

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**“INGENIERIA CONCEPTUAL Y BASICA DE UN PROYECTO DE
VAPOR DE UN HOSPITAL GENERAL”**

Presentado ante la ilustre

Universidad Central de Venezuela

Por los Brs. Hoheb Gonzalo

Salazar Carlos

Para optar al título de

Ingeniero Mecánico

Caracas, 2009

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**“INGENIERIA CONCEPTUAL Y BASICA DE UN PROYECTO DE
VAPOR DE UN HOSPITAL GENERAL”**

TUTOR: Prof. Perera., José Luis

Presentado ante la ilustre

Universidad Central de Venezuela

Por los Brs. Hoheb Gonzalo

Salazar Carlos

Para optar al título de

Ingeniero Mecánico

Caracas, 2009



Caracas, 09 de noviembre de 2.009

ACTA


Los abajo firmantes, miembros del jurado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los bachilleres:

HOHEB GONZALO y SALAZAR CARLOS


Titulado:

“INGENIERIA CONCEPTUAL Y BASICA PARA EL PROYECTO DE VAPOR DE UN HOSPITAL GENERAL”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudio conducente al Título de Ingeniero Mecánico.


Prof. Juan Ruilova
Jurado


Prof. Franklin Baduy
Jurado


Prof. José Luis Perera
Tutor

“NÚCLEO DE INGENIERIA “ARMANDO MENDOZA” HACIA EL 30° ANIVERSARIO”

DEDICATORIA

A mi Mama Daisy Olivera a mi padre

Alberto Hoheb, a mis hermanos Alexandra

Adriana, Jorge, Verónica; a mis sobrinos

Daniel, Gabriel, María Fabiola, Luis,

Sofía, Stefanie...

A mi novia Eucaris Briceño por apoyarme

en todo y ser tan especial

Gonzalo Hoheb

DEDICATORIA

*A mis padres, mis hermanos y mis sobrinos
que son las personas que más quiero.*

A mi Virgencita del Valle

Carlos Salazar

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Daisy Olivera y Alberto Hoheb por apoyarme en todos los momentos, siempre me supieron aconsejar y en los momentos que necesitaban ayuda me la prestaron.

A mi Novia Eucaris Briceño por estar conmigo este último año y medio, donde la vida se me hizo más fácil a tu lado, gracias por tu apoyo incondicional en todo momento.

A mi hermana Verónica Hoheb que más que una hermana fue una amiga donde compartimos momentos gratos. Gracias por tener a una bebé tan bella mi sobrina bella Sofía.

A mi hermana Alexandra Hoheb por darme consejos y ser tan buena persona.

A mi hermano Jorge Hoheb que gracias a él quise estudiar Ingeniería Mecánica, por favor cuídate mucho.

A mi compañero de tesis Carlos Salazar por su disposición a trabajar en cualquier momento, tener la paciencia necesaria para poder realizar este trabajo.

A los Señores Víctor Salazar y María Luisa Esperante de Salazar por permitirme entrar a su casa todos los fines de semana y prestar sus conocimientos para hacer posible este trabajo.

Al profesor José Luis Perera, porque siempre estuvo presente para realizar las correcciones e indicarnos el camino para este proyecto.

A todos los compañeros de la Universidad Central de Venezuela donde me hicieron vivir momentos que nunca serán olvidados, gracias por vivir junto a mí esta época tan bella.

A mis amigos Francesco Amendola, Ángelo Rugiero, Ángel Rafael Arreaza, Germán Foucault, Mauricio Boniello por ser un grupo de amigos incondicional que están en las buenas y en las malas.

Gonzalo Hoheb

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, gracias por comprenderme en mis malos y buenos momentos, por apoyarme, por tener paciencia, por orientarme a superarme, por darme todas las facilidades posibles, por el cariño que me brindaron siempre, los mejores padres que puede haber, agradezco mucho todo lo que han hecho por mí, los quiero demasiado.

A la Virgencita del Valle, por permitir que este día haya llegado, por darme salud y por ayudarme en mi carrera, muy agradecido contigo virgencita. A mi isla de Margarita que me brindo la paz y el descanso.

A mis hermanos por su apoyo y cariño, siempre agradecido. A mis sobrinos que siempre me han hecho el tío más feliz de este mundo, los adoro.

A mis amigos, Tomás Zambrano, Andrés Rodríguez y Daniela Atencio que siempre fueron mis amigos incondicionales. A mis amigos del colegio que en estos últimos meses también me brindaron su apoyo, gracias.

A mi prima María Carolina por apoyarme, gracias.

A nuestro tutor Profesor José Luis Perera, más que tutor mi amigo, que nos brindó sus conocimientos y nos orientó académicamente para realizar este trabajo, que me ayudó incondicionalmente con muchas materias en la carrera y personalmente me dio grandes consejos, muy agradecido profesor.

A mis compañeros del trabajo, que me han apoyado bastante.

A los profesores Cesar Ferrer, Rodolfo Grullón, Evelin Gonzalez, Félix Flores y Julio Segura, gracias por brindarme sus conocimientos y formarme en las áreas que más me gustan, fueron las mejores clases de mi carrera universitaria.

Al Profesor Crisanto Villalobos por ser muy buen amigo.

A mis amigos y mis amigas de la universidad, con los cuales compartí los mejores años de mi vida, gracias por esos momentos.

A mi compañero de tesis Gonzalo Hoheb, por ser más que un compañero un gran amigo.

Gracias de nuevo a mis padres, me ayudaron bastante en la realización de este Trabajo Especial.

Sin más, muy agradecido estoy con ustedes.

Carlos Salazar

Hoheb O., Gonzalo A. y Salazar E., Carlos A.

INGENIERIA CONCEPTUAL Y BASICA PARA EL PROYECTO DE VAPOR DE UN HOSPITAL GENERAL

**Tutor Académico: Prof. José L., Perera. Caracas, U.C.V. Facultad de
Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2009. 92 Pág.**

Palabras claves: Ingeniería Conceptual. Ingeniería Básica. Hospital General.
Central de vapor.

Resumen.

En el presente trabajo se realizó un estudio de los sistemas de vapor usados en los hospitales generales, también se estudiaron los parámetros para realizar la *Ingeniería Conceptual e Ingeniería Básica* de un proyecto de estos sistemas aplicado a uno hospital general. Se realizó una comparación de los costos de la energía eléctrica con respecto al gas para producir vapor, resultando mucho menos costosa la producción de vapor con calderas a gas. Para el consumo de vapor del hospital se realizaron los perfiles de consumo de cada servicio mediante observación en un hospital general de 200 camas, luego con los mismos se conocieron los picos de consumo y en base a estos se determinaron las capacidades de algunos equipos del sistema.

Hoheb O., Gonzalo A. and Salazar E., Carlos A.

**CONCEPTUAL AND BASIC ENGINEERING FOR THE STEAM
PROJECT OF A GENERAL HOSPITAL**

**TUTOR ACADÉMICO HOSPITAL: Prof. José L., Perera. Caracas, U.C.V.
Faculty of Engineering. School of Mechanical Engineering. 2009. 92 Page.**

Key words: Conceptual Engineering. Basic Engineering. General Hospital. Steam Plant.

Abstract

In the present work there was realized a study of the steam systems used in the general hospitals, also the parameters were studied to realize the Conceptual Engineering and Basic Engineering of a project of these systems applied to one general hospital. There was realized a comparison of the costs of the electric power with regard to the gas to produce steam, turning out to be much less costly the steam production with boilers to gas. For the steam consumption of the hospital there were realized the profiles of consumption of every service by means of observation in a general hospital of 200 beds, then with the same ones the peaks of consumption were known and on the basis of these there decided the capacities of some equipments of the system.

INDICE GENERAL

INTRODUCCION -----	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA -----	3
ALCANCES -----	4
OBJETIVOS -----	5
CAPÍTULO I: MARCO METODOLOGICO -----	6
1.1- Ingeniería Conceptual -----	6
1.2- Ingeniería Básica -----	8
CAPITULO II: MARCO TEORICO -----	9
PARTE I: LOS HOSPITALES -----	9
I-2.1- Aspectos generales -----	9
I-2.2- Definición de un Hospital -----	9
I-2.2.1- Clasificación de los Hospitales -----	10
I-2.3- Planificación de un Hospital -----	11
I-2.3.1- Demografía -----	11
I-2.3.2- Aspectos epidemiológicos y laborales -----	12
I-2.3.3- Morbilidad -----	12
I-2.3.4- Topografía y vialidad -----	12
I-2.3.5- Climatología. -----	13
I-2.4- Estructura de un Hospital General -----	14
I-2.4.1- Servicios Auxiliares de Diagnóstico y Tratamiento -----	14
I-2.4.2- Servicios Ambulatorios -----	15
I-2.4.3- Servicios de Hospitalización -----	15
I-2.4.4- Servicios Generales -----	15
I-2.5- Servicios que utilizan vapor -----	15
I-2.5.1- Esterilización -----	16
I-2.5.1.1- Tipos de esterilización. -----	17
I-2.5.1.1.1- Esterilización en base a aire caliente. -----	18
I-2.5.1.1.2- Esterilización en base a gas. -----	18
I-2.5.1.1.3- Esterilización en base a vapor húmedo -----	18
I-2.5.2- Cocina -----	19
I-2.5.3- Lavandería -----	19
I-2.5.4- Agua caliente -----	20

PARTE II: PLANTAS DE GENERACION DE VAPOR Y SISTEMAS DE DISTRIBUCION -----	22
II-2.1- Aspectos Generales -----	22
II-2.2- Las Calderas -----	23
II-2.2.1- Clasificación de las calderas -----	23
II-2.2.2- Elementos de una caldera de Tubos de Fuego -----	23
II-2.2.2.1- Cuerpo de la caldera -----	23
II-2.2.2.2- Quemador -----	24
II-2.2.3- Sistema de distribución del vapor -----	25
II-2.2.3.1- Colector o múltiple de vapor -----	25
II-2.2.3.2- Líneas de distribución de vapor y retorno de condensado -----	25
II-2.2.3.2.1- Tuberías.-----	27
II-2.2.3.2.2- Absorbedores de dilatación.-----	27
II-2.2.3.2.3- Trampas de vapor -----	28
II-2.2.3.2.4- Bomba a presión para condensado.-----	31
II-2.2.3.2.5- Anclajes, soportes y guías -----	32
II-2.2.3.2.6- Aislante-----	34
II-2.2.4- Sistema de alimentación de agua de la caldera -----	34
II-2.2.4.1- Tanque de condensado-----	35
II-2.2.4.2- Agua de reposición -----	35
II-2.2.5- Elementos de control y alarma -----	36
II-2.2.5.1- Los manómetros -----	36
II-2.2.5.2- Indicadores de nivel-----	37
II-2.2.5.3- Válvulas-----	37
II-2.2.5.4- Estaciones reductoras de presión-----	40
II-2.2.5.5- Alarmas -----	40
 CAPITULO III: MARCO TEORICO-----	 42
3.1- Estimaciones del consumo de vapor de un Hospital General -----	42
3.2- Cálculo de la capacidad de una caldera -----	42
3.3- Determinación del sistema de distribución-----	43
3.3.1- Líneas de distribución de vapor y retorno de condensado-----	43
3.3.1.1- Estimación de los diámetros de las tuberías de vapor-----	43
3.3.1.2- Estimación de los diámetros de las tuberías de condensado. -----	44
3.3.1.3- Selección del aislante térmico para la tubería.-----	45
3.3.1.4- Cálculo de la expansión térmica y fuerzas axiales-----	45
3.3.1.5- Estimación de las capacidades de las trampas de vapor -----	48
3.3.2- Capacidad del colector de vapor -----	52

3.4- Estimación de la capacidad del sistema de alimentación de agua de la caldera	52
3.4.1- Estimación de la capacidad del tanque de condensado	52
3.4.2- Estimación de la capacidad de las bombas de alimentación	52
3.4.3- Determinación de la capacidad de los suavizadores	53
CAPITULO IV:METODOLOGIA	55
PARTE I: INGENIERIA CONCEPTUAL	55
I-4.1- Estimación de los consumos de vapor del Hospital	55
I-4.1.1- Consumos de vapor en la lavandería.	56
I-4.1.2- Consumos de vapor en la central de suministros	57
I-4.1.3- Consumos de vapor en la cocina	58
I-4.1.4- Consumos de agua caliente	59
I-4.2- Consumos máximos de energía	60
I-4.3- Perfiles de uso por servicio.	62
I-4.3.1- Perfil de uso del vapor en la lavandería	63
I-4.3.2- Perfil de uso del vapor en esterilización.	63
I-4.3.3- Perfil de uso del vapor en la cocina	64
I-4.3.4- Perfil de uso del vapor en el agua caliente de uso sanitario	65
I-4.3.5- Perfil de uso del vapor en el agua caliente de servicio	65
I-4.3.6- Perfil de la producción de vapor en la caldera.	66
I-4.4- Costos de operación	67
PARTE II: INGENIERIA BASICA	69
II-4.1- Criterios de diseño.	69
II-4.1.1- Presiones de trabajo y velocidad del vapor	69
II-4.1.2- Aspectos generales	69
II-4.2- Diagrama de flujo.	69
II-4.3- Determinación de la capacidad de la caldera	70
II-4.4- Características de las líneas de vapor	71
II-4.4.1- Selección del material de las tuberías	71
II-4.4.2- Estimación de los diámetros de las tuberías de vapor	71
II-4.4.3- Estimación de los diámetros de las tuberías de condensado.	73
II-4.4.4- Pérdida de presión en la tubería de vapor.	73
II-4.4.5- Dilatación de la tubería de vapor	74
II-4.4.6- Dilatación de la tubería de condensado	75
II-4.4.7- Estimación de las trampas de vapor	76

II-4.4.8- Selección del colector de vapor -----	78
II-4.4.9- Selección del Aislante-----	78
II-4.5- Determinación del sistema de alimentación de agua -----	79
II-4.5.1- Selección de la bomba de alimentación: -----	79
II-4.5.2- Selección del tanque de condensado -----	79
II-4.5.3- Selección de los suavizadores -----	79
II-4.6- Selección de los calentadores de agua -----	80
II-4.7- Operación y Mantenimiento-----	80
II-4.7.1- Operación -----	80
II-4.7.2- Mantenimiento del sistema de vapor-----	81
II-4.7.2.1- Mantenimiento de la central de vapor-----	82
II-4.7.2.2- Mantenimiento de la línea de vapor y retorno de condensado. -----	82
 CONCLUSIONES -----	 84
RECOMENDACIONES -----	85
REFERENCIAS EN EL TEXTO. -----	86
BIBLIOGRAFÍA -----	87
ANEXOS -----	89

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Esquema general de elaboración del trabajo

Figura 2.1. Factores que afectan la planificación de un hospital

Figura 2.2. Estructura de un hospital

Figura 2.3. Vapor y su uso en el hospital

Figura 2.4. Central de esterilización típica de un hospital

Figura 2.5. Cocina típica de un hospital

Figura 2.6. Ejemplo de una lavandería típica de un hospital

Figura 2.7 Central de vapor típica

Figura 2.8 Corte esquemático de una caldera.

Figura 2.9 Esquema general de un sistema de vapor

Figura 2.10 Ejemplo de junta de dilatación del tipo deslizante

Figura 2.11 Ejemplo de junta de dilatación del tipo fuelle

Figura 2.12 Trampa de vapor de balde invertido

Figura 2.13 Trampa termo estática y de flotador

Figura 2.14 Bomba de accionamiento a presión

Figura 2.15 Ejemplo de soporte deslizante

Figura 2.16 Ejemplo de anclaje desde techo

Figura 2.17 Sistema de alimentación de agua a las calderas

Figura 2.18 Ejemplo de una válvula de compuerta

Figura 2.19 Ejemplo de una válvula de globo

Figura 2.20 Ejemplo de una válvula de retención

Figura 2.21 Ejemplo de una válvula reductora de presión

Figura 2.22 Ejemplo de una válvula de seguridad

Figura 3.1 Pérdida de presión de tubería de vapor a 690 KPa

Figura 3.2 Lazo típico en una tubería de vapor

Figura 3.3 Estimación de la producción de condensado en tuberías de acero

Figura 4.1 Diagrama de flujo del sistema de vapor

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Tamaño del lazo en función del diámetro de la tubería y de la deformación.

Tabla 4.1. Consumos de los equipos de la lavandería

Tabla 4.2. Consumo de los autoclaves

Tabla 4.3. Consumo de los equipos de cocina

Tabla 4.4. Consumo de los calentadores de agua

Tabla 4.5. Consumo máximo en la lavandería

Tabla 4.6. Consumo máximo de la central de suministro

Tabla 4.7. Consumo máximo de los equipos en la cocina

Tabla 4.8. Consumo máximo de servicio de agua caliente del hospital

Tabla 4.9. Demanda horario de vapor según Gráfico 4.6

Tabla 4.10. Estimado de las tuberías de la línea de vapor de los ramales principales

Tabla 4.11. Estimados de las pérdidas de presión en las tuberías de vapor

Tabla 4.12. Estimación de las capacidades por unidad de longitud de las trampas de vapor de los ramales principales

Tabla 4.13. Estimación de las capacidades de las trampas de vapor de los calentadores de agua

Tabla 4.14. Selección del aislante térmico

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 4.1. Perfil de uso del vapor en la lavandería

Gráfico 4.2. Perfil de uso de vapor en esterilización

Gráfico 4.3. Perfil de uso de vapor en la cocina

Gráfico 4.4. Perfil de uso de vapor en el agua caliente de uso sanitario

Gráfico 4.5. Perfil de uso de vapor en el agua caliente de servicio

Gráfico 4.6. Perfil de uso de vapor de la caldera

INTRODUCCION

El presente trabajo: “Ingeniería Conceptual y Básica del Proyecto de Vapor de un Hospital General”, esta ideado para formar las bases en el desarrollo de la ingeniería de detalle de un proyecto de vapor para un hospital. Se ha escogido un hospital general porque es la mejor representación de un servicio hospitalario y porque tiene todos aquellos servicios que presentan al vapor como alternativa válida de energía y uso práctico.

El primer capítulo: Marco Metodológico, define los conceptos de ingeniería conceptual y básica que serán las bases del posterior desarrollo del trabajo

En el capítulo dos: Marco Teórico, se da la definición de un hospital general y se definen otros tipos de instituciones hospitalarias para expresar el contraste entre una y otra. Se explican, igualmente, las áreas de servicio y médicas que usan vapor bien como energía o como medio de trabajo.

En el mismo capítulo dos se describe una planta productora de vapor y el sistema de distribución. Los autores del trabajo consideraron como elementos principales aquellos imprescindibles en el sistema y los que de una u otra forma deben ser seleccionados entre una gama de opciones o que son elementos cuya adecuada selección formarán parte de una buena instalación.

En el tercer capítulo: Cálculos Tipos, se explican, apoyado en fórmulas, gráficos y tablas la forma como se estiman los diferentes componentes que conforman una instalación de vapor.

En el capítulo cuatro, Metodología, se realiza la ingeniería conceptual y básica de un proyecto de vapor de un hospital general de 200 camas. En la ingeniería conceptual se estiman los consumos de vapor del hospital basados en los perfiles de uso de cada uno de los servicios y se compara el costo de la energía para dos alternativas:

- Central de vapor usando calderas a gas

➤ Uso de la electricidad

En la ingeniería básica se realiza las estimaciones de las capacidades de los componentes de la central de vapor y sistema de distribución.

Los anexos incluyen material adicional como apoyo a lo desarrollado en el texto general del trabajo. Aunque la información bibliográfica y técnica (catálogos) se suministra por lo general en unidades inglesas, en todo el trabajo se realizó la conversión al sistema métrico, no así en los anexos donde la información se suministra con su formato original.

Durante toda la exposición se ha tratado de mantener un hilo de continuidad para que su lectura lleve al interesado a desarrollar posteriormente la ingeniería de detalle del proyecto.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El trabajo especial de grado titulado *Ingeniería Conceptual y Básica del proyecto de vapor de un Hospital General*, plantea el estudio de los primeros dos pasos para la realización de un proyecto de vapor en un institución hospitalaria del tipo general. La Ingeniería Conceptual es el estudio de las alternativas de un proyecto, siendo como parámetro determinante el factor económico. La Ingeniería Básica se va a encargar de la determinación y selección de los equipos y capacidades de los mismos, y de los parámetros de donde posteriormente se realizará la Ingeniería de Detalle, la cual es la adecuación en sitio de la Ingeniería Básica.

El interés de este estudio es aprender acerca de los sistemas de vapor de los Hospitales Generales, como se determinan y como se realiza las dos primeras fases de un proyecto de esta magnitud.

ALCANCES

- Desarrollar la ingeniería conceptual en base a estimaciones de los consumos, perfiles de uso y costos actuales de la energía en Venezuela. En esta parte del trabajo no se realizará la selección de los equipos de los diferentes servicios, sino que se tomarán de un hospital general típico de 200 camas de capacidad.
- Desarrollar la ingeniería básica realizando estimaciones de las capacidades de los equipos necesarios para suministrar vapor a los diferentes servicios de un hospital general típico de 200 camas de capacidad.
- En este trabajo no está contemplado ningún cálculo de flujo bifásico.
- No se diseñarán ninguno de los equipos ni accesorios de la central de vapor y sistema de distribución.
- No se desarrollará a fondo ningún estudio económico, solo se compararán los costos de la energía y su consumo. No se estimarán costos de operación y mantenimiento.
- No se realizará un estudio profundo de los criterios de operación y mantenimiento.
- Se realizará un estudio breve de la estructura y planificación de los hospitales. Solo se hablarán de aquellos servicios que puedan usar vapor como energía y uso directo.
- El estudio de las plantas de generación de vapor se limitará solo a las típicas usadas en los hospitales.
- Solo se considerarán los servicios de agua caliente, lavandería, cocina y esterilización para el uso de vapor.
- En este estudio se consideró la producción de agua caliente con electricidad usando calentadores centrales

OBJETIVOS

Objetivos Generales

Realizar un estudio sobre los sistemas de vapor para el funcionamiento de los servicios de cocina, lavandería, agua caliente y central de suministro, estableciendo criterios de diseño del sistema y selección de equipos, para la realización de la Ingeniería Conceptual y Básica de un proyecto de vapor para un Hospital General, basándose en normas nacionales o en su carencia, normas internacionales.

Objetivos Específicos

Como objeto específico de este trabajo tenemos los siguientes:

- Definir Hospital General y estudio de su estructura y planificación de los mismos.
- Definir los servicios que usan vapor como elemento de funcionamiento
- Realizar un estudio de la normativa legal de los sistemas de generación de vapor.
- Estudiar el sistema típico de vapor de los Hospitales Generales
- Establecer una metodología para la realización de la ingeniería conceptual y básica
- Realizar a manera de ejemplo de aplicación, la Ingeniería Conceptual y Básica de un proyecto de vapor de un Hospital General de una cantidad específica de camas.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

Para la realización de la Ingeniería Conceptual y Básica del proyecto de vapor de un Hospital General se necesitará un estudio previo de sus componentes más importantes, de los sistemas de vapor usado en los mismos y de las determinaciones de las capacidades del sistema de vapor basado en las necesidades de la institución. La Figura 1.1 esquematiza la secuencia a seguir en la elaboración de este trabajo.

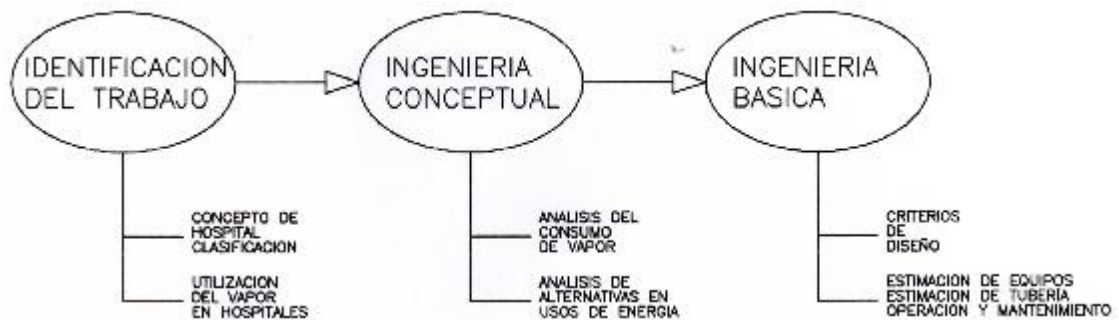


Figura 1.1 Esquema general de elaboración del trabajo

1.1- Ingeniería Conceptual

Existen muchas y variadas definiciones de ingeniería conceptual. Para la realización de este trabajo se aceptará como Ingeniería Conceptual la primera fase de un proyecto en la cual se estudian las alternativas de solución y se toma decisión preliminar en base a ciertos parámetros. Generalmente el parámetro determinante en esta fase es el económico e instalaciones típicas actuales.

Para el proyecto de vapor de un Hospital General, ya teniendo en cuenta los servicios que necesiten, la Ingeniería Conceptual toma en cuenta las soluciones

posibles. En la actualidad generalmente se estudian dos alternativas para estas necesidades: comprar equipos que usen electricidad o gas para hacerlos funcionar, bien sea como uso directo o generando vapor, y para producir agua caliente; o comprar equipos que funcionen a vapor suministrado desde una central que sirva para muchas aplicaciones hospitalarias. En algunos casos, como en las centrales de suministro, el uso de equipos con energía dual como vapor y electricidad (para generar vapor) son necesarios por el criterio de disponibilidad.

La diferencia entre ambas alternativas es evidente, debido a que al instalar una central de vapor saldría más costosa que realizar acometidas eléctricas o de gas. Sumado a esto habría que disponer de un espacio para la instalación de la central de vapor.

Los costos de operación, la seguridad de los sistemas dentro de los recintos hospitalarios, la disponibilidad y la diversificación de la energía son factores que pueden influir en la decisión final.

En este trabajo especial, se realizará la Ingeniería Conceptual de un Hospital típico de 200 camas, basándonos en dos alternativas y solo tomando en cuenta los costos de operación:

- Alternativa 1: Uso de la electricidad
- Alternativa 2: Uso de vapor producido por calderas a gas

Se supondrá que técnicamente se puede escoger cualquiera de las dos alternativas.

Este estudio se realizará de la siguiente forma:

- Se tomarán en cuenta todos los equipos, por servicio, que puedan para su funcionamiento usar vapor o electricidad, pudiendo ser esta última de forma directa o indirecta.
- Se determinará el consumo máximo posible.
- Se representarán en gráficos los perfiles de uso de los servicios considerados.

- Se determinará el perfil de coincidencia de uso de los servicios, basado en la información anterior.
- Se compararán los costos de operación de las alternativas según los precios de electricidad y del gas natural empleado para producir vapor, utilizando los precios actuales de electricidad y gas en Venezuela.

1.2- Ingeniería Básica

Así como la Ingeniería Conceptual tiene muchas definiciones, la Ingeniería Básica también las tiene. A pesar de las muchas definiciones encontradas sobre el tema, todas coinciden en que la Ingeniería Básica es la fase que le sigue a la Ingeniería Conceptual. Esta sección del proyecto desarrolla el alcance y los planes de ejecución de la opción seleccionada.

La Ingeniería Básica cubre los siguientes aspectos:

- Bases del diseño y descripción del proceso.
- Diagrama de flujo del proceso.
- Estimación de equipos y elementos del sistema.
- Breve descripción de operación y mantenimiento.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

PARTE I: LOS HOSPITALES

I-2.1- Aspectos generales

Es importante comprender que los Hospitales son elementos fundamentales e indispensables en una comunidad, por lo tanto, es imprescindible el estudio de los servicios que necesitan para que disciplinas como la Ingeniería y la Arquitectura puedan realizar y mejorar la funcionalidad de los mismos. Estas dos disciplinas son determinantes y fundamentales en la planificación, operación y mantenimiento de un Hospital.

Para efectos de este Trabajo Especial en este capítulo se definirá un Hospital desde varios puntos de vista, dando a conocer la clasificación de los mismos, aspectos de su planificación y de manera muy somera como se conforma un Hospital del tipo General.

I-2.2- Definición de un Hospital

La Academia Española define hospital como “un establecimiento en que se atienden y curan enfermos”. La “American Hospital Association” clasifica a un hospital en términos del número de camas, atención y cuidado médico, organización de sus departamentos médicos, y otros aspectos relacionados que califican a la institución para una determinada función de atención hospitalaria. En el campo de la Arquitectura los Hospitales son edificios que se destinan a la atención médica de la colectividad, como parte del cuidado de la salud integral. La salud integral no es la carencia de enfermedad, sino el correcto funcionamiento del organismo que conduce a un bienestar físico, mental, social y moral (1).

La actividad de los Hospitales, en la actualidad, se dirige a cumplir tres funciones básicas: la prevención de enfermedades, el diagnóstico y tratamiento de las mismas; y la rehabilitación de los que sufrieron de enfermedades que dejan

secuelas. En la actualidad un gran número de personas pasa una buena parte de su tiempo recibiendo atención hospitalaria.

Además de las actividades que involucran directamente a los beneficiarios, también se realizan las funciones de enseñanza del personal médico y paramédico en relación directa con los pacientes y la investigación de diversos problemas de la medicina, todas ellas ligadas a programas universitarios vinculados con las Facultades de Medicina y el Estado.

Destacan tres tipos principales de expresiones para referirse a una institución que presta servicios de salud: Clínicas, Sanatorios y Hospitales.

- a) **Las Clínicas** se aplican al estudio de los enfermos en la fase de diagnóstico en el que es preciso realizar diversas observaciones, análisis e investigaciones. Está constituida por consultorios y servicios auxiliares de diagnóstico como el radiológico y los laboratorios, además de un corto número de camas necesarias para la comodidad del paciente con el fin de llevar a cabo los estudios pertinentes. No obstante también se suelen llamar Clínica a los Hospitales privados pequeños.
- b) **Los Sanatorios** son albergue de enfermos para su tratamiento y rehabilitación, pero mediante el empleo apropiado de regímenes de higiene, clima, alimentación, etc.
- c) **Los Hospitales** propiamente dicho son las construcciones en las cuales se alojan enfermos para su tratamiento y curación, aun cuando sus servicios se extiendan a la consulta de pacientes externos.

I-2.2.1- Clasificación de los Hospitales

En Venezuela existen diferentes clasificaciones o denominaciones de hospitales :

- a) Por el área territorial que abarque se les clasifica en: rurales, urbanos, regionales o nacionales (1).
- b) Por el origen de los recursos de su construcción y operación se clasifican en: privados, públicos nacionales, estatales o municipales (1).

- c) Por el tipo de padecimiento que atienden se les conocen como: generales o especializados (1).
- d) Por el tiempo de demanda en el tratamiento de los enfermos pueden ser: agudos, de larga estancia o crónicos (1).

En otros aspectos, se consideran los llamados Centros Médicos, los mismos son un conjunto de unidades de las cuales una o unos pueden tener el carácter de Clínicas Hospital o de Hospitales Generales y otras de Hospitales de Especialidades generalmente al más alto nivel de la medicina y en este caso estos hospitales son de concentración regional y aún nacional.

Los Hospitales conocidos como Modernos se basan en programas de atención de *Cuidados Progresivos*. Este concepto se inicia en los Estados Unidos de Norte América como un experimento, cuyo objetivo era bajar el costo de la cama de hospitalización además de obtener un mejor aprovechamiento de los recursos de equipos y personal especializado (1).

El procedimiento de estos programas se basa en la movilidad del paciente, en contraposición con el viejo procedimiento que lo consideraba como un elemento inmóvil dentro del Hospital. Ahora la tendencia es clasificar el paciente según el grado de su enfermedad.

De esta forma los pacientes se pueden ubicar en cuatro tipos:

- a) Pacientes que por sus condiciones requieren un alto grado de atención, llamados **cuidados intensivos**.
- b) Pacientes que requieren de un grado menor de atención, llamados **cuidados intermedios**.
- c) Pacientes que requieren un mínimo de atención, pudiendo ellos mismos colaborar en su propia atención y que son llamados de **auto curas**.
- d) Pacientes que pueden ser atendidos a domicilio, conocidos como de **curas domiciliarias**.

I-2.3- Planificación de un Hospital

En la planificación de un hospital hay muchos aspectos técnicos y sociales que considerar. Los que se pueden destacar como más importantes son los siguientes: demografía, epidemiología, morbilidad, vialidad, topografía y climatología. (Ver figura 2.1)

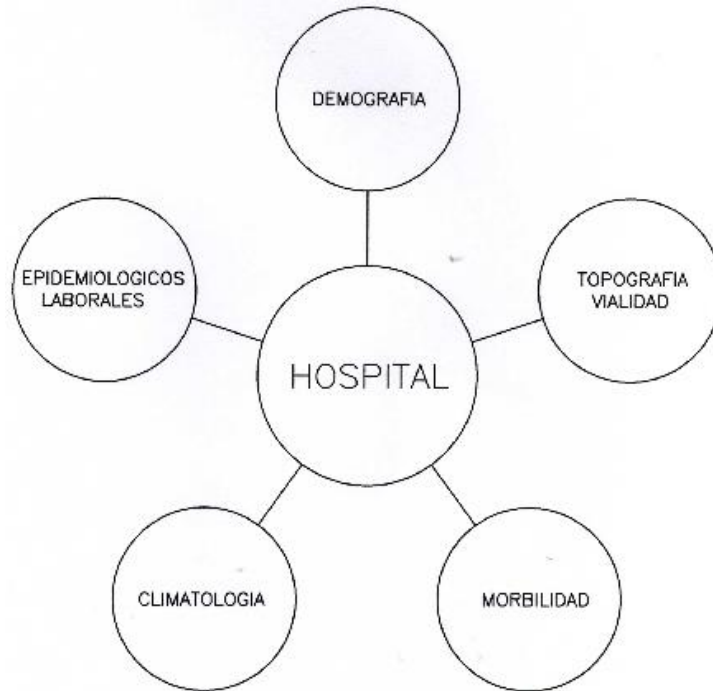


Figura 2.1. Factores que afectan la planificación de un hospital

I-2.3.1- Demografía

El estudio demográfico es de suma importancia para la creación de una institución hospitalaria. Los resultados de este estudio definirán el tamaño del hospital y las características de su diseño que involucren su futuro crecimiento sin alterar sustancialmente su estructura inicial. Las características o posibilidades técnicas actuales y futuras de la población determinarán el nivel de tecnología de las

instalaciones de la institución. No puede diseñarse un hospital con alta tecnología en un ambiente de poca capacidad técnica porque la haría altamente dependiente de lo externo al entorno y por lo tanto muy oneroso y complicados de mantener.

I-2.3.2- Aspectos epidemiológicos y laborales

Las condiciones epidemiológicas de la zona tienen mucho peso sobre las características de los servicios médicos que han de prestarse en el hospital. De acuerdo al cuadro epidemiológico que presenta la zona de ubicación de la institución se dará la necesidad de crear algunos servicios específicos para la atención de aquellas enfermedades predominantes del medio. De igual forma, en aquellas regiones de actividad industrial que presentan riesgos específicos de cierta probabilidad de ocurrencia, se preverán cuidados especiales para atender las emergencias.

I-2.3.3- Morbilidad.

La morbilidad es el indicador que expresa el grado de salud de una población y tiene gran importancia en el sentido que este factor va a determinar la capacidad y tipo de servicios hospitalarios, tanto en el aspecto de emergencias y ambulatorio como de hospitalización.

I-2.3.4- Topografía y vialidad

Estos factores son muy importantes ya que nos permitirá establecer las relaciones de servicio que deben existir entre las distintas instituciones de la zona, o en dado caso, crear características especiales, determinada por la poca o mucha comunicación con los otros centros o con el acceso de los pacientes a la institución.

I-2.3.5- Climatología.

El clima es un factor que se toma en cuenta para decidir la ubicación, la selección del terreno, y además, estos datos servirán para establecer la mejor orientación del hospital y en muchos casos la ubicación de hospitales especializados.

I-2.4- Estructura de un Hospital General

Generalmente los Hospitales Generales se dividen en 4 departamentos: el Departamento de Servicios Auxiliares de Diagnóstico y Tratamiento, el Departamento de Servicios Ambulatorios, el Departamento de Servicios de Hospitalización y el Departamento de Servicio Generales (1).

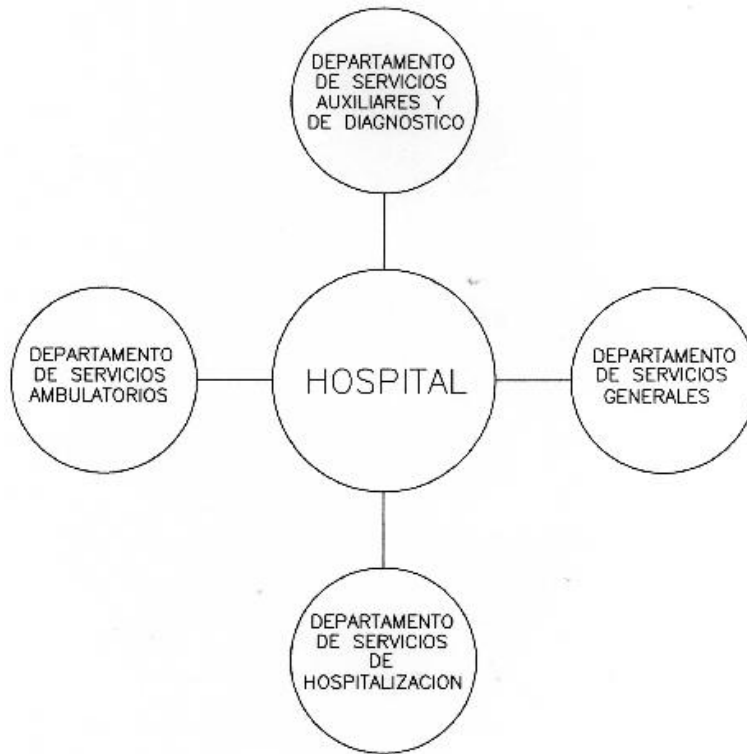


Figura 2.2. Estructura de un hospital

I-2.4.1- Servicios Auxiliares de Diagnóstico y Tratamiento

El departamento de Servicios Auxiliares de Diagnóstico y Tratamiento se encarga de complementar o verificar el diagnóstico de un paciente, o bien aplicar un tratamiento con fines terapéuticos. Está constituido por los servicios de radiaciones, laboratorios, anatomía patológica, banco de sangre, farmacia y otros. Esta dependencia se lleva de la mano con el departamento de Servicios Ambulatorios, ya que este último necesita de los servicios de diagnóstico para su actividad.

I-2.4.2- Servicios Ambulatorios

Este departamento está destinado a prestar atención médica a los pacientes, sin que estos sean internados. Está integrado por los servicios de consulta externa, de medicina curativa y medicina preventiva, además de servicios de medicina social. La medida de atención de estos servicios es a través de consultorios médicos.

I-2.4.3- Servicios de Hospitalización

Este departamento está integrado por los servicios de asistencia médica que atiende a los pacientes que por su condición tienen que ser internados en el hospital.

I-2.4.4- Servicios Generales

Este departamento está destinado a los servicios no médicos tales como: administración, mantenimiento, lavandería, cocina, central de vapor y electricidad. Servicios estos que son de suma importancia para el correcto funcionamiento de la institución hospitalaria.

I-2.5- Servicios que utilizan vapor

El gráfico de la Figura 2.3 se muestran los principales servicios que utilizan vapor en un hospital. Eventualmente se colocan puntos de vapor en áreas específicas del hospital para uso de lavado cuando los métodos convencionales no son efectivos, por ejemplo, paredes de la sala de autopsia y lavado de carritos en lavandería.



Figura 2.3. Vapor y su uso en el hospital

I-2.5.1- Esterilización

La esterilización se usa para eliminar cualquier forma de vida dañina a la salud, como son los virus o formas microbianas altamente resistentes como las esporas.

Este servicio se realiza en un lugar proyectado especialmente para ello el cual se llama Central de Esterilización o Central de Suministro, ver Figura 2.4. En este lugar se encuentran los equipos especiales de esterilización, en el que se esterilizan los utensilios y material quirúrgico y terapéutico; además de la ropa que usa el personal de los departamentos Quirúrgicos y Gineco-Obstétricos. Por lo general los utensilios y materiales de otros departamentos, como el de los laboratorios, se esterilizan en el mismo sitio de trabajo.

La Central de Esterilización se divide en tres áreas o zonas:

- a) Área Sucia
- b) Área Limpia
- c) Área Estéril

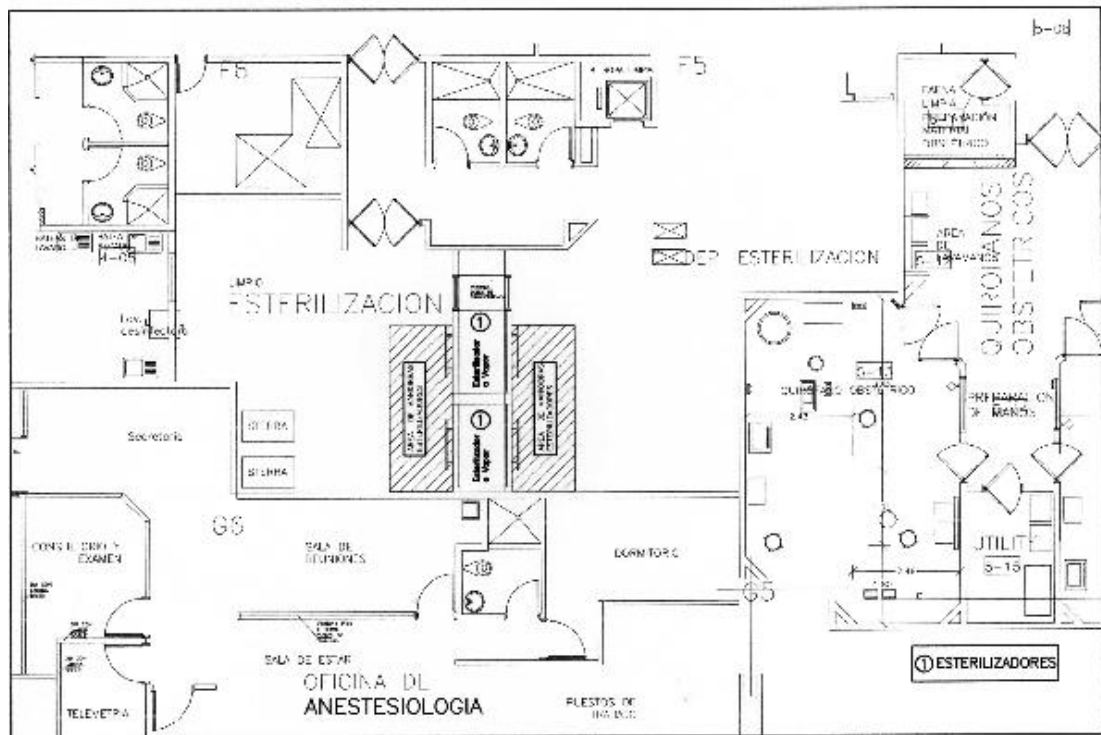


Figura 2.4. Central de esterilización típica de un hospital

Área Sucia-Área Limpia

Las lavadoras se ubican en la pared que divide el Área Sucia del Área Limpia, estas lavadoras tienen dos puertas, cada una abre hacia un área distinta, con la condición que cuando está abierta por un lado la máquina no permitirá que se abra la otra, esto con el fin de mantener el aislamiento de un área con respecto a la otra para evitar que el material limpio pierda esta condición.

Área Limpia-Área Estéril.

Entre el Área Limpia y el Área Estéril se encuentran los equipos esterilizadores. Estos tienen una puerta para cada área, con la misma finalidad que con las máquinas lavadoras. Estos equipos transforman el material limpio en estéril, y funcionan, dependiendo del proceso, a altas temperaturas y altas presiones así como también vacío, y con sustancias características para cumplir las funciones de esterilización.

I-2.5.1.1- Tipos de esterilización.

Los métodos usuales para esterilizar son los siguientes:

- a) Esterilización en base a aire caliente.
- b) Esterilización en base a gas.
- c) Esterilización en base a vapor húmedo.

I-2.5.1.1.1- Esterilización en base a aire caliente.

Este tipo de esterilización es adecuada para grasas, y para todo lo que se dañaría si se esterilizara con vapor. Los procesos con este método pueden llegar a temperaturas de aproximadamente de 122 °C y el tiempo aproximado para algunos procesos puede ser de hasta 6 horas (2).

I-2.5.1.1.2- Esterilización en base a gas.

Este tipo de esterilización es apropiado para materiales e instrumentos que se dañan o se destruyen a altas temperaturas, tales como objetos de plástico o equipos de precisión. Estos procesos alcanzan temperaturas de hasta 54 °C y pueden durar de 4 a 6 horas. El gas que se usa es generalmente óxido de etileno (2).

I-2.5.1.1.3- Esterilización en base a vapor húmedo

La esterilización en base a vapor húmedo es probablemente la más efectiva, además de que es útil para todo el trabajo de ropa e instrumentos, sin embargo no es útil para grasas, líquidos u otros materiales. Estos procesos pueden realizarse a temperaturas de 134 °C, y el tiempo de esterilización fluctúa entre 2 y 20 minutos generalmente (2).

En aspectos generales relacionado al tema de los equipos esterilizadores, existen en la actualidad equipos que combinan los métodos y técnicas descritas anteriormente para cubrir de una manera efectiva y económica todas las necesidades de esterilización de los instrumentos y accesorios en un Hospital. Además la implementación de estos equipos reduce el espacio de la Central de Esterilización.

I-2.5.2- Cocina

El servicio de cocina en un hospital se encarga de preparar y suministrar a los pacientes y empleados (médicos, enfermeras, personal administrativo, obreros y técnicos), las comidas en las cantidades necesarias y en los horarios establecidos para las mismas. La Figura 2.5 es un ejemplo de cocina en un hospital general.

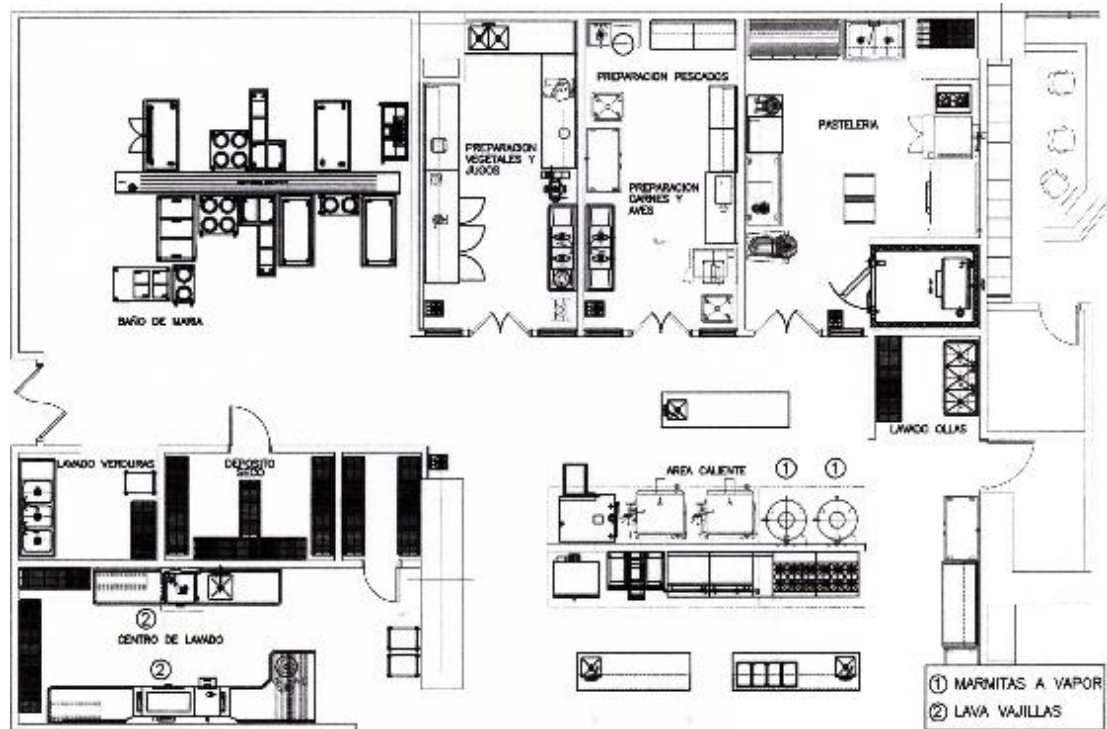


Figura 2.5. Cocina típica de un hospital

En este servicio se utiliza diferentes equipos que pueden utilizar vapor. Entre ellos los más importantes son las marmitas, las cuales son ollas de acero inoxidable que se utilizan para preparar las sopas, los salcochos y en algunas se hierve la leche. Entre otros tenemos los hornos, el cocedor a vapor y los lavaplatos.

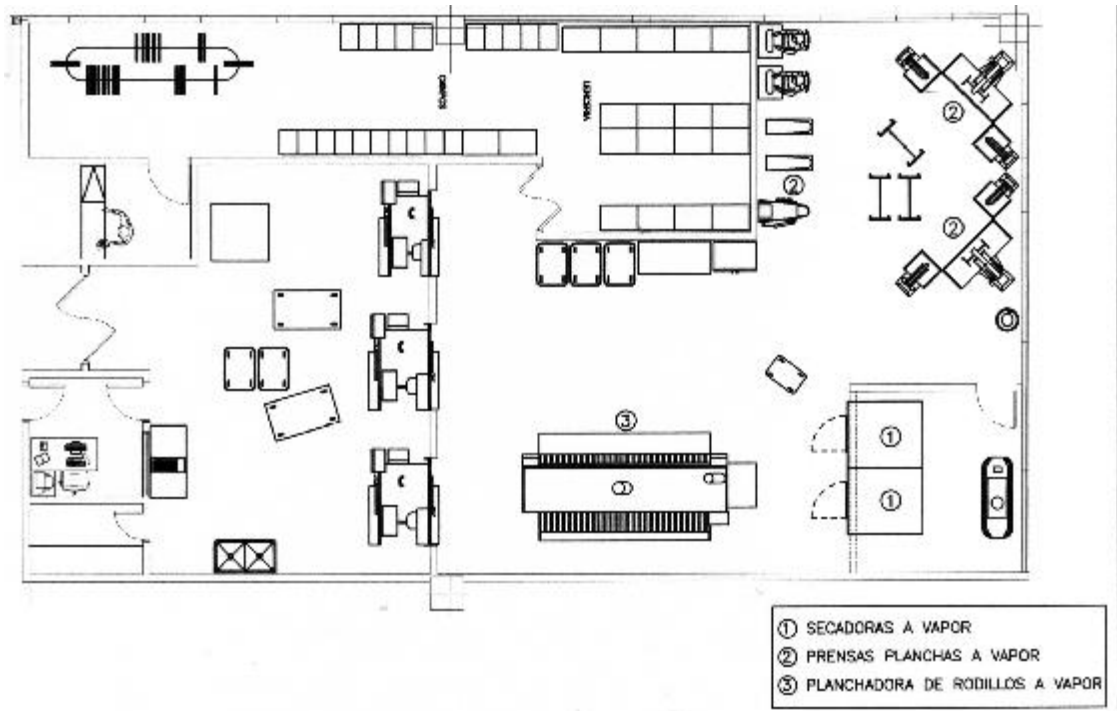
Eventualmente se dejan tomas de vapor directo para el lavado de carritos o de áreas que acumulan sucios difíciles de eliminar por otros métodos

I-2.5.3- Lavandería

La lavandería es el departamento que se encarga del lavado y planchado de la ropa, sábanas y funda de almohadas para los pacientes en condición de

Hospitalizados; igualmente uniformes de médicos, paramédicos y enfermeras. La Figura 2.6 es un ejemplo de lavandería en un hospital general.

En los procesos donde se utiliza agua caliente y vapor es en lavado, secado y planchado. Este es uno de los servicios que utiliza más vapor.



La Figura 2.6 Ejemplo de lavandería en un hospital general.

I-2.5.4- Agua caliente

Este servicio está dividido en dos partes, una dedicada al agua caliente de uso sanitario y otra para el agua caliente de servicio. El agua caliente de uso sanitario es para el uso corriente en las instalaciones sanitarias típicas de una edificación. El agua de servicio es utilizada, principalmente, para los servicios de lavandería y cocina. El agua de uso sanitario deberá tener una temperatura de 60°C y el agua caliente de servicio deberá tener una temperatura promedio de 80°C.

La energía para calentar el agua puede ser vapor, gas o electricidad. Los calentadores podrán tener un tanque de almacenamiento de agua o pueden ser del tipo instantáneo.

Los de tipo tanque funcionan como un termo en el cual se calienta el agua y se almacena, los instantáneos suministran agua según la demanda del sistema.

Los calentadores de agua tipo tanque tienen las siguientes desventajas (3):

- a) Consumen una gran cantidad de espacio físico.
- b) Permiten puntos de amplificación y colonización de la bacteria Legionella.
- c) La reparaciones de los tanques es difícil, y el reemplazo del tanque requiere de modificaciones en la estructura del cuarto de máquina.
- d) Consumen gran cantidad de energía.
- e) Su deterioro por lo general contamina el ambiente.

Los calentadores instantáneos se usan con mayor frecuencia por las siguientes razones (3):

- a) Son constantes, no tienen que variar la presión del vapor dentro de la carcasa, evitando así la rotura del ciclo.
- b) El sistema de distribución de agua caliente utilizado para estos calentadores elimina los requerimientos de válvulas de control de vapor o dispositivos de control de temperatura en dichos calentadores.
- c) Estos calentadores entregan al sistema una temperatura constante de agua caliente.
- d) No crean puntos de colonización de la bacteria Legionella.

PARTE II: PLANTAS DE GENERACION DE VAPOR Y SISTEMAS DE DISTRIBUCION

II-2.1- Aspectos Generales

El sistema de vapor de un hospital general está constituido por el sistema central generador de vapor y las líneas de distribución de vapor y retorno de condensado.

La central de vapor, considerando el espacio que alberga las calderas (ver Figura.2.7) incluye, además, equipos de apoyo y distribución: tanque de retorno de condensado, múltiple de distribución de vapor y planta de tratamiento. Por lo general los equipos para calentamiento de agua de uso sanitario y de servicio también se encuentran en la sala de calderas.

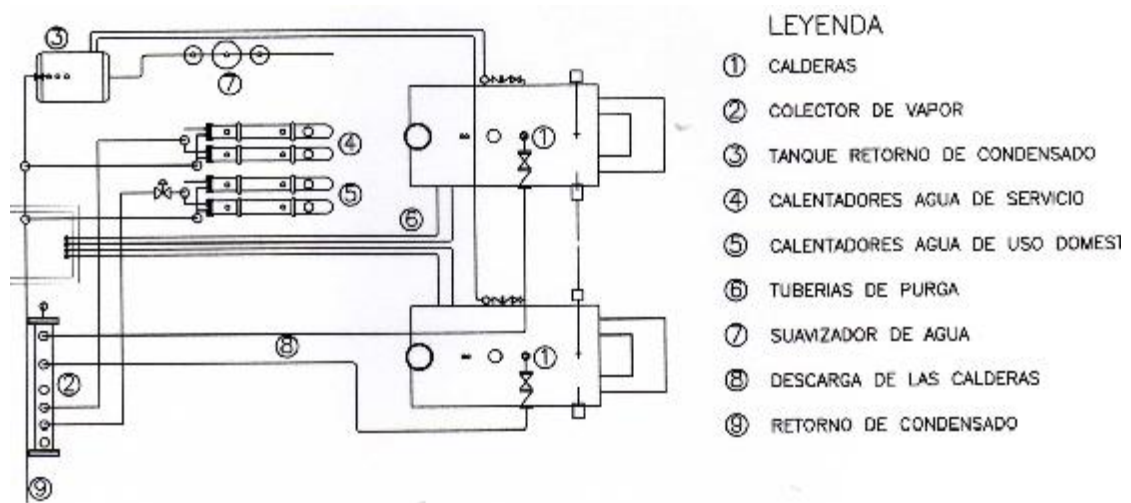


Figura 2.7 Central de vapor típica

Este vapor generado en la central se distribuye, a través de tubería hacia los servicios que lo requieran: cocina, lavandería, esterilización, calentadores de agua, y otros.

II-2.2- Las Calderas

II-2.2.1- Clasificación de las calderas

- a) De acuerdo al uso se clasifican en estacionarias, portátiles, loco-motivas y marinas (4).
- b) De acuerdo a la posición relativa de los gases y el agua se conocen como de tubos de fuego y tubos de agua (4).
- c) De acuerdo a la posición de sus ejes principales se clasifican en horizontales, inclinadas o verticales (4).

Para los sistemas hospitalarios nos limitaremos a la clasificación de acuerdo a la posición relativa de los gases y agua. El tipo de caldera más utilizado es el de tubos de fuego. La razón se debe a que no se requiere gran capacidad generadora o grandes presiones que justifiquen la utilización de otro tipo(4).

II-2.2.2- Elementos de una caldera de Tubos de Fuego

Los principales componentes internos de una caldera horizontal de tubos de fuego, similar a las utilizadas en la generalidad de nuestros hospitales son: el cuerpo de la caldera y el quemador, ver Figura 2.8 y ver Anexo 2:

II-2.2.2.1- Cuerpo de la caldera

Constituido por un cilindro de acero herméticamente cerrado expuesto a la acción de los gases y cuyos elementos principales son:

- a) **Cámara de agua** es el espacio ocupado por el agua hasta el nivel de trabajo, teniendo un volumen total dado por los niveles máximo y mínimo de operación (4).
- b) **La cámara de vapor** es el espacio ocupado por el vapor (4).

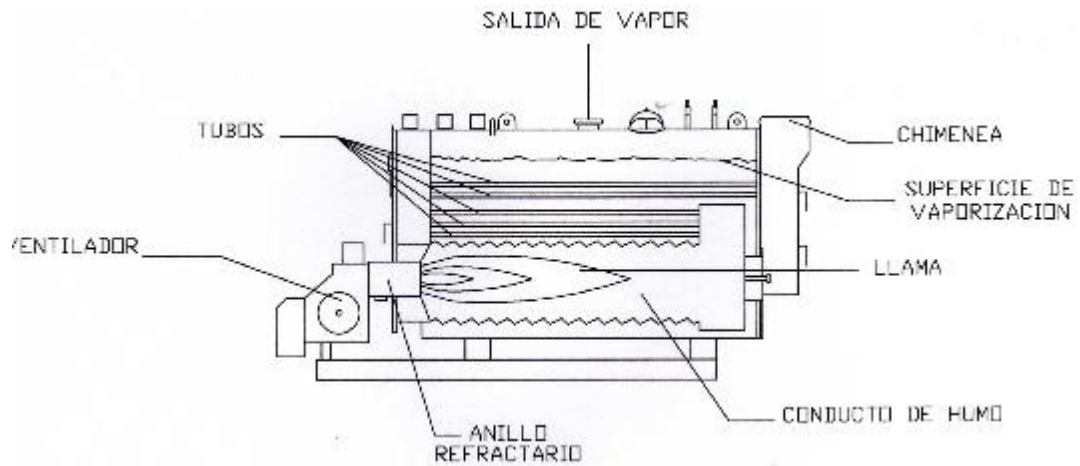


Figura 2.8 Corte esquemático de una caldera.

- c) **La superficie de calefacción** es el área que se encuentra por un lado en contacto con el agua y por el otro lado con los gases de la combustión (superficies exteriores e interiores de los tubos) (4).
- d) **La superficie de vaporización** es la que separa en cualquier instante los espacios ocupados por el agua y el vapor (4).
- e) **El conducto de humos** son todos aquellos elementos que conducen los productos de la combustión desde el hogar hasta la base de la chimenea(4).

El tiro es la depresión que contribuye al paso de los gases a través de la caldera, puede ser natural producido por la chimenea y el artificial producido por los medios mecánicos, que a su vez se subdivide en tiro forzado (con ventiladores) y tiro inducido (con extractores). Por lo general, por la altura de la chimenea, no se necesitan tiros mecánicos.

La chimenea, que es el conducto destinado a evacuar los productos de la combustión a la atmósfera a una altura suficiente para evitar molestias y que cumplan con la normativa vigente.

II-2.2.2.2- Quemador

Está constituido por los siguientes elementos:

- a) **El ventilador** que suministra el aire en el volumen y la presión adecuada para la combustión (4).

- b) **El control de llama** formado por una célula fotoeléctrica que detecta la existencia de la llama y en su defecto corta el combustible (4).
- c) **La bomba de combustible**, que provee la presión necesaria para llevar el combustible líquido hasta las boquillas del quemador (4).
- d) **Anillo protector**, muro de material refractario, que tiene la función específica de evitar la radiación al quemador y darle forma a la llama (4).

Por lo general las calderas de tubo de fuego tienen quemador dual que por medio de un selector son usadas con combustible líquido (gas oil), o con gas natural. De todas formas el gas es imprescindible para mantener el piloto encendido.

II-2.2.3- Sistema de distribución del vapor

El sistema de distribución del vapor está constituido principalmente por: el colector o distribuidor y las líneas de distribución de vapor y retorno de condensado.

II-2.2.3.1- Colector o múltiple de vapor

Es un elemento de diámetro por lo menos dos veces el diámetro de descarga de la caldera, donde llega directamente la tubería de descarga de los equipos centrales. Desde este múltiple se distribuyen los ramales hacia los diferentes servicios, pudiéndose de esta forma aislar tramos completos de la instalación, y por lo general se facilita el control de las presiones de las diferentes áreas.

II-2.2.3.2- Líneas de distribución de vapor y retorno de condensado

El sistema de líneas de distribución lo constituye el pasaje cerrado para el suministro de vapor desde la planta de generación hasta los puntos en que va a ser usado. Las tuberías pueden estar unidas mediante soldadura, juntas roscadas o bridas, dependiendo del diámetro. Además las líneas de distribución deben estar sostenidas mediante anclajes y soportes apropiados y deben estar equipadas con mecanismos para facilitar y absorber la dilatación debido a cambios de temperatura y de esta forma evitar daños a las mismas y a las estructuras de la edificación.

De gran importancia es colocar estratégicamente juntas universales o juntas embridadas que permitan, en cualquier momento el desarme y reparación o sustitución de un tramo de tubería. La Figura 2.9 señala en forma general el esquema total del sistema de vapor de un hospital.

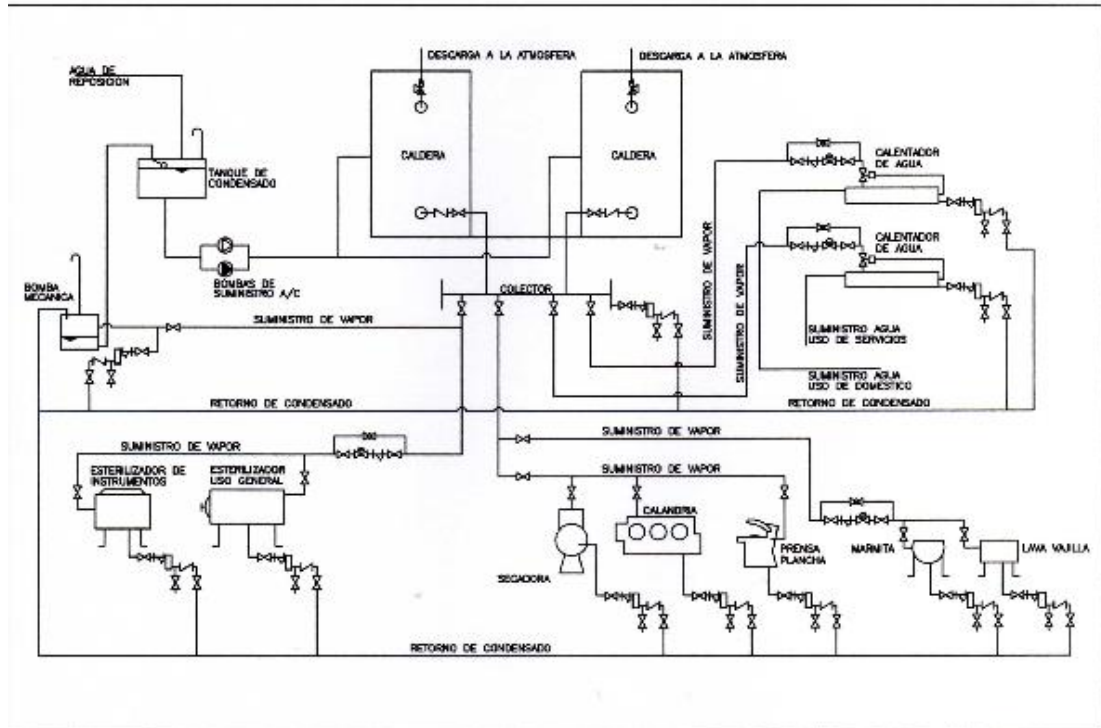


Figura 2.9 Esquema general de un sistema de vapor

Una vez que el vapor se ha condensado y ha entregado su calor latente, el condensado caliente debe ser removido inmediatamente. Aunque el calor disponible en un kilogramo masa de condensado es despreciable comparado con el de un kilogramo masa de vapor, el condensado caliente es todavía algo valioso y debe ser retornado a la caldera.

El condensado que se ubica en el fondo de las líneas de vapor puede ser la causa de una clase de golpe de ariete. El vapor viajando a 44 m/s forma olas cuando pasa sobre el condensado, si se forma mucho condensado parte de este, en forma de partículas de agua, es arrastrado a gran velocidad y cualquier cosa que cambie su dirección: codos, tees, válvulas, por ejemplo, puede sufrir daños considerables.

Las líneas de retorno de condensado son el conjunto de tubería que llevan el condensado formado en las línea de distribución y en los equipos debido a las pérdidas dinámicas y térmicas del vapor hacia el tanque de condensado para ser mezclado con el agua de reposición y suministrado nuevamente a las calderas.

II-2.2.3.2.1- Tuberías.

Las tuberías deben ser hechas de materiales resistentes a las temperaturas y presiones utilizadas en estos sistemas. Generalmente se usan de acero al carbono. Las uniones se pueden hacer mediante bridas, soldadura o roscas, con aplicaciones de teflón para su sello.

II-2.2.3.2.2- Absorbedores de dilatación.

Los mecanismos absorbedores de dilatación o expansión son métodos usados para compensar la dilatación en las líneas de vapor y de esta forma evitar daños y desalineación de las tubería o daños a las estructuras de los edificios. Los métodos más conocidos son el uso de la flexibilidad de la tubería y las juntas de expansión, de las cuales las más conocidas son: el tipo corrugado y las deslizantes.

El uso de la flexibilidad propia de la tubería para absorber las deformaciones debidas a los cambios de temperatura es el más eficiente y confiable. Esta forma de absorber las deformaciones está limitada por el espacio necesario para el diseño de las mismas. Muchas veces se usan los cambios de dirección de la tubería como un medio de expansión.

Las juntas de expansión son accesorios mecánicos, de alguna manera flexible, usados para absorber la dilatación en las líneas de vapor.

Los tipos deslizantes, ver Figura 2.10, son juntas constituidas por un cuerpo de fundición donde desliza en su parte interior, provista de una empaquetadura, la tubería, que puede moverse longitudinalmente para absorber el movimiento producido por la dilatación.

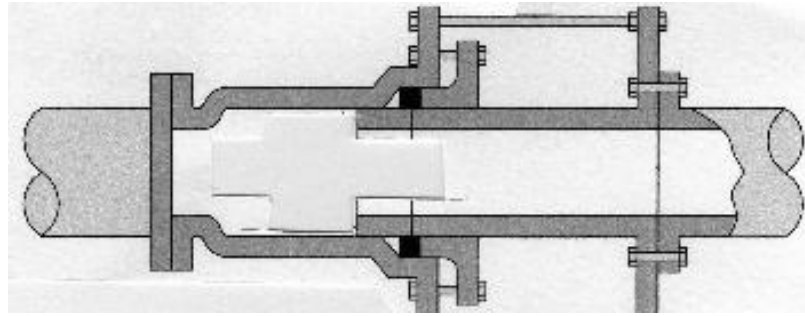


Figura 2.10 Ejemplo de junta de dilatación del tipo deslizante

Los tipos deslizantes, requieren que la tubería esté perfectamente anclada y guiada, solo es aplicable a deformaciones longitudinales y cualquier desalineación puede dañar su empaquetadura.

Las juntas de dilatación del tipo fuelle metálico, ver Figura 2.11 son más utilizadas que las de deslizamiento, se fabrican tanto para deformaciones longitudinales como angulares, incluso las diseñadas para absorber deformaciones longitudinales pueden resistir pequeñas deformaciones angulares, por lo que el efecto de pequeña desalineación de la tubería no es tan peligroso.

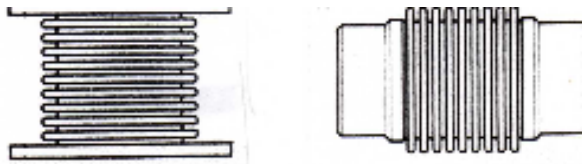


Figura 2.11 Ejemplo de junta de dilatación del tipo fuelle

II-2.2.3.2.3- Trampas de vapor

Una trampa de vapor es una válvula automática que permite el libre paso de condensado, eliminando el aire y otros gases no condensables de la tubería de vapor y equipos que trabajan con el mismo, a la vez impide fugas de vapor al

sistema de retorno. Las trampas de vapor se pueden clasificar, principalmente, en trampas de balde invertido; y trampa termo estática y de flotador.

En la trampa de vapor de balde invertido, ver Figura 2.12, el balde abre la válvula para que salga el condensado cuando está totalmente llena y cierra cuando hay vapor. Cuando el vapor llega a la trampa se dirige a la parte alta haciendo flotar el dispositivo (balde). El balde se levanta y lleva a la válvula hacia su asiento, trancando la comunicación con la tubería de retorno. Aire y dióxido de carbono pasan a través del orificio de ventilación del balde y se acumulan en la parte alta. El vapor que pasa a través de este orificio de ventilación se condensa dentro de la trampa.

Cuando la entrada de condensado llega hasta un nivel ligeramente superior al eje neutro el balde ejerce una pequeña fuerza en la palanca para abrir el paso de condensado, pero no lo abre hasta que el condensado no alcance el nivel de abertura dado por la diferencia de presión entre el vapor y la presión en la línea de condensado. En este momento el peso del balde excede la fuerza que mantiene cerrada la válvula; el balde se hunde y la válvula se abre. Cualquier cantidad de aire o dióxido de carbono acumulado es descargado primero antes que el condensado. La descarga continúa hasta que más vapor hace flotar el elemento y cierra la válvula.

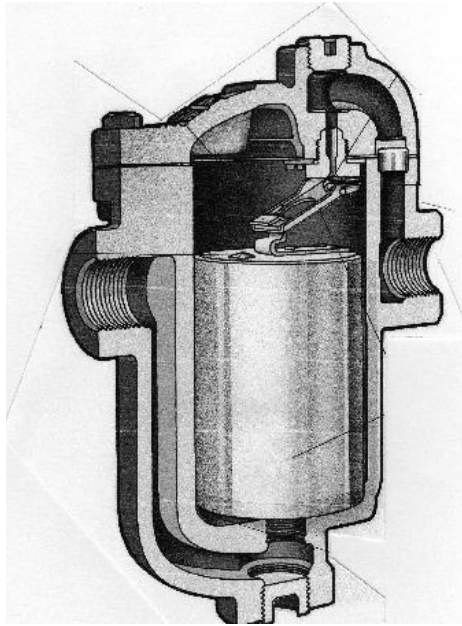


Figura 2.12 Trampa de vapor de balde invertido

Las trampas termo estáticas y de flotador son trampas mecánicas que operan bajo los principios de densidad y temperatura, ver Figura 2.13. El flotador opera bajo el principio de densidad; un pequeño brazo conecta el flotante a la válvula y asiento. Una vez que el condensado alcanza cierto nivel en la trampa, el flotante se eleva y abre la válvula, drenando el condensado. Un sello de agua formado por el condensado evita la pérdida de vapor.

Dado que la válvula de descarga está sumergida no es capaz de ventilar aire y gases no condensables. Cuando la cantidad de aire y gases no condensables es tal que causa una significativa caída en la temperatura, una válvula de purga termo estática colocada en la parte alta de la trampa abre y descarga los gases. La válvula termo estática abre a una temperatura ligeramente menor que la temperatura de saturación.

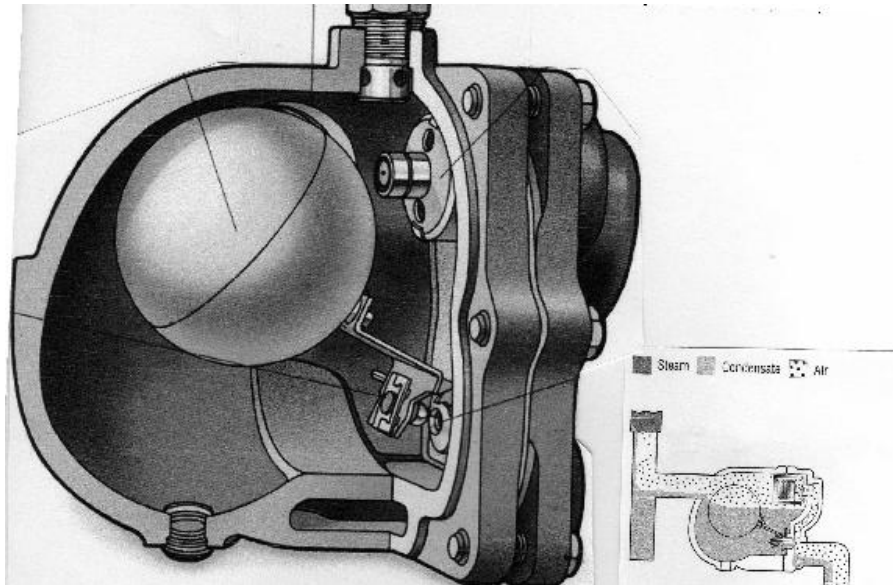


Figura 2.13 Trampa termo estática y de flotador

La presión en la línea de retorno solo tiene efecto en las trampas de flotador y termo estáticas en lo que se refiere al caudal de descarga, pero no cierra ni abre la trampa cuando es alta, la descarga solo obedece al efecto de flotación.

II-2.2.3.2.4- Bomba a presión para condensado.

Para el bombeo de condensado en capacidades o con alturas que no se pueden manejar con las trampas de vapor convencionales se utilizan las bombas a presión, por aire comprimido o por utilización de la misma presión de vapor del sistema.

La Figura 2.14 representa una bomba de accionamiento a presión que funciona con la presión de vapor del sistema. El condensado cae en un depósito que esta a presión atmosférica y de ahí por gravedad va a la bomba. Dentro de la bomba hay un flotador conectado a la línea de entrada; este flotador tiene un mecanismo que acciona tres válvulas: una válvula en la entrada del condensado, otra en la tubería de ventilación de la bomba y otra en la entrada de vapor.

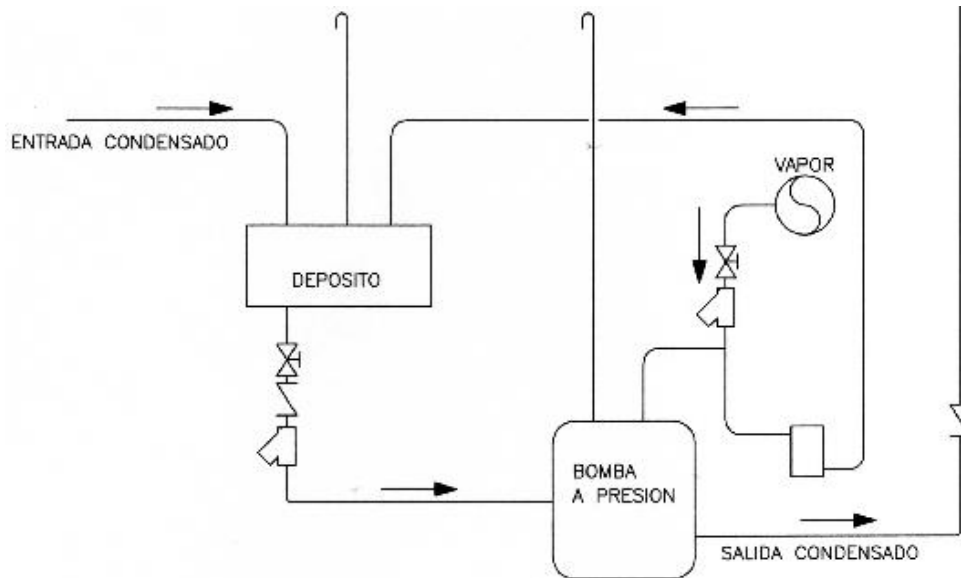


Figura 2.14 Bomba de accionamiento a presión

Cuando la bomba está vacía están abiertas las válvulas de entrada de condensado y la de la tubería de ventilación y está cerrada la entrada de vapor. El condensado empieza a fluir por gravedad dentro de la bomba hasta alcanzar un nivel dado por el tamaño del equipo. Una vez alcanzado este nivel el mecanismo, fijado al flotador, cierra la válvula de entrada de condensado y la válvula de la ventilación y abre la válvula del vapor, el condensado fluye entonces por la tubería de salida hasta que alcanza su nivel mínimo dentro de la bomba y se repite el ciclo.

La bomba a presión maneja pequeñas cantidades de condensado en comparación con una bomba eléctrica, sin embargo, bajo las mismas necesidades se prefiere a la bomba de presión por ser más segura y de menor mantenimiento.

II-2.2.3.2.5- Anclajes, soportes y guías

Los tipos de soportes más usados en sistemas de distribución de vapor son los de tipo deslizante. Estos soportes permiten la libre expansión de la tubería mediante elementos deslizantes como se nota en el ejemplo de la Figura 2.15.

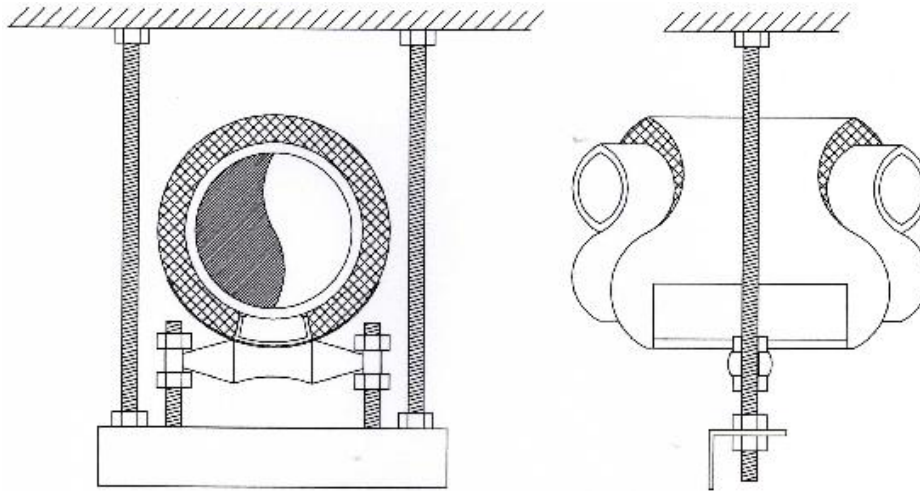


Figura 2.15 Ejemplo de soporte deslizante

Los anclajes, ver ejemplo en Figura 2.16, son soportes que se caracterizan por mantener la tubería rígida, en una posición determinada y en un punto dado. Siempre que se usen anclajes deben utilizarse elementos de expansión que permitan la dilatación y contracción de la tubería.

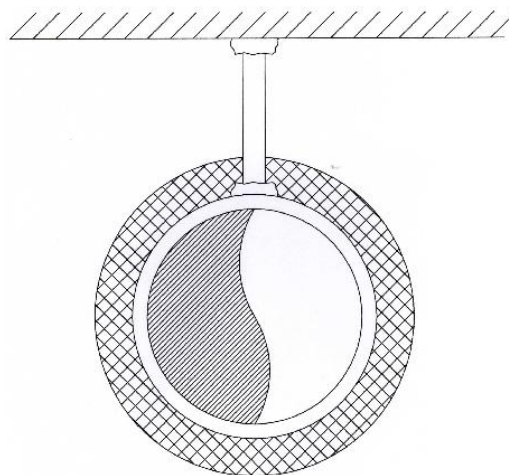


Figura 2.16 Ejemplo de anclaje desde techo

II-2.2.3.2.6- Aislante

El aislante térmico está constituido por el revestimiento exterior de las tuberías de distribución de vapor y retorno de condensado y su función es retardar la pérdida de calor a través de las paredes de las tuberías. De no usar aislante para recubrir la tubería la pérdida de calor ocasionaría gastos de combustible que pueden llegar a triplicar el costo del aislante en menos de un año de uso y por supuesto generaría más condensado trayendo problemas de golpes de ariete.

II-2.2.4- Sistema de alimentación de agua de la caldera

Su función es remplazar el agua que se vaporiza en la caldera para mantener el nivel de agua adecuado para la operación de la misma. Para calderas de bajas presiones se utilizan sistemas con bombas centrífugas y para calderas de altas y medianas presiones se usan sistemas con bombas de desplazamiento positivo.

El funcionamiento del sistema de alimentación va a estar controlado por los reguladores de nivel automáticos, entre los cuales los más utilizados son el tipo flotante y el tipo de electrodos.

En el tipo flotante, cuando el nivel del agua baja acciona un interruptor de mercurio que prende la bomba del sistema de alimentación. Si el agua sigue bajando acciona un segundo interruptor para apagar la caldera por bajo nivel.

El sistema de electrodos funciona como interruptores de bajo y alto nivel, enciende la bomba cuando el nivel esta bajo pero no apaga la caldera si está muy baja.

El sistema de alimentación de agua de la caldera está conformado por dos elementos principales: el tanque de condensado y el sistema de agua de reposición.

II-2.2.4.1- Tanque de condensado

El tanque de condensado tiene la función de recoger todo el condensado que retornan de las líneas y los equipos, para de esta forma inyectarla de nuevo a la caldera por medio de la bomba de alimentación, ver Figura 2.17

La finalidad de utilizar el condensado es reducir el consumo de agua tratada y por ende el consumo de energía.

Al tanque de condensado también llega una tubería de agua de alimentación, el cual repone las pérdidas de agua en el caso de que sea necesario. Esta alimentación de agua fría no debe utilizarse para disminuir la temperatura del condensado ya que esto representa una pérdida económica para la institución.

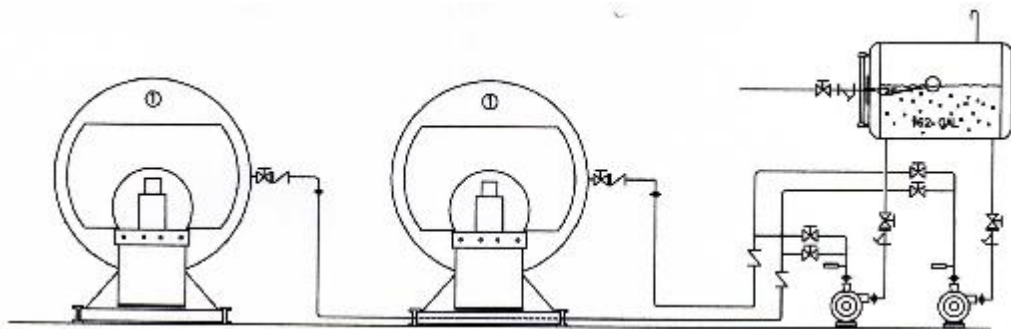


Figura 2.17 Sistema de alimentación de agua a las calderas

Una de las ventajas de usar tanque de condensado es permite liberar gases disueltos en el agua, evitando así la corrosión producida por los mismos.

II-2.2.4.2- Agua de reposición

En toda instalación de vapor hay que reponer el agua que se pierde en la instalación, bien sea por uso de vapor directo, evaporización, fugas o purgas de las calderas. Generalmente en esta acción se integran los equipos de tratamiento de agua.

El tratamiento del agua se realiza con el fin de reducir las posibilidades de producirse incrustaciones en los tubos de las calderas. En algunos casos solo se usan tratamientos químicos internos en las calderas, pero generalmente se utilizan los dos, internos y externos al mismo tiempo.

El equipo más usado para realizar el tratamiento externo del agua es el suavizador por intercambio iónico, y de ellos el de zeolita-sodio es el más usado. Algunas de las ventajas del proceso de suavización zeolita-sodio son:

- a) Se logra prácticamente dureza cero.
- b) La operación es simple.
- c) No se necesita equipo de mezclado.
- d) Es el más económico para remover dureza no carbonatada.

II-2.2.5- Elementos de control y alarma

Los elementos de control y alarma tienen el objeto de mantener el sistema en perfecta armonía y correcto funcionamiento, evitando problemas que puedan afectar el ciclo de trabajo o que puedan generar accidentes graves.

Entre los elementos de control tenemos: los manómetros, indicadores de nivel, estaciones reductoras de presión y las válvulas.

II-2.2.5.1- Los manómetros

Los manómetros son instrumentos que permiten la medición de la presión manométrica en un sistema de flujo. Como elementos de control tienen el objeto de permitir conocer la presión de trabajo de la caldera y el sistema de distribución. La importancia de los manómetros es saber que el sistema esté funcionando a la presión normal de trabajo.

II-2.2.5.2- Indicadores de nivel

Toda caldera debe tener dos mecanismos independientes para la medición del nivel del agua, uno de ellos de cristal indicador y el otro pueden ser válvulas de prueba.

El cristal puede ser un tubo de vidrio resistente con ambos extremos conectados al interior de la caldera, de tal manera que el nivel del agua en el tubo es representativo del nivel del agua en la caldera.

II-2.2.5.3- Válvulas

Las válvulas son elementos de control de flujo. Ellas permiten alcanzar las condiciones de flujos deseadas en el sistema, así como restringir el paso del mismo para ciertas necesidades.

La selección de la válvula adecuada es de gran importancia para obtener el mejor resultado posible. No existen válvulas para “todo propósito”, la correcta selección toma en cuenta consideraciones sobre el tipo de necesidad para lo que se quiere la válvula, el tipo de fluido y su temperatura y presión.

Las válvulas más utilizadas en los sistemas de vapor son: válvulas de compuerta, válvulas de globo, válvulas en ángulos y válvulas de retención.

Las válvulas de compuerta ofrecen muy poca resistencia al paso del fluido, por esta razón generalmente no se usan para regular flujo. Las válvulas de compuertas, ver Figura 2.18, son adecuadas donde se requiere un flujo irrestricto tal como en la succión de las bombas y en línea principales. Son idealmente adecuadas como válvulas de cierre de servicio donde la compuerta está totalmente abierta o cerrada. No son adecuadas para estrangulamiento del fluido.

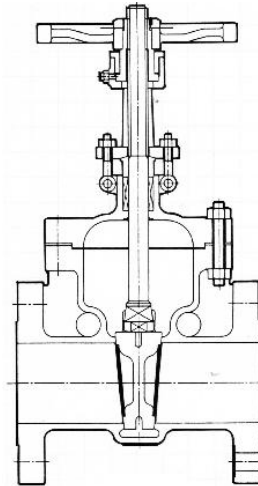


Figura 2.18 Ejemplo de una válvula de compuerta

Las válvulas de globo, ver Figura 2.19, causa un cambio en la dirección del fluido a través de ella, aumentando las pérdidas de presión pero permitiendo un estrecho control del flujo. Son muy adecuadas para servicio de estrangulamiento. Dado que el disco y el asiento de una válvula de globo son fáciles de desmontar, reparar o sustituir las válvulas de globo son adecuadas para servicio pesado donde es frecuentemente operada.

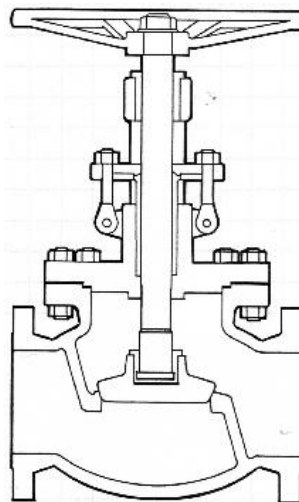


Figura 2.19 Ejemplo de una válvula de globo

Las válvulas en ángulo tienen las mismas características de diseño y operación que las válvulas de globo. Se usan cuando se da un giro de 90 grados porque

ofrece menos resistencia que una válvula de globo y un codo y porque reduce los costos de instalación.

Las válvulas de retención, ver Figura 2.20 se utilizan para evitar el flujo en sentido contrario. Las válvulas de retención se mantienen abiertas en el sentido del flujo y cierran cuando el flujo se invierte. Hay dos tipos fundamentales de válvulas de retención: las de oscilación o balanceo de un disco y las de movimiento longitudinal de una cuña.

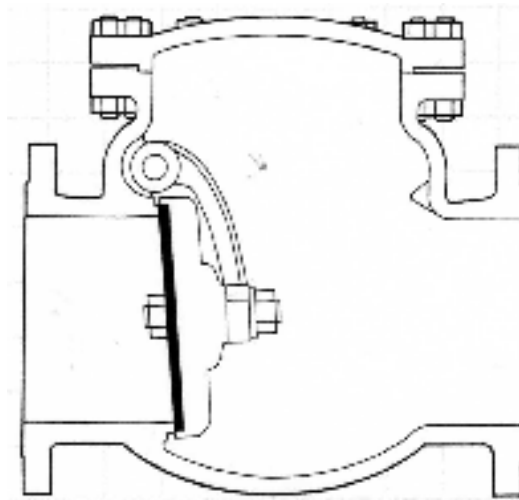


Figura 2.20 Ejemplo de una válvula de retención

Las válvulas reguladoras de presión son elementos utilizados para reducir la presión de trabajo en caso de ser necesario. Estas válvulas generalmente son operadas por un resorte. Este resorte a su vez puede ser controlado por un diafragma o por la acción directa de la presión controlada a través de la válvula piloto y un fluido de operación auxiliar tal como aceite o aire comprimido.

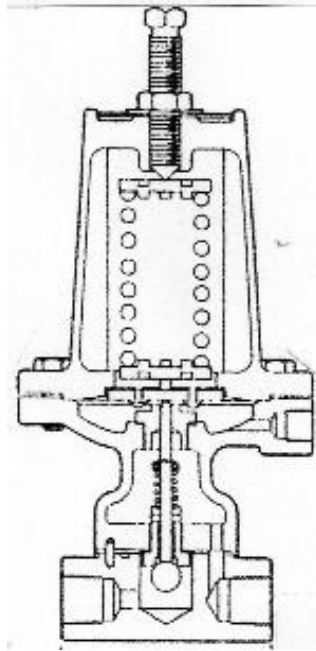


Figura 2.21 Ejemplo de una válvula de reductora de presión

Las válvulas de seguridad tienen la función de desahogar el vapor de la línea o de la caldera cuando la presión exceda la presión normal de trabajo. En las calderas tendrán la capacidad para desahogar todo el vapor que pueda ser generado, sin que la presión aumente más de un 6 % sobre la presión máxima admisible de trabajo. No deberá existir entre la válvula de seguridad y la Caldera ningún tipo de estrangulamiento. La descarga de la válvula debe ser a la atmósfera con el menor estrangulamiento posible.

II-2.2.5.4- Estaciones reductoras de presión

En los equipos que trabajen por debajo de la presión normal de la línea, se les coloca antes de la conexión una estación reductora de presión. Esta estación reguladora está provista por una válvula de seguridad y una válvula reductora de presión. Se instala una desviación provista de una válvula de globo que permita eventualmente hacerle mantenimiento a la válvula reductora de presión, ver Figura 2.21.

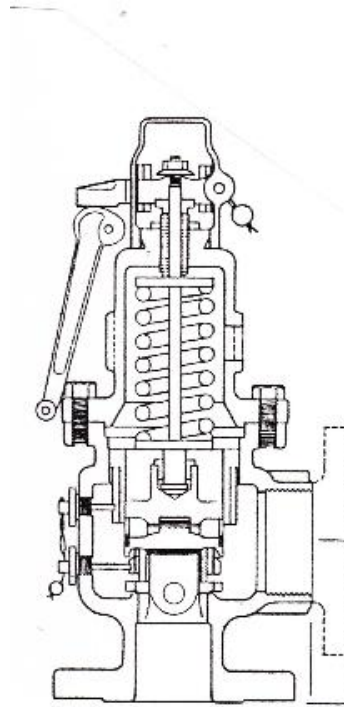


Figura 2.22 Ejemplo de una válvula de seguridad

II-2.2.5.5- Alarmas

Los sistemas de alarma en las calderas se usan para que detecten cuando los niveles de agua adentro de la misma están bajos, llamando la atención del operador para que rectifique la situación. Entre estos sistemas se encuentran los sistemas de silbatos, que pueden ser instalados directamente sobre la caldera o la columna hidrométrica y los tapones fusibles.

Los tapones fusibles consisten de un tapón de cobre perforado y sellado con una aleación de bajo punto de fusión, enroscado en las paredes de la caldera con el objeto de facilitar su reemplazo.

CAPITULO III

CALCULOS TIPO

3.1- Estimaciones del consumo de vapor de un Hospital General

La determinación del consumo de vapor del Hospital se realiza haciendo un estudio de los servicios que necesiten el uso del mismo. El vapor en los hospitales, como se ha mencionando, se utiliza principalmente para esterilizar los materiales médico quirúrgicos, así como los instrumentos que se utilizan en los laboratorios.

El vapor también se usa para otros servicios, como lo son: producción de agua caliente para uso doméstico e industrial, para funcionamiento de equipos de cocina y lavandería, para calefacción y por último para equipos que funcionen por absorción de calor.

En este trabajo se va a considerar solo los servicios de lavandería, esterilización, cocina y agua caliente.

Los consumos de vapor se van a determinar realizando un estudio de los aparatos que se van a usar en los diferentes servicios antes mencionados. Se va a hacer un perfil de uso por servicio para determinar la carga pico por aplicación; y un perfil de uso total para determinar la carga pico de las calderas.

3.2- Cálculo de la capacidad de una caldera

La capacidad de la caldera se calcula usando la Formula 3.1 (5) donde el consumo de vapor está representado por la carga pico de las calderas determinado según las estimaciones de consumo de vapor.

$$H_p \text{ de caldera} = W (h_2 - h_1) / 33500 \quad (3.1)$$

Donde:

W: Consumo de vapor en libra masa por hora

h_1 : Entalpía de entrada de agua en Btu por libra masa.

h_2 : Entalpía del vapor saturado seco a la presión de la caldera en Btu por libra masa.

3.3- Determinación del sistema de distribución

3.3.1- Líneas de distribución de vapor y retorno de condensado

3.3.1.1- Estimación de los diámetros de las tuberías de vapor

Para la estimación del diámetro de la tubería se toma en cuenta la velocidad y la cantidad de flujo máximo que se necesita en ese ramal. Se procede de la siguiente manera: se escoge una velocidad de flujo con tablas referenciales, después con el caudal y el volumen específico del vapor se determina por la ley de la continuidad el área transversal de la tubería, teniendo así el diámetro de la misma. Generalmente en los sistemas de vapor se trabaja con flujos másicos, debido a que la densidad del fluido varía.

Para determinar el área transversal de la tubería se utiliza la ley de la continuidad, aplicando la ecuación 3.2 (5):

$$A_t = m v / V \quad (3.2)$$

A: área transversal de la tubería en m^2

m: flujo másico en kg/s

v: volumen específico a la presión de trabajo en m^3/kg

V: Velocidad del fluido en m/s

Teniendo el área, se calcula el diámetro con la fórmula de superficie de un círculo:

$$\Phi = (A/\pi)^{1/2} \quad (3.3)$$

Φ : diámetro en m

A: área transversal de la tubería en m²

El diámetro final de la tubería se fijará una vez estimada la pérdida de presión debido al recorrido de la misma; de ser necesario habrá que bajar la velocidad del vapor. Las pérdidas de presión en la tubería se estiman en tablas y ábacos que por lo general las expresan en libras por pulgada cuadrada o columnas de agua en pies por cada 100 pies (30 metros). La tabla de la Figura 4.1 (6) expresa la pérdida de presión en KPa por cada 100 metros para tubería que transporta vapor a una presión de 690 KPa (100 psig)

3.3.1.2- Estimación de los diámetros de las tuberías de condensado.

El dimensionado de las líneas de retorno de condensado presentan algunos problemas, diferentes a los que tienen las líneas de vapor y las de agua. El más significativo de ellos es el conocido como vapor instantáneo (flash steam). Aunque la línea de condensado debe transportar agua y vapor instantáneo, el volumen de este último es mucho más grande que el del agua, por lo general del 96% al 99%, por lo que las líneas de condensado se dimensionan para transportar vapor instantáneo. Las tablas suministradas en el Anexo 5, para el dimensionado de las líneas de condensado se basan en una velocidad menor a los 35 metros por segundo y a una caída de presión entre 6.9 KPa a 86.3 KPa por cada 30 metros.

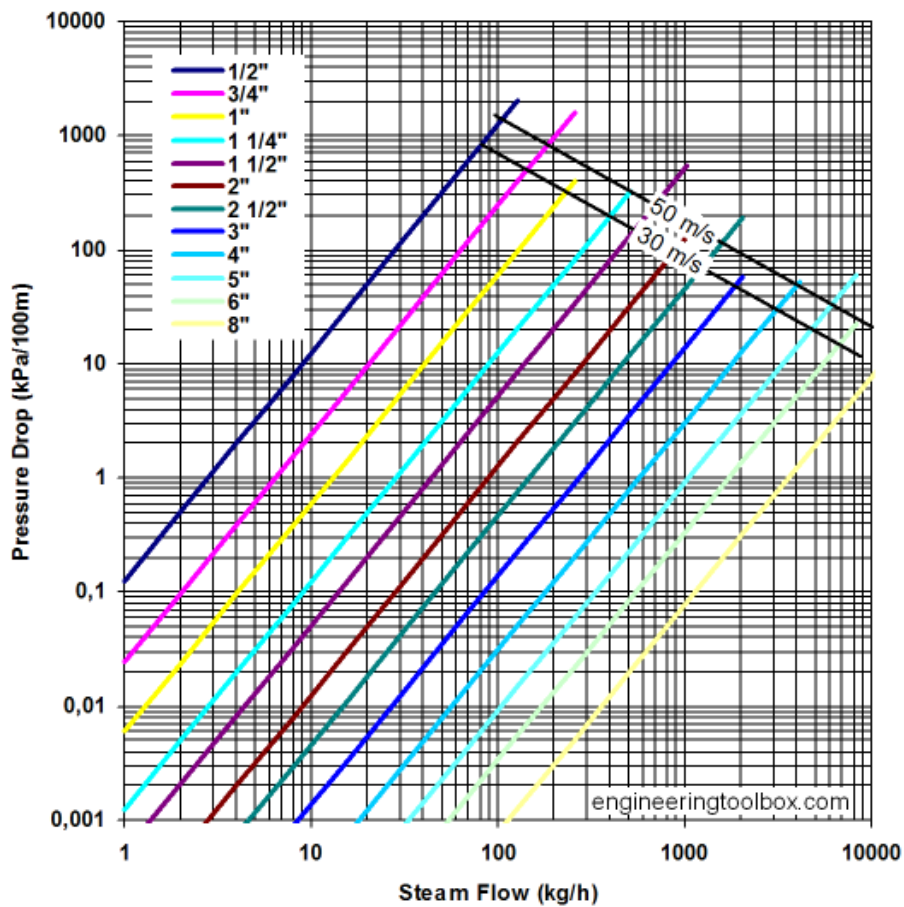


Figura 3.1 Pérdida de presión de tubería de vapor a 690 KPa.

3.3.1.3- Selección del aislante térmico para la tubería.

Por lo general las tuberías de vapor y retorno de condensado se aíslan con lana de vidrio rígida, preformada y forradas con conchas de aluminio. La selección se efectúa de catálogos de los fabricantes que suministran la información sobre el espesor del aislante recomendado para determinado diámetro en función de la temperatura superficial que se desee.

3.3.1.4- Cálculo de la expansión térmica y fuerzas axiales

Utilizando la metodología de la expansión libre, tenemos que la expansión de un tramo recto de tubería es:

$$\Delta L = \epsilon_t L \quad (3.4)$$

ΔL : Expansión de la tubería en m

ϵ_t : Coeficiente de expansión térmica en mm/m para la diferencia de temperatura de trabajo.

$$\epsilon_t = \alpha \Delta t \quad (3.5)$$

α : Coeficiente de expansión térmica del material en mm/(m C)

Δt : Diferencia de temperatura entre el vapor y medio ambiente en °C

L : Longitud de la tubería a la temperatura inicial o temperatura ambiente en m

Para el cálculo del esfuerzo que la tubería ejerce por efecto de la dilatación sobre los anclajes se hará uso de la expresión 3.5 (7)

$$\sigma_t = \epsilon_t E \quad (3.6)$$

σ_t : Esfuerzo de la tubería a la temperatura de trabajo KPa

E : módulo de elasticidad del material KPa

La fuerza de compresión sobre los anclajes se calculará haciendo uso de la expresión 3.6 (7)

$$F_t = A_t \sigma_t \quad (3.7)$$

F_t : fuerza generada por la dilatación KN

A_t : área transversal de la tubería. m²

Estos problemas de dilatación y fuerzas de empuje sobre los anclajes y por ende sobre las estructuras de las construcciones se resuelven bien haciendo uso de la flexibilidad de la tubería o, en el caso de que el espacio no lo permita, con elementos mecánicos absorbedores de dilatación.

Para el uso de la flexibilidad de la tubería se usan los cambios de dirección normales dentro del proyecto o se crean unos lazos si se cuenta con el espacio necesario para ello (ver figura 3.2).

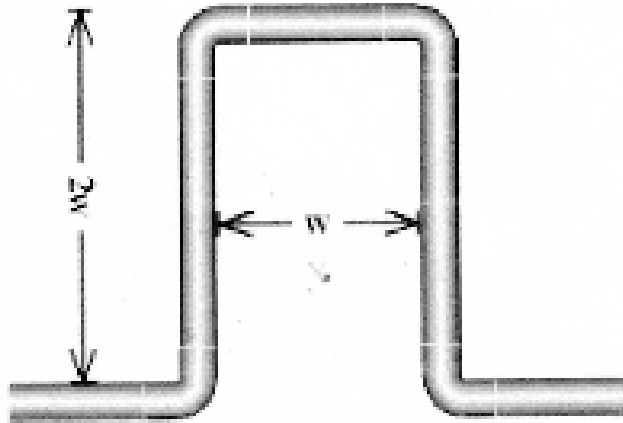


Figura 3.2. Lazo típico en una tubería de vapor

Las dimensiones de los lazos vienen dados en tablas y ábacos de publicaciones especializadas en el ramo de la ingeniería. La tabla 3.1 (6) da la dimensión de W en función del diámetro de la tubería y de la deformación correspondiente debida a los cambios de temperatura.

Las juntas de dilatación son elementos mecánicos que se utilizan para absorber la dilatación en el caso de que no pueda utilizarse la flexibilidad de la tubería. Las juntas que se usan generalmente en estos sistemas son las del tipo fuelle.

Los catálogos especializados, tal como el de la empresa venezolana Montecind, ver Anexo 2.3, permiten la selección de juntas de dilatación en función del diámetro de la tubería, la presión de trabajo y el movimiento axial requerido.

Tabla 3.1 Tamaño del lazo (Figura 3.2) en función del diámetro de la tubería y de la deformación.

EXPANSION APROXIMADA EN mm

D. TUBERIA mm	ANCHO DEL LAZO, w, EN METROS				
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
25	35	130			
32	25	100	210		
40	20	70	150		
50		65	125	200	
65		50	100	150	220
80		40	75	125	190
100		35	60	115	150

3.3.1.5- Estimación de las capacidades de las trampas de vapor

Como sabemos las trampas de vapor se usan para extraer el condensado y gases disueltos de la línea de vapor, además de no permitir el paso del mismo a la línea de retorno de condensado a la caldera.

a) Trampas en sistemas de distribución de vapor

Los sistemas de distribución de vapor son el enlace vital entre las calderas y la gran cantidad de equipos que usan vapor. Representan el medio por el cual el vapor es enviado a todas las partes que se necesite.

Los tres componentes específicos de los sistemas de distribución de vapor son el distribuidor o colector de vapor, los ramales principales y las líneas secundarias.

Cada uno de ellos llena ciertos requisitos del sistema y juntos con las trampas, contribuyen a la utilización eficiente del vapor.

b) Colectores de vapor

Es importante que en los colectores de vapor se coloquen trampas en forma apropiada para asegurarse que el arrastre de sólidos y gases disueltos además del condensado pueda sacarse del vapor antes de distribuirlo al sistema.

Las trampas de vapor usadas en los distribuidores deben ser capaces de descargar grandes cantidades de arrastres tan pronto como se presenten. En la selección de estas trampas también debe considerarse la resistencia al golpe de ariete.

Para la selección de la trampa de vapor del distribuidor se calcula la capacidad de la misma según la expresión 4.7 (8):

$$Q_c = \text{Arrastre} * F_s \quad (3.8)$$

Donde:

Q_c = Capacidad de la trampa en Kilogramos por hora.

Arrastre: Agua y sólidos que vienen de la caldera. Se estima 10 % de la producción de la caldera en Kilogramos por hora.

F_s : Factor de seguridad, estimado en 1.5

c) Ramales principales

Uno de los usos más comunes de las trampas de vapor es en los ramales principales. Estas líneas deben mantenerse libres de gases disueltos y condensado para mantener los equipos que alimenta operando apropiadamente. La colocación de trampas en forma o sitios inadecuados de los ramales principales puede derivar en golpes de ariete que dañarían la tubería, válvulas y otros equipos.

La selección de la trampa de vapor para los ramales principales se realiza estimando la cantidad de condensado que se forma por pérdidas de calor en las tuberías. Estas cantidades se determinan con la fórmula 3.9 (8):

$$Q_c = A_e U (t_2 - t_1) E / r \quad (3.9)$$

Q_c : Flujo de condensado en Kg/h

A_e : área exterior de la tubería en m^2

U : Pérdidas de calor en Kcal/ (m^2 °C h)

t_2 : Temperatura final en °C

t_1 : Temperatura inicial en °C

E : (1 – Eficiencia del aislamiento)

r : Calor latente en Kcal / kg

Una vez que se ha encontrado la cantidad correcta, se multiplica por un factor de seguridad de 2 para todas las trampas entre el inicio hasta el final de la línea. Para trampas instaladas en finales de línea o delante de válvulas reductoras y de cierre que están cerradas gran parte del tiempo se multiplica la carga de condensado por un factor de seguridad de 3.

La habilidad para manipular mugre, porciones de condensado y resistir golpes de ariete, son cualidades que hacen que la trampa de balde invertido sea el tipo recomendado a usar.

d) Ramales secundarios

La generación de condensado de los ramales secundarios se realiza de la misma manera que la de los ramales principales. El factor de seguridad recomendado para los ramales secundarios es de 2.

Para tubería principal y ramales secundarios puede, igualmente, usarse el gráfico de la Figura 3.1 (9), donde se da la producción de condensado por pie lineal para

tubería de acero en función del diámetro y presión de la línea. La tabla considera una eficiencia del aislante del 75 %. Una vez estimado el condensado por este método hay que multiplicarlo por el factor de seguridad correspondiente.

e) Trampas de vapor en calentadores de agua instantáneos

Para determinar la carga de condensado en los calentadores instantáneos tipo de casco y tubo, se utiliza la expresión 3.10 (8):

$$Q_c = Q \Delta t c \text{ sg} / r \quad (3.10)$$

Q_c : Flujo de condensado en kg/h

Q : caudal de agua en l/h

Δt : aumento de la temperatura en °C

c : calor específico del líquido en Kcal / (°C kg)

sg : gravedad específica del líquido kg/l

r : calor latente del vapor en Kcal / kg

Pressure, psig		15	30	60	125	180	250	450	600	900
Pipe Size (in)	sq ft per Lineal ft	Pounds of Condensate Per Hour Per Lineal Foot								
1	.344	.05	.06	.07	.10	.12	.14	.186	.221	.289
1¼	.434	.06	.07	.09	.12	.14	.17	.231	.273	.359
1½	.497	.07	.08	.10	.14	.16	.19	.261	.310	.406
2	.622	.08	.10	.13	.17	.20	.23	.320	.379	.498
2½	.753	.10	.12	.15	.20	.24	.28	.384	.454	.596
3	.916	.12	.14	.18	.24	.28	.33	.460	.546	.714
3½	1.047	.13	.16	.20	.27	.32	.38	.520	.617	.807
4	1.178	.15	.18	.22	.30	.36	.43	.578	.686	.897
5	1.456	.18	.22	.27	.37	.44	.51	.698	.826	1.078
6	1.735	.20	.25	.32	.44	.51	.59	.809	.959	1.253
8	2.260	.27	.32	.41	.55	.66	.76	1.051	1.244	1.628
10	2.810	.32	.39	.51	.68	.80	.94	1.301	1.542	2.019
12	3.340	.38	.46	.58	.80	.92	1.11	1.539	1.821	2.393
14	3.670	.42	.51	.65	.87	1.03	1.21	1.688	1.999	2.624
16	4.200	.47	.57	.74	.99	1.19	1.38	1.927	2.281	2.997
18	4.710	.53	.64	.85	1.11	1.31	1.53	2.151	2.550	3.351
20	5.250	.58	.71	.91	1.23	1.45	1.70	2.387	2.830	3.725
24	6.280	.68	.84	1.09	1.45	1.71	2.03	2.833	3.364	4.434

Figura 3.3 Estimación de la producción de condensado en tubería de acero

3.3.2- Capacidad del colector de vapor

Generalmente no existe un método para calcular la capacidad del colector de vapor, en este trabajo se realizará tomando el diámetro como el doble del de la salida de la caldera.

3.4- Estimación de la capacidad del sistema de alimentación de agua de la caldera

3.4.1- Estimación de la capacidad del tanque de condensado

El tanque de condensado se estimará alrededor de 1.5 veces la capacidad del retorno de condensado (10), aunque usualmente existen tablas que dan estos valores en función de la capacidad de la caldera y la presión de trabajo.

3.4.2- Estimación de la capacidad de las bombas de alimentación

Para seleccionar la bomba de alimentación de la caldera se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones: debe poder trabajar a temperaturas por encima de la ambiente, generalmente alrededor de 60 °C; la presión en la línea de alimentación a la entrada de la caldera debe ser mayor que la de operación de la misma y debe poder brindar el caudal necesario.

La altura del punto de trabajo de la bomba se estima en 1,5 veces la presión máxima de trabajo de la caldera (10). El caudal de alimentación se calcula tomando en consideración la tasa de evaporación máxima de la caldera, de ahí tenemos que la cantidad de masa que sale tiene que ser igual a la cantidad de masa que entra, por lo tanto, calculamos el caudal de agua a 60 °C para esa masa. En la práctica generalmente se toma el doble del caudal necesario.

La presión a la entrada de la bomba y la altura deben ser la adecuada para que la bomba no cavite. Esto se realiza calculando el NPSH disponible y verificando que el mismo sea mayor al NPSH requerido. El NPSH disponible se calcula con la siguiente fórmula.

$$\text{NPSH}_{\text{disp.}} = (P_a - P_v) / \gamma + (+/- H_a) - h_{f \text{ suc}} \quad (3.11)$$

$NPSH_{disp}$: NPSH disponible en m

P_a : presión del tanque de succión en KPa

P_v : presión de vapor a la temperatura de trabajo en KPa

γ : peso específico del fluido en N/m^3

H_a : altura de colocación de la bomba en m

h_{suc} : Pérdidas en la succión en m

3.4.3- Determinación de la capacidad de los suavizadores

Para la selección de la capacidad de los suavizadores se necesita conocer el flujo de agua de reposición y dureza del agua disponible en la institución. El flujo de agua de reposición se calcula teniendo el caudal de agua de alimentación de la caldera menos la cantidad de retorno de condensado.

El porcentaje de retorno de condensado dependerá del consumo directo del vapor, debido a que en los demás casos, teóricamente, no se pierde. Generalmente en los sistemas que se usan en los hospitales el retorno de condensado es alto, debido a que el uso de vapor directo se realiza solo en esterilización. Esto es una ventaja, ya que, mientras más condensado retorne menos agua de reposición se necesitará, por lo tanto, menos agua que suavizar y menos energía para producir.

Al tener el flujo de agua de reposición, con su contenido de dureza, podemos hallar la cantidad de granos de las sales minerales de calcio y magnesio que se tienen que intercambiar por los iones de sodio de la zeolita. El peso de la zeolita es aproximadamente 1442 kilogramos por metro cúbico, y esa cantidad intercambiará alrededor de 3000 granos de dureza cálcica (5). Sin embargo, existen zeolitas sintéticas que precipitan no solo el calcio y el magnesio, sino también los bicarbonatos y sodios del agua. El único problema de estas resinas, es que para ser regeneradas se necesita la presencia de ácido sulfúrico. Las zeolitas de sodio se pueden regenerar con sal común.

Para la regeneración de la zeolita de sodio se estima alrededor de 0.23 kilogramos de NaCl por cada 1000 granos de dureza (5).

Teniendo estos datos se procede a seleccionar el volumen de zeolita que se necesita para el ablandamiento del agua de reposición.

CAPITULO IV

METODOLOGIA

PARTE I: INGENIERIA CONCEPTUAL

Se hará el estudio sobre los equipos instalados en un hospital típico de 200 camas. Como características de los equipos se tomarán aquellas que aparecen en los catálogos suministrados por el fabricante de los mismos; se utilizarán las unidades empleadas normalmente en los catálogos y se hará la conversión necesaria para uniformidad del trabajo.

I-4.1- Estimación de los consumos de vapor del Hospital

Para el consumo de vapor de los equipos se consideraron los valores proporcionados por el fabricante de los mismos, sin embargo, en el caso de que este valor no estuviera en la información técnica se usarán aquellos que tradicionalmente se utilizaron en el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (hoy Ministerio del Poder Popular para la Salud), sacados ellos de tablas que dan el consumo de vapor basado en el tamaño del equipo. Los valores de consumo equivalentes de electricidad se calcularan de la siguiente manera:

$$KW - h = h_g M 2,78 * 10^{-4} \quad (4.1)$$

h_g : Entalpía de vapor saturado en KJ/kg a la presión absoluta de trabajo del equipo

M: masa de vapor en kg

$2,78*10^{-4}$: Factor de conversión en KW-h/KJ

Como presiones de trabajo para el cálculo del consumo equivalente de electricidad en base a los consumos de vapor, se tomarán las siguientes presiones de trabajo, que son, por lo general, las correspondientes a los diferentes equipos del mercado

Equipos	Presión de trabajo (Presión manométrica)
Lavandería	690 KPa
Esterilización	333 KPa
Cocina	127 KPa
Calentadores de agua para uso doméstico	98 KPa
Calentadores de agua para uso industrial	34 KPa

I-4.1.1- Consumos de vapor en la lavandería.

La lavandería, como se mencionó en los capítulos anteriores, es el departamento que se encarga de la limpieza de la ropa, sábanas y funda de almohadas para los pacientes en condición de Hospitalizados además de los uniformes del servicio médico, enfermeras y en muchos casos personal obrero y paramédico. El servicio de lavandería utiliza una serie de equipos y personal capacitado para cumplir con su función. Entre estos equipos, los que usan vapor, son: las secadoras, las calandrias o planchadora de rodillos y las planchadoras de forma o prensa plancha.

Tabla 4.1. Consumos de los equipos de la lavandería

#	DESCRIPCION	CAPACIDAD	kg/h (1)	KW-h (2)
1	SECADORA	200 Lb (90 Kg)	404	311
2	PLANCHADORA RODILLO	A 1 RODILLO	234	180
3	PRENSA USO GENERAL		12	9
4	PRENSA TIPO HONGO		12	9
5	MESA DESMANCHADO		16	12

Nota (1) Consumo de vapor en kilogramos masa por hora

Nota (2) Consumo equivalente en kilovatios hora

I-4.1.2- Consumos de vapor en la central de suministros

La central de suministro por lo general tiene dos esterilizadores (autoclaves) de gran capacidad, ver anexo A5. Muchas otras áreas del hospital con necesidades de esterilización tienen equipos portátiles para esterilización de instrumentos, materiales de laboratorios, etc. La tabla 4.2 muestra el consumo de los esterilizadores por ciclo. La cantidad de ciclos y la duración de los mismos dependerán de las necesidades inmediatas de la institución. Para el caso que nos ocupa se considerarán una duración de 60 minutos por cada ciclo.

Tabla 4.2. Consumo de los autoclaves

#	DESCRIPCION	CAPACIDAD	kg-C (1)	KW-C (2)
1	AUTOCLAVE DOBLE PUERTA	Kg/Ciclo	27	24

Nota (1) Consumo de vapor en kilogramos por ciclo

Nota (2) Consumo equivalente en kilovatios por ciclo.

I-4.1.3- Consumos de vapor en la cocina

En una cocina tipo industrial como la de un hospital general el equipo más importante es la marmita; una especie de olla gigante, de hasta 380 litros de capacidad, con doble camisa por donde circula el vapor. Otro equipo muy importante y eficiente cuando funcionan a vapor son los lava vajillas y lava ollas. En la Tabla 4.3 se enumeran con sus capacidades y consumos los equipos generalmente usados en un hospital de 200 camas.

Tabla 4.3. Consumo de los equipos de cocina

#	DESCRIPCION	CAPACIDAD	kg/h (1)	KW-h (2)
1	MARMITA	300 Litros	144	108
2	LAVA VAJILLA		40	30

Nota (1) Consumo de vapor en kilogramos por hora

Nota (2) Consumo equivalente en kilovatios hora.

I-4.1.4- Consumos de agua caliente

En los hospitales el agua caliente tiene dos usos totalmente independientes uno de otro. El primer uso es el sanitario. El segundo uso es el de servicios: cocina, restaurantes, lavandería, lavado en general. La norma sanitaria publicada como Gaceta Oficial 4044 Extraordinaria de fecha 8 de noviembre de 1988, indica para hospitales un consumo de agua caliente de 250 litros por día por cama (10.4 litros/hora cama). De datos extraídos de viejas fuentes del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (actual Ministerio del Poder Popular para la Salud) se estimaba el agua en 19 litros/cama hora a una temperatura de 60 °C. Probablemente la diferencia radica en que en los datos extraídos de la Gaceta se incluye el agua caliente que se usa en restaurantes, cocina y lavandería. Para este trabajo se usarán 19 litros/hora cama. De la misma fuente del MSAS se extrae que para uso en servicios se estiman 30 litros/hora cama a una temperatura de 82 °C. Con estos estimados determinamos que para un hospital de 200 camas necesitamos un consumo de 3800 litros por hora de agua a 60°C y 6000 litros por hora de agua a 80°C.

En la Tabla 4.4 se muestran los consumos unitarios de vapor en base a las necesidades de agua caliente, si los calentadores trabajaran a una presión manométrica de 98 KPa el de uso doméstico y 34 KPa el de uso industrial aproximadamente.

Tabla 4.4. Consumo de los calentadores de agua.

#	DESCRIPCION	To (1)	Tf (2)	kg/h/Ltl (3)	KW-h/Lt (4)
1	USO SANITARIO	20	60	0,095	0,072
2	USO SERVICIOS	20	80	0,128	0,095

Nota (1) Temperatura de entrada del agua en °C

Nota (2) Temperatura de salida del agua en °C

Nota (3) Consumo de vapor en kilogramos por hora por litro

Nota (4) Consumo equivalente en kilovatios hora por litro

I-4.2- Consumos máximos de energía

Para hallar el máximo consumo de energía se suman el gasto de las máquinas en todos y cada uno de los servicios.

Tabla 4.5. Consumo máximo en la lavandería

#	cant	DESCRIPCION	kg/h (1)	kg/h (2)	KW-h (3)	KW-h (4)
1	2	SECADORA	404	808	311	622
2	1	PLANCHADORA RODILLO A	234	234	180	180
3	2	PRENSA USO GENERAL	12	24	9	18
4	4	PRENSA TIPO HONGO	12	48	9	36
5	1	MESA DESMANCHADO	16	16	12	12

TOTAL EN LAVANDERIA

1130

868

(1) Consumo por equipo en kilogramos masa de vapor por hora

(2) Consumo total por equipos en kilogramos masa de vapor por hora

(3) Consumo por equipo en kilovatios hora.

(4) Consumo total por equipos en kilovatios hora

Tabla 4.6. Consumo máximo de la central de suministro

#	Cant	DESCRIPCION	C/h(1)	kg/h (2)	kg/h (3)	KW-h (4)	KW-h (5)
1	2	AUTOCLAVE D/PUERTA	1	27	54	24	48

TOTAL EN ESTERILIZACION

54

48

(1) Ciclos por hora

(2) Consumo por equipo en kilogramos masa de vapor por hora

(3) Consumo total por equipos en kilogramos masa de vapor por hora

(4) Consumo por equipo en kilovatios hora.

(5) Consumo total por equipos en kilovatios hora

Tabla 4.7. Consumo máximo de los equipos en la cocina

#		DESCRIPCION	kg/h (1)	kg/h (2)	KW-h (3)	KW-h (4)
1	2	MARMITA	144	288	108	216
2	2	LAVA VAJILLA	40	80	30	60

TOTAL EN COCINA

368

276

(1) Consumo por equipo en kilogramos masa de vapor por hora

(2) Consumo total por equipos en kilogramos masa de vapor por hora

(3) Consumo por equipo en kilovatios hora.

(4) Consumo total por equipos en kilovatios hora

I-4.3.1- Perfil de uso del vapor en la lavandería

El gráfico de la Figura 4.1 muestra el perfil de uso del vapor en la lavandería, donde se observa que el máximo ocurre cerca de la 11 de la mañana, con un aproximado del 90 % de la carga instalada, que correspondería más o menos a 1000 Kg de vapor por hora.

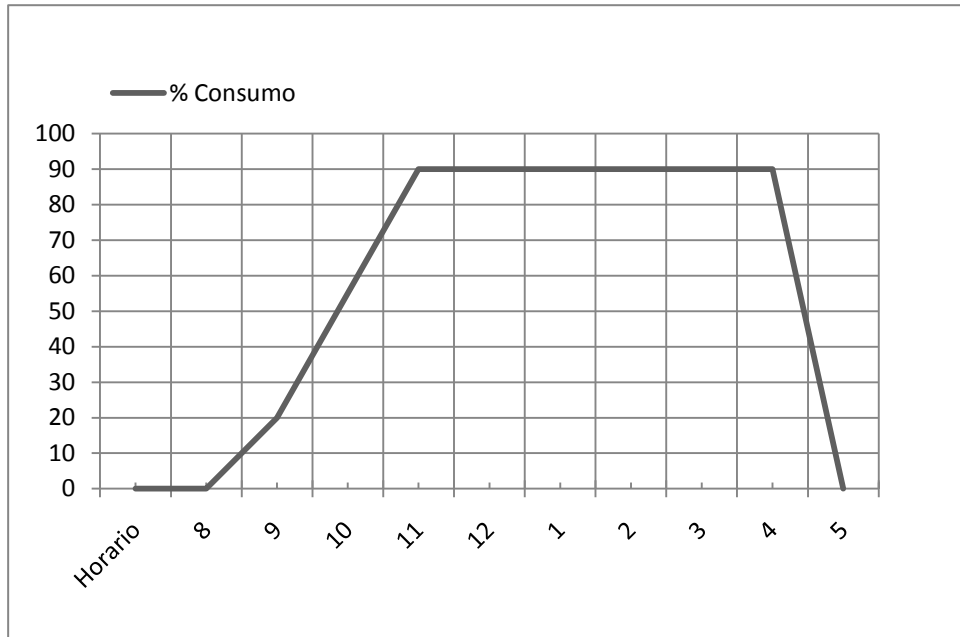


Gráfico 4.1 Perfil de uso del vapor en la lavandería

I-4.3.2- Perfil de uso del vapor en esterilización.

El servicio de esterilización trabaja las 24 horas al día sin programación previa. Se ha considerado su consumo como del 100 %, 54 Kg de vapor por hora, durante las 24 horas. Es común que los esterilizadores sean del tipo dual, o sea, trabajan con vapor directo pero si este llegara a fallar pueden producir vapor por medio de electricidad usando un calderín interno.

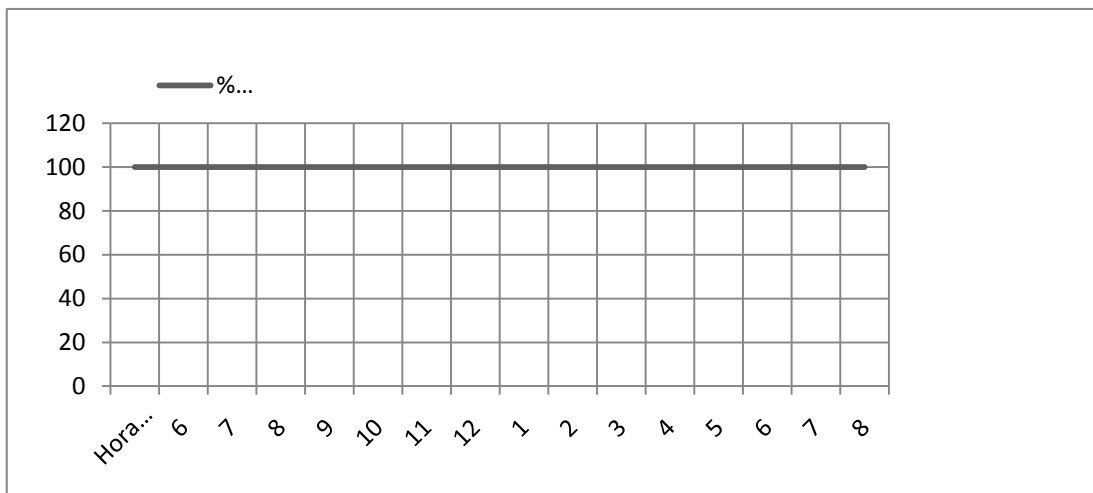


Gráfico 4.2 Perfil de uso del vapor en esterilización

I-4.3.3- Perfil de uso del vapor en la cocina

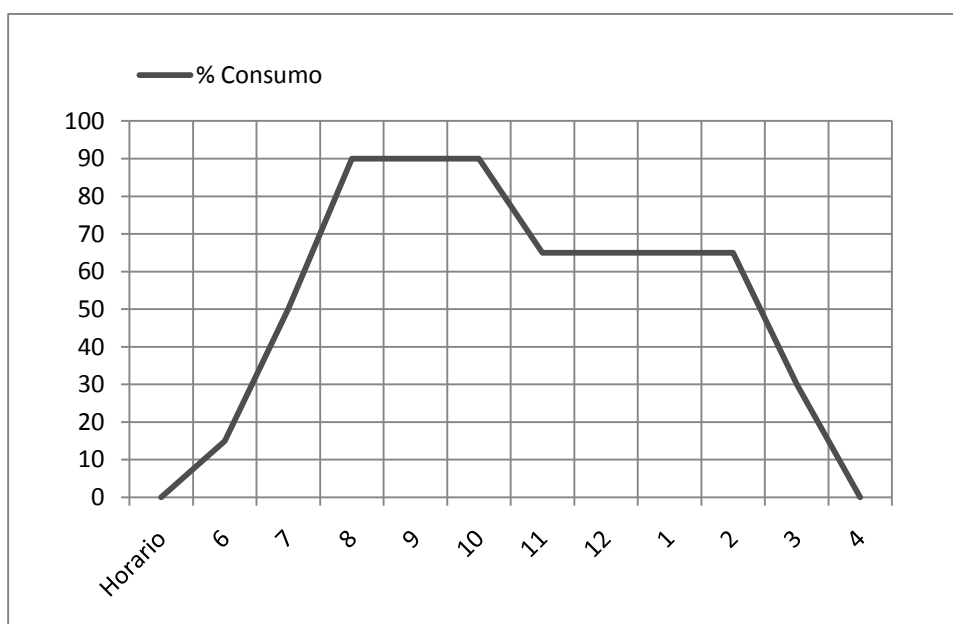


Gráfico 4.3 Perfil de uso del vapor en la cocina

La Figura 4.3 es una expresión de lo podría ser el perfil de uso de vapor en la cocina, donde alcanza su máximo, 300 Kg de vapor por hora, aproximadamente a las 8 de la mañana, se mantiene hasta pasada las diez y luego baja su consumo paulatinamente hasta el final de la jornada de trabajo.

I-4.3.4- Perfil de uso del vapor en el agua caliente de uso sanitario

El gráfico de la Figura 4.4 representa el perfil de uso del agua caliente para uso sanitario. Nótese que el máximo ocurriría en horas de la mañana, aproximadamente a las 8, 290 kg de vapor por hora, con picos menores en algunos lapsos a lo largo del día.

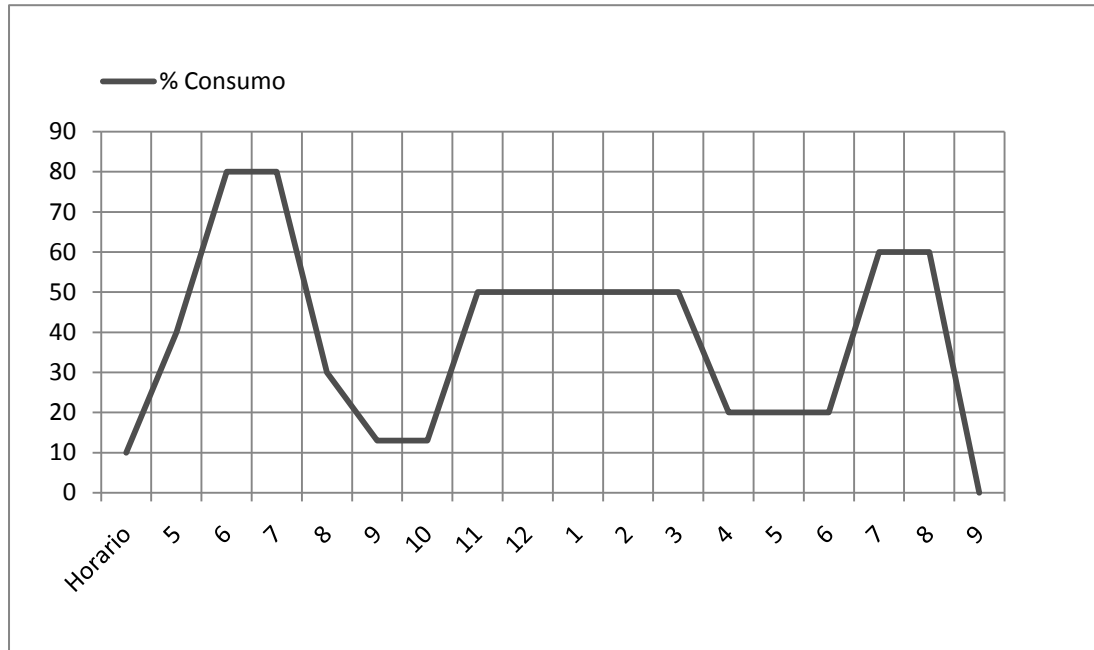


Gráfico 4.4 Perfil de uso del vapor en el agua caliente de uso sanitario

I-4.3.5- Perfil de uso del vapor en el agua caliente de servicio

El gráfico de la Figura 4.5 representa el perfil de consumo de agua caliente de servicio, obedece bastante al comportamiento de la lavandería y la cocina que son los grandes consumidores de este servicio.

El máximo consumo de agua, y por lo tanto de vapor, 600 Kg por hora, se logra aproximadamente a las 9 de la mañana y se mantiene hasta cerca del mediodía.

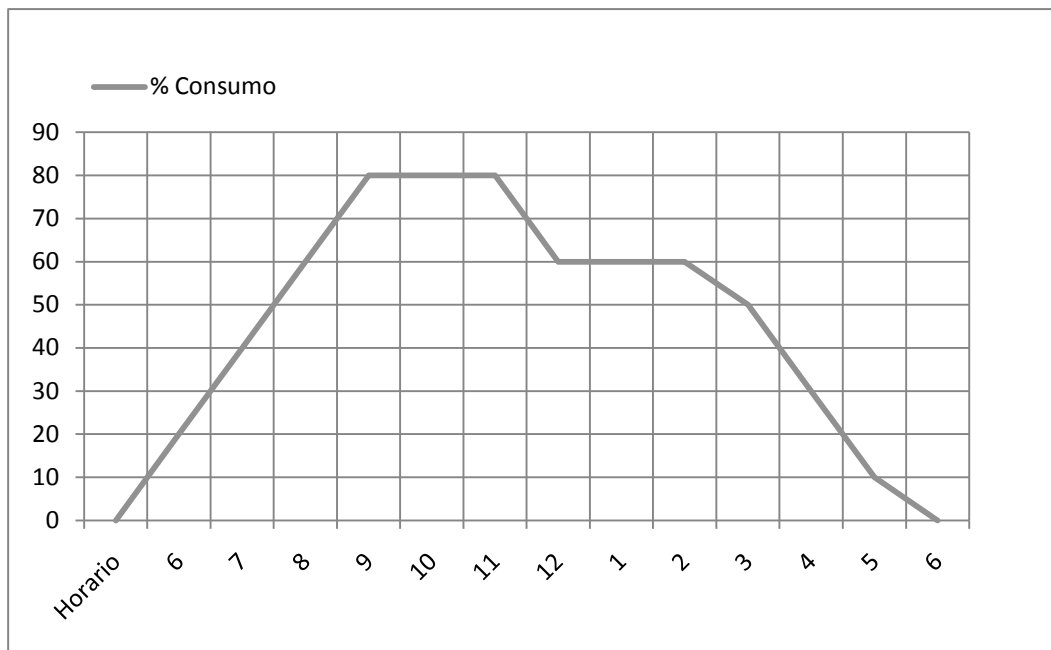


Gráfico 4.5 Perfil de uso del vapor en el agua caliente de servicio

I-4.3.6- Perfil de la producción de vapor en la caldera.

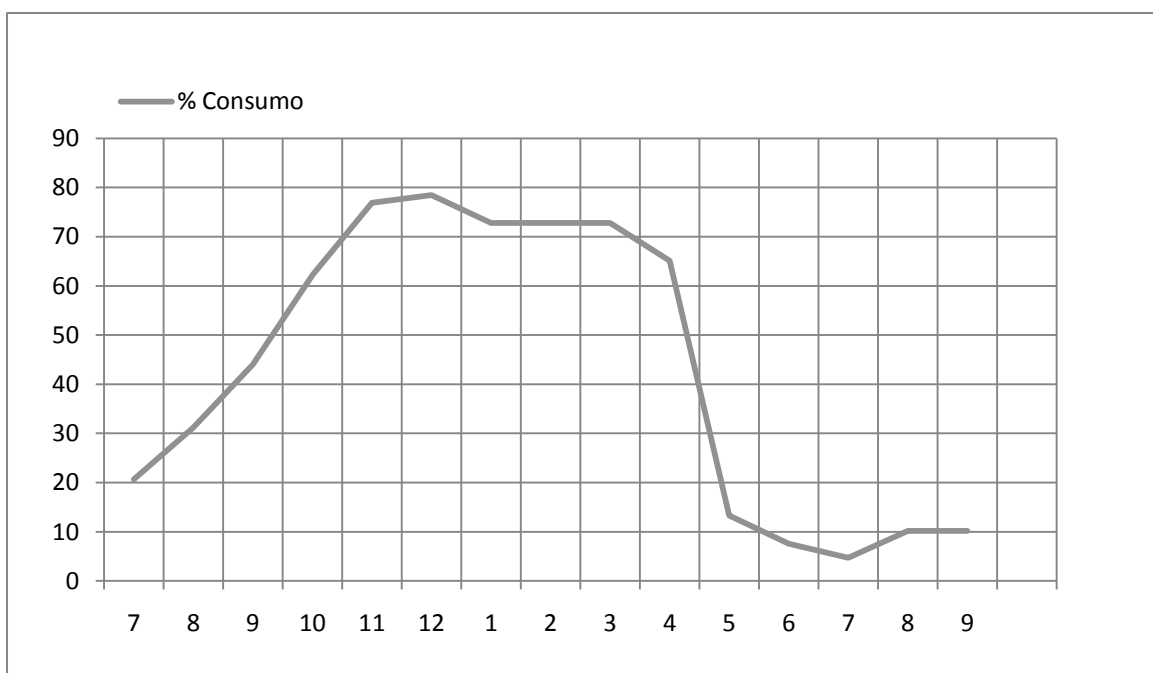


Gráfico 4.6 Perfil de la producción de vapor en la caldera.

El gráfico de la Figura 4.6 es la suma de los cinco gráficos anteriores, representativos de los perfiles de uso de los diferentes servicios. Este gráfico

representa el posible comportamiento de la caldera en su producción de vapor. El máximo se alcanzaría, ver tabla 5.9, entre las 11 am y las 12m, correspondiendo al 78 % (2090 Kg/h) de la demanda total instalada, 2685 Kg de vapor por hora.

Tabla 4.9 Demanda horario de vapor según Gráfico 4.6

Horario	kg/h	lbm/h	Hp caldera	KW-h	btu/h gas	% Consumo
5	36,4	80	3	48	86636	1
6	200	440	14	48	475048	7
7	554	1221	39	463	1318518	21
8	836	1843	59	602	1990628	31
9	1181	2603	84	751	2811238	44
10	1668	3677	119	1170	3970824	62
11	2064	4549	147	1494	4912108	77
12	2090	4643	150	1613	5013690	78
1	1953	4304	139	1345	4648117	73
2	1953	4304	139	1387	4648117	73
3	1953	4304	139	1387	4648117	73
4	1747	3851	124	1355	4158794	65
5	357	787	25	343	850134	13
6	204	449	14	131	484561	8
7	127	279	9	64	301786	5
8	272	600	19	233	648310	10
9	272	600	19	233	648310	10

I-4.4- Costos de operación

En Venezuela, los costos de electricidad para uso industrial vienen de acuerdo al consumo de la institución, así como el voltaje en el cual se está suministrando. El costo para esta clase de instituciones es de 0,0230096 BsF por KW-h, viniendo la electricidad en alto voltaje. El gas en cambio cuesta alrededor de 3.7 BsF el millón de Btu.

La suma de los KW-h de electricidad diario es de 12572 y el consumo por día de gas en Btu es de 41053251.

Teniendo los precios y los consumos de cada fuente de energía, podemos determinar los costos de consumo energético de los dos sistemas:

- El costo del consumo eléctrico diario para satisfacer las demandas de vapor y agua caliente del Hospital es de 289 BsF.
- El costo del consumo de gas diario para la generación de vapor del Hospital es de 152 BsF.
- Si hacemos la comparación de costos anualmente, tenemos que, si se usa electricidad se pagaría 105485 BsF por año, en cambio con una central de vapor se pagaría alrededor de 55480 BsF. Sin incluir los costos de inversión inicial de los sistemas, tenemos que la diferencia de usar electricidad con vapor es la mitad. Usar un sistema central de vapor con respecto al uso de electricidad ahorra alrededor de 50005 BsF anualmente.

En conclusión, los costos de consumo energético de una central de vapor a gas es más rentable que utilizar electricidad para cumplir con las demandas de vapor y agua caliente en un Hospital General.

PARTE II: INGENIERIA BASICA

II-4.1- Criterios de diseño.

II-4.1.1- Presiones de trabajo y velocidad del vapor

Equipos	Presión de trabajo (Presión manométrica)
Lavandería	690 KPa
Esterilización	333 KPa
Cocina	127 KPa
Calentadores de agua para uso doméstico	98 KPa
Calentadores de agua para uso industrial	34 KPa
Presión máxima de selección de la caldera =	690 KPa

Velocidad del vapor: 18 m/s

II-4.1.2- Aspectos generales

- Se instalará el 200 % de la carga pico del sistema.
- Se instalarán calentadores instantáneos de agua
- Se retornará todo el condensado posible.
- Se utilizarán suavizadores de agua en base a zeolita.

II-4.2- Diagrama de flujo.

Para ejecución de la Ingeniería Básica se partirá del diagrama de flujo representado en la Figura 4.7 Este diagrama es una muestra idealizada de la distribución de vapor, y puede variar según la posición relativa de los servicios en relación a la central de vapor.

La determinación de la capacidad de la caldera se realiza con el consumo pico del Hospital, o sea 2090 kg/h.

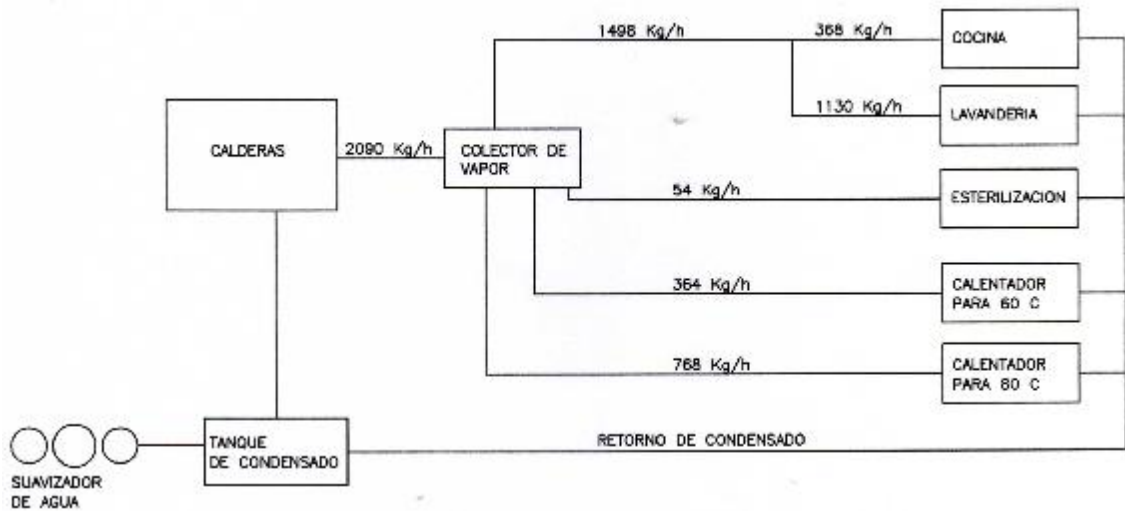


Figura 4.1 Diagrama de flujo del sistema de vapor

II-4.3- Determinación de la capacidad de la caldera

Usando la fórmula 3.1, del capítulo III, tenemos, que los caballos de potencia de la caldera son:

$$H_p \text{ de caldera} = W (h_2 - h_1) / 33500$$

Donde, considerando una presión de 690 KPa y una temperatura de entrada del agua a la caldera de 60 °C (140 °F), tenemos:

$$W = 2090 \text{ Kg/h} = 4580 \text{ lbm/hr}$$

$$h_1 = \text{Entalpía de agua saturada a temperatura de entrada} = 107,96 \text{ BTU/lbm}$$

$$h_2 = \text{Entalpía del vapor saturado seco a la presión deseada} = 1189,8 \text{ BTU/lbm}$$

O sea:

$$H_p \text{ de caldera} = 4580(1189,80 - 107,96) / 33500 = 147.6$$

Se seleccionarán dos calderas de 200 HP cada una, las más cercanas en capacidad a 150, de esta forma el hospital trabajará siempre con una sola caldera y mantendrá una como reserva en espera.

II-4.4- Características de las líneas de vapor

II-4.4.1- Selección del material de las tuberías

Para la distribución del vapor se seleccionan tubería Schedule 40 de acero al carbono, ASTM A53.

II-4.4.2- Estimación de los diámetros de las tuberías de vapor

Para la determinación de los diámetros correspondientes a los diferentes ramales, según el diagrama de la Figura 4.8, necesitamos el caudal pico de cada ramal, la velocidad del vapor y los volúmenes específicos correspondiente a la presión de trabajo.

Para tubería menores a 200 mm (8 pulgadas de diámetro), transportando vapor húmedo a una presión entre 14 KPa y 690 KPa, se recomienda una velocidad entre 10 a 25 m/s (1). En este trabajo se tomará una velocidad promedio, o sea 18 m/s (3500 pies por minuto).

Para la selección del diámetro de la tubería se tomarán los caudales correspondientes a los máximos estimados por servicio, tal como se determinaron en el capítulo anterior. El diámetro de la tubería de descarga se determinará con la carga pico estimado.

Lavandería	1130 kg/h = 0.58 kg/s
Esterilización	54 kg/h = 0.02 kg/s
Cocina	368 kg/h = 0.10 kg/s
Agua caliente uso doméstico	364 kg/h = 0.10 kg/s
Agua caliente uso industrial	768 kg/h = 0.21 kg/s

Carga pico total $2090 \text{ kg/h} = 0.58 \text{ kg/s}$

La aplicación de la expresión 3.2 nos lleva a la tabla 4.10

$$A = m \cdot v / C \quad (3.2)$$

A: área transversal de la tubería en m^2

m: flujo másico en kg/s (ver Figura 6.1)

$v = 0.27 \text{ m}^3/\text{Kg}$ para vapor saturado a 690 KPa (100 psi)

C = Velocidad del vapor = 18 m/s

Todos los servicios no trabajan a la misma presión, pero las estaciones reductoras se colocan a la entrada de los servicios, por lo que la presión para la determinación del volumen específico es de 790 KPa (114,7 psi).

El diámetro final de la tubería se escogerá luego que se estimen las pérdidas de presión en las mismas debido a su longitud y velocidad de flujo seleccionada.

Tabla 4.10 Estimados de las tuberías de la línea de vapor de los ramales principales

Ramal	m Kg/s	C (m/s) (1)	v (m^3/Kg)	A m^2 (2)	d (3)	d (4)	d (5)
Caldera-Colector	0,58	18	0,24	0,0077	0,09922896	100	4
Cocina+Lavandería	0,42	18	0,24	0,0056	0,08444016	100	4
Cocina	0,1	18	0,24	0,0013	0,04120258	50	2
Lavandería	0,31	18	0,24	0,0041	0,07254463	80	3
Esterilización	0,02	18	0,24	0,0003	0,01842635	25	1
Agua caliente u/domst	0,1	18	0,24	0,0013	0,04120258	50	2
Agua caliente u/indust	0,21	18	0,24	0,0028	0,05970821	65	2,5

(1) Velocidad en m/s

- (2) Area de m²
- (3) Diámetro en metros
- (4) Diámetro nominal en milímetros
- (5) Diámetro nominal en pulgadas

II-4.4.3- Estimación de los diámetros de las tuberías de condensado.

Para estimar los diámetros de la tubería de condensado se determinan las descargas de las trampas de vapor en el lado corriente arriba de la tubería y se aplican las tablas correspondiente en función del caudal de condensado y de las pérdidas consideradas.

Es conveniente utilizar un adecuado factor de seguridad para cubrir eventuales paso de vapor a la línea de condensado por falla de algunas trampas de vapor.

II-4.4.4- Pérdida de presión en la tubería de vapor.

La pérdida de presión en la tubería se determinará usando el gráfico de la Figura 3.1. Tomando en cuenta los datos de la tabla 4.10 se puede estimar como pérdida de presión en las tubería los siguientes, Tabla 4.11

Tabla 4.11 Estimados de las pérdidas de presión en las tuberías de vapor

Ramal	Kg/h (1)	Presión(2)	d (3)	DP(4)
Caldera-Colector	2090	690	4	17
Cocina+Lavandería	1498	690	4	8
Cocina	368	690	2	22
Lavandería	1130	690	3	20
Esterilización	54	690	1	20
Agua caliente u/domst	364	690	2	30
Agua caliente u/indust	768	690	2.5	22

(1) Flujo de vapor en Kilogramos por hora

(2) Presión de vapor en KPa

(3) Diámetro nominal en pulgadas

(4) Pérdida de presión en kPa por cada 100 metros.

II-4.4.5- Dilatación de la tubería de vapor

Material de la tubería: acero al carbono

L: longitud de la tubería

Rango de diferencial de temperatura: 0-200 °C

α = coeficiente de dilatación = 0.0149 mm/m °C

Temperatura ambiente considerada (To)= 25 °C

Temperatura de trabajo considerada (Tt) = 170 °C

Δt = 145 °C

$\Delta l = L * \Delta t * \alpha$

$\Delta t * \alpha = 175 \text{ °C} * 0.0149 \text{ mm/m °C} = 2.1605 \text{ mm/m.}$

II-4.4.6- Dilatación de la tubería de condensado

Material de la tubería: acero al carbono

L: longitud de la tubería

Rango de diferencial de temperatura: 0-200 °C

α : coeficiente de dilatación = 0.0149 mm/m °C

Temperatura ambiente considerada (To)= 25 °C

Temperatura de trabajo considerada (Tt) = 95 °C

Δt = 70 °C

$\Delta l = L * \Delta t * \alpha$

$\Delta t * \alpha = 69 \text{ °C} * 0.0149 \text{ mm/m °C} = 1.0430 \text{ mm/m.}$

Cuando por razones de espacio no pueda resolverse la dilatación de la tubería utilizando el efecto de flexibilidad de la misma, se usarán juntas de dilatación del tipo corrugado. Para la selección de las juntas de dilatación se tomará en cuenta el catálogo suministrado por la empresa Venezolana “Montecind”, ver Anexo 6.

II-4.4.7- Estimación de las trampas de vapor

La trampa de vapor para el colector o múltiple se calculará utilizando la expresión 3.7

$$Q_c = \mu fs$$

$$Q_c = 0.1 * 2090 * 1.5 = 314 \text{ kg/h}$$

Q_c : Capacidad de la trampa en Kilogramos por hora

μ : Arrastre de la caldera aproximadamente un 10 % de la producción de la caldera en kilogramos por hora

fs : Factor de seguridad

Se estimará la capacidad de la trampa por cada metro de tubería instalada. Los cálculos se realizarán utilizando la expresión 3.9.

$$Q_c = A_e U (t_2 - t_1) E / r$$

La tabla 4.12 señala los resultados para las tuberías principales a una presión de 690 KPa (100 psig).

Tabla 4.12 Estimación de las capacidades por unidad de longitud de las trampas de vapor de los tramos principales

d	$A_e = \pi * d * 1m$	U	E	t2	t1	r	Q_c/m
25	0,079	16,17	0,25	170	25	489,4	0,094
40	0,126	15,925	0,25	170	25	489,4	0,148
50	0,157	15,68	0,25	170	25	489,4	0,182
65	0,204	15,19	0,25	170	25	489,4	0,230
80	0,251	14,945	0,25	170	25	489,4	0,278
100	0,314	14,7	0,25	170	25	489,4	0,342

d = Diámetro de la tubería en milímetros

A_e = área longitudinal externa de la tubería en m^2 (en este caso de un metro)

U = Pérdida de calor de la tubería por unidad de masa, temperatura y área, en Kcal/(kg °C m²)

t2 = Temperatura inicial en °C

t1 = Temperatura final en °C

E = 1 – eficiencia del aislante (75%)

r = Calor latente del vapor en Kcal por kilogramo

Qc/m = Carga de condensado en kilogramos por hora por metro

Si se trata de una tubería principal el resultado se multiplicará por un factor de seguridad de 3 y si se trata de una tubería secundaria el factor de seguridad será igual a 2.

Para el caso de los calentadores de agua utilizaremos la expresión 3.9:

$$Q_c = m \Delta t c_{sg} / r$$

Tabla 4.13 Estimación de las capacidades de las trampas de los calentadores de agua

Servicio	Q	t2	t1	c	sg	r	Qc
Uso sanitario	3800	60	25	1	1	539,3	247
Uso servicio	4000	80	25	1	1	539,3	408

Q = Caudal del agua en litros por hora

t2 = Temperatura de salida del agua

t1 = Temperatura de entrada del agua

c = Calor específico del agua en Kcal por kilogramo por °C

sg = Gravedad específica del agua

r = Calor latente del vapor en Kcal por kilogramo

Q_c = Carga de condensado en kilogramos por hora.

El resultado obtenido se multiplica por un factor de seguridad igual a 2.

II-4.4.8- Selección del colector de vapor

El diseño del colector o múltiple dependerá del proyectista, colocando las diferentes salidas de vapor a su conveniencia, lo que si será seguro son las dos entradas de las calderas. Su diámetro será aproximadamente 2 veces el diámetro de la tubería de salida de la caldera.

II-4.4.9- Selección del Aislante

Para la selección del aislamiento se utilizaron catálogos de uso comercial que dan el espesor del aislante en función de su comportamiento: temperatura superficial y pérdida de calor. La tabla 4.14 muestra la selección realizada usando la información contenida en los anexos.

Tabla 4.14 Selección del aislante térmico de las tuberías

d (1)	d (2)	Ts (3)	Ts(4)	e (5)	e (6)	Q (7)
25	1	107	42	1,5	40	104
40	1,5	102	39	2,0	50,0	113
50	2	103	39	2,0	50,0	128
65	2,5	99	37	2,5	65,0	129
80	3	100	38	2,5	65,0	145
100	4	101	38	2,5	65,0	172

- (1) : Diámetro de la tubería en milímetros
- (2) : Diámetro de la tubería en pulgadas
- (3): Temperatura superficial en el aislante en °F
- (4): Temperatura superficial en el aislante en °C
- (5): Espesor del aislante en pulgadas
- (6): Espesor del aislante en milímetros
- (7): Pérdida de calor en BTU/h*m

II-4.5- Determinación del sistema de alimentación de agua

II-4.5.1- Selección de la bomba de alimentación:

Se selecciona una bomba especialmente para uso con agua caliente, esta bomba deberá poder trabajar a temperaturas de por lo menos 60 a 80 °C, para un caudal de 0.85 l/s (13.33 gpm), contra una altura de más de 70 metros de agua, ver anexo A9.

II-4.5.2- Selección del tanque de condensado

Para una caldera de 100 HP se selecciona un tanque condensado de 385 litros (100 gal). Ver anexo A10.

II-4.5.3- Selección de los suavizadores

Al estar operando las calderas las 24 horas del día se seleccionará un suavizador con dos tanques de zeolita y uno de salmuera, de tal manera que cuando esté un tanque en regeneración el otro esté trabajando y de esta forma el servicio será continuo.

Agua de alimentación a la caldera = Se puede considerar un total de 1327 litros por hora.

Considerando un retorno de condensado = 90 % de la capacidad de la caldera.

Agua de reposición = 133 lts/hr.

Tiempo de operación de las calderas = 24 horas diarias.

Total agua de reposición = 3192 litros por día

Dureza estimada = 400 ppm = 6.08 granos por litro (1 ppm = 0.152 granos por litro)

Total dureza a remover = 20000 granos por día.

Factor de seguridad = 20 %

Total dureza final a remover = 24000 granos por día.

De catálogos comerciales de suavizadores en base a zeolita se selecciona el tamaño adecuado, ver anexo A11.

II-4.6- Selección de los calentadores de agua

De la información técnica suministrada por los fabricantes de calentadores se seleccionan en base a su capacidad en metros cúbicos por hora, la temperatura final y la presión de trabajo. Para el calentador de agua para uso sanitario se utilizó una presión de trabajo de 98 KPa y para el de uso servicio 34 KPa. De la misma información se obtienen los consumos de vapor en ambos casos

II-4.7- Operación y Mantenimiento

En esta sección se anotarán brevemente los aspectos básicos de operación y mantenimiento de rutina de un sistema de vapor. No se entrará en detalle sobre los mismos ya que ello escapa al alcance de este trabajo.

II-4.7.1- Operación

La operación de la central de vapor consiste, básicamente, en la supervisión de aquellos aspectos que garantizan en todo momento una producción de vapor en las

condiciones requeridas y que el funcionamiento del sistema central sea seguro. Los principales puntos a supervisar son:

- Supervisión sobre la dureza del agua de suministro.
- Supervisión sobre el PH del agua de suministro
- Controlar mediante tratamientos químicos los gases disueltos en el agua de suministro.
- Purga de lodo y material sólido de las calderas.
- Supervisión sobre la presión de trabajo.
- Supervisión sobre los niveles de agua en la caldera.

Los sistemas de vapor de una institución hospitalaria tienen, por lo general, dos calderas como equipos centrales generadores de vapor. Cada una de ellas con la capacidad suficiente para absorber la demanda pico de la institución. Esto permite mantener una caldera en espera mientras la otra trabaja.

Por lo general el tiempo que pasa una caldera trabajando continuamente depende de los criterios de la gerencia de operación y mantenimiento del hospital. Una caldera trabaja quince días continuos, por ejemplo, se paraliza, entra a trabajar la otra caldera durante quince días y en ese lapso se le realizan mantenimiento de rutina a la que estuvo trabajando.

II-4.7.2- Mantenimiento del sistema de vapor

El mantenimiento del sistema de vapor se puede dividir en dos secciones: mantenimiento de la central de vapor y mantenimiento de las línea de vapor y retorno de condensado.

II-4.7.2.1- Mantenimiento de la central de vapor

El mantenimiento de rutina de la central de vapor es realizado por el operario del sistema, obedece a una programación de órdenes de trabajo permanentes, se basa principalmente en la observación y consiste, entre otras cosas, en lo siguiente:

- Supervisar el funcionamiento del quemador por medio de la observación de la llama.
- Verificar continuamente la presión del combustible. Se acostumbra anotar en una hoja de operaciones la presión de trabajo cada cierto tiempo, por lo general cada media hora.
- Revisar las uniones flexibles.
- Probar la válvula de seguridad.
- Revisar por fugas de combustible.
- Revisar por fugas de agua.
- Revisar por fugas de vapor
- Mantener el piso de la sala limpio y libre de aceite.
- Llevar un diario donde se anoten las anomalías encontradas y como fueron reparadas.
- Efectuar el lavado de la zeolita en el sistema suavizador de agua.
- Alternar las bombas de agua de alimentación.

II-4.7.2.2- Mantenimiento de la línea de vapor y retorno de condensado.

El mantenimiento de las línea de vapor y retorno de condensado obedece a una programación que puede ser semanal, quincenal, mensual, etc. Se basa principalmente en:

- Revisar el correcto funcionamiento de las trampas de vapor.

- Revisar el correcto funcionamiento de las estaciones reductoras de presión.
- Revisar el estado del aislamiento de las tuberías.
- Revisar las válvulas por fugas.
- Revisar los anclajes.

CONCLUSIONES

- No se obtuvo información en el país sobre capacidad y cantidades de equipos necesarios en el área de lavandería, cocina y esterilización. Los datos usados en este trabajo fueron obtenidos por aplicaciones empíricas sacadas de presupuestos comerciales y vieja información del Ministerio de Sanidad y Asistencia Social.
- No se encontró información en el país sobre perfil de uso de agua caliente y vapor en lo diferentes servicios de las instituciones hospitalarias. Los perfiles de usos usados en este trabajo fueron obtenidos de información directa por observación de los autores del mismo.
- Las dos conclusiones anteriores forman parte de los criterios para la selección de la capacidad de los equipos centrales de vapor a ser seleccionados. Las capacidades de las calderas indicadas en este trabajo obedecen a los criterios establecidos en los dos puntos anteriores por los autores de este trabajo.
- En forma general, desde el punto de vista económico, el uso de electricidad para producir calor en forma directa se puede considerar como el doble del costo cuando se usa vapor producido por gas.
- Son imprácticos los calentadores eléctricos de gran tamaño, por lo que en la realidad se hubiera recurrido a calentadores individuales por habitaciones o servicio cuya eficiencia es muy baja, su confiabilidad es igualmente baja y se requiere de un mantenimiento continuo.
- Se usan calentadores instantáneos por su eficiencia, su poco tamaño y no crean puntos de colonización de la bacteria Legionella.

RECOMENDACIONES

- Hacer un estudio que permita determinar las capacidades de los equipos a ser utilizados en los servicios de lavandería, cocina y esterilización de un hospital general.
- Realizar estudios que permitan estimar los perfiles de uso de los distintos servicios que utilicen vapor en un hospital general.
- Realizar trabajos especiales que estudien a profundidad los cálculos tipo para el diseño de las tuberías de vapor y retorno de condensado en los cuales se consideren flujo en dos fases.
- Aplicar este trabajo especial para la realización de un proyecto real de un hospital general.
- Realizar trabajos que involucren la ingeniería conceptual y básica de otros servicios del hospital como por ejemplo: gases medicinales, gas natural, aire acondicionado, sistema de abastecimiento de agua; detección, alarma y extinción de incendios, etc.
- Estudiar los procedimientos de operación y mantenimiento de los sistemas de vapor de los hospitales. Realizar una guía de mantenimiento preventivo para estos sistemas

REFERENCIAS EN EL TEXTO.

- (1) Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, Dirección General, Departamento de Servicios Generales, División de Arquitectura Sanitaria (1970). Planeamiento y diseño de Hospitales. Caracas: Arq. Germán Salas.
- (2) YÁNEZ, ENRIQUE., “Hospitales de Seguridad Social” Editorial Noriega, Octava Edición, 1986.
- (3) Armstrong Steam Conservation Guidelines for Condensate Drainage.
- (4) Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, Dirección de Administración, División de Ingeniería y Mantenimiento, (1969). Mantenimiento de Plantas y Red de Distribución de Vapor. Caracas: Centro de Mantenimiento e Ingeniería de Hospitales.
- (5) Philip J. Potter. “Power Plant Theory and Design”. The Ronald Press Company. 1959.
- (6) The Engineering ToolBox.com. Página de internet.
- (7) G. Rábek. “Instalaciones Térmicas”. 1982
- (8) Armstrong. “Guía de conservación de vapor para retorno de condensado”.
- (9) Armstrong. “Steam Conservation Guidelines for Condensate Drainage”.
- (10) COVENIN 2217-84. “Generadores de Vapor. Instalación.

BIBLIOGRAFÍA

- Armstrong. “Guía de conservación de vapor para retorno de condensado”.
- Armstrong. “Steam Conservation Guidelines for Condensate Drainage”.
- Avellán, “Catálogo general”.
- Bond Richard, Michaelsen George y DeRoos Roger.,”Enviromental health and safety in health-care facilities”, 1973
- Catalogo de la Nicholson Steam Trap.
- Catalogo de Macoga Juntas de Dilatación.
- Catalogo Montecind Juntas de expansión.
- COVENIN 2217-84. “Generadores de Vapor. Instalación.
- Editorial Prentice Hall, Cuarta Edición, 1996.
- Frank P. Incropera y David P. de Witt., “Fundamentos de Transferencia de Calor”,
- G. Rábek. “ Instalaciones Térmicas”. 1982
- Ingersoll-Dresser Pumps , “Cameron Hydraulic Data”, Edited C.C. Heald, Decima octava edición, U.S.A., (1998)
- Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Edificios (1962). Instalaciones de Vapor. Caracas: Dr Claus Scheid.
- Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, Dirección de Administración, División de Ingeniería y Mantenimiento, (1969). Mantenimiento de Plantas y Red de Distribución de Vapor. Caracas: Centro de Mantenimiento e Ingeniería de Hospitales.

Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, Dirección General, Departamento de Servicios Generales, División de Arquitectura Sanitaria (1970). Planeamiento y diseño de Hospitales. Caracas: Arq. Germán Salas.

Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, Dirección General, Departamento de Servicios Generales, Centro de Mantenimiento e Ingeniería de Hospitales (1969). Tratamiento de Aguas para equipos e instalaciones de Hospitales. Caracas: Ing. José Asapchi S., Ing. Álvaro Rincón.

Morrison Frank., "Powermaster" 1957

Philip J. Potter. "Power Plant Theory and Design". The Ronald Press Company. 1959.

Potter., Merde, "Mecánica de Fluidos" Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S.A., Segunda Edición, México, 1998.

Rabek. G., "Instalaciones Térmicas", (1982).

Sherwood David y Whistance., "Piping guide"

Spence., "Strainers international designer's guide"

The Engineering ToolBox.com. Página de internet.

Van Wylen., "Fundamentos de Termodinámica", Editorial Limusa Wiley, Segunda Edición, 2004.

Yáñez, Enrique., "Hospitales de Seguridad Social" Editorial Noriega, Octava Edición, 1986.

ANEXOS

Anexo 1. Propiedades de vapor saturado

Anexo 2. Tabla de selección de calderas horizontales de tubos de fuego

Anexo 3. Pérdida de presión del vapor en tubería de acero

Anexo 4. Producción de condensado en tuberías aisladas que transportan vapor

Anexo 5. Flujo de condensado en tubería de acero

Anexo 6. Tabla de selección de juntas de expansión (ejemplo)

Anexo 7. Aislamiento industrial

Anexo 8. Propiedades y dimensiones de tubería de acero.

Anexo A1. Muestra de catalogo de secadora a vapor

Anexo A2. Muestra de catalogo de planchadora de rodillo a vapor

Anexo A3. Muestra de catalogo de mesa plancha tipo hongo, a vapor

Anexo A4. Muestra de catalogo de mesa plancha a vapor.

Anexo A5. Muestra de catalogo de esterilizador a vapor.

Anexo A6. Muestra de catalogo de marmita a vapor.

Anexo A7. Muestra de catalogo de lava vajilla a vapor

Anexo A8. Muestra de catalogo de calentador instantáneo de agua.

Anexo A9. Muestra de catálogo de las bombas de alimentación

Anexo A10. Muestra de catálogo de tanques de condensado

Anexo A11. Muestra de catálogo de suavizadores.