

GUILLERMO O. ARANEDA CASTILLO

Consideraciones para el diseño de las Instalaciones Sanitarias en un Hospital de Rehabilitación Infantil para Guatemala.



Guatemala, Abril de 1971.

08T(215)C
MFN: 4636



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, Centro América

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LAS
INSTALACIONES SANITARIAS EN UN HOSPITAL DE
REHABILITACION INFANTIL PARA GUATEMALA

TESIS

Presentada a la Junta Directiva
de la
Facultad de Ingeniería
de la
Universidad de San Carlos de Guatemala

por

GUILLERMO O. ARANEDA CASTILLO

Al conferírsele el título de

INGENIERO CIVIL

Guatemala, Abril de 1971



JUNTA DIRECTIVA
DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Decano: Ing. Mauricio Castillo Contoux
Vocal Primero: Ing. Marco Antonio Cuevas
Vocal Segundo: Ing. Rodolfo González Morasso
Vocal Tercero: Ing. Adolfo Behrens
Vocal Cuarto: Br. Gustavo Adolfo Sierra
Vocal Quinto: Br. Guido Cocenza
Secretario: Ing. Héctor A. Centeno B.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

Decano: Ing. Amando Vides Tobar
Vocal Segundo: Ing. Francisco Ubieta B.
Examinador: Ing. Elvin Farrington
Examinador: Ing. Marco Antonio Wittig
Secretario: Ing. Héctor A. Centeno B.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con lo establecido por la Ley Universitaria presento a vuestra consideración, previo a optar el Título de Ingeniero Civil, mi trabajo de tesis:

"CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LAS
INSTALACIONES SANITARIAS EN UN HOSPITAL DE
REHABILITACION INFANTIL PARA GUATEMALA"

tema que me fue asignado por la Junta Directiva de la

Facultad de Ingeniería

DEDICO ESTE ACTO:

A mis padres:

**Jorge Araneda H. (recuerdo a su memoria)
Luisa Castillo v. de Araneda**

A mi esposa:

Patricia Valenzuela de Araneda

A mis hijos:

**Jorge Luis,
Guillermo Estuardo y
Oscar Gerardo**

A mis hermanos:

**Jorge Luis Araneda C. (en su memoria)
Shenny Araneda de De León
Carlos Ramos
Olga Araneda de Ramos
Dr. Erick Araneda C.
María Elena Faugier de Araneda
Ing. José Gilberto Araneda C.
Hilda Galich de Araneda**

A mis padres políticos:

**Oscar Valenzuela Rosa (en su memoria)
Yolanda Aguilar v. de Valenzuela**

A mis amigos y compañeros

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LAS
INSTALACIONES SANITARIAS EN UN HOSPITAL DE
REHABILITACION INFANTIL PARA GUATEMALA

CONTENIDO

INTRODUCCION

I HOSPITAL DE REHABILITACION INFANTIL:

- a) Características
- b) Programa de necesidades
- c) Equipo hospitalario requerido
- d) Artefactos sanitarios, especificaciones.

II PLANEAMIENTO DE LAS INSTALACIONES

A. SISTEMA DE AGUA FRIA:

- a) Abastecimiento y requerimientos de ca
 lidad
- b) Trazo de las instalaciones
- c) Estimación del consumo diario y del
 consumo máximo probable
- d) Tuberías de alimentación y distribu-
 ción, determinación de diámetros
- e) Materiales a emplear y especificacio-
 nes
- f) Prueba del sistema.

B. SISTEMA DE AGUA CALIENTE:

- a) Consideraciones
- b) Estimación del consumo diario y del con

sumo máximo probable

- c) Sistema de producción
- d) Tuberías de distribución, determinación de diámetros
- e) Materiales a emplear y especificaciones.

C. DRENAJES:

- a) Generalidades
- b) Sistema colector recomendado
- c) Sistema de instalación
- d) Diseño de las instalaciones
- e) Materiales a emplear y especificaciones
- f) Prueba del sistema.

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

Para el cumplimiento de las funciones con que deben satisfacerse las necesidades de la comunidad, el equipamiento social requiere de locales adecuados no sólo en tipo, número y ubicación en concordancia con las exigencias demográficas de la población, sino también en lo que se refiere a características técnicas, funcionales y expresivas, a fin de que se ofrezca economía de esfuerzos a los usuarios, máximo rendimiento en beneficio de la comunidad y ambientes dignos para el hombre.

La provisión para un equipamiento social que responda a ese requerimiento es una responsabilidad que compete a la comunidad toda, pero muy especialmente a sus dirigentes, entre quienes deben contarse los profesionales. Planos bien estructurados dentro de una política general coherente, programas y diseños adecuados a las posibilidades económicas, a las necesidades y a la realidad social del medio, son las premisas que deben regir la calificación de locales de servicio público y su mejoramiento.

Los hospitales ocupan un lugar muy importante dentro de este equipamiento, pues satisfacen la imperiosa necesidad de atender la salud de la población. Entre los diversos tipos de hospitales atendiendo a su especialización, los hospitales de Rehabilitación Infantil tienen un lugar muy especial, pues llevan a cabo una función bastante compleja, por cuanto no sólo se persigue la rehabilitación física, sino también la psíquica y social de la niñez.

Un Hospital de Rehabilitación Infantil como toda insti

tución de servicio, depende en alto grado de un buen suministro de agua y disposición de aguas servidas. Es decir, de un buen diseño de sus instalaciones sanitarias, para un mejor funcionamiento; por lo que es muy importante prestar la debida atención a estos servicios, desde el momento en que se seleccione su ubicación; un terreno cerca de un sistema de drenaje público de suficiente capacidad, con un suministro de agua satisfactorio, dará una preferencia sobre otro sitio, aunque éste fuera más caro.

El arquitecto, el personal médico y el consultor hospitalario, planean los diferentes ambientes y departamentos del hospital y especifican el equipo requerido por los doctores, técnicos y enfermeras; sin embargo es responsabilidad del ingeniero, fuera de la parte estructural, el diseñar y construir sistemas sanitarios que garanticen el funcionamiento adecuado de tales departamentos y del equipo instalado.

HOSPITAL DE REHABILITACION INFANTIL

a) Características

Constituye este hospital, sin la menor duda, una de las más importantes unidades que reclama un sistema médico asistencial con actividades dedicadas al servicio de la salud.

Dentro de la amplitud y seriedad con que debe ser enfocado un sistema médico asistencial y utilizando todos los medios que las conquistas técnicas y científicas ponen a disposición del hombre, para el resguardo del derecho y de las ansias de vivir más y mejor, se destaca el hospital de rehabilitación infantil, por la magnífica tarea de restaurar capacidades funcionales, reintegrar la autoconfianza, desarrollar nuevas aptitudes y descubrir nuevas vocaciones con el sentido humano y objetivo social de promover la reintegración del individuo, restringido en su capacidad de trabajo, a convertirse en un productivo y autosuficiente miembro de la colectividad.

El sentido de rehabilitación no deberá, en este campo, ser restringido y sí adoptado en su más amplia expresión, abarcando desde los niños portadores de enfermedades crónicas, hasta a los afectados por defectos congénitos y los débiles.

Este amplio concepto nos lleva a considerar en la programación de un hospital de rehabilitación infantil, tres ti

pos de atenciones:

- 1) Pacientes con hospitalización indicada para diagnóstico y tratamiento (régimen de internamiento).
- 2) Pacientes de tratamiento ambulatorio (consulta externa).
- 3) Pacientes en tratamiento ambulatorio, cuyo tratamiento exige mayor tiempo de permanencia (régimen de semi-internamiento).

En esa amplitud de atenciones está implícito el objetivo de preparar a un incapacitado para el ejercicio de un empleo o, en el peor de los casos, prepararlo convenientemente para que, mediante el adiestramiento vocacional posterior, adquiera condiciones de habilitación para un tipo determinado de trabajo.

b) Programa de necesidades

Básicamente las actividades de un hospital de rehabilitación infantil están consolidados en los siguientes servicios:

- 1) Enfermería especializada
- 2) Servicio de psicología
- 3) Medicina física
- 4) Servicio social
- 5) Hidroterapia
- 6) Orientación vocacional
- 7) Servicio de corrección y educación del habla
- 8) Prótesis.

De tal manera que la composición de este tipo de hos-

pital podrá ser procesada según la siguiente relación:

Dependencias para la Administración

Consulta externa:

Clinicas de consulta
Rayos X
Laboratorios
Farmacia
Servicios sanitarios.

Cirugía:

Sala de operaciones
Sala de anestésicos
Esterilización y subesterilización
Confección de gasas
Area de lavabos médicos y servicios sanitarios
Salas de recuperación.

Servicios de terapia:

Ocupacional
Electroterapia,
Fisioterapia,
Hidroterapia,
Servicios sanitarios y vestidores.

Servicios de recreación:

Gimnasio
Solarium
Biblioteca
Servicios sanitarios y vestidor
Pequeño teatro infantil.

Encamamiento de niños:

Estación de enfermeras
 Preparación de pajas
 Sala de juegos
 Aula de estudio
 Cuarto de limpieza.

Servicios generales:

Lavandería
 Cocina
 Comedor de médicos
 Comedor de empleados
 Bodegas
 Servicios sanitarios hombres
 Servicios sanitarios mujeres
 Cuarto de máquinas.

Prótesis:

Exámenes y medidas
 Preparación de moldes
 Reparaciones y ajustes
 Fábrica de aparatos ortopédicos
 Capilla y morgue.

Accesos, área de estacionamiento y áreas verdes (jardines y estanques).

c) **Equipo hospitalario requerido**

Por la índole de este trabajo de tesis, abordaremos únicamente el equipo hospitalario que funciona con agua, ya sea fría o caliente, o bien que utilice vapor de agua.

pital podrá ser procesada según la siguiente relación:

Dependencias para la Administración

Consulta externa:

Clinicas de consulta
Rayos X
Laboratorios
Farmacia
Servicios sanitarios.

Cirugía:

Sala de operaciones
Sala de anestésicos
Esterilización y subesterilización
Confección de gasas
Area de lavabos médicos y servicios sanitarios
Salas de recuperación.

Servicios de terapia:

Ocupacional
Electroterapia,
Fisioterapia,
Hidroterapia,
Servicios sanitarios y vestidores.

Servicios de recreación:

Gimnasio
Solarium
Biblioteca
Servicios sanitarios y vestidor
Pequeño teatro infantil.

temerle. Debe en cambio analizarla cuidadosamente, pensando en los problemas y facilidades de operación y mantenimiento, y en la facilidad para la adquisición de repuestos, para decidir entonces si la economía de operación compensa los futuros problemas que podría tener con el mantenimiento y la certeza de resolverlos, lo que es más importante.

La estandarización de ciertas partes del equipo deberá ser tomada muy en cuenta, pues redundará en economía y facilidad de mantenimiento.

EQUIPO

Sala de máquinas:

- Caldera de vapor
- Barril distribuidor de vapor (Manifold)
- Calentadores de agua con depósito
- Bombas hidráulicas

Hidroterapia:

- Tanque de remolino (para uso en las extremidades)
- Tanque terapéutico (básicamente se destina en la rehabilitación del aparato locomotor)
- Tanque o tina de Hubbard (para el tratamiento simultáneo de las cuatro extremidades y tronco)
- Bañera hidroterápica de flujo continuo.

Cocina y lavandería:

- Máquinas de lavar platos (semiautomáticas y automáticas)
- Marmitas de vapor
- Estufas para legumbres

- Cafeteras
- Baños de maría
- Mesa térmica
- Horno para alimentos
- Máquina para lavar platos (vapor)
- Lavadoras de ropa
- Secadoras
- Calandrias
- Prensas.

Esterilización:

- Autoclaves para usos quirúrgicos
- Esterilizadores de instrumentos
- Destiladores
- Lavadores y desinfectadores de patos.

DESCRIPCION

Caldera:

La caldera es la fuente productora de vapor; la situación del hospital, tanto en la disponibilidad de abastecimiento, combustible y mano de obra, debe ser considerada antes de tomar una decisión en relación a la instalación de una unidad generadora de vapor. El tipo y costo del combustible usado, más que cualquier otro factor, influirá sobre tal decisión. El gas es más limpio, de más fácil empleo, totalmente adaptable a las condiciones de automatización, factor imperioso para una caldera del hospital; desgraciadamente no siempre puede ser obtenido a un costo que permita su empleo; en localidades con distribución canalizada de gas natural, debe ser este el combustible preferido. Viene a continuación el aceite, que requiere un espacio relativamente pequeño para el almacenamiento y puede ser con-

venientemente adaptado a la operación automática del generador de vapor. El carbón es el tercer combustible en importancia para el uso de calderas en hospitales. A más del espacio mayor para la caldera auxiliar, debe haber el espacio para el almacenamiento y remoción de cenizas, además del humo producido que vuelve su uso lo menos indicado para calderas de hospitales. De manera general y de acuerdo con las condiciones de producción y abastecimiento de combustible, puede decirse que el aceite es el único combustible aceptable para el uso de calderas de hospitales, que puede ser obtenido en la mayoría de las áreas.

El tipo de caldera que más se adapta a las condiciones de trabajo exigidas por una institución hospitalaria es el "generador automático de vapor" tipo escocés, de preferencia con tres vías de pasaje de los gases de combustión. Es una unidad compacta, de alto rendimiento térmico y equipada con un conjunto de controles que garantizan una completa seguridad de autonomía de funcionamiento, condiciones de absoluta necesidad para la caldera de un hospital. Las pequeñas calderas de este tipo pueden quemar aceite diesel, aceite combustible (fuel-oil). Este último es preferido para calderas de cualquier capacidad, pero depende de la facilidad de obtención y economía,

Capacidad de las calderas:

La capacidad total de las calderas, naturalmente, será determinada de acuerdo con las necesidades térmicas del hospital. Deberá hacerse un análisis en función de su equipo, de acuerdo con las posibilidades de uso simultáneo de los aparatos térmicos de cada unidad de trabajo, conforme a los factores de demanda ya estipulados y de las diversas unidades entre sí; podrá así ser determinada una demanda máxima segura.

Calentadores de agua:

Las características de un calentador de agua son: el número de litros por hora que suministra y el número de grados a que eleva la temperatura. Este número depende de la temperatura de entrada y de salida del agua. Es muy conveniente emplear dos calentadores, uno para el servicio doméstico e hidroterapia en que se necesita agua a temperaturas de 40 a 50 grados centígrados, y otro para las temperaturas mayores; o bien colocar sobrecalentadores en los lugares adecuados.

Los calentadores de agua se clasifican de acuerdo con el agente empleado en la producción de calor, que puede ser: carbón, gas, fuel-oil, vapor o electricidad. El calentamiento puede hacerse directamente por contacto del fuego o los gases calientes de la combustión con un depósito metálico o un serpentín que contiene el agua, o bien indirectamente mediante un agente trasmisor del calor, que puede ser vapor o agua caliente.

En un hospital de rehabilitación infantil en que se necesita para otros usos una instalación productora de vapor (caldera), lo más aconsejable es el empleo de calentadores por medio de vapor de agua, mediante unos serpentines colocados en la parte baja de un depósito se hace pasar el vapor, que se condensa cediendo su calor latente al agua del depósito en contacto con los serpentines. Cuando el agua caliente sale de la parte superior del depósito, entra en él agua fría por un tubo que va a su parte inferior y esta agua va subiendo en el depósito atravesando los serpentines de calentamiento. Colectores de agua de condensación devuelven el agua condensada a la caldera.

Equipo de bombeo:

Para suministros particulares con agua procedente de pozos se emplean diferentes clases de bombas, según sea la profundidad de aquéllos. En los edificios que utilizan las aguas del suministro municipal, es necesario bombearlas de un aljibe hasta los depósitos elevados, lo que se hacía generalmente con bombas de pistón, sistema triplex y que en la actualidad han sido sustituidas por las bombas centrífugas. Las bombas para pozos poco profundos actúan simplemente por aspiración. La presión atmosférica, que es la que hace subir las aguas a las bombas de aspiración no puede elevarlas a más de 7.5 metros, por esta causa la profundidad de los pozos en que se utilizan estas bombas no puede exceder de 7.50 metros.

La bomba alternativa para pozos profundos es uno de los procedimientos más antiguos para extraer agua de los pozos. El proceso de bombeo se efectúa mediante un vástago vertical, un émbolo y dos válvulas. El eyector para pozos profundos y la bomba de motor eléctrico sumergido llamada "bomba sumergible" la han sustituido, pues son más silenciosos, más uniformes en la presión de descarga y más fáciles de cuidar ya que no tienen más que un elemento móvil, que es el rodete. Para mayores caudales se usan las bombas de turbina vertical.

Equipo de lavandería:

El procedimiento para estimar el tamaño del equipo es el siguiente:

- 1) Calculamos la cantidad de ropa que se lavará por semana, para lo cual podemos recurrir a la que se lava en la zona en hospitales semejantes al que se va a proyectar, o bien

recurrimos a normas establecidas en otros países, por ejemplo de 3 a 4 kilos de ropa seca por cama y por día es una norma europea, y de 5 a 6 kilos de ropa seca por cama y por día es una norma de los Estados Unidos de América, adaptándose más a nuestro medio la norma europea.

2) Para calcular las lavadoras, se divide la cantidad estimada anteriormente entre el producto de los días de trabajo por las horas diarias laborables, lo que nos da la capacidad horaria que deben tener las lavadoras; según esto se escogen dos, tres o más lavadoras, debiendo procurar no utilizar una sola y tener presente que cada lavadora para cumplir un ciclo de trabajo tarda de 40 a 60 minutos.

3) Las centrífugas (extractores) se calculan en igual forma, tomando en cuenta que su ciclo de trabajo es de 20 a 30 minutos.

4) Las secadoras de ropa que reciben del 25 al 30% de la ropa que sale de las centrífugas se calculan igual que éstos, con el mismo tiempo.

5) De las secadoras pasa la ropa a la sección de prensas. El cálculo de estos equipos es similar al de las centrífugas, estimándoseles igual ciclo de trabajo.

6) La calandria o plancha de rodillo, es el equipo para planchar sábanas, y su capacidad debe ser tal que pueda procesar del 65 al 70% de la capacidad total de la ropa de la lavandería.

Cocina:

Marmitas de vapor son grandes ollas donde se produce la cocción a presión y tienen capacidades variables desde

50 hasta 1000 litros. Se puede estimar como una cifra muy aproximada para el cálculo de las marmitas, considerar de 1.00 a 1.50 litros por cama.

d) Artefactos sanitarios y especificaciones

Generalidades

Todas las ventajas que se obtienen con un sistema de canalizaciones bien estudiado se anularían si los artefactos sanitarios fuesen de mala calidad, es decir si estuvieran hechos de un material absorbente o si presentaran resaltes o superficies rugosas visibles u ocultas, capaces de esconder o retener materias putrecibles.

Los artefactos sanitarios de cualquier clase que sean, deberán estar por este motivo elaborados con un material compacto o impermeable y sus superficies serán lo más lisas posibles. Deben montarse en lugar bien ventilado, con facilidad de limpieza y buena iluminación, natural o artificial. Su doble función de terminales del suministro de agua, y de origen del sistema de evacuación hace que sean lo que determina la cantidad de agua que debe abastecerse y el volumen de aguas servidas que deba evacuarse, y que sirvan de base para fijar las características de las canalizaciones.

Para conseguir economía y rendimiento es necesario entonces, un detenido estudio del número y disposición de los artefactos de los tipos elegidos y de sus características normalizadas.

Cocina:

Marmitas de vapor son grandes ollas donde se produce la cocción a presión y tienen capacidades variables desde

Clasificación

Los artefactos pueden dividirse en tres grupos, de acuerdo con el uso al cual se destinan, que son:

a) **Evacuadores:**

Mingitorios

Inodoros

Vertederos.

b) **Limpieza de objetos:**

Fregaderos de cocina

Lavaplatos

Lavaderos

Pilas de acero inoxidable.

c) **Higiene corporal:**

Lavabos

Baños (artesa)

Duchas.

Los aparatos sanitarios presentan una gran variedad de tipos, muchos de los cuales son para uso exclusivo en los hospitales, por lo que su selección debe ser realizada con la ayuda de catálogos especializados. Sin embargo, existen aparatos de uso generalizado que presentan ciertas peculiaridades y cuyos tipos varían de acuerdo con la utilización a la que se destinan, dentro de ciertos principios higiénicos.

1) Lavamanos

Los lavamanos con llaves de rosca solamente deben ser empleados en dependencias de servicio. Cuando están instalados en cuartos de baño de enfermeras y otras dependen

cias de la unidad de internamiento, deben poseer llaves tipo "macho" con palanca, por ser su maniobra más higiénica, que depende apenas de un golpe de puño. Para los consultorios, salas de curación de emergencia, de tratamiento intensivo y de autopsia, las llaves más indicadas son las de tipo "quirúrgico" de pared, también de tipo "macho", con un brazo largo de maniobra con el codo, "cuello de ganso" o bien de maniobra con la rodilla o pedal. En el caso que se tenga agua fría y caliente en el lavamanos, las llaves deben ser del tipo "mezcladora", en virtud de que la temperatura del agua de alimentación es más elevada que la de utilización, con las características anteriores.

2) Pilas

Las pilas en las dependencias de servicio deben ser de acero inoxidable, de preferencia con dos depósitos y con llaves tipo "macho" mezcladoras; en los laboratorios deben ser resistentes a los ácidos.

La altura de colocación de los artefactos sanitarios deberá guardar cierta relación con la edad de los pacientes; la tabla siguiente nos será de mucha utilidad para tal fin.

ALTURA DE LOS ARTEFACTOS SANITARIOS PARA USO DE NIÑOS

Edad	Altura de Lavamanos	Altura de Inodoro
2-5 años	19"	10"
5-7 años	23"	10"
7-9 años	25"	10"
9-12 años	27"	12"

Medidas del "U.S. Department of Health"

Tomado de: Ramsey & Sleeper

Estandares gráficos de arquitectura.

e) Materiales a emplear y especificaciones

Los principales materiales empleados en las tuberías de agua son: el hierro fundido, el acero galvanizado, el cobre y el cloruro de polivinilo (P.V.C.).

Tuberías de hierro fundido:

Estas se emplean únicamente para las canalizaciones subterráneas del exterior de los edificios, no así en los sistemas de distribución.

Las tuberías de hierro fundido centrifugado que se usen deberán cumplir con las especificaciones ASA A-21 y con las federales WW-P-241-b o estar bajo las normas ISO R-13; estas tuberías podrán tener un recubrimiento interior de cemento y exteriormente estar cubiertas con una capa bitumi-nosa.

Tuberías de acero galvanizado

Las tuberías de hierro galvanizado, aún cuando no es el material ideal, son las más comúnmente usadas en los sistemas de distribución de agua en edificios. Presentan el grave inconveniente de estar sujetas a la corrosión galvánica interna del tubo, lo cual produce formación de cavidades, y a la "autocorrosión" provocada por la acción del oxígeno de los ácidos minerales y de las sales disueltas.

Las corrientes eléctricas producen también corrosión electrolítica de afuera para adentro, pudiendo perforar la tubería a pocos años de uso.

Las reparaciones de las tuberías dan lugar a la forma-

ción de un par electrolítico (hierro y cinc) en presencia de agua conteniendo sales o ácidos disueltos; ese es uno de los lugares por donde se inicia la corrosión. El agua a temperatura elevada acelera la corrosión.

Pese a todos estos inconvenientes, las tuberías de acero galvanizado han sido las más empleadas en los sistemas de distribución de agua. Cuando están colocadas en lugares sujetos a corrosión y enterradas en los pisos y debajo de los sanitarios, deben ser protegidas con pinturas anticorrosivas de base asfáltica, o bien con pinturas especiales a base de resinas sintéticas derivadas del petróleo.

La fabricación deberá cumplir con las especificaciones ASTM A-120 y ASTM A-53, o con la especificación ASA B36.20 para tubería "peso standard" (cédula 40). El baño de cinc que cubre el acero cumplirá con la especificación ASTM B.6 debiendo tener un recubrimiento mínimo de dos onzas de cinc por pie cuadrado de superficie cubierta.

Las juntas de los tubos o accesorios será con rosca, la que deberá cumplir con las normas ASA B-2.1 conocida como la A.S.P.T. (American Standard Pipe Thread).

Los accesorios deberán estar fabricados según las normas del Departamento de Comercio R-185.

Tuberías de cobre

Si no fuera por su alto costo, el cual es más elevado que el del acero galvanizado, sería la tubería ideal para sistemas de distribución de agua. Estas tuberías presentan ciertas ventajas, como lo son la alta capacidad de conducción, (pérdidas de carga bajas) alta resistencia a la corrosión y por consiguiente gran durabilidad ante la oxidación,

ya que se produce una película que proporciona protección adicional. Las tuberías son de fácil instalación, con bajo costo de mano de obra.

Las tuberías de cobre se clasifican en 4 tipos, de acuerdo al espesor de las paredes; estos tipos son K, L, M y DWV.

El tipo K de paredes más gruesas se recomienda para instalaciones enterradas o bajo condiciones severas de servicio.

El tipo "L" es generalmente recomendado para instalaciones de distribución de agua.

El tipo "M" solamente puede ser empleado en instalaciones de baja presión o para pequeños tramos de conexión de los aparatos en subramales.

El tipo "DWV" se emplea exclusivamente en sistemas de drenaje.

Las tuberías de cobre empleadas en las instalaciones serán del tipo sin costura y rígidas, cumpliendo con las especificaciones ASTM B-88 y WWT-799.

Las juntas serán soldadas, o roscadas por medio de accesorios; estos accesorios pueden ser de dos clases:

- 1) Accesorios de cobre, que deberán cumplir con las especificaciones ASA B16.22 y ASTM B-75.
- 2) Accesorios de bronce, que deberán cumplir con la especificación ASA B16.18.

De acuerdo con el temple, las tuberías de cobre pueden ser de dos tipos:

- 1) Temple rígido de 20 pies de longitud que viene de los tipos K, L, M y DWV.
- 2) Temple suave de los tipos K y L, en rollos de 40 pies (2" de diámetro) 60 pies (1½" de diámetro) y 100 pies (1" de diámetro).

Tuberías de plástico

Estas serán del tipo de cloruro de polivinilo (P.V.C. 1120). Son de reciente aparición en el mercado, su uso se está generalizando rápidamente, pues presenta varias ventajas sobre las tuberías existentes de metal.

Ventajas

No se oxidan, pues no son atacadas por los ácidos contenidos en el agua o en el terreno.

No permiten incrustaciones, pues su acabado interior es totalmente liso, reduciéndose las pérdidas por fricción.

Fáciles de instalar, pues no requieren herramientas especiales.

Economía en el transporte, por su poco peso, en comparación con las tuberías de metal.

Desventajas

No se pueden utilizar en instalaciones de agua caliente, por su poca resistencia a las temperaturas elevadas.

Las tuberías de cloruro de polivinilo (P.V.C. 1120) deberán cumplir, tanto en la fabricación de la tubería como de los accesorios, con las especificaciones del Departamento de Comercio CS-256-63, Cédula 40.

Hay tres clases de tubería rígida de P.V.C. 1120:

- 1) Clase 315 p.s.i. que deberá cumplir con la norma SDR 13.5, para diámetros de $\frac{1}{2}$ ".
- 2) Clase 250 p.s.i. que deberá cumplir con la norma SDR 17, para diámetros de $\frac{3}{4}$ " hasta 6", llamada comercialmente tubería de alta presión.
- 3) Clase 160 p.s.i. que deberá cumplir con la norma SDR 26, para diámetros de 1" hasta 6", llamada comercialmente tubería de presión media.

ACCESORIOS

Comprende esta denominación todo lo concerniente a las disposiciones necesarias para realizar los empalmes entre tubos, tales como acoplamientos para conexión con la tubería principal, codos para empalmes a 90° y a 45° , tees para ramales con ángulo de 45° o de 90° grados, cruces con 2 ramales opuestos formando ángulo de 90° grados con la tubería principal, y reductores de diámetro para derivaciones.

Las uniones de estos accesorios pueden ser: por platina, soldadas o a presión y por rosca.

VALVULAS

Los diferentes tipos de válvula empleados en los sistemas de distribución de agua son:

Válvula de compuerta:

Se emplea cuando se desea mantener completamente cerrada o completamente abierta la circulación del agua.

Válvula de globo:

Se emplea para graduar por estrangulamiento el caudal suministrado.

Válvula de retención:

Estas válvulas se emplean cuando se desea que el agua que circula por una cañería lo haga siempre en la misma dirección y existe la posibilidad de que se invierta el sentido de dicha circulación.

Hay dos tipos de válvula de retención:

Válvula de cierre vertical y

Válvula de disco oscilante o de cierre horizontal.

Válvula de ángulo:

Se emplean para cambiar la dirección de la corriente de agua, al mismo tiempo que sirven para graduarla.



Reguladores de presión:

Se llaman así los aparatos que limitan la presión del agua de una canalización a determinado valor fijado de antemano, cualquiera sea la presión del agua en la red de suministro. Su acción depende de las superficies relativas de abertura de las válvulas, relación que puede modificarse graduando la presión de los resortes que actúan sobre las mismas. Los reguladores de presión se utilizan para reducir el esfuerzo que soportan las tuberías interiores de los edificios, cuando la presión en la red de distribución es demasiado elevada y para rebajar la presión sobre los ramales correspondientes a los pisos más bajos de los edificios, cuando la distribución se hace a partir de un tanque elevado.

f) **Prueba del sistema**

Toda la red del sistema de agua deberá ser sometido a un ensayo adecuado que asegure el buen funcionamiento del mismo y determine la ausencia de fugas.

El ensayo se deberá llevar a cabo una vez estén colocadas las tuberías con sus accesorios pero sin conectar los aparatos y antes de rematar los muros, techos y pisos, con el objeto de localizar con facilidad cualquier fuga y poder repararla.

Prueba

- 1) Cerrar todos los grifos o salidas de agua excepto uno de los orificios por el cual se introducirá agua a presión con una bomba de mano.
- 2) La presión que se mantenga durante toda la prueba.

ba será como mínimo el doble de la presión máxima a que va a trabajar la red.

- 3) Una vez conseguida la presión requerida, se suspende la marcha de la bomba, se observa la aguja del manómetro de la misma, que debe permanecer fija. Si baja, nos estará indicando que hay fuga de agua y se procede a inspeccionar las tuberías para ver si gotean o rezuman en algún punto.
- 4) Se aceptará como buena aquella red en que la presión se mantenga sin ninguna pérdida por un lapso mínimo de 2 horas.
- 5) Para facilitar la prueba se procederá primero a probar parcialmente los distintos ramales y luego en conjunto.

II

PLANEAMIENTO DE LAS INSTALACIONES

El planeamiento y diseño de las instalaciones hidráulicas requiere la consideración de diversos elementos, que serán solucionados de manera progresiva.

A. SISTEMA DE AGUA FRIA**a) Abastecimiento y requerimientos de calidad**

Generalmente un hospital es alimentado por la red de abastecimiento de agua de la comunidad; sin embargo existen algunas localidades que no poseen un sistema de abastecimiento, o que lo poseen pero éste es muy deficiente; por lo tanto podemos considerar los siguientes sistemas de abastecimiento:

1) Abastecimiento por la red de la comunidad; cuando en dicha red hay presión suficiente y abundante para alimentar el hospital. Es el sistema ideal, ya que es el más económico y porque se presupone que el agua para consumo de la comunidad es de buena calidad por el control de su tratamiento, dependiendo del análisis de la misma únicamente con relación a su empleo en la alimentación de calderas, agua caliente en cocina y lavandería. (Por su dureza).

2) Sistema mixto:

Cuando la red de la comunidad no tiene capacidad suficiente para suplir el consumo del hospital, éste puede ser



abastecido en parte por la red de la comunidad y en parte por una fuente propia, debiendo garantizarse una completa independencia de los dos sistemas para asegurar la imposibilidad de una interconexión entre ellos.

Cuando se usan dos sistemas de agua en el hospital, uno es el sistema doméstico propiamente dicho, que utiliza el agua de la red pública para consumo de las áreas de hospitalización, de cocina y lavandería, dejando la alimentación de calderas y de los diversos sectores de servicios generales para fines de limpieza, así como el riego de jardines y el sistema de rociadores mediante la captación de agua de pozos.

3) Sistema propio:

Cuando la localidad no posee red de abastecimiento, el hospital está en este caso obligado a instalar su propio sistema de abastecimiento mediante la captación del agua de pozos. El análisis del agua deberá ser completo, a fin de determinar el tratamiento adecuado para ponerla en condiciones de llenar los requisitos mínimos de potabilidad y calidad para su consumo y uso en calderas y lavandería.

Las aguas subterráneas son generalmente aguas bacteriológicamente aceptables, pero también generalmente muy duras, con alta concentración de sustancias en disolución; la ventaja de estas aguas es que requieren un menor grado de tratamiento porque las impurezas se eliminan en forma natural a medida que el agua atraviesa las capas del suelo y del subsuelo. Son las aguas de más fácil utilización para el hospital que requiere abastecimiento propio y cuyo aprovechamiento se lleva a cabo por medio de pozos.

Los pozos en lo que respecta a los métodos de perforación y profundidad pueden ser clasificados en dos grupos

básicos:

a) Pozos excavados o poco profundos: se ejecutan generalmente a mano, su profundidad es menor de 30 m. debido a que no pueden penetrar mucho abajo del nivel freático o en rocas sólidas; las paredes laterales están revestidas desde unos 30 cm. arriba de la superficie del suelo, hasta cuando menos 3.00 m. abajo de la misma para evitar infiltraciones superficiales. Tienen relativamente gran sección transversal (1.20 a 1.80 m.) y consecuentemente un alto almacenamiento por cada metro de profundidad abajo del nivel del agua. Debido a la poca penetración en la zona de saturación, los pozos excavados tienen dos desventajas sustanciales:

- 1) Su producción se reduce en los periodos de sequía.
- 2) Por su poca profundidad pueden admitir aguas que han tenido un mínimo de tiempo de permanencia en la formación y consecuentemente están muy expuestas a la contaminación por bacterias, parásitos o sustancias químicas.

b) Pozos perforados: son ejecutados con maquinaria especial, ya sea de percusión o rotativas. Pueden llegar abajo de la zona de saturación y alcanzar aguas artesianas, llamándose también pozos profundos, miden más de 30 m., evitando de este modo cualquier contaminación de las aguas freáticas. Comúnmente miden de 6" a 12" de diámetro; revestidos con tubería de hierro o acero, son los más indicados para hospitales.

Requerimientos de calidad

El agua en su estado natural no es pura, el agua pura

es producto artificial. Las aguas naturales contienen siempre sustancias extrañas, ya sea en suspensión o en solución, en proporciones muy variables. Estas sustancias pueden modificar considerablemente las propiedades. Sus efectos son:

En suspensión

Bacterias, algunas patógenas y otras perjudiciales a las instalaciones.

Algas y protozoarios, producen color, olor y turbidez.

Residuos industriales y domésticos, arena, sílice y arcilla, producen turbidez.

En estado coloidal

Sustancias colorantes y vegetales, producen color y acidez.

Sílice y arcilla, producen turbidez.

Sustancias disueltas

Sales, de calcio y magnesio, carbonatos y bicarbonatos, producen alcalinidad y dureza. (Incrustaciones en las tuberías y consumo exagerado de jabón).

Sulfatos, producen dureza, perjudicial a las calderas.

Cloruros, producen sabor, dureza y corrosión.

Gases

Oxígeno, causa corrosión en las tuberías.

Bióxido de carbono, causa acidez y corrosión.

Gas sulfúrico, causa olor, acidez y corrosión.

La corrosión puede ser controlada de las siguientes formas:

- a) Por reducción de la concentración de iones de hidrógeno, o sea elevando el valor del pH.
- b) Por reducción del contenido de oxígeno.
- c) Por reducción del contenido de bióxido de carbono.
- d) Manteniendo una capa protectora sobre la superficie del metal para que éste no pueda ponerse en contacto con los iones de hidrógeno.

Es interesante hacer observar que en regiones muy lluviosas donde el agua se toma de lagos y pozos poco profundos, o de profundos alimentados con aguas superficiales, generalmente el agua presenta reacción ácida a causa del oxígeno y el anhídrido carbónico arrastrados. Cuando las lluvias son escasas y el agua se capta después de un largo recorrido a través de rocas calizas y otros minerales, las aguas generalmente son duras. Por lo tanto la dureza de las aguas es debida a las condiciones geológicas.

Naturalmente, una misma agua no puede dar reacciones ácida y alcalina a la vez. Las aguas blandas son neutras (no necesitan tratamiento) o ácidas. Si la acidez es considerable, el agua atacará casi todos los metales que se

emplean en las conducciones e instalaciones. Si las tuberías son de metales ferrosos, se produce herrumbre que, teniendo 10 veces el volumen del metal, obstruirá las tuberías hasta dejarlas completamente cerradas a veces en muy pocos años. El latón y el cobre son más resistentes. Los tubos no ferrosos, en lugar de obstruirse pierden la impermeabilidad.

Las aguas ácidas se corrigen con un neutralizador que introduce un álcali en el agua, neutralizando el ácido.

La dureza es causada por compuestos minerales de calcio y magnesio; si éstos están en cantidad suficiente se depositarán en la superficie interior de las tuberías cualquiera que sea el material y las obstruirán tan rápidamente como una agua ácida obstruye los tubos de hierro. Las tuberías de agua caliente y los tubos de las calderas son más vulnerables pues el calor acelera la sedimentación. El jabón no forma espuma con el agua dura y deja depósitos insolubles en las labores industriales o de lavandería ya acabadas, haciendo que las ropas sean desagradables al tacto y se estropeen más aprisa. La dureza de las aguas constituye un inconveniente tanto para lavar la ropa, como para bañarse y para la cocción.

Los dos métodos generales para el ablandamiento del agua son:

Precipitación: usando ya sea solamente cal, cal y carbonato de sodio, o cal y bióxido de carbono, para hacer que precipiten el calcio y el magnesio en forma de compuestos insolubles.

Permutación iónica: cuya forma más común consiste en filtrar el agua a través de una arena especial llamada zeolita natural, arena verde o glauconita, o a través de zeolitas sin

téticas; con lo cual se remueven del agua los iones de calcio y magnesio y los reemplaza por iones usualmente de sodio, que no causan dureza. Cuando todo el sodio de la zeolita ha sido usado, el filtro de zeolita ya no tiene capacidad para ablandar el agua, debiendo ser regenerado, lo que se hace pasando una solución de sal común a través de los lechos del filtro, para reponer el contenido de sodio de la zeolita.

La turbidez causada por el lodo podrá evitarse eligiendo convenientemente el manantial. Si se trata de un suministro municipal, la mayor parte de los lodos se depositan en grandes depósitos por donde el agua circula con velocidad mínima. El resto se elimina con filtros. En suministros particulares el agua clara se obtiene por filtración. Los filtros deben ser lavados periódicamente.

Las aguas que contienen bacterias son, naturalmente, las más peligrosas: pueden perjudicar la salud. Las causas principales de esta contaminación son las deyecciones humanas y animales. Los pozos particulares deben emplazarse lejos de los pozos ciegos. La filtración de las aguas de los suministros de las ciudades y la filtración natural del agua que se recoge en los pozos profundos pueden eliminar mucha o toda la contaminación. La contaminación que pueda quedar debe ser eliminada por cloración. En los suministros de las ciudades el cloro se vierte en el agua directamente, en los particulares en forma de solución de hipoclorito de calcio; la concentración varía del 25 al 37% de cloro disponible. En el comercio se consigue bajo las marcas H.T.H., Percloron, CCH.

Las condiciones de calidad del agua para consumo doméstico pueden no satisfacer las exigencias de tolerancia máxima relativa al agua para la alimentación de calderas y calentadores de agua y para lavado de ropa.

Para uso doméstico, el agua debe satisfacer las condiciones de potabilidad, tanto desde el punto de vista bacteriológico, como desde el punto de vista de sus cualidades físicas y químicas.

Requisitos para agua potable

- a) Menos de 20 organismos del grupo coliforme por litro de muestra, considerándose como pertenecientes a este grupo todos los organismos aeróbicos y anaeróbicos facultativos que no forman esporas, gram negativas y que fermentan la lactosa con formación de gas.
- b) Menos de 200 colonias bacterianas por mililitro de muestra, obtenidas en placas de agar incubadas a 37 grados C. durante 24 horas.
- c) Ausencia de colonias bacterianas capaces de licuar la gelatina, colorantes o fétidas, en siembras de 1 mililitro de muestra en gelatina.

Requisitos físicos

Turbidez: 10 (escala silicio)
 Color: 20 (escala de platino-cobalto)
 Olor: Ausencia de olores desagradables
 Sabor: Ausencia de sabores desagradables

Requisitos químicos:

Nitrógeno amoniacal (N)	Hasta	0.5 mg./litro
Nitrógeno albuminoideo (N)	"	0.5 "
Nitrógeno de nitritos (con análisis bacteriológico aceptable)	"	0.05 "

Nitrógeno de nitratos	Hasta	5.00 mg./litro	
Oxígeno (O) consumido en medio ácido	"	3.00	"
Sólidos totales	De 500 a 1000		"
Alcalinidad total expresada en CaCO_3	Hasta	400	"
Dureza total expresada en CaCO_3	"	300	"
Dureza permanente no debida a carbonatos expresada en CaCO_3 para aguas industriales	"	150	"
Cloruros, expresados en Cl	"	250	"
Sulfatos, expresados en SO_4	"	250	"
Magnesio, expresado en Mg.	"	125	"
Cinc, expresado en Zn.	"	15	"
Cobre, expresado en Cu.	"	300	"
Fluoruros, expresado en Fl.	"	150	"
Hierro y Magnesio, expresados en Fe. y Mg.	"	0.30	"
Plomo, expresado en Pb.	"	0.10	"
Arsénico, expresado en As.	"	0.05	"
Selenio, expresado en Se.	"	0.05	"
Cromo hexavalente, expresado en Cr.	"	0.05	"
Compuestos fenólicos, expresados en fenol	"	0.001	"

b) Trazo de las instalaciones

Para la elaboración del proyecto de distribución de agua, se podrá observar el siguiente procedimiento:

- 1) Localizar en la planta el ramal de alimentación predial, es decir el ramal derivado de la red pública que alimenta el aljibe con sus respectivos aparatos medidores; tomando en cuenta las exigencias contenidas en

el reglamento municipal.

- 2) Si se ha considerado necesario el uso de un pozo de captación, entonces, localizarlo, con sus respectivas dimensiones y tipo de bomba.
- 3) Si fuera necesario, localizar el depósito inferior de almacenamiento (servicio municipal) en lugar adecuado y debidamente protegido de cualquier fuente de contaminación, marcar la posición de sus accesorios, tales como tuberías de alimentación de rebalse, de limpieza y válvulas.
- 4) Localizar los grupos motor-bomba, las tuberías de succión y de descarga, las piezas especiales de interconexión, control y seguridad.
- 5) Localizar el depósito superior de distribución y trazar las tuberías de alimentación y accesorios, tales como llaves de boya o flotador, tuberías de rebalse y de limpieza.
- 6) Trazar las tuberías de salida del depósito superior y el circuito de distribución, es decir de los alimentadores principales de donde saldrán las columnas distribuidoras. En el caso de que la reserva de incendio esté contemplada en el depósito de distribución, de éste deben salir dos tuberías, una para el sistema contra incendios, saliendo del fondo del depósito y provista de registros y válvula de retención. La otra tubería debe ser derivada arriba del nivel de agua correspondiente a la reserva contra incendio, la cual será utilizada para el abastecimiento general del edificio.
- 7) Localizar en la planta las columnas alimentadoras e indicar los puntos donde se unirán a los ramales de distribución.

bución o ramales alimentadores de los diferentes aparatos. Debido al elevado consumo de agua en la lavandería, tanques de hidroterapia y sala de máquinas, es aconsejable hacer la alimentación de estos sectores, por medio de columnas independientes.

Cada columna deberá ser controlada por medio de una válvula en su punto de derivación, a fin de facilitar el mantenimiento de la misma.

8) **Elaboración del sistema vertical:**

Determinadas las plantas del depósito inferior, bombas, canalización de succión y descarga, depósito superior de distribución, alimentadores principales, columnas alimentadoras con sus respectivas derivaciones a los diversos aparatos, los alimentadores de la lavandería, cocina, calderas y calentadores de agua (sala de máquinas), servicio de hidroterapia y sistema contra incendios; se procede a preparar el esquema vertical de todo el sistema, tratando de demostrar en la forma más clara posible el recorrido de todo el sistema de tuberías, empleando los respectivos símbolos para su fácil interpretación.

9) **Después del cálculo respectivo, se procede a dimensionar todo el sistema.**

c) **Estimación del consumo diario y consumo máximo probable**

La cantidad de agua necesaria para el consumo diario en un hospital de rehabilitación infantil, está en función del número de camas, de la extensión de sus unidades de consulta externa y de las características del equipo de hi-

droterapia.

En trabajos de investigación realizados por instituciones de otros países han determinado que el consumo de agua en hospitales infantiles es aproximadamente de 400 litros por cama diariamente.

El proyecto para el suministro de agua para un hospital de rehabilitación infantil, comprenderá:

Primero la determinación de la cantidad de agua fría y caliente para: la alimentación, lavandería, servicios de hidroterapia, servicios sanitarios, cocina, riego de jardines, y sistema contra incendios, así como la cantidad de agua necesaria para la producción de vapor.

Para ello hay que conocer el número de aparatos por abastecer, la cantidad necesaria para cada aparato y la simultaneidad probable de funcionamiento de dichos aparatos, lo que llamamos Consumo Máximo Probable. Una vez terminada esta cifra global, se determinan los valores que deben tener los depósitos de almacenamiento y distribución, los diámetros de las cañerías y la capacidad de las bombas para distribuir el agua entre los distintos servicios, en las cantidades requeridas y a las presiones necesarias.

Artefactos sanitarios

El consumo máximo probable de los artefactos sanitarios lo podemos determinar conociendo el número de aparatos y las unidades de gasto o de consumo de cada una de las piezas.

El número de aparatos necesarios lo podemos estimar de acuerdo con la población para la cual será diseñado el

hospital, tomando en cuenta que para cada 10 niños se necesitan:

- 1 inodoro
- 1 lavamanos (lavabo)
- 1 ducha

Cifras que podrán ser afectadas de un factor de acuerdo al número de pacientes.

(Datos tomados de "Standard Plumbing Engineering Design". Louis S. Nielsen).

Unidades de gasto o de consumo

Es el caudal que requiere cada aparato y se evalúa tomando como unidad el equivalente a 25 litros por minuto.

El número de unidades de gasto de cada aparato lo obtenemos de la tabla siguiente:

Galacheo		
Frigorifero		
Cuarto de baño completo		
Cuarto de baño completo		
W.C. completo	3	
W.C. completo	2	
W.C. completo de bodega	10	
Bijela	3	
Frigorifero	4	
Ducha	4	
Bañera	4	
Galacha	3	
Inodoro	2	
Inodoro	10	
Artefacto		Unidades de consumo
		Unidades de consumo

UNIDADES DE CONSUMO DE LOS DIFERENTES ARTIFACTOS

Nota: Para los artefactos con insulacion de vapor de agua, ver el apartado de los artefactos.

Tabla No. 1
UNIDADES DE CONSUMO DE LOS DIFERENTES ARTEFACTOS SANITARIOS

Artefacto	Unidades de consumo		Forma de instalación
	Público	Particular	
Inodoro	10	6	Válvula de descarga
Inodoro	5	3	Tanque de descarga
Lavabo	2	1	Grifo
Bañera	4	2	Grifo
Ducha	4	2	Válvula mezcladora
Fregadero	4	2	Grifo
Pileta	3		Grifo
Mingitorio de pedestal	10		Válvula de descarga
Mingitorio mural	5		Válvula de descarga
Mingitorio mural	3		Tanque de descarga
Cuarto de baño completo		8	Válvula de descarga el WC
Cuarto de baño completo		6	Tanque de descarga el WC
Fregadero lavadero		3	Grifo
Lavadero		3	Grifo

Nota: para los artefactos con instalación de agua fría y caliente, se tomará los 3/4 de las cifras anteriores.

(Tomado de Heating, Ventilating, Air Conditioning Guide 1953.)

Cuando no se especifique la pieza sanitaria, las unidades de gasto podrán estimarse en base al diámetro de la tubería de alimentación de la pieza, de acuerdo con la tabla siguiente:

Tabla No. 2

UNIDADES DE CONSUMO EN FUNCION DEL DIAMETRO DE ALIMENTACION	
Diámetro de la tubería	Unidades de consumo
Menor de $\frac{1}{2}$ "	1
$\frac{3}{4}$ "	3
1"	6
1 $\frac{1}{4}$ "	9
1 $\frac{1}{2}$ "	14
2"	22
2 $\frac{1}{2}$ "	35
3"	50

Tomado de "Recomendaciones Sanitarias para Proyectos de Construcción de Edificios." Tesis Ingeniero Jacinto Quana C. - 1965.

Lavandería

Sabiendo que el consumo de agua para lavandería es función del peso de la ropa seca a ser lavada; peso que en nuestro medio se estima de 3 a 4 Kg. de ropa por cama por día y considerando que cada Kg. de ropa requiere cerca de 40 litros, se deduce que el consumo de agua en la lavandería será de 120 a 140 litros por cama por día.

Ver tabla No. 3.

Tabla No. 3

GASTOS, DIAMETROS DE LOS SUB-RAMALES Y PRESIONES MINIMAS DE SERVICIO DE LAS PIEZAS DE UTILIZACION			
Pieza de utilización	Diámetro de alimentación	Gasto litro por segundo	Presión mínima de servicio (m)
Bañera	1/2"	0,31	1,5
Bañera hidroterápica de flujo continuo	1/2"	0,62	5,0
Bañera hidroterápica de inmersión	1"	0,72	1,5
Ducha	1/2"	0,31	1,5
Ducha hidroterápica de 15 cm.	1"	1,00	10,0
Ducha hidroterápica c. 16 regaderas de 7,5 cm. (tubular)	1 1/4"	3,00	15,0
Ducha escocesa	1 1/4"	2,50	30,0
Ducha perineal	1/2"	0,31	1,5
Bañera de emergencia	3/4"	0,62	5,0
Bañera infantil	1/2"	0,31	1,5
Bacia de asiento (hidroterápica)	1/2"	0,50	5,0
Lavatorio	1/2"	0,12	1,5
Lavabo quirúrgico	1/2"	0,31	1,5
Lavador de patos c. válvula automática de 1"	1"	0,95	20,0
Lavador de patos c. válvula automática de 1 1/4"	1 1/4"	0,95	8,0
Lavador de patos c. válvula automática de 1 1/2"	1 1/2"	0,95	4,0
Lava - piernas (hidroterápico)	1/2"	0,60	5,0
Lava - brazos (hidroterápico)	1/2"	0,60	5,0
Lava - pies (hidroterápico)	1/2"	0,50	5,0
Inodoro c. válvula automática de 1"	1"	2,02	20,0
Inodoro c. válvula automática de 1 1/4"	1 1/4"	2,02	8,0
Inodoro c. válvula automática de 1 1/2"	1 1/2"	2,02	4,0
Inodoro c. tanque	1/2"	0,31	1,5
Mesa de autopsia	1/2"	0,62	1,5
Pila de servicio (desojo)	1/2"	0,31	3,0
Pila de laboratorio	1/2"	0,28	1,5
Pila de lavado de instrumentos	1/2"	0,31	1,5
Pila de cocina - preparación	1/2"	0,31	1,5
Pila de cocina - lavado de ollas	1/2"	0,37	1,5
Urinario c. válvula automática	3/4"	0,92	8,0
Urinario c. tanque	1/2"	0,10	1,5
Tanque de lavar ropa	1/2"	0,50	1,5
Máquina de lavar platos	1/2" - 1"	0,30 - 0,81	4,0
Máquina de lavar ropa, hasta 30 Kg. de carga	1 1/2"	1,69	3,0
Máquina de lavar ropa, de 30 hasta 60 Kg. de carga	2"	2,55	3,0
Máquina de lavar ropa, arriba de 60 Kg. de carga	2 1/2"	3,75	3,2

Proyectos de Inst. de Equipo, Fac. Ing., Guatemala 1968.



Vapor de agua

El consumo de agua para la producción de vapor está en función del equipo a utilizar, el gasto en Kg./hora y la presión requerida de cada uno.

La determinación de un factor de demanda a aplicarse a la suma de los consumos de los aparatos solamente puede ser definida de acuerdo con cada situación específica. Contando con el análisis de los servicios desempeñados en los diversos departamentos del hospital, podemos admitir que los aparatos de lavandería y cocina deben ser considerados como de utilización plena, así como los aparatos de esterilización que se concentran en una central única de esterilización. Los restantes aparatos de esterilización y desinfección distribuidos en las salas de utilización y servicios, así como las salas de subesterilización, pueden estar sujetas a un factor de demanda progresivo en función del número de aparatos.

El consumo de vapor en un hospital en Guatemala en donde por nuestro clima podemos prescindir de la calefacción, lo podemos estimar en la siguiente proporción:

- 28% para el calentamiento de agua para la lavandería y cocina.
- 24% para el calentamiento de agua para uso doméstico e hidroterapia.
- 23% para el procesamiento del equipo de lavandería.
- 25% para el procesamiento del equipo de esterilización y cocina.

Hidroterapia

El consumo máximo probable de los aparatos de hidro-

terapia, en litros por minuto podrá ser determinado por los gastos indicados en la tabla No. 3. Considerándose un factor de demanda de aproximadamente 30%.

Cocina

El consumo máximo probable de los aparatos de la cocina podrá ser calculado igualmente con los gastos indicados en la tabla No. 3, considerándose asimismo un factor de demanda del 30%.

Riego de jardines

La cantidad de agua necesaria para el riego de jardines lo podemos estimar en 2 ó 3 litros por metro cuadrado.

Consumo máximo probable

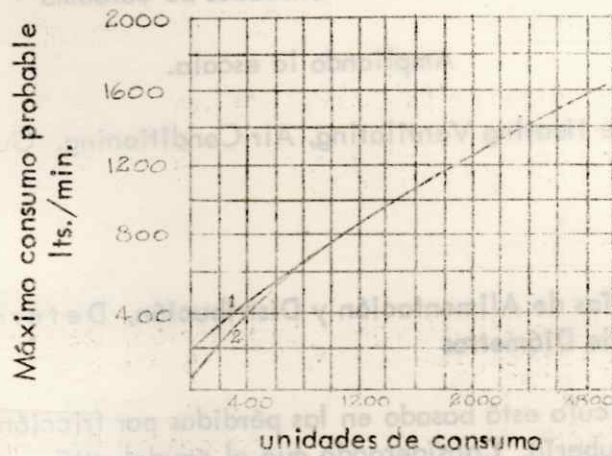
El diseño de un ramal por el consumo máximo probable se basa en la hipótesis de ser poco probable el funcionamiento simultáneo de los aparatos de un ramal y en que la posibilidad de uso simultáneo disminuye con el aumento del número de aparatos. Basados en la Teoría Matemática de las probabilidades, se han preparado curvas que indican el máximo consumo probable en litros por minuto según sea el número total de unidades de consumo instaladas; los cuales cubren el máximo de demandas que se presentan en ciertos momentos del día.

Algunas instalaciones pueden presentar necesidades especiales, en cuyo caso se admite que los aparatos abastecidos por determinado ramal sean utilizados simultáneamente, de modo que la descarga total en el inicio del ramal se

rá la suma de las descargas en cada uno de los subramales. Esta posibilidad es válida en ramales abastecedores de aparatos de hidroterapia de flujo continuo y aún en la lavandería.

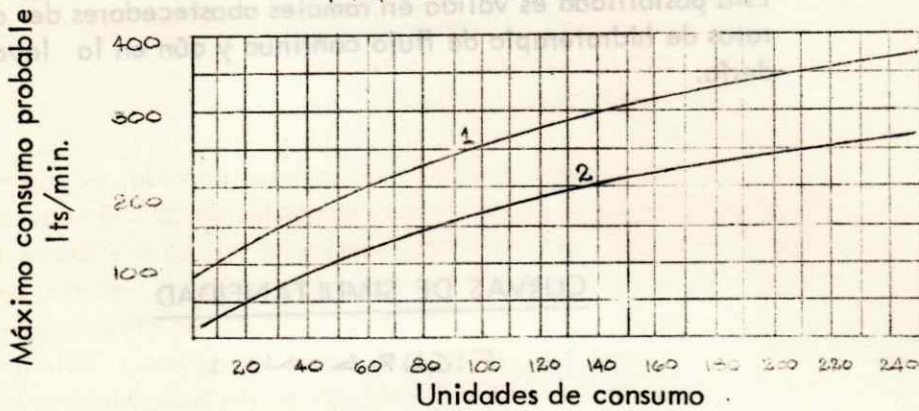
CURVAS DE SIMULTANEIDAD

FIGURA N^o 1



- Curva No. 1. Instalaciones donde predominan las válvulas de descarga.
- Curva No. 2. Instalaciones donde predominan los tanques de descarga.

FIGURA N° 1-A



Ampliando la escala.

(Tomado de Heating Ventilating, Air Conditioning. Guide - 1953)

d) Tuberías de Alimentación y Distribución, Determinación de Diámetros

El cálculo está basado en las pérdidas por fricción dentro de la tubería. Considerando que el caudal está muy afectado por las pérdidas de presión debidas a la fricción - en el interior de los tubos, deberá tenerse en cuenta este importante factor en la determinación de los diámetros. La fórmula empleada para calcular esta pérdida de carga debida a la fricción es:

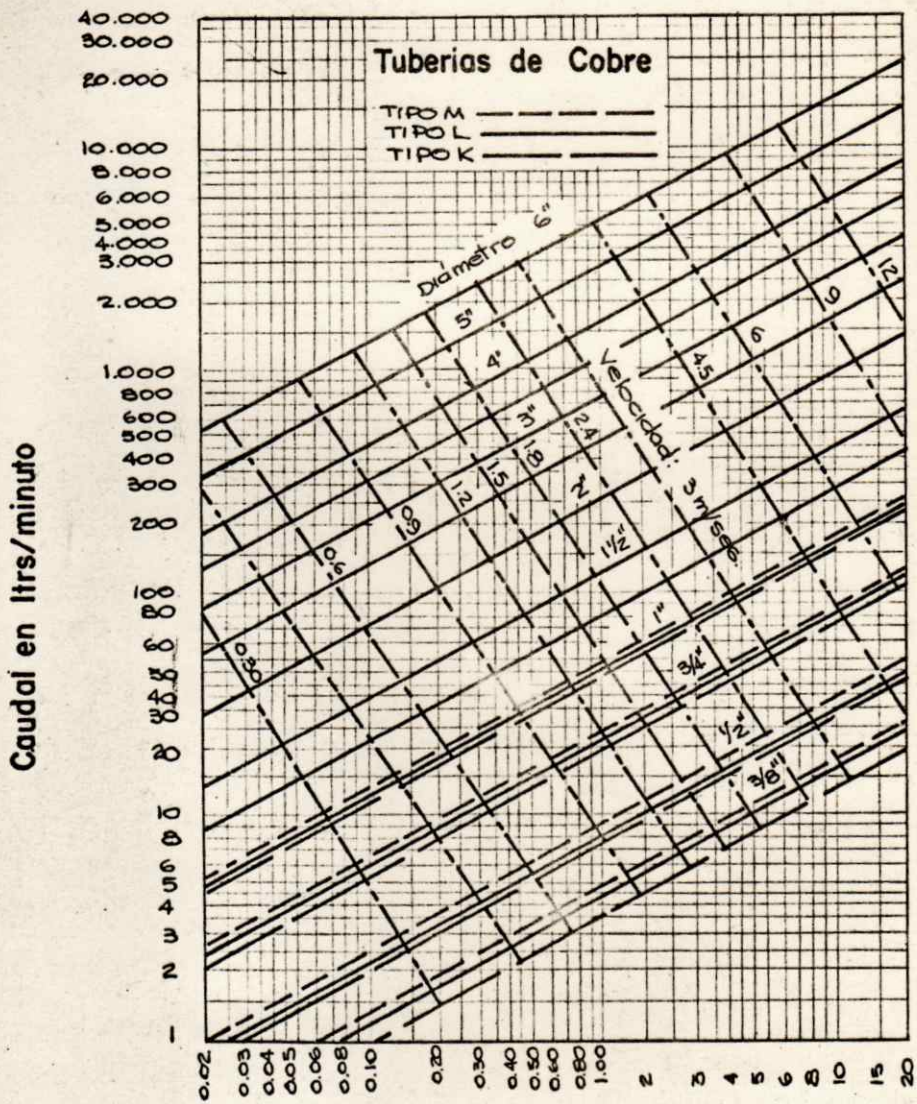
$$H_f = f \frac{1}{d} \frac{v^2}{2g}$$

en la cual:

- l = longitud de la cañería
- d = diámetro de la cañería
- v = velocidad del agua
- g = aceleración de la gravedad
- f = coeficiente de fricción

De esta fórmula se desprende que las pérdidas de carga dependen de la longitud del conducto, de su diámetro y de la velocidad del agua. Considerando que la velocidad (Q/A) depende del caudal y del diámetro de la cañería, se pueden calcular gráficas dando las pérdidas de carga por fricción en los tubos rectos para varios diámetros y caudales. Si se ha fijado de antemano una pérdida de carga admisible y compatible con la presión que se desea conservar para el agua, las gráficas permitirán determinar el diámetro más conveniente para cada valor del caudal de agua.

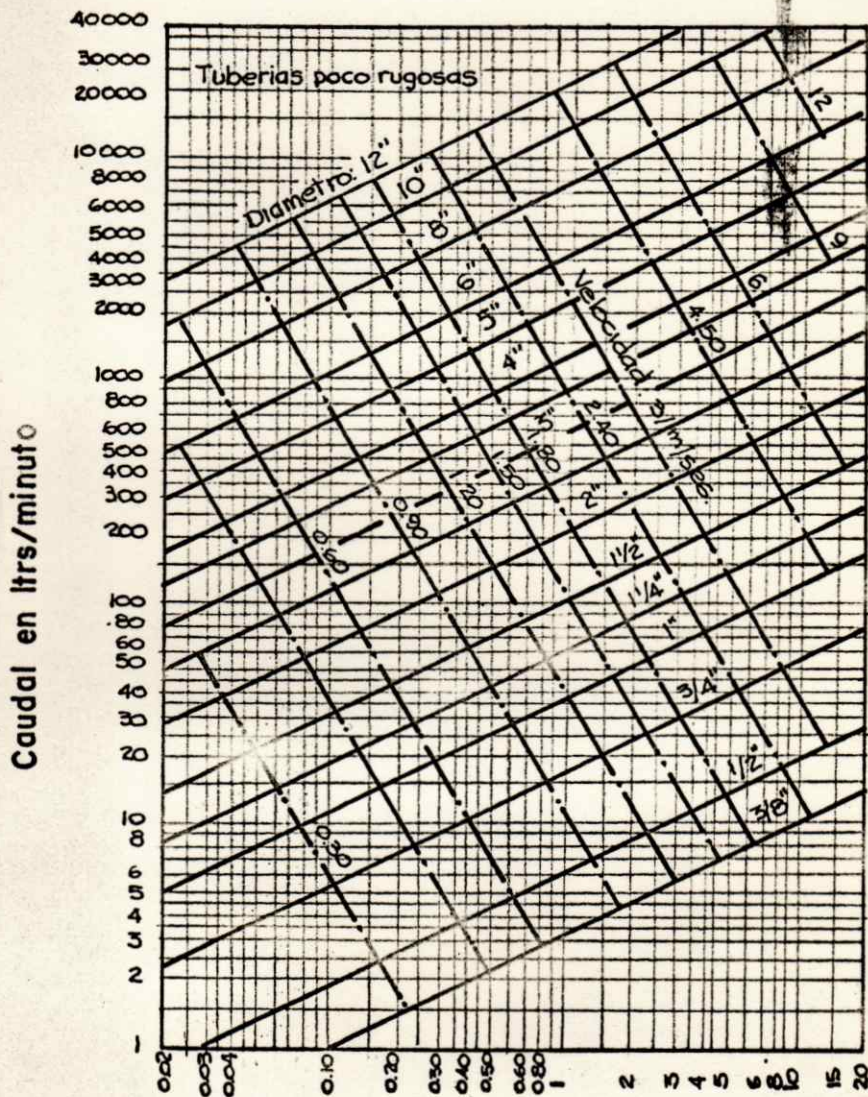
FIGURA N° 2



Perdidas de carga por rozamiento, Kg/cm por 100m. de tubería

TOMADO DE HEATING, VENTILATING, AIR CONDITIONING. GUIDE, 1953

FIGURA N: 3



Perdida de carga por rozamiento
Kg/cm por 100 metros de tubería

TOMADO DE HEATING, VENTILATING, AIR CONDITIONING, GUIDE, 1963

El factor "f" de la fórmula precedente es un coeficiente que depende de las condiciones de la superficie interna de la cañería, ya sea lisa, mediana o rugosa. Las tuberías de cobre, latón, plomo y plástico, como no tienen rugosidades, están incluidas entre las lisas. Las tuberías de acero y hierro galvanizados y las de hierro fundido, al cabo de unos años de servicio se vuelven bastante rugosas, y por lo tanto deben elegirse sus diámetros con mayor holgura.

El caudal también se reduce a causa de las curvas, válvulas y accesorios empleados en la red, causando pérdidas de carga que deben convertirse en sus equivalentes en longitudes de tubería recta; estas longitudes se añaden a la longitud real de la cañería para determinar la pérdida de carga total que hay que tener en cuenta.

Caudal de Hectolitros Consumidos en 24 Horas

Diferencia	Carg 20"	Carg 30"	Carg 40"	Carg 50"
0	0'10	3'02	5'12	8'12
2 1/2"	2'30	3'02	3'40	5'40
4"	4'32	5'42	3'42	3'20
6 1/2"	3'02	3'02	4'40	4'40
8 1/2"	5'42	3'02	3'42	3'42
10"	5'12	1'30	3'02	3'02
12 1/2"	1'30	0'40	5'12	5'12
15 1/2"	1'30	0'40	1'00	1'00
18"	0'40	0'40	1'30	1'30
20"	0'40	0'40	0'42	0'42
22 1/2"	0'40	0'40	0'40	0'40
25"	0'30	0'30	0'30	0'30
Diferencia	Carg 20"	Carg 30"	Carg 40"	Carg 50"

EN TUBERIAS DE HIERRO
EQUIVALENCIAS DE LONGITUDES DE

Tabla No. 4

Tabla No. 4

EQUIVALENCIAS DE LAS PERDIDAS DE CARGA POR ACCESORIOS,
EN METROS DE TUBO RECTO

Diámetro	Codo 90°	Codo 45°	T 90°	T paso recto	Válv. de compuerta	Válv. de Plato	Válv. de ángulo
3/8"	0.30	0.20	0.45	0.10	0.06	2.45	1.20
1/2"	0.60	0.40	0.90	0.20	0.12	4.60	2.45
3/4"	0.75	0.45	1.20	0.25	0.15	6.10	3.65
1"	0.90	0.55	1.50	0.27	0.20	7.60	4.60
1 1/4"	1.20	0.80	1.80	0.40	0.25	10.50	5.50
1 1/2"	1.50	0.90	2.15	0.45	0.30	13.50	6.70
2"	2.15	1.20	3.05	0.60	0.40	16.50	8.50
2 1/2"	2.45	1.50	3.65	0.75	0.50	19.50	10.50
3"	3.05	1.80	4.60	0.90	0.60	24.50	12.20
3 1/2"	3.65	2.15	5.50	1.10	0.70	30.00	15.00
4"	4.25	2.45	6.40	1.20	0.80	37.50	16.50
5"	5.20	3.05	7.60	1.50	1.00	42.50	21.00
6"	6.10	3.65	9.15	1.80	1.20	50.00	24.50

(Tomado de Heating, Ventilating, Air Conditioning Guide. 1953).

A su paso por los contadores, el agua está sometida a una resistencia por rozamiento que, medida en unidades de presión (Kg./cm^2 .) debe añadirse a las pérdidas de carga producidas por la propia tubería, los accesorios y las válvulas.

Los contadores de agua pueden ser de dos tipos:

- a) Contadores de velocidad: estos acusan la cantidad de agua que los atraviesa en función de la velocidad que ésta lleva se basan en que para un mismo diámetro de un conducto hay proporcionalidad entre el gasto y la velocidad.
- b) Contadores de volumen: estos miden directamente el volumen de agua que los atraviesa, pues ésta pasa llenando una capacidad determinada que inmediatamente se vacía; en cada ciclo se produce el movimiento de un elemento que a su vez mueve el aparato registrador.

Para cada tipo y diámetro hay un "campo de medida" definido por dos valores, superior e inferior del gasto. Entre esos valores debe quedar siempre comprendido el posible gasto de las tuberías a que se aplica.

Por cuanto para seleccionar el contador lo hacemos atendiendo al campo de medida y a la pérdida de carga producido por el mismo.

La tabla No. 5 nos da los caudales máximos que admiten los contadores del tipo volumétrico.

Tabla No. 5
CAUDALES QUE ADMITEN LOS CONTADORES DE AGUA

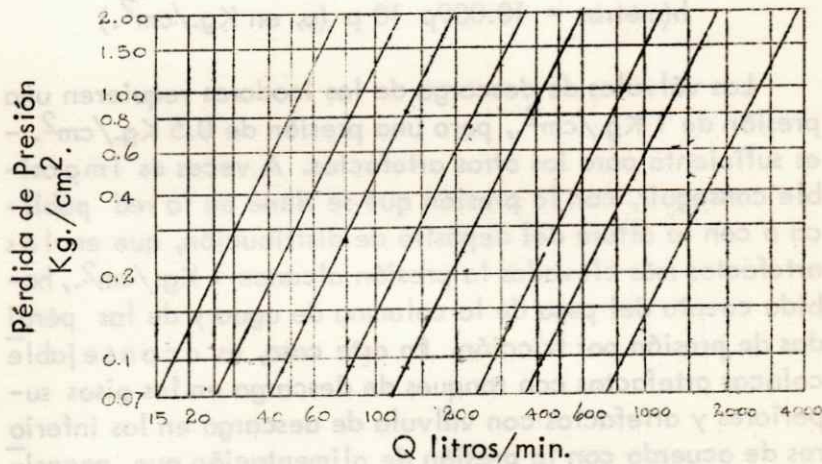
Diámetro	Límites del Caudal	Diámetro	Límites del Caudal
3/8"	4 a 75 lts./min.	2"	30 a 600 lts./min.
3/4"	8 a 130 "	3"	60 a 1200 "
1"	11 a 200 "	4"	105 a 1900 "
1 1/2"	20 a 375 "	6"	180 a 3800 "

(Tomado de Heating Ventilating, Air Conditioning Guide, 1953)

Conociendo el caudal, en litros por minuto, y el diámetro de la tubería de entrada al contador, la figura No. 4 podemos determinar la pérdida de carga producida por el contador, en Kg./cm².

FIGURA N^o 4.-

PERDIDAS DE CARGA POR LOS CONTADORES



(Tomado de Heating Ventilating Air Conditioning Guide. 1953)

Presión del agua:

La presión efectiva se mide en Kg./cm². o en metros de columna de agua, contándose estos últimos desde el punto considerado hasta el nivel del depósito suministrador. Los tanques de presión suelen operar en las instalaciones domésticas a una presión de 2.8 Kg./cm². y en los suministros municipales las aguas suelen entrar en los edificios de 2 á 3 Kg./cm². Los depósitos de gravedad deben colocarse a una altura tal que el nivel del agua en ellos esté por lo

menos a 6 metros por encima del grifo más alto. A 15 grados C. una columna de agua de un centímetro cuadrado de sección y de un metro de altura pesa 99.91 gramos. La presión del agua en Kg. por centímetro cuadrado es pues de $0.09991 h$, donde h es la altura a la cual se halla el nivel del agua, o sea:

$$P(\text{Kg./cm}^2) = 0.09991 h \text{ o } 0.1 h \text{ (h, en metros)}$$

$$h(\text{metros}) = 10.009 p \text{ o } 10 p \text{ (p, en Kg./cm}^2\text{.)}$$

Las válvulas de descarga de los inodoros requieren una presión de 1 Kg./cm^2 , pero una presión de 0.5 Kg./cm^2 es suficiente para los otros artefactos. A veces es imposible conseguir, con la presión que se tiene en la red pública o con la altura del depósito de distribución, que en los artefactos más elevados la presión alcance 1 Kg./cm^2 , habida cuenta del peso de la columna de agua y de las pérdidas de presión por fricción. En este caso, es aconsejable colocar artefactos con tanques de descarga en los pisos superiores y artefactos con válvula de descarga en los inferiores de acuerdo con la presión de alimentación que necesitan. Cuando en las canalizaciones generales la presión es mayor, debe reducirse en los ramales por medio de válvulas reductoras.

SISTEMA DE ALIMENTACION

La alimentación podrá ser de 2 formas, según sea el caso:

Alimentación directa

Quando el suministro de agua de la localidad tiene su

ficiente capacidad, la alimentación se produce directamente a los diferentes servicios, es decir que es alimentación y distribución simultáneamente.

En el sistema de alimentación directa la presión requerida para vencer la gravedad en la columna vertical, más la presión necesaria para surtir el aparato más elevado, se habrán de descontar de la presión utilizable de la cual se disponga en la red comunal, presión que debemos conocer previamente; la presión restante representa la disponibilidad para vencer la resistencia por fricción y de paso de tuberías, contadores y demás accesorios empleados. Esta pérdida o caída total debe reducirse a la pérdida por cada 100 metros de longitud de cañería. Calculada de antemano la cantidad o caudal de agua en litros por minuto que requiere cada sección de la canalización, podremos hallar el diámetro de tubo que conviene para cada sección, teniendo en cuenta las pérdidas por fricción por medio de las figuras, Nos. 2 y 3.

EJEMPLO:

En un edificio de 5 plantas el grifo más alto está a una altura de 14 metros sobre el nivel de la tubería general; la presión del agua en esta tubería es de 4 Kg./cm^2 . En la planta baja hay un cuarto de baño, una cocina con un fregadero y un lavadero. En cada uno de los pisos superiores hay dos cuartos de baño. Los inodoros funcionan con válvula de descarga. Calcular el diámetro de la tubería de entrada.

SOLUCION:

En la tabla No. 1 encontramos que los artefactos de

los cuartos de baño representan 8 unidades de consumo y que una combinación para fregadero y lavadero representan 3 unidades; por lo tanto el total de unidades de consumo es de:

$$9 \times 8 + 3 = 75 \text{ unidades}$$

Según la figura No. 1, el máximo consumo probable es de 225 litros por minuto. De la tabla No. 5 para 225 litros por minuto, el diámetro del contador deberá ser de $1\frac{1}{2}$ " que según la Fig. 4 ocasiona una pérdida de carga de 0.8 Kg./cm². Si queremos que la presión en el grifo más alto sea de 1 Kg./cm², la presión necesaria para conseguir esta presión y vencer el desnivel y la fricción del contador será de:

$$\begin{aligned} 1 \text{ Kg./cm}^2. + 0.1 h + p \text{ contador} &= 1 + 0.1 \times 14 + 0.8 \\ &= 3.2 \text{ Kg./cm}^2. \end{aligned}$$

Para vencer la fricción que se produce en las tuberías y accesorios nos queda por lo tanto, una presión de:

$$4 - 3.2 = 0.8 \text{ Kg./cm}^2.$$

Para calcular el equivalente en metros de tubería debido a las pérdidas de presión causadas por los accesorios y válvulas, usamos la tabla 4; pero sería necesario adoptar previamente unas secciones para los ramales y repetir el cálculo, si fuera preciso, después de haber calculado las secciones definitivas. Para esto es necesario haber realizado un estudio de toda la instalación con todos sus accesorios. Si no se quiere hacer este estudio previo, puede estimarse la longitud equivalente y adoptarse un valor; en nuestro problema aceptaremos que el conjunto de todos los accesorios produce una pérdida de presión equivalente a 30 metros de tubería.

Deberemos por lo tanto escoger, una tubería cuya pérdida de presión por cada 100 metros sea como máximo:

$$\left. \begin{array}{l} 0.8 - L \text{ tot.} \\ P_x - 100 \end{array} \right\} P_x = \frac{0.8 \times 100}{LT} = \frac{0.8 \times 100}{14 + 30} = \frac{80}{44} = 1.8 \text{ Kg./cm}^2.$$

Elegimos una tubería de hierro galvanizado, y en la Fig. No. 3 encontramos que la tubería de 2" resulta adecuada.

Para calcular las secciones de los ramales, se sigue el mismo procedimiento, adoptándose como norma que el diámetro de los subramales será de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ " según sea el aparato alimentado.

Si un ramal alimenta dos cuartos de baño adyacentes en un mismo piso, el número de unidades de consumo será de 16, tabla No. 1; el máximo consumo probable de 125 lts./min. Fig. No. 1 y según Fig. No. 3 la tubería de hierro galvanizado que produce la pérdida de carga admisible de 1.8 Kg./cm^2 , (calculada anteriormente) puede ser de $1\frac{1}{2}$ ".

Alimentación indirecta

Comprende: la determinación del diámetro de la tubería principal, es decir del ramal derivado de la red pública para la alimentación del depósito inferior de acumulación, la determinación del diámetro de las tuberías de descarga de las bombas que alimentan el depósito superior de distribución, y la determinación del diámetro de las tuberías de distribución a los diferentes servicios a partir del depósito de distribución o tanque elevado.

a) Cálculo del diámetro de la tubería principal:

Este se calcula en la misma forma que el caso anterior de acuerdo con el consumo máximo probable y tomando en cuenta las pérdidas por fricción debida a la tubería y a los accesorios.

b) Cálculo del diámetro de las tuberías de descarga:

La capacidad de cada bomba debe corresponder al consumo simultáneo máximo probable de los aparatos de consumo; debiendo emplearse como mínimo 2 bombas, para trabajar en forma alterna. La capacidad de cada bomba debe satisfacer todas y cada una de las siguientes condiciones:

- 1) Satisfacer el consumo simultáneo máximo probable del sistema doméstico.
- 2) Satisfacer el consumo máximo probable de la lavandería.
- 3) Satisfacer el consumo máximo probable de los servicios de hidroterapia, cuando la extensión de las mismas dé como resultado un consumo apreciable de agua.

c) Cálculo del diámetro de la tubería de distribución:

Considerando que la distribución de agua a partir de un depósito elevado se hace por gravedad. El primer requisito es colocar el tanque en un punto a suficiente altura para que las tomas más altas tengan la presión requerida. En capítulos anteriores hemos hablado de la posibilidad de usar artefactos para una presión de 1



Kg./cm². en los más bajos. Cuando el edificio está dividido en zonas, la instalación de cada una de ellas se proyecta por separado. Las presiones necesarias están producidas por el peso del agua que contienen las columnas alimentadoras (bajantes).

El sistema de tuberías a partir del tanque elevado, comprende en su orden:

- a) Alimentador principal: conecta el depósito elevado con el circuito de distribución.
- b) Circuito de distribución: es la tubería que se tiene horizontalmente sobre la última planta y de la cual parten las columnas alimentadoras.
- c) Columnas alimentadoras: son tuberías que parten del circuito de distribución, generalmente son verticales y abastecen a los diferentes departamentos del hospital.
- d) Ramales: son tuberías que salen de la columna alimentadora y que abastecen los grupos de aparatos de consumo.
- e) Subramales: son pequeños tramos de tubería que conectan los ramales a los aparatos de consumo.

Las presiones disponibles en los pisos bajos se suelen calcular a base del desnivel existente entre cada dos pisos consecutivos. La presión requerida en cada planta se obtiene con la presión remanente en la tubería al nivel del suelo de la planta inmediatamente superior, más la producida por el desnivel entre estas dos plantas. Muchas veces es necesario adoptar en los pisos más elevados tuberías de sección bastante grande para que en ellas las pérdidas de pre-



sión debidas a la fricción sean muy bajas, lo que permitirá que la presión en los tubos de bajada aumente rápidamente, contribuyendo a obtener en los pisos inferiores la presión necesaria en grifos y válvulas. Después en los pisos más bajos, el aumento de presión producido por la altura de cada piso puede emplearse totalmente para compensar la pérdida por fricción en el recorrido correspondiente a dicho piso.

Desarrollo del Cálculo por el Método de las Descargas Hidráulicas: para el cálculo en sí, se tomará una hoja o cuadro como el que sigue:

Columna 1:

Se coloca el número del nivel a que corresponde.

Columna 2:

Se coloca el número de unidades de consumo de cada planta o nivel; las que obtenemos de la tabla No. 1.

Columna 3:

Corresponde al número total de unidades de consumo acumulativas, partiendo del extremo de las columnas hacia el depósito superior de distribución.

Columna 4:

Máximo consumo probable: con el número total de unidades de consumo acumuladas en cada nivel, por medio de la Fig. No. 1 determinamos el máximo consumo probable para cada tramo de la columna.



Columna 5:

Longitud de tubería: corresponde a la longitud de la columna entre cada nivel.

Columna 6:

Longitud equivalente: será la longitud real de tubería más la longitud en metros de tubería recta a que equivalen las pérdidas por fricción debido a las válvulas y accesorios; ésta dependiendo del número de válvulas y accesorios se puede estimar en un 25% a 40% de la longitud real.

Columna 7:

Presión requerida: se refiere a la presión de alimentación que necesitan los artefactos, más la presión necesaria para vencer las pérdidas por fricción en el tramo comprendido desde el pie de la columna hasta el propio aparato.

Columna 8:

Presión total disponible: será, para la planta superior la presión debida a la diferencia de nivel entre el depósito y los artefactos de dicha planta; para los niveles siguientes será la presión producida por la diferencia de nivel entre dos plantas consecutivas, más la presión efectiva que hay en el tubo de bajada. (Esta presión efectiva será la presión requerida en el nivel inmediato superior).

$$P = 0.1 h \text{ (h = diferencia de nivel).}$$

Columna 9:

Presión disponible para la fricción en el tramo del bajante, será igual a la diferencia de presión entre la presión total disponible y la presión requerida en cada nivel

Columna 10:

Pérdida de presión por fricción en Kg./cm²./100 metros de tubería. Para entrar a las curvas para determinar el diámetro necesario, debemos tener las pérdidas por fricción por cada 100 metros de tubería; para lo cual transformamos la pérdida de presión disponible para la fricción calculada en el punto 9, por simple regla de 3.

$$\left. \begin{array}{l} Pd - L.E. \\ Px - 100 \end{array} \right\} Px = \frac{Pd \times 100}{L.E.}$$

Px = Pérdida de presión en Kg./cm²./100 metros de tubería.

Pd = Presión disponible para la fricción en el tramo Kg./cm².

L.E. = Longitud equivalente en metros.

Columna 11:

Esta columna corresponde al diámetro de la tubería que se está diseñando, para su selección usamos la Fig. No. 3, a la cual entramos con la pérdida de presión en Kg./cm²./100 metros y con el consumo máximo probable, y obtenemos el diámetro, verificando al mismo tiempo en dicha tabla la velocidad del flujo.

B. SISTEMA DE AGUA CALIENTE

a) Consideraciones generales

El problema inicial que encontramos al proyectar un sistema de agua caliente, principalmente si se trata de grandes instituciones hospitalarias donde el consumo es bastante elevado, es en cuanto a las propiedades del agua de alimentación y principalmente aquellas que afectan directamente el proyecto y operación de los sistemas, tales como la acidez y sobre todo la dureza del agua cuyos efectos son mayores al elevar la temperatura. El grado de acidez determinará el alcance del ataque y la corrosión de las partes metálicas en contacto con el agua. La dureza en exceso de este líquido es la causa principal de incrustaciones en los calentadores, calderas y tuberías, con las graves consecuencias que se derivan, además de los inconvenientes que afectan directamente la economía de la institución al tener gastos excesivos con el jabón y detergentes para lavandería y limpieza, con el combustible para las calderas, al disminuir su eficiencia, así como de la rápida destrucción de ropas y tejidos, losas y utensilios de cocina y esterilización.

Se hace necesario el conocimiento previo de las características físicas y químicas del agua de alimentación de lavandería y calderas, pues aunque el agua esté dentro de los patrones de potabilidad, no podría encuadrar dentro de las tolerancias de calidad exigidas para el objetivo señalado, necesitando tratamiento adecuado.

Las tolerancias de calidad sugeridas para el agua de alimentación de calderas y lavanderías son:

	Calderas hasta 10 at.	Lavandería
Turbidez	20 ppm	---
Color	80 "	---
Oxígeno consumido	100 "	---
Demanda de oxígeno	2 "	---
Dureza total	75 "	50 ppm
pH	8 "	---
Sólidos totales	3,000 "	---
Al ₂ O ₃	5 "	---
Si O ₂	40 "	---
CO ₃	200 "	---
HCO ₃	50 "	---
OH	50 "	---
Fe (Hierro)	---	0.2 ppm
Mn (Manganeso)		0.2 "
Fe - Mn		0.2 "

Necesidad de agua caliente en el hospital

El agua caliente es básica en los hospitales, sobre todo en los de rehabilitación, pues además de los usos de aseo corporal y limpieza, es indispensable en los servicios de hidroterapia y en los procesos de limpieza en la lavandería y en la cocina.

El tamaño del hospital, es decir el número de camas y la extensión de sus servicios auxiliares y ambulatorios, así como el patrón y situación geográfica del mismo, son factores a considerar en la determinación del consumo y del sistema de producción.

Hospitales rurales, donde los recursos para el mantenimiento son limitados, principalmente aquellos cuyas capacidades oscilan alrededor de las 25 camas escogerán el siste-

ma de acuerdo a las condiciones locales de abastecimiento de energía eléctrica y de suministro de gas licuado de petróleo, que serán forzosamente los medios de calentamiento.

En hospitales mayores de 50 camas, independientemente del factor clima, se requiere un sistema central de producción de agua caliente.

b) **Estimación del consumo diario y del consumo máximo probable**

El consumo de agua caliente, en función de la unidad hospitalar, o sea la cama, varía naturalmente con el clima y facilidades del hospital, especialmente en lo que respecta a la extensión de sus servicios auxiliares y de hidroterapia. Sin embargo, para efecto exclusivamente de previsión del consumo, podemos estimar en 10 litros por cama por hora para el hospital, 6 litros por cama por hora para la cocina y 8 litros por cama por hora para la lavandería, lo cual daría un consumo aproximado de 190 litros por cama por día de agua caliente.

Otro cálculo aproximado, basado en datos de hospitales en funcionamiento, es estimar el consumo de agua caliente de 30% á 40% del consumo total.

La determinación de los gastos de los aparatos y del consumo máximo probable son igualmente de gran importancia para la estimación del consumo diario y para el dimensionamiento del sistema de distribución de agua caliente.

Los gastos de agua caliente recomendados para los aparatos del sistema doméstico y del sistema de lavandería están indicados en las tablas Nos. 7 y 8.

Consumo máximo probable

Para el dimensionamiento de los diversos tramos de la red de distribución del sistema doméstico, no deben ser tomados los gastos máximos posibles de los grupos de aparatos de un tramo dado, como si todos funcionaran al mismo tiempo, pero sí los gastos máximos probables. Basado en el cálculo de probabilidades, en condiciones recomendadas por la práctica, se puede establecer un factor de utilización para los diversos tramos de la tubería en función del número de aparatos.

La tabla No. 6 indica el factor de utilización a ser aplicado a un determinado grupo de aparatos del sistema hospitalario constituyentes de un tramo dado, por el cual se deben multiplicar los gastos máximos posibles de los aparatos del grupo, para así obtener el consumo máximo probable que dará el gasto para la determinación del diámetro correspondiente.

Para dimensionar el sistema de lavandería y cocina, se deberá tomar en consideración el consumo máximo posible o sea la suma de los gastos de todos los aparatos de cocina y lavandería.

Tabla No. 6

Nº de aparatos	Factor de utilización
1	1.00
2	0.85
3	0.75
4	0.65
5	0.55
6	0.45
7	0.35
8	0.25
9	0.15
10	0.10
15	0.05
20	0.03
30	0.02
40	0.01

Tabla No. 6

No. de Aparatos	Factor de Utilización	No. de Aparatos	Factor de Utilización
1	1.0	40	0.37
2	1.0	50	0.36
3	0.8	60	0.35
4	0.68	70	0.34
5	0.62	80	0.33
6	0.58	90	0.32
7	0.56	100	0.31
8	0.53	200	0.30
9	0.51	300	0.291
10	0.50	500	0.275
20	0.42	800	0.258
30	0.38	1000	0.25

Obra de Consulta: Proyectos de Instalación de Equipo de Hospitales, Operación y Mantenimiento.
Facultad de Ingeniería, Guatemala 1968.

c) Sistema de Producción

Debido a las diferencias de temperatura del agua caliente exigida para los diversos fines, en el hospital se instalarán dos sistemas distintos de producción de agua caliente. El "sistema doméstico" que abastece los aparatos para baño, hidroterapia, lavado y limpieza, distribuidos en los diversos sectores del hospital; en dicho sistema la temperatura del agua en la fuente de producción es de cerca de 60 grados C., la temperatura de utilización alrededor de 40 grados C. El otro, denominado "sistema de lavandería", abastece los aparatos de preparación y lavado en la cocina y lavandería, en el cual la temperatura del agua en la fuente de producción es de cerca de 80 grados centígrados.

Por lo tanto son dos sistemas completamente distintos los que deberán ser instalados, si no en todos los hospitales, por lo menos en aquellos cuya capacidad es superior a las 75 camas. En hospitales menores de 75 camas, donde un sistema central de producción y distribución de vapor es proyectado, se podrá tener un sistema único de producción y distribución de agua caliente para uso doméstico, para la lavandería y para la cocina. En este caso las máquinas de lavar ropa y las destinadas para lavar platos, donde las técnicas de lavado exigen agua a 80 grados C., estarán equipadas con inyectores de vapor para elevar la temperatura del agua en las propias fuentes de consumo.

d) Sistema de distribución, determinación de diámetros

Al proyectar un sistema de producción y distribución de agua caliente debemos tomar muy en cuenta lo siguiente:

El agua debe fluir en cada punto de consumo en cantidad

dad necesaria al gasto.

El funcionamiento simultáneo de varios aparatos no debe influir en los gastos de otros que entren en operación.

El agua debe fluir en los aparatos a una temperatura mínima requerida, sin que haya desperdicio de agua a baja temperatura.

El agua debe ser suplida a una temperatura suficientemente alta para atender los propósitos del sistema.

La cantidad de agua debe ser suficiente para abastecer el sistema.

Sistema de distribución

Dos métodos se emplean para distribuir el agua caliente a los diferentes servicios:

Distribución simple sin recirculación y sistema directo
Distribución con recirculación por Termo-Sifón.

El primero consiste simplemente en una tubería que sale de la parte superior del calentador y de la cual, una derivación en cada planta alimentará los aparatos de la misma sin tubería de retorno. En este sistema el inconveniente es que al abrir un grifo hay que esperar que se vacíe el tramo de tubería comprendido entre el grifo y el calentador para obtener el agua caliente, pues este contiene agua fría que lógicamente se desperdicia.

Distribución con recirculación

El método de distribución del agua caliente con calentamiento central para el sistema doméstico que más se adapta a nuestro hospital (donde la demanda es muy variable y los trayectos son casi siempre demasiado largos y por consiguiente los puntos de consumo bastante alejados del calentador) es el sistema de distribución con recirculación. En este sistema, la tubería del agua caliente forma una red cerrada en la cual circula ésta por el principio del Termo-Sifón.

El sistema de distribución con recirculación, podrá hacerse de 3 formas:

- a) Circulación ascendente.
- b) Circulación descendente.
- c) Circulación mixta.

El que más se adapta al hospital, principalmente si consta de varios pisos, es el sistema descendente, en que el agua calentada en el depósito-calentador vá a un distribuidor en la parte alta del edificio de donde salen las diferentes columnas alimentadoras que abastecen los distintos niveles. Las columnas se reúnen en una tubería de retorno en el piso bajo, donde se encuentra el depósito-calentador, para alimentarlo nuevamente con el agua no consumida.

Como este sistema no puede mantener la circulación del agua en la red exclusivamente por la diferencia de peso del agua (principio del Termo-Sifón) de acuerdo con la temperatura de alimentación y la de retorno, o sea, constituyendo un sistema con "Circulación Natural", se debe intercalar una bomba de circulación en la línea principal alimentadora de agua caliente o en la línea de retorno, a manera de suministrar energía para compensar las pérdidas de

carga y permitir una circulación continua a la velocidad adecuada.

En el caso que la cocina, la lavandería y los servicios de hidroterapia, se encuentren en dependencias cercanas a la casa de calderas donde se encuentra el depósito-calentador, se podrá emplear el sistema descendente con circulación natural o por gravedad. La única fuerza que produce el movimiento es la diferencia de peso entre las columnas alimentadoras (agua más caliente y por lo tanto menos densa) y las de retorno (agua más fría o sea más densa).

Cálculo de diámetros

Los cálculos de los diámetros de los diversos tramos del sistema de agua caliente se hacen de manera idéntica a los empleados en el sistema de agua fría.

La tubería de retorno será dimensionada con capacidad suficiente para recibir el saldo del gasto que trae la columna, siendo el mínimo de $3/4"$ y si quedan muy alejadas del calentador serán de $1"$ para facilitar la circulación.

En un sistema de distribución de agua caliente con recirculación, es necesario, después del dimensionamiento de toda la red, verificar si efectivamente el agua circula en el sistema.

La recirculación es necesaria para asegurar las temperaturas mínimas deseadas en los diversos puntos de consumo, evitándose así desperdicios de agua.

Para esta verificación, se considera necesario que todos los aparatos de consumo estén con sus grifos cerrados y que toda la descarga circule por el sistema.

Para que la corriente de circulación sea establecida, es necesario que haya diferencia de temperatura en los puntos principales de alimentación y de retorno, o sea entre los tramos ascendentes y descendentes.

En un sistema con circulación descendente, el más comúnmente usado para el alimentador principal y distribuidor, se admite que las pérdidas de calor a través de éstos en la unidad de tiempo, son aquéllas que sufre el agua que por ellos circula y que puede estimarse por medio de la siguiente ecuación:

$$K S_1 \frac{(T_1 + T_2)}{2} - T_o = Q (T_1 - T_2)$$

en donde

Q = descarga en litros por hora que circula en la tubería, partiendo del depósito-calentador.

T₁ = temperatura del agua en el depósito-calentador.

T₂ = temperatura del agua al llegar al distribuidor de alimentación en las columnas.

T₃ = temperatura del agua de retorno, de regreso al calentador.

T_o = temperatura del aire atmosférico, exterior a las tuberías.

K = coeficiente de transmisión del calor a través del aislamiento térmico de las tuberías.

S₁ = superficie exterior del alimentador (tramo ascendente).

Para que la descarga se efectúe en la tubería ascendente, es necesario un potencial hidráulico que es originado por la diferencia de pesos del agua entre el trecho ascendente y descendente.

Considerando que,

P_1 = es el peso específico del agua a la temperatura $\frac{(T_1 + T_2)}{2}$ en el tramo ascendente y

P_2 = es el peso específico del agua a la temperatura $\frac{(T_2 + T_3)}{2}$ en el tramo descendente, y

h = el desnivel entre el alimentador de las columnas y el nivel promedio del agua en el depósito de agua fría en la cima del edificio y el centro del depósito calentador; la carga H para hacer fácil las pérdidas de carga en todo el circuito de tuberías será:

$$H = h(P_2 - P_1)$$

Si el valor de H fuera insuficiente para garantizar la descarga Q con una velocidad $V = 1.5$ metros por segundo, es necesario instalar una bomba en la tubería ascendente de alimentación del agua caliente.

La altura útil de elevación de la bomba, adicionada a la carga H , debe ser igual al valor de la pérdida de carga total, para la descarga Q y la velocidad V .

El peso específico (P) del agua, a las diferentes temperaturas empleadas en el sistema de agua caliente es:

<u>Temperatura</u>	<u>Peso Específico</u>
35 Grados C	0.994 Kg./Litro
40 Grados C	0.992 Kg./Litro
45 "	0.990 "
50 "	0.988 "
55 "	0.986 "
60 "	0.983 "

<u>Temperatura</u>	<u>Peso Específico</u>
65 Grados C	0.981 Kg./Litro
70 "	0.978 "
75 "	0.975 "
80 "	0.972 "
85 "	0.969 "

Calentadores - almacenadores

El depósito calentador a base de vapor es el indicado en hospitales de 75 camas en adelante y en aquellos de menor capacidad, donde la exigencia del vapor para otros fines de calentamiento y procesamiento constituye una necesidad dictada por factores técnicos y económicos.

La capacidad de almacenamiento y calentamiento es gobernada por la suma de los consumos horarios máximos probables de los aparatos, debido a que el depósito debe contener suficiente agua caliente para satisfacer estas demandas, y el calentador debe ser capaz de calentar el contenido del tanque durante las horas de demanda abajo del promedio, debido a que las probabilidades de máxima demanda son diferentes entre el sistema doméstico y el de lavandería, también se siguen criterios diferentes para seleccionar los depósitos-calentadores para ambos sistemas.

Las tablas 7 y 8 indican el consumo máximo horario de cada aparato de utilización con sus respectivos factores de demanda, a ser aplicados a la suma de los consumos máximos de los aparatos para obtener la demanda máxima horaria probable, y poder determinar la capacidad de almacenamiento y capacidad de calentamiento, tanto para el sistema doméstico como para el sistema de lavandería.

El depósito con calentamiento a vapor, será de preferencia de tipo horizontal, construido con láminas de acero soldadas con un espesor acorde con el diámetro y de conformidad con las normas A. S. M. E.; teniendo la superficie interna debidamente tratada contra la corrosión. Las capacidades del tipo standard varían entre 325 y 13,875 litros; sus dimensiones oscilan entre 60 x 120 cms., hasta 210 x 430 cms.

La capacidad calorífica del calentador es determinada por la superficie de calentamiento de la unidad calentadora, o sea por el área total de los tubos de cobre que constituyen dicha unidad. Esta capacidad se determina considerando los siguientes elementos:

Tabla No. 7

CONSUMO HORARIO DE LOS APARATOS
DEL SISTEMA DOMESTICO

Pieza de utilización	Consumo horario en litros
Lavamanos	7.5
Bañera	75.0
Bañera de hidroterapia	563.0
Ducha	93.8
Ducha de hidroterapia (tubular)	281.0
Ducha escocesa	375.0
Lava-piernas	11.3
Lava-brazos	11.3
Lava-pies	11.3
Baño de asiento	11.3
Lavabo	7.5
Pila de laboratorio	30.0
Pila de servicio	37.5

Capacidad del almacenamiento: factor de demanda a ser aplicado 0.60

Capacidad de calentamiento: factor de demanda a ser aplicado 0.30

Tabla No. 8

CONSUMO HORARIO DE LOS APARATOS DEL SISTEMA DE COCINA Y LAVANDERIA

Pieza de utilización	Consumo horario en litros
Pila de preparación	56.0
Pila para lavar trastos	75.0
Máquina lavaplatos, semiautomática, 30 gavetas por hora, hasta 50 raciones	113.0
Máquina lavaplatos, semiautomática, 45 gavetas por hora, hasta 125 raciones	208.0
Máquina lavaplatos, semiautomática, 55 gavetas por hora, hasta 250 raciones	208.0
Máquina lavaplatos, automática, para cualquier capacidad	568.0
Tanque para lavar ropa	105.0
Máquina lavarropas, tipo industrial	33 litros/Kg. de ropa seca
Capacidad de almacenamiento: factor de demanda a ser aplicado a los aparatos de cocina - 1.00	
Capacidad de calentamiento: factor de demanda a ser aplicado a los aparatos de cocina - 1.00	
Capacidad de almacenamiento: factor de demanda a ser aplicado a los aparatos de lavandería - 0.47	
Capacidad de calentamiento: factor de demanda a ser aplicado a los aparatos de lavandería - 0.67	

Obra de consulta: Proyectos de Instalación de Equipo de Hospitales Operación y Mantenimiento.
Facultad de Ingeniería, 1968.

Cantidad horario de agua a ser calentada.
 Temperatura inicial del agua.
 Temperatura final del agua.
 Medio de calentamiento (vapor).
 Coeficiente de transmisión del material de la serpenti
na (cobre).

La superficie total de calentamiento viene expresada por la fórmula

$$A = Q \frac{(T_2 - T_1)}{U \cdot T_m}$$

En la cual,

- A = Area total de los tubos de cobre, en cms².
 Q = Cantidad total de agua a ser calentada, en litros por hora.
 T₁ = Temperatura inicial del agua fría, a la temperatura am
biente.
 T₂ = Temperatura final del agua calentada, en grados centí
 grados.
 U = Coeficiente de transmisión de la serpentina (cobre),
 considerando el elemento calentador (vapor) y el ele
 mento envolvente (agua).
 T_m = Media logarítmica de la diferencia entre el medio ca
lentador y la temperatura media del agua.

T_m: puede ser traducido de manera aproximada como

$$T_m = T_s - \frac{(T_2 - T_1)}{2}$$

Siento T_s la temperatura del vapor a la presión de alimen
tación.

El factor "U" para serpentinas de cobre, usando vapor como elemento calentador, equivale a 0.107 kilocalorías hora por centímetro cuadrado y por grado centígrado.

Por lo anterior la fórmula podrá expresarse:

$$A = \frac{Q - (T_2 - T_1)}{0.107 T_s - \frac{(T_2 - T_1)}{2}}$$

El valor de 0.107 para el factor "U" sería el equivalente a una serpentina de cobre en perfecto estado; debido a las posibles incrustaciones, en la práctica este valor se reduce en un 40%.

e) Materiales a emplear

Las tuberías empleadas en el sistema de agua caliente serán de preferencia de cobre, debido a que pueden ser usadas con las mínimas dimensiones admisibles, disminuyendo la corrosión y obteniendo a la vez suficiente velocidad para producir un efecto de restregado en las tuberías, además de permitir amplias curvas y una retención mínima de agua.

Debido a su alto costo, se ha generalizado más el empleo de tuberías de hierro galvanizado el cual ha dado buenos resultados, pues también es buen conductor de calor y su precio un poco más bajo que el de la tubería de cobre.

Las especificaciones para las tuberías empleadas en el sistema de agua caliente son las mismas dadas para el agua fría en lo que respecta al cobre y al hierro galvanizado, que son los materiales recomendados.

Sea cual fuere el material seleccionado, como es buen

conductor de calor, se pierden cantidades apreciables de l mismo a través de las paredes de las cañerías y de los tanques, por lo que el agua que conducen desciende de temperatura, en consecuencia, para evitar en lo posible estas pérdidas se usan materiales aislantes como recubrimiento de las tuberías. Cuando se elige el tipo de aislante, se debe comparar el costo de la cubierta protectora con la reducción de las pérdidas de calor.

Un material eficaz y de uso generalizado es el carbonato de magnesio pulverizado y mezclado con amianto prensado en segmentos que se ajustan a los diámetros normales de tuberías.

La lana de vidrio procura un aislante efectivo y no se compacta con tanta facilidad.

El grueso usual del recubrimiento oscila entre dos y cuatro centímetros.

Todos los accesorios deberán estar protegidos de igual manera que las tuberías.

Dilatación

Todas las tuberías metálicas se dilatan y se contraen con los cambios de temperatura; por lo cual se debe procurar darles libertad para que puedan producirse tales movimientos cuando conducen agua caliente.

Para ello suelen disponerse, al nivel del suelo, uniones articuladas o bucles; estando fijadas las tuberías en diferentes puntos al suelo, se permite así la dilatación por encima y por debajo de los puntos de fijación. Las curvas o bucles de dilatación consisten en desviaciones de la tubería que

pueden realizarse por medio de segmentos rectos que formen entre sí ángulos de 90 grados o de 45 grados.

C. DRENAJES

a) Generalidades

La permanencia de las personas dentro de los edificios ha de producir necesariamente una acumulación de aguas servidas y materias orgánicas en alto grado susceptibles de rápida descomposición. La función de las instalaciones de desagüe es hacer que esas aguas y materias desaparezcan tan pronto como sea posible, antes que entren en descomposición y por consiguiente puedan desagradar los sentidos o afectar la salud.

Las instalaciones de drenajes sanitarias de un hospital deben ser proyectadas y construidas para:

Evacuar rápidamente las aguas y desechos, alejándolos del edificio.

Impedir el paso de los gases y animales en las tuberías al interior del edificio.

No permitir fugas, escapes de gases o formación de depósitos en el interior de las tuberías.

Impedir la contaminación de las aguas de consumo.

Deben estar dotadas de medios de fácil limpieza, en caso de ocurrir obstrucciones.

Construidas con materiales y técnicas que aseguren una larga duración y sean garantía para las condiciones an

teriores.

b) **Sistema colector recomendado:**

Los efluentes de las redes de drenajes de una edificación son vertidos en los colectores principales y de allí pasan a la red pública (alcantarilla), o bien son encaminadas a instalaciones de tratamiento.

En cada nación se han redactado reglamentos estatales y municipales tendientes a asegurar que los desagües respondan a las exigencias de higiene y confort. Estos reglamentos han producido y asegurado grandes mejoras en las condiciones sanitarias, pero carecen de uniformidad y son a menudo innecesariamente complicados y de aplicación costosa; sin embargo hay tendencia constante hacia la simplificación y la normalización, fundándose en teorías científicas y en enseñanzas sacadas de ensayos sobre instalaciones a escala natural. El departamento de Comercio de los Estados Unidos ha publicado los textos titulados "Exigencias Mínimas Recomendadas para Instalaciones Sanitarias" y "Manual de Instalaciones Sanitarias", deducidos de muchos ensayos y experimentos llevados a cabo cuidadosamente por el "Bureau of Standard", considerado como la máxima autoridad científica sobre la materia. Estas recomendaciones contienen muchas simplificaciones que conducen a resultados económicos y eficientes, tanto en las grandes como en las pequeñas instalaciones:

Las aguas negras domiciliarias podrán ser vertidas a la red de drenajes municipal, mediante dos sistemas:

1) Sistema unitario:

Las aguas de lluvia y las aguas negras son conducidas en una misma tubería; pero presenta el inconveniente de que, en el caso de ocurrir una lluvia violenta, los tubos de bajada recogen mayor cantidad de agua que la prevista para los servicios sanitarios; trabajando en consecuencia, la tubería a régimen de sección llena, con lo cual la ventilación, aún estando bien construida resulta insuficiente por lo que fácilmente se descargan los sifones (sifonamiento por aspiración), rompiéndose el sello hidráulico, con las consecuentes molestias al pasar malos olores al interior de los edificios. En cuanto a los colectores, cuando se emplea el sistema unitario, dada su poca pendiente, deben proyectarse de suficiente sección para recoger el agua correspondiente a una fuerte lluvia, resultando grandes en exceso en épocas de verano en que únicamente corren aguas negras, debido a lo cual las aguas negras discurren muy lentamente, formándose depósitos e incrustaciones de materia putrecible que no siempre son removidas al volver la época lluviosa. Es corriente sin embargo, por razones de economía, emplear el sistema unitario en lo que a colector se refiere, pero separando las bajadas de aguas negras de los de lluvia.

2) Sistema separativo:

En este sistema las dos redes son completamente independientes, una para las aguas pluviales y otra para las aguas negras, garantizándose de esta manera las normas de higiene y confort, siendo este sistema, por lo tanto, el más indicado sobre todo en instituciones hospitalarias.

c) Sistema de instalación

Toda instalación de drenajes sanitarios está dividida en dos secciones perfectamente caracterizadas:

Instalación de drenaje primario

Es la sección conectada al colector municipal, - comprendiendo tuberías, dispositivos y aparatos sanitarios que contienen gases resultantes de la descomposición de los desechos provenientes de ese colector, tales como: colector predial, subcolectores, ramales de drenaje, ramales de descarga, tubos de caída (bajantes), tubos de ventilación, cajas de inspección, (registros), sifones, trampas de grasa, inodoros, pilas, mingitorios y reposaderas.

Instalación de drenaje secundario

Es esta la sección que no está conectada directamente al colector público, sino que van a dar a cajas sifonadas, trampas de grasas, reposaderas y sifones; por lo cual no tienen gases provenientes del colector. Comprende esta sección, tuberías, dispositivos y aparatos sanitarios de lavado.

El método de descarga de los aparatos sanitarios en los ramales de drenaje y el de tratamiento dado a los sifones - en lo que se refiere a su ventilación, determinarán el sistema de instalación.

Dos son los sistema empleados:

1) Sistema de conexión directa con ventilación con-



- tinua y
- 2) Sistema de conexión con sifón único y una sola ventilación.

Sistema de conexión directa

Un ramal único de drenaje recibe todas las descargas de los aparatos, teniendo cada aparato su propio sifón dotado de ventilación individual.

Este sistema no se adapta bien a la instalación en hospitales, en virtud del gran número de instalaciones sanitarias distribuidas a toda la planta, asimismo en virtud de la gran longitud de los ramales de descarga, lo que dificulta sobremanera las conexiones de los ramales de ventilación a los ventiladores principales.

Sistema de conexión con sifón único

En este sistema hay una separación entre los ramales de drenaje primario, o sea aquellos que reciben los efluentes de los inodoros, mingitorios y pilas de desechos y los ramales de drenajes secundarios que reciben los efluentes de los aparatos sanitarios de lavado.

La separación se hace por medio de un sifón único que recibe las aguas servidas de los aparatos sanitarios de lavado, con un sifón de ventilación única.

Este sistema es más económico y se adapta más a las instalaciones sanitarias de un hospital.

Dependiendo de la reglamentación municipal de la localidad, el sistema a emplear.

Cocina y lavandería

El ramal de descarga de cada pila de cocina debe estar conectado directamente a la trampa de grasas. Las máquinas lavaplatos deben tener sus ramales de descarga conectados a las trampas de grasas, cuando no cuentan con pilas de lavado previo.

En la lavandería, cada máquina de lavar debe tener un ramal de descarga independiente, unido a una caja de registro. Esta será una caja de inspección dividida al centro por malla de alambre de $\frac{1}{2}$ " ; la cual tiene la finalidad de retener pequeñas piezas de ropa, botones u otros materiales que puedan salir en la descarga de la máquina, evitando la entrada de los mismos al subcolector.

d) Diseño y cálculo de las instalaciones

Los drenajes sanitarios constituyen una instalación esencial, compuesta de los siguientes elementos:

- Colector principal
- Cajas de registro
- Trampas de grasas
- Subcolectores
- Sifones
- Ramales de drenaje
- Ramales de descarga
- Tubos de caída
- Ventiladores
- Inodoros y
- Aparatos sanitarios (de lavado).

Para el cálculo de las tuberías no se pueden emplear las fórmulas de hidráulica para determinar los diámetros,

pues existe una serie de factores de incertidumbre muy difíciles de evaluar; así por ejemplo al caer el agua en las columnas, se mezcla y se revuelve con el aire; con lo que varían las condiciones del líquido que fluye; además que al caer produce tras de sí una aspiración o succión que equivale a un aumento de presión hacia abajo en la evacuación de los aparatos afectados.

En las columnas y colectores es difícil valorar la influencia del choque de una corriente con otra ortogonal u oblicua procedente de un ramal tributario, y poder asignar coeficientes que presentan los tubos.

Por todo lo anteriormente expuesto, se fijan los diámetros con arreglo a los resultados de numerosas y cuidadas experiencias realizadas.

Para el efecto se ha empezado por fijar una unidad que sirva para medir las descargas de los distintos aparatos sanitarios; análogas a las unidades de consumo establecidas para determinar el gasto de agua potable; para esta unidad de descarga se ha establecido su valor en 25 litros por minuto, que es aproximadamente la descarga de un lavado corriente.

Los valores de las unidades de descarga de los distintos aparatos están referidos a ésta y tabuladas, así como el diámetro mínimo del ramal de descarga en la tabla No. 9.

Tabla No. 9

UNIDADES DE DESCARGA Y DIÁMETROS DE LOS RAMALES DE DESCARGA DE LOS APARATOS SANITARIOS

	Unidades de descarga	Diámetro mínimo de descarga
Bañera	4	1 1/2"
Ducha	4	1 1/2"
Lavamanos	2	1 1/2"
Pila para cocina	3	1 1/2"
Pila para servicio	2	1 1/2"
Bañera hidroterápica de flujo continuo	6	3"
Bañera hidroterápica de inmersión	6	3"
Ducha hidroterápica de 15 cm.	4	2"
Ducha C 16 regaderas de 7.5 cm. (tubular)	4	3"
Ducha escocesa	6	3"
Ducha perineal	2	1 1/4"
Lava-piernas (hidroterápico)	3	2"
Lava-brazos (hidroterápico)	3	2"
Lava-pies (hidroterápico)	3	2"
Baño de asiento (hidroterápico)	2	1 1/2"
Lavabo	3	1 1/2"
Pila para laboratorio	2	1 1/2"
Pila para lavado de instrumentos	2	1 1/2"
Mesa para autopsias	6	3"
Bañera de emergencia	4	1 1/2"
Bañera infantil	2	1 1/2"
Pila para cocina (preparación)	3	1 1/2"
Pila para cocina (lavado de trastos)	4	2"
Máquina lavaplatos, semiautomática 30 gavetas por hora, hasta 50 raciones	3	2"
Máquina lavaplatos, semiautomática 45 gavetas por hora, hasta 125 raciones	4	3"
Máquina lavaplatos, semiautomática 55 gavetas por hora, hasta 250 raciones		
Máquina lavaplatos automática, cualquier capacidad		
Tanque lavarropas	3	1 1/2"
Máquina lavarropas, tipo industrial, hasta 30 Kg. de carga	10	3"
Máquina lavarropa, tipo industrial, de 30 Kg. hasta 60 Kg. de carga	12	4"
Máquina lavarropa, tipo industrial, arriba de 60 Kg. de carga	14	6"

Tomado de: Proyectos de Inst. de Equipo. Facultad de Ingeniería, Guatemala 1968.

Para piezas cuya descarga no esté especificada, las unidades de descarga las podemos estimar en función del diámetro de la tubería de salida, con el auxilio de la tabla No. 10.

Tabla No. 10

UNIDADES DE DESCARGA PARA PIEZAS
NO ESPECIFICADAS

Diámetro de la tubería de descarga de la pieza	Unidades de descarga
1 1/4" o menos	1
1 1/2"	2
2"	3
2 1/2"	4
3"	5
4"	6

Tomada de: Recomendaciones Sanitarias para Proyectos de Construcción de Edificios. Tesis, Jacinto Quian C. Facultad de Ingeniería, Guatemala 1965.

Colector predial y subcolectores

El colector principal del hospital y los subcolectores deben estar localizados, siempre que sea posible, en partes no edificadas. Cuando su construcción en áreas edificadas sea inevitable, las cajas de registro deben quedar localizadas de preferencia en áreas libres. El trazo del colector y de los subcolectores debe ser lo más rectilíneo posible, tanto en planta como en perfil, siendo obligatoria en las defle

xiones impuestas por la configuración del terreno, la colocación de los respectivos registros.

El diámetro del colector y los subcolectores se calcula en función de las unidades de descarga de los aparatos servidos y de la pendiente, con el auxilio de la siguiente tabla No. 11.

Tabla No. 11

DIAMETRO DE LOS COLECTORES Y SUBCOLECTORES

DIAMETRO	P e n d i e n t e			
	0.5%	1%	2%	4%
Número de unidades de descarga				
2"		18	21	26
3"		24	27	36
4"		180	216	250
6"	600	660	790	940
8"	1400	1600	1920	2240
10"	2400	2700	3240	3780
12"	3600	4200	5240	6080

Tomada de: Proyectos de Inst. de Equipo. Facultad de Ingeniería. Guatemala 1968.

El diámetro de los colectores deberá ser igual o mayor que cualquier tubería que desagüe en él, con un mínimo de 4".

Una regla aproximada de estimación cuando no se cuenta con tablas, es asignar una pulgada cuadrada de sección

de colector, por cada dos pies cúbicos de líquido cloacal por minuto, o sea un centímetro cuadrado por cada nueve litros por minuto.

Ramales de drenaje

Estos ramales deben tener las siguientes pendientes de acuerdo al diámetro

<u>diámetro</u>	<u>pendiente</u>
menos de 4"	2%
5"	1.2%
6"	0.7%

El diámetro de estos ramales se calcula en función de las unidades de descarga, de acuerdo con la tabla siguiente:

Tabla No. 12

DIAMETRO DE LOS RAMALES DE DESAGUE

No. de unidades de descarga	diámetro
1	1 1/4"
4	1 1/2"
7	2"
13	2 1/2"
24	3"
192	4"
432	5"
742	6"

Obra de consulta: "Proyectos de Instalación de Equipo de hospitales". Fac. de Ingeniería, Guatemala 1968.

Ramales de descarga

Es muy conveniente que todo aparato sanitario, independiente del sistema de instalación usado, tenga sifón propio, aunque en el sistema de instalación con sifón único, no tenga la función básica de sifón, sirve sin embargo para retener materias sólidas que podrían obstruir el ramal de descarga.

Los ramales de descarga de los aparatos de lavado, incluyendo los de esterilización de hidroterapia, deben ser ingeridos en las tuberías secundarias o ramales de drenaje, sifones, cajas con sifón, en las siguientes condiciones:

- a) En los ramales de drenaje, cuando el sistema es de conexión directa.
- b) En las reposaderas o sifones cuando el sistema de conexión es con sifón único.
- c) En las cajas con sifón, para los aparatos aislados de la planta baja.
- d) En las cajas retenedoras en el caso de las máquinas de lavar ropa.
- e) En las trampas de grasa, para las pilas de cocina y para las máquinas de lavar platos.

Los ramales de descarga de inodoros, mingitorios, pilas de desecho y pilas de autopsia, deben ser ingeridos en las tuberías de drenaje primario, tubos de caída o cajas de registro, con una pendiente mínima del 2%.

Bajadas de agua pluvial

Para determinar el diámetro de los tubos de caída de agua de lluvia, o bien el número de bajadas de un diámetro preestablecido, lo hacemos en función del área a drenar y de la intensidad máxima de las lluvias en la región, la tabla No. 13 nos permite determinar estos diámetros, la cual está basada en una precipitación de 100 mm. por hora. Si las intensidades fueran mayores o menores, bastaría con modificar la relación entre las superficies de cubierta y las secciones de los tubos. Se recomienda que la separación entre bajantes pluviales no sea mayor de 20 metros.

Tabla No. 13

TAMAÑO DE BAJANTES PARA AGUAS PLUVIALES

Diámetro	Superficie cubierta
2"	50 metros ²
2 ½"	90 "
3"	140 "
4"	290 "
6"	780 "
8"	1620 "

Obra de consulta: Instalaciones en los Edificios de Gay, Fawcett y McGuinness.

Bajadas de aguas servidas

Sus diámetros varían según el número y la distribución de los artefactos sanitarios que desaguan en ellos. Para su

determinación se suman las unidades de descarga que afluyen al mismo, por piso o a lo largo de todo el tubo de caída y se aplica la tabla No. 14, teniendo presente que:

Todo tubo de caída que no recibe la descarga de inodoros, tendrán un diámetro mínimo de 3".

Todo tubo de caída que reciba la descarga de un inodoro, o de una pila de desecho, no podrá tener un diámetro inferior a 4".

Tabla No. 14

DIAMETROS DE TUBOS DE CAIDA

No. de unidades de descarga		DIAMETRO
En un piso	En todo el tubo	
1	2	1 1/4"
2	8	1 1/2"
6	24	2"
10	49	2 1/2"
14	70	3"
100	600	4"
230	1300	5"
420	2200	6"

Obra de consulta: Proyectos de Inst. de Equipo. Facultad de Ingeniería, Guatemala 1968.

Todos los tubos de caída deberán ser prolongados en el mismo diámetro hasta la parte superior de la cubierta del edificio. El tubo de caída antes de su intersección con el

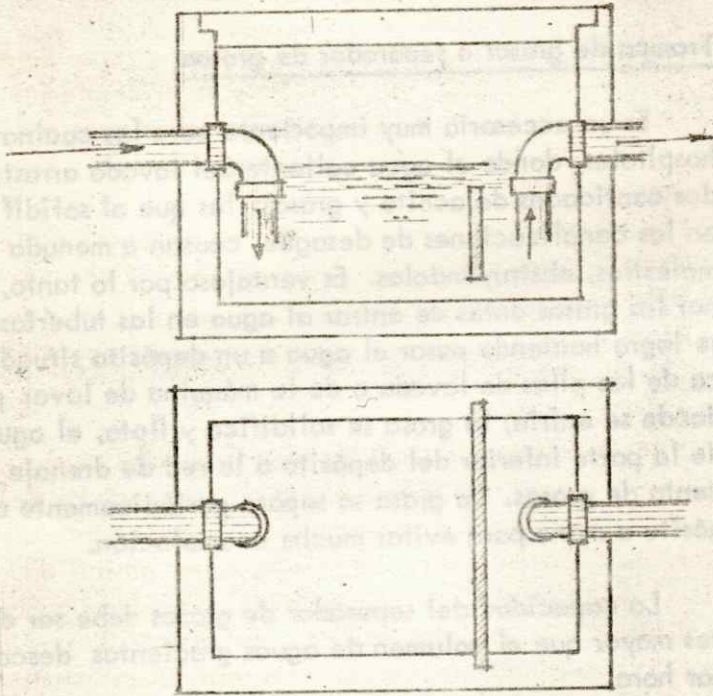
tramo horizontal de descarga, debe estar provisto de una pieza de inspección para la limpieza en caso de obstrucción. El trecho horizontal debe terminar siempre que sea posible, en una caja de registro.

Trampa de grasas o separador de grasas

Es un accesorio muy importante para las cocinas de los hospitales, donde el agua caliente del lavado arrastra grandes cantidades de aceite y grasas; las que al solidificarse en las canalizaciones de desagüe, causan a menudo muchas molestias, obstruyéndolas. Es ventajoso por lo tanto, eliminar las grasas antes de entrar al agua en las tuberías. Esto se logra haciendo pasar el agua a un depósito situado cerca de las pilas de lavado o de la máquina de lavar platos, donde se enfría; la grasa se solidifica y flota, el agua pasa de la parte inferior del depósito a la red de drenaje ya exenta de grasas. La grasa se separa periódicamente del depósito a mano para evitar mucha acumulación.

La capacidad del separador de grasas debe ser dos veces mayor que el volumen de aguas grácintas descargadas por hora.

SEPARADOR DE GRASAS

Sifones

Un sifón es un dispositivo que tiene por objeto evitar que pasen al interior de los edificios las emanaciones procedentes de la red de evacuación. Es un tubo curvado en forma de U invertida con las ramas de desigual longitud, que provoca el flujo de una corriente líquida a causa de la diferencia de peso del líquido que ocupa las dos ramas sometidas a la misma presión, el extremo de la rama larga debe quedar más bajo que el extremo de la rama corta para que el sifón funcione. Siendo así que el agua al circular por la rama larga produce una depresión en el tubo, cualquier

agujero o entrada de aire al tubo haría desaparecer la depresión y detendría el funcionamiento. Los sifones deben tener un registro que permita aseo fácil del interior en caso de obstrucción.

El sifón al mismo tiempo que impide el paso de las emanaciones, debe permitir el paso fácil de las materias sólidas en suspensión en el agua, sin que las mismas queden retenidas o se depositen obstruyendo el sifón.

El sistema generalmente usado consiste en un cierre hidráulico.

Ventiladores

El sistema de ventilación de los drenajes primarios es de mucha importancia, ya que los gases emanados de los colectores deben ser encaminados convenientemente a la atmósfera arriba de los techos, sin la menor posibilidad de entrar al ambiente interno del edificio, y también para evitar la ruptura del sello hidráulico de los sifones, lo que puede suceder debido a tres distintas circunstancias:

- a) Contrapresión o presión interior superior a la atmosférica, tal el caso de la compresión producida por las descargas de agua a lo largo del bajante por encima del sifón considerado.
- b) Depresión o descenso de la presión del aire con relación a la presión atmosférica causada por la succión o aspiración realizada por el movimiento del agua en la bajada, y por debajo del sifón considerado.
- c) Autosucción causada en el propio sifón por la descarga de un aparato.

Todos estos problemas pueden evitarse procurando una comunicación entre el tubo de bajada y el aire libre por medio de un conducto de ventilación.

La ventilación de los aparatos con sifón propio y de los sifones en general, se hace de acuerdo con el sistema de instalación empleado; pudiendo ser de las siguientes formas:

- a) Ventilación continua,
- b) Ventilación individual y
- c) Ventilación en circuito o colectiva.

Diámetro de las tuberías

El diseño del sistema de ventilación obedece a las siguientes normas:

- a) Ventiladores individuales: diámetro no menor a $1\frac{1}{4}$ " ni menor a la mitad del diámetro del ramal de descarga al que está conectado.
- b) Ramal de ventilación de acuerdo a los límites determinados en la tabla No. 15.
- c) Tubos ventiladores de circuito: diámetro no menor al del tubo de caída de los drenajes o al del tubo ventilador primario al que estuviera conectado.
- d) Tubo ventilador primario o columna de ventilación:

El diámetro de estas columnas se determina en función del diámetro de la columna de descarga a que corresponde, del total de unidades de descar-

ga a que sirve y de la longitud que ha de tener la columna misma. El diámetro será de acuerdo con la tabla No. 16.

Tabla No. 15

RAMALES DE VENTILACION

Grupos de aparatos sin inodoro		Grupos de aparatos con inodoro	
Unidades de descarga	Diámetro del ramal de ventilación	Unidades de descarga	Diámetro del ramal de ventilación
hasta 8	1 $\frac{1}{2}$ "	hasta 17	2"
9-18	2"	18-36	2 $\frac{1}{2}$ "
19-36	2 $\frac{1}{2}$ "	37-60	3"

Obra de consulta: Proyectos de Inst. de Equipo. Facultad de Ingeniería, Guatemala 1968.

Tabla No. 16

COLUMNAS DE VENTILACION

Diámetro del tubo de salida	No. de unidades de descarga	Diámetro mínimo de la columna de ventilación					
		1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	Longitud máxima permitida
		Longitud máxima permitida					
2"	10	30	45				
2"	17	25	30				
2"	24	20	25				
3"	25	15	20	125	245		
3"	70	5	25	75	185		
4"	100	--	15	45	110		185
4"	200	--	10	30	60		135
4"	300	--	--	15	45		120
4"	410	--	--	10	35		90
4"	600	--	--	10	30		60

Obra de consulta: Proyectos de Inst. de Equipo. Facultad de Ingeniería, Guatemala 1968.

e) **Materiales a emplear**

Los materiales empleados en las instalaciones sanitarias son:

Hierro fundido

Estos son empleados en todas las tuberías de drenaje primario, y en los ramales de desagüe que están encerrados bajo el piso.

Estas tuberías deberán cumplir con las especificaciones ASA A-21 y con las federales WW-P-241 o estar bajo las normas ISO R-13.

Hierro galvanizado

Estas tuberías pueden sustituir a las de hierro fundido en los tubos de caída, así mismo en los ramales de descarga de los aparatos sanitarios de lavado y en los conductos de ventilación.

Estas tuberías deberán cumplir con las especificaciones ASTM A-120 y ASTM A-53 o con la especificación ASA B36.20 (Cédula 40).

Asbesto cemento

Este tipo de tuberías se emplean en las columnas de ventilación y en los subcolectores de drenaje así como también en la conexión a las cajas de registro fuera del edificio.

Tubería plástica

Las tuberías de P.V.C. 1120 empleadas en los ramales de drenaje serán de presión media, clase 160 p.s.i.; norma SDR 26.

Tubos de cemento portland

Son los menos indicados entre todos los materiales para uso en drenajes, pero por economía suelen emplearse, quedando su uso restringido a los colectores y subcolectores, siempre que su colocación sea debidamente supervisada, pues de lo contrario pueden ser la causa de posibles fugas al no quedar bien selladas las juntas.

Tabla No. 17

DISTANCIA MAXIMA DEL SIFON AL
TUBO DE VENTILACION

Diámetro mínimo del ramal de descarga	Distancia máxima (metros)
1 1/4"	0.7
1 1/2"	1.0
2"	1.2
3"	1.8
4"	2.4

Obra de consulta: "Proyectos de Instalación de Equipo de Hospitales." Facultad de Ingeniería, Guatemala 1968.



f) Prueba del sistema

Los reglamentos sanitarios de muchas ciudades prescriben los ensayos a los que han de someterse las instalaciones previamente a su funcionamiento; pruebas que deben llevarse a cabo en forma satisfactoria en presencia de un inspector municipal.

Los ensayos pueden ser:

Ensayo hidráulico,
Ensayo de aire, y
Ensayo de humo.

Ensayo hidráulico y de aire

Cuando están instaladas todas las canalizaciones pluviales y de aguas servidas, con sus conductos de ventilación y todos los ramales, es decir una vez que estén terminados los trabajos de construcción, estando pendientes los de acabado; se somete la instalación a una prueba de presión hidráulica, antes de instalar los artefactos sanitarios.

Todos los extremos de las canalizaciones y demás aberturas se cierran con tapones del tipo aprobado para ensayos y se llena de agua toda la red, o se inyecta aire a presión hasta alcanzar una presión de 0.70 Kg./cm^2 . (7 metros de columna de agua). Cuando no se presentan fugas en las juntas y la presión se mantiene constante durante una hora sin nuevas adiciones de agua o de aire; se considera que la instalación está en perfectas condiciones.

Ensayo de humo

Cuando todos los artefactos están colocados, los sifo-

nes llenos de agua y toda la instalación está completa, se conecta una máquina productora de humo en un punto de la red de drenajes y se procede a llenarla de humo a presión. Si no hay fugas de humo y los cierres hidráulicos no ceden durante 15 minutos, se admite que la red es impermeable al paso del aire y de los gases.

Los ensayos pueden ser:

- Ensayo hidráulico.
- Ensayo de aire.
- Ensayo de humo.

Ensayo hidráulico y de aire

Cuando están instalados todos los conductos de ventilación y de aguas servidas con sus conductos de ventilación y todos los tomados, se hace una vez que estén terminados los trabajos de construcción, estando pendientes los de acabado, se somete la instalación a una prueba de presión hidráulica, antes de instalar los artefactos sanitarios.

Todos los extremos de las canalizaciones y demás aparatos se cierran con tapones del tipo oportuno para ensayar y se llena de agua toda la red a se presiona con una bomba hasta alcanzar una presión de 0.70 Kg/cm². El motor de columna de agua). Cuando no se presentan fugas en los puntos y la presión se mantiene constante durante una hora sin nuevas adiciones de agua o de aire, se considera que la instalación está en perfectas condiciones.

Ensayo de humo

Cuando todos los artefactos están colocados, los sifones

CONCLUSIONES

1. El abastecimiento de agua para un hospital, debe ser previsto en tal forma que garantice un servicio ininterrumpido de agua en la cantidad y calidad necesaria para su adecuado funcionamiento.
2. En el diseño del sistema de distribución de agua fría debe hacerse uso preferentemente de la tubería de cobre por las innumerables ventajas que ofrece este material. En caso que por razones de costo no sea posible emplearlo, se recomienda el uso de tubería de cloruro de polivinilo. El uso de tubería de hierro galvanizado debe ser evitado en lo posible con el objeto de evitar futuros problemas de corrosión.
3. En el diseño de la red de distribución del sistema de agua caliente deberá emplearse exclusivamente tubería de cobre y sólo en casos muy remotos en que este material por razones económicas no sea posible emplearlo, como alternativa puede emplearse tubería de hierro galvanizado pero tomando las precauciones necesarias para evitar en lo posible su corrosión.
4. En el sistema de drenaje de aguas negras el material más adecuado es la tubería de hierro fundido, especialmente en los tramos incorporados a la estructura del edificio donde como alternativa y por razones económicas también puede ser utilizada con buenos resultados la tubería de cloruro de polivinilo. Para los tramos exteriores del edificio puede utilizarse también tanto la plástica como la de hierro fundido así como

la tubería de cemento.

5. Al hacer la selección de artefactos sanitarios con destino a hospitales infantiles, debe tenerse especial cuidado en que estos sean los más adecuados para uso de niños, previendo que las alturas a que queden colocados estén totalmente acordes con la edad de los usuarios.
6. Las bases para el diseño de nuestros hospitales están tomadas de experiencias de otros países, por lo que se hace indispensable recabar datos propios principalmente en lo que respecta a volumen de ropa a lavar y consumo de agua por unidad hospitalar, a fin de obtener valores de diseño más acordes con nuestra realidad.

BIBLIOGRAFIA

1. Gay, Fawcett y McGuinness. "Instalaciones en los Edificios." Editorial Gustavo Gili S.A. Barcelona 1966.
2. Babbit, Harold E., "Plumbing". McGraw Hill Book Company, Inc. New York 1960.
3. Rodríguez Avial, Mariano. "Instalaciones en los Edificios. Fontanería y Saneamiento." Editorial Dossat. Madrid 1958.
4. Hardenbergh, W. A. y Rodie, Edwar B. "Water Supply and Waste Disposal." International Texbook Company. Scranton, Pennsylvania 1960.
5. "Heating, Ventilation Air Conditioning Guide." 1953.
6. Quan Ma, Hugo. "El Proyecto de un Hospital General." Tesis de Graduación. Facultad de Ingeniería, Guatemala 1960.
7. Quan C., Jacinto. "Recomendaciones Sanitarias para Proyectos de Construcción de Edificios." Tesis de Graduación. Facultad de Ingeniería. Guatemala 1965.
8. Miranda, ingeniero Carlos. "Proyectos de Instalación de Equipo de Hospitales, Operación y Mantenimiento". Facultad de Ingeniería. Guatemala 1968.
9. "Planificación y Diseño de Establecimiento de Salud". Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad

Nacional de San Salvador. 1968.

10. "Planeamiento, Programación y Diseño de Hospitales." Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Universidad Nacional, Lima, Perú. 1968.
11. Asociación Americana de Hospitales. "Manual de Mantenimiento de Hospitales." Washington D.C. 1953.



Guillermo O. Araneda C.

Vo. Bo.

Ing. Gustavo R. Cáceres A.
Asesor

Vo. Bo.

Ing. Rodolfo González Morasso
Director de la Escuela Regional
de Ingeniería Sanitaria

IMPRIMASE:

Ing. Mauricio Castillo C.
Decano