

2. y.
699



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**DISEÑO HIDRAULICO DE LAS INSTALACIONES
HIDRO - SANITARIAS**



T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

ARTURO PORFIRIO MARQUEZ NIETO

CIUDAD UNIVERSITARIA

1989

FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

I. INTRODUCCION	1
II. ASPECTOS HIDRAULICOS DE LAS TUBERIAS	4
III. DISEÑO DE LA INSTALACION HIDRAULICA	32
IV. DISEÑO DE LA INSTALACION SANITARIA	53
V. EJEMPLO DE APLICACION	74
VI. CONCLUSIONES	97

C A P I T U L O I

I N T R O D U C C I O N .

El garantizar un abastecimiento de agua potable que cumpla con los requisitos necesarios para su consumo, así como la evacuación de las aguas residuales de una manera eficiente, son dos problemas a los que se ha enfrentado el hombre durante su existencia.

Tanto el abastecimiento del agua como su disposición final una vez que ha sido utilizada, son sistemas complejos, que van desde los municipales hasta su forma más sencilla, como serían los servicios en un edificio.

En primera instancia, el determinar los diámetros adecuados de las instalaciones hidro-sanitarias, suele parecer sencillo y por lo mismo en ocasiones se determinan los diámetros de las tuberías por similitud con otros sistemas en funcionamiento, o bien en el caso del drenaje tomando como base el diámetro mayor de los muebles por servir.

Considerar cualquiera de estas opciones resulta inadecuado. Por una parte, no es posible que dos sistemas funcionen de igual forma a pesar de que tengan el mismo número de muebles o bien el servicio que prestan sea idéntico, cada uno de ellos poseen características propias que deter-

minan su funcionamiento.

Ahora bien, tampoco es práctico que el sistema se determine en base al mayor diámetro de desagüe de los aparatos, ya que en un momento dado la tubería puede no tener la capacidad requerida para conducir el caudal, ocasionando un mal funcionamiento del sistema.

El principal problema que se presenta en el diseño de los sistemas hidráulico y sanitario en la determinación de sus diámetros, se debe principalmente a que el uso de los muebles sanitarios que componen el sistema no son utilizados con una frecuencia establecida, su funcionamiento no es continuo, realizándose de una manera irregular.

El hecho de que exista cierta incertidumbre en la frecuencia del uso de las instalaciones, propició el desarrollo de métodos empíricos basados en la observación; registrando la frecuencia de uso, los tipos de aparatos, las horas de máxima demanda, etc.

El doctor Roy B. Hunter aplicó la probabilidad a los métodos empíricos tratando de encontrar un factor que proporcionara o bien que reflejara el funcionamiento de los sistemas en lo que respecta a la frecuencia de uso, para determinar con un alto grado de probabilidad el número de muebles que en un mismo momento estén en operación.

Por lo anteriormente expuesto, se puede ver que al determinar los diámetros de los sistemas, no es conveniente hacerlo de una manera superficial.

El presente trabajo trata de ilustrar la necesidad de realizar el cálculo hidráulico de las instalaciones hidro sanitarias considerando los diversos factores que afectan directamente en su funcionamiento, tales como: las cargas disponibles, las pérdidas de carga, los diámetros, etc.

C A P I T U L O I I

A S P E C T O S H I D R A U L I C O S D E L A S T U B E R I A S .

En el presente capítulo, se enuncian las ecuaciones fundamentales en Hidráulica, que determinan el comportamiento de los fluidos (en este caso el agua) a través de las tuberías.

No se presentará un análisis detallado de las fórmulas que se mencionen, debido a que no está dentro de los alcances de este capítulo.

Flujo de Agua en las Tuberías.

Al circular una masa de agua a lo largo de una tubería, se pueden presentar dos tipos de flujo: flujo laminar y flujo turbulento.

Flujo Laminar .- Se presenta cuando las direcciones de las partículas de agua siguen trayectorias paralelas a la tubería, es decir, no se cruzan ni se intersectan. Los tubos de corriente tienen una sección transversal constante y direcciones paralelas a los lados del ducto y entre ellas; en ductos que no tienen lados paralelos, las trayectorias de las partículas convergen o divergen según sea el caso.

Las velocidades en el flujo laminar para una sección transversal dada no son las mismas, siendo mayores en el centro de la tubería y disminuyendo a medida que se acercan a las paredes del ducto. Es decir, se forman círculos concéntricos con diferentes velocidades.

En la práctica es difícil que se presente este tipo de flujo, ya que sólo se produce en el laboratorio.

Las condiciones que tienden a producir el flujo laminar son: baja velocidad, tamaño pequeño de los ductos (por consiguiente gastos pequeños) y grandes viscosidades de los fluidos.

Flujo Turbulento.— Cuando las trayectorias de las partículas del agua siguen un movimiento indefinido, en direcciones curvas irregulares que se cruzan continuamente formando una red compleja, se presenta el flujo turbulento.

Las velocidades del fluido con flujo turbulento son a diferencia del flujo laminar, altas y debido a la turbulencia se tienden a igualar éstas en el núcleo central; muy próximas a las paredes de la tubería las velocidades aumentan más rápidamente que en el flujo laminar; debido a las altas velocidades que presenta este flujo, se asocia el tener gastos grandes. En condiciones prácticas, el movimiento del agua en las tuberías es siempre turbulento.

Osborn Reynolds fué el primero que propuso un criterio para distinguir los flujos, considerando no solamente la velocidad del fluido sino también la viscosidad del mismo,

mediante un número que lleva su nombre y se obtiene con la siguiente expresión:

$$R = \frac{VD}{\nu} \quad \dots (1)$$

donde R: número de Reynolds
V: velocidad del fluido (m/seg)
D: diámetro del tubo (m)
 ν : viscosidad cinemática (m²/seg)

El número de Reynolds es un número abstracto y por lo tanto independiente del sistema de unidades empleado.

Durante los experimentos realizados por Reynolds se descubrió que la velocidad a la que se producía el paso del flujo laminar al flujo turbulento, era mayor que la que provocaba el cambio del flujo turbulento al flujo laminar. Estas velocidades se denominan respectivamente velocidad crítica alta y velocidad crítica baja.

A través de varios experimentos se han definido los valores de las velocidades críticas, verificándose que para tuberías comerciales de sección transversal circular, cuando el número de Reynolds es menor de 2000 el flujo es laminar y si es mayor de 4000 el flujo es turbulento.

Ecuación de Continuidad.

Cuando en un conducto en cualquier instante el número de partículas que atraviesan cada sección transversal es el mismo, se dice que se presenta una continuidad de flujo es decir, el gasto es el mismo para todas las secciones de la tubería.

Así, si el conducto tiene diámetros variables, la velocidad es diferente para cada sección, aumentando cuando el área transversal disminuya y disminuyendo en caso contrario, de tal manera que:

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 = A_3 V_3 = A_i V_i \quad \dots (2)$$

donde

Q: gasto (m³/seg)

V: velocidad media (m/seg)

A: área hidráulica de la sección (m²)

Energía y Carga.

Se define la energía como la capacidad para realizar un trabajo. En general se presentan dos formas de energía: energía cinética y energía potencial, ésta última se subdivide en: energía debida a la posición o elevación por encima de un nivel de referencia y la energía que se debe a la presión en el fluido. Por consiguiente al estudiar la energía total que posee una partícula en una masa de fluido, se deben considerar: la energía cinética, la energía de eleva-

ción o de posición y la energía de presión.

Energía Cinética. Esta energía se debe al principio de inercia. Si una masa de agua donde todas sus partículas poseen la misma velocidad, dicha masa tiene la capacidad de realizar un trabajo en función de su velocidad y su energía cinética será:

$$Ec. = \frac{1}{2} Mv^2$$

$$\text{pero, } M = \frac{W}{g}$$

$$\text{entonces: } Ec. = \frac{Wv^2}{2g}$$

para W con peso unitario, la ecuación se reduce a:

$$Ec. = \frac{v^2}{2g} \quad (m) \quad \dots (3)$$

que representa la carga de velocidad de una masa en movimiento expresada en metros de columna de agua. Se puede interpretar también, como la altura a la cual debe caer un cuerpo al vacío para alcanzar la velocidad v .

Energía de Posición o Elevación. Es la energía que posee una masa de agua en función de su posición respecto a un plano horizontal de referencia. Debido a su elevación por encima de dicho plano, el cuerpo tiene la capacidad de desarrollar un trabajo al descender desde su posición original hasta llegar al nivel de referencia. Su energía potencial se expresa de la siguiente forma:

$$E_p. = Wh$$

para W con peso unitario la ecuación se reduce a

$$E_p. = h \quad (m) \quad \dots (4)$$

a esta energía se le llama también carga de posición o de elevación.

Energía de Presión. La energía de presión, a diferencia de las dos anteriores no es posible que una masa la pueda tener por sí misma; es necesario que le sea transmitida por contacto a través de otras masas que posean alguna forma de energía.

Esta energía la podemos ilustrar de la siguiente manera: se tiene una especie de bomba horizontal provista de un émbolo con su vástago conteniendo un cierto volumen de agua, (figura 1).

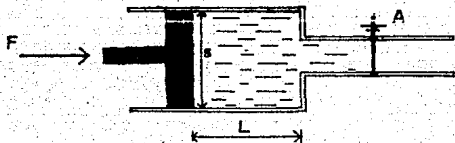


Figura 1.

La válvula A está cerrada y en el émbolo aplicamos una fuerza F que ejerce una presión sobre el agua igual a:

$$P = \frac{F}{S}$$

si dejamos actuar a la fuerza F indefinidamente, el líquido estará sometido a la presión p; si abrimos la válvula A el fluido es capaz de dar cierta cantidad de trabajo al exterior, lo que significa que el líquido tiene una cierta energía que le transmite el trabajo producido por F. La energía que puede poseer el líquido por la acción de F a lo largo de la distancia L vale:

$$E.p. = FL$$

como:

$$F = ps$$

entonces:

$$E.p. = psL$$

y como el volumen está dado por $v = sL$

$$E.p. = pv$$

por otra parte sabemos que: $w = \frac{W}{v}$ y $V = \frac{W}{w}$

$$E.p. = \frac{pW}{w}$$

en donde w representa el peso específico

y para W con peso unitario

$$E.p. = \frac{p}{w} \quad (z) \quad \dots (5)$$

a esta energía le llamamos carga de presión.

Teorema de Bernoulli.

En 1738 Daniel Bernoulli, matemático y filósofo, demostró que cualquier corriente con flujo uniforme, si no existen pérdidas de carga entre dos secciones de la tubería, la energía es la misma para cualquier sección. Es decir, - la suma de las cargas de posición, de velocidad y de presión, es constante en cualquier sección.

$$h_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{w} = h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{w} \quad \dots (6)$$

Ecuación que nos muestra propiamente la conservación de la energía, observándose que si existe una reducción de la cantidad de energía contenida en cualquier forma, deberá haber un incremento igual en la suma de las otras dos.

Cabe hacer la aclaración que la ecuación anterior es válida siempre que no se presenten pérdidas de carga o bien que sean tan pequeñas que resulten despreciables. En general, siempre existen pérdidas y es indispensable conocer - su magnitud, por consiguiente a esta ecuación se le debe agregar al miembro de la derecha el término que corresponde a las pérdidas.

Pérdidas en las Tuberías.

Siempre que exista la circulación de un fluido a través de una tubería, se presentan pérdidas de energía (carga).-- Dichas pérdidas son de dos tipos: pérdidas mayores y pérdidas menores; las primeras son debidas a la fricción y las menores a cambios de velocidad o dirección de flujo.

Pérdidas Mayores.

Pérdidas por Fricción. Estas pérdidas se presentan cuando existe la circulación de un fluido a lo largo de una tubería. Se podría pensar primeramente que esta pérdida es -- debido a la fricción de deslizamiento entre la corriente y las paredes del ducto; sin embargo cuando cualquier fluido moja las paredes del ducto por el que pasa, las partículas más externas del fluido se adhieren a la pared y no tienen movimiento en relación con ella, por lo tanto no puede existir fricción entre el fluido y el ducto.

Se puede considerar que la pérdida se produce dentro de la corriente misma, como resultado de la fricción entre -- las diversas partículas del fluido cuando se frotan una -- con otra, o bien a la pérdida de la energía cinética como resultado del impacto de masas que se desplazan con diferentes velocidades.

Por otra parte, se ha visto que la aspereza de la pared del ducto tiene efectos directos sobre la cantidad de pérdida de fricción, ya que la turbulencia aumenta con el gr

do de aspereza.

Cuando la tubería es de gran longitud, esta pérdida es la principal y llega a ser tan grande que a veces se pueden despreciar las demás por ser relativamente pequeñas.

La pérdida de carga por fricción se representa por h_f , dependo del material con que esté construido el tubo, el estado de la tubería, la longitud, el diámetro y la velocidad de circulación del líquido en la tubería.

A través de la experimentación y la observación, Chezy (1775) estableció que la pérdida debida a la fricción es:

- . directamente proporcional a la longitud de la tubería
- . inversamente proporcional al diámetro del tubo
- . directamente proporcional al cuadrado de la velocidad

éstas se conocen como las leyes de Chezy, y dieron lugar a la ecuación:

$$h_f = \frac{K L V^n}{D^m}$$

Más tarde Darcy y Weisbach modificaron la fórmula de Chezy aceptando la variación de h_f con el cuadrado de la velocidad, proponiendo $m=1$ y dividiendo y multiplicando por $2g$.

$$h_f = (K \cdot 2g) \frac{L V^2}{D}$$

Al sustituir $(K \cdot 2g)$ por f (factor de fricción), se obtiene la expresión fundamental en el cálculo de tuberías, conocida como la ecuación de Darcy-Weisbach.

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (m) \quad \dots (7)$$

donde:

- f: factor de fricción (adimensional)
- L: longitud de la tubería (m)
- D: diámetro de la tubería (m)
- V: velocidad del flujo (m/seg)
- g: constante de gravedad (m/seg²)

En la tabla 1 se proporcionan los valores promedio del coeficiente de fricción f para flujo turbulento de agua a temperaturas naturales en tuberías rectas y lisas. En esta tabla se puede apreciar que para cualquier velocidad dada de flujo, el valor de f disminuye conforme aumenta el diámetro de la tubería. Esto se debe principalmente a la reducción de la aspereza relativa; entendiéndose por aspereza relativa a la relación de altura promedio de las protuberancias de las paredes de la tubería entre el diámetro de la misma. Así al aumentar el diámetro se disminuye la aspereza relativa, con ello la turbulencia que a su vez hace que disminuyan la velocidad y las pérdidas.

En la práctica, para controlar que las pérdidas no sean significativas se aumenta el diámetro de la tubería.

Tabla 1. Valores del coeficiente de fricción f .

Diámetro		Velocidad media (m/seg)							
mm	pulg.	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00	1.50	2.00	3.00
13	1/2	0.041	0.037	0.034	0.032	0.031	0.029	0.028	0.027
19	3/4	0.040	0.036	0.033	0.031	0.030	0.028	0.027	0.026
25	1	0.039	0.034	0.032	0.030	0.029	0.027	0.026	0.025
38	1 1/2	0.037	0.033	0.031	0.029	0.029	0.027	0.026	0.025
50	2	0.035	0.032	0.030	0.028	0.027	0.026	0.026	0.024
75	3	0.034	0.031	0.029	0.027	0.026	0.025	0.025	0.024
100	4	0.033	0.030	0.028	0.026	0.026	0.025	0.025	0.023
150	6	0.031	0.028	0.026	0.025	0.025	0.024	0.024	0.022
200	8	0.030	0.027	0.025	0.024	0.024	0.023	0.023	0.021
250	10	0.028	0.026	0.024	0.023	0.023	0.022	0.022	0.020
300	12	0.027	0.025	0.023	0.022	0.022	0.021	0.021	0.019
350	14	0.026	0.024	0.022	0.022	0.022	0.021	0.021	0.018
400	16	0.024	0.023	0.022	0.021	0.021	0.020	0.020	0.018
450	18	0.024	0.022	0.021	0.020	0.020	0.020	0.020	0.017
500	20	0.023	0.022	0.020	0.020	0.019	0.019	0.019	0.017
550	22	0.023	0.021	0.019	0.019	0.018	0.018	0.018	0.016
600	24	0.022	0.020	0.019	0.018	0.018	0.017	0.017	0.015

Para determinar el coeficiente de fricción f con cualquier tipo de flujo y distintos grados de aspereza nos apoyamos en la siguiente figura, donde interviene el número de Reynolds y la aspereza relativa.

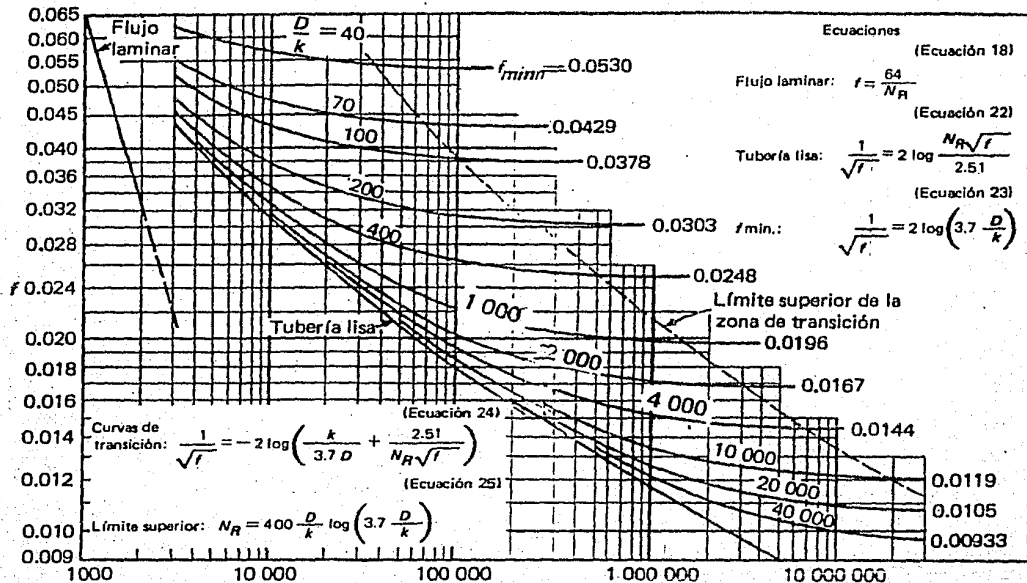


Figura 2. Variación de f con el número de Reynolds y la aspereza relativa, para el flujo de fluidos en tuberías circulares.

En la figura anterior aparecen dos líneas inclinadas:

Gradiente Hidráulico. Se define como el lugar geométrico de los niveles a los que se eleva el líquido en tubos - piezométricos sucesivos, es decir, una representación gráfica respecto a cualquier nivel de referencia escogido de la carga potencial $(h + P/w)$ que posee el líquido en todas las secciones de la tubería.

Gradiente de Energía. Está por encima del gradiente hidráulico, a una distancia igual a la carga de velocidad en cada sección y como se puede apreciar gráficamente, representa la energía o carga total que posee el líquido -- $(h + P/w + V^2/2g)$.

Pérdidas Menores.

En las instalaciones hidro-sanitarias las pérdidas menores generalmente se consideran despreciables, ya que en -- comparación con las pérdidas por fricción resultan ser mínimas. De cualquier forma es necesario conocer el valor de estas pérdidas con el objeto de determinar en un momento -- dado si se deben o no considerar.

Este tipo de pérdidas se deben al cambio de dirección o de la cantidad de la velocidad.

Se consideran pérdidas menores a las ocasionadas por: contracción (hc), ensanchamiento (he), obstrucciones (hg) y cambios de dirección (hb).

Es importante señalar que para obtener el valor de las pérdidas menores, es necesario considerar que dichas pérdidas no se producen en la fuente sino en sus cercanías, principalmente corriente abajo y para conocer la pérdida completa se debe trazar el gradiente hidráulico y el gradiente de energía a una distancia corta aguas arriba desde la fuente y a una distancia considerable aguas abajo de la misma.

Se ha observado que las pérdidas menores varían aproximadamente en proporción al cuadrado de la velocidad y se expresan mediante la aplicación de coeficientes variables a la carga de velocidad. Son de la forma:

$$h_1 = K_1 \frac{v^2}{2g}$$

Pérdida de Carga debida a Contracción (h_c). Esta pérdida se presenta cuando existe una reducción en el área transversal de la tubería, lo que ocasiona un aumento de velocidad y con ello una turbulencia. La contracción puede ser repentina o de derivación.

La pérdida de carga en el paso de un depósito a una tubería es un caso especial de pérdida debida a la contracción.

En la figura 4 se ilustra la pérdida de carga ocasionada por una contracción repentina, así como las cantidades de energía en secciones antes y después de la contracción.

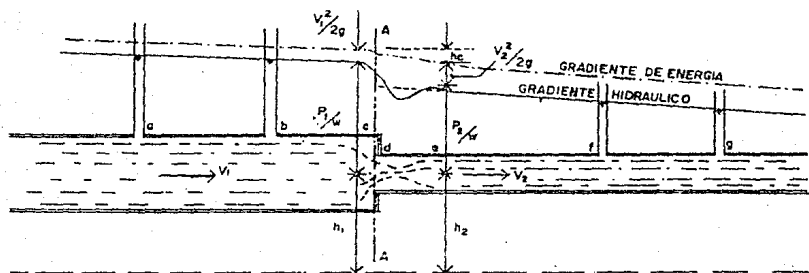


Figura 4. Pérdida de carga debido a contracción.

En la sección A-A para el diámetro mayor, se tiene una velocidad media V_1 menor a la velocidad V_2 que se presenta en el tramo de diámetro menor.

En la tubería mayor la inclinación de los gradientes entre los piezómetros a y b nos indica la pérdida de carga debido a la fricción, entre los piezómetros b y f el gradiente hidráulico es diferente para las distintas líneas de trayectoria; representando aproximadamente la variación de la presión a lo largo del eje de la tubería, se observa una disminución de presión inmediatamente después de la contracción - en la región d y al expanderse el fluido para llenar la tubería menor la presión aumenta ligeramente en la región e. De la región e a la f la caída de los gradientes hidráulicos y de energía, se debe tanto a la fricción de la tubería como a la pérdida superpuesta por los remolinos establecidos por la

contracción y el ensanchamiento subsiguiente. A partir de la región f aguas abajo, la pérdida se debe solamente a la fricción de la tubería ya que la turbulencia normal se ha establecido.

Para conocer las pérdidas menores es necesario determinar la energía en una sección cercana a la contracción y - en una sección aguas abajo a una distancia considerable -- donde la turbulencia normal se haya establecido.

Para determinar la pérdida de carga debida a la contracción en la figura anterior, se extiende corriente abajo el gradiente de energía entre a y b hasta la línea A-A, mientras que el gradiente de energía entre f y g se extiende corriente arriba hasta A-A. La diferencia de niveles entre estos gradientes nos proporciona la pérdida h_c , así la ecuación de energía antes y después de la contracción es:

$$h_1 + \frac{P_1}{w} + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{P_2}{w} + \frac{V_2^2}{2g} + h_c$$

donde:

$$h_c = K_c \frac{V^2}{2g} \quad \dots (8)$$

Siendo K_c un coeficiente empírico y V la velocidad en la tubería menor. La tabla 2 proporciona los valores de K_c para una contracción repentina.

Por otra parte si el cambio de diámetro menor se da en forma gradual o bien si se redondean las aristas de la tubería menor, los valores de K_c se reducirán notablemente - en relación a los proporcionados para una reducción repentina.

Tabla 2. Valores del coeficiente Kc para contracciones repen-
tinas.

Velocidad en tubería menor V (m/seg)	Razón del diámetro menor al mayor									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.6	0.49	0.49	0.48	0.45	0.42	0.38	0.28	0.18	0.07	0.03
1.5	0.48	0.48	0.47	0.44	0.41	0.37	0.28	0.18	0.09	0.04
3.0	0.47	0.46	0.45	0.43	0.40	0.36	0.28	0.18	0.10	0.04
6.0	0.44	0.43	0.42	0.40	0.37	0.33	0.27	0.19	0.11	0.05
12.0	0.38	0.36	0.35	0.33	0.31	0.29	0.25	0.20	0.13	0.06

La pérdida de carga a la entrada de las tuberías, es un ca-
so especial de pérdida de carga debido a la contracción. La -
fórmula general para la pérdida de carga a la entrada de una-
tubería es:

$$h_c = \left[\frac{1}{C_v^2} - 1 \right] \frac{V^2}{2g} = K_c \frac{V^2}{2g} \quad \dots (9)$$

donde:

Cv: coeficiente de velocidad que depende de las condi-
ciones de entrada

Los valores de Kc y Cv se proporcionan en la tabla 3

Tabla 3. Valores del coeficiente K_c para determinar la pérdida de carga a la entrada de las tuberías.

Condiciones de entrada	C_v	K_c
De proyección interna	0.75	0.8
De esquinas cuadradas	0.82	0.5
Ligeramente redondeado	0.90	0.2
Boca acampanada	0.95	0.1

Pérdida de Carga debido a Ensanchamiento (h_e). Esta pérdida de carga tiene lugar cuando se presenta un incremento en el área transversal provocando una disminución en la velocidad. El ensanchamiento al igual que la contracción, puede ser repentino o gradual.

La pérdida de carga en el extremo de salida de una tubería donde se descarga a un depósito, es un caso especial de pérdida de carga debido al ensanchamiento.

En la figura 5 se presenta un tramo de tubería que sufre un ensanchamiento en la sección E-E, al expandirse la corriente para llenar la tubería mayor, disminuye la carga de velocidad y hay un aumento en la carga de presión.

Quando existe una pérdida ocasionada por un ensanchamiento, el remolino que se forma es más extenso que en el caso de una contracción de la sección transversal; de ahí que es aún más importante ampliar el estudio de los gradientes hasta una distancia considerable aguas abajo.

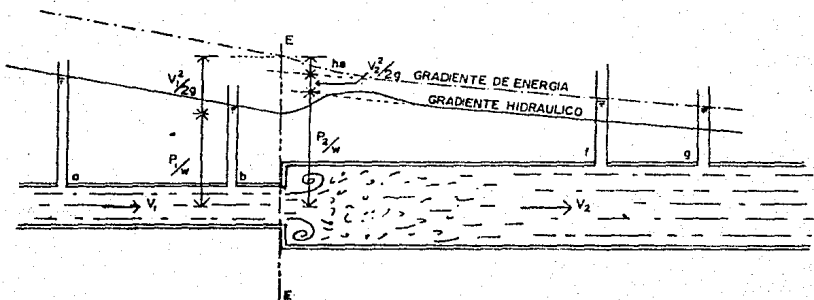


Figura 5. Pérdida de carga debida a ensanchamiento (h_e).

Para determinar de manera gráfica la pérdida provocada -- por el ensanchamiento, es necesario extender el gradiente de energía entre f y g (donde la turbulencia normal se ha establecido) hasta la sección E-E. Asimismo el gradiente de energía entre a y b, lo prolongamos aguas abajo hasta E-E; la diferencia de elevación entre estos dos niveles es la pérdida por ensanchamiento (h_e). La ecuación de la energía antes y después del ensanchamiento es:

$$\frac{P_1}{w} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{w} + \frac{V_2^2}{2g} + h_e$$

donde:

$$h_e = K_e \frac{V_1^2}{2g} \quad \dots (10)$$

La pérdida de carga he está en función de la carga de velocidad de la tubería menor.

A través de varios experimentos se determinó que el coeficiente K_e para determinar las pérdidas por ensanchamiento, está en función de la relación de los diámetros. La tabla 4 proporciona los valores de K_e .

Tabla 4. Valores del coeficiente K_e para ensanchamiento repentino.

Velocidad en la tubería menor m/s	Razón del diámetro menor al mayor									
	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.6	1.0	1.0	0.96	0.86	0.74	0.60	0.44	0.29	0.15	0.04
1.5	0.96	0.95	0.89	0.80	0.69	0.55	0.41	0.27	0.14	0.04
3.0	0.91	0.89	0.84	0.76	0.65	0.52	0.39	0.26	0.13	0.04
6.0	0.86	0.84	0.80	0.72	0.62	0.50	0.37	0.24	0.12	0.04
12.0	0.81	0.80	0.75	0.68	0.58	0.47	0.35	0.22	0.11	0.03

Ahora bien, si el ensanchamiento se hace en forma gradual, las pérdidas disminuyen notablemente. En la tabla 5 se proporcionan los valores de K_e para un ensanchamiento gradual.

Tabla 5. Valores de K_e para un ensanchamiento gradual.

Angulo de Cono	Razón del diámetro menor al mayor								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
5°	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.01
15°	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.13	0.10	0.06
30°	0.49	0.49	0.48	0.48	0.46	0.43	0.37	0.27	0.16
45°	0.64	0.63	0.63	0.62	0.60	0.55	0.49	0.38	0.20
60°	0.72	0.72	0.71	0.70	0.67	0.62	0.54	0.43	0.24

Por otra parte, para el caso de pérdida de descarga sumergida de una tubería a un depósito; la razón del diámetro menor al mayor es prácticamente cero, por lo tanto los valores de K_e se toman de la tabla 4.

Pérdida de Carga debida a Obstrucciones (hg). Al existir en las tuberías compuertas o válvulas, se presentan pérdidas de carga ocasionadas por la disminución del área transversal, o bien por el cambio de dirección del flujo en la tubería.

Si la tubería tiene el mismo diámetro en ambos lados de la obstrucción los gradientes hidráulicos y de energía son iguales, indicando una pérdida de carga.

La pérdida de carga debido a las obstrucciones está dada por la siguiente ecuación:

$$h_g = K_g \frac{v^3}{2g}$$

.. (11)

Corp y Ruble a través de varios ensayos, determinaron los valores de K_g para varias alturas de abertura de válvulas de compuerta. La tabla 6 proporciona los valores de K_g , en ella se observa que el coeficiente disminuye al aumentar la razón de abertura d/D y al aumentar el tamaño de la válvula.

Tabla 6. Valores de K_g para diferentes aberturas de válvulas de compuerta.

Diámetro nominal		Razón de la altura d de abertura de la válvula al diámetro D.					
mm	pulg.	0.125	0.250	0.375	0.500	0.75	1.0
13	1/2	450	60	22	11	2.2	1.0
19	3/4	310	40	12	5.4	1.1	0.29
25	1	230	32	9.0	4.1	0.90	0.23
38	1 1/2	170	23	7.2	3.3	0.75	0.18
50	2	140	20	6.5	3.0	0.68	0.16
100	4	92	16	5.5	2.6	0.55	0.14
150	6	73	14	5.3	2.4	0.49	0.12
200	8	66	13	5.2	2.3	0.46	0.10
300	12	56	12	5.1	2.2	0.42	0.07

Pérdida de Carga debida a Cambios de Dirección. (hb). Las pérdidas debidas a cambios de dirección se presentan en los codos o curvas de las tuberías. Debido a que la velocidad en el centro de la tubería que se acerca al codo es mayor que la que existe cerca de las paredes del ducto, al pasar el --

flujo por el codo da como resultado la formación de un espiral y de remolinos que pueden persistir hasta una longitud equivalente de 50 veces el diámetro aguas abajo, antes de alcanzar su distribución normal de velocidades. Por consiguiente la pérdida no se produce en el codo mismo.

La pérdida de carga debida a un codo en exceso de la que se produciría en una tubería recta de longitud igual, se expresa por lo común en función de la carga de velocidad en la tubería

$$h_b = K_b \frac{V^2}{2g} \quad \dots (12)$$

A través de varias pruebas, se ha observado que el valor -- del coeficiente, varía con la razón del radio de curvatura del eje de la tubería al diámetro de la tubería D con la aspereza de la superficie en el codo y el número de Reynolds.

Si el flujo es turbulento, se considera que el efecto de variación del número de Reynolds no tiene importancia práctica, -- entonces K_b es función de la razón r/D y de la aspereza del codo.

En la tabla 7 se presentan los valores de K_b para codos de tuberías lisas de 90° determinados por Beiji en función de la relación r/D . Para codos ásperos los valores de K_b de la tabla se deben multiplicar por 2, si el codo es de 45° K_b suele ser aproximadamente la mitad de los valores de la tabla 7 y para 180° estos valores son cerca de un 25% mayores.

Tabla 7. Valores del coeficiente K_b para determinar las pérdidas de carga por cambios de dirección en la tubería.

r/D	K_b
1	0.35
2	0.19
4	0.16
6	0.22
10	0.32
15	0.38
20	0.42

Fórmulas utilizadas en el Cálculo de las Tuberías.

Las fórmulas que más se utilizan en la práctica para determinar el cálculo hidráulico en las tuberías, son la de Manning y la de Hazen-Williams.

Fórmula de Manning.

Considerando que $\frac{H_f}{L} = S_f$ y que:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad \dots (13)$$

donde:

V : velocidad (m/s)

n : coeficiente de aspereza (tabla 8)
 R : radio hidráulico = D/4 tuberías sección circular (m)
 S : pendiente de la tubería (en milésimas)

partiendo de la ecuación de continuidad:

$$Q = AV$$

sustituyendo y desarrollando, llegamos a la siguiente expresión

$$H_f = 10.29 \frac{Q^2 n^2}{D^{16/3}} \dots (14)$$

expresión que proporciona las pérdidas unitarias.

Tabla 8. Valores de n utilizados en la fórmula de Manning.

Tipo de Tubería	Variación	
	De	A
Acero galvanizado	0.015	0.017
Acero soldado	0.011	0.014
Asbesto-cemento	0.010	0.012
Cobre y latón	0.009	0.012
Concreto	0.013	0.014
Fierro	0.011	0.015
Plástico	0.009	0.010

Fórmula de Hazen-Williams.

$$V = 0.355 D^{0.63} S^{0.54} \dots (15)$$

donde:

V : velocidad media (m/s)

D : diámetro (m)

Sf : pérdida de carga unitaria (m/m)

C : coeficiente que varía de acuerdo al material y estado de la tubería (tabla 9)

Tabla 9. Valores del coeficiente C utilizados en la fórmula de Hazen-Williams

Tipo de tubería	C
Acero galvanizado	125
Acero soldado, tubos nuevos	130
Asbesto	140
Cobre	130
Concreto	130
Fierro fundido	130
Plástico	140

C A P I T U L O I I I

D I S E Ñ O D E L A I N S T A L A C I Ó N H I D R A U L I C A .

Definición.

La instalación hidráulica es un sistema de tuberías de conducción, conexiones y válvulas de control, cuya función es la distribución de agua fría y agua caliente a todos -- los muebles sanitarios del edificio.

Elementos de un Sistema de Distribución.

El sistema de la instalación hidráulica se encarga de conducir el agua desde la toma domiciliaria hacia: los muebles sanitarios, el tanque de regulación o bien la cisterna, según las condiciones de presión que prevalezcan en la red general de abastecimiento de agua potable.

Los elementos principales que agrupan estas instalaciones son:

Distribuidores. Son las tuberías horizontales de donde parte el sistema de distribución, se localizan en las azoteas conduciendo el agua del tinaco a las columnas y/o en el sótano para alimentar la cisterna.

Columnas. Son tuberías verticales de la red que una -- vez abastecidas por los distribuidores conducen el agua a --

todos los niveles del edificio.

Ramales o Derivaciones. Son las tuberías a través de las cuales se distribuye el agua en cada uno de los pisos a los muebles sanitarios de los mismos.

Para realizar el trazo de las instalaciones es recomendable tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las tuberías deben quedar instaladas en las circulaciones de los edificios para facilitar el mantenimiento de las mismas.
- Evitar el paso de las líneas de conducción por lugares habitados, de lo contrario al presentarse alguna fuga, traería consigo molestias.
- Por ningún motivo permitir el paso de cualquier tramo de la red de distribución por encima de aparatos eléctricos.

Existen otros elementos que no son tuberías pero complementan el sistema hidráulico. Es necesario conocerlos a conciencia con el objeto de elegir el elemento que satisfaga las solicitaciones del propio sistema, los más comunes son: válvulas, conexiones (tees, codos, etc.), llaves, tanques reguladores, cisternas, calentadores, etc.

Sistemas de Distribución.

La selección de un sistema de distribución depende principalmente de la presión que exista en la red general de abas-

tecimiento de agua potable, dicha presión oscila entre 1.5 y 5.0 Kg/cm².

Para garantizar que el agua llegue a todos los muebles del sistema se requiere una presión en la red general de al menos cinco metros de columna de agua mayor que el desnivel entre la tubería de la red y los aparatos más altos del edificio en las horas de máximo consumo.

Los sistemas de distribución se clasifican de la manera siguiente:

- Sistema directo
- Sistema por gravedad
- Sistema combinado
- Sistema de presión

Sistema Directo. Es el sistema más simple, el utilizar este método implica que las construcciones sean de poca altura y la presión en la red sea suficiente para que el agua llegue a los muebles sanitarios más altos, considerando las pérdidas que se puedan generar por: fricción, cambio de dirección, obstrucción, contracción, etc.

Sistema por Gravedad. Este sistema es utilizado cuando, en la red general de distribución, la presión no es continua. En los intervalos de tiempo en que se tiene suficiente presión, se aprovecha para almacenar el líquido en los tanques reguladores.

Así cuando la presión en la red disminuya, se puede distribuir el agua dentro del edificio hacia todos los muebles sanitarios a través del sistema de gravedad.

Por otra parte, si la presión en la red es continua pero insuficiente para llegar a los muebles sanitarios más altos, se almacena el agua en cisternas y se bombea a los tanques de regulación para ser distribuido por gravedad.

Sistema Combinado. La combinación de los dos sistemas anteriores da lugar al sistema combinado, se utiliza en los edificios de gran altura donde la presión no es capaz de alcanzar a suministrar el líquido hasta los niveles superiores.

En los niveles donde la presión sea suficiente para alimentarlos, se utiliza el sistema directo y para los pisos superiores, la distribución se hará por gravedad.

Sistema de Presión. Se aplica en edificios de gran altura, donde es necesario elevar directamente el agua hasta los aparatos sanitarios. Cuando se eleva por medios mecánicos a través de aire comprimido, se le llama sistema neumático y si se bombea, recibe el nombre de sistema de bombeo programado, debido a que funciona de acuerdo a las demandas reales.

Métodos de Cálculo.

La determinación de los diámetros de los diversos elementos que componen un sistema hidráulico, resulta complicado - en la medida que el funcionamiento de los muebles sanitarios no es continuo, se realiza en forma intermitente e irregular.

Además existen horas de máximo consumo (horas pico), durante las cuales son utilizados con mayor frecuencia los aparatos sanitarios por ejemplo: los muebles de cuarto de baño

se utilizan con mayor continuidad por las mañanas y por las noches, el fregadero antes y después de la hora de comer, - la lavadora y el lavadero por lo regular durante las últimas horas de la mañana, etc.

Para realizar un diseño óptimo de la instalación hidráulica se deben considerar todos los factores de operación tales como: el tiempo de funcionamiento, la frecuencia de servicio y el tipo de mueble entre otras cosas. Al no tomar en cuenta dichos factores se puede cometer el error de diseñar la instalación como si todos los aparatos trabajaran simultáneamente, obteniéndose diámetros excesivos para el gasto que en un momento dado conducirán. O bien en caso contrario, se diseñaría con diámetros insuficientes para satisfacer el caudal demandado.

Los métodos desarrollados para poder interpretar y resolver el problema del diseño hidráulico se clasifican en dos tipos: empíricos y probabilísticos. Los métodos empíricos basados en la observación del funcionamiento de los aparatos sanitarios, consideran un número menor o igual al total de muebles funcionando en forma simultánea; proporcionan mejores resultados al aplicarlos en sistemas que contengan pocos aparatos. Dentro de los más conocidos se pueden mencionar: el método Británico, el de Dawson y Bowman, el de Dawson y Kalinske, el de Kessler, el Americano (primer procedimiento), entre otros.

Al aplicar la teoría de la probabilidad a las experiencias obtenidas de la observación, surgen los métodos probabilísticos tratando de encontrar un índice de simultaneidad de operación de los aparatos, un factor que de alguna mane-

ra describiera el funcionamiento del sistema. Con estos métodos se obtienen resultados óptimos al ser aplicados en sistemas con gran número de muebles: hoteles, edificios de departamentos, de oficinas, públicos, etc.; los métodos más comunes son: el método Alemán de la Raíz Cuadrada, el Americano (segundo procedimiento), el Francés, el de Wise y Croft y el método de Hunter.

Método de Hunter.

Es el método más utilizado para la determinación de los diámetros de la red de distribución del sistema hidráulico, básicamente por lo racional y preciso que es.

El método de Hunter es aplicable en el cálculo de sistemas hidrosanitarios, es perfectamente válido para sistemas de distribución y sistemas de evacuación, ya que el funcionamiento de dichos sistemas está íntimamente ligado uno con otro.

Al presentarse un servicio en un aparato, en forma simultánea funcionan los dos sistemas, es decir, la probabilidad de frecuencia de uso es la misma para ambos.

En el desarrollo de su teoría, el Dr. Roy Hunter consideró principalmente los siguientes puntos:

- El gasto de diseño del sistema se ve influenciado por la frecuencia máxima de uso de los muebles principales (W.C. con fluxómetro, W.C. de tanque y la tina o

regadera).

- La operación de los muebles principales como un even to al azar. Esta consideración es fundamental para respaldar la aplicación de la teoría de probabilidad a este problema.
- Para el funcionamiento del sistema tomó en cuenta un porcentaje promedio de agua usada por los diferentes muebles y el tiempo de operación de cada uno de ellos.
- Un grupo grande de muebles en el análisis del problema.
- Que el sistema proporciona un servicio satisfactorio cuando la tubería suministre el gasto que requiera - un número m de muebles de un total de n , garantizando con un 99% de probabilidad que el número de -- muebles que se encuentran simultáneamente en servicio no exceda a m .

Hunter empezó el análisis de su teoría considerando un sistema compuesto únicamente por muebles de un mismo tipo, a dicho sistema le llamó "sistema sencillo", en él asignó la le tra n al número total de muebles del sistema.

Determinó que la probabilidad de un mueble en particular - se encuentre en servicio en cualquier instante dado, independientemente que el resto de los aparatos del grupo estén o no funcionando en ese preciso instante, está dada por:

$$p = \frac{t}{T}$$

... (16)

donde:

t : intervalo de tiempo promedio que requiere un mueble para desalojar el agua (en segundos)

T : intervalo promedio que transcurre entre un servicio y el siguiente (en segundos)

Por el contrario, la probabilidad de que un mueble o cualquier otro en particular no se encuentre en servicio es:

$$1 - p = 1 - \frac{t}{T} \quad \dots (17)$$

Así, para un excusado con fluxómetro donde el tiempo promedio entre un servicio y otro es de 5 minutos y el tiempo promedio de desalojo es de 9 segundos, se tiene

$$p = \frac{t}{T} = \frac{9}{300} = 0.03$$

este valor indica un 3% de probabilidad de que un W.C. con fluxómetro se encuentre funcionando en un momento determinado.

Hasta este momento se ha hablado de que un mueble en particular se encuentre en servicio en un instante determinado. Ahora bien, en caso de querer determinar la probabilidad de que dos excusados en particular se encuentren operando al mismo tiempo, sin considerar si los otros $n - 2$ estén o no en servicio en el mismo instante.

De acuerdo a la ley de composición de eventos, la probabilidad de encontrar a ambos muebles en operación simultánea es igual al producto de las probabilidades de encontrarse en servicio cada uno de los muebles. Es decir, la probabilidad de que se halle en operación el primer aparato en un instan-

te dado es igual a p que es la misma para el segundo mueble, por consiguiente la probabilidad de encontrar a ambos muebles en servicio sin importar si los otros $n - 2$ se encuentran o no funcionando en forma simultánea en un momento determinado es:

$$p \cdot p = p^2 = \left(\frac{t}{T}\right)^2 \quad \dots (18)$$

Siguiendo el mismo procedimiento para un número mayor de muebles, tenemos que para el total de n muebles del sistema, su probabilidad de funcionamiento simultáneo estaría dada por:

$$p^n = \left(\frac{t}{T}\right)^n \quad \dots (19)$$

En el caso de querer determinar la probabilidad de que dos muebles se encuentren en servicio simultáneo, pero a diferencia del análisis anterior, ahora se considera que los $n - 2$ aparatos no se encuentren en operación en el mismo instante, entonces se tendría lo siguiente:

Probabilidad de encontrar el primer mueble en servicio =	p
Probabilidad de encontrar el segundo mueble en servicio =	p
Probabilidad de no encontrar el tercer mueble en operación	$=1-p$
·	·
·	·
Probabilidad de no encontrar el enésimo mueble en operación	$=1-p$

La probabilidad total de esta composición de eventos, en cierto instante determinado, es el producto de todas las probabilidades.

$$p = (1 - p)^{n-2} p^2 \quad \dots (20)$$

Considerando que existen tantas formas de seleccionar dos muebles tomados de un total de n , como combinaciones de n cosas tomadas de dos en dos. Es decir, habría que determinar de cuántas maneras se pueden seleccionar r aparatos de un total de n existentes, lo que se obtendría a través de la siguiente fórmula.

$$C_r^n = \frac{n!}{r!(n-r)!} \quad \dots (21)$$

Así la probabilidad de que dos muebles cualesquiera se encuentren en servicio simultáneo en un instante escogido arbitrariamente, pero ninguno de los otros $n-2$ lo estén, es:

$$p_r^n = C_r^n (1-p)^{n-r} p^r \quad \dots (22)$$

Donde r puede tomar valores que van desde cero hasta n . Suponiendo que se le asignan todos estos valores a r y se obtienen sus respectivas probabilidades, la suma de ellas es igual a 1 ya que representa el total del espacio muestral. Introduciendo esta sumatoria en la ecuación anterior tenemos:

$$\sum_{r=0}^{r=n} p_r^n = \sum_{r=0}^{r=n} C_r^n (1-p)^{n-r} p^r = 1 \quad \dots (23)$$

La ecuación anterior define la expresión binomial entera de $(p + (1-p))^n$ que es la distribución de probabilidades que Hunter empleó en el desarrollo de su método.

Ya se mencionó que r puede tomar cualquier valor dentro del rango $(0, n)$ pero hay que determinar cual es el valor que puede suponerse que está en operación simultánea, a dicho número lo asignó el valor de m .

Hunter describe a un sistema funcionando satisfactoriamente cuando abastece proporcionalmente el gasto que demande un cierto número m de n muebles, tomando en cuenta que la probabilidad de encontrar un número mayor de m muebles funcionando simultáneamente no sea mayor al uno por ciento, esto es:

$$P_0^n + P_1^n + P_2^n + \dots + P_{m-1}^n + P_m^n = 0.99 \quad \dots (24)$$

donde m es el número entero más pequeño con el cual se cumple como mínimo el 99%.

Se han elaborado tablas de distribución de probabilidad binomial para valores de n hasta 50 y 150.

A manera de ilustrar lo anterior, diremos que se utilizó la tabla de n hasta 150. Con $n = 100$ para un sistema sencillo compuesto por excusados con fluxómetros, se encuentra la probabilidad de que estén funcionando diez muebles simultáneamente.

Valores de P_r^n para $n = 100$ muebles y $r (0, 10)$

$$P_0^{100} = 0.0480$$

$$P_1^{100} = 0.1470$$

Ya se mencionó que r puede tomar cualquier valor dentro del rango $(0, n)$ pero hay que determinar cual es el valor que puede suponerse que está en operación simultánea, a dicho número le asignó el valor de m .

Hunter describe a un sistema funcionando satisfactoriamente cuando abastece proporcionalmente el gasto que demande un cierto número m de n muebles, tomando en cuenta que la probabilidad de encontrar un número mayor de m muebles funcionando simultáneamente no sea mayor al uno por ciento, esto es:

$$P_0^n + P_1^n + P_2^n + \dots + P_{m-1}^n + P_m^n = 0.99 \quad \dots (24)$$

donde m es el número entero más pequeño con el cual se cumple como mínimo el 99%.

Se han elaborado tablas de distribución de probabilidad binomial para valores de n hasta 50 y 150.

A manera de ilustrar lo anterior, diremos que se utilizó la tabla de n hasta 150. Con $n = 100$ para un sistema sencillo compuesto por excusados con fluxómetros, se encuentra la probabilidad de que estén funcionando diez muebles simultáneamente.

Valores de P_r^n para $n = 100$ muebles y $r (0, 10)$

$$P_0^{100} = 0.0480$$

$$P_1^{100} = 0.1470$$

Hasta este momento se ha descrito el procedimiento a seguir si existiera únicamente un sistema sencillo; pero la realidad es otra. Generalmente se tienen sistemas compuestos por diversos tipos de muebles, a los cuales Hunter denominó como sistemas mixtos.

Al iniciar su análisis para este tipo de sistemas, estableció que son tres clases de muebles los que influyen determinadamente en el gasto demandado por el sistema.

Partiendo de esta consideración realizó diversos análisis con varios sistemas, permitiéndolo generalizar el diseño para cualquier sistema con cualquier tipo de mueble.

La siguiente tabla proporciona los valores de t y T para los muebles sanitarios principales así como su probabilidad.

Tabla 10.

Mueble	$t(\text{seg})^*$	$T(\text{seg})^*$	$P(t/T)$
Excusado con fluxómetro	9	300	0.030
Excusado con tanque	60	300	0.020
Tina o regadera	60	900	0.067

La tabla 11 proporciona los valores para calcular las curvas de probabilidad de los muebles tipo considerados, los puntos de esas curvas representan valores de p correspondientes a la probabilidad de más de n muebles que no serán encontrados en servicio simultáneo en más del uno por ciento del tiempo. Dicha tabla parte de la ecuación siguiente:

* Valores máximos tomados en horas pico.

$$\sum_{r=n+1}^{r=p} p_r^n = \sum_{r=m+1}^{r=n} C_r^n (1-p)^{n-r} p^r = 0.01 \quad \dots (26)$$

Tabla 11. Valores de np correspondientes a valores de m en la sumatoria de la probabilidad de Poisson.

m	a=np	m	a=np	m	a=np
1	0.25	10	4.75	40	27.50
2	0.60	12	6.00	45	31.55
3	0.95	14	7.42	50	35.65
4	1.35	16	8.85	60	44.15
5	1.85	18	10.30	70	52.85
6	2.35	20	11.80	80	61.55
7	2.90	25	16.25	90	70.30
8	3.50	30	19.50	100	79.00
9	4.10	35	23.45		

Para obtener el valor de n de la tabla anterior, se supone arbitrariamente un valor de "m" al que le corresponde un valor de "a" mismo que se divide entre "t" correspondiente al tipo de mueble que se trate.

De esta manera se obtiene el número total de muebles del sistema y el número probable de muebles que se encuentren en servicio simultáneo. El valor de m se multiplica por el gasto promedio del tipo de mueble en cuestión; a continuación se proporcionan los valores de los gastos promedio para cada uno de los muebles principales en la tabla 12.

Tabla 12.

Mueble	Qpromedio(lps)
Excusado con fluxómetro	1.70
Excusado con tanque	0.25
Regadera o Tina	0.50

Como se tienen sistemas compuestos por varios muebles y se obtienen diferentes gastos para cada tipo de muebles, el gasto de diseño del sistema será menor a la suma de los gastos parciales.

Esta diferencia se podría conocer haciendo uso de la fórmula de combinaciones para determinar con que gastos contribuye cada grupo de muebles. Ya que este proceso resultaba complicado llevarlo a la práctica, Hunter estableció lo que llamó "unidad mueble" con el que valuó el grado de influencia y demanda de cada tipo de mueble en un sistema.

El Dr. Hunter asignó arbitrariamente la "unidad mueble" de 10 para los muebles con fluxómetro debido a que estos aparatos son los que requieren mayor gasto. Partiendo de esta consideración y aplicando el razonamiento para el sistema mixto, se obtienen los valores de n para cada tipo de mueble y para diferentes gastos, con un 99% de probabilidad de no exceder dichos gastos.

Tabla 13. Demanda relativa del factor de gasto.

Demanda (lbs)	Muebles de fluxómetro		Muebles de Tanque		Tinas o Regaderas	
	n	f	n	f	n	f
9.46	57	10	133	4.29	164	3.48
12.62	97	10	187	5.19	243	4.15
15.77	138	10	245	5.63	310	4.45
18.92	178	10	307	5.80	393	4.53
Factor promedio		10		5.23		4.15
Factor elegido		10		5.0		4.00

La tabla No. 13 nos muestra un factor de gasto de cada tipo de mueble con diferentes gastos. Para la obtención de este factor se procedió de la siguiente manera, para cada uno de los gastos de diseño se multiplica la unidad mueble del fluxómetro (10) por su respectivo número de muebles (n) correspondientes al gasto de diseño en cuestión. Este producto se divide entre el número de muebles (n) de Tanque o de tinas que corresponden a dicho gasto y así sucesivamente para cada uno de los gastos.

Debido a la incertidumbre que presenta la determinación de los gastos de diseño, resulta innecesario determinar valores exactos para los factores de gasto (f) de la unidad mueble, por consiguiente en la parte inferior de la tabla aparece un renglón relativo al valor de este factor elegido y se aprecia que es un número entero más próximo al valor promedio.

Para la asignación de la "unidad Mueble" de los aparatos controlados por llaves, se han considerado las características

difíciles de evaluar como lo son el tiempo y la frecuencia de operación. A partir de la unidad mueble de 10 correspondiente a los W.C. con fluxómetros, se asignan las unidades mueble para todos los muebles sanitarios.

Si se supone que el W.C. y el mingitorio público se utilizan con una frecuencia de 5 minutos en promedio y que por cada uso de estos aparatos se presenta un servicio del lavabo, se establece la misma frecuencia para el lavabo. Por consiguiente para determinar su unidad mueble basta comparar el gasto con el gasto del W.C. y aplicar una regla de tres, tal como se indica.

Si un mueble con fluxómetro utiliza 4 galones por servicio y se le asignó un valor de 10 "unidades mueble", un lavabo que consume $3/4$ de galón le corresponderán:
 $(3/4 \times 10) - 4 = 1.88 \approx 2$ unidades mueble.

Siguiendo este procedimiento Hunter elaboró la siguiente tabla:

Tabla 14. Unidades Mueble

Mueble	Tipo de Servicio	Tipo de Control	Unidad Mueble
Excusado	Público	Fluxómetro	10
Excusado	Público	Tanque	5
Mingitorio	Público	Fluxómetro	10
Mingitorio de pared	Público	Fluxómetro	5
Mingitorio de pared	Público	Tanque	3
Lavabo	Público	Llave	2
Tina de Baño	Público	Llave	4
Regadera	Público	Mezcladora	4
Fregadera limpieza (vertedero)	Oficina	Llave	3
Fregadero cocina	Hotel, Restaurant	Llave	4
Excusado	Privado	Fluxómetro	6
Excusado	Privado	Tanque	3
Lavabo	Privado	Llave	1
Tina de Baño	Privado	Llave	2
Regadera	Privado	Mezcladora	2
Cuarto de baño	Privado	W.C.c/fluxómetro	8
Cuarto de baño	Privado	W.C.c/tanque	6
Regadera separada	Privado	Mezcladora	2
Fregadero de cocina	Privada	Llave	2
Lavadero	Privado	Llave	3
Aparatos combinados	Privado	Llave	3

Es necesario considerar en el diseño de la red, que el rango de velocidad del agua dentro de las tuberías debe variar de -

1.0 m/seg (mínima) a 3.0 m/seg (máxima) con el objeto de evitar mayores pérdidas por fricción y molestias por el ruido - que provocaría el paso del agua a través de las tuberías en caso de existir velocidades superiores.

El procedimiento de cálculo recomendable para la aplicación del método de Hunter es el siguiente:

1. Elaborar un diagrama con la configuración de la ingtalación señalando el sentido de recorrido del flujo de agua.
2. Asignar a cada uno de los muebles del sistema su valor en unidades mueble.
3. Sumar las unidades mueble en sentido inverso al flujo de agua.
4. Obtener el gasto de acuerdo al número de unidades - mueble por servir para cada tramo de tubería.
5. Una vez conocido el gasto de diseño en cada tramo - de tubería, obtener el diámetro y la pérdida de carga de acuerdo al material que se vaya a emplear.

Agua Caliente.

El suministro de agua caliente dentro del sistema hidráulico, juega un papel importante en las actividades propriamente de limpieza; tanto en la higiene personal como en el lavado - de trastos, etc. Este sistema va de lo más simple (casas-habitación) hasta lo más sofisticado (hoteles, hospitales, edifi-

cios, etc.).

Sistemas de Calentamiento de Agua.

La selección del sistema de calentamiento de agua depende principalmente del número de muebles por servir (consumo), de las costumbres, del nivel de vida, del tipo de combustible a emplear y de la rapidez con que se requiera el agua para el servicio.

Las instalaciones de producción de agua caliente se pueden clasificar en dos tipos: local y central.

Los sistemas de tipo local se clasifican a su vez en:

- . Sistema indirecto o termosifón. Es el sistema más económico ya que no requiere de un aparato especial para elevar la temperatura del agua. Se aprovecha alguna otra fuente de calor que se esté empleando en otra actividad.
- . Sistema directo. Es el sistema más comúnmente usado, con el inconveniente de que en un principio hay que llevar el agua fría que se encuentra en la tubería de distribución hasta obtener el agua o temperatura deseada para el servicio.

El sistema central está formado por las calderas, su empleo se justifica cuando se necesite producir agua caliente para edificios de departamentos de más de cuatro niveles y donde los recorridos de las tuberías sean mayores a 15 metros. Algunas calderas están dotadas de dispositivos de circulación forzada en el caso de requerirse almacenar agua caliente para

su suministro.

Existen varios tipos de calderas, dentro de las cuales podemos mencionar: calderas con intercambiador de calor, de tubos de humo (con o sin retorno), de tubos de agua y de vapor.

Diseño de la Red de Agua Caliente.

Para el diseño de la red de distribución de agua caliente, se deben realizar los siguientes pasos:

- . dependiendo del número de personas, de muebles o tipos de uso, determinar el consumo de agua caliente demandada. Con ello se selecciona el sistema de producción de agua caliente más adecuada y su capacidad.
- . los diámetros de las tuberías de conducción se calculan igual que los diámetros de las tuberías de agua fría a través del método de Hunter, con la diferencia que el valor de las unidades mueble se multiplica por 0.75, debido a que se trata de un sistema separado.

C A P I T U L O I V

D I S E Ñ O D E L A I N S T A L A C I O N S A N I T A R I A .

Definición.

Las instalaciones sanitarias son un sistema de tuberías y aparatos cuya función es la de evacuar las aguas residuales - y/o pluviales de un edificio, de una manera rápida y eficiente, con las medidas de seguridad necesarias; garantizando el mínimo de reparaciones, limpiezas y molestias así como una - máxima duración y funcionamiento.

Elementos que forman un Sistema de Evacuación.

Una red de instalaciones sanitarias está formada principal-
mente por:

Tuberías de Conducción. Son los conductos mediante los cua-
les se evacúan las aguas negras del edificio, conduciéndolas -
hasta la acometida del drenaje municipal.

Dentro de lo que son las tuberías de conducción tenemos :

derivaciones, columnas y colectores.

- . Derivaciones. Las derivaciones conocidas también como rasales, son las tuberías que tienen la función de recolectar las aguas servidas de los muebles sanitarios de un nivel y conducir las hasta las bajadas o columnas.

Cuando sirven a un aparato las derivaciones se denominan singulares, su diámetro depende del tipo de aparato que estén evacuando. Por otra parte si sirven a varios aparatos, las derivaciones son en colector y su diámetro está en función de la pendiente y del número de muebles que sirven.

- . Columnas o Bajadas. Son ductos instalados verticalmente para transportar las aguas que reciben de las derivaciones de los diferentes niveles y conducir las a los colectores. El diámetro de las columnas depende del número de muebles a servir o bien si se trata de aguas pluviales dependerá del área de la azotea por drenar.

- . Colectores. Los colectores comúnmente conocidos como albañales, son tubos con poca pendiente que reciben las descargas de las columnas para conducir las fuera de los edificios hasta la acometida del alcantarillado municipal.

Sifones. Son dispositivos que tienen la función de evitar que pasen al interior de los edificios los malos olores que se generan en la red de evacuación.

El sistema de operación del sifón consiste en un cierre hidrúlico que se realiza cuando al haber agua en el sifón ésta no permite el paso del aire al interior. A su vez, el sifón debe permitir un paso fácil de las materias sólidas suspendidas en el agua.

Es indispensable que los sifones tengan algún registro que permita el acceso en caso de presentarse alguna obstrucción de materia sólida o bien para darle mantenimiento.

Para garantizar un funcionamiento adecuado del sistema, todas las instalaciones de desagüe deben estar dotadas de sifones.

Tuberías de Ventilación. La red de ventilación se puede considerar un sistema adicional a la red de evacuación de aguas residuales, no con ello se le resta la importancia que tiene dentro del sistema sanitario.

Las tuberías de ventilación tienen como finalidad el establecer el equilibrio de la presión que se presenta en la tubería de evacuación al hacer funcionar los muebles sanitarios.

El prescindir del sistema de ventilación en un sistema sanitario provoca problemas de sifonamiento en las tuberías: sifonamiento por compresión y sifonamiento por succión.

- **Sifonamiento por Compresión.** Se presenta cuando en la bajada se produce una presión mayor a la presión atmosférica, la presión producida tiene su origen cuando al accionar un W.C. la descarga del mismo llena la tube--

ría de bajada comprimiendo el aire que está por debajo de dicha columna de agua, provocando en los sifones de los pisos inferiores una presión que en un momento dado llega a empujar el agua del sifón al interior del aparato, perdiéndose el cierre hidráulico y permitiendo la entrada del aire fétido al interior del inmueble.

- . Sifonamiento por Succión. Se presenta cuando al accionar un W.C. la descarga producida al bajar por la columna, al no estar ésta en contacto con la atmósfera, el aire que se encuentra en la parte superior del pistón de agua, queda enrarecido y cada vez que la masa de agua pase rápido por la boca de derivación de un aparato, aspira el agua del sifón produciendo una succión que dependiendo de su magnitud, puede llegar a vaciarlo.

Estas diferencias de presión se equilibran al existir tuberías de ventilación, que al estar en contacto con la atmósfera no permiten que se presenten los problemas anteriores.

Existe también otro fenómeno llamado autosifonamiento, el cual se presenta cuando la tubería de derivación es muy larga y de poca sección; el agua antes de llegar a la bajada, puede llenar completamente la tubería produciendo tras ella una aspiración que absorbe también la última parte del agua descargada que debería quedar en el sifón para formar el cierre hidráulico.

Sistemas de Evacuación.

Existen dos tipos de aguas por desalojar, las aguas negras (de primer uso) y las aguas pluviales (producto de la lluvia), de ahí la opción de tener dos sistemas de evacuación: el sistema mixto y el sistema separado.

Sistema Mixto.

En el sistema mixto se recolectan las aguas de lluvia y las aguas procedentes de los muebles sanitarios. El utilizar este sistema muestra ciertas desventajas; por una parte, cuando se presenta una lluvia de gran intensidad las tuberías encargadas de conducir ese caudal, recolectan una cantidad mayor de agua que la considerada para las descargas sanitarias. Lo más probable es que la tubería trabaje a tubo lleno y la red de ventilación no sea suficiente para evitar que se descarguen los sifones.

Ahora bien, los colectores dada su poca pendiente, deben tener un diámetro capaz de conducir el caudal correspondiente de alta intensidad, pero en ausencia de una lluvia de este tipo los diámetros de las tuberías resultan ser excesivos para transportar únicamente aguas negras, que al drenar con poca velocidad (diámetros grandes y pendientes mínimas) dan lugar a la sedimentación de materia sólida, provocando molestias y limpiezas frecuentes en el sistema.

Esto sistema presenta ventajas económicas ya que se tiene sólo un sistema de recolección.

Sistema Separado.

Como su nombre lo indica, este sistema tiene dos redes distintas de evacuación. En comparación con el sistema anterior, desde el punto de vista de operación, el sistema separado es el más adecuado; no así en el aspecto económico ya que se tendrían dos sistemas y uno de ellos, el pluvial, no trabajaría en época de estiaje.

En general, el sistema más comúnmente utilizado es el mixto debido a su economía. Sin embargo es recomendable que se complemente este sistema utilizando al menos diferentes columnas para cada tipo de agua.

Métodos de Cálculo.

Tuberías de Conducción (Aguas Negras).

Al igual que en el cálculo de la instalación hidráulica, para el cálculo de la instalación sanitaria existen métodos empíricos y métodos probabilísticos, esto principalmente debido a la incertidumbre que presenta el hecho de que los muestreos sanitarios se operan en forma intermitente y con una frecuencia irregular.

Para el diseño de la instalación sanitaria es necesario:

1. Determinar los gastos de diseño que tiene el sistema
2. Con los gastos de diseño se determinan los diámetros de las tuberías de evacuación.

. Determinación de los Gastos de Diseño. Debido a la incertidumbre que existe en cuanto a la operación de los muebles sanitarios, sería antieconómico diseñar el sig tema considerando que todos los muebles estuviesen funcionando al mismo tiempo.

Por otra parte, es necesario tomar en cuenta que duran te el día existen horas pico donde aumenta la frecuencia de uso de los aparatos.

El método desarrollado por el Dr. Roy B. Hunter es aplicable en el cálculo de las instalaciones hidrosanitarias debido a que la operación de ambas está íntimamente ligada; al funcionar un aparato intervienen los dos sistemas: el de alimentación y el de evacuación.

Hunter aplicó la teoría de la probabilidad a las experiencias obtenidas en el campo, el desarrollo del método de lo describimos en el capítulo anterior.

Después de varios ensayos Hunter propuso que para el cálculo de los gastos de diseño se partiera de las "unidades mueble" determinadas en su método. Fijó como unidad de descarga la de un lavabo de 32 mm de diámetro, equivalente aproximadamente a 28 litros/minuto. Los valores de las descargas de los distintos aparatos se diden en unidades mueble de desagüe.

La tabla No. 15 muestra las unidades mueble de desagüe de los diferentes muebles sanitarios así como el diámetro mínimo requerido para la evacuación.

Tabla 15. Unidades Mueble de Desagüe.

Mueble	Unidad Mueble	Diámetro (mm)
Bebedero	0.5	25
Bidet	3	38
Coladera de piso	-	50
Excusado de tanque	4	100
Excusado de válvula	8	100
Fregadero doméstico	2	38
Fregadero doméstico con triturador	3	38
Fregadero restaurante	3	38
Grupo de baño con excusado, lavabo, tina o regadera a) Excusado de tanque	6	-
b) Excusado de válvula	8	-
Lavabo (desagüe chico)	1	32
Lavabo (desagüe grande)	2	38
Lavabo barbería	2	38
Lavabo de cirugía	2	38
Lavabo colectivo, cada juego de llaves	2	38
Lavabo dental	1	32
Lavadero	2	38
Lavadora trastos domésticos	2	38
Mingitorio pedestal	8	75
Mingitorio pared	4	50
Mingitorio colectivo, cada 60 cms	2	50
Regadera	2	50
Regadera grupo cada cebolla	3	-
Tina	2	38
Tina grande	2	38
Unidad dental	1	32
Vertedero cirugía	3	38
Vertedero servicio	3	75
Vertedero servicio trampa	2	50
Vertedero cocina	4	38

* Nota: para los aparatos que no estén enlistados se puede obtener su equivalente en unidades mueble haciendo una proporción del diámetro de desagüe.

Para determinar los gastos de diseño de las tuberías, solamente hay que precisar el número de unidades mueble que van a servir, ya sean ramales, bajadas o bien albañales.

. Determinación de los diámetros.

Ramales. Para el cálculo de los diámetros en los ramales se procede a sumar el número de "unidades mueble" por servir multiplicándolo por 28 lts/min y así se obtiene la carga de diseño y con ello el diámetro.

- Columnas para aguas residuales. Para determinar - el diámetro de estas columnas es necesario conocer el gasto en unidades de descarga, sumando la de todos los aparatos que dan servicio.

La siguiente tabla proporciona el diámetro necesario de la tubería, capaz de conducir el gasto corregpondiente a las unidades mueble, para ello toma en consideración lo siguiente:

- . El número total de unidades de descarga que vierteten en la columna.
- . El número de unidades de descarga que en cada nivel son conectadas a la columna.
- . Altura de la columna.

El total de unidades de desagüe por nivel tiene un límite para cada diámetro debido a que la capacidad de descarga de la columna debe estar repartida a lo

largo de la misma, ya que una concentración excesiva en un piso, produciría insuficiencia local de la columna en el punto en que acomete la derivación de ese nivel.

La altura de la columna también influye en la determinación del diámetro, a mayor altura mayor resistencia encuentra el aire a fluir en la tubería lo que facilita que se presenten los fenómenos de sifonamiento. De ahí que para una altura grande, es necesario aumentar el diámetro de la columna para facilitar el flujo del aire. La velocidad de caída del agua no se ve afectada por la altura de la columna, se ha comprobado que el agua adquiere su velocidad máxima a una distancia relativamente corta del punto de partida, después se compensa con la fuerza de fricción en las paredes de la tubería sin alcanzar velocidades excesivas.

Tabla 16. Diámetros de las columnas y unidades mueble máximas que pueden conectarse.

Diámetro tubería de drenaje (mm)	Máximo de U.M. que pueden conectarse			
	Cualquier ramal horizontal	Bajada de 3 pisos o menores	más de 3 pisos	
			total en la bajada	total en un piso
32	1	2	2	1
38	3	4	8	2
50	6	10	24	6
64	12	20	42	9
75	20*	30**	60**	16*
100	160	240	500	90
125	360	540	1,100	200
150	620	960	1,900	350
200	1,400	2,200	3,600	600
250	2,500	3,800	5,600	1,000
300	3,900	6,000	8,400	1,500

* No más de dos W.C.

** No más de seis W.C.

Colectores. La determinación de los diámetros para los colectores depende principalmente del caudal que van a conducir y de la pendiente que se tenga. La siguiente tabla nos muestra el número máximo de unidades mueble que pueden admitir los albañales para diferentes pendientes.

Tabla 17. Capacidad máxima para albañales y ramales de de albañal para diversas pendientes.

DIAMETRO (mm)	PENDIENTE			
	0.5%	1%	2%	4%
32			1	1
38			3	3
50			21	26
64			24	31
75		20*	27*	36*
100		180	216	250
125		390	460	575
150		700	840	1,000
200	1,400	1,600	1,920	2,300
250	2,500	2,900	3,500	4,200
300	3,900	4,600	5,600	6,700

* Hasta dos W.C.

El diámetro de las tuberías de las tablas anteriores toman en cuenta las siguientes consideraciones:

- La experiencia y la buena práctica han establecido que las tuberías de evacuación deben trabajar a un cuarto de capacidad para obtener un desarrollo óptimo.
- La capacidad remanente es el margen de seguridad para una demanda pico.

- . El diámetro mínimo que se puede utilizar para conducir las descargas de un mueble sanitario es igual al diámetro de salida del aparato.
- . Evitar presiones excesivas en los puntos donde se conectan los ramales horizontales a las bajadas de aguas negras. De lo contrario se corre el peligro de presentarse presiones positivas o negativas que propicien los fenómenos de sifonamiento.

Red de Drenaje Pluvial.

El sistema de drenaje pluvial juega un papel importante dentro del sistema general de drenaje. Frecuentemente en la determinación de los diámetros se siguen reglas tradicionales sin considerar la intensidad posible de precipitación en la localidad, provocando que en ocasiones las tuberías sean insuficientes para conducir determinados caudales.

El gasto de diseño por drenar, se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$Q = C i A \quad \dots (27)$$

donde:

- C : coeficiente de escurrimiento (adimensional)
- i : intensidad de lluvia (mm/hora)
- A : área de captación (m²)

El valor de C varía de 0.90 a 0.95 en azoteas, considerándose un volumen de evaporación y retención mínimo.

La intensidad de lluvia es la máxima que se puede pre-

sentar en el lugar, de acuerdo a datos estadísticos se ha observado que la precipitación máxima media anual es de 100 mm/hora para una duración de 5 minutos (valor que se empleará en el ejemplo de aplicación).

Las bajadas de aguas pluviales se diseñan de acuerdo al área tributaria que les corresponde drenar. Se recomienda que la separación entre ellas no sea una distancia mayor a 20 m., con el objeto de evitar rellenos excesivos en las azoteas; las pendientes son del 2% y como mínimo del 1.5% para garantizar un drenaje adecuado.

Se diseñan las tuberías a una cuarta parte de su capacidad, dejando un espacio en la misma para la circulación del aire.

Para determinar la capacidad de una columna parcialmente llena, se utiliza la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad \dots (28)$$

donde :
V : velocidad (m/seg)
n : coeficiente de rugosidad (adimensional)
R : radio hidráulico (m)
S : pendiente de la tubería (adimensional)

El radio hidráulico está definido como la relación del área hidráulica entre el perímetro mojado.

$$R = \frac{A}{P}$$

Como ya se mencionó el área se considera a una cuarta parte de su capacidad y siendo el perímetro mojado $P = D$ tenemos:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\pi D^2/4}{4\pi D} = \frac{\pi D^2}{16\pi D} = \frac{D}{16}$$

la pendiente S es la relación del desnivel entre la longitud del tubo en el caso de la bajante $h = L$ entonces $S = 1$, por lo tanto la velocidad está en función del radio hidráulico, que a su vez depende del diámetro y del coeficiente de rugosidad del material.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{n} \left[\frac{D}{16} \right]^{2/3}$$

el gasto $Q = AV$ será:

$$Q = \frac{\pi D^2}{16} \frac{1}{n} \left[\frac{D}{16} \right]^{2/3}$$

$$Q = \frac{\pi D^{8/3}}{n 16^{5/3}} \quad (\text{m}^3/\text{seg}) \quad \dots 29$$

Los gastos se obtienen para cada diámetro y tipo de tubería, con ellos se puede determinar cuáles serían las áreas que podrían drenar para diferentes intensidades, y utilizando la fórmula anterior.

Con este procedimiento se elaboran tablas como la siguiente:

Tabla 18. Superficies drenadas por bajadas pluviales llenas a la cuarta parte.

Diámetro de la bajada (mm)	Intensidad máxima considerada en el lugar para lluvias de cinco minutos en mm/hora				
	75	100	125	150	200
50	361	27	22	18	13
64	69	52	42	35	26
75	106	80	64	53	40
100	228	171	137	114	86
125	414	311	248	207	155
150	673	505	404	338	253
200	1,450	1,088	870	725	544
250	2,630	1,972	1,579	1,315	986
300	4,276	3,207	2,566	2,138	1,604

Si se desea obtener las áreas para tuberías trabajando a una tercera parte de su capacidad, se multiplican los valores de la tabla anterior por 1.6152.

Los albañales de aguas pluviales pueden trabajar a tubo lleno, cuidando que las pérdidas por fricción no sean fuertes, lo que ocasionaría que la pendiente hidráulica no sea tan grande que pueda hacer subir el agua dentro de la columna, provocando un aumento de presión dentro del albañal que en un momento determinado haga aflorar el agua por los registros.

Para el cálculo de los ramales horizontales el procedimiento es el mismo que el de las columnas, con la diferen

cia que ahora se considera a tubo lleno y la pendiente ya no es unitaria; al igual que en el caso anterior se obtienen tablas como la que a continuación se muestra:

Tabla 19. Areas para Desagüe a tubo lleno y al 1% de pendiente

Diámetro mm	Velocidad m/s	Gasto lts/seg	Intensidades de lluvia mm/hora				
			75	100	125	150	200
75	0.50	2.23	107	80	64	53	40
100	0.61	4.80	230	173	138	115	86
125	0.71	8.70	414	313	250	209	157
150	0.80	14.14	679	509	407	339	255
200	0.97	30.46	1,462	1,096	877	731	548
250	1.12	55.22	2,651	1,988	1,590	1,325	994
300	1.27	89.79	4,310	3,233	2,586	2,155	1,616

Si se desea obtener el valor de la superficie drenada - para otras pendientes expresadas en porcentaje, se multiplican los valores de la tabla anterior por $S^{1/2}$.

Desagües Combinados.

Hasta el momento hemos hablado únicamente del cálculo de las tuberías en un sistema separado, cuando los albañiles conducen tanto aguas de lluvia como aguas negras (sistema mixto), el gasto de las primeras se suma al gasto máximo probable de las aguas negras como sigue:

$$Q_p = \frac{A_1}{3600} \dots (30)$$

donde:

Q_p : gasto pluvial (lts/seg)
 A : superficie drenada (m^2)
 i : intensidad de lluvia (mm/hora)

El gasto de las aguas negras que se va a sumar nunca será menor a 1.5 lts/seg correspondiente a la descarga de un W.C. obteniéndose de esta forma:

$$Q_n = \frac{\sum U.M.}{100} \quad \dots (31)$$

donde:

Q_n : gastos de aguas negras en lts/seg
 $U.M.$: número de unidades mueble

Así el albañal del sistema combinado deberá conducir:

$$Q_T = Q_p + Q_n$$

$$Q_T = \frac{Ai}{3600} + \frac{\sum UM}{100}$$

Para obtener el diámetro del albañal combinado se utiliza la tabla 19 localizando el diámetro correspondiente al gasto igual o mayor al Q_T .

Tuberías de Ventilación.

El sistema de ventilación está constituido por derivaciones y columnas que acometen a la red de drenaje cerca de los sifones estableciendo un contacto con la atmósfera, de tal forma de lograr el equilibrio en las presiones que se presentan en las columnas al operar un mueble sanitario.

La tubería de ventilación puede ser la propia tubería de desagüe prolongándose hacia arriba hasta atravesar la azotea cuando menos 15 cms por encima de la misma, o bien en forma independiente.

Cuando se trate de un edificio de gran altura, los enlaces de la columna de ventilación y la de la bajada de aguas negras no deben limitarse al inferior y al superior, se debe conectar en puntos intermedios para establecer el equilibrio que se puede generar al descargar los aparatos en columnas altas.

Para la obtención de los diámetros de la tubería de ventilación se hace uso de tablas que ya han sido calculadas, para ello es necesario conocer el diámetro de la tubería de desagüe y el número de unidades mueble.

Tabla 20. Longitud máxima de ramales horizontales en metros.

Diámetro de la bajada	U.M.	Diámetro de la ventilación en circuito					
		38	50	64	75	100	125
38	10	6					
50	12	5	12				
50	20	3	9				
75	10		6	12	30		
75	30			12	30		
75	60			5	24		
100	100		2	6	16	61	
100	200		2	6	15	55	
100	500			4	11	43	
125	200				5	21	61
125	1,100				3	12	43

Cuando se tiene ventilación en circuito la tabla anterior, proporciona el diámetro de la ventilación en circuito considerando la longitud horizontal del mismo.

Para obtener los diámetros de las columnas de ventilación- utilizamos la tabla siguiente, que toma en cuenta: el diámetro de las columnas de descarga, el total de unidades mueble y la longitud que debe tener dicha columna.

Tabla 21. Longitud máxima de columnas en metros.

Diámetro de la bajada	U.M.	Diámetro de la ventilación requerida								
		32	38	50	64	75	100	125	150	200
32	2	9								
38	8	15	46							
64	10	9	30							
50	12	9	23							
50	20	8	15	61						
38	42		9	30	91					
75	10		9	30	61	183				
75	30		9	18	61	152				
75	60			15	24	122				
100	100			11	30	79	305			
100	200			9	28	76	274			
100	500			6	21	55	213			
125	200				11	24	107	305		
125	500				9	21	91	274		
125	1,100				6	15	61	213		
150	350				8	15	61	122	396	
150	620				5	9	38	91	335	
150	960					7	30	76	305	
150	1,900					6	21	61	213	
200	600						15	46	152	396
200	1,400						12	30	122	366
200	2,200						9	24	107	335
200	3,600							18	76	244
250	1,000							23	38	305
250	2,500							15	30	152
250	3,800							9	24	107
250	5,600							8	18	76

El 20% de la longitud de la tabla anterior puede ser instalada en posición horizontal.

C A P I T U L O V

E J E M P L O D E A P L I C A C I O N

En el presente capítulo se efectuará el cálculo de las instalaciones hidro-sanitarias de una planta envasadora de productos farmacéuticos. (plano N° 1).

El número de empleados que laboran en la planta es de 50, el sistema contra incendio es a base de extinguidores distribuidos estratégicamente, por lo tanto no existe toma hidráulica contra incendio. El contacto con algunas sustancias farmacéuticas obliga al uso de las regaderas al término de la jornada.

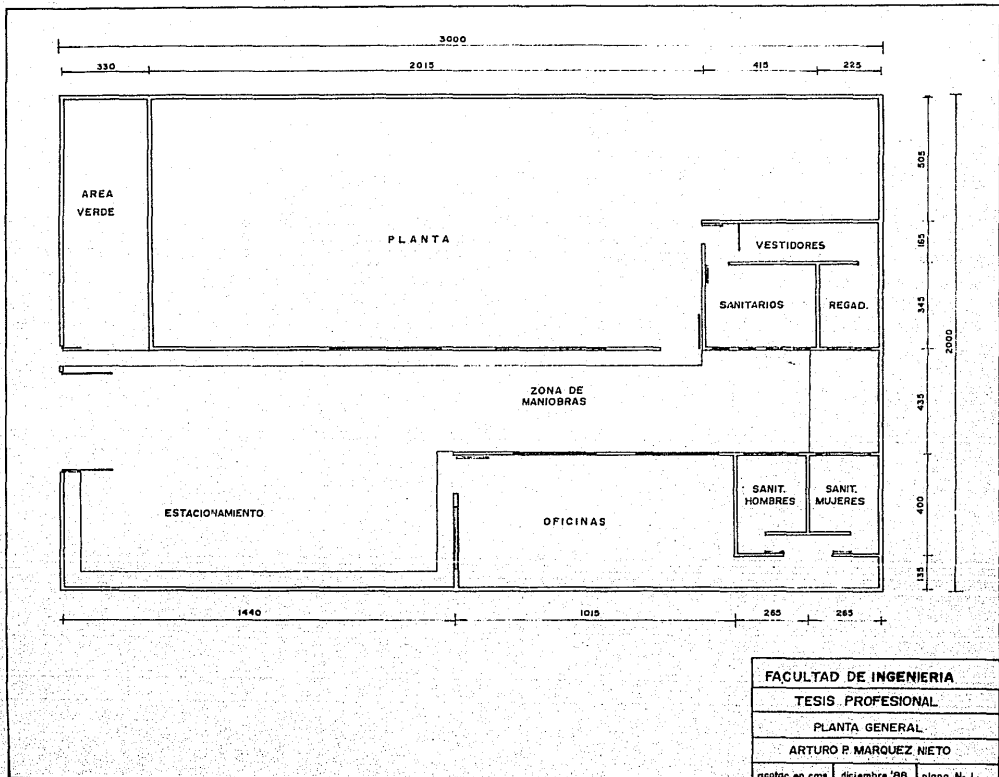
Cálculo de la Red Hidráulica.

- Capacidad de la cisterna:

número de personas	=	50
dotación	=	150 lts/persona/día
volumen	=	50 x 150 = 7,500 lts/día

considerando que la capacidad de la cisterna debe ser suficiente para almacenar agua para dos días previendo que existan problemas en el suministro del agua.

capacidad = 7,500 lts/día x 2 días = 15,000 lts = 15.0 m³



Las dimensiones de la cisterna dependen del área disponible para su alojamiento y del tipo de material que exista en el terreno.

Para este caso, se propone un tirante de agua de 1.50 m.- esto implica tener un área igual a 10 m², se propone el siguiente dimensionamiento:

$$L = 4.00 \text{ m.}$$

$$A = 2.50 \text{ m.}$$

$$Y = 1.50 \text{ m.}$$

La profundidad de la cisterna será de 2.0 m. considerando un colchón de aire de 30 cm. y dos losas (superior e inferior) de 10 cm. cada una.

- Determinación del diámetro de la toma domiciliaria:

Si consideramos un tiempo de 12 horas para llenar la cisterna, para un volumen de 7,500 lts., tenemos lo siguiente:

$$Q = \frac{15,000 \text{ lts}}{12 \text{ hrs}} = \frac{15,000 \text{ lts}}{43,200 \text{ seg}} = 0.347 \text{ lts/seg}$$

$$Q = 0.000347 \text{ m}^3/\text{seg}$$

de la ecuación de continuidad:

$$Q = VA$$

$$A = \frac{Q}{V}$$

sustituyendo el valor de A:

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{Q}{V}$$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

considerando una velocidad media de 1.50 m/s :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0.000347}{\pi \times 1.75}} = 0.01717 \text{ m.} = 17.17 \text{ mm}$$

el diámetro comercial más cercano es de 19 mm, por lo tanto, se tomará este diámetro para la toma domiciliaria.

- Capacidad del tinaco por día:

Con el objeto de que no se tenga un tinaco de gran capacidad, y con ello una carga excesiva en la azotea; se considera una tercera parte del volumen diario en el tinaco.

$$\text{capacidad del tinaco} = \frac{7,500 \text{ lts}}{3} = 2,500 \text{ lts}$$

- Cálculo de la línea de conducción de la cisterna al tinaco:

Si consideramos que el tinaco se llene en 20 min, para un volumen de 2,500 lts tendremos un gasto igual a:

$$Q = \frac{2,500 \text{ lts}}{20 \text{ min} \times 60 \text{ seg/min}} = 2.08 \text{ lts/seg} = 0.00208 \text{ m}^3/\text{seg}$$

por continuidad y considerando una velocidad de 1.5 m/seg:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0.00208}{3.1416 \times 1.5}} = 0.042 \text{ m} = 42 \text{ mm}$$

el diámetro comercial más próximo es de 38 mm, para este diámetro revisamos la velocidad:

$$V = \frac{0.00208}{\frac{(0.038)^2}{4} \times 3.1416} = 1.83 \text{ m/s}$$

velocidad que está dentro del rango de buen funcionamiento.

- Potencia de la bomba:

Para determinar la potencia de la bomba, se deben calcular primero las pérdidas existentes en la línea.

Utilizando la fórmula de Manning:

$$H_f = \frac{10.29 n^2 Q^2}{D^{16/3}} \times L$$

para un gasto de 2.08 lts/seg, un diámetro de 38 mm, $n=0.009$ (tubería de cobre tabla N° 8) tenemos:

$$H_f = \frac{10.29 \times 0.009^2 \times 0.00208^2}{0.038^{16/3}} \times 34.0 = 4.60 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{estática}} &= 5.0 \text{ m (altura de azotea)} + 1.70 \text{ m (altura t\underline{i}naco)} \\ &= 6.70 \text{ m} \end{aligned}$$

pérdida por succión = 2.00 m.

$$H_{\text{total}} = 4.60 + 6.70 + 2.00 = 13.30 \text{ m}$$

se tienen pérdidas menores por cambios de dirección y es a base de codos de 90°

$$h_b = K_b \frac{v^2}{2g}$$

la K_b la tomamos de la tabla N° 7 para una relación de: $r/d = 2 : K_b = 0.19$

$$h_b = \frac{0.19 \times 1.83^2}{2 \times 9.81} = 0.032 \text{ m}$$

como tenemos 3 codos, las pérdidas menores serán:

$$h_t = 0.032 \times 3 = 0.096 \text{ m}$$

Si hacemos una relación de las pérdidas menores con respecto a las pérdidas mayores tendremos:

$$\frac{h}{H} = \frac{0.096}{13.30} = 0.0072 \times 100 = 0.72\%$$

Como se aprecia, las pérdidas menores representan menos del 1% de las pérdidas mayores, por lo tanto son despreciables y para los cálculos subsecuentes no se tomarán en cuenta.

Una vez determinadas las pérdidas, estamos en condiciones de calcular la potencia teórica de la bomba.

La fórmula utilizada para determinar la potencia teórica de la bomba es la siguiente:

$$H_p = \frac{Q \times H_f}{\eta \times 76} \quad \dots(32)$$

donde:

- Hp: potencia (caballos de fuerza)
- Q: gasto (lts/seg)
- η : eficiencia de la bomba (%)
- 76: factor de conversión de Kgf a Hp
- Hf: pérdida total (m)

sustituyendo:

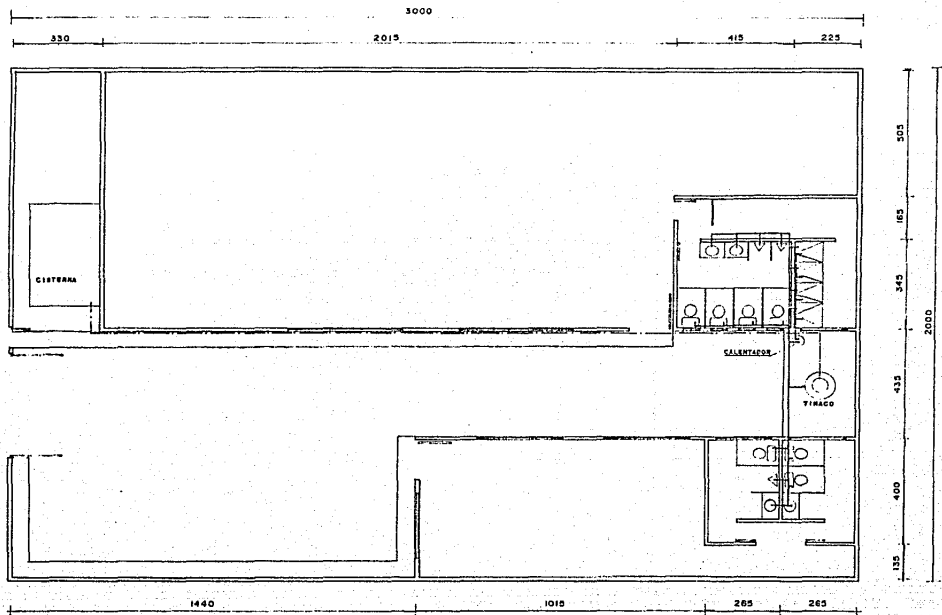
$$H_p = \frac{2.08 \times 13.30}{0.70 \times 76} = 0.52 \text{ Hp}$$

la potencia de la bomba deberá ser de 1/2 Hp

Obtenidas las características principales de la línea de conducción de la cisterna al tinaco, se procederá a calcular las líneas de distribución de la red hidráulica de acuerdo a la configuración propuesta en el plano N° 2.

Básicamente se tienen dos redes de distribución, una para los sanitarios de la oficina y otra para los sanitarios y regaderas de la planta.

Para facilitar el cálculo de la instalación hidráulica nos apoyamos en los isométricos de la red, donde se muestran los recorridos del agua a través de las tuberías y de una tabla de cálculo que proporciona velocidades, gastos, pérdidas, diámetros y cargas disponibles para cada tramo de la red.



SIMBOLOGIA
 - - - ALIMENTACION TIRACO
 — — — AGUA FRIA
 - · - · - AGUA CALIENTE

FACULTAD DE INGENIERIA		
TESIS PROFESIONAL		
INSTALACION HIDRAULICA		
ARTURO P. MARQUEZ NIETO		
catófac. en cms.	diciembre '98	plano No. 2

- Cálculo de la red de conducción del tinaco a los sanitarios de las oficinas.

Como primer paso se realiza el isométrico de la red, en el cual nos apoyaremos para efectuar los cálculos.

El cálculo se inicia en el tramo más alejado de la línea, de acuerdo de la siguiente figura el tramo A-B alimenta a dos lavabos, equivalentes a dos unidades mueble que demandan un gasto de 0.15 lps.

Con la ecuación de continuidad determinamos el diámetro considerando una velocidad media de 1.5 m/s

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0.00015}{\pi \times 1.5}} = 0.01128 \text{ m} = 11.28 \text{ mm}$$

el diámetro comercial más cercano es de 13 mm.

Ahora bien, con un gasto de 0.15 lps. y un diámetro de 13 mm revisamos la velocidad, mediante la ecuación de continuidad.

$$V = \frac{0.00015}{\frac{\pi \times (0.013)^2}{4}} = 1.13 \text{ m}$$

Con la fórmula de Manning calculamos las pérdidas por fricción.

$$H_f = \frac{10.29 \times Q^2 \times n^2}{D^{16/3}}$$

$$H_f = \frac{10.29 \times (0.00015)^2 \times (0.009)^2}{(0.013)^{16/3}} = 0.2148 \text{ m/m tubería} \\ = 21.5 \%$$

Se mide la distancia del tramo directamente en el plano. Para obtener las pérdidas en el tramo, se multiplica la longitud por el porcentaje de pérdidas.

$$\text{Long. tramo A-B} = 0.80 \text{ m}$$

$$H_f = 0.215 \times 0.80 = 0.17 \text{ m}$$

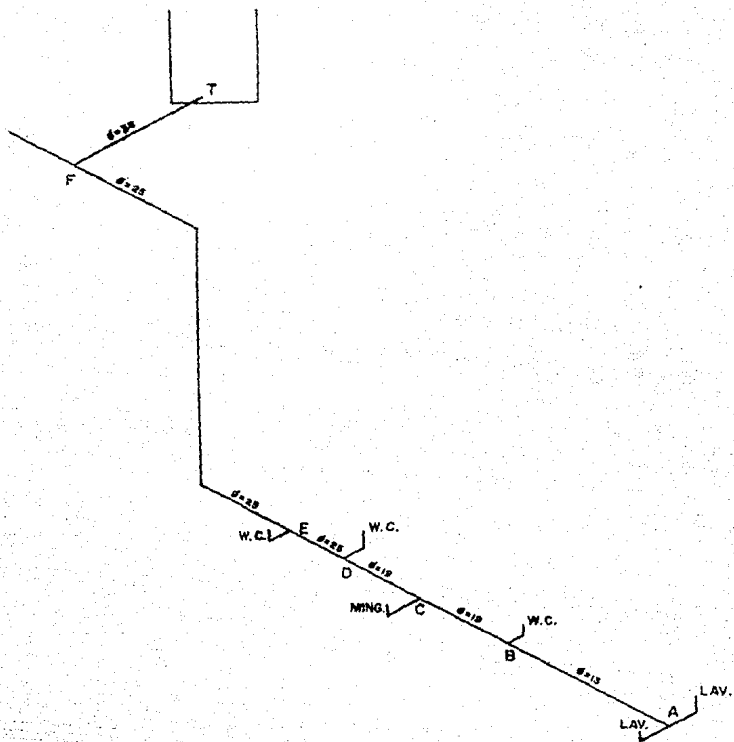
la pérdida en el tramo A-B es de 0.17 m.

Para los siguientes tramos se hace lo mismo, acumulando las unidades mueble a servir para el tramo en cuestión, por ejemplo el tramo B-C sirve a un excusado más dos lavabos - del tramo A-B, lo que nos daría cinco unidades mueble a servir, demandando un gasto de 0.38 lps y así sucesivamente - hasta terminar el circuito para cada uno de los tramos. Los resultados los podemos observar en la tabla de cálculo.

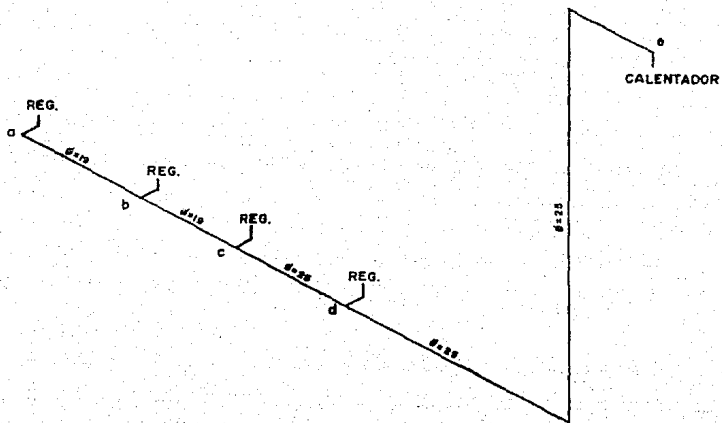
Obtenidas las pérdidas totales en cada tramo del circuito, se calculan las pérdidas piezométricas acumulando las - pérdidas totales de abajo hacia arriba en la tabla, con el objeto de tener en el último tramo del circuito por distribuir (primero en la tabla), las condiciones más desfavorables, es decir, la pérdida acumulada de todos los tramos - del circuito.

Para obtener la carga disponible en cada tramo, se resta la pérdida piezométrica a la carga estática respectiva, revisando que el resultado sea siempre mayor de 2.0 m, lo que asegura un buen funcionamiento del aparato. Se entiende por carga estática, la diferencia de nivel entre la base del tinaco y la tubería.

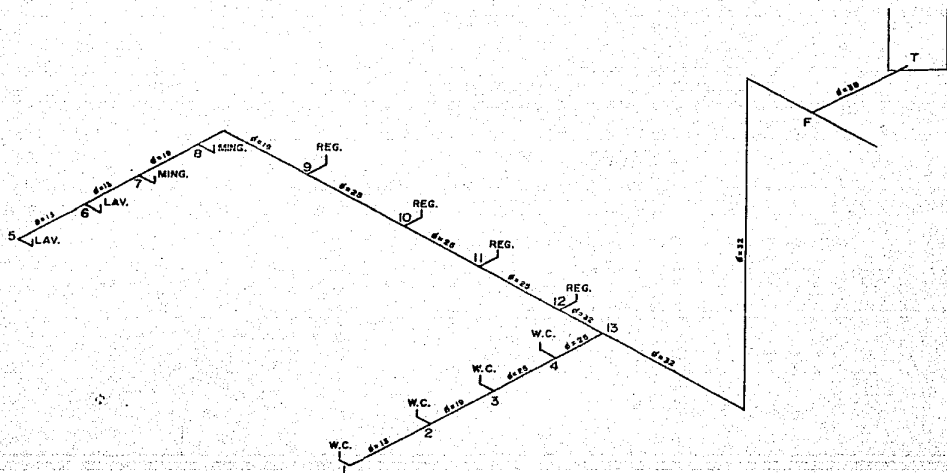
El procedimiento es el mismo para todos los circuitos, - los resultados aparecen en sus respectivas tablas de cálculo.



ISOMETRICO INSTALACION HIDRAULICA
SANITARIOS OFICINAS



ISOMETRICO INSTALACION HIDRAULICA
AGUA CALIENTE REGADERAS



ISOMETRICO INSTALACION HIDRAULICA
SANITARIOS PLANTA Y REGADERAS

INSTALACION

HIDRAULICA

TRAMO	UNIDAD	MUEBLE	Q (lps)	g (mm)	V (m/seg)	L (m)	Hf (%)	PERDIDA POR FRICCION			H PIEZOM.	H ESTATICA	H DISPONIB.
	PARCIAL	ACUMUL.						TUBERIA	CONEXION	TOTAL			
SANITARIOS Y REGADERAS PLANTA													
5-6	1	1	0.10	13	0.75	0.90	9.5	0.09	—	0.09	2.37	5.00	2.63
6-7	1	2	0.15	13	1.13	0.85	21.5	0.18	—	0.18	2.28	5.00	2.72
7-8	3	5	0.38	19	1.34	0.75	18.2	0.14	—	0.14	2.10	5.00	2.90
8-9	3	8	0.49	19	1.72	0.90	30.3	0.27	—	0.27	1.96	5.00	3.04
9-10	4	12	0.63	25	1.28	0.80	11.6	0.09	—	0.09	1.69	5.00	3.31
10-11	4	16	0.76	25	1.55	0.80	16.9	0.14	—	0.14	1.60	5.00	3.40
11-12	4	20	0.89	25	1.81	0.80	23.1	0.18	—	0.18	1.46	5.00	3.54
12-13	4	24	1.04	32	1.29	0.80	8.5	0.07	—	0.07	1.20	5.00	3.72
13-F	—	36	1.42	32	1.25	7.30	15.8	1.15	—	1.15	1.21	5.00	3.79
F-T	—	50	1.80	38	1.59	0.60	10.1	0.06	—	0.06	0.06	—	—
1-2	3	3	0.20	13	1.51	1.00	38.2	0.38	—	0.38	1.92	5.00	3.08
2-3	3	6	0.42	19	1.48	1.00	22.3	0.22	—	0.22	1.54	5.00	3.46
3-4	3	9	0.53	25	1.08	1.00	8.2	0.08	—	0.08	1.32	5.00	3.68
4-13	3	12	0.63	25	1.28	0.25	11.6	0.03	—	0.03	1.24	5.00	3.76
13-F	—	36	1.42	32	1.25	7.30	15.8	1.15	—	1.15	1.21	5.00	3.79
F-T	—	50	1.80	38	1.59	0.60	10.1	0.06	—	0.06	0.06	—	—

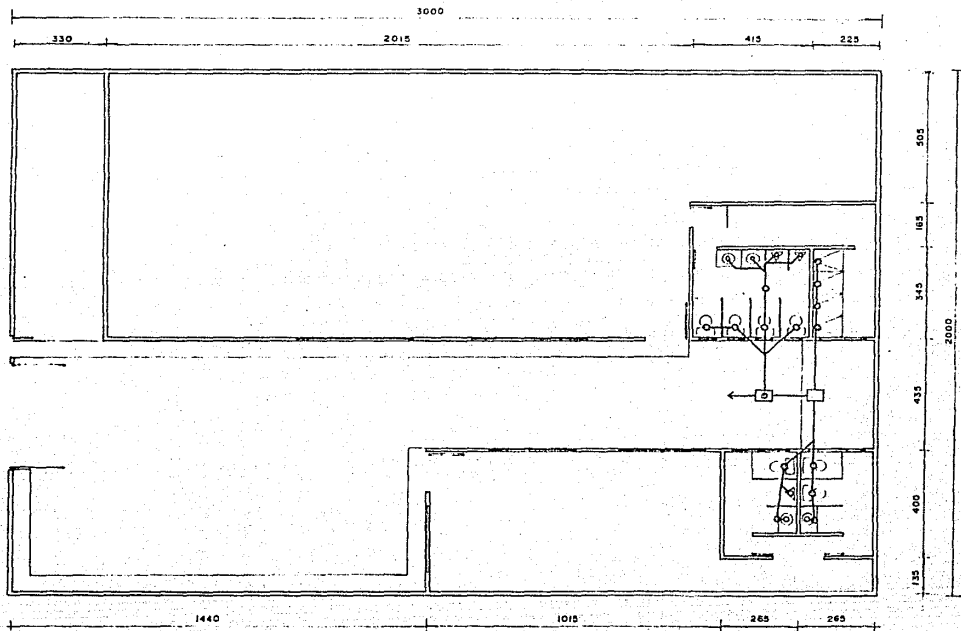
Cálculo de la Instalación Sanitaria.

En el plano N° 3 se observa la configuración del sistema de evacuación consistente en tres redes, debido a la escala y para efectos de dibujo en este plano solo se aprecia el recorrido de la red. En sus respectivos isométricos se presenta la manera adecuada de las conexiones.

De acuerdo a los isométricos de la planta y de las oficinas (siguientes figuras), determinamos de la tabla N° 15 las unidades mueble para cada aparato, así como su diámetro mínimo de evacuación.

Posteriormente se verifica en la tabla N° 17 para cada uno de los tramos, que con la pendiente y diámetro seleccionados, se tenga la suficiente capacidad de conducir el gasto equivalente a las unidades mueble acumuladas. En caso contrario, se propone el diámetro mayor inmediato y así sucesivamente.

Por ejemplo, en la red de evacuación de los sanitarios de la planta, el tramo 1-2 sirve a un lavabo equivalente a dos unidades mueble de acuerdo a la tabla N° 15. Ahora bien el tramo 2-5 sirve a un lavabo, más otro lavabo del tramo 1-2 (acumulado), por lo que se tiene para el tramo 2-5 un total de 4 U.M. Podemos verificar en la tabla N° 17 que para una pendiente del 2%, si conservamos el diámetro de 38 mm éste no es suficiente, ya que el máximo de U.M. que puede servir con esta pendiente es 3. Por lo tanto se escoge el diámetro superior inmediato (50 mm) y se continúa con él hasta que el número de U.M. sea mayor a su capacidad o bien el diámetro de evacuación de un aparato sea mayor. Este es el procedimiento a seguir en todas las redes, los resultados de cada una de ellas aparecen en la tabla de cálculo.



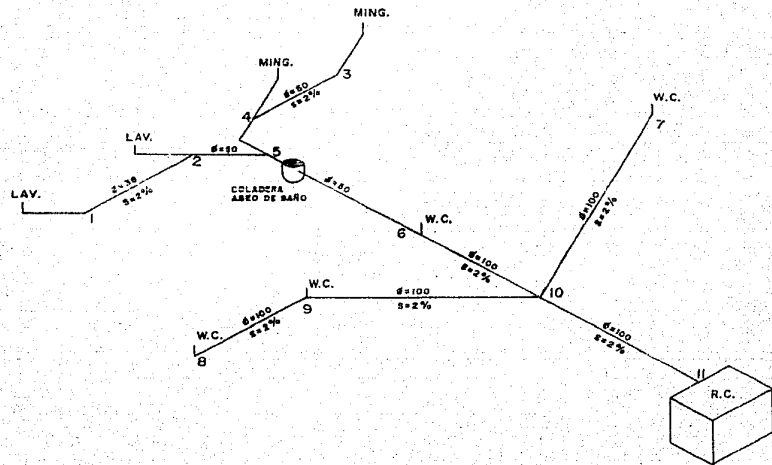
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

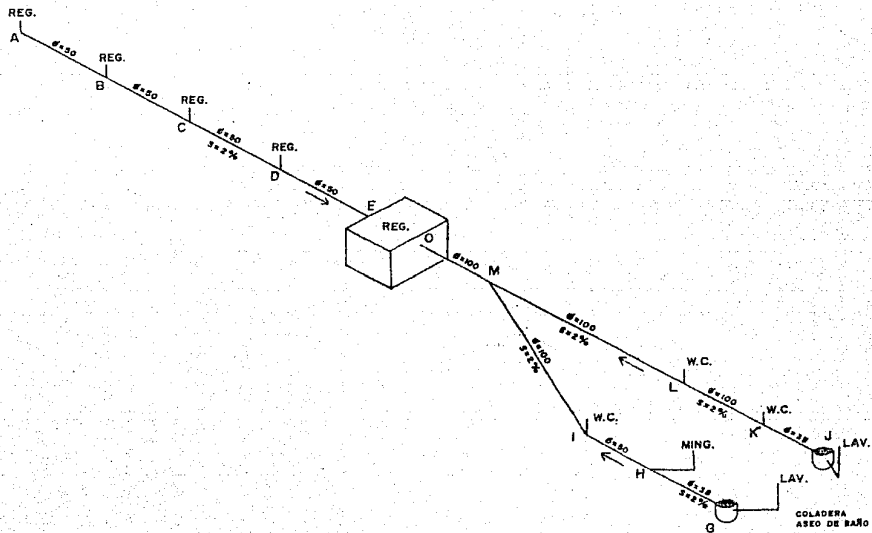
INSTALACION SANITARIA

ARTURO R MARQUEZ NIETO

acotac. en cms. diciembre '88 plano No. 3



ISOMETRICO INSTALACION SANITARIA
SANITARIOS PLANTA



ISOMETRICO INSTALACION SANITARIA
 SANITARIOS OFICINAS Y REGADERAS

INSTALACION SANITARIA

TRAMO	U. MUEBLE		PEND. %	DIAM. mm
	PARC.	ACUM.		
SANITARIOS PLANTA				
1 - 2	2	2	2	38
2 - 5	2	4	"	50
3 - 4	4	4	2	50
4 - 5	4	8	"	50
5 - 6	—	12	"	50
6 - 10	4	16	"	100
8 - 9	4	4	2	100
9 - 10	4	8	"	100
7 - 10	4	4	2	100
10 - 11	—	28	2	100
REGADERAS				
A - B	2	2	2	50
B - C	2	4	"	50
C - D	2	6	"	50
D - E	2	8	"	50
SANITARIOS OFICINAS				
G - H	2	2	2	38
H - I	4	6	"	50
I - M	4	10	"	100
J - K	2	2	2	38
K - L	4	6	"	100
L - M	4	10	"	100
M - O	—	20	"	100

Drenaje Pluvial.

De acuerdo al plano N° 4, donde se ilustra la forma en que se va a drenar el agua de lluvia en las azoteas y en los patio, se procederá a determinar los diámetros de las tuberías, capaces de conducir el caudal originado por la precipitación pluvial.

- Diámetros de las bajadas pluviales
BAP-1, BAP-2, BAP-3.

El gasto a drenar es el mismo para las tres bajadas, ya que sus áreas por drenar son iguales.

Considerando para este ejemplo que todo lo que llueva va a escurrir, es decir $C=1$ y una intensidad de 100 mm/hora, se tiene lo siguiente:

$$A = 8.90 \text{ m} \times 10.30 \text{ m} = 91.67 \text{ m}^2$$

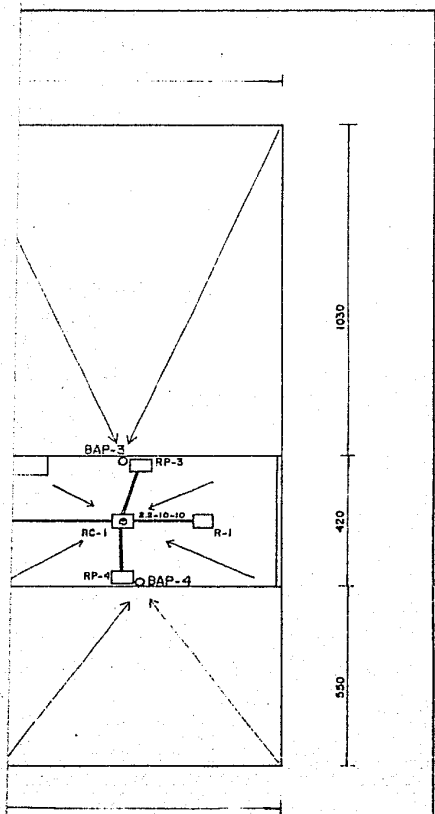
$$Q = 1.0 \times 100 \text{ mm/hora} \times 91.67 \text{ m}^2$$

$$Q = \frac{1.0 \times 100 \times 91.67}{3,600} = 2.55 \text{ lts/seg}$$

considerando el área del tubo a una cuarta parte de su capacidad:

$$A = \frac{1}{4} \times \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi D^2}{16}$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} S^{1/2}$$



FACULTAD DE INGENIERIA		
TESIS PROFESIONAL		
DRENAJE PLUVIAL		
ARTURO P MARQUEZ NIETO		
acofac. en cma.	diciembre '88	plano N.º 4

$$\text{Si: } S = 1 \text{ y } R = \frac{D}{16},$$

$$V = \frac{D^{2/3}}{16^{2/3} n}$$

$$Q = \frac{\pi D^3}{16} \times \frac{D^{2/3}}{n 16^{2/3}}$$

$$Q = \frac{\pi D^{8/3}}{n 16^{5/3}}$$

$$D = [(32.64)(Qn)]^{0.375}$$

para una tubería de fono. $n=0.014$.

$$D = (32.64 \times 0.00255 \times 0.014)^{0.375}$$

$$D = 0.079 \text{ m.}$$

Se podría pensar en un diámetro de 75 mm pero debido a que en el mercado no se fabrica tubería de ese diámetro, se propone: $D=100 \text{ mm}$.

- Diámetros de las bajadas: BAP-4 y BAP-5

$$A = 7.80 \times 5.50 = 42.90 \text{ m}^2$$

$$Q = \frac{1.0 \times 100 \times 42.90}{3,600} = 1.19 \text{ lts/seg}$$

$$D = (32.64 \times 0.00119 \times 0.014)^{0.375} = 0.060$$

Al igual que en el caso anterior, se propone un diámetro de 100 mm, observándose que sería suficiente con uno de 75 mm.

- Diámetros de los albañales

Para determinar el diámetro de los albañales, es necesario considerar el sistema como un sistema combinado, ya que conducirá las aguas negras y las pluviales.

para el gasto pluvial se tiene:

$$Q_p = \frac{A_i}{3,600}$$

y para el gasto de aguas negras:

$$Q_n = \frac{\sum U.M.}{100}$$

donde:

$$Q_n \geq 1.50 \text{ lts/seg.}$$

- Tramo R-1 al RC-1 :

En este tramo sólo se conducen las aguas negras de los sanitarios de oficinas y las regaderas de la planta.

$$Q_t = Q_p + Q_n$$

$$Q_t = 0 + \frac{\sum U.M.}{100} = \frac{28}{100} = 0.28 \text{ lts/seg.} < 1.50 \text{ lts/seg}$$

por lo tanto $Q_t = 1.50 \text{ lts/seg}$

por continuidad:

$$D = \left[\frac{4^{5/3} \times n \times Q}{\pi \times S^{1/2}} \right]^{3/8}$$

considerando: $n=0.013$ (tubería de concreto tabla N°8)
y $S = 1\%$

$$D = \left[\frac{4^{5/3} \times 0.013 \times 0.0015}{\pi \times (0.010)^{1/2}} \right]^{3/8}$$

$$D = 0.063 \text{ m.}$$

se tomará un diámetro de 100 mm debido a que no puede haber reducción de diámetros y en el registro R-1 los diámetros que --llegan son de 100 mm

- Tramo RC-1 a RC-2 :

$$A_t = A_{BAP-3} + A_{BAP-4} + A_{tributaria}$$

$$A_t = 91.67 + 42.90 + (7.80 \times 4.20)$$

$$A_t = 167.33 \text{ m}^2$$

$$Q_p = \frac{167.33 \text{ m}^2 \times 100 \text{ mm/hora}}{3,600 \text{ seg/hora}}$$

$$Q_p = 4.65 \text{ lts/seg}$$

$$Q_n = \frac{28}{100} = 0.28 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_n = 1.50 \text{ lts/seg}$$

$$Q_t = Q_{propio} + Q_{acumulado} = 4.65 + 1.5 \\ = 6.15 \text{ lts/seg}$$

$$D = \left[\frac{4^{5/3} \times 0.013 \times 0.00615}{\pi \times (0.010)^{1/2}} \right]^{3/8}$$

$$D = 0.107 \text{ m.} = 107 \text{ mm}$$

se toma el siguiente diámetro comercial:

$$D = 150 \text{ mm}$$

- Tramo RC-2 a RC-3 :

$$A_t = A_{BAP-2} + A_{BAP-5} + A_{tributaria}$$

$$A_t = 91.67 + 42.90 + (7.80 \times 4.20)$$

$$A_t = 167.33 \text{ m}^2$$

$$Q_p = 4.65 \text{ lts/seg}$$

$$Q_t = 4.65 + 6.15 = 10.80 \text{ lts/seg}$$

$$D = \left[\frac{4^{5/3} \times 0.013 \times 0.01080}{\pi \times (0.010)^{1/2}} \right]^{3/8}$$

$$D = 0.132 \text{ m} = 132 \text{ mm}$$

se toma el siguiente diámetro comercial:

$$D = 150 \text{ mm}$$

Tramo RC-3 a R-2 :

$$A_t = A_{BAP-1} + A_{propia}$$

$$A_t = 91.67 + (14.10 \times 9.55)$$

$$A_t = 226.33 \text{ m}^2$$

$$Q_p = \frac{226.36 \times 100}{3,600} = 6.29 \text{ lts/seg}$$

$$Q_t = Q_p + Q_{acum.}$$

$$Q_t = 6.29 + 10.80$$

$$Q_t = 17.09 \text{ lts/seg}$$

$$D = \left[\frac{4^{5/3} \times 0.013 \times 0.01709}{\pi \times (0.010)^{1/2}} \right]^{3/8}$$

$$D = 0.157 \text{ m.} = 157 \text{ mm}$$

se toma el siguiente diámetro comercial:

$$D = 200 \text{ mm}$$

Con este diámetro se continúa hasta la acometida del drenaje. De los registros de aguas pluviales (RP) a los registros coladera (RC), la tubería se conserva de 100 mm.

C A P I T U L O V I

C O N C L U S I O N E S.

El uso de las instalaciones hidráulica y sanitaria no se presenta con una frecuencia determinada, es impredecible el momento y tipo de mueble que se va a utilizar en un preciso instante.

Para realizar el cálculo de las redes de distribución y de evacuación fué necesario llevar a cabo observaciones directas con el objeto de definir o establecer un parámetro - que reflejara la frecuencia y la simultaneidad de uso.

Se desarrollaron métodos empíricos y al aplicarles la - teoría de probabilidad surge el método de la Unidad Mueble propuesto por el doctor Hunter. Este método es el más utilizado ya que garantiza con un alto grado de probabilidad, la simultaneidad de los muebles en servicio considerados.

Sucede con cierta regularidad en la práctica cotidiana, determinar los diámetros de las instalaciones sin realizar el cálculo respectivo, lo que puede ocasionar que se presenten las siguientes condiciones:

. Falta de presión en la red hidráulica.

Frecuentemente nos encontramos que al accionar un aparato, en especial la regadera (debido a que es el aparato más desfavorable por su posición), el agua sale - sin la suficiente presión ya que la carga disponible -

es menor de 2.0 m., lo que se verificaría al realizar el cálculo.

. Falta de continuidad en el servicio.

Un ejemplo claro de esta situación, la encontramos - cuando está en uso un aparato y se pone en funcionamiento otro; la continuidad del servicio se pierde, debido principalmente a que el diámetro que alimenta a los dos aparatos es insuficiente.

. Problemas de presión en la red de evacuación.

Al no existir sistema de ventilación en la red, pueden presentarse problemas de presión en la misma, -- provocando el rompimiento de los sellos hidráulicos y permitiendo el paso de malos olores al exterior de los muebles. De ahí que sea necesario determinar si se puede o no prescindir de la red de ventilación, ya que en algunas ocasiones se puede omitir, dependiendo de la ubicación de los muebles sanitarios.

. Azolves en las tuberías de drenaje.

El no verificar que las velocidades y pendientes sean las adecuadas para los diámetros propuestos, puede ocasionar azolves en la tubería, reduciendo el área - hidráulica y provocando mantenimientos frecuentes en las líneas.

. Insuficiencia en las tuberías para drenar las aguas de lluvia.

El no considerar la precipitación pluvial de la zona para el diseño de la red, puede provocar que los diámetros del drenaje pluvial estén sobrados o sean in-

ficientes.

En el primer caso se tienen costos innecesarios y en el segundo, se pueden presentar estancamientos de agua al ser insuficiente la captación y conducción para evacuar dichas aguas.

Estos son los principales motivos por los cuales es necesario realizar el cálculo hidráulico de las instalaciones hidro-sanitarias. En el ejemplo de aplicación se pudo apreciar que a través del cálculo de las líneas se fue verificando que tanto los diámetros, pendientes y velocidades fueron los adecuados, garantizando un buen funcionamiento y evitando molestias por continuas reparaciones y mantenimientos.

B I B L I O G R A F I A

Hidráulica

Horace W. King

Chester O. Wisler

James G. Woodburn

Editorial Trillas.

Fontanería y Saneamiento

Mariano Rodríguez A.

Editorial Dossat S.A.

National Plumbing Code Handbook

Vicent T. Mannas

Manual de Hidráulica

J. M. Azevedo N.

Guillermo Acosta A.

Editorial Harla.

Instalaciones Sanitarias en Edificios

Jorge L. Lara González

(Tesis Profesional).