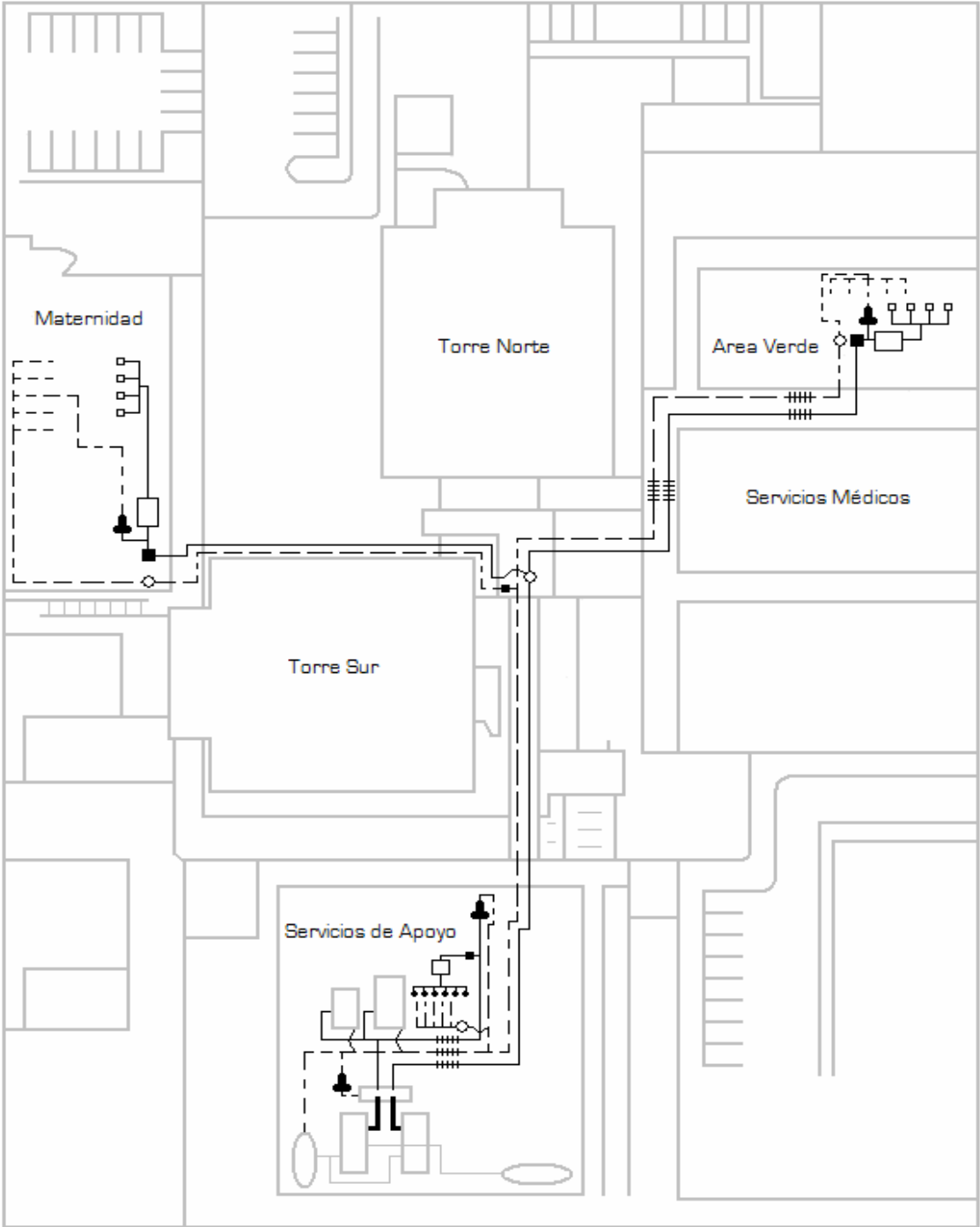


Figura 19. Rediseño para la red de vapor y retorno de condensado



3.2 Implementación del plan de mantenimiento preventivo

3.2.1 Lavandería

Lavadora		Frecuencia
1	Verificación de funcionamiento de motor, sistema eléctrico	Mensual
2	Limpieza de Cámara de ventilación	Mensual
3	Revisión de cojinetes y fajas de transmisión	Mensual
4	Verificación de las condiciones adecuadas de instalación	Mensual
5	Inspección del estado y montaje del cilindro	Mensual
6	Inspección del interior de la canasta	Semestral
7	Inspección de mecanismos de puertas	Semestral
8	Revisión de amortiguadores y pernos de anclaje	Semestral
9	Inspección y ajuste de sistema de freno	Semestral
Secadora		
1	Limpieza de la trampa de mota y su respectivo ducto	Diario
2	Revisión del sistema eléctrico	Mensual
3	Limpieza de Serpentes	Mensual
4	Inspección de dispositivos eléctricos	Mensual
5	Lubricación de rodamientos de fricción	Mensual
6	Inspección de correas de transmisión de motores	Mensual

Planchadora de Rodillos		Frecuencia
1	Engrase general	Mensual
2	Revisión de niveles de aceite	Mensual
3	Revisión y limpieza del sistema eléctrico	Mensual
4	Revisión de fajas guías y transportadoras	Mensual
5	Verificación de la lona de transmisión calorífica en cilindros	Mensual
6	Revisión de motores eléctricos	Semestral
7	Revisión del sistema de transmisión	Semestral
8	Inspección y lubricación para los cojinetes	Semestral
9	Limpieza de fibras adheridas al sistema de tracción	Semestral
10	Verificación del sistema de transmisión	Semestral

3.2.2 Cocina

Marmita		Frecuencia
1	Limpieza Exterior	Mensual
2	Revisión de tubería externa	Mensual
3	Revisión de empaques	Mensual
4	Revisión de manómetro	Mensual
5	Revisión de válvulas, filtros y trampas	Mensual

3.2.3 Central de equipos

Rutinas que son responsabilidad del Operador de Autoclaves		Frecuencia
1	Limpieza del filtro de la cámara	Diaria
2	Verificación del funcionamiento de la válvula de seguridad	Diaria
3	Limpieza interior y exterior con detergentes no abrasivos	Diaria
4	Reporte de anomalías ocurridas durante el funcionamiento	Diaria
5	Verificación de los niveles de agua para los equipos	Diaria
6	Remoción de grasas y residuos de la línea de escape de la cámara con el vaciado de una solución de fosfato trisódico (1 cucharada en 1 litro de agua hirviendo) a través del filtro.	Mensual
Rutinas que son responsabilidad del Técnico de Mantenimiento		Frecuencia
1	Limpieza general del equipo	Mensual
2	Verificación de fugas	Mensual
3	Verificación del funcionamiento de puerta, barras de seguridad, empaque y sistema de seguridad	Mensual
4	Lubricación de las bisagras de la puerta	Mensual
5	Verificación del buen funcionamiento y calibración de la válvula reguladora de presión	Mensual
6	Comprobación del buen funcionamiento de la válvula de seguridad con la aplicación de vapor adecuadas.	Mensual

3.2.4 Tanque para agua caliente

Tanque para Agua Caliente		Frecuencia
1	Limpieza exterior	Trimestral
2	Inspección de serpentín	Trimestral
3	Inspección de Accesorios	Trimestral

3.3 Plan de mantenimiento preventivo para

3.3.1 Caldera

Conjunto del quemador		Frecuencia
1	Chequeo de funcionamiento:	Semanal
2	Revisión de la combustión	Semanal
3	Revisión de boquillas	Mensual
4	Revisión de foto celda	Mensual
5	Revisión de electrodos para ignición	Mensual
6	Revisión de aisladores para electrodos	Mensual
7	Revisión de cables para ignición	Mensual
8	Revisión del piloto de gas	Trimestral
9	Limpieza del cuerpo del quemador	Trimestral
Control para el nivel de agua		
10	Revisión de niveles para operación	Semanal
11	Revisión de las válvulas de purga	Semanal
12	Revisión del tubo para el nivel	Mensual
13	Revisión de limpieza en el flotador	Semestral
14	Revisión del diafragma para el flotador	Semestral
15	Revisión de la columna del agua	Semestral
Bomba y tubería de alimentación para el agua		
16	Revisión de prensa estopa	Mensual
17	Revisión de accesorios en la tubería	Mensual
18	Revisión de la temperatura en los cojinetes	Semestral
19	Revisión de la lubricación en los cojinetes	Semestral
20	Revisión de la alineación entre el motor y la bomba	Anual
21	Revisión del impulsor de la bomba	Anual

Cuerpo de la caldera		Frecuencia
22	Revisión de fugas de agua, fugas de vapor y fugas de gases.	Semanal
23	Limpieza para el lado de agua	Semestral
24	Limpieza del lado de fuego	Semestral
25	Revisión de conexiones y tuberías	Semestral
26	Revisión del material refractario	Semestral
27	Cambio de empaques	Semestral
28	Revisión de pernos en las puertas	Semestral
29	Revisión de fugas en los tubos	Anual
Sistema para el combustible		
30	Revisión para la línea de alimentación	Semanal
31	Revisión del filtro para la línea de alimentación	Semanal
32	Revisión del filtro para la bomba del quemador	Trimestral
33	Revisión para las fajas de transmisión	Semestral
34	Revisión de las válvulas solenoides	Semestral
35	Revisión de la alineación de la bomba de alimentación	Anual
36	Revisión de la bomba de recirculación de combustible	Anual
37	Revisión de la bomba de combustible del tanque principal al diario	Anual
Sistema para aire		
38	Limpieza de la malla del ventilador	Mensual
39	Revisión de la lubricación del motor para el ventilador o soplador	Semestral
40	Revisión de la temperatura de los cojinetes	Semestral
41	Revisión de las fajas de transmisión	Semestral
42	Revisión de la alineación del ventilador	Anual
43	Revisión de vibraciones en el motor para el ventilador o soplador	Anual
Tanque para el condensado		
44	Limpieza para la tubería de ventilación	Semestral
45	Revisión de la válvula del flotador	Semestral
46	Revisión del filtro en la descarga hacia la bomba de alimentación	Semestral
47	Limpieza general del tanque	Anual
Sistema de tratamiento externo para el agua		
48	Revisión de las válvulas	Mensual
49	Regeneración para la zeolita	Mensual

Sistema eléctrico		Frecuencia
50	Revisión de las cápsulas de mercurio	Mensual
51	Revisión de terminales o bornes	Trimestral
52	Limpieza del control programador	Trimestral
53	Revisión de controles para la presión	Trimestral
54	Revisión de los termostatos	Trimestral
55	Limpieza de platinos o contactos	Anual
Varios		
56	Revisión de las válvulas de seguridad	Semanal
57	Revisión de los termómetros	Anual
58	Revisión de los manómetros	Anual
59	Limpieza de la chimenea	Anual
60	Revisión y aplicación de pintura en general	Anual

3.3.2 Sistema de distribución

Línea de tubería y aislamiento térmico		Frecuencia
1	Inspección de tubería de vapor y retorno de condensado	Mensual

3.3.3 Accesorios

Accesorios		Frecuencia
1	Trampas de vapor	Mensual
2	Filtros de vapor	Mensual
3	Válvulas	Mensual
4	Aparatos de Control	Mensual

4. FASE DOCENCIA

Su objetivo es estimular en el operador la atención hacia los pequeños detalles que podrían afectar el desempeño de los equipos y el servicio para el cual fueron diseñados.

Su beneficio es la retroalimentación obtenida por el practicante de EPS al compartir la información con operarios y técnicos de mantenimiento.

En esta fase se tiene la interacción del practicante de EPS con los operadores de los diferentes equipos conectados a la red de vapor y retorno del condensado de la institución, dando como resultado las siguientes acciones:

4.1 Inducción

Consiste en hacer recomendaciones a los operadores en el buen uso y manejo de los equipos a su cargo para que, al ser bien aplicadas, ayuden a preservar su funcionamiento y aseguren un buen servicio por mucho tiempo.

Para operadores de caldera

- Utilizar los instrumentos adecuados para la limpieza del quemador.
- Unificar criterios para la calibración del programador para la caldera.
- Identificar su buen o mal funcionamiento por el color del humo en la chimenea o por la presencia de hollín en el receptáculo de la misma.
- Responsabilizarse del chequeo de los controles visuales [manómetros, nivel de agua, color de llama en el hogar, etc.].

- Inspeccionar cualquier ruido que se produzca en las bombas de agua y revisar las prensa-estopas de las mismas por si presentan fugas.
- Seleccionar un área en donde se pueda acondicionar un banco de trabajo para poder hacer allí las reparaciones menores que sean necesarias, dotándolo de un tablero en donde se puedan colocar las herramientas mas utilizadas, de manera que puedan ser de fácil acceso.
- Aplicar los principios básicos de la seguridad industrial en el proceso de generación de vapor.
- Hacer énfasis en que el orden y la limpieza en el trabajo son prioritarios en el desempeño de sus funciones.

Para operadores de lavadoras

- Verificar que la compuerta ofrezca un sello hermético y que no permita fugas de agua.
- Velar porque la rotación de la canasta sea uniforme y que no transmita vibraciones dañinas al equipo.
- Aplicar una distribución uniforme de la ropa dentro de la canasta.
- Verificar que el peso de la ropa no exceda el máximo permitido para el cual está diseñado el equipo.
- Revisar que las fajas tengan la tensión adecuada.

Para operadores de secadoras

- Verificar que los serpentines no tengan fuga.
- Verificar que el ciclo de secado sea regular.
- Identificar ruidos al accionar el equipo (motor, poleas, fajas, etc.).

Para operadores de secadoras de rodillos

- Velar porque las prendas de ropa pasen bien entre los rodillos.
- Comprobar que la trampa de vapor funcione correctamente.
- Revisar que los rodamientos funcionen sin problema

Para operadores de marmitas

- Comprobar que las válvulas abren y cierran herméticamente, dejando pasar el vapor correctamente.
- Comprobar que las tapaderas sellan herméticamente al iniciar el ciclo.

Para operadores de autoclaves

- Verificar que la puerta se encuentre bien cerrada al iniciar el ciclo.
- Tener como referencia la guía de los manómetros.
- Estar pendiente de cuándo termina el ciclo.
- Tener el área de trabajo limpia y libre de cualquier contaminante.

4.2 Normativa

Esta acción es la que genera un manual de rutinas de mantenimiento, las cuales deben ser aplicadas rigurosamente con el fin de preservar el servicio que los equipos e instalaciones proporcionan a lo largo de su vida útil. Estas rutinas se encuentran en las paginas 55 a la 60 de este informe.

CONCLUSIONES

1. El tanque de retorno tiene un tubo de vapor de $\varnothing 6''$ conectado directamente a él, el cual tiene un by-pass con tres válvulas que están dejando pasar parte del vapor de la caldera, propiciando su salida por una tubería de $\varnothing 1\frac{1}{2}''$ que le sirve de escape. Esto afecta la eficiencia de la caldera.
2. La tubería de vapor para maternidad tiene una primera parte de 62.39 m. con $\varnothing 1\frac{1}{2}''$ y conecta con una segunda parte de 75.03 m. con $\varnothing 2''$, este arreglo no es el indicado, pues lo correcto es adaptar una tubería de un diámetro mayor a una de diámetro menor para compensar la pérdida de presión del fluido. Además tiene un sobredimensionamiento de ± 44 m., lo cual sumado a varios cambios de dirección ocasionan una caída de presión, un descenso en la temperatura y aumento en la producción de condensado. Esta tubería puede ser reubicada, al seguir el rediseño sugerido para esta área en particular.
3. Los autoclaves de Maternidad desalojan ± 18 galones de condensado con tratamiento químico incorporado directamente al desagüe, el cual puede ser canalizado y reutilizado.
4. El retorno del condensado desde el área verde ($\varnothing 3''$) se detiene en un pre-tanque que se encuentra en el túnel. Una bomba se encargaba de enviarlo a presión por la tubería de retorno ($\varnothing 3''$) hacia el tanque de retorno principal, por esa razón queda una gran cantidad de condensado que se pierde. Esto puede solucionarse con el rediseño sugerido.

5. Cuando se necesitó trasladar o eliminar algún equipo sólo se desconectó de la tubería y simplemente se selló, dejando una parte unida a la tubería principal. Esto obstaculiza el fácil acceso de los técnicos para hacer el mantenimiento o reparaciones a la tubería y accesorios.
6. En el túnel existe una tubería de vapor que está perforada dejando escapar una gran cantidad de vapor con gran ruido, pérdida de presión en la tubería y haciendo que la caldera gaste más combustible para llegar a su presión de trabajo. Este túnel no tiene protección en los ventanales de acceso (malla metálica), lo que propicia el ingreso de animales (felinos y roedores) que dañan el aislamiento térmico y contaminan el área.
7. La aplicación del tratamiento químico interno del agua para caldera se hace a mano por los diferentes operadores, siguiendo un procedimiento establecido por la empresa que lo provee. Esto puede provocar su distribución irregular en todo el lado de agua de la caldera, aumentando el riesgo de corrosión.
8. La red de vapor y retorno tiene bastantes años de servicio, por tal razón, debe considerarse su reemplazo y los equipos que están conectados a ellas deben ser revisados y reparados.

RECOMENDACIONES

1. Instalar un medidor para CO₂ en los gases de escape de la chimenea, para tener una idea de la relación de combustión en el interior de la caldera.
2. Instalar un medidor de flujo de vapor, para tener una lectura del caudal generado, que podrá hacer una relación de la eficiencia con que la caldera esta funcionando.
3. Instalar un medidor de flujo para agua, para saber qué cantidad de agua esta consumiendo la caldera.
4. Reparar la fuga de vapor que se encuentra en la línea de vapor de Ø3" que pasa por el túnel, porque representa un costo muy alto.
5. Rehabilitar el depósito contenedor para la dosificación del tratamiento interno del agua para la caldera, asegurando la distribución exacta y constante del químico; y su correcta dilución en el lado de agua.
6. En módulo de Maternidad se puede reubicar la línea de Ø¾", para que la acometida desde abajo sea lo mas cercano posible a la cara interna de la viga del edificio y que se experimente el menor daño posible ocasionado por el tránsito de personas o implementos que entren en contacto con ella y se disponga de más espacio útil.
7. Utilizar el presente informe como referencia en el rediseño futuro de la instalación de vapor y retorno de condensado en el Hospital.

BIBLIOGRAFÍA

1. Algarra Cadenas, Alirio A. Introducción a los Equipos de Esterilización. Organización Panamericana de la Salud. Guatemala: 1988.
2. Alvarado Molina, Gustavo Adolfo. Tipos, Selección y Mantenimiento de Trampas para Vapor. Trabajo de Graduación. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala: 1986.
3. Baumeister, Theodore, Avallone Eugene A., Baumeister, Theodore III. Manual del Ingeniero Mecánico de Marks. 2ª Edición. Tomos I, II y III. Editorial Editorial M^CGraw-Hill. Mexico: 1984.
4. Cáceres Cifuentes, Edgar Agustín. Operación de las Plantas de Vapor en la Industria. Tesis de Ingeniero Mecánico. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: 1972.
5. Material de Apoyo, Curso de Plantas de Vapor.
6. Material de Apoyo, Curso Montaje y Mantenimiento de Equipo.
7. Material de Apoyo, Curso Instalaciones Mecánicas.
8. Medrano Gómez, Luís Roberto. Análisis para el mejoramiento de la Eficiencia de Operación de las Calderas de Vapor del Hospital General San Juan de Dios, Guatemala, Tesis de Ingeniero Mecánico. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: 1993.

9. Méndez Ramírez, Sergio Harry. Evaluación de Fugas de Vapor a través de orificios en Tubería en función de la Presión de Trabajo y una Longitud Característica, Longitud 60". Tesis de Ingeniero Químico. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: 1988.

10. Rivera Álvarez, Ramiro J. Hospital de los Hermanos de San Juan de Dios. Guatemala: 1982.

11. Rosaler, Robert C. Manual de Mantenimiento Industrial. Tomo III. Editorial M^CGraw-Hill. México: 1988.

APÉNDICE

Figura 20. Escape de vapor desde el tanque de condensado



FUENTE: Cuarto de Calderas, Hospital General San Juan de Dios.

Figura 21. Tubería al final de línea en maternidad



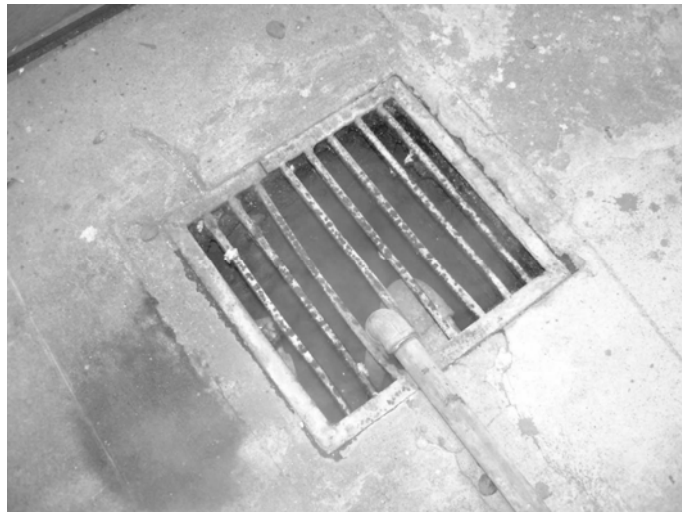
FUENTE: Departamento de Mantenimiento, Hospital General San Juan de Dios.

Figura 22. Tubería y aislamiento en mal estado en interior del túnel



FUENTE: Departamento de Mantenimiento, Hospital General San Juan de Dios.

Figura 23. Tubería de Ø1" con escape de condensado desde maternidad



FUENTE: Departamento de Mantenimiento, Hospital General San Juan de Dios.