

5
2 y



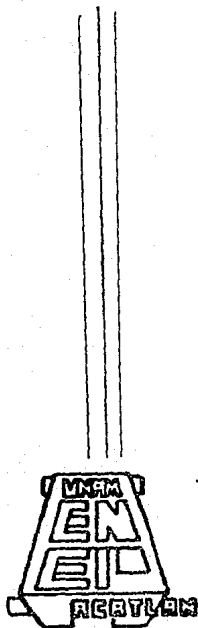
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ACATLAN

ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS PARA
EL DISEÑO DE INSTALACIONES
HIDRAULICAS CON OBJETIVOS
DE USO EFICIENTE Y
RACIONAL DEL AGUA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
DOLORES GUADALUPE CHEANG WONG



ACATLAN, EDO. MEXICO,

1989

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

INDICE

	PAG.
INTRODUCCION.	7
1. ANTECEDENTES.	10
2. PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS ACTUALMENTE EN EL DISEÑO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS.	
2.1 DEFINICION DE LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LAS INSTALACIONES HIDRAULICAS.	
2.1.1 GENERALIDADES.	12
2.1.2 INSTALACIONES HIDRAULICAS EXTERNAS (OBRAS DE CABEZA).	
2.1.2.1 Obra de Toma.	12
2.1.2.2 Cárcamo de Aguas Crudas.	13
2.1.2.3 Línea de Conducción.	13
2.1.2.4 Planta Potabilizadora.	13
2.1.2.5 Cárcamo de Aguas Claras.	14
2.1.2.6 Tanque de Almacenamiento y Regulación.	14
2.1.2.7 Red de Distribución.	14

2.1.8	INSTALACIONES HIDRAULICAS INTERNAS.	
2.1.3.1	Toma.	15
2.1.3.2	Almacenamiento Bajo.	15
2.1.3.3	Bombeo.	16
2.1.3.4	Línea de Conducción.	17
2.1.3.5	Almacenamiento Alto.	17
2.1.3.6	Distribución.	17
2.1.3.7	Núcleos Hidráulicos.	18
2.2	EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE ARREGLO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS.	19
2.3	ANALISIS DE CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS EMPLEADOS ACTUALMENTE.	
2.3.1	ASPECTOS GENERALES.	35
2.3.1.1	Planeación del Sistema.	36
2.3.1.2	Obtención de Bases y Parámetros de Diseño.	69
2.3.1.3	Diseño Geométrico del Sistema.	70
2.3.1.4	Diseño Hidráulico.	70
2.3.1.5	Diseño de Instalaciones Complementarias.	79

2.3.2	METODO DE HUNTER.	
2.3.2.1	Bases del Método.	82
2.3.2.2	Aplicación de la Teoría de la Probabilidad.	89
2.3.2.3	Aplicación del Método a una Red de Distribución Particular.	87
2.3.3	METODO EMPIRICO BRITANICO.	98
2.3.4	METODO ALEMAN DE LA RAIZ CUADRADA.	102
2.3.5	SELECCION DEL METODO MAS APROPIADO.	105
2.4	DISEÑO DEL MODULO EXPERIMENTAL DE INSTALACIONES HIDRAULICAS.	107

3. EXPERIMENTACION EN MODULO DE PRUEBAS.

3.1 METODOLOGIA. 139

3.2 DESARROLLO DEL EXPERIMENTO.

3.2.1 BASES DEL EXPERIMENTO. 143

3.2.2 DESARROLLO DE LAS PRUEBAS.

3.2.2.1 Caracteristicas de las Pruebas. 144

3.2.2.2 Nomenclatura. 147

3.2.2.3 Desarrollo de la Prueba 1. 150

3.2.2.4 Desarrollo de la Prueba 2. 153

3.2.2.5 Desarrollo de la Prueba 3. 155

3.2.2.6 Desarrollo de la Prueba 4. 157

3.2.2.7 Desarrollo de la Prueba 5. 159

3.2.2.8 Desarrollo de la Prueba 6. 161

3.2.2.9 Desarrollo de la Prueba 7. 163

3.2.2.10 Desarrollo de la Prueba 8. 165

3.2.2.11 Desarrollo de la Prueba 9. 167

3.2.2.12 Desarrollo de la Prueba 10. 169

3.2.2.13 Desarrollo de la Prueba 11. 172

3.3 PROCESAMIENTO E INTERPRETACION DE RESULTADOS.	192
3.4 COMENTARIOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES SUGERIDAS POR LOS RESULTADOS DEL EXPERIMENTO.	227

4.	RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS EFICIENTES.	
4.1	PROPUESTA DE UNA METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS.	
4.1.1	TOMA.	233
4.1.2	ALMACENAMIENTO BAJO (CISTERNA).	234
4.1.3	CAPACIDAD DE BOMBEO.	235
4.1.4	LINEA DE CONDUCCION.	236
4.1.5	TANQUE ALTO (TINACO).	238
4.1.6	RED DE DISTRIBUCION POR NIVEL.	239
4.2	DISEÑO PARA CONSTRUCCION DE INSTALACIONES TIPO.	
4.2.1	GENERALIDADES.	241
4.2.2	PLANEACION DEL SISTEMA.	241
4.2.3	DISEÑO GEOMETRICO.	243
4.2.4	DISEÑO HIDRAULICO.	244
	CONCLUSIONES.	253
	REFERENCIAS.	261

INTRODUCCION.

La sobreexplotación de las fuentes que abastecen de agua a la ciudad de México, ha dado lugar a la búsqueda de nuevas fuentes, que se localizan cada vez, a mayores distancias. Esto ha ocasionado que los costos de conducción y distribución del agua potable se incrementen considerablemente.

Es por esta razón que se requiere un estricto control del uso del agua, para lo cual ha intervenido el Gobierno Federal, impulsando las políticas del Programa de Uso Eficiente del Agua, aprovechando los programas de Renovación Habitacional Popular y con apoyo del Departamento del Distrito Federal, a través de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. Esta dependencia tiene como objetivo establecer un consumo óptimo y racional del agua potable.

Con tal propósito, se incorporan al programa de construcción de viviendas los siguientes aspectos: diseño racional de instalaciones, colocación de dispositivos de control de flujo; utilización de muebles sanitarios de mayor eficiencia y de bajo consumo de agua en general, así como reuso de agua potable en las industrias y en el riego.

A raíz de los sismos de 1985, se agudiza la problemática de la escasez del agua y se vuelve apremiante la necesidad de establecer el control en su consumo. Con este objetivo, el Programa de Renovación Habitacional Popular, creado como respuesta a las necesidades de vivienda que provocan dichos sismos, desarrolla alternativas de diseño de instalaciones hidráulicas y sanitarias más económicas, que suministren suficiente agua a los usuarios.

Sin embargo, los nuevos planteamientos y los requerimientos, en cuanto a uso racional del agua, exigen que se definan las bases de diseño y que se desarrolle la metodología adecuada para la elaboración de un reglamento a nivel nacional que contemple un procedimiento fundamentado para proyectar, construir y conservar instalaciones hidráulicas y sanitarias que sean económicas y eficientes, de manera que logren un óptimo aprovechamiento y adecuado manejo del agua.

La primera etapa de este estudio consiste en la revisión de los criterios que rigen actualmente en el diseño de instalaciones hidráulicas, en particular de aquéllos que se aplican en la obtención del gasto de operación, con el fin de definir el más adecuado.

En la selección del método más apropiado se toman en cuenta aspectos técnicos y económicos. El primer aspecto considera que el método más apropiado es aquél que define el gasto suficiente para satisfacer las necesidades de los usuarios, mientras que el segundo toma en consideración que las condiciones económicas por las que atraviesa el país no permiten proporcionar caudales mayores a los estrictamente necesarios.

Con la utilización del método seleccionado, se diseña y construye un banco de pruebas en el Laboratorio de Ingeniería Experimental de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. Este banco es un modelo a escala 1:1 de la red de distribución correspondiente a la instalación hidráulica típica que se dispone en los módulos de Renovación Habitacional Popular.

La instalación del módulo de pruebas tiene como objetivo llevar a cabo las simulaciones necesarias del comportamiento de la red con diferentes combinaciones de muebles operando simultáneamente, con la finalidad de definir el número más representativo de muebles que pueden operar simultáneamente bajo condiciones de eficiencia aceptable. En todas las simulaciones se miden presiones y gastos y se determinan las pérdidas de carga en la red, las cuales se comparan posteriormente con las que se obtienen aplicando la teoría.

Con la interpretación de los resultados obtenidos en la experimentación, se cuenta con elementos que permiten establecer criterios para el diseño de instalaciones hidráulicas, con los cuales se definen las bases del diseño más económico y eficaz.

1. ANTECEDENTES.

La insuficiencia de recursos económicos para atender una demanda cada vez más creciente y el paulatino agotamiento y contaminación de los recursos naturales, vuelve prioritario racionalizar el uso del agua y su aprovechamiento, abatir la escasez y evitar el desperdicio, así como aprovechar y desarrollar la infraestructura hidráulica necesaria para controlar y utilizar eficientemente el recurso.

Con esta finalidad, se han llevado a cabo diversas acciones por parte del Departamento del Distrito Federal, a través de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, entre ellas, la colocación de bolsas ahorradoras en las cajas de descarga de inodoros, la reparación de fugas intradomiciliarias y la colocación de paquetes ahorradores de agua.

Sin embargo, por la particularidad y condiciones de nuestro país, no es posible satisfacer demandas de agua mayores de lo estrictamente necesario, debido a la escasez y al elevado costo de traslado y distribución de ésta.

Dadas estas circunstancias, es indispensable encontrar alternativas para el diseño de instalaciones hidráulicas que logren un consumo óptimo y racional del agua, ya que actualmente los criterios que se siguen en el diseño de instalaciones hidráulicas para la ciudad de México se apoyan en las especificaciones que proporciona el Reglamento de Construcciones del D. F., aunque éste no contempla todas las posibles alternativas de diseño haciendo que se recurra a normas y manuales extranjeros para complementario.

Sin embargo, al guiarse por este tipo de manuales se crean problemas provocados por las consideraciones empleadas en su desarrollo; como ejemplo se tiene que los gastos de demanda calculados son mayores que los que requieren las familias mexicanas, lo cual acarrea ineficiencia en el servicio y un mayor costo en la operación de las instalaciones.

Debido a la distribución del agua en el país, es necesario limitar el consumo de este recurso para satisfacer las necesidades básicas de la población mediante la optimización de las instalaciones hidráulicas, a través de la adecuación de estos métodos a las características del país, con el fin de normar los proyectos a nivel nacional en cuanto a instalaciones hidráulicas se refiere, teniendo como objetivos mejorar eficiencia y economía.

2. PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS ACTUALMENTE EN EL DISEÑO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS.

2.1 DEFINICION DE LOS ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LAS INSTALACIONES HIDRAULICAS.

2.11 GENERALIDADES.

El sistema de abastecimiento de agua potable incluye las obras y sus instalaciones auxiliares necesarias para captar, conducir, tratar y distribuir el agua desde la fuente de abastecimiento hasta las tomas domiciliarias.

El conjunto de instalaciones que forman el sistema son externas en función de su ubicación con respecto a la vivienda.

Por otro lado, las instalaciones internas son aquellas que se localizan dentro de cada vivienda y son implantadas, operadas y conservadas por el usuario.

2.12 INSTALACIONES HIDRAULICAS EXTERNAS (OBRAS DE CABEZA).

2.121 OBRA DE TOMA.

Esta estructura tiene como función captar el agua de la fuente de abastecimiento y dirigirla hacia el resto del sistema.

2.12.2 CARCAMO DE AGUAS CRUDAS.

La función de este cárcamo es la de almacenar y regular el caudal, con el fin de aportar un caudal suficiente y constante, a una presión adecuada, por lo que está provisto de equipo de bombeo que suministra la carga de presión necesaria para que el agua escurra por gradiente hidráulico.

2.12.3 LINEA DE CONDUCCION.

Esta parte del sistema está constituida por una serie de ductos y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde el lugar de la captación o desde el cárcamo de aguas crudas, hasta una planta potabilizadora.

Las líneas de conducción se clasifican de acuerdo a la forma en que trabajan: gravedad y bombeo.

2.12.4 PLANTA POTABILIZADORA.

La planta potabilizadora es un conjunto de estructuras en las que se lleva a cabo una serie de procesos que tienen como finalidad producir cambios físicos, químicos y bacteriológicos en el agua, de tal manera que ésta cumpla con los requerimientos establecidos para ser potable y satisfacer el consumo humano.

2.12.5

CARCAMO DE AGUAS CLARAS.

Esta estructura almacena y regula el caudal de aguas claras y está provista de equipos de bombeo para enviar el caudal a un tanque de almacenamiento y/o regulación, o al inicio de la red, con la carga de presión necesaria para que el agua escurra por gradiente hidráulico.

2.12.6

TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y REGULACION.

La función y objetivos de estos tanques pueden resumirse de la manera siguiente:

- Disponer del volumen necesario para satisfacer las fluctuaciones de la demanda.
- Suministrar agua para el control de incendios.
- Suministrar agua en el caso de que se presenten otras emergencias como: roturas en la línea de conducción, limpieza de la línea de conducción, fallas en el sistema de bombeo, fallas o deficiencias en época de estiaje.

2.12.7

RED DE DISTRIBUCION.

La red de distribución está constituida por una serie de tuberías que reparten el agua proveniente del tanque de almacenamiento o del cárcamo de bombeo de aguas claras, a las tomas públicas, denominadas hidrantes públicos, o a cada uno de los lotes, denominados tomas domiciliarias.

2.13 INSTALACIONES HIDRAULICAS INTERNAS.

La descripción de los elementos que integran estas instalaciones se lleva a cabo siguiendo la secuencia del diagrama de flujo típico.

2.13.1 TOMA.

Es la derivación de la red municipal, la cual está a cargo del organismo que opera el sistema; consta de los siguientes componentes: extracción, válvulas de banqueta y medidor. Este último se coloca a la vista entre tuercas unión y va precedido de una válvula, la cual representa el inicio de las instalaciones que son implementadas, operadas y conservadas por el usuario.

El diámetro de la toma se calcula en función de la demanda prevista para un módulo habitacional determinado; los requerimientos se establecen a partir de la dotación aceptada para este tipo de viviendas.

En rigor, la toma debe de tener una carga disponible que oscila entre 15 y 30 m.c.a, aunque este aspecto no siempre se cumple.

2.13.2 ALMACENAMIENTO BAJO.

Tiene la función de captar el agua proveniente de la toma y almacenar el volumen necesario para regularizar las demandas de las instalaciones subsiguientes. Este elemento es el encargado de proporcionar el caudal que se distribuye, independientemente de que en determinados momentos el caudal que se consume es considerablemente mayor que el que se capta.

Los niveles de agua en el almacenamiento bajo se controlan por medio de una válvula de flotador.

Cuando se dispone de gasto y carga suficientes, se puede prescindir del almacenamiento bajo.

2.133 BOMBEO.

La cisterna o tanque bajo tiene la característica de romper la presión existente en la toma, por lo cual se equipa con bombas para elevar el agua hasta alcanzar la carga de presión adecuada y lograr que la distribución se lleve a cabo por gravedad.

En algunas cosas, la descarga de las bombas es enviada directamente a la distribución y los excedencias se canalizan hacia un almacenamiento elevado que puede recibir y alimentar la red interna indistintamente.

En algunas instalaciones el bombeo se hace a través de sistemas hidroneumáticos, básicamente cuando no se puede contar con tanques altos. En este caso, la carga de operación del sistema se mantiene aprovechando una cámara de aire a presión.

El bombeo se controla empleando electroneveles que protegen la bomba en el lado de succión y evitan que trabaje a válvula cerrada en la descarga, condiciones que favorecen la operación y vida útil del motor.

2.13.4 LINEA DE CONDUCCION.

A través de este elemento se lleva el agua que se bombea del tanque bajo hasta el almacenamiento elevado, o bien directamente hasta la distribución.

Cuando la red municipal proporciona el caudal necesario a las presiones deseadas, la salida del medidor se conecta directamente a la línea de conducción; esta opción es sumamente económica para el usuario, pero operativamente existe un alto riesgo de que se presente un suministro deficiente.

2.13.5 ALMACENAMIENTO ALTO.

Cuando el objetivo es proporcionar la carga de operación que se requiere en la distribución, la capacidad del almacenamiento alto puede ser limitada; pero si la finalidad de éste es la de almacenar, regular y dar carga, su volumen útil debe ser bastante mayor.

Esta unidad es alimentada por la línea de conducción y descarga al troncal de distribución.

Los elementos descritos anteriormente se diseñan tomando en cuenta el número de usuarios por toma y la dotación que se les asigna.

2.13.6 DISTRIBUCION.

Está compuesta por el ramal que baja del tanque alto o por el que está conectado directamente a la línea de conducción y por los peines que alimentan directamente a los departamentos.

La red de distribución se diseña con el objeto de proporcionar los caudales pico que demandan los consumidores.

2.13.7 NUCLEOS HIDRAULICOS.

El núcleo hidráulico consiste en el ramalco que se conecta a la alimentación de cada departamento, con el objeto de abastecer a cada uno de los muebles.

Los muebles, válvulas y piezas especiales se incluyen dentro del núcleo hidráulico.

2.2 EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE ARREGLO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS

En cuanto al arreglo funcional del conjunto se identifican dos grupos de alternativas: alimentación directa aprovechando la carga disponible de la red municipal y alimentación a presión a partir del almacenamiento del conjunto habitacional.

A partir de las alternativas que se consideran como básicas en este estudio, se derivan dieciséis combinaciones de acuerdo a la forma en que se alimenta la instalación hidráulica (figura 2.2.1), cada una de las cuales tiene un diferente grado de implementación. Las alternativas básicas son:

- 1) Alimentación directa de la toma domiciliaria a la red que distribuye hacia los departamentos.
- 2) Alimentación directa de la red de distribución interna con envío del excedente hacia un almacenamiento elevado.
- 3) Bombeo tipo Boster con succión en la toma y descarga a la conducción que alimenta al ramal de distribución.
- 4) Bombeo de succión en un almacenamiento que recibe el agua proveniente de la toma y descarga a la conducción que alimenta a la distribución interna.
- 5) Bombeo de un tanque bajo a tanques altos que son independientes.

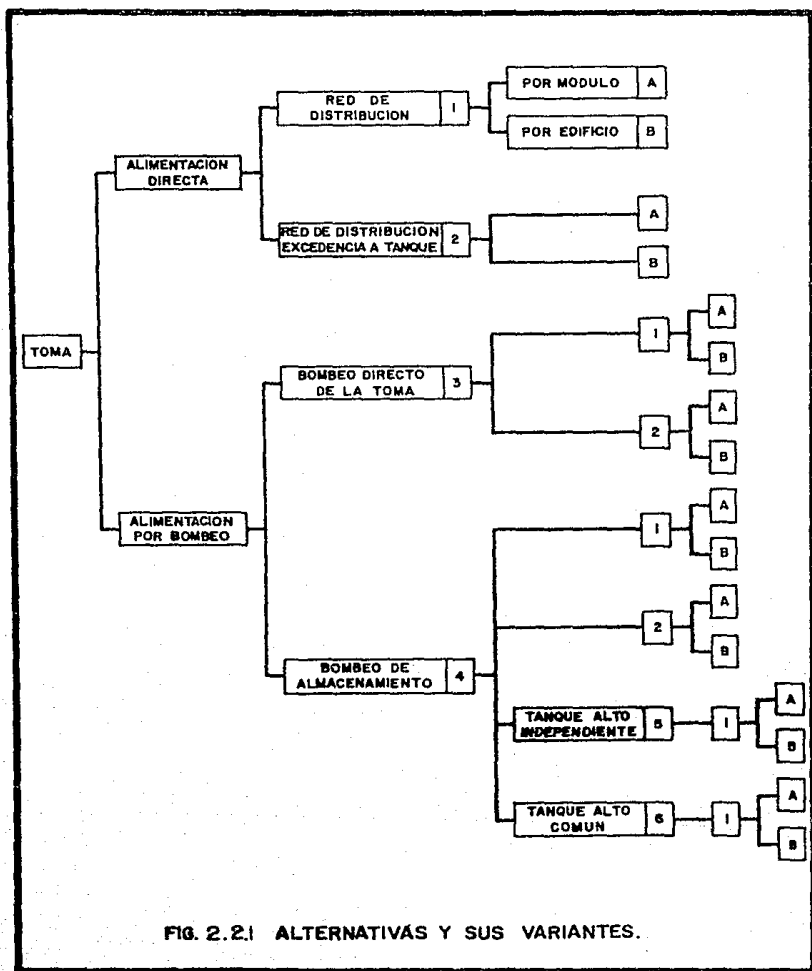


FIG. 2.2.1 ALTERNATIVAS Y SUS VARIANTES.

6) Bombeo de un tanque bajo a tanques altos interconectados.

Estas a su vez se dividen en dos alternativas de acuerdo al tipo de alimentación, que son :

A) Por módulo.

B) Por edificio.

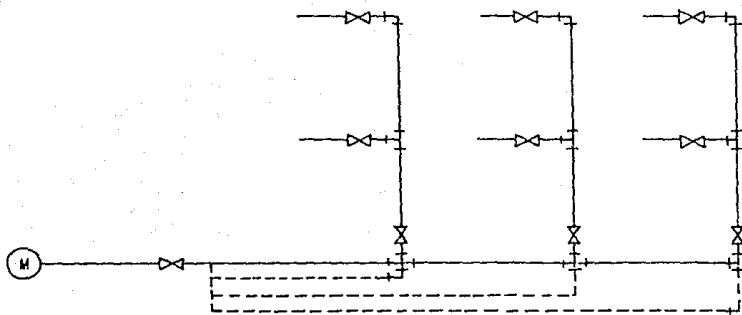
Las dieciséis alternativas resultantes se muestran en la tabla 2.2.1.

TABLA 2.2.1 ALTERNATIVAS CONSIDERADAS EN EL ESTUDIO

1.A
1.B
2.A
2.B
3.1.A
3.1.B
3.2.A
3.2.B
4.1.A
4.1.B
4.2.A
4.2.B
5.1.A
5.1.B
6.1.A
6.1.B

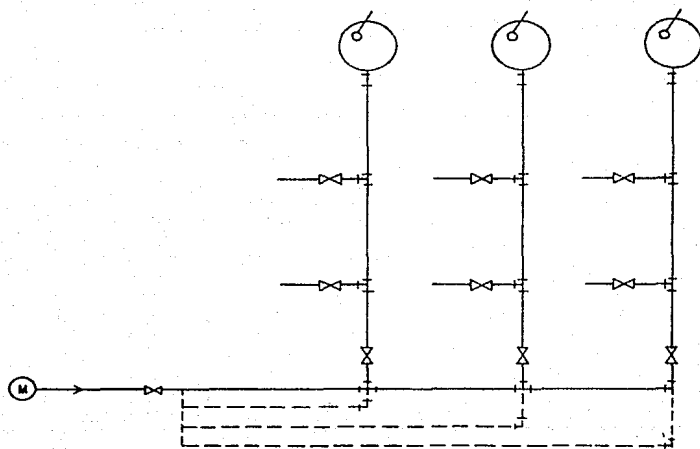
Los esquemas de cada una de las alternativas se muestran de la figura 2.2.2 a la 2.2.9.

(M) TOMA MUNICIPAL



I. ALIMENTACION DIRECTA A LA RED DE DISTRIBUCION.
A. POR MODULO ———
B. POR EDIFICIO - - - -

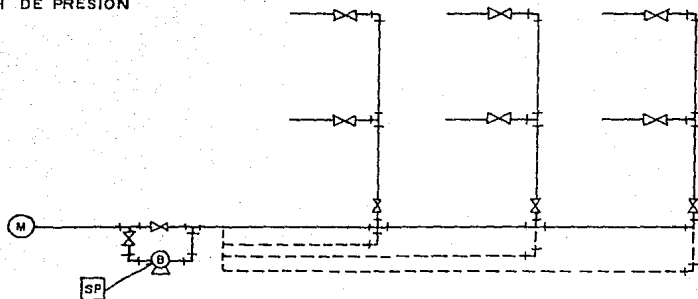
FIG. 2.22 ALTERNATIVAS I.A Y I.B.



2. ALIMENTACION DIRECTA A LA RED DE DISTRIBUCION.
 CON EXCEDENCIA A TANQUE.
 A. POR MODULO ———
 B. POR EDIFICIO - - - - -

FIG. 2.2.3 ALTERNATIVAS 2.A Y 2.B.

- (M) TOMA MUNICIPAL
- (SP) SWITCH DE PRESION
- (B) BOMBA

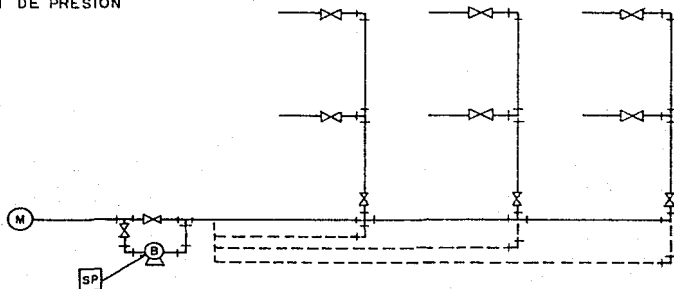


3. ALIMENTACION POR BOMBEO DIRECTO DE LA TOMA.

1. A LA RED DE DISTRIBUCION { A. POR MODULO ———
 B. POR EDIFICIO - - - - -

FIG. 2.24 ALTERNATIVAS 3.1.A Y 3.1.B.

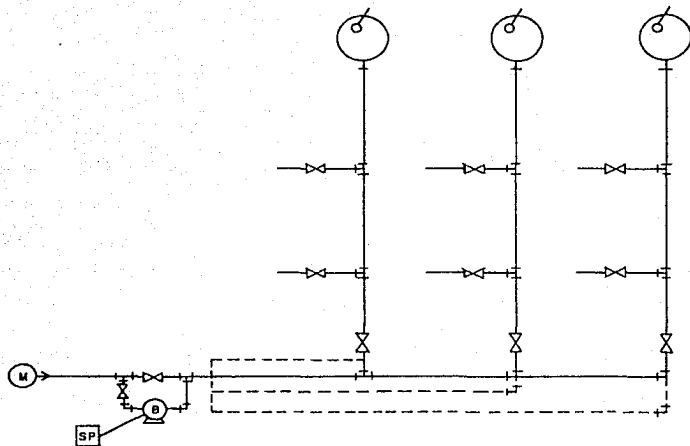
- (M) TOMA MUNICIPAL
- (SP) SWITCH DE PRESION
- (B) BOMBA



3. ALIMENTACION POR BOMBEO DIRECTO DE LA TOMA.

- I. A LA RED DE DISTRIBUCION { A. POR MODULO —
 B. POR EDIFICIO - - -

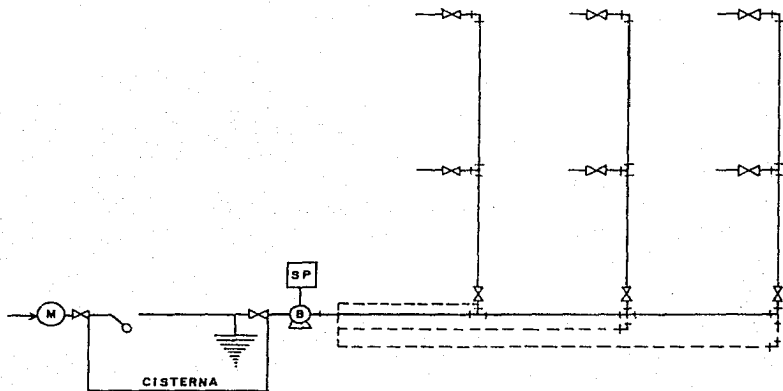
FIG.2.24 ALTERNATIVAS 3.1.A Y 3.1.B.



3. ALIMENTACION POR BOMBEO DIRECTO DE LA TOMA.

2. A LA RED DE DISTRIBUCION CON { POR MODULO ———
 EXCEDENCIA A TANQUE. POR EDIFICIO - - - - -

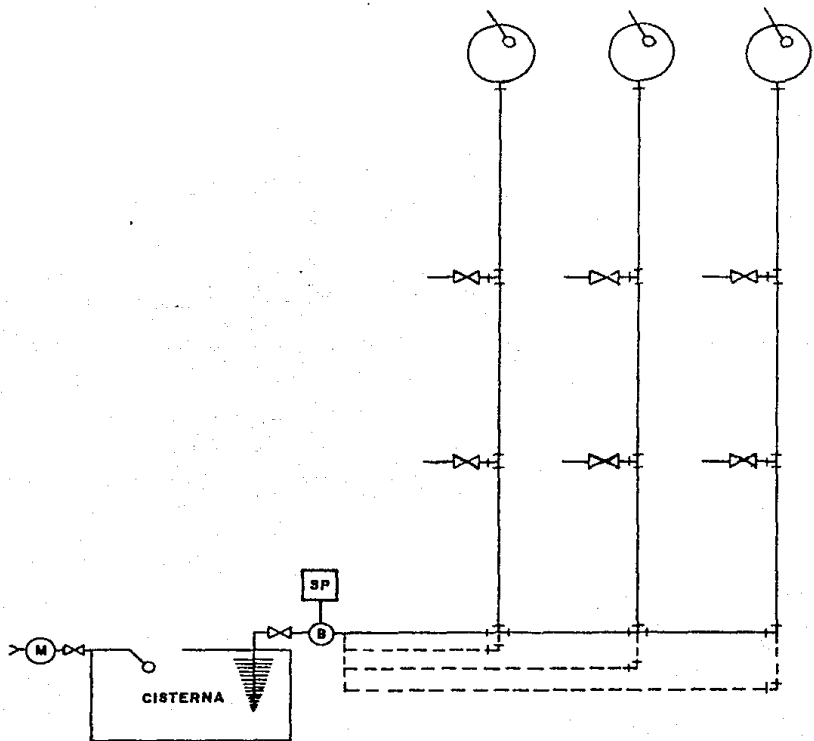
FIG.2.2.5 ALTERNATIVAS 3.2.A Y 3.2.B.



4. ALIMENTACION POR BOMBEO DEL ALMACENAMIENTO.

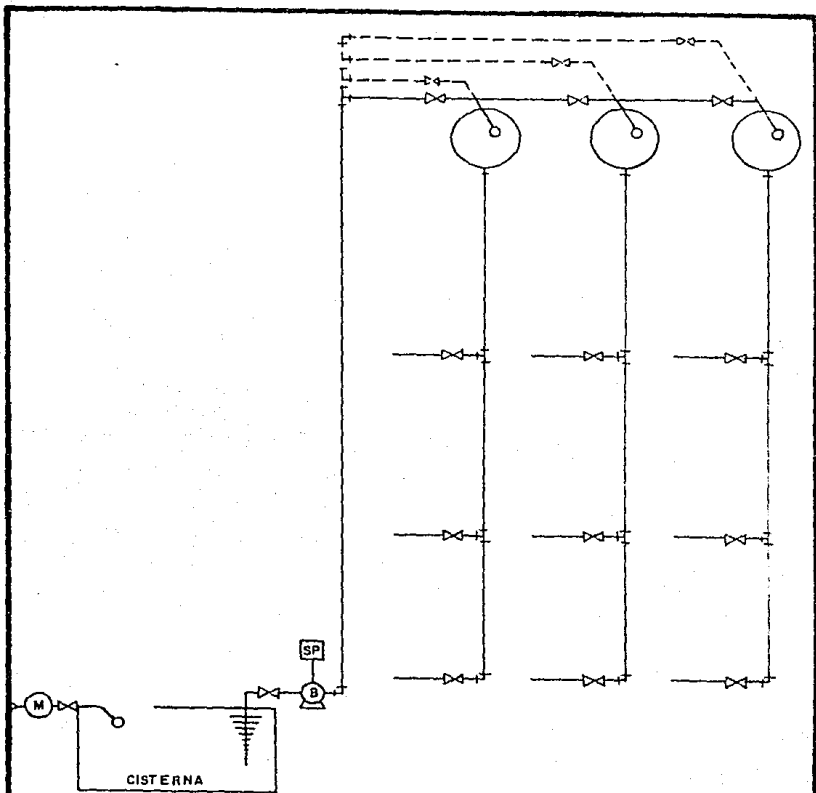
- I. A LA RED DE DISTRIBUCION { A. POR MODULO ————
 B. POR EDIFICIO - - - - -

FIG. 2.2.6 ALTERNATIVAS 4.1. A Y 4.1. B.



4. ALIMENTACION POR BOMBEO DEL ALMACENAMIENTO.
 2. A LA RED DE DISTRIBUCION CON EXCEDENCIA A TANQUE.
- { A. POR MODULO ————
 { B. POR EDIFICIO - - - - -

FIG. 2.2.7 ALTERNATIVAS 4.2. A Y 4.2. B.



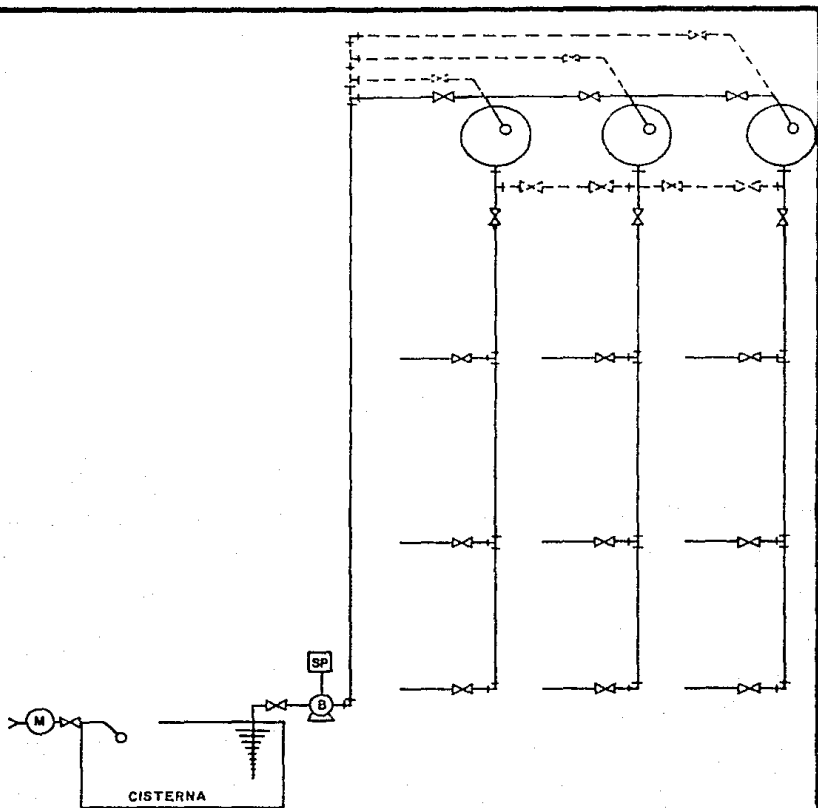
4. BOMBEO DEL ALMACENAMIENTO.

5. A TANQUE ALTO INDEPENDIENTE.

1. A LA RED DE DISTRIBUCION

A. POR MODULO ———
 B. POR EDIFICIO - - - -

FIG.2.28 ALTERNATIVAS 4.5.1.A Y 4.5.1.B.



4. BOMBEO DEL ALMACENAMIENTO.

6. A TANQUE ALTO COMUN.

1. A LA RED DE DISTRIBUCION { A. POR MODULO ———
 B. POR EDIFICIO - - - - -

FIG.2.2.9 ALTERNATIVAS 4.6.1. A Y 4.6.1. B.

Para obtener las alternativas que ofrecen mejores perspectivas técnicas y económicas se efectúa una evaluación conceptual tomando en cuenta los siguientes aspectos: inversión inicial, operación, conservación, apropiada distribución y optimización del uso del agua.

En la tabla 2.2.2 se proporcionan los índices que se emplean para calificar las alternativas definidas. Los conceptos que se califican con índices cuyo rango de variación es más amplio, son los aspectos que se consideran como los más importantes dentro del balance entre los elementos del sistema, por ser esenciales para el adecuado servicio a los usuarios.

TABLA 2.2.2 INDICES CALIFICADORES

No.	CONCEPTO	INDICES
1.	REQUERIMIENTO DE INSTALACIONES Y EQUIPO	
1.1	Almacenamiento	1 - 5
1.2	Bombeo	1 - 5
1.3	Conducción	1 - 5
1.4	Distribución e interconexiones	1 - 7
1.5	Protección y control	1 - 5
2.	OPERACION	
2.1	Manejo de las instalaciones	1 - 5
2.2	Calificación de los operarios	1 - 7
3.	MANTENIMIENTO	1 - 10
4.	AFECTACION EN EL SUMINISTRO	1 - 10
5.	EFICIENCIA DE LA DISTRIBUCION	1 - 10
6.	OPTIMIZACION DEL AGUA	1 - 10
7.	CONTROL DEL SUMINISTRO	1 - 7
8.	DETERIORO DE LA CALIDAD DEL AGUA	1 - 5

Los valores más altos corresponden a las condiciones más favorables.

Por su composición básica, las alternativas analizadas en la tabla 2.2.3 se agrupan en dos bloques: el primero se caracteriza por un requerimiento mínimo de instalaciones, obras y equipo que hacen necesario un mayor número de interconexiones entre sus componentes, el cual se define de acuerdo a las necesidades de distribución; el segundo requiere de una mayor implementación de equipo, a cambio de un mejor balance entre los elementos del sistema.

Existe además un conjunto de opciones que en buena medida contienen conceptos de transición entre los grupos referidos, siendo sus diferencias las que se originan en su funcionamiento.

Con un enfoque de beneficio - costo se acentúa el hecho de que las opciones más económicas son las que presentan una menor eficiencia en el funcionamiento y la optimización del aprovechamiento del agua, ello se debe preponderantemente a la falta de control; sin embargo, en las alternativas que están bajo esta condición se destaca la preservación de la calidad del agua y el alto riesgo de afectación del suministro.

Por su parte los arreglos que están mejor estructurados involucran mayores necesidades operativas a cambio de un apropiado manejo y control del agua, con la peculiaridad de que en el almacenamiento se demerita su calidad.

Conjugando los factores que se han tomado en cuenta, para fines de evaluación se establece un valor medio de calificación, que es de 46.873, el cual sirve para descartar las alternativas cuya calificación está por debajo y analizar las que la superan.

En rigor, los arreglos que se analizan son: 1.A, 3.2.B y 6.1.B, ya que cada uno de ellos es representativo de los bloques 1 y 2 y de las transiciones entre ellos.

Se considera que la condición ideal para el suministro y distribución de agua en los módulos es aquella en la cual la red exterior tiene capacidad en gasto y presión para abastecer directamente los núcleos de departamentos, asumiendo que estas condiciones no se dan consistentemente en el área metropolitana durante los 365 días del año. Por lo anterior la alternativa 1.A se elimina, ya que existe el riesgo de afectación del suministro y falta control en la distribución.

En el caso de la alternativa 3.2.B se proporciona presión en las instalaciones mediante bombeo y se ejerce control en la aplicación racional del agua en los servicios.

La alternativa 6.1.B ofrece una buena perspectiva entre los aspectos que se toman en cuenta en el balance, siendo su punto débil el deterioro de la calidad del agua, lo que es un problema técnico solucionable a nivel colectivo.

El proyecto de las instalaciones hidráulicas del módulo de pruebas se hace con la planeación de esta última alternativa, existiendo la posibilidad de colocar interconexiones para poder analizar alguna de las alternativas descartadas.

ANÁLISIS DE CRITERIOS PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS EMPLEADOS ACTUALMENTE.

2.3.1 ASPECTOS GENERALES.

En la concepción de los sistemas hidráulicos para infraestructura urbana y habitacional, regularmente se sigue un procedimiento racional constituido por cinco etapas esenciales que son:

- a) Planeación del sistema para definir las características, capacidad y ubicación de los elementos necesarios.
- b) Obtención de bases y parámetros de diseño, en particular de aquéllos que definen el gasto y la carga de operación.
- c) Diseño geométrico del sistema.
- d) Diseño hidráulico.
- e) Diseño de instalaciones complementarias.

La forma en que se desarrolla cada una de estas etapas se menciona en los incisos siguientes.

2.3.11 PLANEACION DEL SISTEMA.

La estructuración de los elementos se deriva de las sugerencias personales del proyectista, ya que en muy pocas ocasiones se lleva a cabo un análisis técnico-económico de alternativas que además considere la correlación que existe entre las instalaciones que se plantean y los sistemas municipales.

Dentro de esta fase es necesario determinar algunos de los aspectos más importantes para el diseño, como son: número de usuarios del sistema, nivel socioeconómico al que pertenecen y ubicación del sistema.

Todos estos parámetros se contemplan en la determinación de la dotación media.

DETERMINACION DE LA DOTACION.

Los procedimientos que se siguen para establecer una dotación apropiada para la ciudad de México toman en consideración los siguientes aspectos: magnitud de la población, clima, hábitos de los ciudadanos, grado de progreso en los sectores comercio e industria y calidad de los servicios.

- CLIMA.

La ciudad de México es una localidad con clima templado en verano y benigno en invierno, con algunas heladas; la temperatura máxima representativa es 32° C.

Para una población con más de 150,000 habitantes y clima templado se recomienda una dotación media de 200 l/hab/día.

- MAGNITUD DE LA POBLACION.

Si se selecciona como dato de entrada una población de 18'000,000 de habitantes, correspondiente a la población media que se considera para 1986, el rango de variación de 150,000 a 200,000 habitantes resulta muy reducido, por lo cual se establecen los siguientes niveles de variación de la dotación.

Minima	150 l/hab/día
Media	200 l/hab/día
Máxima	250 l/hab/día

Si se considera un incremento en la demanda de 1% al año por concepto de mejoramiento del servicio y que las instalaciones se diseñan para un periodo de proyecto de 15 años, los valores de la dotación se actualizan aplicando la fórmula del interés compuesto de la forma que sigue:

$$d = (1.01)^{15} d_a$$

donde d_a es el valor de la dotación actual.

Los nuevos valores de la dotación son los siguientes:

Minima	174 l/hab/día
Media	232 l/hab/día
Máxima	290 l/hab/día

- DOTACION SUFICIENTE.

Con base en la publicación Water Supply and Wastewater Disposal, de Fair, Geyer y Okun, se proponen los siguientes porcentajes de dotación según el uso que se le destina al agua (tabla 2.3.1.1).

TABLA 2.3.1.1

USO	%
Doméstico	35 - 47
Municipal	10 - 12
Comercial	15 - 17
Industrial	15 - 24
Agrícola doméstica	15 - 20
Fugas y desperdicios	10 - 15

De acuerdo con los porcentajes definidos en la tabla anterior y con los valores de dotación propuestos en función del nivel socioeconómico al que pertenecen los usuarios del servicio, se calcula la dotación media que se considera apropiada para el tipo de vivienda analizado. A continuación se presenta la estructuración de la dotación en función de los diferentes usos del agua (tabla 2.3.1.2).

TABLA 2.9.1.2

USO DEL AGUA	NIVEL SOCIOECONOMICO			
	SUBURBANO	POPULAR	MEDIO	RESIDENCIAL
DOMESTICO	70	71	103	127
MUNICIPAL (serv. públicos)	20	30	24	36
COMERCIAL	—	31	34	41
INDUSTRIAL	—	19	34	—
AGRICOLA (doméstica)	32	—	—	—
OTROS (fugas y desperdicios)	18	19	24	36
DOTACION NORMAL	140	170	219	240
INFLUENCIA DEL CLIMA	10	10	10	10
DOTACION SUFICIENTE	150	180	229	250
DOTACION MEDIA	202			

Datos en l/hab/día.

Los módulos habitacionales construidos por el Programa de Renovación Habitacional Popular se sitúan en un nivel socioeconómico popular, al cual corresponde una dotación de 180 l/hab/día que está sujeta a incrementos derivados del mejoramiento en hábitos y progreso socioeconómico, por lo que para consideraciones y cálculos posteriores se maneja una dotación media de 202 l/hab/día.

DETERMINACION DEL GASTO MEDIO.

En la determinación del gasto medio intervienen dos parámetros: la población y la dotación.

Para el cálculo de la población se considera que un módulo tipo de Renovación Habitacional está constituido por 4 edificios, cada uno de los cuales se compone de 6 departamentos. Estos están habitados por 6 personas en promedio, lo que nos da como resultado la población total siguiente:

$$\text{Población} = 4 (6) (6) = 144 \approx 150 \text{ habitantes/módulo}$$

Con este dato y con el de la dotación media se calcula el gasto medio diario (Q med d) de acuerdo con la ecuación:

$$Q \text{ med d} = \frac{\text{Población} \times \text{Dotación}}{86\ 400} \quad \text{El/seg}$$

Valorizando y realizando operaciones:

$$Q \text{ med d} = \frac{150 (202)}{86\ 400} = 0.35 \text{ l/seg}$$

Afectando este resultado por el coeficiente de variación diaria (C_{vd}) se obtiene el gasto máximo diario (Q max d).

$$Q \text{ max d} = C_{vd} Q \text{ med d}$$

C_{vd} toma valores comprendidos en un rango que varia entre 1.2 y 1.8.

Para este caso se selecciona un valor promedio de C_{vd} igual a 1.35. Sustituyendo y efectuando operaciones:

$$Q_{\max d} = 1.35 (0.35) = 0.47 \text{ l/seg}$$

CAPACIDAD DE LA TOMA.

La capacidad de la toma es función del número de usuarios a los que sirve y de la presión disponible en la red.

Dadas la población y la dotación y considerando una presión disponible en la red igual a 15 m. c. a., el diámetro de la toma se selecciona, proponiendo un límite de velocidad.

Aplicando la ecuación de continuidad:

Si $V = 1.5 \text{ m/s}$ en promedio:

$$A = \frac{Q_{\text{med}}}{v} = \frac{0.35 \times 10^{-3}}{1.50} = 2.34 \text{ cm}^2$$

$$D = 0.017 \text{ m} = 17 \text{ mm} \approx 3/4 \text{ pulg}$$

ALMACENAMIENTO BAJO O CISTERNA.

La capacidad de la cisterna se establece considerando que se debe almacenar el volumen requerido en un día y medio por el total de usuarios de la red. El volumen necesario es:

$$V = 202 (150) 1.5 = 45\ 450 \text{ litros} = 45.5 \text{ m}^3$$

Las dimensiones de la cisterna que se proponen son: 5 m de ancho, 5 m de largo, 1.90 m de profundidad útil y 80 cm de bordo libre.

GASTO DE BOMBEO.

El volumen de regulación se calcula en función del máximo déficit y el máximo exceso de agua que se presentan durante el día, los cuales se obtienen a partir de los volúmenes de entrada y salida que se registran en el tanque de regulación durante el día.

Para la determinación de estos volúmenes es necesario conocer las gráficas de abastecimiento y de demanda del módulo habitacional.

En este caso, la gráfica de abastecimiento está dada por el gasto que se bombea hacia el tanque de regulación.

El gasto, tiempo y horario de bombeo se seleccionan en función de la gráfica de demandas, por lo que se propone a continuación un hidrograma de demandas y posteriormente se lleva a cabo un análisis de diferentes alternativas de bombeo, con el fin de definir las condiciones óptimas en que éste puede realizarse para satisfacer las demandas diarias de los usuarios.

- Hidrograma de Demandas.

De acuerdo con las consideraciones anteriores, se propone el siguiente hidrograma de demandas, el cual representa un ejemplo de la variación de la demanda doméstica durante un día, en un conjunto habitacional.

Como puede apreciarse en el hidrograma (figura 2.9.1.1), se presentan dos gastos pico: el primero es el gasto máximo instantáneo, el cual se alcanza a las 7:30 horas, mientras que el segundo es el 85% del primero y se presenta a las 14:30 horas.

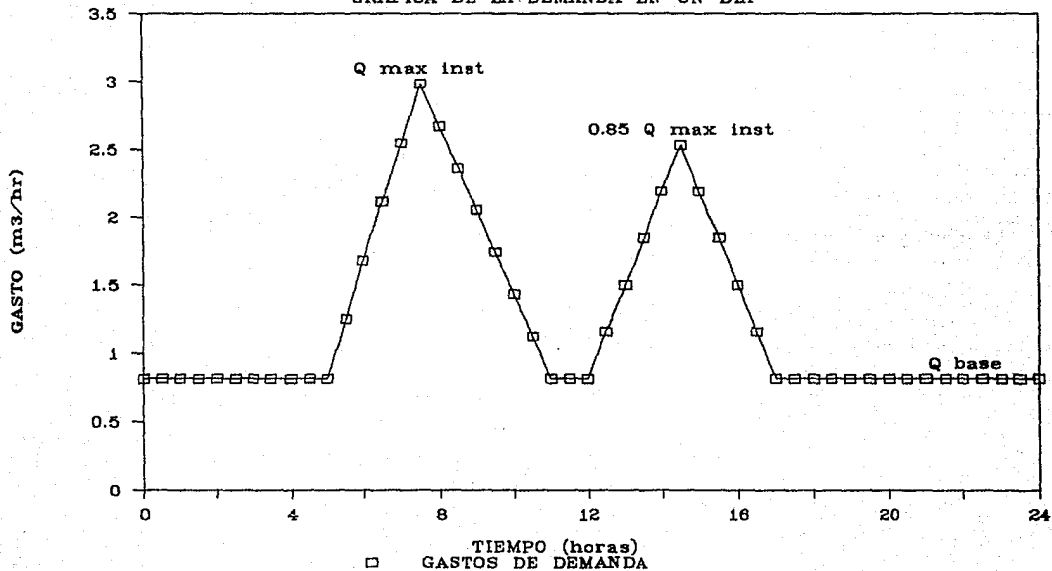
Se considera que el gasto máximo instantáneo se presenta a las 7:30 horas debido a que la mayoría de los habitantes realiza sus actividades de aseo personal y de preparación de alimentos (desayuno) alrededor de ese horario. Asimismo, el segundo gasto pico se ubica a las 14:30 horas por ser también el horario aproximado en el que se llevan a cabo la preparación de alimentos (comida) y otras actividades domésticas. Sin embargo, durante este horario se demanda un gasto menor al primero, el cual se considera que es aproximadamente igual al 85% del primero.

En la construcción del hidrograma se propone también la demanda de un gasto mínimo o gasto base, el cual circula de las 0 a las 5, de las 11 a las 12 y de las 17 a las 24 horas, ya que se considera que durante estos intervalos la demanda del servicio es mínima.

Por otra parte, se observa que a partir de las 5 horas comienza un incremento de las demandas que se comporta linealmente, hasta alcanzar el gasto máximo instantáneo a las 7:30 horas; a esta hora se inicia un decremento también lineal hasta alcanzar el valor del gasto base a las 11 horas, el cual se mantiene constante hasta las 12 horas.

A partir de las 12 horas se incrementa en forma lineal el gasto de demanda hasta alcanzar un gasto pico a las 14:30 horas, momento en el cual la demanda empieza a disminuir también en forma lineal hasta igualarse con el valor del gasto base a las 17 horas, manteniéndose constante hasta las 24 horas.

FIGURA 2.3.1.1
GRAFICA DE LA DEMANDA EN UN DIA



El gasto máximo instantáneo se calcula como sigue:

$$Q_{\max \text{ inst}} = Q_{\text{med d}} C_{\text{vd}} C_{\text{vh}}$$

donde:

$$Q_{\max \text{ inst}} = \text{Gasto máximo instantáneo (L/s)}$$

$$Q_{\text{med d}} = \text{Gasto medio diario (L/s)}$$

$$C_{\text{vd}} = \text{Coeficiente de variación diaria (varía entre 1.2 y 1.5).}$$

$$C_{\text{vh}} = \text{Coeficiente de variación horaria (varía entre 1.5 y 2.0).}$$

Para llevar a cabo el cálculo de $Q_{\max \text{ inst}}$ se seleccionan valores promedios de C_{vd} y C_{vh} (1.35 y 1.75, respectivamente).

Por lo tanto, se obtiene el siguiente valor:

$$Q_{M1} = Q_{\max \text{ inst}} = 0.35 (1.35) 1.75 = 0.8285 \text{ L/s} = 2.98 \text{ m}^3/\text{hr}$$

El valor del segundo gasto pico es el siguiente:

$$Q_{M2} = 0.85 Q_{\max \text{ inst}} = 0.85 (0.8285) = 0.7042 \text{ L/s} = 2.54 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Para la obtención del gasto base, se calcula el área delimitada por el hidrograma y el sistema de ejes coordenados, la cual da como resultado el volumen que se demanda durante un día y que es igual al gasto medio diario multiplicado por 24 horas.

En función del gasto medio diario ($Q_{med\ d}$), el volumen que se demanda en un día es el siguiente:

$$V = Q_{med\ d} (1\ día) = 0.35\ L/s (86\ 400\ s)$$

$$V = 30\ 300\ lts = 30.3\ m^3$$

De acuerdo con la figura 2.3.1.1, este volumen se representa con la siguiente expresión:

$$V = (24\ hr) Q_{base} + \left[\frac{11 - 5}{2} \right] hr [Q_{M1} - Q_{BASE}] + \left[\frac{17 - 12}{2} \right] [Q_{M2} - Q_{BASE}]$$

Sustituyendo valores en la ecuación anterior, se obtiene:

$$\begin{aligned} 30\ 300\ lts &= 24 (3600\ seg) Q_{BASE} + 3 (3600\ seg) 0.8285\ L/s \\ &- 3 (3600\ seg) Q_{BASE} + 2.5 (3600\ seg) 0.7042\ L/s \\ &- 2.5 (3600\ seg) Q_{BASE} \end{aligned}$$

Simplificando, la expresión se reduce a lo siguiente:

$$66\ 600\ Q_{BASE} = 15\ 013.80$$

Por lo tanto, el gasto mínimo de demanda o gasto base es:

$$Q_{BASE} = 0.225 \text{ L/s} = 811.56 \text{ L/hr}$$

En resumen, los gastos pico y el gasto base son:

$$Q_{M1} = 0.8283 \text{ L/s} = 2.98 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$Q_{M2} = 0.7042 \text{ L/s} = 2.54 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$Q_{BASE} = 0.225 \text{ L/s} = 811.56 \text{ L/hr}$$

Obtenidos estos gastos, pueden definirse las ecuaciones que representan la variación de la demanda a lo largo del día. Estas ecuaciones son:

$$Q_1 = 868.44 (t - 5) + 811.56 \quad \forall t \in [5.0, 7.5]$$

$$Q_2 = -620.31 (t - 7.5) + 2982.66 \quad \forall t \in [7.5, 11.0]$$

$$Q_3 = 689.48 (t - 12) + 811.56 \quad \forall t \in [12.0, 14.5]$$

$$Q_4 = -689.48 (t - 14.5) + 2595.26 \quad \forall t \in [14.5, 17.0]$$

$$Q_5 = Q_{BASE} = 0.225 \text{ L/s} \quad \text{si} \quad \begin{cases} 0 \leq t \leq 5 \\ 11 \leq t \leq 12 \\ 17 \leq t \leq 24 \end{cases}$$

donde:

Q_1 = Gasto de demanda de las 5:00 a las 7:30 horas, en L/hr

Q_2 = Gasto de demanda de las 7:30 a las 11:00 horas, en L/hr

Q_3 = Gasto de demanda de las 12:00 a las 14:30 horas, en L/hr

- Q_4 = Gasto de demanda de las 14:30 a las 17:00 horas, en L/hr
- Q_5 = Gasto de demanda de las 0:00 a las 5:00, de las 11:00 a las 12:00 y de las 17:00 a las 24:00 horas, en L/hr
- t = Hora en que se presenta la demanda

- Condiciones de Bombeo.

Conociendo los gastos de demanda se proponen el gasto, la duración y el horario de bombeo.

Sin embargo, para conocer las condiciones óptimas de bombeo que satisfagan las fluctuaciones de la demanda que se presentan en este caso, se lleva a cabo el análisis de 3 alternativas de bombeo, las cuales se mencionan a continuación:

Bombeo de 12 horas

Bombeo de 8 horas

Bombeo de 6 horas

Para el cálculo del gasto de bombeo, se considera que el volumen demandado en 24 horas con la aportación del gasto medio diario es el volumen que se requiere bombear durante el periodo considerado, es decir:

$$24 \text{ hr } (Q_{\text{med } d}) = Q_{\text{BOMBEO}} T_{\text{BOMBEO}}$$

donde:

$Q_{\text{med } d}$ = Gasto medio diario, en L/hr

Q_{BOMBEO} = Gasto de bombeo, en L/hr

T_{BOMBEO} = Periodo de bombeo, en horas

Por lo tanto, los gastos de bombeo correspondientes a los periodos propuestos son:

$$Q_{\text{BOMBEO}} = Q_{\text{med d}} \frac{24 \text{ hr}}{T_{\text{BOMBEO}}}$$

$$T_{B1} = 12 \text{ horas} \quad Q_{B1} = 1262.5 \left[\frac{24}{12} \right] = 2525 \text{ L/hr}$$

$$T_{B2} = 8 \text{ horas} \quad Q_{B2} = 1262.5 \left[\frac{24}{8} \right] = 3787.5 \text{ L/hr}$$

$$T_{B3} = 6 \text{ horas} \quad Q_{B3} = 1262.5 \left[\frac{24}{6} \right] = 5050 \text{ L/hr}$$

Estos tiempos de bombeo se seleccionan porque ocasionan costos de operación menores que los que provocan periodos más prolongados, ya que el consumo de energía eléctrica se efectúa durante un tiempo más corto.

En cuanto a los costos de inversión inicial, es necesario considerar dos aspectos principales. El primero es el costo del tanque de regulación, el cual se incrementa conforme aumenta su capacidad. Esta a su vez varía en función del gasto de bombeo y del horario en que éste se lleva a cabo.

El segundo aspecto es el costo de los equipos de bombeo, el cual depende del número de bombas, de la capacidad y de la potencia de cada una de éstas.

En el caso de periodos de bombeo prolongados se requieren varias bombas para que operen alternadamente, con el fin de evitar su desgaste prematuro y la disminución de su vida útil.

Por lo tanto, el análisis de alternativas de bombeo se basa tanto en los costos de inversión inicial como en los de operación de las 3 condiciones propuestas.

- Volumen de Regulación.

Para cada una de las condiciones de bombeo propuestas, se calcula el volumen de regulación necesario por medio de una tabla en la que se registran las entradas y salidas al tanque cada media hora y se calculan las diferencias entre éstas. Obteniendo la acumulación de las diferencias, se toma el valor más alto positivo y el más alto negativo de estas diferencias acumuladas. El primer valor es el máximo exceso y el segundo es el máximo déficit que se presenta durante el día.

La suma de estos dos volúmenes da como resultado el volumen de regulación necesario para el periodo de bombeo considerado.

Los volúmenes de salida se calculan obteniendo el área bajo el hidrograma de demanda comprendida en el intervalo de tiempo considerado.

Por ejemplo, en el caso del intervalo comprendido entre las 8 y las 8:30 horas, el área bajo la curva tiene la forma geométrica de un trapecio, por lo que el gasto de salida se define con la fórmula del área de un trapecio:

$$V_o = \left[\frac{Q_M + Q_m}{2} \right] \Delta t$$

donde:

Q_M = gasto máximo que se presenta al final del intervalo considerado, en L/hr

Q_m = gasto mínimo que se presenta al inicio del intervalo considerado, en L/hr

Δt = intervalo de tiempo considerado, en horas

En este caso, Q_M corresponde al gasto que se demanda a las 5:30 horas y Q_m al que se demanda a las 5:00 horas. Ambos gastos se obtienen utilizando la fórmula que define Q_t , con lo cual resultan los siguientes gastos:

$$Q_M = 1245.78 \text{ L/hr}$$

$$Q_m = 811.56 \text{ L/hr}$$

El intervalo de tiempo para el que se calcula el volumen de salida es igual a media hora, por lo que en la última es igual a:

$$V = \left[\frac{1245.78 + 811.56}{2} \right] 0.5 = 514.34 \text{ litros}$$

Con este mismo procedimiento se calculan también los volúmenes de entrada, considerando que el gasto de bombeo varía linealmente, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{B}} = \frac{30 \ 300}{T_{\text{B}}}$$

donde Q_{B} es el gasto de bombeo, en l/hr y T_{B} es el periodo de bombeo analizado.

El volumen de entrada se calcula con la determinación del área bajo la curva que está definida por la expresión anterior. El área se obtiene con la fórmula siguiente:

$$Q_{\text{B}} = \left[\frac{Q_{\text{B}1} + Q_{\text{B}2}}{2} \right] \Delta t$$

donde:

$Q_{\text{B}1}$ = gasto en el instante 1, en l/hr

$Q_{\text{B}2}$ = gasto en el instante 2, en l/hr

Δt = intervalo de tiempo comprendido entre los instantes 1 y 2

Los volúmenes de demanda se anteponen de un signo negativo para indicar que son volúmenes que salen del tanque de regulación.

Obtenidos los volúmenes de entrada y salida, se lleva a cabo la suma algebraica de éstos, la cual se indica en las tablas 2.3.1.3, 2.3.1.4 y 2.3.1.5 como diferencia.

La última columna es la acumulación de diferencias, en donde se indican con un asterisco los mayores valores positivo y negativo.

La suma de los valores absolutos de estos dos últimos da como resultado el volumen mínimo requerido para el tanque de regulación:

$$\text{Vaca} = |\text{Máximo exceso}| + |\text{Máximo déficit}|$$

En las tablas 2.3.1.3, 2.3.1.4 y 2.3.1.5 se presentan los volúmenes de entradas y salidas, las diferencias entre éstos y la acumulación de diferencias, calculados cada media hora para los periodos de bombeo de 12, 8 y 6 horas, respectivamente, en los horarios que se proponen a continuación:

Bombeo de 12 horas: de 5 a 17 horas

Bombeo de 8 horas: de 7 a 15 horas

Bombeo de 6 horas: de 5 a 11 horas

Para definir si estos son los horarios de bombeo óptimos en cada uno de los periodos propuestos, es decir, si son los que dan como resultado los menores volúmenes de regulación, se llevan a cabo las mismas determinaciones para diferentes horarios de bombeo, por cada uno de los periodos.

A continuación se presentan las tablas 2.3.1.6, 2.3.1.7 y 2.3.1.8, en las cuales se resumen los resultados obtenidos en diferentes horarios de bombeo: el máximo déficit, el máximo exceso y el volumen de regulación necesario, para los periodos analizados.

Como se observa en estas tablas, los menores volúmenes de regulación se indican con un asterisco y corresponden a los horarios propuestos para cada uno de los periodos de bombeo analizados.

TABLA 2.3.1.3

BOMBEO DE 12 HRS: DE LAS 5 A LAS 17 HORAS

HORAS	ENTRADAS	SALIDAS	DIFERR.	DIF. ACUM.
	litros	(-) litros	litros	litros
0:00 - 0:30	0	405.78	-405.78	-405.78
0:30 - 1:00	0	405.78	-405.78	-811.56
1:00 - 1:30	0	405.78	-405.78	-1217.34
1:30 - 2:00	0	405.78	-405.78	-1623.12
2:00 - 2:30	0	405.78	-405.78	-2028.90
2:30 - 3:00	0	405.78	-405.78	-2434.68
3:00 - 3:30	0	405.78	-405.78	-2840.47
3:30 - 4:00	0	405.78	-405.78	-3246.25
4:00 - 4:30	0	405.78	-405.78	-3652.03
4:30 - 5:00	0	405.78	-405.78	-4057.81
5:00 - 5:30	1262.5	514.34	748.16	-3309.64
5:30 - 6:00	1262.5	731.44	531.06	-2778.59
6:00 - 6:30	1262.5	948.55	313.95	-2464.64
6:30 - 7:00	1262.5	1165.66	96.84	-2367.81
7:00 - 7:30	1262.5	1382.77	-120.27	-2488.08
7:30 - 8:00	1262.5	1413.79	-151.29	-2639.37
8:00 - 8:30	1262.5	1258.71	3.79	-2635.58
8:30 - 9:00	1262.5	1103.63	158.87	-2476.71
9:00 - 9:30	1262.5	948.55	313.95	-2162.77
9:30 - 10:00	1262.5	793.48	469.02	-1693.74
10:00 - 10:30	1262.5	638.40	624.10	-1069.64
10:30 - 11:00	1262.5	483.32	779.18	-290.46
11:00 - 11:30	1262.5	405.78	856.72	566.26
11:30 - 12:00	1262.5	405.78	856.72	1422.98
12:00 - 12:30	1262.5	491.97	770.53	2193.51
12:30 - 13:00	1262.5	664.34	598.16	2791.68
13:00 - 13:30	1262.5	836.70	425.80	3217.47
13:30 - 14:00	1262.5	1009.07	253.43	3470.90
14:00 - 14:30	1262.5	1181.44	81.06	3551.95
14:30 - 15:00	1262.5	1181.44	81.06	3633.01
15:00 - 15:30	1262.5	1009.07	253.43	3886.44
15:30 - 16:00	1262.5	836.70	425.80	4312.23
16:00 - 16:30	1262.5	664.34	598.16	4910.40
16:30 - 17:00	1262.5	491.97	770.53	5680.93
17:00 - 17:30	0	405.78	-405.78	5275.15
17:30 - 18:00	0	405.78	-405.78	4869.37
18:00 - 18:30	0	405.78	-405.78	4463.59
18:30 - 19:00	0	405.78	-405.78	4057.81
19:00 - 19:30	0	405.78	-405.78	3652.03
19:30 - 20:00	0	405.78	-405.78	3246.25
20:00 - 20:30	0	405.78	-405.78	2840.47
20:30 - 21:00	0	405.78	-405.78	2434.68
21:00 - 21:30	0	405.78	-405.78	2028.90
21:30 - 22:00	0	405.78	-405.78	1623.12
22:00 - 22:30	0	405.78	-405.78	1217.34
22:30 - 23:00	0	405.78	-405.78	811.56
23:00 - 23:30	0	405.78	-405.78	405.78
23:30 - 24:00	0	405.78	-405.78	0.00

VOLUMEN DE REGULACION = 9738.74 lt

TABLA 2.3.1.4

BOMBEO DE 8 HRS: DE LAS 7 A LAS 15 HRS.

HORAS	ENTRADAS	SALIDAS	DIFER.	DIF. ACUM.
	litros	(-) litros	litros	litros
0:00 - 0:30	0	405.78	-405.78	-405.78
0:30 - 1:00	0	405.78	-405.78	-811.56
1:00 - 1:30	0	405.78	-405.78	-1217.34
1:30 - 2:00	0	405.78	-405.78	-1623.12
2:00 - 2:30	0	405.78	-405.78	-2028.90
2:30 - 3:00	0	405.78	-405.78	-2434.68
3:00 - 3:30	0	405.78	-405.78	-2840.47
3:30 - 4:00	0	405.78	-405.78	-3246.25
4:00 - 4:30	0	405.78	-405.78	-3652.03
4:30 - 5:00	0	405.78	-405.78	-4057.81
5:00 - 5:30	0	514.34	-514.34	-4572.14
5:30 - 6:00	0	731.44	-731.44	-5303.59
6:00 - 6:30	0	948.55	-948.55	-6252.14
6:30 - 7:00	0	1165.66	-1165.66	-7417.81
7:00 - 7:30	1893.75	1382.77	510.98	-6906.83
7:30 - 8:00	1893.75	1413.79	479.96	-6426.87
8:00 - 8:30	1893.75	1258.71	635.04	-5791.83
8:30 - 9:00	1893.75	1103.63	790.12	-5001.71
9:00 - 9:30	1893.75	948.55	945.20	-4056.52
9:30 -10:00	1893.75	793.48	1100.27	-2956.24
10:00 -10:30	1893.75	638.40	1255.35	-1700.89
10:30 -11:00	1893.75	483.32	1410.43	-290.46
11:00 -11:30	1893.75	405.78	1487.97	1197.51
11:30 -12:00	1893.75	405.78	1487.97	2685.48
12:00 -12:30	1893.75	491.97	1401.78	4087.26
12:30 -13:00	1893.75	664.34	1229.41	5316.68
13:00 -13:30	1893.75	836.70	1057.05	6373.72
13:30 -14:00	1893.75	1009.07	884.68	7258.40
14:00 -14:30	1893.75	1181.44	712.31	7970.70
14:30 -15:00	1893.75	1181.44	712.31	8683.01
15:00 -15:30	0	1009.07	-1009.07	7673.94
15:30 -16:00	0	836.70	-836.70	6837.23
16:00 -16:30	0	664.34	-664.34	6172.90
16:30 -17:00	0	491.97	-491.97	5680.93
17:00 -17:30	0	405.78	-405.78	5275.15
17:30 -18:00	0	405.78	-405.78	4869.37
18:00 -18:30	0	405.78	-405.78	4463.59
18:30 -19:00	0	405.78	-405.78	4057.81
19:00 -19:30	0	405.78	-405.78	3652.03
19:30 -20:00	0	405.78	-405.78	3246.25
20:00 -20:30	0	405.78	-405.78	2840.47
20:30 -21:00	0	405.78	-405.78	2434.68
21:00 -21:30	0	405.78	-405.78	2028.90
21:30 -22:00	0	405.78	-405.78	1623.12
22:00 -22:30	0	405.78	-405.78	1217.34
22:30 -23:00	0	405.78	-405.78	811.56
23:00 -23:30	0	405.78	-405.78	405.78
23:30 -24:00	0	405.78	-405.78	0.00

VOLUMEN DE REGULACION = 16100.82 lt

TABLA 2.3.1.5

BOMBEO DE 6 HRS: DE 5 A 11 HORAS

HORAS	ENTRADAS	SALIDAS	DIFER.	DIF. ACUM.
	litros	(-) litros	litros	litros
0:00 - 0:30	0	405.78	-405.78	-405.78
0:30 - 1:00	0	405.78	-405.78	-811.56
1:00 - 1:30	0	405.78	-405.78	-1217.34
1:30 - 2:00	0	405.78	-405.78	-1623.12
2:00 - 2:30	0	405.78	-405.78	-2028.90
2:30 - 3:00	0	405.78	-405.78	-2434.68
3:00 - 3:30	0	405.78	-405.78	-2840.47
3:30 - 4:00	0	405.78	-405.78	-3246.25
4:00 - 4:30	0	405.78	-405.78	-3652.03
4:30 - 5:00	0	405.78	-405.78	-4057.81
5:00 - 5:30	2525	514.34	2010.66	-2047.14
5:30 - 6:00	2525	731.44	1793.56	-253.59
6:00 - 6:30	2525	948.55	1576.45	1322.86
6:30 - 7:00	2525	1165.66	1359.34	2682.19
7:00 - 7:30	2525	1382.77	1142.23	3824.42
7:30 - 8:00	2525	1413.79	1111.21	4935.63
8:00 - 8:30	2525	1258.71	1266.29	6201.92
8:30 - 9:00	2525	1103.63	1421.37	7623.29
9:00 - 9:30	2525	948.55	1576.45	9199.73
9:30 - 10:00	2525	793.48	1731.52	10931.26
10:00 - 10:30	2525	638.40	1886.60	12817.86
10:30 - 11:00	2525	483.32	2041.68	14859.54
11:00 - 11:30	0	405.78	-405.78	14453.76
11:30 - 12:00	0	405.78	-405.78	14047.98
12:00 - 12:30	0	491.97	-491.97	13556.01
12:30 - 13:00	0	664.34	-664.34	12891.68
13:00 - 13:30	0	836.70	-836.70	12054.97
13:30 - 14:00	0	1009.07	-1009.07	11045.90
14:00 - 14:30	0	1181.44	-1181.44	9864.45
14:30 - 15:00	0	1181.44	-1181.44	8683.01
15:00 - 15:30	0	1009.07	-1009.07	7673.94
15:30 - 16:00	0	836.70	-836.70	6837.23
16:00 - 16:30	0	664.34	-664.34	6172.90
16:30 - 17:00	0	491.97	-491.97	5680.93
17:00 - 17:30	0	405.78	-405.78	5275.15
17:30 - 18:00	0	405.78	-405.78	4869.37
18:00 - 18:30	0	405.78	-405.78	4463.59
18:30 - 19:00	0	405.78	-405.78	4057.81
19:00 - 19:30	0	405.78	-405.78	3652.03
19:30 - 20:00	0	405.78	-405.78	3246.25
20:00 - 20:30	0	405.78	-405.78	2840.47
20:30 - 21:00	0	405.78	-405.78	2434.68
21:00 - 21:30	0	405.78	-405.78	2028.90
21:30 - 22:00	0	405.78	-405.78	1623.12
22:00 - 22:30	0	405.78	-405.78	1217.34
22:30 - 23:00	0	405.78	-405.78	811.56
23:00 - 23:30	0	405.78	-405.78	405.78
23:30 - 24:00	0	405.78	-405.78	0.00

VOLUMEN DE REGULACION = 18917.35 lt

Estos horarios se seleccionan considerando que abarcan las horas en que se presentan las mayores demandas durante el día, por lo cual los volúmenes de regulación son los mínimos de cada periodo.

TABLA 2.3.1.6

**RESULTADOS PARA DIFERENTES HORARIOS DE BOMBEO
DURANTE UN PERIODO DE 12 HORAS**

HORARIO (horas)	MAXIMO DEFICIT (m ³)	MAXIMO EXCESO (m ³)	VOLUMEN DE REGULACION (m ³)
4 a 16	3.246	6.837	10.089
30 a 16:30	3.652	6.173	9.825
5 a 17	4.058	5.681	9.739 *
30 a 17:30	4.572	5.275	9.847
6 a 18	5.304	4.869	10.173
30 a 18:30	6.427	4.464	10.891
7 a 19	7.689	4.058	11.747
30 a 19:30	8.952	3.652	12.604

TABLA 2.3.1.7

**RESULTADOS PARA DIFERENTES HORARIOS DE BOMBEO
DURANTE UN PERIODO DE 8 HORAS**

HORARIO (horas)	MAXIMO DEFICIT (m ³)	MAXIMO EXCESO (m ³)	VOLUMEN DE REGULACION (m ³)
5 a 13	4.058	12.892	16.950
6 a 14	5.304	11.046	16.350
6:30 a 14:30	6.252	9.868	16.117
7 a 15	7.418	8.689	16.101 *
7:30 a 15:30	8.801	7.674	16.475
8 a 16	10.214	6.837	17.051

TABLA 2.3.1.8

**RESULTADOS PARA DIFERENTES HORARIOS DE BOMBEO
DURANTE UN PERIODO DE 6 HORAS**

HORARIO (horas)	MAXIMO DEFICIT (m ³)	MAXIMO EXCESO (m ³)	VOLUMEN DE REGULACION (m ³)
0 a 6	—	24.996	24.996
2 a 8	1.629	20.086	21.709
3 a 9	2.435	17.723	20.158
4 a 10	3.246	15.981	19.227
4:30 a 10:30	3.652	15.343	18.995
5 a 11	4.058	14.860	18.918 *
5:30 a 11:30	4.572	14.454	19.026

En la tabla 2.3.1.9 se resumen los resultados de cada uno de los horarios seleccionados.

TABLA 2.3.1.9

RESULTADOS PARA LOS HORARIOS DE BOMBEO SELECCIONADOS

PERIODO (horas)	HORARIO (horas)	MAXIMO DEFICIT (m ³)	MAXIMO EXCESO (m ³)	VOLUMEN DE REGULACION (m ³)
12	5 a 17	4.058	5.681	9.739
8	7 a 15	7.418	8.683	16.101
6	5 a 11	4.058	14.860	18.918

Como puede observarse, al disminuir el tiempo de bombeo se requiere un volumen de regulación mayor debido a que el gasto se incrementa.

En el caso de los tiempos de bombeo iguales a 12 y 8 horas, se seleccionaron horarios en los cuales se registran las mayores demandas, en particular los 2 gastos pico, de manera que el volumen que entra en un instante, sale inmediatamente para satisfacer la demanda.

Si el horario de bombeo es diferente al seleccionado, es decir, si no cubre las horas de máxima demanda, el volumen de regulación del tanque es mayor, ya que se produce un mayor déficit o un mayor exceso, como se observa en las tablas 2.3.1.6, 2.3.1.7 y 2.3.1.8.

De esta forma, los volúmenes que entran son demandados instantáneamente, lo que no permite que se produzca una acumulación de volúmenes durante las primeras horas del periodo.

De acuerdo con estos resultados, se concluye que los mejores horarios de bombeo para cada uno de los 3 periodos son los que se propusieron inicialmente, los cuales se indican en la tabla 2.3.1.9.

Por lo tanto, el análisis se reduce a estas 3 alternativas. La que requiere el menor volumen de regulación es la opción de 12 horas de bombeo, con lo cual los costos de inversión inicial se reducen con respecto a los de las otras dos condiciones. Sin embargo, se debe considerar también el costo del equipo de bombeo, el cual depende de la capacidad y de la potencia de la bomba, así como del número de bombas necesarias.

Para definir las características del equipo de bombeo, se calcula la potencia de las bombas con la siguiente expresión:

$$P = \frac{\gamma Q h}{76 \eta}$$

donde:

P = Potencia de la bomba, en HP

γ = Peso específico del agua, aproximadamente igual a 1000 kg/m³

Q = Gasto de descarga de la bomba, en m³/s

h = Carga normal de operación de la bomba. Se considera para este caso aproximadamente igual a 20 m.

η = Eficiencia de la bomba. Se considera igual a un promedio del 40% para las 3 condiciones de bombeo.

1/76 = Factor que al ser multiplicado por 1 kg-m/s da como resultado 1 HP.

Aplicando esta fórmula, se obtiene la potencia para cada una de las 3 alternativas:

$$T_{B1} = 12 \text{ horas}$$

$$Q_{B1} = 2\,525 \text{ L/hr} = 0.7014 \text{ L/s}$$

$$P_1 = \frac{1000 (0.7014 \times 10^{-3}) 20}{76 (0.40)} = 0.46 \text{ HP} \cong \frac{3}{4} \text{ HP}$$

Se aproxima a 3/4 HP para asegurar que se alcance la carga de operación en caso de que la eficiencia real sea menor a la teórica.

$$T_{B2} = 8 \text{ horas}$$

$$Q_{B2} = 3\,787.5 \text{ L/hr} = 1.052 \text{ L/s}$$

$$P_2 = \frac{1000 (1.052 \times 10^{-3}) 20}{76 (0.40)} = 0.69 \text{ HP} \cong \frac{3}{4} \text{ HP}$$

$$T_{B3} = 6 \text{ horas}$$

$$Q_{B3} = 5\,050 \text{ L/hr} = 1.403 \text{ L/s}$$

$$P_3 = \frac{1000 (1.403 \times 10^{-3}) 20}{76 (0.40)} = 0.92 \text{ HP} \cong 1 \text{ HP}$$

En resumen, la capacidad y la potencia requeridas en las bombas son:

$$Q_{B1} = 0.7014 \text{ L/s}$$

$$P_1 = 0.46 \text{ HP} \cong \frac{3}{4} \text{ HP}$$

$$Q_{B1} = 1.052 \text{ l/s}$$

$$P_1 = 0.69 \text{ HP} \cong \frac{3}{4} \text{ HP}$$

$$Q_{B2} = 1.403 \text{ l/s}$$

$$P_2 = 0.92 \text{ HP} \cong 1 \text{ HP}$$

Para el periodo de bombeo de 6 horas se requieren la mayor capacidad y la mayor potencia de los 3 casos analizados.

Para determinar el número de bombas que se requieren en cada caso, se considera que debe disponerse de un número adecuado de bombas que puedan operar alternadamente durante el periodo requerido y de bombas de reserva que operen en caso de que las primeras requieran de mantenimiento o de que presenten fallas o descomposturas.

Por lo tanto, se propone el siguiente número de bombas:

$T_{B1} = 12 \text{ horas}$	$\left\{ \begin{array}{l} * \text{ 2 bombas en operación alternada. Cada una opera durante 6 horas por día} \\ * \text{ 1 bomba de reserva} \end{array} \right.$
$T_{B2} = 8 \text{ horas}$	$\left\{ \begin{array}{l} * \text{ 2 bombas en operación alternada. Cada una opera durante 4 horas por día} \\ * \text{ 1 bomba de reserva} \end{array} \right.$
$T_{B3} = 6 \text{ horas}$	$\left\{ \begin{array}{l} * \text{ 1 bomba en operación durante 6 horas al día} \\ * \text{ 1 bomba de reserva} \end{array} \right.$

Realizando un análisis de los aspectos que intervienen en la obtención de los costos de inversión inicial y de operación, se observan los siguientes resultados:

- Los costos de los equipos de bombeo que se requieren en las 2 primeras alternativas no varían de forma importante, ya que se requiere el mismo número de bombas y con la misma potencia. La única diferencia consiste en que las bombas de la primera alternativa operan durante 2 horas más que las de la segunda, lo que en total resulta una diferencia de 4 horas de operación. En el caso de la tercera alternativa se requieren sólo 2 bombas de una potencia un poco mayor.
- En cuanto a los volúmenes de regulación requeridos, existen marcadas diferencias entre las 3 opciones, ya que el primer volumen es aproximadamente la mitad del tercero, mientras que éste es casi igual al segundo, como se observa en la tabla 2.3.19.

De este análisis, se derivan las siguientes conclusiones:

- Como no existen grandes diferencias entre los requerimientos en los equipos de bombeo, puede decirse que los costos de inversión inicial dependen fundamentalmente del costo del tanque de regulación, por lo que la primera alternativa produce los menores costos de inversión inicial.
- Los menores costos de operación son los que se producen en la tercera alternativa, por ser la que presenta el menor consumo de energía eléctrica. Mientras tanto, la primera consume el doble de energía, lo cual produce los mayores costos de operación entre las 3 opciones.

Haciendo un balance entre los costos de las 3 alternativas, puede decirse que la tercera opción es la que provoca los mayores costos, por ser la que requiere la mayor inversión inicial entre las tres alternativas.

No se toman en cuenta los costos de operación porque éstos presentan una pequeña variación entre sí.

Sin embargo, para seleccionar la mejor opción, éstos se toman en cuenta, ya que se considera que la segunda alternativa es un balance entre los costos de inversión y los de operación.

Aunque los primeros se elevan por el costo del tanque de regulación, se compensan con los segundos, ya que el tiempo de bombeo tiene una diferencia de 4 horas con la opción más desfavorable, mientras que la diferencia con la que requiere el menor periodo de bombeo es sólo de 2 horas.

El tiempo de bombeo de 8 horas presenta mayores ventajas con respecto al periodo de 12 horas, ya que se disminuyen los riesgos de fallas en la operación de las bombas, de desgaste de éstas, de afectación en el suministro de energía eléctrica, entre otros.

De esta forma, el tanque de regulación tiene la capacidad para satisfacer la demanda diaria en el caso de que se presenten fallas en la operación del bombeo y se depende en menor medida de éste.

En conclusión y de acuerdo al análisis realizado, la mejor opción en cuanto al tiempo de bombeo que se requiere es la de 8 horas, con un gasto de 1.052 l/s.

LINEA DE CONDUCCION.

Para definir el diámetro de la línea de conducción de la cisterna al tanque de regulación, se conjugan las ecuaciones de Manning y continuidad de la manera siguiente:

Ecuación de Manning:

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

donde:

R = Radio hidráulico de la sección. Para sección circular $R = \frac{D}{4}$

V = Velocidad de circulación del fluido (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad. Para tubería de cobre $n = 0.009$

S = Pendiente hidráulica = hf/L

hf = Pérdidas de carga entre la cisterna y el tanque de regulación (m) = $h_1 - h_2$

h_1 = Carga dinámica total que existe entre la cisterna y el tanque de regulación (m)

h_2 = Desnivel estático total

D = Diámetro de la tubería (m)

L = Longitud total de la línea de conducción.

De la ecuación de continuidad: $Q = V A$, se obtiene V y se reemplaza en la ecuación de continuidad:

$$\frac{Q_{\text{bombeo}}}{A} = \frac{1}{n} \left[\frac{D}{4} \right]^{2/3} \left[\frac{hf}{L} \right]^{1/2}$$

$$Q_{\text{bombeo}} = \frac{\pi D^2}{4 n} \left[\frac{D^{2/3}}{4^{2/3}} \right] \left[\frac{hf}{L} \right]^{1/2}$$

Simplificando y sustituyendo n, hf y L, se despeja el valor de D y se obtiene:

$$D = \left[\frac{Q}{14.14} \right]^{3/8} = \left[0.0707 Q_{\text{bombeo}} \right]^{3/8}$$

donde Q_{bombeo} es el gasto de bombeo, en m^3/s .

Considerando que la longitud total de la línea de conducción es de aproximadamente 30 m, que la cota piezométrica alcanzada en el tinaco es de 20 m y que el desnivel estático total es de 15 m, el diámetro de la línea es:

$$D = 28 \text{ mm} \cong 1 \frac{1}{4} \text{ pulg}$$

CAPACIDAD DE REGULACION

La capacidad del tanque alto o tinaco es función del gasto medio diario y de la ley de demandas del fraccionamiento o de la localidad.

Como se determinó anteriormente, el volumen de regulación necesario para un periodo de bombeo de 8 horas es el siguiente:

$$V_{\text{regulación}} = 16.101 \text{ m}^3$$

Dado que la unidad habitacional analizada consta de 4 edificios, el volumen de cada tanque de regulación que se requiere por edificio es el siguiente:

$$V_{\text{edificio}} = \frac{16.101}{4} = 4.025 \text{ m}^3$$

Las dimensiones de cada tanque son: 2 m de largo, 2 m de ancho, 1 m de profundidad útil y 50 cm de bordo libre.

Si se colocan tinacos de 1 100 litros en lugar de tanques, el número de tinacos que se requiere en cada edificio es:

$$\text{Número de tinacos por edificio} = \frac{4.025}{1.1} \cong 4$$

El diseño anterior se basa en la dotación media, la cual incluye la dotación asignada a los diferentes usos del agua (doméstico, municipal, comercial, industrial, así como también se consideran fugas y desperdicios).

Sin embargo, este diseño puede restringirse basándose exclusivamente en la dotación de uso doméstico a nivel popular, que es igual a 71 l/hab/día, según se indica en la tabla 2.3.12.

Tomando un valor aproximado al anterior, igual a 80 l/hab/día, se obtienen los resultados mostrados en la tabla 2.3.10 y obtenidos con el procedimiento seguido anteriormente.

TABLA 2.3.1.10

Dotación	80 l/hab/día
Población	150 hab/módulo
Q med d	0.14 l/s
Q max d	0.19 l/s
Capacidad cisterna	18.00 m ³
V regulación	6.5 m ³
Q bombeo	0.42 l/s
Periodo de bombeo	8 horas
Número de tinacos/edificio	2

2.3.12 OBTENCION DE BASES Y PARAMETROS DE DISEÑO.

Las obras de cabeza comúnmente se conceptualizan de acuerdo con las normas de proyecto que se siguen en la dependencia que lleva a efecto el diseño.

En la distribución, ramaleo en núcleos y alimentación a muebles, el fundamento se toma de planteamientos empíricos.

La carga se deriva de los niveles sugeridos por los fabricantes de muebles y el gasto se define empleando alguno de los métodos siguientes:

- 1) Roy B. Hunter
- 2) Empírico Británico
- 3) Alemán de la Raíz Cuadrada

En incisos posteriores se refieren los aspectos más importantes de los procedimientos mencionados y se revisan con la finalidad de determinar el que tiene mayor aplicación con respecto a las condiciones nacionales.

Para determinar la geometría de la red de distribución es necesario conocer los gastos de circulación en ésta, los cuales se determinan aplicando algunos de los métodos referidos en el inciso 2.3.1.2 y que se detallan posteriormente en los incisos 2.3.2, 2.3.3 y 2.3.4.

El diseño de la tubería consiste en proponer diámetros en función del gasto y considerando la limitación de velocidad.

La tabla 2.3.1.11 se elabora proporcionando los gastos probables de circulación y los valores límites de velocidad, con los cuales se calcula el diámetro de la tubería aplicando la ecuación de continuidad:

$$Q = V A \quad (2.3.1.1)$$

donde:

Q = gasto de circulación a través del conducto, en m^3/s

V = velocidad media del fluido, en m/s

A = área de la sección transversal del conducto, en m^2

De la ecuación de continuidad se despeja el diámetro D conociendo el área del conducto de sección transversal circular, que es:

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

$$D = \sqrt{\frac{4 Q}{n V}} \quad (2.3.12)$$

La velocidad en redes de agua potable está restringida por un rango de variación comprendido entre 0.60 y 3.0 m/s.

En la tabla 2.3.1.11 se emplean estos dos valores extremos de la velocidad para definir un rango de variación del diámetro y elegir aquél valor que provoque las menores pérdidas por fricción.

El cálculo de las pérdidas por fricción es imprescindible para el diseño y la revisión de tuberías, ya que son las mayores pérdidas que se presentan en tuberías largas; las fórmulas que se emplean para determinarlas involucran el diámetro, el gasto y la pendiente piezométrica del tramo analizado, por lo que el diámetro real puede ser definido conociendo el resto de los parámetros.

Antes de analizar el problema de la resistencia al flujo es necesario diferenciar el comportamiento entre los flujos laminar y turbulento.

Osborne Reynolds fue el primero en proponer, en base a sus experimentos, el criterio para distinguir ambos tipos de flujo mediante el número que lleva su nombre, el cual permite evaluar la preponderancia de las fuerzas viscosas sobre las de inercia.

En el caso de un conducto cilíndrico a presión, el número de Reynolds se define como la relación entre las fuerzas de inercia del líquido y la fuerza viscosa del mismo; éste se expresa como:

$$Re = \frac{V D}{\nu} \quad (2.3.13)$$

TABLA 2.3.1.11

CALCULO DEL DIAMETRO EN FUNCION DEL GASTO
Y UN RANGO DE VELOCIDAD

GASTO	VELOCIDAD (m/s)	
	0.6	3.00
1/s	DIAMETRO	
	mm	mm
0.00	0.00	0.00
0.10	14.57	6.51
0.20	20.60	9.21
0.30	25.23	11.28
0.40	29.13	13.03
0.50	32.57	14.57
0.60	35.68	15.96
0.70	38.54	17.24
0.80	41.20	18.43
0.90	43.70	19.54
1.00	46.07	20.60
1.10	48.31	21.61
1.20	50.46	22.57
1.30	52.52	23.49
1.40	54.51	24.38
1.50	56.42	25.23
1.60	58.27	26.06
1.70	60.06	26.86
1.80	61.80	27.64
1.90	63.50	28.40
2.00	65.15	29.13

donde:

V: velocidad media, en m/s

D: diámetro del conducto, en m

ν : viscosidad cinemática del líquido circulante, en m²/s

Las pérdidas por fricción se valúan con la fórmula de Darcy-Weisbach, la cual es válida para cualesquiera tipos de tubo y flujo. Esta se expresa como:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (2.3.1.4)$$

donde:

h_f : pérdida de carga en un tramo de longitud L (m).

f: coeficiente o factor de fricción, el cual es función del número de Reynolds y de la rugosidad relativa (adimensional). La forma de la sección transversal influye cuando no es circular.

D: diámetro interior del tubo (m).

V: velocidad media en el tramo estudiado (m/s).

Cuando el número de Reynolds es menor que el valor crítico 2 300, el flujo es laminar y f sólo depende de la geometría de la sección transversal. El factor de fricción se calcula independientemente de la rugosidad absoluta, con la siguiente fórmula:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (2.3.1.5)$$

A partir del valor de $Re = 4000$, se presenta una zona de transición de flujo, para la cual f se calcula con la ecuación de Swamee y Jain:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (2.3.1.6)$$

donde:

ϵ/D : rugosidad relativa (adimensional)

Re : número de Reynolds (adimensional)

Para el cálculo de f es suficiente aproximación la ecuación de Swamee y Jain o el Diagrama Universal de Moody (figura 2.3.1.2), que es un resumen para obtener este factor en cualesquiera tipos de tubo y flujo.

Las pérdidas locales son las más pequeñas y su magnitud se expresa como una proporción de la carga de velocidad media aguas abajo o aguas arriba de donde se produce la pérdida y se valúan con la fórmula siguiente:

$$hf = k \frac{v^2}{2g} \quad (2.3.1.7)$$

donde:

k : coeficiente experimental (adimensional) que depende en general del tipo de pérdida, número de Reynolds y rugosidad del tubo.

v : velocidad del fluido (m/s)

g : constante de aceleración de la gravedad igual a 9.81 m/s^2

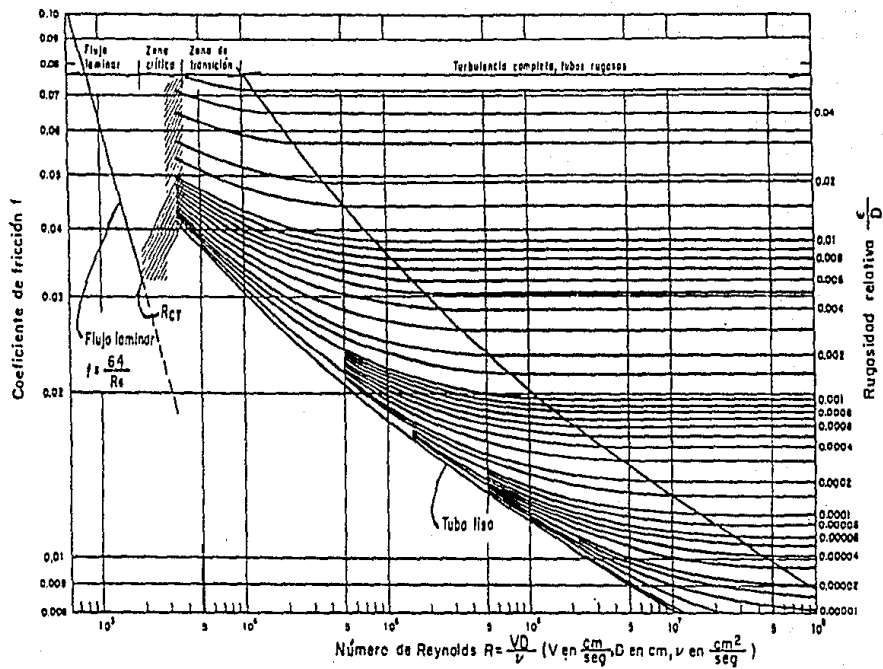


FIGURA 2.3.1.2

DIAGRAMA UNIVERSAL DE MOODY.
 COEFICIENTE DE FRICCIÓN PARA CUALQUIER TIPO Y TAMAÑO
 DE TUBO.

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

A: Área de la sección transversal (m²)

P: perímetro mojado (m)

2.3.1.4 DISEÑO HIDRAULICO.

Una vez establecidas las características geométricas de la red de distribución, se puede analizar el funcionamiento hidráulico de la misma, para lo cual se determinan la velocidad real de circulación y la carga piezométrica, que son los parámetros que definen dicho funcionamiento.

Al tratarse de una red abierta, las descargas están perfectamente localizadas y pueden ser consideradas como puntuales, por lo que la velocidad real de circulación se obtiene mediante la ecuación de continuidad:

$$Q = V A$$

siendo Q, para el caso de nuestra red analizada, el gasto obtenido a través del método escogido en el inciso 2.3.5 y A el Área de la sección transversal, cuyo diámetro es obtenido por medio del diseño geométrico de la red (inciso 2.3.1.3).

Establecida la velocidad, se obtienen las pérdidas por fricción producidas a través de la geometría definitiva de la red. Asimismo, se define la cota piezométrica en el tinaco con respecto al plano horizontal de comparación, el cual se ubica sobre el punto de descarga del mueble analizado, para posteriormente calcular la carga disponible por mueble.

Con el fin de revisar los diámetros propuestos por el diseño hidráulico, se calculan las pérdidas por fricción calculadas por muelle y se comparan con la carga disponible acumulada en el muelle.

23.15 DISEÑO DE INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS.

Estas instalaciones son todas aquellas que se implementan como dispositivos auxiliares de la conducción y distribución y que contribuyen a ofrecer un eficiente suministro de agua.

- Almacenamiento bajo.

Tiene como función captar el agua proveniente de la toma y almacenar el volumen necesario para regularizar las demandas de las instalaciones subsecuentes. Es el elemento encargado de proporcionar el caudal que se distribuye en la red.

Se dispone de almacenamiento bajo cuando el gasto y la carga de la red exterior no son suficientes para satisfacer los requerimientos de las instalaciones internas.

- Bombas.

En los sistemas de abastecimiento de agua, las bombas se emplean con el propósito de elevar el agua desde la cisterna o tanque bajo hasta un almacenamiento elevado o de enviarla directamente a la red de distribución, canalizando las excedencias a un tanque alto.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- **Almacenamiento alto.**

El objetivo de este elemento es el de proveer de la carga de operación requerida en la distribución y, en algunos casos, de almacenar y regularizar.

Las instalaciones complementarias, por su parte, necesitan de elementos auxiliares, como son las unidades de control, las cuales se indican a continuación:

- **Válvula de flotador.**

Es un dispositivo que opera por niveles y tiene como función suspender el ingreso de agua cuando se alcanza el nivel máximo, tanto en el almacenamiento alto como en el bajo, el cual puede estar interconectado al sistema de arranque de la bomba.

- **Electroniveles.**

Son dispositivos eléctricos que se emplean para controlar los paros y arranques de la bomba con el propósito de protegerla y favorecer la operación y vida útil del motor.

Cuando se alcanza el nivel mínimo en el almacenamiento alto, el electronivel envía una señal de arranque a la bomba con el fin de que eieve el agua contenida en la cisterna e indique que ésta contiene suficiente agua para impedir que la bomba trabaje en vacío. Cuando en el tinaco se ha alcanzado el nivel máximo, el electronivel envía la señal de paro a la bomba. Para confirmar las señales de arranque y paro, se emplea un retardador de tiempo, integrado al arrancador.

- **Switch de presión.**

Este dispositivo tiene como función controlar la presión en la línea de conducción. Al disminuir la carga, activa automáticamente la bomba y de igual manera, cuando se incrementa la presión por encima de los niveles previstos, permite interrumpir la operación del motor, siempre a través del arrancador.

2.3.2 METODO DE HUNTER

2.3.2.1 BASES DEL METODO.

La primera aplicación de la teoría de la probabilidad en la determinación de los gastos de diseño de tuberías fue desarrollado por el Dr. Roy B. Hunter en el National Bureau of Standards.

Este método parte de la asignación de unidades a cada uno de los muebles que se emplean en las instalaciones hidráulicas y de la aplicación de la teoría de la probabilidad en el problema del gasto de diseño, ya que supone que la operación de los principales muebles conectados a un sistema de tuberías puede ser considerado como un evento al azar. Aunque esto no es enteramente real, sirve como una firme base para la obtención del método.

Hunter obtiene las máximas frecuencias de uso de los muebles que representan la demanda principal en la red de distribución de un edificio habitacional, basando sus estimaciones en observaciones realizadas en hoteles y conjuntos plurifamiliares durante los periodos de máximo uso. También determina los valores característicos de las tasas promedio de uso del agua a través de diferentes muebles y el tiempo de operación de cada uno de ellos.

El desarrollo teórico de este método se aplica solamente en el caso de grandes grupos de muebles, tales como los que se encuentran en conjuntos plurifamiliares, hoteles y edificios de oficinas. La razón por la que se toma esta consideración se basa en que el gasto de diseño tiene una cierta probabilidad de ser excedido.

Esta posibilidad sólo puede ser comprobada realizando registros de la demanda de agua potable y de los gastos aportados a la red de drenaje en edificios que disponen de un gran número de muebles, ya que tales registros serían necesarios para la adecuación del método a las condiciones de operación de las instalaciones hidráulicas en el país.

2.3.2.2 APLICACION DE LA TEORIA DE LA PROBABILIDAD.

Para poder aplicar la teoría de la probabilidad, es necesario partir de un sistema ideal, que en este caso se define como una red de distribución que consiste en un extenso número n de muebles de un mismo tipo.

La probabilidad p de que un mueble de esta red se encuentre operando en cualquier instante seleccionado arbitrariamente, es la siguiente:

$$p = \frac{t}{T} \quad (2.3.2.1)$$

donde T se define como el tiempo promedio, en segundos, entre usos sucesivos de cada mueble, mientras que t es la duración en segundos, de cada uso del mueble, es decir, el tiempo de utilización individual.

Del mismo modo, la probabilidad de que este mueble en particular (o cualquier otro) no se encuentre funcionando es:

$$1 - p = 1 - \frac{t}{T} \quad (2.3.2.2)$$

Cabe destacar que las condiciones de operación en que se encuentren los otros $(n - 1)$ muebles en el instante en que es analizada la red, no tienen ninguna relación o incidencia en las probabilidades dadas por las ecuaciones (2.3.2.1) y (2.3.2.2).

Sin embargo, en la práctica las redes de distribución no están constituidas exclusivamente por un único tipo de mueble, sino por un gran número de lavaderos, fregaderos, inodoros, tinajas y varios muebles especiales.

Por una parte, la probabilidad de que 2 muebles se encuentren operando en un instante cualquiera, sin considerar lo que pasa con los demás $(n-2)$ muebles, se determina de la siguiente manera: como ya se había definido, la probabilidad de encontrar en operación al primero de estos dos muebles seleccionados es p . Igualmente, la probabilidad de encontrar al segundo en operación es p , entonces la probabilidad de que ambos se encuentren operando es p^2 , de acuerdo a la ley de eventos dependientes.

Similarmente, la probabilidad de encontrar tres muebles operando es p^3 y la probabilidad de encontrar el total de n muebles operando es p^n .

De la misma forma, la probabilidad de que 2 muebles en particular, pero ninguno de los otros $(n - 2)$, se encuentren operando en un instante seleccionado arbitrariamente, se determina obteniendo el producto de las probabilidades de cada evento, es decir :

$$p = (1 - p)^{n-2} p^2 \quad (2.3.2.3)$$

Sin embargo, es de interés establecer para el caso general, la expresión que define el número de opciones para seleccionar r elementos de un total de n . La expresión que define este concepto es:

$$\binom{n}{r} = \frac{n!}{r!(n-r)!} \quad (2.3.2.4)$$

donde $\binom{n}{r}$ representa el número de posibles combinaciones que pueden formarse tomando r muestras a la vez de un total de n .

Definido este concepto, se puede establecer la expresión general que determina la probabilidad de encontrar operando solamente r muestras de un total de n , en un instante seleccionado arbitrariamente:

$$P_r^n = \binom{n}{r} (1-p)^{n-r} p^r \quad (2.3.2.5)$$

donde r puede tomar cualquier valor entero comprendido entre 0 y n .

En la teoría de la probabilidad, la certeza está representada por la unidad; por ende, si se suman todas las probabilidades representadas por la ecuación (2.3.2.5), se obtiene la relación:

$$P_r^n = \sum_{r=0}^{r=n} \binom{n}{r} (1-p)^{n-r} p^r = 1 \quad (2.3.2.6)$$

Finalmente, es necesario determinar el número máximo de muebles, del total n , que pueden encontrarse en operación simultánea, con el fin de determinar el gasto de diseño de la red de circulación, lo cual constituye el objetivo de este método.

Una vez que se ha establecido el valor de m , el caudal de diseño se obtiene multiplicando m por la tasa de demanda promedio para un mueble:

$$Q_d = m q \quad (2.3.2.7)$$

El criterio que se aplica para la obtención de un diseño adecuado es el siguiente: se considera que la red de distribución opera eficientemente si satisface el gasto de demanda simultánea de un número m de n muebles que componen la red, de manera que la probabilidad de que un número mayor a m se encuentre en operación simultánea, no es mayor a 1%. Esta probabilidad se expresa como sigue:

$$p_0^n + p_1^n + p_2^n + \dots + p_{m-1}^n + p_m^n \leq 0.99 \quad (2.3.2.8)$$

El menor valor de m para el cual la ecuación es verdadera proporciona el número de muebles para los cuales debe ser diseñada la red de distribución.

2.3.2.3. APLICACION DEL METODO A UNA RED
DE DISTRIBUCION PARTICULAR.

Antes de determinar las curvas que relacionan los valores de m y n , Hunter establece los valores de T y t para cada tipo de mueble, como se muestra en la tabla 2.3.2.1.

TABLA 2.3.2.1

Valores de T y t para algunos tipos de muebles

MUEBLE	t (seg)	T (seg)	$\frac{t}{T}$
Muebles que operan con válvula	9	300	0.03
Muebles que operan con tanque	60	300	0.20
Tina	60	900	0.067

Las relaciones entre m y n para muebles operando con válvulas, muebles operando con tanque y tinas se representan en la figura 2.3.2.1.

El siguiente paso consiste en multiplicar los valores de m , correspondientes a valores dados de n , por el gasto promedio aportado por mueble en cada descarga individual, de acuerdo con los caudales propuestos por Hunter, los cuales se presentan en la tabla 2.3.2.2.

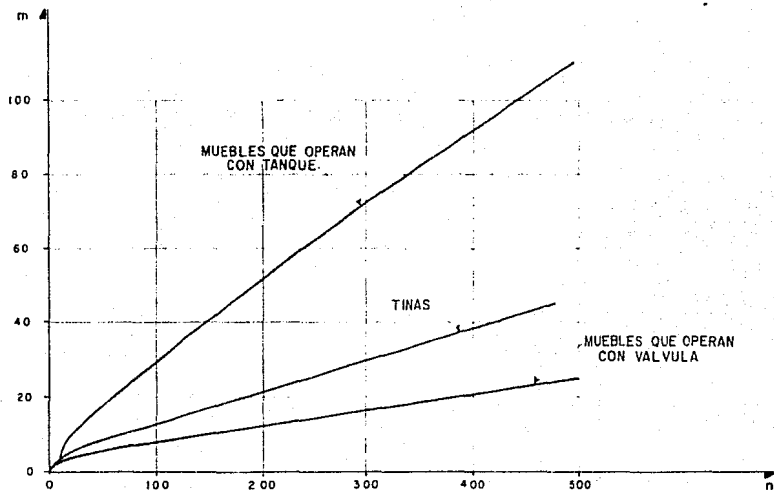


Fig.2.3.2.1 RELACION DE DISEÑO ENTRE EL NUMERO DE MUEBLES m Y EL TOTAL DE MUEBLES n .

TABLA 2.3.2.2

CAUDALES POR TIPO DE MUEBLE

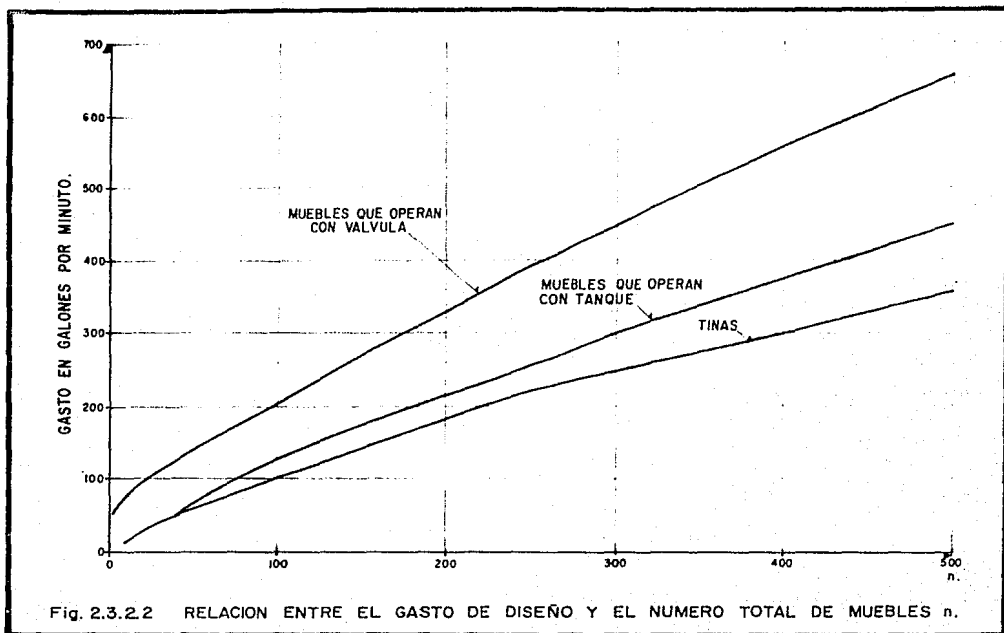
TIPO DE MUEBLES	Caudal por descarga	
	gal/min	l/seg
Mueble operado por válvula	27	1.703
Mueble operado por tanque	4	0.252
Tina	8	0.505

Obtenido el producto de m por el caudal promedio, se obtiene la gráfica de la relación entre n y el gasto por mueble, mostrada en la figura 2.3.2.2.

Sin embargo, en la práctica las redes de distribución no se diseñan con muebles de una sola clase, sino que consisten de un gran número de muebles de cada tipo, pero no sería correcto obtener una curva para cada mueble, sumar sus correspondientes caudales y obtener la suma total, ya que la función de probabilidad interviene en el resultado.

Por lo tanto, Hunter concibe un método para obtener el gasto de diseño, el cual proporciona resultados que son sólo aproximados, pero con una aproximación del 0.5%. Esta precisión es perfectamente satisfactoria para este problema, ya que se trabaja con inexactitudes mucho mayores que ésta.

Hunter asigna factores de carga o unidades mueble a cada tipo de mueble para representar el grado con el cual sus gastos de demanda respectivos inciden en la red al ser operados a la frecuencia máxima supuesta.



Las unidades mueble correspondientes a tinaz, muebles que operan con válvula y muebles que operan con tanque se determinan de la manera que se detalla a continuación.

Primero, se asigna arbitrariamente a los muebles operados con válvula una unidad mueble igual a 10; se observa en la figura 2.3.2.2 que el número de muebles correspondiente a un caudal de 150 gal/min es de 57 muebles que operan con válvula, 133 que operan con tanque y 164 tinaz.

Por ende, 150 gal/min es el gasto de diseño de una red de distribución que consiste de 57 inodoros equipados con fluxómetro y puestos en operación con la frecuencia promedio especificada en la tabla 2.3.2.1 y que probablemente excederá los 150 gal/min sólo el 1% del tiempo.

Esta consideración es válida también para sistemas que consisten de 133 inodoros equipados con tanque o para sistemas que comprenden 164 tinaz.

De la misma forma, se determinan valores similares de n para caudales de 200, 250 y 300 gal/min, los cuales cubren un rango adecuado de gastos de diseño. Estos valores se anotan en la tabla 2.3.2.3.

TABLA 2.9.2.3

Demanda, gal/min	Muebles que operan con válvula		Muebles que operan con tanque		Tinas	
	No. de muebles n	Unidad mueble f	No. de muebles n	Unidad mueble f	No. de muebles n	Unidad mueble f
150	57	10	193	4.29	164	3.48
200	97	10	187	5.19	234	4.15
250	138	10	245	5.63	310	4.45
300	178	10	307	5.80	393	4.53
Unidad mueble promedio		10		5.23		4.15
Valor seleccionado		10		5		4

En la tabla mencionada se multiplica la unidad mueble de 10, referida a un caudal de 150 gal/min, por 57 y se divide entre 193 para obtener la unidad mueble correspondiente a muebles que operan con tanque para este mismo caudal, la cual es igual a 4.29.

El resto de las unidades mueble, tanto para tinas como para muebles que operan con tanque, se calculan siguiendo el mismo procedimiento.

Se observa que las unidades mueble correspondientes a muebles que operan con tanque y a tinas, aumentan a medida que el caudal es mayor; sin embargo, parecen aproximarse a un límite, en lugar de crecer indefinidamente.

Por ende, las unidades mueble de los sistemas que operan con tanque y de las tinas se promedian, obteniéndose los resultados mostrados en la parte inferior de la tabla 2.3.2.3.

La tabla 2.3.2.4 proporciona el producto fn , el cual se calcula al multiplicar el número de muebles n por su correspondiente unidad mueble f , obtenida en el último renglón de la tabla 2.3.2.3. Los resultados se muestran en la figura 2.3.2.3.

TABLA 2.3.2.4

Demanda gal/min	Muebles que operan con fluxómetro		Muebles que operan con tanque		Tinas	
	No. de muebles n	Producto fn	No. de muebles n	Producto fn	No. de muebles n	Producto fn
150	57	570	133	665	164	656
200	97	970	187	935	234	936
250	138	1380	245	1225	310	1240
300	178	1780	307	1598	393	1572

Para edificios pequeños es conveniente seleccionar los gastos de diseño con mayor precisión que la que puede ofrecer la figura 2.3.2.3, por lo que se emplea la figura 2.3.2.4.

La tabla 2.3.2.5 muestra la equivalencia de los diferentes tipos de mueble en unidades mueble.

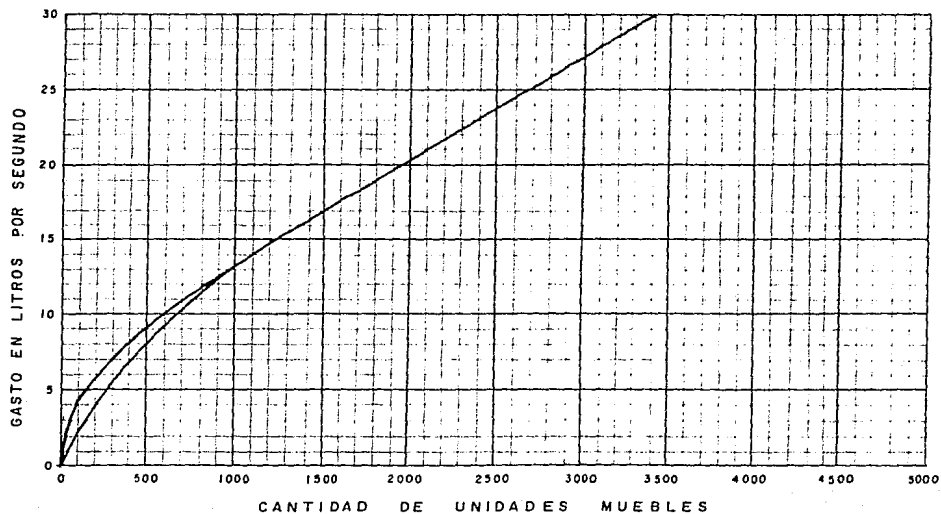


Fig. 2.3.2.3 GRAFICA DEL AUMENTO DE LA DEMANDA DE CARGA PARA ALIMENTACIONES DE AGUA.

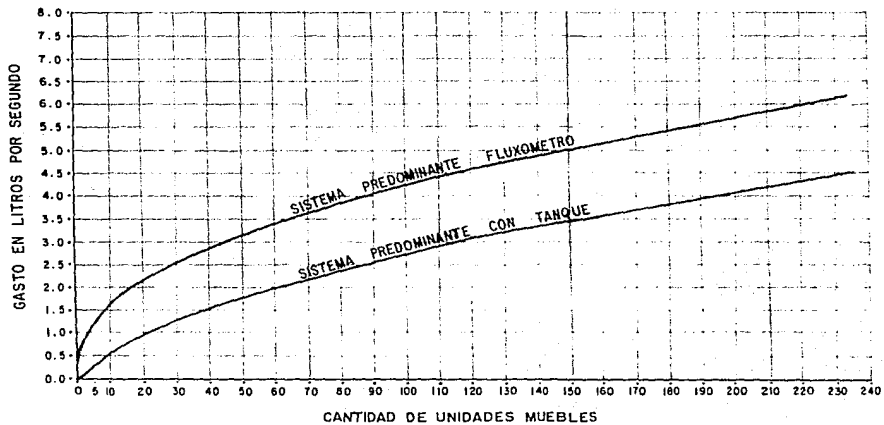


Fig. 2.3.2.4 RELACION ENTRE EL GASTO DE DISEÑO Y EL NUMERO DE UNIDADES MUEBLE.

TABLA 2.3.2.5

EQUIVALENCIA DE LOS MUEBLES EN UNIDADES DE GASTO			
MUEBLE	SERVICIO	CONTROL	U. M.
Excusado	Público	Válvula	10
Excusado	Público	Tanque	5
Fregadero	Hotel, rest.	Llave	4
Lavabo	Público	Llave	2
Mingitorio (pedestal)	Público	Válvula	10
Mingitorio (pared)	Público	Válvula	5
Mingitorio (pared)	Público	Tanque	3
Regadera	Público	Mezcladora	4
Tina	Público	Llave	4
Vertedero	Oficina, etc	Llave	3
Excusado	Privado	Válvula	6
Excusado	Privado	Tanque	3
Fregadero	Privado	Llave	2
Grupo baño	Privado	Exc. Válvula	8
Grupo baño	Privado	Exc. Tanque	6
Lavabo	Privado	Llave	1
Lavadero	Privado	Llave	3
Regadera	Privado	Mezcladora	2
Tina	Privado	Mezcladora	2

Se presenta a continuación un ejemplo de aplicación del método de Hunter, con el cual se lleva a cabo el cálculo del gasto de diseño de la red de distribución correspondiente a un arreglo típico de la instalación hidráulica implantada en un módulo de Renovación Habitacional.

TABLA 2.3.2.6

MUEBLE	No	UNIDAD MUEBLE	TOTAL	GASTO MAXIMO PROBABLE
Lavabo	3	1	3	0.15
W. C.	3	3	9	0.50
Regadera	3	2	6	0.25
Fregadero	3	2	6	0.25
Lavadero	3	3	9	0.50
Total		11	33	1.65 1/s

2.3.3 METODO EMPIRICO BRITANICO.

Para un número dado de muebles que integran la red de distribución, se selecciona el número de muebles que se supone operan simultáneamente en ésta, en base al arbitrio de la experiencia y al criterio.

Este método fue propuesto por un grupo de técnicos con experiencia en el diseño de instalaciones hidráulicas y sanitarias, los cuales establecieron una tabla de probables demandas simultáneas (tabla 2.3.3.2), correspondientes a diferentes gastos de demanda.

Partiendo de la estructura de la red de distribución de agua, se suman las demandas de todos los muebles sanitarios que son alimentados por una tubería dada (obtenidas de la tabla 2.3.3.1) y con este dato se obtiene el caudal máximo esperado, según se indica en la tabla 2.3.3.2.

En la actualidad, este método es poco empleado en Gran Bretaña, ya que se ha desarrollado recientemente un método basado en la teoría de la probabilidad.

Las tablas mencionadas anteriormente se muestran a continuación:

TABLA 2.9.3.1

GASTO MAXIMO PROBABLE

DESCARGA POR MUEBLE

MUEBLE	galones/minuto	litros/segundo
BARO (PRIVADO)	5	0.92
BARO (PUBLICO)	8	0.50
FREGADERO	4	0.25
LAVABO	2	0.13
REGADERA	2	0.13
REGADERA (10 cm)	4	0.25
REGADERA (15 cm)	8	0.50

TABLA 2.3.3.2
DEMANDA MAXIMA PROBABLE

GASTO TOTAL SIMULTANEO	GASTO PROBABLE SIMULTANEO	GASTO TOTAL SIMULTANEO	GASTO PROBABLE SIMULTANEO
1/ε	1/ε	1/ε	1/ε
0.06 a 0.70	100%	5.10	2.33
0.88	0.82	5.29	2.46
1.01	0.91	6.74	2.65
1.13	1.01	7.75	2.84
1.16	1.10	8.95	3.02
1.45	1.20	10.27	3.28
1.64	1.19	11.84	3.53
1.89	1.41	13.61	3.84
2.21	1.55	15.62	4.10
2.52	1.64	18.02	4.47
2.90	1.89	23.81	5.36
3.84	2.02	27.41	6.00
4.47	2.14	31.50	6.55
		32 y más	20

A continuación se muestra la aplicación de este método en un arreglo típico de los módulos de Renovación Habitacional.

TABLA 2.3.3.3

MUEBLES	No.	CAUDAL POR MUEBLE (l/s)	CAUDAL TOTAL (l/s)
LAVABO	3	0.13	0.39
BAÑO (PRIVADO)	3	0.32	0.96
REGADERA (10 cm)	3	0.25	0.75
FREGADERO	3	0.25	0.75
LAVADERO	3	0.25	0.75
GASTO TOTAL SIMULTANEO			3.7 l/s

Con este valor se entra a la tabla 2.3.3.2 y se busca su correspondiente gasto probable simultáneo, obteniéndose por interpolación un gasto probable simultáneo de:

$$Q_{ps} = 1.9868 \approx 2.0 \text{ l/s}$$

2.3.4 METODO ALEMAN DE LA RAIZ CUADRADA.

Este método define un gasto unitario, que es el caudal descargado a través de una tubería de 3/8 pulg (9.525 mm) de diámetro, bajo ciertas condiciones de operación, al cual se le asigna un factor de descarga.

Para cualquier otro mueble cuyo diámetro de salida sea diferente a 3/8 pulg, se divide su correspondiente gasto de descarga entre el gasto unitario y el resultado se eleva al cuadrado, obteniéndose así su respectivo factor de descarga.

A cada mueble le corresponde un determinado factor de descarga, el cual es multiplicado por el número de muebles similares que existen en el edificio, obteniéndose así un producto.

La raíz cuadrada de la suma de los productos se multiplica por el gasto unitario y el resultado es precisamente, el gasto máximo esperado para el ramal en cuestión.

Cabe hacer notar que sólo los muebles que son alimentados por la tubería analizada, son los que se consideran en la determinación del gasto de diseño.

Además, para la aplicación de este método, es necesario aclarar algunas consideraciones: se define como gasto unitario, el caudal normal que se descarga a través de una salida de 3/8 pulg de diámetro y se establece que es igual a 0.25 l/seg.

El gasto unitario se representa como q_i y el factor de descarga f_i asociado a la salida de 3/8 pulg es igual a la unidad.

En general, para cualquier número de los distintos tipos de muebles que son usados intermitentemente en la red de distribución, el gasto de diseño se calcula con la fórmula siguiente:

$$Q = q_i \sqrt{f_1 n_1 + f_2 n_2 + \dots + f_i n_i}$$

La tabla siguiente representa los factores correspondientes a cada uno de los distintos diámetros de salida.

TABLA 2.3.4.1

DIAMETRO DE SALIDA		FACTOR DE DESCARGA
(mm)	(pulg)	f
9.53	3/8	1
12.70	1/2	2.5
19.05	3/4	9
25.40	1	20

Se muestra a continuación, la aplicación de este método en un arreglo típico de los módulos de Renovación Habitacional Popular.

TABLA 2.34.2

Ejemplo de Aplicación

MUEBLES	No. DE MUEBLES	DIAMETRO	FACTOR DE DESCARGA (f)
LAVABO	3	9.5 mm (3/8 pulg)	1.0
W.G.	3	9.5 mm (3/8 pulg)	1.0
REGADERA	3	13 mm (1/2 pulg)	2.5
FREGADERO	3	19 mm (3/4 pulg)	9.0
TARJA	3	13 mm (1/2 pulg)	2.5

Gasto máximo probable:

$$Q = q_1 \sqrt{f_1 n_1 + f_2 n_2 + f_3 n_3}$$

$$Q = 0.25 \sqrt{(1) (6) + 2.5 (6) + 9 (3)}$$

$$Q = 1.732 \text{ L/s}$$

2.3.5 SELECCION DEL METODO MAS APROPIADO.

Los distintos métodos analizados en los incisos 2.3.2, 2.3.3 y 2.3.4 han sido revisados para determinar la carga de diseño en los diferentes tramos de la red de distribución de agua potable del edificio.

Con la aplicación de estos métodos se ha determinado el gasto de diseño para la red de distribución de la instalación hidráulica dispuesta en los módulos de Renovación Habitacional Popular.

El gasto máximo probable calculado con la aplicación de cada uno de los métodos, se presenta en la siguiente tabla:

TABLA 2.3.5.1

METODO	GASTO MAXIMO PROBABLE (l/s)
ROY B. HUNTER	1.65
EMPIRICO BRITANICO	2.00
ALEMAN DE LA RAIZ CUADRADA	1.73

Después de analizar el fundamento de cada uno de los procedimientos mencionados y los resultados arrojados por éstos, puede seleccionarse el criterio más adecuado en función de los gastos obtenidos para el diseño y de aquéllos que es posible suministrar a la población de acuerdo a las condiciones técnicas y económicas del país.

Considerando que el método desarrollado por Hunter es el más racional, dado que toma en cuenta factores que afectan el gasto de diseño y que por tanto, deben intervenir en su determinación, puede elegirse como el criterio más apropiado, dado que los otros métodos no consideran estos factores.

Además, es necesario tomar en cuenta que al basarse en procedimientos desarrollados en el extranjero, se determinan gastos de diseño mayores a los que es posible proporcionar en nuestro país, como es el caso de los otros métodos, los cuales aportan gastos mayores al obtenido a través del método de Hunter.

24 DISEÑO DEL MÓDULO EXPERIMENTAL DE INSTALACIONES HIDRAULICAS.

La red de distribución del módulo de pruebas presenta la geometría típica de las instalaciones hidráulicas implementadas en los módulos de vivienda que forman parte del Programa de Renovación Habitacional Popular, como se muestra en la figura 2.4.1.

El diseño hidráulico de la red se lleva a cabo tomando como base los gastos de circulación obtenidos mediante la aplicación del método de Hunter.

En función de estos gastos se proponen diámetros tentativos por cada tramo, para lo cual se emplea la tabla 2.3.1.11. Como resultado se obtiene la tabla 2.4.1, en donde se indica el número de unidades mueble por tramo y las unidades acumuladas por tramos subsecuentes. A continuación se define el gasto de circulación obtenido a partir de la aplicación del método de Hunter y el diámetro resultante.

Posteriormente, se realiza la revisión de los diámetros propuestos mediante el cálculo de las pérdidas de carga entre el tinaco y cada uno de los muebles y la comparación de éstas con la carga disponible en ellos.

Como en este caso el tinaco se encuentra ubicado en un nivel fijo, los diámetros que se consideran como los adecuados son aquéllos que provocan pérdidas de carga menores que la diferencia entre la cota piezométrica en el tinaco y la carga disponible en el mueble analizado.

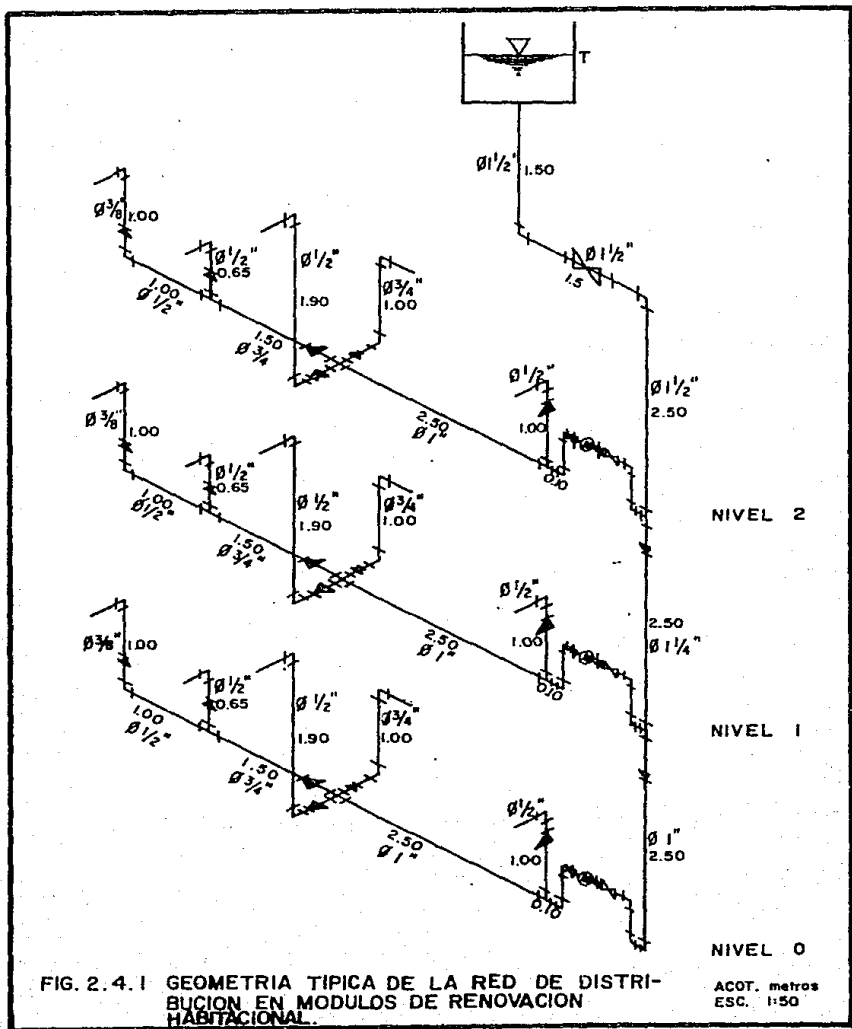


FIG. 2.4.1 GEOMETRIA TIPICA DE LA RED DE DISTRIBUCION EN MODULOS DE RENOVACION HABITACIONAL.

TABLA 2.4.1

NIVEL	TRAMO	UNIDADES MUEBLE		GASTO l/s	DIAMETRO	
		Por tramo	Acumuladas		mm	pulg
0	79 - 82	1	1	0.050	12.70	1/2
0	78 - 79	3	4	0.200	19.05	3/4
0	68 - 71	4	8	0.400	25.40	1
0	59 - 68	3	11	0.550	25.40	1
	58 - 59		11	0.550	25.40	1
1	52 - 55	1	1	0.050	12.70	1/2
1	51 - 52	3	4	0.200	19.05	3/4
1	41 - 44	4	8	0.400	25.40	1
1	32 - 41	3	11	0.550	25.40	1
	31 - 32		22	1.100	31.75	1 1/4
2	25 - 28	1	1	0.050	12.70	1/2
2	24 - 25	3	4	0.200	19.05	3/4
2	14 - 17	4	8	0.400	25.40	1
2	5 - 14	3	11	0.550	25.40	1
	4 - 5	22	33	1.650	38.10	1 1/2
	2 - 4		33	1.650	38.10	1 1/2
	1 - 2		33	1.650	38.10	1 1/2

Para identificar a cada uno de los elementos de la instalación hidráulica representada en el módulo experimental, se utiliza la nomenclatura que se describe a continuación.

Como se observa en la figura 2.4.2, los muebles sanitarios se ubican en el orden siguiente: de izquierda a derecha, en el sentido de circulación del flujo: tarja, regadera, fregadero, taza de excusado o W. C. y lavabo.

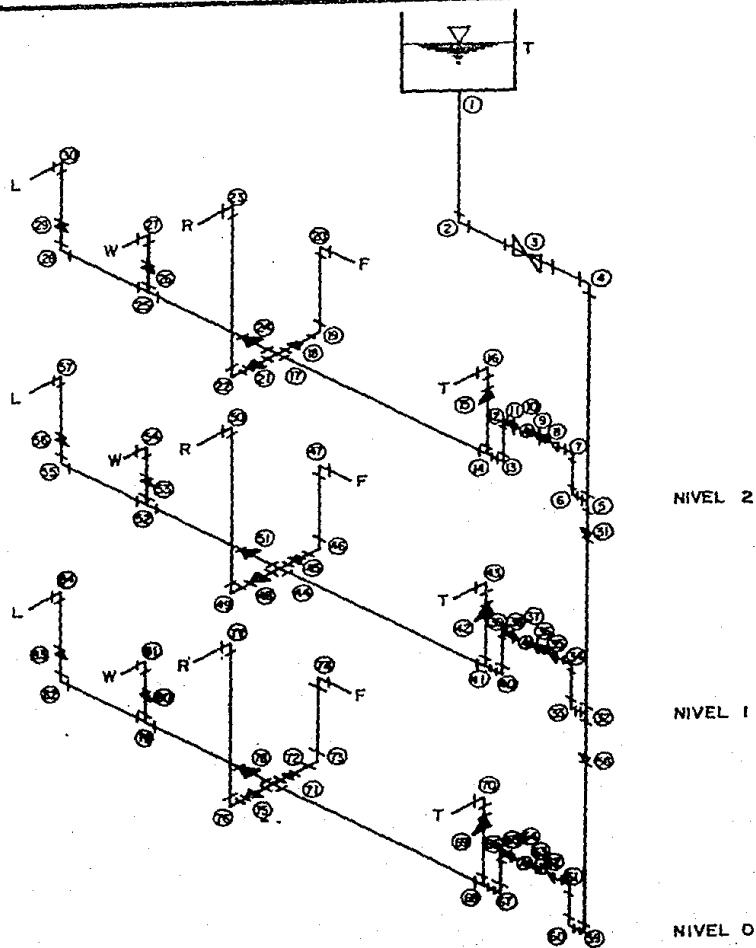


FIG. 2.4.2 IDENTIFICACION DE ACCESORIOS.

Para identificar a cada mueble, se emplea la simbología siguiente: XY-Z, donde X representa la inicial del nombre del mueble, Y es un número entero que indica el nivel en que se encuentra dicho mueble y Z la posición que ocupa éste en el nivel Y, representada por un número entero también. De esta manera, cada mueble de la instalación queda perfectamente identificado. Así las iniciales empleadas son:

T: tarja
R: regadera
F: fregadero
W: W. C. o taza de excusado
L: lavabo

Los números que representan a cada nivel son:

2: segundo nivel
1: primer nivel
0: planta baja

Por otra parte, cada uno de los accesorios o piezas especiales colocadas en la instalación están representadas por un número entero positivo que sigue una progresión según el sentido en que circularía el flujo si el total de los muebles operaran simultáneamente, como se muestra en la figura 2.4.2.

Los tramos de tubería se representan como sigue: A-B, donde A representa el número de accesorio en que comienza el tramo y B el número de accesorio en que éste finaliza. El tinaco se identifica con la letra T.

En la tabla 2.4.2 se indican los diámetros de salida propuestos para cada uno de los muebles sanitarios, en función del gasto correspondiente.

En las tablas 2.4.3 a 2.4.5 se presenta el cálculo de las pérdidas de carga entre el tinaco y cada uno de los muebles de la instalación.

TABLA 2.4.2

MUEBLE	SERVICIO	CONTROL	UNIDAD MUEBLE	GASTO l/s	DIAMETRO	
					mm	pulg
Lavabo	Privado	Llave	1	0.05	10	3/8
W. C.	Privado	Tanque	3	0.15	12.7	1/2
Regadera	Privado	Mezcladora	2	0.10	12.7	1/2
Fregadero	Privado	Llave	2	0.10	19.05	3/4
Tarja	Privado	Llave	3	0.15	12.7	1/2

En la tabla 2.4.3 se determinan las pérdidas de carga entre el tinaco y cada uno de los muebles del nivel 2; en la tabla 2.4.4 se presenta el cálculo correspondiente para el nivel 1 y en la tabla 2.4.5 para el nivel 0.

El contenido de las tablas se describe a continuación: en el encabezado se presenta el nivel en el cual se localizan los muebles en los que se cuantifica la pérdida de carga producida entre el tinaco y éstos. Cada una de las tablas consta de 12 columnas que se definen a continuación:

- Número (No.).

Corresponde al número progresivo con que se identifican los elementos o piezas especiales en el tramo considerado, como se observa en la figura 2.4.2. Conviene hacer notar, por un

lado, que los tramos de tubería en donde se determinan las pérdidas por fricción no son incluidos en la numeración; por otro lado se debe observar que una vez calculada la pérdida entre el tinaco y el mueble, se indica con una línea intermitente.

- **Elemento o tramo.**

Representa al elemento o pieza especial que instalado en el tramo analizado provoca una reducción en la carga piezométrica y corresponde a válvulas, tees, codos, reducciones, tuercas unión, etc. En esta misma columna se identifican los tramos de tubería que conectan a los elementos especiales.

- **Longitud o abertura.**

Longitud: corresponde a la longitud, en metros, del tramo de tubería entre elementos especiales que sirve de base para el cálculo de la pérdida de carga por fricción.

% Abertura: Se indica exclusivamente en las válvulas de compuerta para indicar el porcentaje en que se encuentran abiertas.

- **Diámetro (mm).**

Corresponde al diámetro en mm del elemento o tramo de tubería analizado. Para el caso de las reducciones se utiliza el diámetro menor o de salida.

- Diámetro (pulg).

Corresponde al diámetro de la tubería del elemento analizado expresado en pulgadas.

- k o f.

En esta columna se presentan los factores de pérdida de carga para los elementos analizados (k) así como para los tramos de tubería (f).

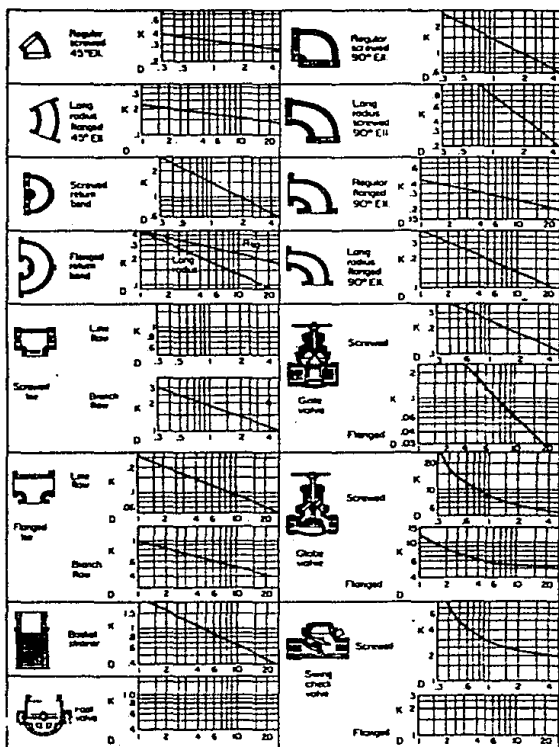
k: corresponde a la constante del elemento o pieza especial analizada e interviene en la fórmula 2.3.1.7:

$$h_f = k \frac{v^2}{2g}$$

En el caso de las válvulas, el valor de k varía de acuerdo con el porcentaje de abertura de dicho elemento. Como el porcentaje de abertura es del 100% se emplea la figura 2.4.3. Para el caso de tes y codos el valor de k se obtiene en la misma figura.

f: Factor de pérdida de carga correspondiente al tramo de tubería analizado. Este factor interviene en la fórmula de pérdidas por fricción de Darcy-Weisbach (ecuación 2.3.1.4) y se obtiene a partir de la ecuación 2.3.1.6, ya que los gastos utilizados y los diámetros de los tramos provocan un flujo turbulento.

La rugosidad absoluta que interviene en esta ecuación corresponde a tubería de cobre y es $\epsilon = 0.0015$ mm.



D: DIAMETRO DEL ACCESORIO EN PULGADAS.

FIG. 2.4.3 COEFICIENTE DE PERDIDA DE CARGA K DE ALGUNOS ACCESORIOS COMUNES.

f puede también ser obtenido del Diagrama Universal de Moody (fig. 2.3.1.2).

- Gasto (l/min).

Corresponde al caudal que circula a través de los tramos de tubería y que fue obtenido a partir del método de Hunter.

- Pérdida de carga (m).

Corresponde a la pérdida de carga hidrostática calculada en cada tramo analizado con las fórmulas de las pérdidas por fricción y de las pérdidas locales (ecuaciones 2.3.1.4 y 2.3.1.7, respectivamente).

- Pérdida de carga acumulada (m).

Es la acumulación de las pérdidas de carga en tuberías y en piezas especiales en el tramo analizado.

- Cota piezométrica (m).

Es la cota piezométrica mínima que puede alcanzarse en el tinaco y que tiene como nivel de referencia el correspondiente al punto de descarga del mueble en el cual se cuantifica la pérdida de carga.

- **Carga disponible (a).**

Es la carga de presión disponible en el mueble para el cual se cuantifican las pérdidas de carga y se calcula restando las pérdidas acumuladas hasta el mueble, a la cota piezométrica en el tinaco. Para este caso, como el nivel de referencia pasa por el punto de descarga, la carga disponible en el mueble analizado es igual a su cota piezométrica.

- **Relación a pérdida calculada.**

Es la relación entre la carga disponible y las pérdidas de carga acumuladas desde el tinaco hasta el mueble analizado.

TABLA 2.4.3

DISEÑO DEL MÓDULO EXPERIMENTAL

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2

MUEBLE: T2-1

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O % ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)	k o f	GASTO (lit/seg)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	COTA PIEZOMET. (m)	CARGA DISP. (m)	RELACION CARGA/HF
1	ENTRADA		38.10	1.50	0.50	1.65	0.053378			
2	1-2	1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.098613		0.141991	
3	CODO 90o		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106		0.270097	
4	VALVULA DE COMPUERTA 2-4	100.00	38.10	1.50	0.20	1.65	0.021351		0.291448	
5	4-5	1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613		0.380061	
6	CODO 90o		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106		0.508168	
7	5-6	2.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.147689		0.455856	
8	TE 38-38-25 (PASO)		25.40	1.00	1.90	0.55	0.114095		0.769951	
9	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075		0.860026	
10	7-8		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075		0.950101	
11	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.55	0.015012		0.965113	
12	9-10		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804		0.959917	
13	REDUCTOR		25.40	1.00	0.90	0.55	0.054045		1.028762	
14	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804		1.028766	
15	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075		1.118841	
16	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075		1.208915	
17	13-14	0.10	25.40	1.00	0.02	0.55	0.005863		1.214778	
18	TE		25.40	1.00	1.90	0.15	0.008486		1.223265	
19	REDUCCION 1" A 0.5"		12.70	0.50	0.37	0.15	0.026442		1.249706	
20	14-16	1.00	12.70	0.50	0.03	0.15	0.163140		1.412846	
21	CODO 90o		12.70	0.50	2.10	0.15	0.150075		1.562921	3.30 1.74 1.11

PERDIDA DE CARGA ENTRE EL TINACO Y LA TARJA

1.563 m

TABLA 2.4.3 (Cont.)

DISEÑO DEL MÓDULO EXPERIMENTAL

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2

MUEBLE: F2 - 2

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O 1 ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulgadas)	k o f	GASTO (lit/seg)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	COTA PIEZ. (m)	CARGA DISP. (m)	RELACION CARGA/PIE
1	ENTRADA		38.10	1.50	0.50	1.65	0.053378			
	1-2	1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.008613			0.141991
2	CODO 90o		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106			0.270097
3	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	38.10	1.50	0.20	1.65	0.021351			0.291448
	2-4	1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.008613			0.380061
4	CODO 90o		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106			0.508168
	4-5	2.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.147689			0.655856
5	TE 38-38-25		25.40	1.00	1.90	0.55	0.114095			0.769951
6	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090975			0.860026
7	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090975			0.950101
8	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.55	0.015012			0.965113
9	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804			0.969917
10	MEDIDOR		25.40	1.00	0.90	0.55	0.054045			1.023962
11	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804			1.028766
12	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090975			1.118841
13	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090975			1.208915
	13-14	0.10	25.40	1.00	0.02	0.55	0.005863			1.214778
14	TE (PASO)		25.40	1.00	0.90	0.40	0.028586			1.243364
	14-17	2.50	25.40	1.00	0.03	0.40	0.083839			1.327282
17	CRUI		25.40	1.00	1.90	0.10	0.003772			1.330971
18	REDUCCION 1" a 0.75"		19.05	0.75	1.14	0.10	0.000878			1.331852
19	CODO 90o		19.05	0.75	1.70	0.10	0.010666			1.342518
	19-20	1.00	19.05	0.75	0.04	0.10	0.011924			1.354441
20	CODO 90o		19.05	0.75	1.70	0.10	0.010666		3.30	1.93 1.42

PERDIDA DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y EL FREGADERO

1.365 m

TABLA 2.4.3 (Cont.)

DISEÑO DEL MÓDULO EXPERIMENTAL

CÁLCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2

MUEBLE: R2 - 3

NO	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)	k o f	GASTO (lit/seg)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	COTA PIEZOMET. DISP. (m)	CARGA DISP. (m)	RELACION DE CARGA/HF
1	ENTRADA		38.10	1.50	0.50	1.65	0.053378	0.053378		
2	1-2	1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613	0.141991		
3	CODO 90o		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106	0.270097		
4	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	38.10	1.50	0.20	1.65	0.021351	0.291448		
5	2-4	1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613	0.380061		
6	CODO 90o		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106	0.508168		
7	4-5	2.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.147689	0.655856		
8	TE 38-38-25		25.40	1.00	1.90	0.55	0.114095	0.769951		
9	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	0.860026		
10	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	0.950101		
11	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.55	0.015012	0.965113		
12	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	0.969917		
13	REDUCTOR		25.40	1.00	0.90	0.55	0.054045	1.023962		
14	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	1.028766		
15	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.118841		
16	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.208915		
17	13-14	0.10	25.40	1.00	0.02	0.55	0.005863	1.214778		
18	TE (PASO)		25.40	1.00	0.90	0.40	0.028586	1.243364		
19	14-17	2.50	25.40	1.00	0.03	0.40	0.083858	1.327202		
20	CRUZ		25.40	1.00	1.90	0.10	0.003772	1.330974		
21	REDUCCION 1" a 0.5"		12.70	0.50	0.37	0.10	0.011752	1.342725		
22	CODO 90o		12.70	0.50	2.10	0.10	0.065700	1.409425		
23	22-23	1.90	12.70	0.50	0.03	0.10	0.153522	1.562947		
24	CODO 90o		12.70	0.50	2.10	0.10	0.066700	1.629647	2.40	0.77 0.47

PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y LA REGADERA

1.630 m

TABLA 2.4.3 (Cont.)

DISEÑO DEL MÓDULO EXPERIMENTAL

CÁLCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2

MUEBLE: W2-4

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O % ABERTURA	DIAMETRO (mm)	k o f	GASTO (lit/seg)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	COTA PIEZ. (m)	CARGA DISP. (m)	RELACION CARGA/HF
1	ENTRADA		38.10	1.50	0.50	1.65	0.053378			
2	1-2	1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613			0.141991
3	2 CODO 90o		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106			0.270097
4	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	38.10	1.50	0.20	1.65	0.021351			0.291448
5	2-4	1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613			0.380061
6	4 CODO 90o		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106			0.508168
7	4-5	2.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.147689			0.655856
8	5 TE 38-38-25		25.40	1.00	1.90	0.55	0.114095			0.789951
9	6 CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075			0.860026
10	7 CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075			0.950101
11	8 VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.55	0.015012			0.965113
12	9 TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804			0.989917
13	10 MEDIDOR		25.40	1.00	0.90	0.55	0.054045			1.023962
14	11 TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804			1.028766
15	12 CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075			1.118841
16	13 CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075			1.208915
17	13-14	0.10	25.40	1.00	0.02	0.55	0.005863			1.214778
18	14 TE		25.40	1.00	0.90	0.40	0.028586			1.243364
19	14-17	2.50	25.40	1.00	0.03	0.40	0.083838			1.327202
20	17 CRUI		25.40	1.00	0.90	0.20	0.007146			1.334348
21	24 REDUCCION 1" a 0.75"		19.05	0.75	0.14	0.20	0.003513			1.337862
22	24-25	1.50	19.05	0.75	0.03	0.20	0.058932			1.396793
23	25 TE 19-19-13		19.05	0.75	2.10	0.15	0.029644			1.426438
24	26 REDUCCION 0.75" a 0.5"		12.70	0.50	0.22	0.15	0.015722			1.442160
25	26-27	0.65	12.70	0.50	0.03	0.15	0.106041			1.548201
26	27 CODO 90o		12.70	0.50	2.10	0.15	0.150075			1.698276

PERDIDAS DE ENERGIA ENTRE EL TINACO Y EL W.C.

1.698 m

TABLA 2.4.3 (Cont.)

DISEÑO DEL MÓDULO EXPERIMENTAL

CÁLCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2

MUEBLE: L2-5

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulgadas)	K o f	GASTO (lit/seg)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	COTA PIEZ. (m)	CARGA DISPON. (m)	RELACION DE CARGA/HF
1	ENTRADA		38.10	1.50	0.50	1.65	0.053378			
1	1-2	1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613		0.141991	
2	CODO 90°		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106		0.270097	
3	VALVULA DE COMPUERTA 2-4	100.00 1.50	38.10	1.50	0.20	1.65	0.021351		0.291448	
4	CODO 90° 4-5		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106		0.508168	
5	TE 38-38-25	2.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.147689		0.655856	
6	CODO 90°		25.40	1.00	1.90	0.55	0.114095		0.769951	
7	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.099075		0.860076	
8	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.55	0.015012		0.965113	
9	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804		0.969917	
10	MEDICGR		25.40	1.00	0.99	0.55	0.054045		1.023962	
11	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804		1.028766	
12	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.099075		1.118841	
13	CODO 90° 13-14	0.10	25.40	1.00	1.50	0.55	0.099075		1.208915	
14	TE 14-17	2.50	25.40	1.00	0.02	0.55	0.005863		1.214778	
15	CRUZ		25.40	1.00	0.90	0.40	0.028586		1.243364	
16	REDUCCION 1" a 0.75"		19.05	0.75	0.14	0.20	0.003513		1.337862	
17	24-25	1.50	19.05	0.75	0.03	0.20	0.058932		1.396793	
18	TE 19-19-13 (PASO)		12.70	0.50	0.90	0.05	0.007146		1.403940	
19	25-28	1.00	12.70	0.50	0.04	0.05	0.024718		1.428658	
20	CODO 90°		12.70	0.50	2.10	0.05	0.016675		1.445333	
21	REDUCCION 0.50" a 0.40"		9.53	0.38	0.10	0.05	0.002510		1.447842	
22	29-30	1.00	9.53	0.38	0.04	0.05	0.095674		1.543517	
23	CODO 90°		9.53	0.38	2.40	0.05	0.060230		1.603747	3.30 1.70 1.06

PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y EL LAVABO

1.604 m

TABLA 2.4.4

DISEÑO DEL MÓDULO EXPERIMENTAL

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 1

MUEBLE: T1 - 1

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O Z ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulgadas)	k o f	GASTO (lit/seg)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	COTA PIEZOMET. (m)	CARGA DISPON. (m)	RELACION DE CARGA/HF
1	ENTRADA		38.10	1.50	0.50	1.65	0.053378	0.053378		
1-2		1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613	0.141991		
2	CODO 90o		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106	0.270097		
3	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	38.10	1.50	0.20	1.65	0.021351	0.291448		
2-4		1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613	0.380061		
4	CODO 90o		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106	0.508168		
4-5		2.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.147689	0.653856		
5	TE 38-38-25 (PASO)		38.10	1.50	0.90	1.10	0.042702	0.698559		
31	REDUCCION 1.5" A 1.25"		31.75	1.25	0.19	1.10	0.018693	0.717252		
31-32		2.50	31.75	1.25	0.02	1.10	0.171907	0.889159		
32	TE 32-32-25		25.40	1.00	1.90	0.55	0.114095	1.003254		
33	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.093328		
34	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.183403		
35	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.55	0.015012	1.198415		
36	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	1.203219		
37	MEDIDOR		25.40	1.00	0.90	0.55	0.054045	1.257264		
39	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	1.262068		
39	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.352143		
40	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.442218		
40-41		0.10	25.40	1.00	0.02	0.55	0.005863	1.448081		
41	TE		25.40	1.00	1.90	0.15	0.008486	1.456567		
42	REDUCCION 1" A 0.5"		12.70	0.50	0.37	0.15	0.026442	1.463009		
42-43		1.00	12.70	0.50	0.03	0.15	0.163140	1.646148		
43	CODO 90o		12.70	0.50	2.10	0.15	0.150075	1.796223	5.60	4.00 2.23

PERDIDA DE CARGA ENTRE EL TINACO Y LA TARJA

1.796

TABLA 2.4.4 (Cont.)

DISEÑO DEL MÓDULO EXPERIMENTAL

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 1

MUEBLE: F1 - 2

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulgadas)	k o f	GASTO (lit/seg)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	COTA PIEZOM. (m)	CARGA DISP. (m)	RELACION CARGA/HF
1	ENTRADA		38.10	1.50	0.50	1.65	0.053378	0.053378		
1-2		1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613	0.141991		
2	COBO 90o		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106	0.270997		
3	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	38.10	1.50	0.20	1.65	0.021351	0.291448		
2-4		1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613	0.380061		
4	COBO 90o		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106	0.508168		
4-5		2.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.147689	0.655856		
5	TE 38-38-25 (PASO)		38.10	1.50	0.90	1.10	0.042702	0.698559		
31	REDUCCION 1.5" A 1.25"		31.75	1.25	0.19	1.10	0.018693	0.717252		
31-32		2.50	31.75	1.25	0.02	1.10	0.171907	0.889159		
32	TE 32-32-25		25.40	1.00	1.90	0.55	0.114095	1.003254		
33	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.093328		
34	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.183403		
35	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.55	0.015012	1.198415		
36	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	1.203219		
37	REGIDOR		25.40	1.00	0.90	0.55	0.054045	1.257284		
38	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	1.262068		
39	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.352143		
40	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.442218		
40-41		0.10	25.40	1.00	0.02	0.55	0.005943	1.448091		
41	TE (PASO)		25.40	1.00	0.90	0.40	0.028586	1.476666		
41-44		2.50	25.40	1.00	0.03	0.40	0.083838	1.560504		
44	CRUZ		25.40	1.00	1.90	0.10	0.003772	1.564276		
45	REDUCCION 1" a 0.75"		19.05	0.75	0.14	0.10	0.000878	1.565154		
46	COBO 90o		19.05	0.75	1.70	0.10	0.010666	1.575820		
46-47		1.00	19.05	0.75	0.04	0.10	0.011924	1.587744		
47	COBO 90o		19.05	0.75	1.70	0.10	0.010666	1.598410	5.80	4.20 2.63

PERDIDA DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y EL FREGADERO 1.598 m

TABLA 2.4.4 (Cont.)

DISEÑO DEL MÓDULO EXPERIMENTAL

CÁLCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 1

MUEBLE: R1 - 3

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O % ABERTURA	DIÁMETRO (mm) (pulg)	k o f	GASTO (lit/seg)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	COTA PIEZOMETR. (m)	CARGA DISP. (m)	RELACION CARGA/HF
1	ENTRADA		38.10	1.50	0.50	1.65	0.053378			
1-2		1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613	0.141991		
2	CODO 90°		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106	0.270097		
3	VALVULA DE COMPUERTA 2-4	100.00	38.10	1.50	0.20	1.65	0.021351	0.291448		
4	CODO 90° 4-5	1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.068613	0.380661		
5	CODO 90° 4-5	2.50	38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106	0.508168		
5	TE 38-38-25 (PASO)		38.10	1.50	0.02	1.65	0.147689	0.655856		
5	TE 38-38-25 (PASO)		38.10	1.50	0.90	1.10	0.042702	0.698539		
31	REDUCCION 1.5" A 1.25" 31-32	2.50	31.75	1.25	0.19	1.10	0.018693	0.717252		
32	TE 32-32-25		31.75	1.25	0.02	1.10	0.171907	0.889159		
33	CODO 90°		25.40	1.00	1.90	0.55	0.114095	1.003254		
34	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.093328		
34	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.183403		
35	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.55	0.015012	1.198415		
36	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	1.203219		
37	REDIDOR		25.40	1.00	0.90	0.55	0.054045	1.257264		
38	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	1.262068		
39	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.352143		
40	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.442218		
40-41		0.10	25.40	1.00	0.02	0.55	0.005863	1.448081		
41	TE (PASO)		25.40	1.00	0.90	0.40	0.028586	1.476666		
41-44		2.50	25.40	1.00	0.03	0.40	0.083838	1.560504		
44	CRUZ		25.40	1.00	1.90	0.10	0.003772	1.564276		
49	REDUCCION 1" a 0.5"		12.70	0.50	0.37	0.10	0.011752	1.576028		
49	CODO 90°		12.70	0.50	2.10	0.10	0.066700	1.642728		
45-47		1.90	12.70	0.50	0.03	0.10	0.153522	1.796250		
50	CODO 90°		12.70	0.50	2.10	0.10	0.066700	1.862950	4.90	3.04
									1.63	

PERDIDAS DE ENERGIA ENTRE EL TIMACO Y LA REGADERA

1.863 m

TABLA 2.4.4 (Cont.)

DISEÑO DEL MÓDULO EXPERIMENTAL

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 1

MUEBLE: M1 - 4

No.	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulgadas)	k o f	GASTO (lit/seg)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	COTA PIEZOMET. (m)	CARGA DISP. (m)	RELACION CARGA/HF
1	ENTRADA		38.10	1.50	0.50	1.65	0.053378			
1-2		1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613			0.141991
2	COUDO 90o		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106			0.270097
3	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	38.10	1.50	0.20	1.65	0.021351			0.291448
2-4		1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613			0.380061
4	COUDO 90o		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106			0.508168
4-5		2.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.147689			0.655856
5	TE 38-38-25 (PASO)		38.10	1.50	0.90	1.10	0.042702			0.698559
31	REDUCCION 1.5" A 1.25"		31.75	1.25	0.19	1.10	0.018693			0.717252
31-32		2.50	31.75	1.25	0.02	1.10	0.171907			0.889159
32	TE 32-32-25		25.40	1.00	1.90	0.55	0.114095			1.003254
33	COUDO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.096075			1.093328
34	COUDO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.096075			1.183403
35	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.55	0.015012			1.198415
36	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804			1.203219
37	MEDIDOR		25.40	1.00	0.90	0.55	0.054045			1.257264
38	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.68	0.55	0.004804			1.262068
39	COUDO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.096075			1.352143
40	COUDO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.096075			1.442218
40-41		0.10	25.40	1.00	0.02	0.55	0.005863			1.448081
41	TE (PASO)		25.40	1.00	0.90	0.40	0.028586			1.478666
41-44		2.50	25.40	1.00	0.03	0.40	0.093785			1.570451
44	CRUZ		25.40	1.00	0.90	0.20	0.007146			1.577598
51	REDUCCION 1" A 0.75"		19.05	0.75	0.14	0.20	0.003513			1.581111
51-52		1.50	19.05	0.75	0.03	0.20	0.058932			1.640043
52	TE 19-19-13		19.05	0.75	2.10	0.15	0.029644			1.669687
53	REDUCCION 0.75" A 0.50"		12.70	0.50	0.22	0.15	0.015722			1.685410
53-54		0.65	12.70	0.50	0.03	0.15	0.106041			1.791450
54	COUDO 90o		12.70	0.50	2.10	0.15	0.150075		6.15	4.21 2.17

PERDIDA DE CARGA ENTRE EL TINACO Y EL M. C.

1.942

TABLA 2.4.4 (Cont.)

DISEÑO DEL MÓDULO EXPERIMENTAL

CÁLCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 1

MUEBLE: L1 - 5

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O % ABERTURA	DIÁMETRO (mm) (pulgadas)	k o f	GASTO (lit/seg)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	COTA PIEZOMET. (m)	CARGA BISP. (m)	RELACION DE CARGA/HF
1	ENTRADA		38.10	1.50	0.50	1.65	0.053378	0.053378		
	1-2	1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613	0.141991		
2	CODO 90º		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106	0.270097		
3	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	38.10	1.50	0.20	1.65	0.021351	0.291448		
	2-4	1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613	0.380061		
4	CODO 90º		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106	0.508168		
	4-5	2.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.147689	0.655856		
5	TE 38-38-25 (PASO)		38.10	1.50	0.90	1.10	0.042702	0.698559		
31	REDUCCION 1.5" A 1.25"		31.75	1.25	0.19	1.10	0.018693	0.717252		
	31-32	2.50	31.75	1.25	0.02	1.10	0.171907	0.889159		
32	TE 32-32-25		25.40	1.00	1.90	0.55	0.114095	1.003254		
33	CODO 90º		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.093328		
34	CODO 90º		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.183403		
35	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.55	0.015012	1.198415		
36	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	1.203219		
37	MEDIDOR		25.40	1.00	0.90	0.55	0.054045	1.257264		
38	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	1.262068		
39	CODO 90º		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.352143		
40	CODO 90º		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.442218		
	40-41	0.10	25.40	1.00	0.02	0.55	0.005863	1.448081		
41	TE (PASO)		25.40	1.00	0.90	0.40	0.028586	1.476666		
	41-44	2.50	25.40	1.00	0.03	0.40	0.093785	1.570451		
44	CRUZ		25.40	1.00	0.90	0.20	0.007146	1.577598		
51	REDUCCION 1" A 0.75"		19.05	0.75	0.14	0.20	0.003513	1.581111		
	51-52	1.50	19.05	0.75	0.03	0.20	0.058932	1.640043		
52	TE 19-19-13 (PASO)		12.70	0.50	0.90	0.05	0.007146	1.647189		
	52-55	1.00	12.70	0.50	0.04	0.05	0.024718	1.671907		
55	CODO 90º		12.70	0.50	2.10	0.05	0.016675	1.689582		
56	REDUCCION 0.50" A 0.40"		9.53	0.38	0.10	0.05	0.002510	1.691092		
	56-57	1.00	9.53	0.38	0.04	0.05	0.095674	1.786766		
55	CODO 90º		9.53	0.38	2.40	0.05	0.060230	1.846996	5.80	3.95 2.14

PERDIDA DE CARGA ENTRE EL TINACO Y EL LAVABO

1.847

TABLA 2.4.5

DISEÑO DEL MÓDULO EXPERIMENTAL
CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 0

MUEBLE: T0 - 1

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O % ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulgadas)	k o f	GASTO (lt/seg)	PERDIDA DE CARGA (a)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (a)	COTA PIEZOMET. (a)	CARGA DISP. (a)	RELACION DE CARGA/BF
1	ENTRADA		38.10	1.50	0.50	1.65	0.053378	0.053378		
1-2		1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613	0.141991		
2	CODO 90o		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106	0.270097		
3	VALVULA DE COMPUERTA 2-4	100.00	38.10	1.50	0.20	1.65	0.021351	0.291448		
4	CODO 90o 4-5	1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613	0.380061		
5	TE 38-38-25 (PASO)	2.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.147689	0.655856		
31	TE 38-38-25 (PASO)		38.10	1.50	0.90	1.10	0.042702	0.698559		
31	REDUCCION 1.5" A 1.25"		31.75	1.25	0.19	1.10	0.018693	0.717252		
31-32		2.50	31.75	1.25	0.02	1.10	0.171907	0.889159		
32	TE 32-32-25 (PASO)		31.75	1.25	0.90	0.55	0.022137	0.911296		
32-58		2.50	25.40	1.00	0.02	0.55	0.146571	1.057866		
58	REDUCCION 1.25" A 1.00"		25.40	1.00	0.20	0.55	0.012010	1.069976		
59	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.159951		
60	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.250026		
61	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.340101		
62	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.55	0.015012	1.355113		
63	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	1.359917		
64	MEDIDOR		25.40	1.00	0.90	0.55	0.054045	1.413962		
65	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	1.418766		
66	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.508341		
67	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.598915		
65-67		0.10	25.40	1.00	0.02	0.55	0.005863	1.604778		
68	TE		25.40	1.00	1.90	0.15	0.098486	1.613265		
69	REDUCCION 1" A 0.5"		12.70	0.50	0.37	0.15	0.026442	1.634706		
69-70		1.00	12.70	0.50	0.03	0.15	0.163140	1.802846		
70	CODO 90o		12.70	0.50	2.10	0.15	0.150075	1.952921	8.30	6.35 3.25

PERDIDA DE CARGA ENTRE EL TINACO Y LA TARJA

1.953 m

TABLA 2.4.5 (Cont.)

DISEÑO DEL MÓDULO EXPERIMENTAL

CÁLCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 0

MUEBLE: F0 - 2

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O X ABERTURA	DIAMETRO		$\frac{t}{a}$	GASTO f (lit/seg)	PERDIDA DE CARGA (a)	PERDIDA DE CARGA ACUM. PIEZOMET. (a)	COTA PIEZOMET. (m)	CARGA DISP. (m)	RELACION DE CARGA/HF
1	ENTRADA		38.10	1.50	0.50	1.65	0.053378	0.053378			
	1-2	1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613	0.141991			
2	CODO 90°		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106	0.270097			
3	VALVULA DE COMPUERTA 2-4	100.00	38.10	1.50	0.20	1.65	0.021351	0.291448			
4	CODO 90° 4-5	1.50	38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106	0.508168			
	4-5	2.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.147689	0.655856			
5	TE 38-38-25 (PASO)		38.10	1.50	0.90	1.10	0.042702	0.698539			
31	REDUCCION 1.5" A 1.25"		31.75	1.25	0.19	1.10	0.018693	0.717252			
	31-32	2.50	31.75	1.25	0.02	1.10	0.171907	0.889159			
32	TE 32-32-25 (PASO)		31.75	1.25	0.90	0.55	0.022137	0.911296			
58	REDUCCION 1.25" A 1.00"		25.40	1.00	0.20	0.55	0.012010	0.923306			
	58-59	2.50	25.40	1.00	0.02	0.55	0.146571	1.069876			
59	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.159951			
60	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.250026			
61	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.340101			
62	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.55	0.015012	1.355113			
63	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	1.359917			
64	NEEDRO		25.40	1.00	0.90	0.55	0.054045	1.413962			
65	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	1.418766			
66	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.508841			
67	CODO 90° 67-68	0.10	25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.598915			
	67-68	0.10	25.40	1.00	0.02	0.55	0.005863	1.604778			
68	TE (PASO) 68-71	2.50	25.40	1.00	0.90	0.40	0.028586	1.633364			
	68-71	2.50	25.40	1.00	0.03	0.40	0.083838	1.717202			
71	CRUZ		25.40	1.00	1.90	0.10	0.003772	1.720974			
72	REDUCCION 1" a 0.75"		19.05	0.75	0.14	0.10	0.000078	1.721852			
73	CODO 90° 73-74	1.00	19.05	0.75	1.70	0.10	0.010666	1.732518			
	73-74	1.00	19.05	0.75	0.04	0.10	0.011924	1.744441			
74	CODO 90°		19.05	0.75	1.70	0.10	0.010666	1.755107	8.30	6.54	3.73

PERDIDA DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y EL FREGADERO

1.755 m

TABLA 2.4.5 (Cont.)

DISEÑO DEL MÓDULO EXPERIMENTAL

CÁLCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 0

MUEBLE: R0 - 3

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O ABERTURA	DIÁMETRO (mm) (pulgadas)	k o f	GASTO (lit/seg)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	COTA PIEZ. (m)	CARGA DISP. (m)	RELACION DE CARGA/HF
1	ENTRADA		38.10	1.50	0.50	1.65	0.053378	0.053378		
1-2		1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613	0.141991		
2	CODO 90°		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106	0.270097		
3	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	38.10	1.50	0.20	1.65	0.021351	0.291448		
2-4		1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613	0.380061		
4	CODO 90°		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106	0.508168		
4-5		2.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.147689	0.655856		
5	TE 38-38-25 (PASO)		38.10	1.50	0.90	1.10	0.047702	0.698559		
31	REDUCCION 1.50° A 1.25°		31.75	1.25	0.19	1.10	0.018693	0.717252		
31-32		2.50	31.75	1.25	0.02	1.10	0.171907	0.889159		
32	TE 32-32-25 (PASO)		31.75	1.25	0.90	0.55	0.022137	0.911296		
58	REDUCCION 1.25° A 1.00°		25.40	1.00	0.20	0.55	0.012010	0.923306		
58-59		2.50	25.40	1.00	0.02	0.55	0.146571	1.069876		
59	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.159931		
60	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.250026		
61	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.340101		
62	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.55	0.015012	1.355113		
63	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	1.359917		
64	MEDIDOR		25.40	1.00	0.90	0.55	0.054045	1.413962		
65	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	1.418766		
66	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.508841		
67	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.598915		
67-68		0.10	25.40	1.00	0.02	0.55	0.095863	1.604778		
68	TE (PASO)		25.40	1.00	0.90	0.40	0.028586	1.633364		
68-71		2.50	25.40	1.00	0.03	0.40	0.083838	1.717202		
71	CRUZ		25.40	1.00	1.90	0.40	0.060348	1.777549		
75	REDUCCION 1.00° a 0.50°		12.70	0.50	0.37	0.40	0.188039	1.965560		
76	CODO 90°		12.70	0.50	2.10	0.10	0.066709	2.032280		
76-77		1.90	12.70	0.50	0.03	0.10	0.153522	2.185802		
77	CODO 90°		12.70	0.50	2.10	0.10	0.066709	2.252502	7.40	5.15 2.29

PERDIDA DE CARGA ENTRE EL TINACO Y LA REGADERA

2.253 m

TABLA 2.4.5 (Cont.)

DISEÑO DEL MÓDULO EXPERIMENTAL

CÁLCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 0

MUEBLE: M0 - 4

No.	ELEMENTO D TRAMO	LONGITUD D % ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)	l o f	GASTO (lt/seg)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	COTA PIEZ. (m)	CARGA DISP. (m)	RELACION DE CARGA/HF
1	ENTRADA		38.10	1.50	0.50	1.65	0.053378			
2	1-2	1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613		0.141991	
3	CODO 90°		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106		0.270097	
4	VALVULA DE COMPUERTA 2-4	100.00 1.50	38.10 38.10	1.50 1.50	0.20 0.02	1.65 1.65	0.021351 0.088613		0.291448 0.380061	
5	CODO 90°		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106		0.508168	
6	4-5	2.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.147689		0.655856	
7	TE 38-38-25 (PASO)		38.10	1.50	0.90	1.10	0.042702		0.698559	
8	REDUCCION 1.5" A 1.25"		31.75	1.25	0.19	1.10	0.018693		0.717252	
9	31-32	2.50	31.75	1.25	0.02	1.10	0.171967		0.889159	
10	TE 32-32-25 (PASO)		31.75	1.25	0.90	0.55	0.022137		0.911296	
11	REDUCCION 1.25" A 1.00"		25.40	1.00	0.20	0.55	0.012910		0.923306	
12	58-59	2.50	25.40	1.00	0.02	0.55	0.146571		1.069876	
13	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075		1.159951	
14	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075		1.258026	
15	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075		1.340101	
16	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.55	0.015012		1.355113	
17	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804		1.359917	
18	MEGIDOR		25.40	1.00	0.90	0.55	0.054045		1.413962	
19	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804		1.418766	
20	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075		1.506841	
21	CODO 90°		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075		1.598915	
22	67-68	0.10	25.40	1.00	0.02	0.55	0.005863		1.604778	
23	TE (PASO)		25.40	1.00	0.90	0.40	0.026586		1.633364	
24	68-71	2.50	25.40	1.00	0.03	0.40	0.083838		1.717202	
25	71 CRUZ		25.40	1.00	1.90	0.20	0.015097		1.732289	
26	REDUCCION 1.00" A 0.75"		19.05	0.75	0.14	0.20	0.003513		1.735802	
27	78-79	1.50	19.05	0.75	0.03	0.20	0.058932		1.794734	
28	TE 19-19-13		19.05	0.75	2.10	0.15	0.029644		1.824378	
29	REDUCCION 0.75" a 0.50"		12.70	0.50	0.22	0.15	0.015722		1.840100	
30	80-81	0.65	12.70	0.50	0.03	0.15	0.196041		1.946141	
31	CODO 90°		12.70	0.50	2.10	0.15	0.150075	8.65	6.55	3.13

PERDIDA DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y EL M. C.

2.096 m

TABLA 2.4.5 (Cont.)

DISEÑO DEL MÓDULO EXPERIMENTAL

CÁLCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 0

MUEBLE: L0 - 5

No.	ELEMENTO	LONGITUD	DIAMETRO		k	GASTO	PERDIDA	PERDIDA DE	COTA	CARGA	RELACION
	0	0	(mm)	(pulgadas)							
	TRAMO	% ABERTURA				(lt/seg)	(m)	(m)	(m)	(m)	CARGA/HF
1	ENTRADA		38.10	1.50	0.50	1.65	0.053378	0.053378			
2	1-2	1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613	0.141991			
3	COBO 90o		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106	0.270097			
4	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	38.10	1.50	0.20	1.65	0.021351	0.291448			
5	2-4	1.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.088613	0.380061			
6	COBO 90o		38.10	1.50	1.20	1.65	0.128106	0.508168			
7	4-5	2.50	38.10	1.50	0.02	1.65	0.147689	0.655856			
8	5 TE 38-38-25 (PASO)		38.10	1.50	0.90	1.10	0.042702	0.698559			
9	REDUCCION 1.50" A 1.25"		31.75	1.25	0.19	1.10	0.018693	0.717252			
10	31-32	2.50	31.75	1.25	0.02	1.10	0.171907	0.889159			
11	TE 32-32-25 (PASO)		31.75	1.25	0.90	0.55	0.022137	0.911276			
12	REDUCCION 1.25" A 1.00"		25.40	1.00	0.20	0.55	0.012010	0.923306			
13	58-59	2.50	25.40	1.00	0.02	0.55	0.146571	1.069876			
14	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.159951			
15	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.250026			
16	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.340101			
17	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.55	0.015012	1.355113			
18	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	1.359917			
19	REDIDOR		25.40	1.00	0.90	0.55	0.054045	1.413962			
20	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	1.418766			
21	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.508841			
22	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.598915			
23	67-68	0.10	25.40	1.00	0.02	0.55	0.005863	1.604778			
24	TE (PASO)		25.40	1.00	0.90	0.40	0.028596	1.633364			
25	68-71	2.50	25.40	1.00	0.03	0.40	0.083838	1.717202			
26	CRUZ		25.40	1.00	1.90	0.20	0.015087	1.732289			
27	REDUCCION 1.00" a 0.75"		19.05	0.75	0.14	0.20	0.003513	1.735802			
28	78-79	1.50	19.05	0.75	0.03	0.20	0.058932	1.794734			
29	TE 19-19-13 (PASO)		12.70	0.50	0.60	0.05	0.007146	1.801980			
30	79-82	1.00	12.70	0.50	0.04	0.05	0.024718	1.826598			
31	COBO 90o		12.70	0.50	2.10	0.05	0.016675	1.843273			
32	REDUCCION 0.50" a 0.40"		9.53	0.38	0.10	0.05	0.002510	1.845783			
33	83-84	1.00	9.53	0.38	0.04	0.05	0.095674	1.941457			
34	COBO 90o		9.53	0.38	2.40	0.05	0.060230	2.001687	8.30	6.30	3.15

PERDIDA DE CARGA ENTRE EL TINACO Y EL LAVABO

2.002 m

3. EXPERIMENTACION EN MODULO DE PRUEBAS.

3.1 METODOLOGIA.

Con la finalidad de evaluar el comportamiento de las instalaciones hidráulicas y sanitarias implementadas en los módulos construidos por el Programa de Renovación Habitacional Popular, se desarrolla un experimento que simula la operación de la instalación bajo ciertas condiciones.

Para llevar a cabo la experimentación, se proyecta la construcción a escala 1:1 del módulo experimental diseñado en el inciso 2.4, en base a la geometría mostrada en la figura 2.4.1.

La construcción del banco de pruebas se lleva a cabo en el Laboratorio de Ingeniería Experimental de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica.

Sin embargo, las limitaciones de espacio que presenta el laboratorio provocan la necesidad de aprovechar las instalaciones con que éste cuenta, por lo que se adaptan los elementos del módulo experimental diseñado a los de un modelo ya existente, que había sido construido con otros fines.

Dada la geometría que éste presenta, es necesario llevar a cabo algunos cambios de trayectoria en algunos tramos de tubería y una disminución en la altura total de la instalación del módulo experimental, lo cual ocasiona que se presente una menor carga disponible.

Después de llevar a cabo tales modificaciones, la disposición y geometría finales del módulo de pruebas se presentan en las figuras 3.1.1 y 3.1.2, en donde se identifican los accesorios por un número. En la tabla 3.1.1 se enumeran todos los elementos que integran el modelo.

TABLA 3.1.1 ORDEN PROGRESIVO DE ACCESORIOS

NUMERO DE ACCESORIO	NOMBRE DEL ACCESORIO	DIAMETRO	
		mm	pulg
1	Válvula de compuerta	31.75	1 1/4
2	Te	31.75	1 1/4
3	Campana	38.10	1 1/2
4	Te	38.10	1 1/2
5	Codo 90°	38.10	1 1/2
6	Válvula de compuerta	38.10	1 1/2
7	Codo 90°	38.10	1 1/2
8	Reducción	31.75	1 1/4
9	Medidor	31.75	1 1/4
10	Reducción	38.10	1 1/2
11	Tuerca unión	38.10	1 1/2
12	Te	38.10	1 1/2
13	Codo 90°	38.10	1 1/2
14	Te 38-25-32		
15	Reducción	25.40	1
16	Válvula de compuerta	25.40	1
17	Tuerca unión	25.40	1
18	Medidor	25.40	1
19	Tuerca unión	25.40	1
20	Tuerca unión	25.40	1
21	Te 25-25-19		
22	Reducción	12.70	1/2
23	Te	12.70	1/2
24	Válvula	12.70	1/2
25	Te 25-19-19		

**TABLA 3.1.1 ORDEN PROGRESIVO DE ACCESORIOS
(CONT.)**

NUMERO DE ACCESORIO	NOMBRE DEL ACCESORIO	DIAMETRO	
		mm	pulg
26	Te	19.05	3/4
27	Reducción		
28	Válvula	19.05	3/4
29	Te 19-19-13		
30	Te	12.70	1/2
31	Codo 90°	12.70	1/2
32	Válvula	12.70	1/2
33	Te	19.05	3/4
34	Te 19-19-13		
35	Válvula	19.05	3/4
36	Te 19-19-13		
37	Te	12.70	1/2
38	Válvula	12.70	1/2
39	Codo 90°	12.70	1/2
40	Codo 90° (13 a 10 mm)	9.53	3/8
41	Te	9.53	3/8
42	Válvula	9.53	3/8
43	Te	25.40	1
44	Codo 90°	25.40	1
45	Válvula de compuerta	25.40	1
46	Tuerca unión	25.40	1
47	Medidor	25.40	1
48	Te 25-25-13		

**TABLA 3.1.1 ORDEN PROGRESIVO DE ACCESORIOS
(CONT.)**

NUMERO DE ACCESORIO	NOMBRE DEL ACCESORIO	DIAMETRO	
		mm	pulg
49	Te	12.70	1/2
50	Válvula	12.70	1/2
51	Te 25-19-13		
52	Te	12.70	1/2
53	Codo 90°	12.70	1/2
54	Válvula	12.70	1/2
55	Te	19.05	3/4
56	Te 19-19-13		
57	Válvula	19.05	3/4
58	Te 19-13-13		
59	Te	12.70	1/2
60	Válvula	12.70	1/2
61	Codo 90°	12.70	1/2
62	Codo 90° (13 a 10 mm)	9.53	3/8
63	Te	9.53	3/8
64	Válvula	9.53	3/8
65	Codo 90°	25.40	1
66	Codo 90°	25.40	1
67	Codo 90°	25.40	1

TABLA 3.1.1 ORDEN PROGRESIVO DE ACCESORIOS
(CONT.)

NUMERO DE ACCESORIO	NOMBRE DEL ACCESORIO	DIAMETRO	
		mm	ulg
68	Válvula de compuerta	25.40	1
69	Válvula de compuerta	25.40	1
70	Te 25-19-13		
71	Te	12.70	1/2
72	Válvula	12.70	1/2
73	Codo 90°	19.05	3/4
74	Codo 90°	19.05	3/4
75	Te 19-13-13		
76	Te	12.70	1/2
77	Codo 90°	12.70	1/2
78	Válvula	12.70	1/2
79	Te	19.05	3/4
80	Te 19-13-13		
81	Válvula	19.05	3/4
82	Te 19-13-13		
83	Te	12.70	1/2
84	Válvula	12.70	1/2
85	Codo 90° (13 a 10 mm)	9.53	3/8
86	Te	9.53	3/8
87	Válvula	9.53	3/8

Este modelo representa las instalaciones hidráulicas y sanitarias diseñadas según el sistema tradicional, que consiste en conducir el caudal a través de una tubería, desde la cisterna hasta el tinaco elevado, y en distribuirlo por medio de otra tubería hasta los distintos ramales, es decir, que la línea de conducción y la de distribución son independientes. En cada uno de los núcleos hidráulicos se colocan piezómetros para conocer sus respectivas cargas de presión disponibles.

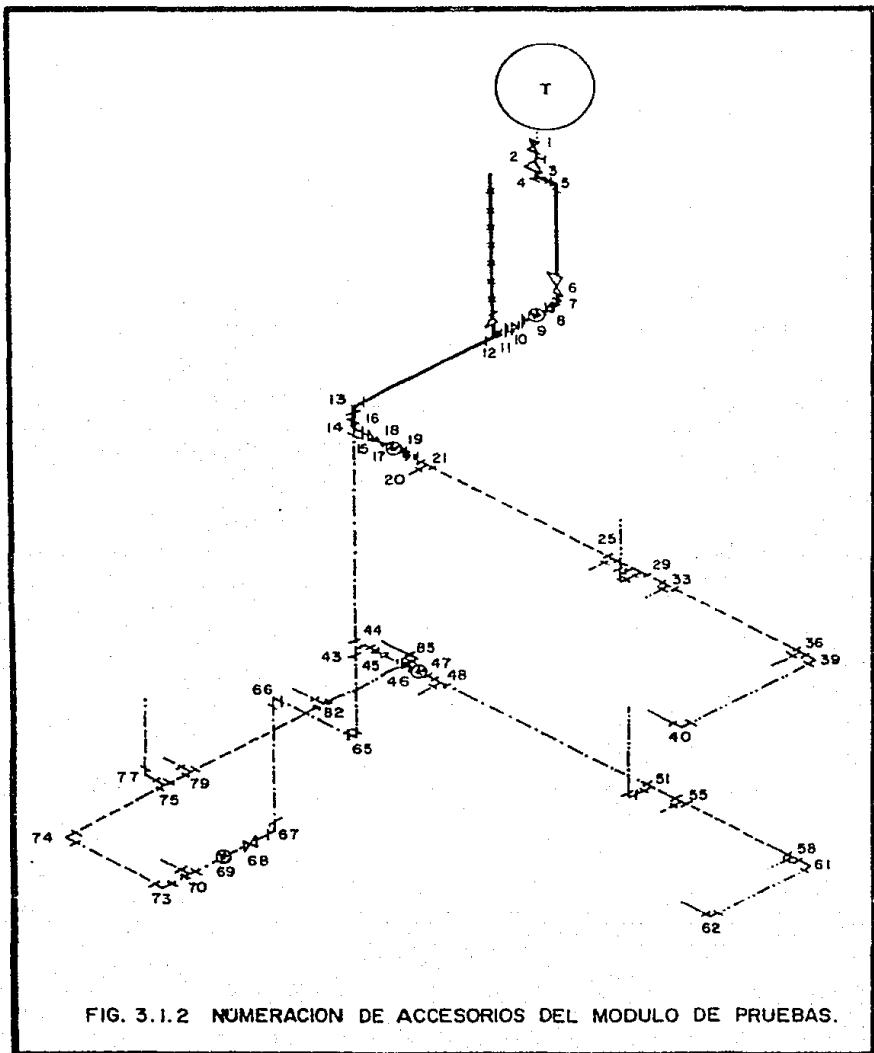


FIG. 3.1.2 NUMERACION DE ACCESORIOS DEL MODULO DE PRUEBAS.

El banco de pruebas está dividido en 3 niveles, con un departamento cada uno; esta disposición representa sólo la mitad de un edificio, debido a que éste es simétrico.

El agua que proporciona la red municipal se capta en una cisterna, desde la cual se bombea el agua a un tinaco elevado con capacidad de 1100 litros, para posteriormente ser distribuida a través de la instalación.

El experimento consiste en simular el funcionamiento de la instalación por medio de varias pruebas, cada una de las cuales se lleva a cabo aplicando un arreglo particular.

Cada arreglo se forma con una combinación de uno o varios muebles que operan simultáneamente, a diferentes gastos y presiones de agua.

En cada prueba se llevan a cabo varias simulaciones, con el fin de comparar los resultados que se obtengan en éstas y seleccionar aquéllos que presenten muy pequeñas variaciones entre sí, es decir, que guarden una relación casi constante y aproximada a 1.

Los resultados de las mediciones que se realizan en cada simulación son: el caudal aforado en cada uno de los muebles que se encuentran en operación y la carga de presión registrada en éstos y en los muebles localizados en el mismo nivel que los primeros.

Previamente a la realización de cada simulación, se toma la lectura de la cota piezométrica en el tinaco para calcular, posteriormente, las pérdidas de carga reales entre el tinaco y cada mueble. Estas se calculan restando la carga disponible correspondiente a cada mueble, a la cota piezométrica en el tinaco.

Por otra parte, se calculan las pérdidas de carga teóricas en la instalación, entre el tinaco y cada mueble, con el fin de compararlas con las reales y poder apreciar el comportamiento de la instalación con respecto a la teoría.

3.2 DESARROLLO DEL EXPERIMENTO.

3.2.1 BASES DEL EXPERIMENTO.

A fin de determinar el número de pruebas que constituyen el experimento, se definen en principio las posibles combinaciones de muebles en operación simultánea que pueden ser formadas para ser aplicadas posteriormente en cada prueba.

Para definir el número de posibles combinaciones, es necesario establecer, primeramente, el número mínimo y máximo de muebles que pudieran funcionar simultáneamente en cada nivel, durante un periodo significativo de tiempo.

Considerando que en cada nivel se dispone de 5 muebles, éste es el número máximo que puede operar, simultáneamente, en un momento dado. Sin embargo, 3 de ellos (WC, regadera y lavabo) se encuentran en una misma habitación, por lo que es muy poco probable que lleguen a operar en forma continua y simultánea durante un periodo de tiempo representativo. Es por esta razón que, para fines del experimento, se considera que sólo uno de estos 3 muebles, cualquiera de ellos, puede operar de manera continua durante un intervalo de tiempo representativo, aunque los otros operen en ciertos instantes de éste.

Por lo tanto, el número máximo de muebles por nivel que pueden operar simultánea y continuamente en un intervalo representativo es de 3, es decir, la tarja, el fregadero y uno cualquiera de los siguientes: WC, lavabo, regadera; mientras que el número mínimo es cero. Esto da como resultado el rango comprendido entre 0 y 3.

Establecido este rango, es factible definir el número de posibles combinaciones o arreglos formados con los muebles que pueden estar operando simultáneamente en toda la instalación.

3.2.2 DESARROLLO DE LAS PRUEBAS.

3.2.2.1 CARACTERISTICAS DE LAS PRUEBAS.

El experimento está constituido por 11 pruebas, en cada una de las cuales se ensaya una combinación distinta. Sólo se realiza este número de pruebas debido a que se seleccionan algunas de las combinaciones entre el total de éstas, de manera que sean las combinaciones que presenten las condiciones más favorables y las más adversas.

Las condiciones que se consideran más favorables son aquellas en las cuales sólo funcionan 1, 2 ó 3 muebles en cada combinación, y de éstas se eligen las que se forman con uno y con tres muebles, ya que éstas serían las condiciones extremas entre las más favorables.

La primera condición consiste en un mueble operando en cualquier nivel de la instalación. De esta forma se eligen 3 combinaciones, que consisten cada una en disponer del lavabo como único mueble en operación en su nivel correspondiente y en toda la instalación.

En la tercera condición se dispone de 3 muebles trabajando simultáneamente en la instalación, que pueden estar localizados ya sea uno en cada nivel, o bien, los tres en uno solo. Para esta condición se eligen 5 distintas combinaciones, lo que da como

resultado un mismo número de pruebas; en la primera se tienen en operación las 3 tarjetas; en la segunda se dispone de 3 muebles en el segundo nivel, en tanto que en la tercera se ensaya con otra combinación de 3 muebles en el segundo nivel, distinta a la anterior; en la cuarta y quinta se opera con la misma combinación de 3 muebles, una en el primer piso y otra en la planta baja, respectivamente.

Por otra parte, las condiciones de prueba que se consideran como adversas son aquéllas en las que se dispone de 3 muebles operando simultáneamente, en cada uno de los 2 ó 3 niveles en que se requiere de su servicio. Estas condiciones determinan la realización de otras 3 pruebas: en la primera se dispone de la combinación de 3 muebles en el segundo nivel y 3 muebles en el nivel 1; en la segunda se aplica la combinación de 3 muebles operando en cada uno de los 3 niveles, mientras que en la tercera se aplica una combinación de 3 muebles en cada nivel distinta a la anterior.

Con respecto al desarrollo de las pruebas, cabe aclarar que cada una de ellas consiste en una serie de corridas o simulaciones, en las cuales se aplica una combinación particular de muebles operando simultáneamente, con la finalidad de observar el comportamiento de la instalación bajo estas condiciones.

Antes de comenzar cada una de las simulaciones, se lee la cota piezométrica en el tinaco. Posteriormente se aforan los gastos que pasan a través de los muebles que operan simultáneamente durante el intervalo de tiempo considerado y se registran las cargas disponibles de presión alcanzadas en cada uno de los muebles localizados en el mismo nivel que aquéllos que se encuentran en operación.

El motivo por el cual se realizan varias simulaciones en cada prueba es la necesidad de obtener un cierto número de resultados que puedan ser representativos del comportamiento de la instalación, para ser comparados entre sí. Por lo tanto, aquellos resultados que guardan cierta relación entre sí, es decir, que tienen una relación muy próxima a 1, son los que se seleccionan para ser analizados y procesados, con el objetivo de obtener, posteriormente, información sobre el funcionamiento y operación de la instalación en conjunto.

En las tablas 3.2.1 a 3.2.11 se registran los resultados obtenidos en cada una de las pruebas realizadas en el banco de pruebas.

En cada una de estas tablas se indican, en la parte superior, los siguientes datos: el número de prueba, el nivel de la instalación en el cual se realizan las mediciones y el porcentaje de abertura de su respectiva válvula de control, los muebles en los que se afora el gasto y los porcentajes de abertura de sus correspondientes válvulas; estos porcentajes sólo se indican si son diferentes al 100 %.

Asimismo, se indica el número de simulación correspondiente y en cada una se toma la lectura de la cota piezométrica del tinaco, referida al nivel donde se ubican los muebles en operación, en los cuales se registran su respectiva carga de presión y el gasto que descargan.

Las cargas de presión o disponibles se expresan en metros y se indican con el nombre de lecturas piezométricas.

Entre las simulaciones realizadas en cada prueba, se seleccionan para cada mueble los valores de la carga de presión registrada que se mantienen casi constantes o que guardan una relación entre sí muy cercana a 1, por considerarse como representativos del comportamiento de la instalación durante la prueba, y se calcula la media de tales valores.

También se calcula el promedio de las cotas piezométricas, registradas en el tinaco, durante las distintas simulaciones de cada prueba.

De esta forma, se calculan las pérdidas de carga reales entre el tinaco y cada mueble, restando la carga disponible por mueble de la cota piezométrica.

Las pérdidas de carga reales medidas en cada prueba se registran en las tablas 3.2.12 a 3.2.22.

3.2.22 NOMENCLATURA

Para identificar a cada uno de los elementos que componen la instalación hidráulica representada en el banco de pruebas, se utiliza la nomenclatura descrita en el inciso 2.4.

Como se muestra en la figura 3.2.1, los muebles sanitarios se ubican en el orden siguiente: de izquierda a derecha, en el sentido de circulación del flujo: tarja, calentador, regadera, fregadero, taza de excusado o W.C. y lavabo. En el segundo nivel se encuentran todos estos muebles, mientras que en el primero y en la planta baja del banco de pruebas se representan todos excepto el calentador, por lo que sólo existen 5 muebles.

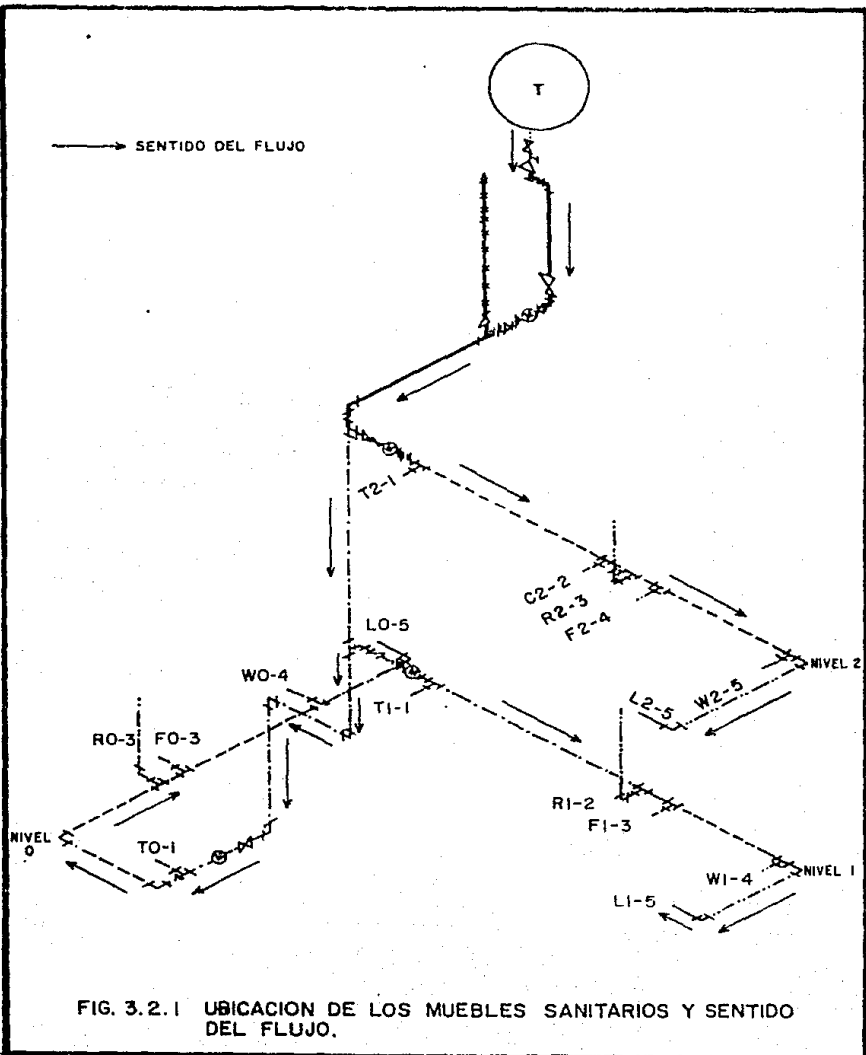


FIG. 3.2.1 UBICACION DE LOS MUEBLES SANITARIOS Y SENTIDO DEL FLUJO.

Para identificar cada mueble, se emplea la simbología mencionada en el inciso 2.4. En el caso del calentador, éste se representa con la letra C.

La posición que ocupan los muebles en el segundo nivel está representada por los números comprendidos entre el 1 y el 6, mientras que aquéllos que están ubicados en el primer nivel y en la planta baja se indican con las cifras comprendidas entre los números 1 y 5, ya que sólo hay 5 muebles por nivel.

Por otra parte, cada uno de los accesorios o piezas especiales colocadas en la instalación están representadas por un número entero positivo que sigue una progresión según el sentido en que circularía el flujo si el total de los muebles de la instalación operaran simultáneamente, como se muestra en la figura 3.1.2. En la tabla 3.1.1 se enumeran cada uno de los accesorios.

Los tramos de tubería se representan como sigue: A-B, donde A indica el número de accesorio en que comienza el tramo y B el número de accesorio en que éste termina.

El tinaco se identifica con la letra T, mientras que su correspondiente cota piezométrica se representa como PT.

De la misma forma, las cargas disponibles o de presión en los muebles se indican con la simbología siguiente: PY - Z, donde P es la carga de presión registrada en el mueble, mientras que Y y Z ya han sido definidas anteriormente.

El gasto que descarga cada uno de los muebles en operación se representa como Q - Z, donde Q es el gasto descargado por mueble y Z la posición de éste en su correspondiente nivel.

La pérdida de carga entre el tinaco y cada mueble se indica con la notación hf_{T-Z} , donde hf representa la pérdida de carga, mientras que el subíndice T - Z significa que la pérdida se mide entre el tinaco T y el mueble que ocupa la posición Z en el nivel en que se encuentran los muebles en operación.

3223 DESARROLLO DE LA PRUEBA 1

Esta prueba comprende 10 simulaciones o corridas de operación de la instalación.

En cada corrida se mide el caudal que fluye durante un minuto en el último mueble del nivel 2, el cual corresponde al lavabo (L2-6) y se registran las cargas de presión disponibles en cada uno de los muebles del mismo nivel, durante este intervalo.

Antes de comenzar la simulación se registra el nivel que alcanza el agua en el tinaco y se observa que todas las válvulas del banco de pruebas estén completamente cerradas excepto la número 1, la cual permite la salida del agua del tinaco.

Cada corrida se inicia con la apertura simultánea de las válvulas representadas por los números 6, 16 y 42. La primera es la que controla el paso del agua hacia los ramales, la segunda controla el flujo hacia el ramal correspondiente al segundo nivel y la tercera controla el flujo hacia el lavabo.

En el transcurso de este intervalo se registran, una vez que se han estabilizado los niveles en los piezómetros, las cargas de presión disponibles en cada mueble del segundo nivel, excepto en el correspondiente al calentador. Al término de la simulación se conoce el volumen que ha sido aforado en el lavabo, para poder

así determinar el gasto que pasa a través de éste.

Con la aplicación de esta metodología se realizan las 10 corridas que componen esta prueba, para comparar los resultados obtenidos en cada una de ellas y procesar aquéllos que muestren una relación aproximada a una constante, o que estén circunscritos a un estrecho rango de variación.

Después de analizar los resultados obtenidos en esta prueba de acuerdo con el criterio anterior, se observa que la carga de presión disponible en cada mueble es mayor en el primero y disminuye conforme se avanza en el sentido del flujo hasta llegar al último, donde la carga es la menor y disminuye en una proporción mayor que la de los muebles intermedios; sin embargo, es necesario recordar que es en el último mueble donde se afora el gasto.

Es pertinente hacer notar que cuando se lleva a cabo la simulación con la máxima carga disponible en la instalación (cuando el tinaco se encuentra lleno) se obtienen las mayores cargas de presión en cada mueble y que al disminuir la carga en el tinaco éstas se reducen también, aunque las variaciones de carga entre muebles son mínimas.

Por otra parte, el gasto que se afora en el lavabo se mantiene constante en 9 simulaciones.

Con las simulaciones que han sido seleccionadas como representativas de esta prueba, se calculan las pérdidas de carga reales entre el tinaco y cada mueble; posteriormente, se calcula el promedio de estas pérdidas para compararlas posteriormente con las pérdidas de carga teóricas.

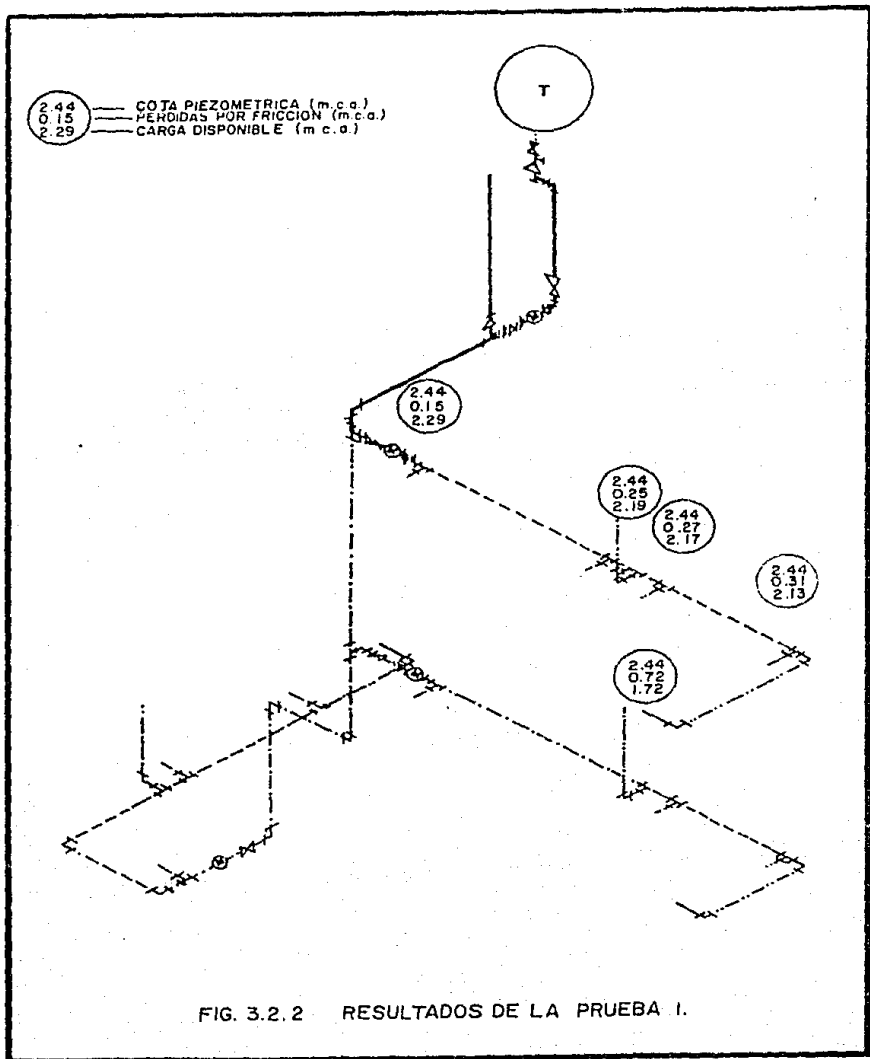


FIG. 3.2.2 RESULTADOS DE LA PRUEBA I.

Esta prueba consiste de 7 simulaciones, en cada una de las cuales se afora el gasto que fluye a través de de 3 muebles, que son: tarja (T2-1), regadera (R2-3) y fregadero (F2-4), ubicados en el segundo nivel, donde se registran las cargas de presión disponibles en cada uno de los muebles durante un intervalo de tiempo correspondiente a un minuto.

Antes de dar inicio a cada corrida se registra la cota piezométrica en el tinaco y se verifica que todas las válvulas están completamente cerradas, excepto la número 1 y las correspondientes a los muebles que están en operación simultánea durante la prueba.

Cada corrida se inicia abriendo simultáneamente las válvulas No. 6 y No. 16. En cada mueble se registra su carga disponible, salvo en el mueble que se ubica en segunda posición, es decir, el calentador; mientras que en aquellos que están operando se aforan los gastos que aporta cada uno.

Sin embargo, se observa que en la regadera no circula ningún gasto durante las 7 simulaciones, a pesar de que registra la mayor carga disponible, aunque no suficiente para que llegue a fluir el caudal.

En lo que se refiere a los otros 2 muebles en operación, a través de éstos circula un gasto medio de 18.7 L/min en la tarja y de 13.8 L/min en el fregadero, en tanto que en el primero se registra la menor carga disponible en todo el nivel, siguiéndole en orden creciente el segundo.

2.34 — COTA PIEZOMETRICA (m.c.a.)
 2.09 — PERDIDA POR FRICCION (m.c.a.)
 0.25 — CARGA DISPONIBLE (m.c.a.)

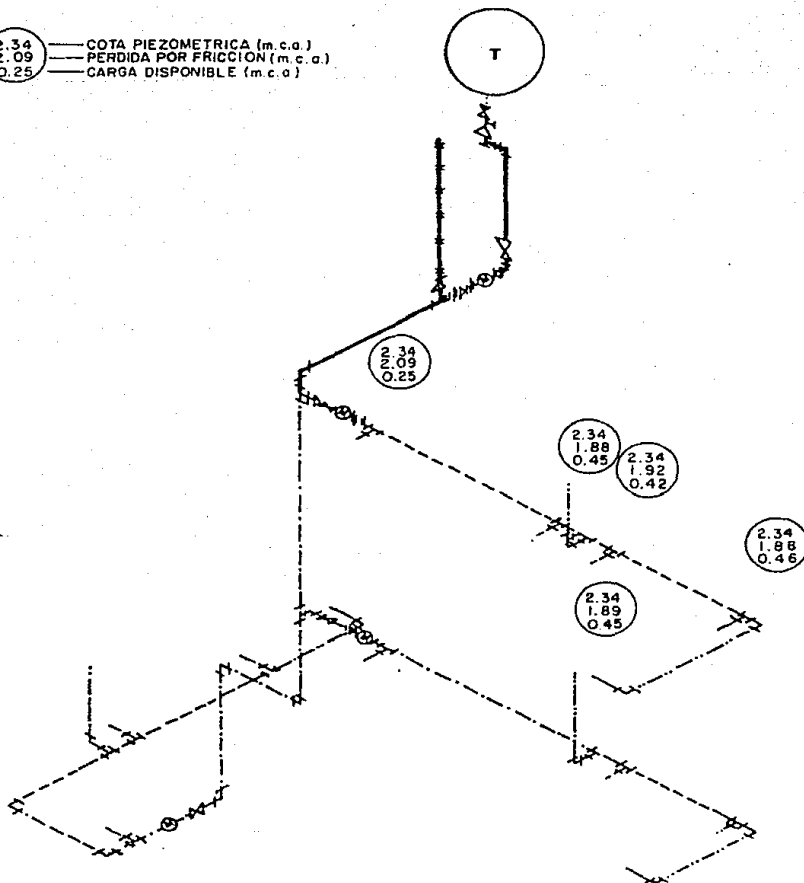


FIG. 3.2.3 RESULTADOS DE LA PRUEBA 2.

Posteriormente, se calcula la pérdida de carga real entre el tinaco y cada mueble, restando la carga disponible en cada uno de éstos de la cota piezométrica en el tinaco, para comparar después estas pérdidas con las calculadas teóricamente.

3.2.2.5 DESARROLLO DE LA PRUEBA 3.

Durante el desarrollo de la prueba se realizan 5 mediciones, en cada una de las cuales se ponen en operación 3 muebles del segundo nivel: la tarja (T2-1), el fregadero (F2-4) y el lavabo (L2-6). En éstos se afora el gasto que circula a través de ellos, obteniéndose en cada uno los siguientes gastos promedio: 16.7, 12.73 y 4.2 l/min, respectivamente.

Asimismo, se registran las cargas disponibles en cada uno de los muebles, obteniéndose la menor en el último y en el primer mueble, ya que son sensiblemente iguales, mientras que la mayor se obtiene en el tercero y en el quinto, aunque es ligeramente mayor en este último.

Esta prueba se realiza siguiendo la misma metodología que en la prueba 2.

De las 5 corridas realizadas, se seleccionan aquellas en las cuales los resultados son los más aproximados entre sí y varían siguiendo casi una constante. Con estos resultados se calculan las pérdidas por fricción reales, restando la carga disponible en cada mueble de la cota piezométrica en el tinaco.

2.38 --- COTA PIEZOMETRICA (m.c.a.)
 2.11 --- PERDIDAS POR FRICCION (m.c.a.)
 0.27 --- CARGA DISPONIBLE (m.c.a.)

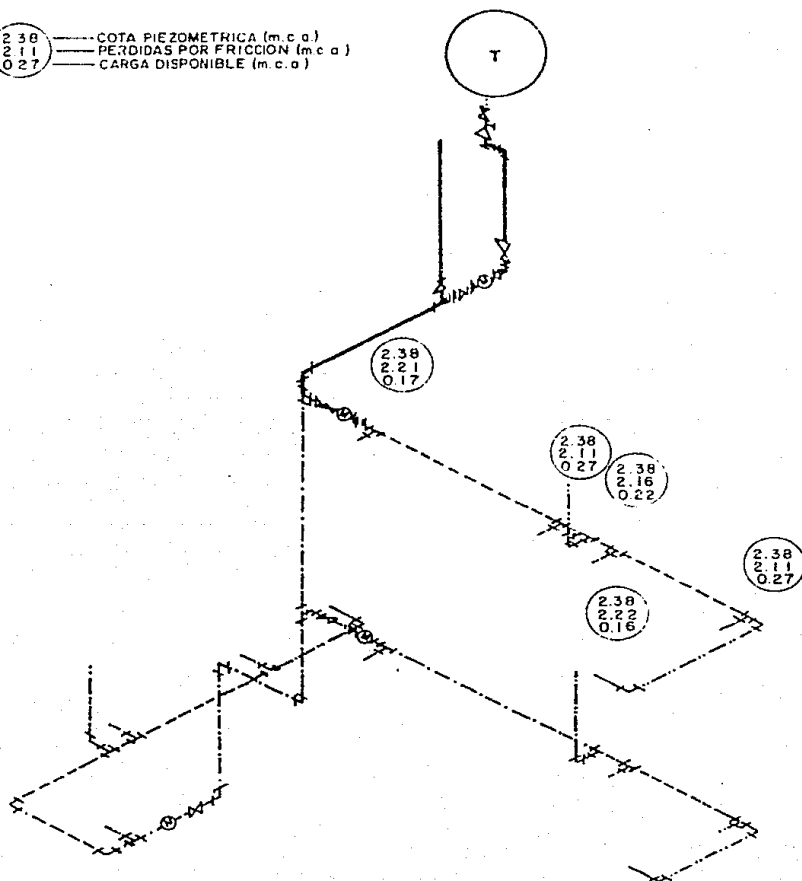


FIG. 3.2.4 RESULTADOS DE LA PRUEBA 3.

Esta prueba se realiza con la aplicación de la combinación definida por un mueble en operación, siendo éste el último mueble del primer nivel, es decir, el lavabo (L1-5).

Antes de iniciar las simulaciones, se verifica que las válvulas 1, 6 y la 64, esta última correspondiente al lavabo, están abiertas al 100%, mientras que las del resto de la instalación están completamente cerradas. Igualmente, se registra antes de cada simulación la cota piezométrica en el tinaco.

En el instante en que se inicia la primera simulación y que principia el intervalo de tiempo que ésta abarca, se abre completamente la válvula de compuerta No. 45, que permite el paso del agua en el ramal correspondiente al nivel 1. Inmediatamente, el agua en los piezómetros alcanza su máximo nivel y éstos comienzan a derramarla.

Por esta razón, se hacen otras 5 simulaciones pero en cada una de ellas se abre la válvula No. 45 sólo al 50% de su capacidad total. De esta forma, los piezómetros ya no derraman y registran cargas disponibles que pueden ser medidas, de las cuales la máxima corresponde al primer mueble (La tarja) y la mínima al último (el lavabo), pero en éste la carga disponible disminuye en mayor proporción con respecto a la del cuarto mueble, en comparación con la variación de las cargas entre las otras parejas de muebles en posición consecutiva. Este fenómeno ocurre durante las 5 mediciones, así como también el aforo de un gasto constante e igual a 9 l/min en el último mueble.

- 4.59 — COTA PIEZOMETRICA (mca)
- 2.82 — PERDIDAS POR FRICCIÓN (mca)
- 1.77 — CARGA DISPONIBLE (mca)

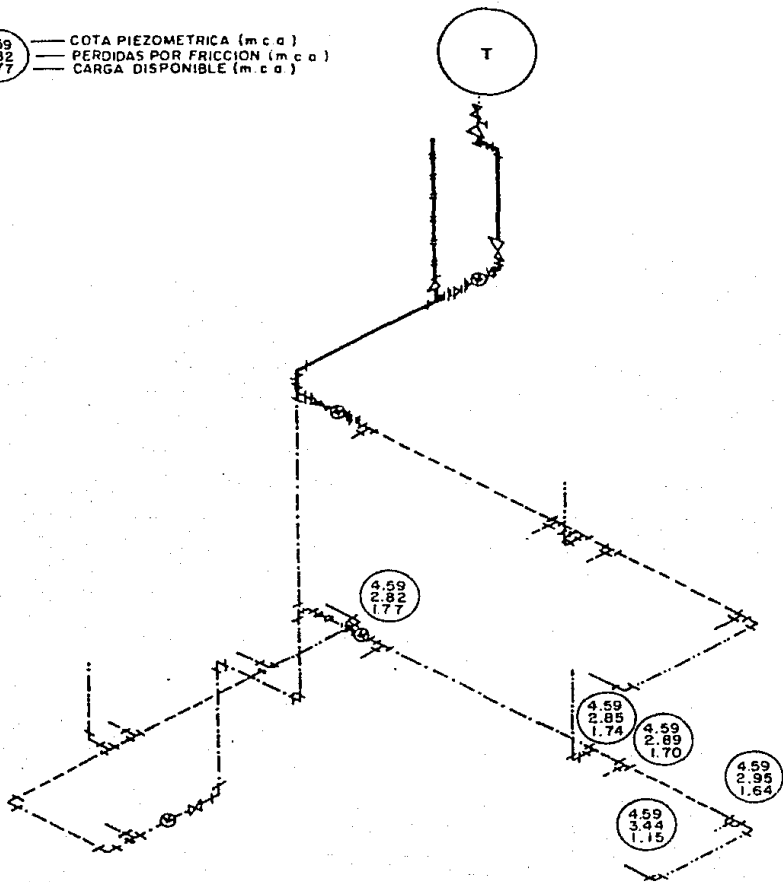


FIG. 3.2.5 RESULTADOS DE LA PRUEBA 4

La combinación empleada para desarrollar la presente prueba consiste en 3 muebles pertenecientes al primer nivel: la tarja (T1-1), el fregadero (F1-3) y el lavabo (L1-5) y se ensaya con ella en 5 corridas de prueba.

Las condiciones en las que se realiza cada corrida son las siguientes: las válvulas 1 y 6 y las correspondientes a cada mueble en operación (50, 57 y 64), se encuentran completamente abiertas, mientras que el resto de las válvulas en la instalación están completamente cerradas.

Se toma la lectura de la cota piezométrica en el tinaco antes de iniciar cada simulación. Al iniciar la corrida, se abre la válvula No. 45, que es la correspondiente al nivel 1, con un grado de abertura del 50%.

Se realizan 5 simulaciones en total, en cada una de las cuales se aforan los gastos en los 3 muebles en operación, obteniéndose el mayor gasto promedio en el fregadero (F1-3) y el menor en el lavabo (L1-5), es decir, 20.45 l/min y 8.65 l/min, respectivamente.

En lo referente a las cargas disponibles, la mayor se registra en el quinto mueble, siendo prácticamente igual a la del cuarto (W1-4), mientras que la menor corresponde al segundo y tercer muebles (regadera y fregadero, respectivamente), ya que registran prácticamente la misma carga.

Con estos resultados se calculan las pérdidas reales por fricción entre el tinaco y cada mueble, restando la carga disponible en cada uno de éstos de la cota piezométrica en el tinaco.

- 4.84 — COTA PIEZOMETRICA (m.c.a.)
- 4.40 — PERDIDAS POR FRICCIÓN (m.c.a.)
- 0.44 — CARGA DISPONIBLE (m.c.a.)

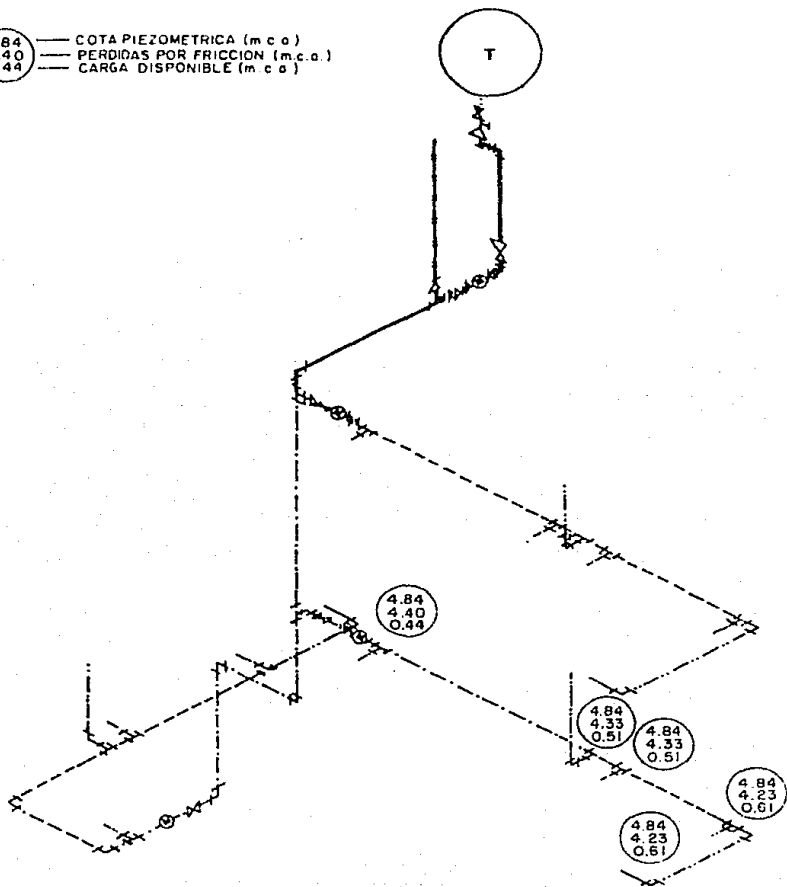


FIG. 3.2.6 RESULTADOS DE LA PRUEBA 5 .

Para la realización de esta prueba, se aplica la combinación formada por un mueble en operación, localizado en el nivel 0, siendo este mueble el lavabo (L0-5).

Con las válvulas No. 1 y No. 6 abiertas completamente se hacen todas las simulaciones en ésta y en el resto de las pruebas; las variaciones son en cuanto a abertura de las válvulas correspondientes a los diferentes niveles y a los muebles en operación.

Esta prueba consta de 5 simulaciones, con una duración de un 1 minuto cada una. Siguiendo la misma metodología descrita en pruebas anteriores, se mantiene abierta al 100% la válvula No. 87, que es la correspondiente al lavabo (L0-5); al inicio de la simulación se abre la válvula No. 68, que controla el paso del agua hacia el ramal de la planta baja, con una abertura del 13.64% solamente, para impedir que por el exceso de carga disponible, derramen los piezómetros.

Durante cada simulación se determina la carga disponible en cada uno de los muebles, obteniéndose la mayor en el primer mueble (tarja T0-1), a la que le siguen, en orden decreciente, la carga obtenida en el segundo mueble (regadera R0-2), que es prácticamente igual a la del tercero (fregadero F0-3), siendo la diferencia entre ellos de $+ 1$ cm, la carga en el cuarto mueble (taza de excusado W0-4), es 4 cm menor que la del mueble anterior y, finalmente, la mínima carga disponible se encuentra en el último mueble (el lavabo L0-5), y tiene una variación de unos 30 cm con respecto a la carga del cuarto mueble; sin embargo, se debe recordar que es en el lavabo donde se determina el caudal que fluye durante el periodo de medición.

7.38 — COTA PIEZOMETRICA (m.c.a.)
 5.75 — PERDIDAS POR FRICCIÓN (m.c.a.)
 1.63 — CARGA DISPONIBLE (m.c.a.)

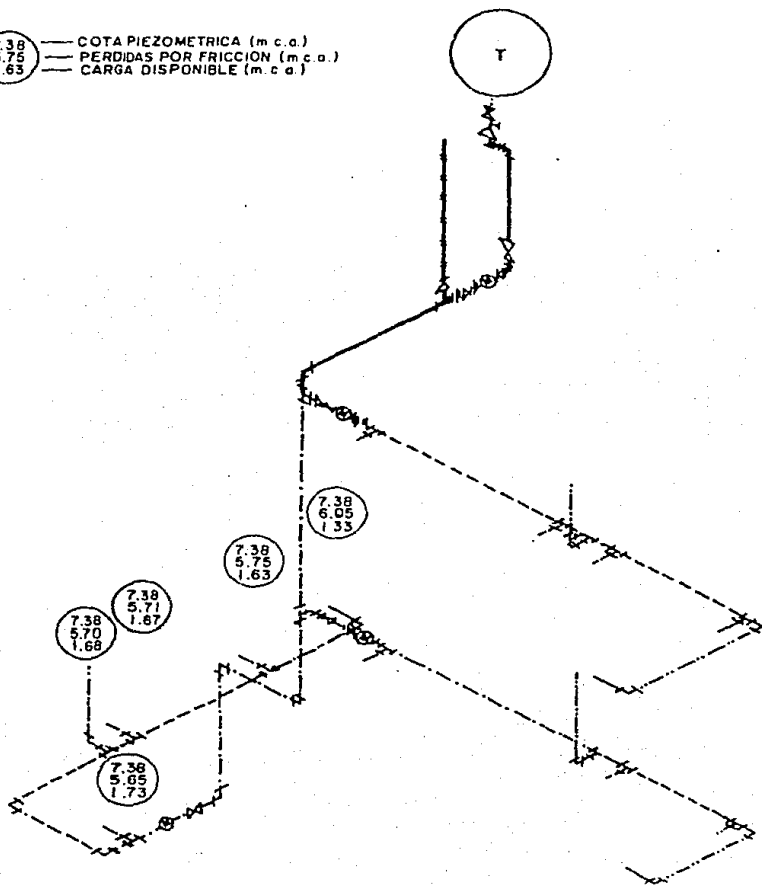


FIG. 3.2.7 RESULTADOS DE LA PRUEBA 6 .

En la realización de esta prueba se selecciona la combinación de 3 muebles que se localizan en el nivel 0, estos son: tarja (T0-1), fregadero (F0-3) y lavabo (L0-5).

Aplicando la misma metodología que en las pruebas anteriores, se realizan 5 simulaciones con una duración de un minuto cada una.

Al inicio de cada intervalo se abre la válvula No. 68 al 81.84% de su capacidad total, ya que ésta permite el paso del flujo hacia el ramal correspondiente al nivel 0 y alimenta a los 3 muebles que están operando simultáneamente, en los cuales se hace el aforo de los gastos que circulan en ellos, obteniéndose en promedio los siguientes: 22.50 L/min, 18.60 L/min y 4.20 L/min, siguiendo el orden en que están ubicados los muebles.

En 3 de las simulaciones, se registran cotas piezométricas en el tinaco mayores a la cota máxima que puede obtenerse, es decir, cuando el tinaco está lleno. Esto se debe a que no se purgó el aire contenido en el piezómetro correspondiente al tinaco, lo que provoca que se registren niveles de agua mayores a los que se tienen en realidad.

Sin embargo, la carga de presión disponible obtenida en cada mueble varía ligeramente de una simulación a otra, es decir que la carga disponible por mueble se mantiene casi constante a pesar de que disminuye la carga en el tinaco.

- 7.44 — COTA PIEZOMETRICA (m.c.a.)
- 7.20 — PERDIDAS POR FRICCIÓN (m.c.a.)
- 0.24 — CARGA DISPONIBLE (m.c.a.)

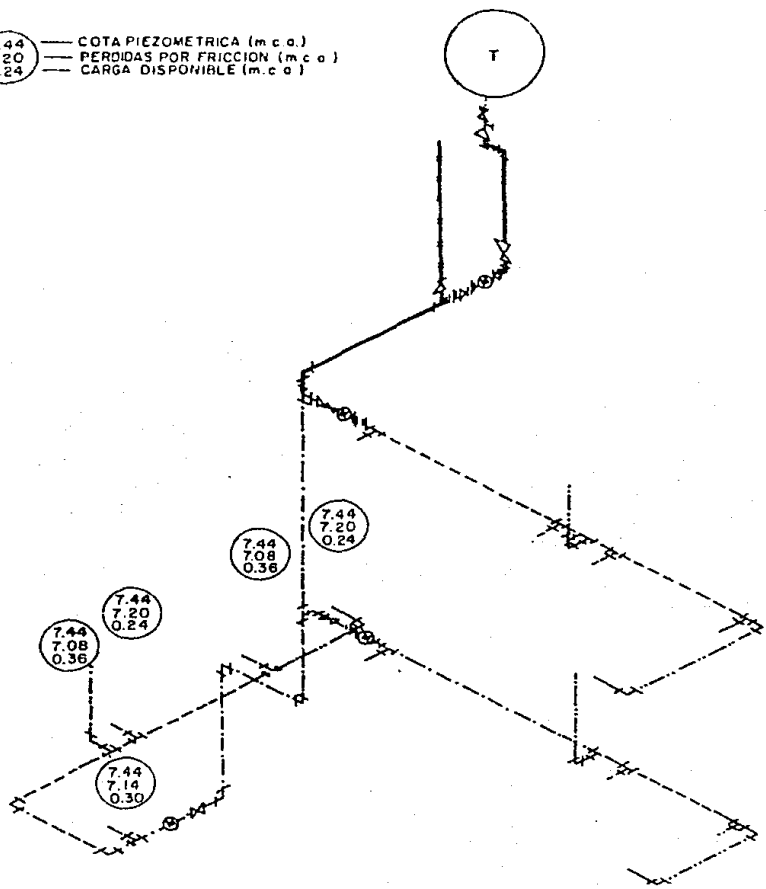


FIG. 3.2.8 RESULTADOS DE LA PRUEBA 7.

La realización de esta prueba se lleva a cabo siguiendo la metodología ya descrita anteriormente. La combinación que se aplica se compone de 3 muebles del primer nivel y 3 del segundo, operando todos simultáneamente y siendo éstos la tarja, el fregadero y el lavabo correspondientes a cada uno de estos 2 niveles.

La prueba consta de 6 simulaciones, en cada una de las cuales se afora el gasto que pasa por los muebles que están en operación y se toma la lectura de la carga disponible en todos los muebles de los niveles 1 y 2.

En el primer nivel, la menor carga disponible se obtiene en el primer mueble, la tarja (T1-1), mientras que en el último mueble, el lavabo (L1-5), la carga es ligeramente mayor que en la tarja; en orden creciente le sigue la carga registrada en el tercer mueble, el fregadero (F1-3), continúa la del cuarto, el W.C. (W1-4) y finalmente la mayor carga corresponde al segundo mueble, la regadera (R1-2).

Como puede observarse, las menores cargas disponibles se registran en los muebles donde se aforan los gastos, siendo éstos, en promedio, los siguientes: 17.50 l/min (T1-1), 20 l/min (F1-3) y 8.25 l/min (L1-5).

Por otra parte, en el segundo nivel no se registra ninguna lectura en los piezómetros y el gasto que fluye a través de cada uno de los muebles es prácticamente nulo, ya que en el primer mueble (T2-1) el gasto promedio es de 1 l/min, en el cuarto (F2-4) es de 0.25 l/min, en tanto que en el sexto y último no se registró ningún gasto.

- 2.33 — COTA PIEZOMETRICA (m.c.a.)
- 2.33 — PERDIDAS POR FRICCIÓN (m.c.a.)
- 0.00 — CARGA DISPONIBLE (m.c.a.)

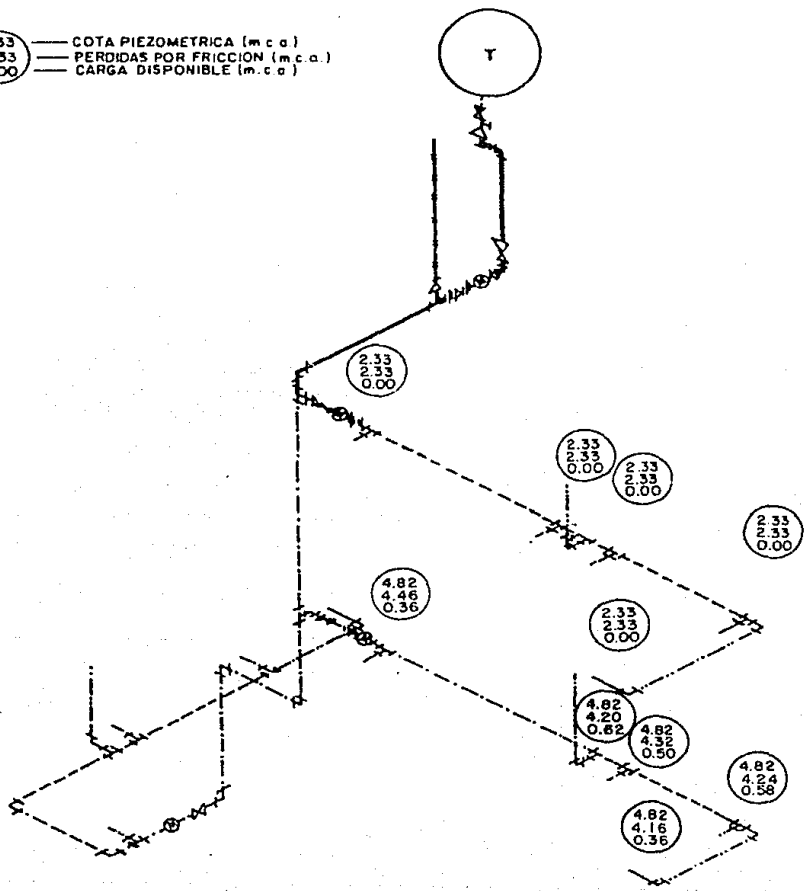


FIG. 3.2.9 RESULTADOS DE LA PRUEBA 8 .

Cabe hacer notar que, a medida que disminuye la cota piezométrica en el tinaco, disminuye el gasto que fluye por la tarja y el fregadero (T2-1 y F2-4).

322.11 DESARROLLO DE LA PRUEBA 9.

En el desarrollo de esta prueba se aplica la combinación formada por 3 muebles: la tarja del segundo nivel (T2-1), la del primero (T1-1) y la de la planta baja (T0-1); esta combinación se ensaya en 5 simulaciones, en cada una de las cuales se mantienen completamente abiertas las válvulas de los muebles en operación, así como las válvulas No. 1 y No. 6.

Cada simulación se realiza en un minuto y se inicia con la abertura simultánea de las válvulas que controlan el paso del flujo hacia cada uno de los niveles en la instalación. Estas válvulas se abren al 100% de su capacidad y son: la No. 16 (nivel 2), la No. 45 (nivel 1) y la No. 68 (nivel 0).

En el transcurso de cada simulación, se observa que en el nivel 2 no se registra carga de presión en ningún piezómetro, por lo que la carga de presión en cada mueble es igual a la carga de posición de cada uno, es decir, igual a cero. Por lo tanto, las pérdidas por fricción entre tinaco y mueble son iguales a la carga disponible en cada uno de ellos.

Asimismo, el gasto que se afora en el mueble correspondiente es prácticamente igual a cero, ya que se observa que, a medida que disminuye la carga en el tinaco, el gasto aforado tiende a ser nulo.

- (4.83) --- COTA PIEZOMETRICA (m c a)
 (3.86) --- PERDIDAS POR FRICCIÓN (m c a)
 (0.97) --- CARGA DISPONIBLE (m c a)

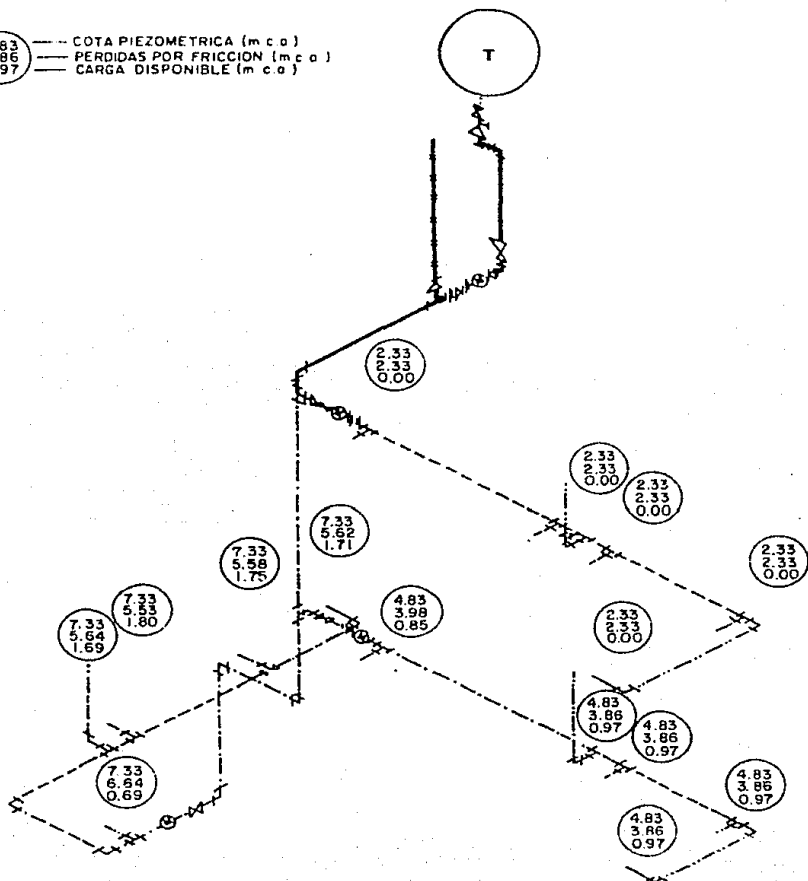


FIG. 3.2.10 RESULTADOS DE LA PRUEBA 9.

Lo anterior se deduce de los resultados siguientes: la primera simulación se realiza con la máxima carga en el tinaco y se obtiene un gasto igual a 0.25 l/min; a medida que se realizan las siguientes simulaciones y con la consiguiente disminución de carga en el tinaco, el gasto aforado se aproxima a cero, registrándose un gasto menor a 0.25 l/min en la segunda y tercera simulación, mientras que en las 2 últimas no circula ningún gasto.

En lo que se refiera al nivel 1, se observan en todos los piezómetros cargas de presión, siendo la menor la que se obtiene en el primer mueble, en tanto que en el resto la carga obtenida es la misma para todos y mayor a la del primero. El gasto aforado en éste es en promedio igual a 13.50 l/min.

Por otro lado, la menor carga de presión en el nivel 0 se registra en el primer mueble (FO-1) y la mayor en el tercero (FO-3), que tiene prácticamente la misma carga que el cuarto mueble (FO-4).

Durante las 5 simulaciones, el gasto que se afora en el primer mueble se mantiene constante e igual a 23 l/min.

3.2.2.12 DESARROLLO DE LA PRUEBA 10.

Para la realización de esta prueba, se selecciona la combinación compuesta por 3 muebles de cada nivel, siendo éstos la tarja, el fregadero y el lavabo correspondientes. Las válvulas que controlan el paso del flujo a cada uno de estos muebles se mantienen abiertas al 100% de su capacidad, así como también las válvulas No. 1 y No. 6.

Esta combinación se aplica en 3 simulaciones, que tienen una duración de 2 minutos cada una. Se da inicio a cada una de ellas con la apertura simultánea de las válvulas de control de cada nivel: la No. 16, la No. 45 y la No. 68; la primera de éstas se abre al 100% de su capacidad, mientras que en las 2 últimas la apertura es del 13.64%.

En éstas la apertura es sólo parcial debido a que al ser abiertas completamente no circula ningún gasto a través de los muebles que operan en el nivel superior, ya que todo el flujo circula en los muebles de los niveles inferiores.

Por esta razón, es necesario ejercer un control en la apertura de las válvulas que permiten el paso hacia los ramales de los niveles inferiores, para lograr de esta forma que circule un flujo mayor en el nivel superior.

En cada uno de los muebles se registra su carga de presión, obteniéndose los siguientes resultados: en el nivel 2 sólo el segundo mueble (C2-2) registra una pequeña carga de presión (en promedio 13 cm), mientras que en el resto de los muebles no se registra ninguna, por lo que la única carga en éstos es la de posición, que es la misma para todos e igual a cero.

Con respecto al nivel 1, en los primeros 4 muebles no se registra tampoco ninguna carga de presión, por lo tanto la carga está representada por la carga de posición, mientras que en el último mueble se registra una carga hidrostática casi nula (de 2 cm en promedio).

De la misma forma se observa que en el nivel 0 sólo se obtiene una carga de presión, igual a la de posición, en el primero y el tercer muebles, mientras que en el resto se registran pequeñas cargas hidrostáticas que varían de 6 a 8 cm.

Es posible apreciar en los resultados obtenidos que la carga hidrostática tiende a ser nula en la mayor parte de los muebles, sobre todo cuando éstos se ubican en el nivel 2, es decir, que esta condición se acentúa en cuanto se analizan aquellos muebles localizados en los niveles superiores (los más cercanos al tinaco).

Sin embargo, los 3 muebles de cada nivel que se encuentran en operación registran ciertos caudales obteniéndose el mayor de éstos en el cuarto mueble del segundo nivel (F2-4) y siendo igual a 11.30 L/min en promedio, mientras que el menor gasto circula a través del último mueble del nivel 0 (L0-5) y es igual a 1 L/min.

32213 DESARROLLO DE LA PRUEBA 11.

Esta prueba consta de 12 simulaciones, en las que se ensaya con la combinación formada por 3 muebles que operan en cada uno de los niveles. Estos muebles son: la tarja, la regadera y el fregadero correspondientes a cada nivel.

Antes de iniciar la prueba, se realizan varias simulaciones para observar si circula algún gasto en los muebles en operación, teniendo abiertas al 100% las válvulas correspondientes a cada uno de ellos.

En estas simulaciones preliminares, se mantienen abiertas al 100% de su capacidad las válvulas No. 1 y No. 6 en tanto que las correspondientes a los niveles 2 (válvula No. 16), 1 (válvula No. 45) y 3 (válvula No. 68) se abren al 100%, 13.64% y 13.64%, respectivamente.

En la primera de estas simulaciones, se observa que en las regaderas no circula ningún gasto, por lo que es necesario ejercer un control sobre las válvulas correspondientes a los otros muebles reduciendo su abertura; es por esto que en las simulaciones posteriores a ésta, se ensaya abriendo sólo parcialmente las válvulas de la tarja y el fregadero.

Sin embargo, se observa que no es posible hacer circular un caudal a través de la regadera sin antes controlar drásticamente la apertura de las válvulas correspondientes a los otros muebles, lo que ocasiona que a través de éstos circule un caudal insuficiente y con baja presión, lo que produce un servicio deficiente.

Por tanto, se procede a cerrar todos los piezómetros por su parte superior, de manera que la instalación trabaje a presión.

Las válvulas mencionadas anteriormente, se mantienen con la misma abertura, excepto las correspondientes a los muebles.

Se llevan a cabo varias simulaciones en las que se ensayan diferentes porcentajes de abertura en los muebles, hasta obtener presión y caudales suficientes para ofrecer un servicio eficiente.

En esta forma se obtienen los siguientes porcentajes de abertura para cada uno de los muebles en operación:

MUEBLE	No. DE VALVULA	ABERTURA (%)
T2-1	24	21.05
R2-3	32	100.00
F2-4	35	15.00
T1-1	50	18.75
R1-2	54	100.00
F1-3	57	15.00
T0-1	72	16.67
R0-2	78	100.00
F0-3	81	19.05

Con los anteriores porcentajes de abertura en las válvulas de los muebles en operación, se realizan las 12 simulaciones que se consideran representativas para conformar la prueba.

Las alturas que alcanza el agua en los piezómetros, o carga de presión se registran en la tabla 3.2.11, así como también los caudales descargados por mueble durante cada intervalo.

2.42 — COTA PIEZOMETRICA (m.c.a.)
 1.95 — PERDIDAS POR FRICCION (m.c.a.)
 0.47 — CARGA DISPONIBLE (m.c.a.)

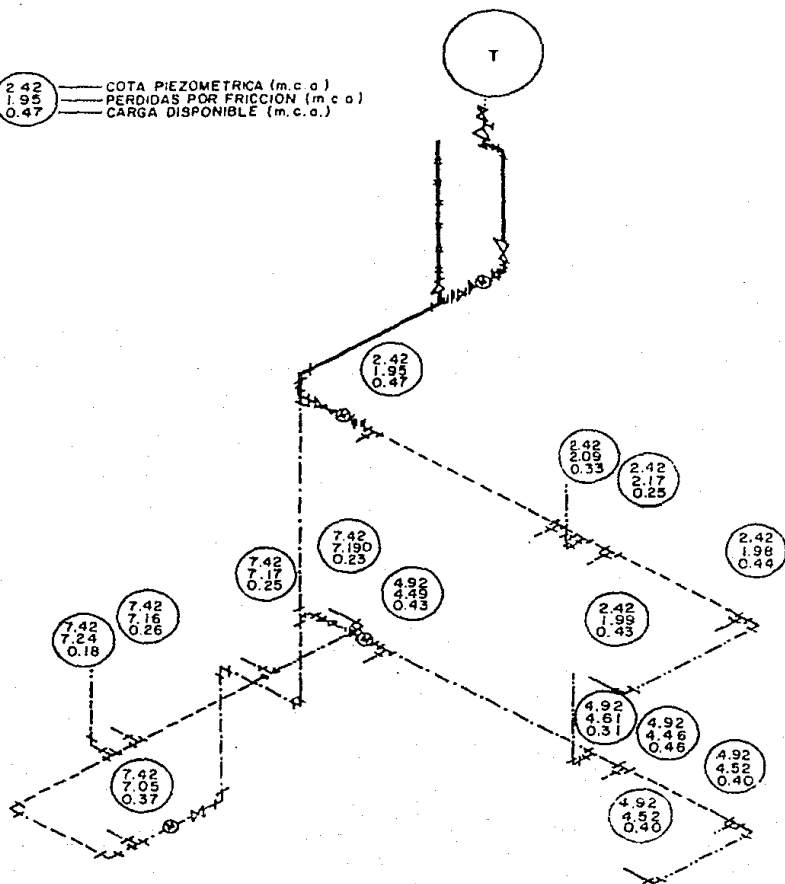


FIG. 3.2.12 RESULTADOS DE LA PRUEBA I I.

TABLA 3.2.1

PRUEBA 1	NIVEL 2							MUEBLE L - 2	
	SIMULACION	LECTURAS PIEZOMETRICAS (m)							GASTO (l/min)
	PT	P2-1	P2-2	P2-3	P2-4	P2-5	P2-6	Q-6	
1	2.410	2.290	1	2.200	2.200	2.100	1.770	9.000	
2	2.445	2.290	1	2.200	2.200	2.100	1.630	9.000	
3	2.400	2.240	1	2.150	2.100	2.050	1.580	9.000	
4	2.340	2.190	1	2.050	2.050	2.000	1.530	10.500	
5	2.290	1.940	1	2.020	1.990	1.970	1.530	9.000	
6	1	1.940	1	1.890	1.985	1.865	1.500	9.000	
7	2.520	2.320	1	2.250	2.250	2.250	1.900	9.000	
8	1	2.290	1	2.200	2.200	2.200	1.730	9.000	
9	1	2.280	1	2.210	2.150	2.150	1.715	9.000	
10	1	2.290	1	2.150	2.100	2.100	1.710	9.000	

TABLA 3.2.2

PRUEBA 2	NIVEL 2							MUEBLES: T2, R2, F2		
	SIMULACION	LECTURAS PIEZOMETRICAS (m)							GASTO (l/min)	
	PT	P2-1	P2-2	P2-3	P2-4	P2-5	P2-6	Q-1	Q-3	Q-4
1	1	0.270	1	0.480	0.445	0.500	0.480	19.000	0.000	14.000
2	1	0.260	1	0.500	0.440	0.475	0.460	18.500	0.000	14.000
3	1	1	1	0.245	0.245	0.285	0.270	21.000	0.000	13.500
4	2.405	0.140	1	0.300	0.240	0.270	0.260	20.000	0.000	13.500
5	2.358	0.240	1	0.423	0.378	0.420	0.405	19.500	0.000	15.500
6	2.310	0.245	1	0.464	0.737	0.475	0.460	19.500	0.000	12.500
7	2.270	0.230	1	0.425	0.380	0.430	0.420	18.000	0.000	13.500
MEDIA	2.336	0.250	1	0.460	0.420	0.460	0.450	18.700	0.000	13.800

1 No se calculan las perdidas por la ausencia de lecturas en las cargas

TABLA 3.2.3

PRUEBA 3

NIVEL 2

MUEBLES T2, F2, L2

SIMULACION	LECTURAS PIEZOMETRICAS. (m)						GASTO (l/min)		
	PT	P2-1	P2-3	P2-4	P2-5	P2-6	Q-1	Q-3	Q-4
1	8	0.200	0.325	0.295	0.330	0.210	16.000	12.750	4.000
2	2.515	0.190	0.310	0.275	0.315	0.175	16.000	12.500	4.500
3	2.425	0.150	0.190	0.160	0.195	0.095	17.000	12.000	4.000
4	2.310	0.180	0.285	0.250	0.290	0.180	17.000	13.000	4.500
5	2.265	0.120	0.235	0.130	0.240	0.125	17.500	12.750	4.000
MEDIA	2.380	0.170	0.270	0.220	0.270	0.160	16.700	12.750	4.200

TABLA 3.2.4

PRUEBA 4

NIVEL 1

MUEBLES L1

SIMULACION	LECTURAS PIEZOMETRICAS. (m)						GASTO (l/min)
	PT	P1-1	P1-2	P1-3	P1-4	P1-5	Q-5
1	8	1.800	1.750	1.750	1.650	1.200	9.000
2	4.640	1.820	1.780	1.700	1.650	1.170	9.000
3	4.580	1.760	1.735	1.700	1.600	1.120	9.000
4	4.440	1.770	1.750	1.730	1.650	1.160	9.000
5	8	1.710	1.660	1.640	1.500	1.100	9.000
MEDIA	4.590	1.770	1.740	1.700	1.640	1.150	9.000

! No se calculan las pérdidas por la ausencia de lecturas en las cargas

TABLA 3.2.5

SIMULACION	LECTURAS PIEZOMETRICAS.						GASTO		
	(m)						(l/min)		
	PT	PI-1	PI-2	PI-3	PI-4	PI-5	Q-1	Q-3	Q-5
1	5.010	0.430	0.450	0.470	0.580	0.590	15.500	20.750	9.750
2	4.940	0.430	0.320	0.320	0.640	0.630	16.000	21.500	10.000
3	4.870	0.450	0.500	0.600	0.620	0.620	16.000	20.500	8.000
4	4.730	0.225	0.525	0.525	0.600	0.610	15.500	20.000	8.000
5	4.640	0.570	0.550	0.550	0.610	0.620	16.000	19.500	7.500
MEDIA	4.840	0.440	0.510	0.510	0.610	0.610	15.800	20.450	8.650

TABLA 3.2.6

SIMULACION	LECTURAS PIEZOMETRICAS.						GASTO (l/min)
	(m)						
	PT	PO-1	PO-2	PO-3	PO-4	PO-5	
1	7.450	1.600	1.560	1.520	1.515	1.225	7.500
2	7.400	1.770	1.720	1.720	1.680	1.360	7.500
3	7.380	1.710	1.660	1.670	1.625	1.330	8.000
4	7.350	1.600	1.560	1.550	1.510	1.240	7.250
5	7.340	1.950	1.880	1.890	1.840	1.500	8.500

1 No se calculan las pérdidas por la ausencia de lecturas en las cargas

TABLA 3.2.7

PRUEBA 7

NIVEL 0

MUEBLES: T0, F0, L0

SIMULACION	LECTURAS PIEZOMETRICAS. (m)						GASTO (l/min)		
	PT	P1-1	P1-2	P1-3	P1-4	P1-5	Q-1	Q-3	Q-5
1	7.520	0.320	0.380	0.250	0.360	0.240	22.500	19.000	4.500
2	8.300	0.330	0.370	0.200	0.340	0.245	22.500	18.500	4.000
3	7.385	0.340	0.360	0.300	0.350	0.230	22.500	18.500	4.500
4	8.220	0.260	0.340	0.200	0.380	0.235	23.000	18.500	4.000
5	8.140	0.250	0.360	0.230	0.370	0.230	22.000	18.500	4.000
MEDIA	7.440	0.300	0.360	0.240	0.360	0.240	22.500	18.600	4.200

* No se calculan las pérdidas por la ausencia de lecturas en las cargas

TABLA 3.2.8

PRUEBA B

NIVEL 2

MUEBLES: T2, F2, L2

NIVEL 1

MUEBLES: T1, F1, L1

SIMULACION	NIVEL 2 LECTURAS PIEZOMETRICAS (m)						GASTO (l/min)		
	P1	P2-1	P2-3	P2-4	P2-5	P2-6	Q-1	Q-4	Q-6
1	2.280	-	-	-	-	-	0.500	0.500	0.000
2	2.210	-	-	-	-	-	0.400	0.500	0.000
3	2.520	-	-	-	-	-	2.000	0.500	0.000
4	2.400	-	-	-	-	-	1.000	0.000	0.000
5	2.325	-	-	-	-	-	1.000	0.000	0.000
6	2.260	-	-	-	-	-	1.000	0.000	0.000
MEDIA	2.330	-	-	-	-	-	1.000	0.250	0.000

SIMULACION	NIVEL 1 LECTURAS PIEZOMETRICAS (m)						GASTO (l/min)		
	P1	P1-1	P1-2	P1-3	P1-4	P1-5	Q-1	Q-3	Q-5
1	4.770	0.350	0.650	0.540	0.490	0.360	19.000	23.000	10.500
2	4.700	0.260	0.570	0.440	0.540	0.300	18.000	18.000	8.000
3	5.010	0.350	0.570	0.410	0.560	0.355	17.500	20.000	7.250
4	4.690	0.480	0.620	0.495	0.580	0.380	18.000	21.000	8.000
5	4.820	0.380	0.630	0.530	0.610	0.395	16.000	19.500	7.750
6	4.750	0.480	0.690	0.570	0.670	0.360	16.250	18.750	8.000
MEDIA	4.870	0.360	0.620	0.500	0.580	0.360	17.500	20.000	8.250

- No se registran cargas de presión.

- No se calculan las pérdidas por la ausencia de lecturas en las cargas

TABLA 3.2.9

PRUEBA B	NIVEL 2						NUEBLE T2
	NIVEL 1						NUEBLE T1
							NUEBLE T0
SIMULACION	NIVEL 2						GASTO (l/min)
	LECTURAS PIEZOMETRICAS (m)						
	PT	P2-1	P2-3	P2-4	P2-5	P2-6	Q-1
1	2.510	-	-	-	-	-	0.250
2	1	-	-	-	-	-	senos de
3	1	-	-	-	-	-	senos de
4	2.280	-	-	-	-	-	0.000
5	2.190	-	-	-	-	-	0.000
MEDIA	2.330	-	-	-	-	-	0.000

SIMULACION	NIVEL 1						GASTO (l/min)
	LECTURAS PIEZOMETRICAS (m)						
	PT	P1-1	P1-2	P1-3	P1-4	P1-5	Q-1
1	5.010	0.800	1.000	1.000	1.000	1.000	14.500
2	1	0.900	1.000	1.000	1.000	1.000	13.500
3	1	0.850	1.000	1.000	1.000	1.000	13.000
4	4.780	0.970	0.900	0.900	0.900	0.900	14.000
5	4.690	0.850	0.950	0.950	0.950	0.950	12.500
MEDIA	4.830	0.850	0.970	0.970	0.970	0.970	13.500

SIMULACION	NIVEL 0						GASTO (l/min)
	LECTURAS PIEZOMETRICAS (m)						
	PT	P0-1	P0-2	P0-3	P0-4	P0-5	Q-1
1	7.510	0.610	1.670	1.800	1.800	1.750	23.000
2	1	0.560	1.700	1.900	1.800	1.700	23.000
3	1	0.700	1.720	1.820	1.750	1.680	23.000
4	7.280	0.700	1.700	1.760	1.720	1.700	23.000
5	0.205	0.680	1.680	1.640	1.680	1.700	23.000
MEDIA	7.330	0.690	1.690	1.800	1.750	1.710	23.000

- No se registran cargas de presion.

! No se calculan las pérdidas por la ausencia de lecturas en las cargas

TABLA 3.2.10

PRUEBA 10	NIVEL 2	100.00 % ABERTURA DE LA VALVULA	MUEBLES T2, F2, L2	100.00 % ABERTURA DE LA VALVULA
	NIVEL 1	13.64 % ABERTURA DE LA VALVULA	MUEBLES T1, F1, L1	100.00 % ABERTURA DE LA VALVULA
	NIVEL 0	13.64 % ABERTURA DE LA VALVULA	MUEBLES T0, F0, L0	100.00 % ABERTURA DE LA VALVULA

SIMULACION	NIVEL 2 LECTURAS PIEZOMETRICAS (m)							GASTO (l/min)		
	PT	P2-1	P2-2	P2-3	P2-4	P2-5	P2-6	Q-1	Q-4	Q-6
1	2.350	-	0.120	-	-	-	-	8.250	11.000	2.250
2	2.230	-	0.100	-	-	-	-	4.375	6.000	0.500
3	2.510	-	0.125	-	-	-	-	8.750	11.250	2.750
4	2.390	-	0.130	-	-	-	-	7.750	10.500	2.000
5	2.280	-	0.130	-	-	-	-	9.750	11.500	3.000
6	2.510	-	0.135	-	-	-	-	†	11.500	†
MEDIA	2.380	0.000	0.120	0.000	0.000	0.000	0.000	8.650	11.300	2.500

SIMULACION	NIVEL 1 LECTURAS PIEZOMETRICAS (m)						GASTO (l/min)		
	PT	P1-1	P1-2	P1-3	P1-4	P1-5	Q-1	Q-3	Q-5
1	4.850	-	-	-	-	0.030	5.500	5.250	1.500
2	4.730	-	-	-	-	0.020	1.750	3.000	1.250
3	5.010	-	-	-	-	0.030	5.250	4.625	1.560
4	4.890	-	-	-	-	0.023	5.500	5.500	1.000
5	4.780	-	-	-	-	0.025	6.000	7.000	1.000
6	5.010	-	-	-	-	0.030	†	†	†
MEDIA	4.880	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	5.600	5.130	1.250

SIMULACION	NIVEL 0 LECTURAS PIEZOMETRICAS (m)						GASTO (l/min)	GASTO (l/min)	GASTO (l/min)
	PT	P0-1	P0-2	P0-3	P0-4	P0-5	Q-1	Q-3	Q-5
1	7.350	-	0.075	-	0.070	0.077	3.625	2.375	0.750
2	7.230	-	0.080	-	0.077	0.080	6.500	5.875	1.000
3	7.510	-	0.075	-	0.070	0.075	3.875	2.500	0.875
4	7.390	-	0.072	-	0.065	0.070	4.375	3.500	1.000
5	7.280	-	0.075	-	0.065	0.070	5.500	4.625	1.000
6	7.510	-	0.080	-	0.070	0.080	-	-	-
MEDIA	7.380	0.000	0.080	0.000	0.070	0.070	4.000	2.800	1.000

- No se registran cargas de presión.

† No se calculan las pérdidas por la ausencia de lecturas en las cargas

TABLA 3.2.11

PRUEBA 11	NIVEL 2	100.00	I	ABERTURA DE LA VALVULA	MUEBLES T2, R2, F2	21.051 ; 1001 ; 151 A. DE LA V.
	NIVEL 1	13.64	I	ABERTURA DE LA VALVULA	MUEBLES T1, R1, F1	18.751 ; 1001 ; 151 A. DE LA V.
	NIVEL 0	13.64	I	ABERTURA DE LA VALVULA	MUEBLES T0, R0, F0	16.671 ; 1001 ; 19.051 A. DE LA V.

SIMULACION	NIVEL 2 LECTURAS PIEZOMETRICAS (m)							GASTO (l/min)		
	PT	P2-1	P2-2	P2-3	P2-4	P2-5	P2-6	Q-1	Q-3	Q-5
	1	1	0.415	0.468	0.305	0.330	0.415	0.410	2.250	9.750
2	1	0.520	0.590	0.440	0.270	0.570	0.560	2.375	1	4.000
3	2.400	0.600	0.510	0.470	1	0.630	0.630	2.750	10.270	3.750
4	2.610	0.520	0.515	0.389	0.280	0.510	0.500	2.000	9.250	2.750
5	2.200	0.600	0.570	0.428	0.260	0.535	0.520	2.375	9.500	3.000
6	2.510	0.560	0.540	0.385	0.340	0.520	0.510	2.750	11.500	3.250
7	2.370	0.400	0.440	1	0.265	0.365	0.355	2.500	9.250	7.750
8	2.510	0.410	0.425	0.310	0.240	0.420	0.410	2.000	9.500	3.000
9	2.380	0.490	0.470	0.290	0.240	0.395	0.390	2.000	9.500	3.000
10	2.270	0.320	0.420	0.246	0.160	0.340	0.320	1.875	8.500	2.500
11	2.510	1	0.380	0.190	0.170	0.360	0.280	2.500	5.500	5.750
12	2.390	0.360	0.350	0.170	0.150	0.290	0.250	1.750	7.500	3.750
MEDIA	2.420	0.470	0.470	0.330	0.250	0.440	0.430	2.400	9.500	3.400

SIMULACION	NIVEL 1 LECTURAS PIEZOMETRICAS (m)						GASTO (l/min)		
	PT	PI-1	PI-2	PI-3	PI-4	PI-5	Q-1	Q-2	Q-3
	1	1	0.460	0.280	0.425	1	1	3.000	9.000
2	1	0.315	0.380	0.520	1	1	2.750	8.750	2.750
3	4.900	0.450	0.275	0.430	1	1	2.750	8.000	2.750
4	5.110	0.440	0.285	0.430	1	1	1.750	8.500	2.250
5	4.700	0.398	0.240	0.405	1	1	2.250	9.750	2.500
6	5.010	0.410	0.270	0.410	1	1	2.000	11.500	3.000
7	4.870	0.530	0.415	0.520	1	1	2.500	1	1
8	5.010	0.465	0.310	0.470	0.395	0.410	2.750	9.500	2.500
9	4.880	0.410	0.270	0.395	0.325	0.320	2.500	8.250	2.500
10	4.770	0.430	0.290	0.450	0.350	0.340	2.500	8.250	2.750
11	5.010	0.480	0.355	0.560	0.530	0.520	2.750	9.750	2.500
12	4.890	0.560	0.310	0.460	0.390	0.385	2.500	7.750	2.625
MEDIA	4.920	0.430	0.310	0.460	0.400	0.400	2.700	8.500	2.600

1 No se calculan las pérdidas por la ausencia de lecturas en las cargas

TABLA 3.2.11

PRUEBA 11	NIVEL 2	100.00	Z	ABERTURA DE LA VALVULA	MUEBLES T2, R2, F2	21.051	; 1001	; 15% A. DE LA V.
	NIVEL 1	13.64	Z	ABERTURA DE LA VALVULA	MUEBLES T1, R1, F1	19.751	; 1001	; 15% A. DE LA V.
	NIVEL 0	13.64	Z	ABERTURA DE LA VALVULA	MUEBLES T0, R0, F0	16.671	; 1001	; 19.051 A. DE LA V.

SIMULACION	NIVEL 0 LECTURAS PIEZOMETRICAS (m)						GASTO (l/min)		
	PT	PO-1	PO-2	PO-3	PO-4	PO-5	Q-1	Q-2	Q-3
1	1	0.220	0.100	0.130	0.160	0.140	0.875	5.000	0.750
2	1	0.200	0.130	0.110	0.150	0.080	1.000	4.750	2.000
3	7.400	0.280	0.100	0.140	0.210	0.150	0.750	5.000	2.250
4	7.610	0.250	0.090	0.130	0.190	0.140	0.750	5.250	1.750
5	7.200	0.190	0.050	0.100	0.130	0.070	1.000	4.500	2.000
6	7.510	0.350	0.200	0.170	0.280	0.230	1.500	7.750	2.500
7	7.370	0.480	0.260	0.350	0.360	0.330	1.375	7.900	2.250
8	7.510	0.450	0.210	0.390	0.230	0.300	1.500	7.750	2.500
9	7.380	0.445	0.250	0.380	0.310	0.300	1.625	6.500	2.500
10	7.270	0.510	0.260	0.390	0.290	0.340	1.500	7.625	2.500
11	7.510	0.505	0.270	0.375	0.350	0.325	1.625	7.250	2.625
12	7.390	0.500	0.280	0.400	0.390	0.350	1.500	6.500	2.500
MEDIA	7.420	0.370	0.180	0.260	0.250	0.230	1.400	6.000	2.300

- No se registran cargas de presion.

TABLA 3.2.12

PRUEBA 1

PERDIDAS DE CARGA REALES ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES. (m)						
SIMULACION	hf(T-1)	hf(T-2)	hf(T-3)	hf(T-4)	hf(T-5)	hf(T-6)
1	0.105	1	0.195	0.195	0.295	0.363
2	0.140	1	0.230	0.230	0.330	0.800
3	0.145	1	0.235	0.285	0.335	0.805
4	0.135	1	0.275	0.275	0.325	0.795
5	0.335	1	0.255	0.285	0.305	0.745
6	1	1	1	1	1	1
7	0.185	1	0.255	0.255	0.255	0.605
8	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1
hf REAL	0.150	1	0.250	0.270	0.310	0.720

1 No se calculan las perdidas por la ausencia de lecturas en las cargas

TABLA 3.2.13

PRUEBA 2

PERDIDAS DE CARGA REALES ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES. (m)					
SIMULACION	hf (T-1)	hf (T-3)	hf (T-4)	hf (T-5)	hf (T-6)
1	*	*	*	*	*
2	*	*	*	*	*
3	*	*	*	*	*
4	2.250	2.090	2.150	2.120	2.130
5	2.103	1.920	1.965	1.923	1.938
6	2.050	1.831	1.858	1.820	1.835
7	2.025	1.830	1.875	1.825	1.835
hf REAL	2.090	1.880	1.920	1.880	1.890

TABLA 3.2.14

PRUEBA 3

PERDIDAS DE CARGA REALES ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES. (m)						
SIMULACION	hf (T-1)	hf (T-2)	hf (T-3)	hf (T-4)	hf (T-5)	hf (T-6)
1	*	*	*	*	*	*
2	2.310	*	2.190	2.250	2.185	2.325
3	2.250	*	2.220	2.250	2.215	2.315
4	2.115	*	2.010	2.045	2.005	2.115
5	2.130	*	2.015	2.120	2.010	2.125
hf REAL	2.210	*	2.110	2.160	2.110	2.220

* No se calculan las perdidas por la ausencia de lecturas en las cargas

TABLA 3.2.15

PRUEBA 4

PERDIDAS DE CARGA REALES ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES. (m)					
SIMULACION	hf (T-1)	hf (T-2)	hf (T-3)	hf (T-4)	hf (T-5)
1	*	*	*	*	*
2	2.815	2.855	2.935	2.985	3.465
3	2.815	2.840	2.875	2.975	3.455
4	2.765	2.765	2.805	2.885	3.375
5	*	*	*	*	*
hf REAL	2.820	2.850	2.890	2.950	3.440

TABLA 3.2.16

PRUEBA 5

PERDIDAS DE CARGA REALES ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES. (m)					
SIMULACION	hf (T-1)	hf (T-2)	hf (T-3)	hf (T-4)	hf (T-5)
1	4.575	4.555	4.535	4.425	4.415
2	4.505	4.615	4.615	4.295	4.305
3	4.415	4.365	4.365	4.265	4.245
4	4.500	4.200	4.200	4.125	4.115
5	4.065	4.085	4.085	4.025	4.015
hf REAL	4.400	4.330	4.330	4.230	4.230

* No se calculan las perdidas por la ausencia de lecturas en las cargas

TABLA 3.2.17

PRUEBA 6

PERDIDAS DE CARGA REALES ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES. (m)					
SIMULACION	hf(T-1)	hf(T-2)	hf(T-3)	hf(T-4)	hf(T-5)
1	5.842	5.882	5.922	5.927	6.217
2	5.625	5.675	5.675	5.715	6.035
3	5.662	5.712	5.702	5.747	6.042
4	5.735	5.775	5.785	5.825	6.095
5	5.370	5.440	5.430	5.480	5.820
hf REAL	5.650	5.700	5.710	5.750	6.050

TABLA 3.2.18

PRUEBA 7

PERDIDAS DE CARGA REALES ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES. (m)					
SIMULACION	hf(T-1)	hf(T-2)	hf(T-3)	hf(T-4)	hf(T-5)
1	7.185	7.125	7.255	7.145	7.265
2	7.955	7.915	8.085	7.945	8.040
3	7.030	7.010	7.070	7.020	7.140
4	7.945	7.865	8.005	7.825	7.970
5	7.875	7.765	7.895	7.755	7.895
hf REAL	7.140	7.080	7.200	7.080	7.200

* No se calculan las perdidas por la ausencia de lecturas en las cargas

TABLA 3.2.19

PRUEBA 8

NIVEL 2

PERDIDAS DE CARGA REALES ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES.
(m)

SIMULACION	hf(T-1)	hf(T-2)	hf(T-3)	hf(T-4)	hf(T-5)	hf(T-6)
1	2.265	2.265	2.265	2.265	2.265	2.265
2	2.195	2.195	2.195	2.195	2.195	2.195
3	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505
4	2.385	2.385	2.385	2.385	2.385	2.385
5	2.310	2.310	2.310	2.310	2.310	2.310
6	2.245	2.245	2.245	2.245	2.245	2.245
hf REAL	2.330	2.330	2.330	2.330	2.330	2.330

NIVEL 1

PERDIDAS DE CARGA REALES ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES.
(m)

SIMULACION	hf(T-1)	hf(T-2)	hf(T-3)	hf(T-4)	hf(T-5)	
1	4.415	4.115	4.225	4.275	4.405	
2	4.435	4.125	4.255	4.155	4.395	
3	4.655	4.435	4.595	4.445	4.650	
4	*	4.285	4.390	4.305	4.505	
5	4.430	4.180	4.280	4.200	4.415	
6	4.235	4.055	4.175	4.075	4.365	
hf REAL	4.460	4.200	4.320	4.240	4.460	

* No se calculan las perdidas por la ausencia de lecturas en las cargas

TABLA 3.2.20

PRUEBA 9

NIVEL 2						
PERDIDAS DE CARGA REALES ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES. (m)						
SIMULACION	hf(T-1)	hf(T-2)	hf(T-3)	hf(T-4)	hf(T-5)	hf(T-6)
1	2.510	*	2.510	2.510	2.510	2.510
2	*	*	*	*	*	*
3	*	*	*	*	*	*
4	2.280	*	2.280	2.280	2.280	2.280
5	2.190	*	2.190	2.190	2.190	2.190
hf REAL	2.330	*	2.330	2.330	2.330	2.330

NIVEL 1						
PERDIDAS DE CARGA REALES ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES. (m)						
SIMULACION	hf(T-1)	hf(T-2)	hf(T-3)	hf(T-4)	hf(T-5)	
1	4.210	4.010	4.010	4.010	4.010	
2	*	*	*	*	*	
3	*	*	*	*	*	
4	3.810	3.810	3.810	3.810	3.810	
5	3.840	3.740	3.740	3.740	3.740	
hf REAL	3.980	3.860	3.860	3.860	3.860	

NIVEL 0						
PERDIDAS DE CARGA REALES ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES. (m)						
SIMULACION	hf(T-1)	hf(T-2)	hf(T-3)	hf(T-4)	hf(T-5)	
1	6.890	5.840	5.710	5.710	5.760	
2	*	*	*	*	*	
3	*	*	*	*	*	
4	6.580	5.580	5.520	5.560	5.580	
5	6.510	5.510	5.550	5.510	5.490	
hf REAL	6.640	5.640	5.530	5.580	5.620	

* No se calculan las perdidas por la ausencia de lecturas en las cargas

TABLA 3.2.21

PRUEBA 10

NIVEL 2						
PERDIDAS DE CARGA REALES ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES. (m)						
SIMULACION	hf(T-1)	hf(T-2)	hf(T-3)	hf(T-4)	hf(T-5)	hf(T-6)
1	2.350	2.230	2.350	2.350	2.350	2.350
2	2.230	2.130	2.330	2.230	2.230	2.230
3	2.510	2.385	2.510	2.510	2.510	2.510
4	2.390	2.260	2.390	2.390	2.390	2.390
5	2.280	2.150	2.280	2.280	2.280	2.280
6	2.510	2.375	2.510	2.510	2.510	2.510
hf REAL	2.380	2.260	2.380	2.380	2.380	2.380

NIVEL 1						
PERDIDAS DE CARGA REALES ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES. (m)						
SIMULACION	hf(T-1)	hf(T-2)	hf(T-3)	hf(T-4)	hf(T-5)	
1	4.850	4.850	4.850	4.850	4.820	
2	4.730	4.730	4.730	4.730	4.710	
3	5.010	5.010	5.010	5.010	4.800	
4	4.890	4.890	4.890	4.890	4.700	
5	4.780	4.780	4.780	4.780	4.750	
6	5.010	5.010	5.010	5.010	4.980	
hf REAL	4.880	4.880	4.880	4.880	4.850	

NIVEL 0						
PERDIDAS DE CARGA REALES ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES. (m)						
SIMULACION	hf(T-1)	hf(T-2)	hf(T-3)	hf(T-4)	hf(T-5)	
1	7.350	7.270	7.350	7.280	7.270	
2	7.280	7.150	7.230	7.153	7.150	
3	7.510	7.435	7.510	7.440	7.435	
4	7.390	0.320	7.390	7.350	7.320	
5	7.280	7.205	7.280	7.215	7.210	
6	7.510	7.430	7.510	7.440	7.430	
hf REAL	7.360	7.300	7.380	7.310	7.310	

* No se calculan las perdidas por la ausencia de lecturas en las cargas

TABLA 3.2.22

PRUEBA 11

NIVEL 2

PERDIDAS DE CARGA REALES ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES.
(m)

SIMULACION	hf(T-1)	hf(T-2)	hf(T-3)	hf(T-4)	hf(T-5)	hf(T-6)
1	2.350	2.230	2.350	2.350	2.350	2.350
2	2.230	2.130	2.330	2.230	2.230	2.230
3	2.510	2.385	2.510	2.510	2.510	2.510
4	2.390	2.260	2.390	2.390	2.390	2.390
5	2.280	2.150	2.280	2.280	2.280	2.280
6	2.510	2.375	2.510	2.510	2.510	2.510
7	2.510	2.375	2.510	2.510	2.510	2.510
8	2.510	2.375	2.510	2.510	2.510	2.510
9	2.510	2.375	2.510	2.510	2.510	2.510
10	2.510	2.375	2.510	2.510	2.510	2.510
11	2.510	2.375	2.510	2.510	2.510	2.510
12	2.510	2.375	2.510	2.510	2.510	2.510
hf REAL	2.380	2.260	2.380	2.380	2.380	2.380

NIVEL 1

PERDIDAS DE CARGA REALES ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES.
(m)

SIMULACION	hf(T-1)	hf(T-2)	hf(T-3)	hf(T-4)	hf(T-5)
1	4.850	4.850	4.850	4.850	4.820
2	4.730	4.730	4.730	4.730	4.710
3	5.010	5.010	5.010	5.010	4.800
4	4.890	4.890	4.890	4.890	4.700
5	4.780	4.780	4.780	4.780	4.750
6	5.010	5.010	5.010	5.010	4.980
7	5.010	5.010	5.010	5.010	4.980
8	5.010	5.010	5.010	5.010	4.980
9	5.010	5.010	5.010	5.010	4.980
10	5.010	5.010	5.010	5.010	4.980
11	5.010	5.010	5.010	5.010	4.980
12	5.010	5.010	5.010	5.010	4.980
hf REAL	4.880	4.880	4.880	4.880	4.850

* No se calculan las perdidas por la ausencia de lecturas en las cargas

TABLA 3.2.22

PRUEBA 11

NIVEL 0					
PERDIDAS DE CARGA REALES ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES. (m)					
SIMULACION	hf (T-1)	hf (T-2)	hf (T-3)	hf (T-4)	hf (T-5)
1	7.350	7.270	7.350	7.280	7.270
2	7.280	7.150	7.230	7.153	7.150
3	7.510	7.435	7.510	7.440	7.435
4	7.390	0.320	7.390	7.350	7.320
5	7.280	7.205	7.280	7.215	7.210
6	7.510	7.430	7.510	7.440	7.430
7	7.510	7.430	7.510	7.440	7.430
8	7.510	7.430	7.510	7.440	7.430
9	7.510	7.430	7.510	7.440	7.430
10	7.510	7.430	7.510	7.440	7.430
11	7.510	7.430	7.510	7.440	7.430
12	7.510	7.430	7.510	7.440	7.430
hf REAL	7.380	7.300	7.380	7.310	7.310

* No se calculan las perdidas por la ausencia de lecturas en las cargas

- **Número (No.).**

Corresponde al número progresivo con que se identifican los elementos o piezas especiales en el tramo considerado. Conviene hacer notar, por un lado, que los tramos de tubería en donde se determinan las pérdidas por fricción no son incluidos en la numeración; por otro lado se debe observar que una vez calculada la pérdida total en un nivel, ésta se indica con 2 líneas intermitentes en el cuerpo de la tabla reiniciándose la acumulación de pérdidas de carga a partir del elemento común, mientras que la pérdida total entre el tinaco y un mueble se indica con una línea intermitente.

- **Elemento o tramo.**

Representa al elemento o pieza especial que instalado en el tramo analizado provoca una reducción en la carga piezométrica y corresponde a válvulas, tees, codos, reducciones, tuercas unión, etc. En esta misma columna se identifican los tramos de tubería que conectan a los elementos especiales.

- **Longitud o abertura.**

Longitud: Corresponde a la longitud, en metros, del tramo de tubería entre elementos especiales que sirve de base para el cálculo de la pérdida de carga por fricción.

% Abertura: Utilizado exclusivamente en las válvulas de compuerta o de globo para indicar el porcentaje en que se encuentra abierto cada elemento durante la prueba realizada. Este porcentaje corresponde a la relación del número de vueltas con las que se abre la válvula en cada prueba entre

el número de vueltas necesarias para abrir completamente la válvula en cuestión.

- **Diámetro (mm).**

Corresponde al diámetro en mm del elemento o tramo de tubería analizado. Para el caso de las reducciones se utiliza el diámetro menor o de salida.

- **Diámetro (pulg).**

Corresponde al diámetro de la tubería del elemento analizado expresado en pulgadas.

- **k o f.**

En esta columna se presentan los factores de pérdida de carga para los elementos analizados (k) así como para los tramos de tubería (f).

k: Corresponde a la constante del elemento o pieza especial analizada e interviene en la fórmula 2.3.17:

$$h_f = k \frac{v^2}{2g}$$

En el caso de las válvulas, el valor de k varía de acuerdo con el porcentaje de abertura de dicho elemento. Los valores base se obtuvieron del nomograma denominado Pérdida de Carga en Conexiones (fig. 2.3.1). Cuando el porcentaje de abertura es del 100% se emplea la figura 2.4.3.

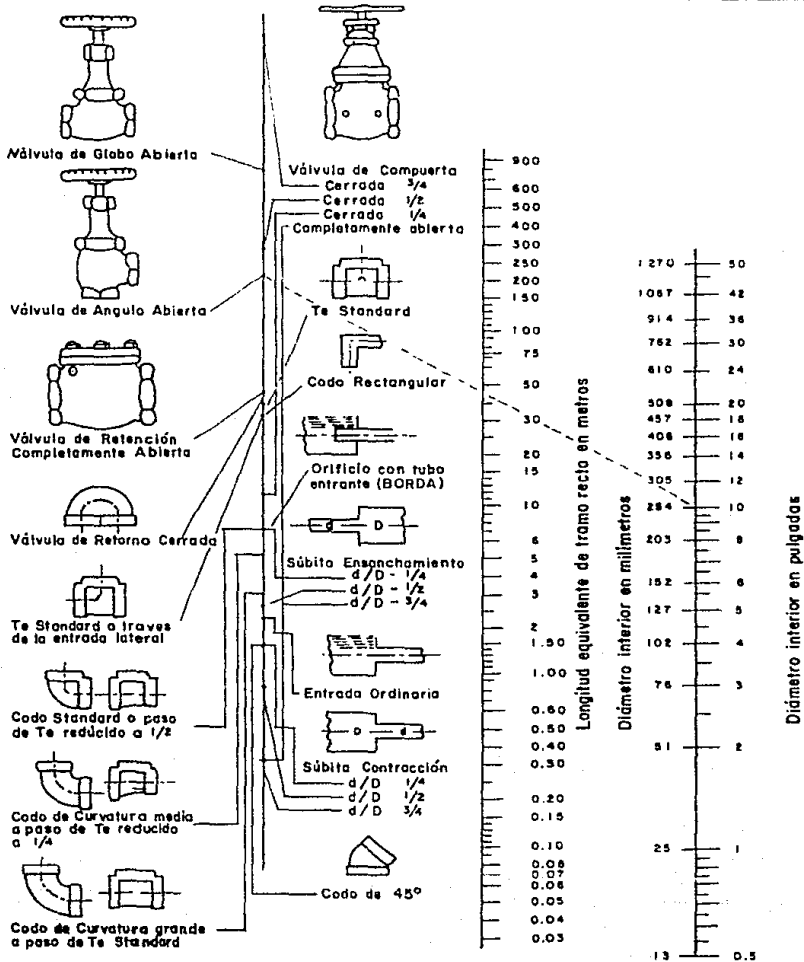


fig. 3.3.1 PERDIDA DE CARGA EN CONEXIONES

Con estos valores base se obtuvieron, a partir de recursos matemáticos, las ecuaciones que representan el comportamiento de las válvulas y que en forma resumida presentamos a continuación:

VALVULA DE COMPUERTA

$$1 \text{ pulgada} \quad \text{Log } k = -0.02846 (C) + 2.2476$$

VALVULA DE GLOBO

$$1.5 \text{ pulgadas} \quad \text{Log } k = -0.028509 (C) + 3.79387$$

$$1 \text{ pulgadas} \quad \text{Log } k = -0.028509 (C) + 3.86446$$

$$3/4 \text{ pulgadas} \quad \text{Log } k = -0.028509 (C) + 3.9784$$

$$1/2 \text{ pulgadas} \quad \text{Log } k = -0.028509 (C) + 4.143212$$

Para el caso de tes y codos el valor de k se obtiene también en la figura 2.4.3.

f: Factor de pérdida de carga correspondiente al tramo de tubería analizado. Este factor interviene en la fórmula de pérdidas por fricción de Darcy-Weisbach y se obtiene a partir de la ecuación 2.3.1.6, ya que los gastos utilizados y los diámetros de los tramos provocan un flujo turbulento.

La rugosidad absoluta que interviene en esta ecuación corresponde a tubería de cobre y su valor es $\epsilon = 0.0015 \text{ mm}$.

f puede también ser obtenido del Diagrama Universal de Moody (figura 2.3.1.2).

- Gasto (l/min).

Corresponde al caudal de agua medido directamente en las pruebas realizadas, utilizando la fórmula de volumen/tiempo.

- Pérdida de carga (m).

Corresponde a la pérdida de carga hidrostática calculada en cada tramo analizado con las fórmulas de las pérdidas por fricción y de las pérdidas locales (ecuaciones 2.3.1.4 y 2.3.1.7, respectivamente).

- Pérdida de carga acumulada (m).

Es la acumulación de las pérdidas de carga en tuberías y en piezas especiales en el tramo analizado.

- Pérdida de carga real (m).

Corresponde a la pérdida de carga medida directamente en el banco de pruebas y que es la acumulación de aquellas ocasionadas por la fricción y de las locales en todo el tramo analizado.

Estos valores aparecen en los puntos en que por disponibilidad de piezómetros se puede medir la carga de presión. Comparado este valor con el mismo renglón en la columna anterior, se puede observar la discrepancia entre teoría y realidad.

- **Relación a pérdida real.**

Es el cociente de la pérdida de carga real entre la pérdida de carga teórica acumulada, correspondiente al número de veces que la pérdida de carga real es superior a la pérdida de carga acumulada, identificándose valores menores a 1 en el caso en que la pérdida de carga real resulta inferior a la teórica.

- **Factor.**

Con el fin de determinar en cuáles casos se vuelve mayor la diferencia entre pérdidas reales y teóricas, se establece un factor que es proporcional a las pérdidas de carga acumuladas; estrictamente puede establecerse como pérdida de carga acumulada. Los valores menores indican una gran acumulación de pérdidas, o sea longitudes grandes o gran cantidad de piezas especiales.

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

De acuerdo con los resultados registrados en las tablas 3.3.1 a 3.3.11 se puede observar que consistentemente, con excepción de una prueba, se presentaron pérdidas de carga real superiores a las pérdidas de carga teóricas con relaciones que oscilaron entre 1.2 y 10, y con valores extremos entre 12 y 34, lo que significa una diferencia de 34 veces. Cabe aclarar que estos valores extremos corresponden a pérdidas de carga muy reducida que son muy difíciles, tanto de cuantificar teóricamente como de medir con precisión en los dispositivos utilizados en la experimentación.

TABLA 3.3.1

PRUEBA 1

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2

MUEBLE: L2 - 6

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O 1 ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)	k o f	GASTO (lit/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE CARGA REAL (m)	RELACION A PERD. REAL	FACTOR
T-1		0.10	31.75	1.25	0.02	9.00	0.000102	0.000102		
1 VALVULA DE COMPUERTA		100.00	31.75	1.25	0.23	9.00	0.000421	0.000523		
2 TE			31.75	1.25	0.90	9.00	0.001647	0.002169		
3 CAMPANA			38.10	1.50	0.05	9.00	0.000044	0.002213		
3-4		0.13	38.10	1.50	0.02	9.00	0.000051	0.002265		
4 TE			38.10	1.50	1.60	9.00	0.001412	0.003676		
4-5		0.25	38.10	1.50	0.02	9.00	0.000096	0.003773		
5 CODO 90o			38.10	1.50	1.20	9.00	0.001059	0.004831		
6 VALVULA DE COMPUERTA		100.00	38.10	1.50	0.20	9.00	0.000176	0.005008		
5-7		1.04	38.10	1.50	0.02	9.00	0.000409	0.005417		
7 CODO 90o			38.10	1.50	1.20	9.00	0.001059	0.006476		
8 REINCCION 1.5° a 1.25°			31.75	1.25	0.08	9.00	0.000146	0.006622		
9 MEDIDOR			31.75	1.25	0.90	9.00	0.001647	0.008269		
10 REDUCCION 1.25° a 1.5°			38.10	1.50	0.05	9.00	0.000044	0.008313		
10-11		0.10	38.10	1.50	0.02	9.00	0.000039	0.008352		
11 TUERCA UNION			38.10	1.50	0.06	9.00	0.000053	0.008405		
11-12		0.04	38.10	1.50	0.02	9.00	0.000014	0.008419		
12 TE			38.10	1.50	0.90	9.00	0.000794	0.009213		
12-13		1.56	38.10	1.50	0.02	9.00	0.000614	0.009826		
13 CODO 90o			38.10	1.50	1.20	9.00	0.001059	0.010885		
13-14		0.22	38.10	1.50	0.02	9.00	0.000065	0.010970		
14 TE			31.75	1.25	1.70	9.00	0.003110	0.014080		
15 REINCCION			25.40	1.00	0.05	9.00	0.000223	0.014303		
16 VALVULA DE COMPUERTA		100.00	25.40	1.00	0.24	9.00	0.001072	0.015375		
17 TUERCA UNION			25.40	1.00	0.08	9.00	0.000357	0.015732		
18 MEDIDOR			25.40	1.00	0.90	9.00	0.004020	0.019752		
19 TUERCA UNION			25.40	1.00	0.08	9.00	0.000357	0.020110		
20 TUERCA UNION			25.40	1.00	0.08	9.00	0.000357	0.020467		
21 TE			25.40	1.00	0.90	9.00	0.004020	0.024487		
21-25		2.11	25.40	1.00	0.02	9.00	0.0006924	0.031411		
25 TE			19.05	0.75	0.90	9.00	0.012705	0.044115		
25-29		0.30	19.05	0.75	0.02	9.00	0.004447	0.048562		
29 TE			19.05	0.75	0.90	9.00	0.012705	0.061267		
29-33		0.30	19.05	0.75	0.02	9.00	0.004447	0.065714		
33 TE			19.05	0.75	0.90	9.00	0.012705	0.075419		
33-36		1.50	19.05	0.75	0.02	9.00	0.022234	0.100653		
36 TE			12.70	0.50	0.90	9.00	0.004318	0.114971		
36-39		0.17	12.70	0.50	0.02	9.00	0.001693	0.118663		
39 CODO 90o			12.70	0.50	2.00	9.00	0.142928	0.329591		
39-40		1.60	12.70	0.50	0.02	9.00	0.199474	0.529065		
40 CODO 90o			9.53	0.38	0.24	9.00	0.054207	0.583272		
40-41		0.12	9.53	0.38	0.02	9.00	0.006808	0.651290		
41 TE			9.53	0.38	0.90	9.00	0.203275	0.854555		
41-42		0.08	9.53	0.38	0.02	9.00	0.045339	0.899894	0.7200	0.8001 1.1112
42 VALVULA		100.00	9.53	0.38	19.00	9.00	4.291344			

TABLA 3.3.2

PRUEBA 2

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2

MUEBLES: 12-1, R2-3, F2-4

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O % ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)	k o f	GASTO (lit/asm)	PERDIDA DE CARGA (a)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (a)	PERDIDA DE CARGA REAL (a)	RELACION A PERD. REAL	FACTOR
7-1		0.10	31.75	1.25	0.02	32.50	0.001331	0.001331		
1	VALVULA DE COMPUERTA	100	31.75	1.25	0.23	32.50	0.005187	0.006818		
2	TE		31.75	1.25	0.90	32.50	0.021471	0.026289		
3	CAMPANA		38.10	1.50	0.05	32.50	0.000575	0.028864		
3-4		0.13	38.10	1.50	0.02	32.50	0.000667	0.029531		
4	TE		38.10	1.50	1.60	32.50	0.018408	0.047938		
4-5		0.25	38.10	1.50	0.02	32.50	0.001257	0.049195		
5	CODO 90°		38.10	1.50	1.20	32.50	0.013806	0.063001		
6	VALVULA DE COMPUERTA	100	38.10	1.50	0.20	32.50	0.002301	0.065302		
6-7		1.04	38.10	1.50	0.02	32.50	0.005334	0.070636		
7	CODO 90°		38.10	1.50	1.20	32.50	0.013806	0.084442		
8	REDUCCION 1.5" A 1.25"		31.75	1.25	0.08	32.50	0.001909	0.086350		
9	REDIDOR		31.75	1.25	0.90	32.50	0.021471	0.107821		
10	REDUCCION 1.25" A 1.5"		38.10	1.50	0.05	32.50	0.000575	0.108377		
10-11		0.10	38.10	1.50	0.02	32.50	0.000513	0.108910		
11	TUERCA UNIDA		38.10	1.50	0.06	32.50	0.006090	0.109460		
11-12		1.74	38.10	1.50	0.02	32.50	0.000180	0.109779		
12	TE		38.10	1.50	0.90	32.50	0.010354	0.120134		
12-13		1.56	38.10	1.50	0.02	32.50	0.008001	0.128135		
13	CODO 90°		38.10	1.50	1.20	32.50	0.013806	0.141941		
13-14		0.22	38.10	1.50	0.02	32.50	0.001103	0.143044		
14	TE		31.75	1.25	1.70	32.50	0.040554	0.183600		
15	REDUCCION		25.40	1.00	0.05	32.50	0.002912	0.186512		
16	VALVULA DE COMPUERTA	100	25.40	1.00	0.24	32.50	0.013978	0.200490		
17	TUERCA UNIDA		25.40	1.00	0.06	32.50	0.004459	0.205150		
18	REDIDOR		25.40	1.00	0.90	32.50	0.052419	0.257559		
19	TUERCA UNIDA		25.40	1.00	0.06	32.50	0.004459	0.262229		
20	TUERCA UNIDA		25.40	1.00	0.08	32.50	0.004459	0.266888		
21	TE		25.40	1.00	2.00	18.70	0.038565	0.305453		
22	REDUCCION		12.70	0.50	0.05	18.70	0.015476	0.320979		
23	TE		12.70	0.50	0.90	18.70	0.277469	0.598549		
23-24		0.06	12.70	0.50	0.02	18.70	0.032290	0.636839	2.0900	3.31
24	VALVULA	100	12.70	0.50	13.00	18.70	4.010776			
24-25			19.05	0.75	0.90	13.00	0.029870	0.392758		
25	TE		25.40	1.00	0.02	13.00	0.016276	0.313036		
25-26			19.05	0.75	0.90	13.00	0.029870	0.342907		
26-29		0.30	19.05	0.75	0.02	13.00	0.010454	0.355361		
29	TE		19.05	0.75	0.90	13.00	0.029870	0.383231	1.8800	4.91
29-33		0.39	19.05	0.75	0.02	13.00	0.010454	0.393686		
33	TE		19.05	0.75	2.00	13.00	0.066375	0.460664		
34	TE		19.05	0.75	0.90	13.00	0.029870	0.469934		
33-35		0.20	19.05	0.75	0.02	13.00	0.006970	0.476903	1.9200	3.86
35	VALVULA	100	19.05	0.75	10.00	13.00	0.331891			2.01

TABLA 3.3.3

PRUEBA 3

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2

MUEBLES: T2-1, F2-4, L2-6

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O 1 ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)		t o f	GASTO (lt/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE CARGA REAL (m)	RELACION A PERD. REAL	FACTOR
24	VALVULA	100.00	12.70	0.50	13.00	16.70	3.198734				
21	TE		25.40	1.00	0.90	16.95	0.014258	0.300395			
	21-25	2.11	25.40	1.00	0.02	16.95	0.024557	0.324952			
25	TE		19.05	0.75	0.90	16.95	0.045063	0.370015			
	25-29	0.30	19.05	0.75	0.02	16.95	0.015771	0.385787			
29	TE		19.05	0.75	0.90	16.95	0.045063	0.430849	2.1100	4.8973	2.32
	29-33	0.30	19.05	0.75	0.02	16.95	0.015771	0.446621			
33	TE		19.05	0.75	2.00	12.75	0.056661	0.503282			
34	TE		19.05	0.75	0.90	12.75	0.025498	0.528760			
	33-34	0.20	19.05	0.75	0.02	12.75	0.005949	0.534729	2.1100	4.0394	1.87
35	VALVULA	100.00	19.05	0.75	10.00	12.75	0.283307				
33	TE		19.05	0.75	0.90	4.20	0.002767	0.449388			
	33-36	1.50	19.05	0.75	0.02	4.20	0.004643	0.454231			
36	TE		12.70	0.50	0.90	4.20	0.014607	0.468238	2.1100	4.5063	2.14
	36-39	0.17	12.70	0.50	0.02	4.20	0.004725	0.472963			
39	COBO 90o		12.70	0.50	2.00	4.20	0.031127	0.504089			
	39-40	1.60	12.70	0.50	0.02	4.20	0.043459	0.547540			
40	COBO 90o		9.53	0.38	0.24	4.20	0.011601	0.559345			
41	TE		9.53	0.38	0.90	4.20	0.044269	0.603613			
	40-42	0.20	9.53	0.38	0.02	4.20	0.024690	0.629303	2.2200	3.5333	1.59
42	VALVULA	100.00	19.05	0.50	19.00	4.20	0.734561				

TABLA 3.3.3

PRUEBA 3

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TIMADO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2

MUEBLES: T2-1, F2-4, L2-6

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O ABERTURA	DIAMETRO (mm)	(pulg)	k o f	GASTO (lt/min)	PERDIDA DE CARGA (a)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (a)	PERDIDA DE CARGA REAL (a)	RELACION A PERD. REAL	FACTOR
	T-1	0.10	31.75	1.25	0.02	33.65	0.001426	0.001426			
1	VALVULA DE COMPUESTA	100.00	31.75	1.25	0.23	33.65	0.005932	0.007309			
2	TE		31.75	1.25	0.50	33.65	0.022017	0.030326			
3	CANFANA		38.10	1.50	0.05	33.65	0.000617	0.030943			
	S-4	0.13	38.10	1.50	0.07	33.65	0.000715	0.031657			
4	TE		38.10	1.50	1.60	33.65	0.019734	0.051291			
	A-5	0.25	38.10	1.50	0.02	33.65	0.001375	0.052766			
5	BOBO BO		38.10	1.50	1.20	33.65	0.014800	0.067566			
6	VALVULA DE COMPUESTA	100.00	38.10	1.50	0.20	33.65	0.002467	0.070033			
	S-7	1.04	38.10	1.50	0.02	33.65	0.005718	0.075751			
7	BOBO BO		38.10	1.50	1.20	33.65	0.014800	0.090551			
8	REDUCCION 1.5" A 1.25"		31.75	1.25	0.08	33.65	0.002046	0.092597			
9	REDUCCION 1.25" A 1.0"		31.75	1.25	0.90	33.65	0.023017	0.115614			
10	REDUCCION 1.25" A 1.5"		38.10	1.50	0.05	33.65	0.000617	0.116231			
	10-11	0.10	38.10	1.50	0.02	33.65	0.000550	0.116781			
11	TUERCA UNICA		38.10	1.50	0.06	33.65	0.000740	0.117522			
	11-12	0.04	38.10	1.50	0.02	33.65	0.000192	0.117713			
12	TE		38.10	1.50	0.90	33.65	0.011100	0.126913			
	12-13	1.56	38.10	1.50	0.02	33.65	0.008577	0.137391			
13	BOBO BO		38.10	1.50	1.20	33.65	0.014800	0.152191			
	13-14	0.23	38.10	1.50	0.02	33.65	0.001182	0.153373			
14	TE		31.75	1.25	1.70	33.65	0.043477	0.196850			
15	REDUCCION		25.40	1.00	0.05	33.65	0.003122	0.199972			
16	VALVULA DE COMPUESTA	100.00	25.40	1.00	0.24	33.65	0.014965	0.214957			
17	TUERCA UNICA		25.40	1.00	0.08	33.65	0.004995	0.219953			
18	REDUCCION		25.40	1.00	0.70	33.65	0.056195	0.276147			
19	TUERCA UNICA		25.40	1.00	0.08	33.65	0.004995	0.281142			
20	TUERCA UNICA		25.40	1.00	0.05	33.65	0.004995	0.286137			
21	TE		19.05	0.75	2.00	16.70	0.097297	0.382345			
22	REDUCCION		12.70	0.50	0.05	16.74	0.012345	0.395648			
23	TE		12.70	0.50	0.90	16.70	0.221451	0.617098			
	21-24	0.06	12.70	0.50	0.02	16.70	0.025753	0.542851	2.2100	3.4378	1.56

TABLA 3.3.4

PRUEBA 4

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TIXACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 1

MUEBLE: L1-5

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O I ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)		t o f	GASTO (lit/min)	PERDIDA DE CARGA (s)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (a)	PERDIDA DE CARGA REAL (s)	RELACION A PERD. REAL	FACTOR
	T-1	0.10	31.75	1.25	0.02	9.00	0.000102	0.000102			
1	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	31.75	1.25	0.23	9.00	0.000421	0.000523			
2	TE		31.75	1.25	0.90	9.00	0.001647	0.002169			
3	CAMPANA		38.10	1.50	0.05	9.00	0.000044	0.002213			
	3-4	0.13	38.10	1.50	0.02	9.00	0.000051	0.002265			
4	TE		38.10	1.50	1.60	9.00	0.001412	0.003676			
	4-5	0.25	38.10	1.50	0.02	9.00	0.000998	0.003775			
5	CODO 90o		38.10	1.50	1.20	9.00	0.001059	0.004833			
6	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	38.10	1.50	0.20	9.00	0.000176	0.005010			
	5-7	1.04	38.10	1.50	0.02	9.00	0.000409	0.005419			
7	CODO 90o		38.10	1.50	1.20	9.00	0.001059	0.006478			
8	REDUCCION 1.5" A 1.25"		31.75	1.25	0.08	9.00	0.000146	0.006624			
9	REDIDOR		31.75	1.25	0.90	9.00	0.001647	0.008270			
10	REDUCCION 1.5" A 1.25"		38.10	1.50	0.05	9.00	0.000044	0.008315			
	10-11	0.10	38.10	1.50	0.02	9.00	0.000039	0.008354			
11	TUERCA UNION		38.10	1.50	0.06	9.00	0.000053	0.008407			
	11-12	0.04	38.10	1.50	0.02	9.00	0.000014	0.008421			
12	TE		38.10	1.50	0.90	9.00	0.000994	0.009215			
	12-13	1.56	38.10	1.50	0.02	9.00	0.000614	0.009828			
13	CODO 90o		38.10	1.50	1.20	9.00	0.001059	0.010887			
	13-14	0.22	38.10	1.50	0.02	9.00	0.000065	0.010972			
14	TE		25.40	1.00	0.90	9.00	0.004320	0.014992			
	14-43	2.50	25.40	1.00	0.02	9.00	0.000204	0.023495			
43	TE		25.40	1.00	1.90	9.00	0.008488	0.031882			
	43-44	0.99	25.40	1.00	0.02	9.00	0.000295	0.031977			
44	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	9.00	0.006709	0.038677			
45	VALVULA DE COMPUERTA	50.00	25.40	1.00	7.33	9.00	0.032739	0.071416			
46	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	9.00	0.000357	0.071773			
	44-48	0.47	25.40	1.00	0.02	9.00	0.001542	0.072316			
47	REDIDOR		25.40	1.00	0.90	9.00	0.004020	0.077356			
48	TE		25.40	1.00	0.90	9.00	0.004020	0.081355	2.62	34.66	12.29

TABLA 3.3.4

PRUEBA 4

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 1

MUEBLE: L1-5

No	ELEMENTO D TRAMO	LONGITUD D ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)	k o f	GASTO (lit/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE CARGA REAL (m)	RELACION A PERO. REAL	FACTOR
48-51		2.33	25.40	1.00	9.00	0.007646	0.089001			
51 TE			19.05	0.75	0.90	9.00	0.012705	0.101706	2.85	28.02 9.83
51-55		0.32	19.05	0.75	0.02	9.00	0.004669	0.106375		
55 TE			19.05	0.75	0.90	9.00	0.012705	0.119080	2.89	24.27 8.40
55-58		1.51	19.05	0.75	0.02	9.00	0.022353	0.141433		
58 TE			12.70	0.50	0.90	9.00	0.064316	0.205751	2.95	14.34 4.86
58-61		0.20	12.70	0.50	0.02	9.00	0.024311	0.230642		
61 CODO 90o			12.70	0.50	2.00	9.00	0.142928	0.372989		
61-62		1.13	12.70	0.50	0.02	9.00	0.140879	0.513868		
62 CODO 90o			9.53	0.38	2.40	9.00	0.542067	1.055935		
63 TE			9.53	0.38	0.90	9.00	0.283275	1.259210		
63-e4		0.33	9.53	0.38	0.02	9.00	0.187022	1.446232	3.44	2.38 0.69
64 VALVULA		100.00	9.53	0.38	19.00	9.00	4.291364			

TABLA 3.3.5

PRUEBA 5

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 1

MUEBLES: T1-1, F1-3, L1-5

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O % ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)	k o f	GASTO (lit/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE CARGA REAL (m)	RELACION A PERD. REAL FACTOR
	T-1	0.10	31.75	1.25	0.02	44.90	0.002540	0.002540	
1	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	31.75	1.25	0.23	44.90	0.010473	0.013012	
2	TE		31.75	1.25	0.90	44.90	0.040990	0.053993	
3	CAMPANA		38.10	1.50	0.05	44.90	0.001098	0.055091	
3-4		0.13	38.10	1.50	0.02	44.90	0.001273	0.056363	
4	TE		38.10	1.50	1.60	44.90	0.035134	0.091498	
4-5		0.25	38.10	1.50	0.02	44.90	0.002398	0.093896	
5	CODO 90o		38.10	1.50	1.20	44.90	0.026351	0.120247	
6	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	38.10	1.50	0.20	44.90	0.004392	0.124638	
5-7		1.04	38.10	1.50	0.02	44.90	0.010181	0.134819	
7	CODO 90o		38.10	1.50	1.20	44.90	0.026351	0.161170	
8	REDUCCION 1.5" A 1.25"		31.75	1.25	0.08	44.90	0.003643	0.164812	
9	REDUCCION		31.75	1.25	0.90	44.90	0.040990	0.205793	
10	REDUCCION 1.25" A 1.5"		38.10	1.50	0.05	44.90	0.001098	0.206891	
10-11		0.10	38.10	1.50	0.02	44.90	0.000979	0.207870	
11	TUERCA UNION		38.10	1.50	0.06	44.90	0.001318	0.209187	
11-12		0.04	38.10	1.50	0.02	44.90	0.000343	0.209530	
12	TE		38.10	1.50	0.90	44.90	0.019763	0.229272	
12-13		1.56	38.10	1.50	0.02	44.90	0.015271	0.244564	
13	CODO 90o		38.10	1.50	1.20	44.90	0.026351	0.270915	
13-14		0.22	38.10	1.50	0.02	44.90	0.002105	0.273019	
14	TE		25.40	1.00	0.90	44.90	0.196050	0.373069	
14-15		2.50	25.40	1.00	0.02	44.90	0.204152	0.577221	
15	TE		25.40	1.00	1.90	44.90	0.211217	0.788438	
13-14		0.09	25.40	1.00	0.02	44.90	0.007349	0.795788	
14	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	44.90	0.166756	0.962538	
15	VALVULA DE COMPUERTA	50.00	25.40	1.00	7.33	44.90	0.814852	1.777589	
16	TUERCA UNION		25.40	1.00	1.00	44.90	0.026351	1.784792	
17	MEDIDOR		25.40	1.00	0.90	44.90	0.196050	1.981332	
14-18		0.47	25.40	1.00	0.02	44.90	0.038381	1.924713	
18	TE		12.70	0.50	2.40	15.80	0.528600	2.453313	
19	TE		12.70	0.50	0.90	15.80	0.198225	2.651538	
18-50		0.28	12.70	0.50	0.02	15.80	0.099892	2.751430	4.473 1.63 0.36

TABLA 3.3.5

PRUEBA 5

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 1

MUEBLES: T1-1, F1-1, L1-5

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)		k o f	GASTO (lit/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE CARGA REAL (m)	RELACION A PERD. REAL	FACTOR
50	VALVULA	100.00	12.70	0.50	13.00	15.80	2.813250				
45	TE		25.40	1.00	0.90	29.10	0.042025	1.966738			
48-51		2.33	25.40	1.00	0.02	29.10	0.079923	2.046662			
51	TE		19.05	0.75	0.90	29.10	0.132921	2.179482	4.373	2.01	0.46
51-55		0.32	19.05	0.75	0.02	29.10	0.048807	2.228290			
55	TE		19.05	0.75	2.00	20.45	0.145765	2.374055			
56	TE		19.05	0.75	0.90	20.45	0.065594	2.439649			
55-57		0.21	19.05	0.75	0.02	20.45	0.016070	2.455719	4.367	1.78	0.41
57	VALVULA	100.00	19.05	0.75	10.00	20.45	0.728825				
55	TE		19.05	0.75	0.90	8.65	0.011736	2.246025			
55-58		1.51	19.05	0.75	0.02	8.65	0.020648	2.266674			
58	TE		12.70	0.50	0.90	8.65	0.059412	2.320086	4.230	1.82	0.43
58-61		0.20	12.70	0.50	0.02	8.65	0.022457	2.342543			
61	CONO FDC		12.70	0.50	2.00	8.65	0.132027	2.474570			
51-62		1.13	12.70	0.50	0.02	8.65	0.130135	2.604706			
62	CONO FDC		9.53	0.38	2.40	8.65	0.500726	3.105432			
62	TE		9.53	0.38	0.90	8.65	0.197772	3.293204			
62-64		0.33	9.53	0.38	0.02	8.65	0.117760	3.465964	4.220	1.22	0.29
64	VALVULA	100.00	9.53	0.38	19.00	8.65	3.964082				

TABLA 3.3.6

PRUEBA 6

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 0

MUEBLE: L0-5

No.	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O Z ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)	k o f	GASTO (lit/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE CARGA REAL (m)	RELACION A PERD. REAL FACTOR
	T-1	0.10	31.75	1.25	0.02	7.75	0.000076	0.000076	
1	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	31.75	1.25	0.23	7.75	0.000312	0.000388	
2	TE		31.75	1.25	0.90	7.75	0.001221	0.001609	
3	CAMPANA		38.10	1.50	0.05	7.75	0.000033	0.001641	
3-4		0.13	38.10	1.50	0.02	7.75	0.000038	0.001679	
4	TE		38.10	1.50	1.60	7.75	0.001047	0.002726	
4-5		0.25	38.10	1.50	0.02	7.75	0.000073	0.002799	
5	CODO 90o		38.10	1.50	1.20	7.75	0.000785	0.003584	
6	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	38.10	1.50	0.20	7.75	0.000131	0.003715	
5-7		1.04	38.10	1.50	0.02	7.75	0.000303	0.004018	
7	CODO 90o		38.10	1.50	1.20	7.75	0.000785	0.004803	
8	REDUCCION 1.5" A 1.25"		31.75	1.25	0.08	7.75	0.000109	0.004912	
9	REDUCCION		31.75	1.25	0.90	7.75	0.001221	0.006133	
10	REDUCCION 1.25" A 1.5"		38.10	1.50	0.05	7.75	0.000033	0.006165	
10-11		0.10	38.10	1.50	0.02	7.75	0.000029	0.006195	
11	TIERZA UNICA		38.10	1.50	0.06	7.75	0.000039	0.006234	
11-12		0.04	38.10	1.50	0.02	7.75	0.000010	0.006244	
12	TE		38.10	1.50	0.90	7.75	0.000589	0.006633	
12-13		1.56	38.10	1.50	0.02	7.75	0.000455	0.007268	
13	CODO 90o		38.10	1.50	1.20	7.75	0.000785	0.008073	
13-14		1.22	38.10	1.50	0.02	7.75	0.000354	0.008427	
14	TE		25.40	1.00	0.90	7.75	0.002981	0.011408	
14-43		2.50	25.40	1.00	0.02	7.75	0.000683	0.017492	
43	TE		25.40	1.00	0.90	7.75	0.002981	0.020472	
43-65		1.00	25.40	1.00	0.02	7.75	0.002433	0.022906	
65	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	7.75	0.004968	0.027674	
65-66		0.94	25.40	1.00	0.02	7.75	0.002283	0.030156	
66	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	7.75	0.004968	0.035124	
66-67		1.50	25.40	1.00	0.02	7.75	0.003650	0.038774	
67	CODO 90o		25.40	1.00	1.50	7.75	0.004968	0.043742	
68	VALVULA DE COMPUERTA	13.64	25.40	1.00	72.33	7.75	0.239554	0.283296	
69	REDUCCION		25.40	1.00	0.90	7.75	0.002981	0.286277	
69-70		0.59	25.40	1.00	0.02	7.75	0.001436	0.287713	
70	TE		19.05	0.75	0.90	7.75	0.009421	0.297133	5.7160 19.2372 3.3655

TARLA 3.3.6

PRUEBA 6

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 0

MUEBLE: L0-5

No.	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)		k o f	GASTO (lt/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE CARGA REAL (m)	RELACION A PERD. REAL	FACTOR
70-73		0.32	19.05	0.75	0.02	7.75	0.003517	0.300651			
73 CODO 90o			19.05	0.75	1.70	7.75	0.017795	0.318445			
73-74		1.10	19.05	0.75	0.02	7.75	0.012091	0.330538			
74 CODO 90o			19.05	0.75	1.70	7.75	0.017795	0.348331			
74-75		1.16	19.05	0.75	0.02	7.75	0.012750	0.361081			
75 TE			19.05	0.75	0.90	7.75	0.009421	0.370502	5.7610	15.5492	2.6990
75-79		0.31	19.05	0.75	0.02	7.75	0.003407	0.373909			
79 TE			19.05	0.75	0.90	7.75	0.009421	0.383330	5.7200	14.9219	2.6097
79-82		1.50	19.05	0.75	0.02	7.75	0.016488	0.399818			
82 TE			12.70	0.50	0.90	7.75	0.047692	0.447510	5.8040	12.9695	2.2346
82-85		1.00	12.70	0.50	0.02	7.75	0.091986	0.539496			
85 CODO 90o			9.53	0.38	2.40	7.75	0.401949	0.941445			
86 TE			9.53	0.38	0.90	7.75	0.150731	1.092176			
85-87		0.23	9.65	0.38	0.02	7.75	0.090143	1.182320	6.0600	5.1255	0.9458
87 VALVULA			9.53	0.38	19.00	7.75	3.182100				

TABLA 3.3.7

PRUEBA 7

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 0

MUEBLES: TO-1, FO-3, LO-5

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O Z ABERTURA	DIAMETRO (mm)	t (pulg)	k o f	GASTO (lt/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE CARGA REAL (m)	RELACION A PERD. REAL FACTOR
	T-1	0.10	31.75	1.25	0.02	45.30	0.002585	0.002585		
1	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	31.75	1.25	0.23	45.30	0.010660	0.013245		
2	TE		31.75	1.25	0.90	45.30	0.041714	0.054959		
3	CAMPANA		38.10	1.50	0.05	45.30	0.001118	0.056077		
3-4		0.13	38.10	1.50	0.02	45.30	0.001295	0.057372		
4	TE		38.10	1.50	1.60	45.30	0.035763	0.093135		
4-5		0.25	38.10	1.50	0.02	45.30	0.002441	0.095576		
5	COBO 90o		38.10	1.50	1.20	45.30	0.026822	0.122399		
6	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	38.10	1.50	0.20	45.30	0.004470	0.126869		
5-7		1.04	38.10	1.50	0.02	45.30	0.010363	0.137232		
7	COBO 90o		38.10	1.50	1.20	45.30	0.026822	0.144054		
8	REDUCCION 1.5" A 1.25"		31.75	1.25	0.08	45.30	0.001708	0.147762		
9	REDIMOR		31.75	1.25	0.90	45.30	0.041714	0.209476		
10	REDUCCION 1.25" A 1.5"		38.10	1.50	0.05	45.30	0.001118	0.210593		
10-11		0.10	38.10	1.50	0.02	45.30	0.000996	0.211590		
11	TUERCA UNION		38.10	1.50	0.04	45.30	0.001341	0.212931		
11-12		0.04	38.10	1.50	0.02	45.30	0.000399	0.213330		
12	TE		38.10	1.50	0.90	45.30	0.020117	0.233446		
12-13		1.56	38.10	1.50	0.02	45.30	0.015544	0.248991		
13	COBO 90o		38.10	1.50	1.20	45.30	0.026822	0.275813		
13-14		0.22	38.10	1.50	0.02	45.30	0.002192	0.278005		
14	TE		25.40	1.00	0.90	45.30	0.101841	0.379846		
14-43		2.50	25.40	1.00	0.02	45.30	0.207806	0.587651		
43	TE		25.40	1.00	0.90	45.30	0.101841	0.689492		
43-65		1.00	25.40	1.00	0.02	45.30	0.093122	0.772614		
65	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	45.30	0.169734	0.942348		
65-66		0.94	25.40	1.00	0.02	45.30	0.078125	1.020483		
66	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	45.30	0.169734	1.190218		
66-67		1.50	25.40	1.00	0.02	45.30	0.124483	1.314901		
67	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	45.30	0.169734	1.484635		
68	VALVULA DE COMPUERTA	81.84	25.40	1.00	0.83	45.30	0.093920	1.578555		
69	REDIMOR		25.40	1.00	0.90	45.30	0.101841	1.680386		
67-70		0.59	25.40	1.00	0.02	45.30	0.049042	1.728438		
70	TE		12.70	0.50	2.40	22.50	1.071959	2.801397		
71	TE		12.70	0.50	0.90	22.50	0.401985	3.283381		
70-72		0.21	12.70	0.50	0.02	22.50	0.163611	3.366992	7.14	2.121 0.297

TABLA 3.3.7

PRUEBA 7

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 0

MUEBLES: T0-1, F0-3, L0-5

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O % ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)	k o f	GASTO (lit/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE CARGA REAL (m)	RELACION A PERD. REAL FACTOR
72	VALVULA	100.00	12.70	0.50	13.00	22.50	5.80444		
70	TE		19.05	0.75	0.90	22.80	0.081536	1.810974	
	70-73	0.32	19.05	0.75	0.02	22.80	0.030438	1.841412	
73	CODO 90o		19.05	0.75	1.70	22.80	0.154012	1.995424	
	73-74	1.10	19.05	0.75	0.02	22.80	0.104631	2.100055	
74	CODO 90o		19.05	0.75	1.70	22.80	0.154012	2.254067	
	74-75	1.16	19.05	0.75	0.02	22.80	0.110338	2.364405	
75	TE		19.05	0.75	0.90	22.80	0.081536	2.445941	7.08
	75-79	0.31	19.05	0.75	0.02	22.80	0.029297	2.475238	
79	TE		19.05	0.75	2.00	18.60	0.126585	2.595822	
80	TE		19.05	0.75	0.90	18.60	0.054263	2.650086	
	79-81	0.21	19.05	0.75	0.02	18.60	0.013294	2.663379	7.20
81	VALVULA	100.00	19.05	0.75	10.00	18.60	0.682924		
79	TE		19.05	0.75	0.90	4.20	0.002767	2.478004	
	79-82	1.50	19.05	0.75	0.02	4.20	0.004843	2.482847	
82	TE		12.70	0.50	0.90	4.20	0.014007	2.496854	7.08
	82-85	1.00	12.70	0.50	0.02	4.20	0.027156	2.524611	
85	CODO 90o		9.53	0.38	2.40	4.20	0.118050	2.642061	
	85-87	0.23	9.53	0.38	0.02	4.20	0.044269	2.686330	
	85-87	0.23	9.53	0.38	0.02	4.20	0.028393	2.714723	7.20
57	VALVULA	100.00	9.53	0.38	19.00	4.20	0.934564		

TABLA 3.3.B

PRUEBA B

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2 - MUEBLES: T2-1, F2-4, L2-6

NIVEL 1 - MUEBLES: T1-1, F1-3, L1-5

No.	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O Z ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)	k o f	GASTO (lit/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE RELACION A CARGA REAL (a)	PERD. REAL	FACTOR
24	VALVULA	100.00	12.70	0.50	13.00	1.00	0.011470			
21	TE		25.40	1.00	0.90	0.25	0.000003	0.299502		
	21-25	2.11	25.40	1.00	0.02	0.25	0.000005	0.299508		
25	TE		19.05	0.75	0.90	0.25	0.000010	0.299517	2.33	7.779
25-29		0.30	19.05	0.75	0.02	0.25	0.000003	0.299521		
29	TE		19.05	0.75	0.90	0.25	0.000010	0.299531	2.33	7.779
29-33		0.33	19.05	0.75	0.02	0.25	0.000003	0.299534		
33	TE		19.05	0.75	2.00	0.25	0.000022	0.299536		
34	TE		19.05	0.75	0.90	0.25	0.000010	0.299566		
	33-35	0.20	19.05	0.75	0.02	0.25	0.000002	0.299568	2.33	7.778
35	VALVULA	100.00	19.05	0.75	10.00	0.25	0.000109			
34	TE		25.40	1.00	0.90	45.75	0.163874	0.463190		
	34-43	2.50	25.40	1.00	0.02	45.75	0.211955	0.615145		
43	TE		25.40	1.00	1.90	45.75	0.219289	0.834434		
44	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	45.75	0.173123	1.007557		
45	VALV. COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.24	45.75	0.027700	1.035257		
45	PUERCA UNICA		25.40	1.00	0.08	45.75	0.009233	1.044490		
47	MEIDICR		25.40	1.00	0.90	45.75	0.103874	1.148364		
	44-48	0.47	25.40	1.00	0.02	17.50	0.005831	1.154195		
48	TE		12.70	0.50	2.40	17.50	0.648469	1.002664		
49	TE		12.70	0.50	0.90	17.50	0.243174	2.045810		
49-50		0.20	12.70	0.50	0.02	17.50	0.094264	2.140103	4.46	2.084

TABLA 3.3.8

PRUEBA B

CALCULO DE LAS PERDIAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2 - MUEBLES: T2-1, F2-4, L2-6

NIVEL 1 - MUEBLES: T1-1, F1-3, L1-5

No.	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O I ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)	k o f	GASTO (lit/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE CARGA REAL (m)	RELACION PERD. REAL FACTOR
50	VALVULA	100.00	12.70	0.50	13.00	17.50	3.512540		
48	TE		25.40	1.00	0.90	28.25	0.039606	1.193801	
48-51		2.33	25.40	1.00	0.02	28.25	0.075323	1.269123	
51	TE		19.05	0.75	0.90	28.25	0.125175	1.394298	4.20 3.012 0.717
51-55		0.32	19.05	0.75	0.02	28.25	0.045998	1.440296	
55	TE		19.05	0.75	2.00	20.00	0.139421	1.579716	
56	TE		19.05	0.75	0.90	20.00	0.062739	1.642456	
55-57		0.20	19.05	0.75	0.02	20.00	0.014638	1.657094	4.32 2.507 0.603
57	VALVULA	100.00	19.05	0.75	10.00	20.00	0.697103		
55	TE		19.05	0.75	0.90	8.25	0.010675	1.450971	
55-58		1.51	19.05	0.75	0.02	8.25	0.018908	1.469779	
58	TE		12.70	0.50	0.90	8.25	0.054045	1.523824	4.24 2.782 0.656
58-61		0.20	12.70	0.50	0.02	8.25	0.020952	1.544776	
61	COMO 90o		12.70	0.50	2.00	8.25	0.120099	1.664875	
61-62		1.13	12.70	0.50	0.02	8.25	0.118379	1.783254	
62	COMO 90o		9.53	0.38	2.40	8.25	0.455487	2.238741	
62-63		0.12	9.53	0.38	0.02	8.25	0.057147	2.295888	
63	TE		9.53	0.38	0.90	8.25	0.170808	2.466595	
63-64		0.11	9.53	0.38	0.02	8.25	0.052384	2.519080	4.46 1.770 0.397
64	VALVULA	100.00	9.53	0.38	19.00	8.25	3.605938		

TABLA 3.3.9

PRUEBA 9

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2 - MUEBLE: T2-1

NIVEL 1 - MUEBLE: T1-1

NIVEL 0 - MUEBLE: T0-1

no.	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)		k o f	GASTO (lt/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE CARGA REAL (m)	RELACION A PERD. REAL FACTOR
7-1		0.10	31.75	1.25	0.02	36.50	0.001678	0.001678		
1	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	31.75	1.25	0.23	36.50	0.004921	0.000599		
2	TE		31.75	1.25	0.90	36.50	0.027081	0.035680		
3	CANPAKA		38.10	1.50	0.05	36.50	0.000726	0.034406		
3-4		0.13	38.10	1.50	0.02	36.50	0.000841	0.037247		
4	TE		38.10	1.50	1.60	36.50	0.023218	0.060465		
4-5		0.25	38.10	1.50	0.02	36.50	0.091617	0.062082		
5	CORDO 90o		38.10	1.50	1.20	36.50	0.017413	0.079496		
6	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	38.10	1.50	0.20	36.50	0.002902	0.082398		
7	TE	1.04	38.10	1.50	0.02	36.50	0.008728	0.089126		
7	CORDO 90o		38.10	1.50	1.20	36.50	0.017413	0.106539		
8	REDUCCION 1.5° A 1.25°		31.75	1.25	0.08	36.50	0.002407	0.108944		
9	MEDIDOR		31.75	1.25	0.90	36.50	0.027081	0.136028		
10	REDUCCION 1.25° A 1.5°		38.10	1.50	0.05	36.50	0.000726	0.136753		
10-11		0.10	38.10	1.50	0.02	36.50	0.006647	0.137400		
11	TUERCA UNICA		38.10	1.50	0.05	36.50	0.000726	0.138126		
11-12		0.04	38.10	1.50	0.02	36.50	0.000259	0.138384		
12	TE		38.10	1.50	0.90	36.50	0.013060	0.151444		
12-13		1.56	38.10	1.50	0.02	36.50	0.010092	0.161536		
13	CORDO 90o		38.10	1.50	1.20	36.50	0.017413	0.178950		
13-14		0.22	38.10	1.50	0.02	36.50	0.001423	0.180373		
14	TE		25.40	1.00	0.90	36.50	0.066117	0.246489		
14-15		2.50	25.40	1.00	0.02	36.50	0.134912	0.381402		
15	TE		25.40	1.00	1.90	13.50	0.019094	0.400494		
15-16		0.09	25.40	1.00	0.02	13.50	0.000664	0.401180		
16	CORDO 90o		25.40	1.00	1.50	13.50	0.015074	0.416235		
17	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.24	13.50	0.002412	0.416647		
18	TUERCA UNICA		25.40	1.00	0.08	13.50	0.000804	0.419451		
19	MEDIDOR		25.40	1.00	0.90	13.50	0.007045	0.428475		
19-20		0.47	25.40	1.00	0.02	13.50	0.003470	0.431965		
20	TE		12.70	0.50	2.40	13.50	0.385905	0.817871		
21	TE		12.70	0.50	0.90	13.50	0.144714	0.962585		
22	48-50	0.20	12.70	0.50	0.02	13.50	0.056098	1.018683	3.9800	3.9070 0.9617
23	VALVULA	100.00	12.70	0.50	13.00	13.50	2.090320			

TABLA J.3.9

PRUEBA 9

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2 - MUEBLE: T2-1

NIVEL 1 - MUEBLE: T1-1

NIVEL 0 - MUEBLE: T0-1

No.	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O X ABERTURA	DIAMETRO		k o f	GASTO (lit/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (a)	PERDIDA DE RELACION A PERD. REAL (m)	RELACION A PERD. REAL FACTOR
43	TE		25.40	1.00	0.90	23.00	0.026253	1.044936		
43-65		1.00	25.40	1.00	0.02	23.00	0.021429	1.066365		
65	COMO 90o		25.40	1.00	1.50	23.00	0.043755	1.110120		
65-66		0.94	25.40	1.00	0.02	23.00	0.020143	1.130263		
66	COMO 90o		25.40	1.00	1.50	23.00	0.043755	1.174018		
66-67		1.50	25.40	1.00	0.02	23.00	0.032143	1.206161		
67	COMO 90o		25.40	1.00	1.50	23.00	0.043755	1.249916		
68	VALVULA	100.00	25.40	1.00	0.24	23.00	0.007001	1.258917		
69	MEDIDOR		25.40	1.00	0.90	23.00	0.026253	1.283170		
67-70		0.60	25.40	1.00	0.02	23.00	0.012750	1.295920		
70	TE		12.70	0.50	2.40	23.00	1.120131	2.416051		
71	TE		12.70	0.50	0.90	23.00	0.428049	2.836100		
70-72		0.21	12.70	0.50	0.02	23.00	0.170963	3.007053	6.64	2.208 0.333
72	VALVULA	100.00	12.70	0.50	13.00	23.00	6.067375			

TABLA J.3.10

PRUEBA 10

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2 - MUEBLES: T2-1, F2-4, L2-6

NIVEL 1 - MUEBLES: T1-1, F1-3, L1-5

NIVEL 0 - MUEBLES: T0-1, F0-3, L0-5

No.	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O Z ABERTURA	DIAMETRO (mm)	t o f	GASTO (lt/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE CARGA REAL (m)	RELACION A PERD. REAL FACTOR
	T-1	0.10	31.75	1.25	0.02	42.23	0.002247	0.002247	
1	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	31.75	1.25	0.23	42.23	0.009764	0.011511	
2	TE		31.75	1.25	0.90	42.23	0.036252	0.047762	
3	CAMPANA		38.10	1.50	0.05	42.23	0.009971	0.048734	
	3-4	0.13	38.10	1.50	0.02	42.23	0.001126	0.049859	
4	TE		38.10	1.50	1.60	42.23	0.031090	0.080939	
	4-5	0.25	38.10	1.50	0.02	42.23	0.002165	0.083104	
5	COBO 90o		38.10	1.50	1.20	42.23	0.023310	0.106414	
6	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	38.10	1.50	0.20	42.23	0.003885	0.110299	
	5-7	1.04	38.10	1.50	0.02	42.23	0.009904	0.119305	
7	COBO 90o		38.10	1.50	1.20	42.23	0.023310	0.142615	
8	REDUCCION 1.5" A 1.25"		31.75	1.25	0.08	42.23	0.003222	0.145837	
9	MEDIDOR		31.75	1.25	0.90	42.23	0.036252	0.182089	
10	REDUCCION 1.25" A 1.5"		38.10	1.50	0.05	42.23	0.009971	0.183860	
	10-11	0.10	38.10	1.50	0.02	42.23	0.000866	0.183926	
11	TUERCA UNION		38.10	1.50	0.06	42.23	0.001165	0.185091	
	11-12	0.04	38.10	1.50	0.02	42.23	0.000346	0.185438	
12	TE		38.10	1.50	0.90	42.23	0.017482	0.202920	
	12-13	1.56	38.10	1.50	0.02	42.23	0.013509	0.216429	
13	COBO 90o		38.10	1.50	1.20	42.23	0.023310	0.239739	
	13-14	0.22	38.10	1.50	0.02	42.23	0.001905	0.241644	
14	TE		31.75	1.25	1.70	22.45	0.019352	0.260996	
15	REDUCCION		25.40	1.00	0.05	22.45	0.001390	0.262386	
16	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.24	22.45	0.006670	0.269056	
17	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	22.45	0.002223	0.271279	
18	MEDIDOR		25.40	1.00	0.90	22.45	0.025012	0.276292	
19	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	22.45	0.002223	0.298515	
20	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.09	22.45	0.002223	0.300738	
21	TE		19.05	0.75	2.00	9.65	0.026079	0.326818	
22	REDUCCION		12.70	0.50	0.05	8.65	0.003301	0.330181	
23	TE		12.70	0.50	0.90	8.65	0.059412	0.389531	
	21-24	0.15	12.70	0.50	0.02	8.65	0.017275	0.406805	2.38 5.850 2.458

TABLA 3.3.10

PRUEBA 10

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2 - MUEBLES: T2-1, F2-4, L2-6

NIVEL 1 - MUEBLES: T1-1, F1-3, L1-5

NIVEL 0 - MUEBLES: T0-1, F0-3, L0-5

No.	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O I ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)		k c f	GASTO (lit/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE CARGA REAL (m)	RELACION A PERD. REAL	FACTOR
24	VALVULA	100.00	12.70	0.50	13.00	8.65	0.858178				
21	TE		25.40	1.00	0.90	13.80	0.609451	0.310187			
21-25		2.11	25.40	1.00	0.02	13.80	0.018278	0.326467			
25	TE		19.05	0.75	0.90	13.80	0.029870	0.356338	2.28	6.342	2.806
25-29		0.30	19.05	0.75	0.02	13.80	0.010454	0.366792			
29	TE		19.05	0.75	0.90	13.80	0.029870	0.396662	2.38	6.000	2.521
29-33		0.30	19.05	0.75	0.02	13.80	0.010454	0.407117			
33	TE		19.05	0.75	2.00	11.30	0.044567	0.451623			
34	TE		19.05	0.75	0.90	11.30	0.020028	0.471451			
33-35		0.20	19.05	0.75	0.02	11.30	0.004673	0.476324	2.38	4.997	2.099
35 VALVULA		100.00	19.05	0.75	10.00	11.30	0.222533				
35	TE		19.05	0.75	0.90	2.50	0.009980	0.408097			
33-36		1.50	19.05	0.75	0.02	2.50	0.001716	0.409813			
36	TE		12.70	0.50	0.90	2.50	0.004963	0.414776	2.38	5.738	2.411
36-39		0.17	12.70	0.50	0.02	2.50	0.001675	0.416451			
39	COBO 90o		12.70	0.50	2.00	2.50	0.011028	0.427479			
39-40		1.60	12.70	0.50	0.02	2.50	0.015399	0.442878			
40	COBO 90o		9.53	0.38	0.24	2.50	0.004183	0.447060			
41	TE		9.53	0.38	0.90	2.50	0.015685	0.462745			
40-42		0.22	9.53	0.38	0.02	2.50	0.009625	0.472370	2.38	5.038	2.117
42	VALVULA	100.00	9.53	0.38	19.00	2.50	0.331124				

TABLA 3.3.10

PRUEBA 10

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2 - MUEBLES: T2-1, F2-4, L2-6

NIVEL 1 - MUEBLES: T1-1, F1-3, L1-5

NIVEL 0 - MUEBLES: T0-1, F0-3, L0-5

No.	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O ABERTURA	DIAMETRO (mm)	h (pulg)	k f	GASTO (l/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE CARGA REAL (m)	RELACION A PERD. REAL FACTOR
14	TE		25.40	1.00	0.90	19.78	0.019417	0.261061		
14-43		2.50	25.40	1.00	0.02	19.78	0.039422	0.306683		
43	TE		25.40	1.00	1.90	11.98	0.015037	0.315720		
43-44		0.09	25.40	1.00	0.02	11.98	0.000523	0.316243		
44	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	11.98	0.011871	0.328114		
45	VALVULA DE COMPUERTA	13.64	25.40	1.00	72.33	11.98	0.572419	0.900533		
46	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	11.98	0.000633	0.901166		
47	MEDIDOR		25.40	1.00	0.99	11.98	0.007123	0.906289		
44-48		0.47	25.40	1.00	0.02	11.98	0.002733	0.911021		
48	TE		12.70	0.50	2.00	5.60	0.064403	0.977424		
49	TE		12.70	0.50	0.90	5.60	0.024901	1.002326		
48-50		0.20	12.70	0.50	0.02	5.60	0.009655	1.011906	4.88	4.822 0.988
50	VALVULA	100.00	12.70	0.50	13.00	5.60	0.339684			
48	TE		25.40	1.00	0.90	6.38	0.002020	0.913041		
48-51		2.33	25.40	1.00	0.02	6.38	0.003843	0.916884		
51	TE		19.05	0.75	0.90	6.38	0.004384	0.923268	4.88	5.286 1.083
51-55		0.32	19.05	0.75	0.02	6.38	0.002384	0.925652		
55	TE		19.05	0.75	2.00	5.13	0.009173	0.934825		
56	TE		19.05	0.75	0.90	5.13	0.004128	0.938953		
55-57		0.20	19.05	0.75	0.02	5.13	0.000963	0.939916	4.88	5.192 1.064
57	VALVULA	100.00	19.05	0.75	10.00	5.13	0.045864			
55	TE		19.05	0.75	0.90	1.25	0.000205	0.925897		
55-56		1.51	19.05	0.75	0.02	1.25	0.000432	0.926329		
58	TE		12.70	0.50	0.90	1.25	0.001241	0.927570	4.88	5.261 1.078

TABLA 3.3.10

PRUEBA 10

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2 - MUEBLES: T2-1, F2-4, L2-6

NIVEL 1 - MUEBLES: T1-1, F1-3, L1-5

NIVEL 0 - MUEBLES: T0-1, F0-3, L0-5

No.	ELEMENTO O TRAYO	LONGITUD O % ABERTURA	DIAMETRO (mm)	(pulg)	k o f	GASTO (lt/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE CARGA REAL (m)	RELACION A PERD. REAL FACTOR
58-61		0.20	12.70	0.50	0.02	1.25	0.000481	0.928052		
61 CODO 90o			12.70	0.50	2.00	1.25	0.002757	0.930809		
61-62		1.13	12.70	0.50	0.02	1.25	0.002720	0.933529		
62 CODO 90o			9.53	0.38	2.40	1.25	0.010457	0.943986		
63 TE			9.53	0.38	0.90	1.25	0.003921	0.947907		
62-64		0.23	9.53	0.38	0.02	1.25	0.002517	0.950424	4.85	5.103 1.052
64 VALVULA		100.00	9.53	0.38	19.00	1.25	0.062781			
<hr/>										
43 TE			25.40	1.00	0.90	7.80	0.003019	0.303703		
43-65		1.00	25.40	1.00	0.02	7.80	0.002465	0.306167		
65 CODO 90o			25.40	1.00	1.50	7.80	0.005032	0.311200		
65-66		0.94	25.40	1.00	0.02	7.80	0.002317	0.313517		
66 CODO 90o			25.40	1.00	1.50	7.80	0.005032	0.318549		
66-67		1.50	25.40	1.00	0.02	7.80	0.003697	0.322246		
67 CODO 90o			25.40	1.00	1.50	7.80	0.005032	0.327278		
68 VALVULA DE CUPIERTA		13.64	25.40	1.00	72.33	7.80	0.242655	0.549934		
69 MEDIDOR			25.40	1.00	0.90	7.80	0.003011	0.572953		
67-70		0.60	25.40	1.00	0.02	7.80	0.001467	0.574419		
70 TE			12.70	0.50	2.40	4.00	0.033879	0.608299		
71 TE			12.70	0.50	0.90	4.00	0.012705	0.621003		
70-72		0.20	12.70	0.50	0.02	4.00	0.004926	0.625930	7.38	11.790 1.578
72 VALVULA		100.00	12.70	0.50	13.00	4.00	0.183512			
<hr/>										
70 TE			19.05	0.75	0.90	3.80	0.002265	0.576684		
70-73		0.32	19.05	0.75	0.02	3.80	0.000846	0.577530		
73 CODO 90o			19.05	0.75	1.70	3.80	0.004278	0.581808		
73-74		1.10	19.05	0.75	0.02	3.80	0.002907	0.594716		
74 CODO 90o			19.05	0.75	1.70	3.80	0.004278	0.588994		
74-75		1.16	19.05	0.75	0.02	3.80	0.003066	0.592060		
75 TE			19.05	0.75	0.90	3.80	0.002265	0.594325	7.30	12.283 1.681

TABLA 3.3.10

PRUEBA 10

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2 - MUEBLES: T2-1, F2-4, L2-6
 NIVEL 1 - MUEBLES: T1-1, F1-3, L1-5
 NIVEL 0 - MUEBLES: T0-1, F0-3, L0-5

No.	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)	h o f	GASTO (lt/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE CARGA REAL (m)	RELACION A PERD. REAL	FACTOR
75-79		0.31	19.05	0.75	0.02	3.80	0.000819	0.575144		
79 TE			19.05	0.75	2.00	2.80	0.002733	0.597877		
80 TE			19.05	0.75	0.90	2.80	0.001230	0.599107		
79-81		0.21	19.05	0.75	0.02	2.80	0.000301	0.599408	7.38	12.312
81 VALVULA		100.00	19.05	0.75	10.00	2.80	0.013663			1.668
79 TE			19.05	0.75	0.90	1.00	0.000157	0.595301		
79-82		1.50	19.05	0.75	0.02	1.00	0.000275	0.595576	7.31	12.274
82 TE			12.70	0.50	0.90	1.00	0.000794	0.596370		
82-85		1.00	12.70	0.50	0.02	1.00	0.001541	0.597911		
85 CODO 90o			9.53	0.38	2.40	1.00	0.006892	0.604603		
86 TE			9.53	0.38	0.90	1.00	0.002510	0.607113		
85-87		0.23	9.53	0.38	0.02	1.00	0.001611	0.608724	7.31	12.009
37 VALVULA		100.00	9.53	0.38	19.00	1.00	0.052980			1.643

TABLA 3.3.11

PRUEBA 11

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2 - MUEBLES: T2-1, R2-3, F2-4
 NIVEL 1 - MUEBLES: T1-1, R1-2, F1-3
 NIVEL 0 - MUEBLES: T0-1, R0-2, F0-3

No.	ELEMENTO O TRAZO	LONGITUD O ABERTURA	DIAMETRO (mm)	ρ (pulg)	k o f	GASTO (lit/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE RELACION A REAL PERD. (%)	FACTOR
	T-1	0.10	31.75	1.25	0.02	38.80	0.001896	0.001896		
1	VALVULA DE CUPIERTA	100.00	31.75	1.25	0.23	38.80	0.007820	0.009717		
2	TE		31.75	1.25	0.90	38.80	0.030602	0.040319		
3	CAMPANA		38.10	1.50	0.05	38.80	0.000820	0.041139		
3-4		0.13	38.10	1.50	0.02	38.80	0.000980	0.042118		
4	TE		38.10	1.50	1.60	38.80	0.026236	0.068354		
4-5		0.25	38.10	1.50	0.02	38.80	0.001828	0.070182		
5	COBO 90o		38.10	1.50	1.20	38.80	0.019677	0.089859		
6	VALVULA DE CUPIERTA	100.00	38.10	1.50	0.20	38.80	0.003280	0.093139		
5-7		1.04	38.10	1.50	0.02	38.80	0.007682	0.100741		
7	COBO 90o		38.10	1.50	1.20	38.80	0.019677	0.120418		
8	REDUCCION 1.5" A 1.25"		31.75	1.25	0.08	38.80	0.002720	0.123138		
9	MEDIDOR		31.75	1.25	0.90	38.80	0.030602	0.153740		
10	REDUCCION 1.25" A 1.5"		38.10	1.50	0.05	38.80	0.000820	0.154560		
10-11		0.10	38.10	1.50	0.02	38.80	0.000731	0.155291		
11	TUERCA UNION		38.10	1.50	0.06	38.80	0.000964	0.156275		
11-12		0.04	38.10	1.50	0.02	38.80	0.000292	0.156567		
12	TE		38.10	1.50	0.90	38.80	0.014758	0.171325		
12-13		1.56	38.10	1.50	0.02	38.80	0.011404	0.182729		
13	COBO 90o		38.10	1.50	1.20	38.80	0.019677	0.202404		
13-14		0.22	38.10	1.50	0.02	38.80	0.001668	0.204014		
14	TE		31.75	1.25	1.70	15.30	0.022520	0.213002		
15	REDUCCION		25.40	1.00	0.05	15.30	0.000645	0.213648		
16	VALVULA DE CUPIERTA	100.00	25.40	1.00	0.24	15.30	0.003098	0.216746		
17	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	15.30	0.001033	0.217778		
18	MEDIDOR		25.40	1.00	0.90	15.30	0.011617	0.229396		
19	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	15.30	0.001033	0.230428		
20	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	15.30	0.001033	0.231461		
21	TE		19.05	0.75	2.00	2.40	0.002008	0.233469		
22	REDUCCION		12.70	0.50	0.05	2.40	0.000254	0.233723		
23	TE		12.70	0.50	0.90	2.40	0.004574	0.238296		
21-24		0.15	12.70	0.50	0.02	2.40	0.001330	0.239627	1.750	8.138
24	VALVULA	21.85	12.70	0.50	2450.00	2.40	12.450663			4.173

TABLA 3.3.11

PRUEBA 11

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS NUBLES

NIVEL 2 - NUBLES: T2-1, R2-3, F2-4

NIVEL 1 - NUBLES: T1-1, R1-2, F1-3

NIVEL 0 - NUBLES: T0-1, R0-2, F0-3

No.	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O I ABERTURA	DIAMETRO (mm)	(pulg)	k o f	GASTO (lt/sig)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE CARGA REAL (m)	RELACION A PERD. REAL FACTOR
21	TE		25.40	1.00	0.90	12.90	0.008259	0.239720		
21-25		2.11	25.40	1.00	0.02	12.90	0.014224	0.253944		
25	TE		19.05	0.75	0.90	12.90	0.026101	0.280045	1.950	6.963 3.571
25-29		0.30	19.05	0.75	0.02	12.90	0.009135	0.289180		
29	TE		12.70	0.50	2.40	9.50	0.191100	0.480280		
30	TE		12.70	0.50	0.90	9.50	0.071662	0.551942		
31	CORO 90o		12.70	0.50	2.00	9.50	0.159250	0.711192		
29-32		0.27	12.70	0.50	0.02	9.50	0.037505	0.748697	2.090	2.792 1.336
32	VALVULA	100.00	12.70	0.50	13.00	9.50	1.035124			
29	TE		19.05	0.75	0.90	3.40	0.001813	0.290993		
29-33		0.30	19.05	0.75	0.02	3.40	0.006835	0.291628		
33	TE		19.05	0.75	2.00	3.40	0.004029	0.295657		
34	TE		19.05	0.75	0.90	3.40	0.001813	0.297471		
33-35		0.20	19.05	0.75	0.02	3.40	0.000423	0.297894	2.170	7.284 3.357
35	VALVULA	15.00	19.05	0.75	2800.00	3.40	5.640955			
14	TE		25.40	1.00	0.90	23.50	0.027407	0.231421		
14-43		2.50	25.40	1.00	0.02	23.50	0.055926	0.287347		
43	TE		25.40	1.00	1.90	13.80	0.019932	0.307299		
43-44		0.09	25.40	1.00	0.02	13.80	0.006894	0.307994		
44	CORO 90o		25.40	1.00	1.50	13.80	0.015732	0.323746		
45	VALVULA DE CIERRE	13.64	25.40	1.00	72.23	13.80	0.759554	1.083299		
45	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	13.80	0.000840	1.084139		
47	MEDIDOR		25.40	1.00	0.90	13.80	0.009451	1.093590		
44-48		0.47	25.40	1.00	0.02	13.80	0.003626	1.097216		
48	TE		12.70	0.50	2.40	2.70	0.015436	1.112653		
49	TE		12.70	0.50	0.90	2.70	0.005789	1.118441	4.490	4.015 0.894
50	VALVULA	18.75	12.70	0.50	3200.00	2.70	20.581609			

TABLA J.3.11

PRUEBA 11

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2 - MUEBLES: T2-1, R2-3, F2-4

NIVEL 1 - MUEBLES: T1-1, R1-2, F1-3

NIVEL 0 - MUEBLES: T0-1, R0-2, F0-3

No.	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O X ABERTURA	DIAMETRO (mm)	k o (pulg)	GASTO f (lt/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (a)	PERDIDA DE RELACION A CARGA REAL PERD. (a)	REAL PERD.	FACTOR
49	TE		25.40	1.00	0.90	11.10	0.006115	1.103331		
49-51		2.33	25.40	1.00	0.02	11.10	0.011630	1.114961		
51	TE		12.70	0.50	2.40	8.50	0.152986	1.267947		
52	TE		12.70	0.50	0.90	8.50	0.057370	1.325316		
53	CORO 90o		12.70	0.50	2.00	8.50	0.127489	1.452994		
53-54		9.32	12.70	0.50	0.02	8.50	0.035586	1.488390	4.610	3.097
54	VALVULA	100.00	12.70	0.50	13.00	8.50	0.828673			0.672
51	TE		19.05	0.75	0.90	2.60	0.001060	1.269007		
51-55		0.32	19.05	0.75	0.02	2.60	0.006396	1.269403		
55	TE		19.05	0.75	2.00	2.60	0.002356	1.271759		
56	TE		19.05	0.75	0.90	2.60	0.001060	1.272820		
55-57		0.21	19.05	0.75	0.02	2.60	0.000260	1.273079	4.460	3.503
57	VALVULA	15.00	19.05	0.75	2800.00	2.60	3.298690			0.785
43	TE		25.40	1.00	0.90	9.70	0.004669	0.272017		
43-65		1.00	25.40	1.00	0.02	9.70	0.003812	0.295828		
65	CORO 90o		25.40	1.00	1.50	9.70	0.007782	0.303611		
65-66		0.94	25.40	1.00	0.02	9.70	0.003583	0.307194		
66	CORO 90o		25.40	1.00	1.50	9.70	0.007782	0.314976		
66-67		1.50	25.40	1.00	0.02	9.70	0.005718	0.320694		
67	CORO 90o		25.40	1.00	1.50	9.70	0.007782	0.328416		
68	VALVULA DE CORPUERTA	13.64	25.40	1.00	72.33	9.70	0.375270	0.703746		
69	MEDIDOR		25.40	1.00	0.90	9.70	0.004669	0.708416		
67-70		0.60	25.40	1.00	0.02	9.70	0.002287	0.710703		
70	TE		12.70	0.50	2.40	1.40	0.004150	0.714853		
71	TE		12.70	0.50	0.90	1.40	0.001556	0.716410		
70-72		0.21	12.70	0.50	0.02	1.40	0.000634	0.717044	7.050	9.832
72	VALVULA	16.67	12.70	0.50	3400.00	1.40	5.879451			1.395

TABLA 3.3.11

PRUEBA 11

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2 - MUEBLES: T2-1, R2-3, F2-4

NIVEL 1 - MUEBLES: T1-1, R1-2, F1-3

NIVEL 0 - MUEBLES: T0-1, R0-2, F0-3

No.	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O % ABERTURA	DIAMETRO (mm)	(pulg)	k o f	GASTO (lit/min)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	PERDIDA DE RELACION A CARGA REAL (m)	REAL	FACTOR
70	TE		19.05	0.75	0.90	8.30	0.010905	0.721509			
	70-73	0.32	19.05	0.75	0.02	8.30	0.004034	0.725542			
73	COBO 90o		19.05	0.75	1.70	8.30	0.020410	0.745952			
	73-74	1.10	19.05	0.75	0.02	8.30	0.013868	0.759820			
74	COBO 90o		19.05	0.75	1.70	8.30	0.020410	0.780230			
	74-75	1.16	19.05	0.75	0.02	8.30	0.014624	0.794854			
75	TE		12.70	0.50	2.40	6.00	0.076228	0.871082			
76	TE		12.70	0.50	0.90	4.00	0.028586	0.899668			
77	COBO 90o		12.70	0.50	2.00	6.00	0.063523	0.963191			
	75-78	0.27	12.70	0.50	0.02	6.00	0.014962	0.978153	7.240	7.402	1.022
78	VALVULA	100.00	12.70	0.50	13.00	6.00	0.412903				
75	TE		19.05	0.75	0.90	2.30	0.000830	0.795684			
	75-79	0.31	19.05	0.75	0.02	2.30	0.000300	0.795984			
79	TE		19.05	0.75	2.00	2.30	0.001844	0.797828			
80	TE		19.05	0.75	0.90	2.30	0.000830	0.798658			
	79-81	0.21	19.05	0.75	0.02	2.30	0.000203	0.798861	7.160	8.963	1.252
81	VALVULA	19.05	19.05	0.75	2500.00	2.30	2.304796				

La determinación de la pérdida de carga teórica se realizó con la mayor precisión posible siguiendo el procedimiento estricto de cálculo de acuerdo con lo establecido para la fórmula de Darcy, lo que da como resultado para cada pieza especial una pérdida muy pequeña, difícilmente cuantificable a nivel real. Por ejemplo, en el caso de las válvulas de compuerta totalmente abiertas, para gastos de alrededor de 50 L/min la pérdida de carga es menor a 2 cm, por lo que la propia oscilación en los piezómetros no permitiría las lecturas a estos niveles. En todo caso estas pérdidas son calculadas a partir de valores de k obtenidos de nomogramas empíricos que no necesariamente representan las condiciones estrictas de las piezas empleadas en la realidad.

La diversidad de marcas y modelos hace muy difícil uniformizar las condiciones de diseño; estrictamente cada válvula, inclusive del mismo fabricante presentaría un comportamiento diferente de acuerdo con sus características estructurales, condiciones de instalación, localización con respecto a otros componentes del sistema hidráulico, situación con respecto a otras piezas especiales, etc. Obviamente, no sería posible definir el comportamiento esperado para cada caso individual, aunque sería conveniente que los fabricantes obtuvieran los diagramas para sus productos.

En general como se mencionó anteriormente, los resultados muestran una clara tendencia que refleja una pérdida de carga real muy superior a la calculada. Sin embargo, en todos los casos el análisis se establece de una sumatoria de varios componentes, lo que impide definir en cuáles casos se tiene decremento o incremento de la pérdida real con respecto a la calculada. Es conveniente por lo tanto, realizar un experimento empleando elementos individuales.

Es necesario recalcar que los resultados reportados fueron los valores medios que se obtuvieron en corridas repetitivas realizadas bajo las mismas condiciones, como se observa en las tablas 3.2.1 a 3.2.11. De estos resultados parciales se pueden identificar variaciones entre lecturas de más del 50 %, trabajando bajo condiciones similares, lo que da idea de la precisión del método empleado.

Esta fue exactamente la razón que motivó la realización de repeticiones reportando los valores promedio. El análisis por lo tanto, requiere un mayor grado de precisión si se desea contar con elementos suficientes para concluir definitivamente. En el banco de pruebas utilizado, se emplearon materiales de primera calidad en la casi totalidad de los elementos, lo que implica condiciones excelentes de forma y rugosidad. El análisis de otros materiales pudiera arrojar resultados diferentes.

En general, se puede concluir que el ingeniero proyectista no cuenta en este momento con las herramientas adecuadas para el diseño de las instalaciones hidráulicas, especialmente si por reglamentación se le obliga a trabajar con gastos reducidos y en los límites de operación de los sistemas que controlan el desperdicio del recurso. Bajo este esquema se obligaría a la colocación de elementos de control individual, que deben ser ajustados al momento de finalizar la construcción de la red hidráulica de la casa-habitación en particular. La supervisión por parte de las autoridades no se limitaría por lo tanto al proyecto, sino que debe involucrar la construcción y en forma muy importante, el control de calidad en la fabricación de los elementos del sistema. Sin la consideración de estos factores, la planeación carece de sentido.

3.4 COMENTARIOS. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES SUGERIDAS POR LOS RESULTADOS DEL EXPERIMENTO.

El diseño del módulo de pruebas se basó en los procedimientos convencionales. La determinación de los gastos de diseño se hizo empleando el método de Hunter y el cálculo de las pérdidas de carga con la fórmula de Darcy-Weisbach. El modelo es bastante representativo de las características de las instalaciones hidráulicas verdaderas.

Los materiales empleados en su construcción son los que comúnmente se instalan, por lo que en este renglón también se tiene un buen grado de similitud con las construcciones reales.

Al operar el modelo se definieron combinaciones de uso simultáneo de muebles para reproducir el uso cotidiano de los servicios, estableciendo alternativas extremas que van desde un solo mueble hasta el número más alto probable.

Cada una de las pruebas se repitió tantas veces como fue necesario para obtener resultados suficientemente consistentes, es decir, prácticamente constantes.

En cuanto a la interpretación de las observaciones de campo y del material procesado en gabinete, se deducen las siguientes observaciones.

El comportamiento hidráulico de los conductos difiere considerablemente de lo que se contempla en el cálculo, destacándose dos aspectos:

- a) La conexión de ramales dificulta el control para el envío equitativo de caudales, fundamentalmente entre diferentes niveles.
- b) No se tiene ningún control sobre la magnitud de los caudales que en rigor se requieren por núcleo y por mueble.

Resulta ostensible el hecho de que las ecuaciones convencionales no conllevan la precisión que el diseño de tuberías de diámetros menores requiere, lo cual incide en los parámetros fundamentales que son el gasto y la carga, y obviamente repercute en el costo de las instalaciones y en la eficiencia de operación.

Se estima que en periodos largos de pruebas se puede obtener la información necesaria para ajustar los métodos convencionales, con el objeto de poder proyectar instalaciones realmente económicas y eficientes.

De las observaciones y resultados también se infiere que la planeación más apropiada debe estar balanceada en cuanto a la capacidad de conducción y al costo y control del consumo, pues una conclusión definitiva es que en el caso de instalaciones domésticas, la tubería más eficiente es la que maneja el caudal necesario y la más económica la que ofrece mayor control en el consumo. Estos aspectos se pueden afinar mediante el empleo complementario de dispositivos de control.

Respecto a la distribución, se corroboró que es más apropiado distribuir por niveles que por edificio, controlando en forma permanente a través de la propia red, lo cual anula la recomendación de instalar válvulas reguladoras. Se considera que esta medida es más adecuada que el empleo de bombas para compensar la pérdida de carga que se presenta cuando se instalan tuberías de

diámetros restringidos, ya que de esta forma la disponibilidad de carga se traduce en opcional y excesivo manejo de agua.

Los muebles de llave deben ser instrumentados con ahorradores y los de tanque con cajas de volumen restringido.

En el inciso 4.2 se configuran las instalaciones en las cuales se reúnen los ajustes en planeación y diseño que mejoran los arreglos convencionales.

En resumen, es muy importante establecer y normalizar la metodología de planeación para realmente poder obtener resultados a nivel comunitario, en el sentido de contar con instalaciones económicas y eficientes. De la misma forma, es necesario establecer las bases y criterios de diseño para que los profesionales del área sean congruentes en sus proyectos, los cuales deben ser revisados por las autoridades competentes y corroborados en obra.

En el inciso 4.1 se formula la secuencia de diseño y se proponen elementos de cálculo que pueden servir de base para afinar e implementar un método general, con posibilidades de ser empleado en diseños específicos.

A partir de las observaciones realizadas, se desprende una serie de recomendaciones y consideraciones con respecto a la operación de las instalaciones hidráulicas, las cuales se mencionan a continuación:

- a) Es necesario establecer los gastos de agua requeridos para cada mueble sanitario desde el punto de vista de las condiciones racionales, con el objetivo de lograr un uso eficiente del recurso.

Como resultado de tales consideraciones, se estima que la demanda de agua potable debe reducirse en un porcentaje sensible, ya que la dotación del recurso a nivel casa-habitación, o sea, eliminando el caso destinado a comercio, servicios e industria, se ha establecido entre 150 y 350 l/hab/día, en función del nivel socioeconómico, pero con el nuevo enfoque de uso eficiente del recurso, sobre todo en unidades multifamiliares, la dotación se debe reducir a niveles comprendidos entre 60 y 80 l/hab/día, para familias de nivel socioeconómico bajo.

Dentro del proceso de diseño de las instalaciones, este parámetro se debería de tomar en cuenta en el dimensionamiento de los depósitos de almacenamiento, como son las cisternas y los tinacos; sin embargo, las capacidades de estas unidades están definidas normalmente en función del suministro del recurso en la zona específica.

- b) El uso de los dispositivos de almacenamiento debe ser reducido al máximo y en todos los casos se deberá de considerar el remplazo continuo del líquido contenido en ellos, ya que se ha detectado que en estos sitios se produce el mayor deterioro de la calidad del agua, debido no solo a la carencia de mantenimiento, sino también a la oportunidad que existe de que se introduzcan contaminantes y organismos patógenos a los tanques.
- c) Para llevar a cabo la restricción de la utilización del agua potable en cada unidad habitacional, se deben emplear elementos que no sean fácilmente reajustables, con el fin de que los usuarios que se encuentran en los niveles inferiores no puedan modificar la instalación hidráulica para obtener mayores caudales, ya que esta situación implica que los usuarios de los niveles superiores carezcan de éste.

De esta forma, se establece que las mejores opciones para controlar el uso a nivel domiciliario es, por un lado, el suministro independiente a cada uno de los niveles y, por otro, la reducción de los diámetros desde el tanque hasta los muebles sanitarios.

- d) El uso simultáneo de los muebles sanitarios se establece actualmente bajo las condiciones de uso en los Estados Unidos de Norteamérica, que definitivamente no corresponden a los patrones de comportamiento del país.

El uso de los muebles sanitarios en la ciudad de México a nivel casa-habitación, considerando familias numerosas y de recursos económicos limitados, puede resumirse de la manera siguiente:

- 1) Usos múltiples de las instalaciones sanitarias, especialmente regadera, lavabo y excusado, en horas tempranas entre las 7 y 8 de la mañana y ocasionalmente en la noche, alrededor de las 19 horas.
- 2) Utilización de la regadera por varias personas a la vez, lo cual provoca que el dispositivo se encuentre totalmente abierto por periodos prolongados, en los cuales se emplea el agua correspondiente a la utilizada por 2 ó 3 individuos.

Los esquemas de uso están afectados, en primer lugar, por el número de dispositivos disponibles para cada familia, ya que mientras en casas-habitación estilo americano se identifican de 2 a 4 baños por unidad habitacional, en nuestro medio se dispone de 1 para cada familia, que se compone generalmente de 5 a 6 individuos.

Por otro lado, los horarios de trabajo provocan el ajuste de las actividades de limpieza en horarios diversos, pero que generalmente coinciden en horas de la mañana o de la noche para la mayoría de los usuarios.

- e) Se estima que las características de dureza del agua potable en México, por ejemplo, obligan a un consumo mayor en actividades de lavado, en relación con la menor eficiencia de los detergentes sintéticos, por la presencia de minerales.

4. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS EFICIENTES.

4.1 PROPUESTA DE UNA METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS.

Como resultado del presente estudio, a continuación se estructura la metodología que se sugiere para diseñar instalaciones hidráulicas en conjuntos habitacionales, la cual es el resultado de la revisión de los diversos procedimientos que se aplican en la práctica actual, y en algunos casos, de modificaciones a los métodos usuales.

4.11 TOMA.

La capacidad de la toma es función del número de usuarios a los cuales se proporciona el servicio y de la presión disponible en la red.

Para una dotación media de 80 l/hab/día, destinada para uso doméstico exclusivamente y una carga en la red municipal de 15 m.c.a., la tabla 4.1.1 es una guía adecuada para la selección del diámetro de la toma, considerando una velocidad de circulación de 1.5 m/s.

TABLA 4.1.1

SELECCION DEL DIAMETRO DE LA TOMA

POBLACION hab	GASTO MEDIO l/seg	DIAMETRO DE LA TOMA	
		mm	pulgadas
40	0.037	10.0	3/8
80	0.074	10.0	3/8
120	0.111	10.0	3/8
160	0.148	10.0	3/8
200	0.185	12.7	1/2
240	0.222	12.7	1/2
280	0.259	12.7	1/2
320	0.296	12.7	1/2

4.12 ALMACENAMIENTO BAJO (CISTERNA).

La capacidad de la cisterna se determina de acuerdo a las normas de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Departamento del Distrito Federal (D.G.C.O.H), las cuales indican que la cisterna debe tener la capacidad para almacenar el volumen necesario que satisfaga la demanda de un día y medio. Como ayuda de diseño se ha elaborado la tabla 4.1.2.

TABLA 4.1.2
CAPACIDAD UTIL DE LA CISTERNA

POBLACION (hab)	VOLUMEN UTIL (m ³)
40	4.800
80	9.600
120	14.400
160	19.200
200	24.000
240	28.800
280	33.600
320	38.400

4.13 CAPACIDAD DE BOMBEO.

Los requerimientos de bombeo se definen mediante el empleo de la fórmula práctica :

$$Q_b = Q_{med} \frac{24}{p}$$

donde :

- Q_b = gasto de bombeo, en l/s.
- Q_{med} = gasto medio diario, en l/s.
- p = periodo de bombeo.

El periodo de bombeo se determina llevando a cabo un análisis técnico-económico como el descrito en el inciso 2.3.1.1, con el fin de satisfacer la demanda que se presenta al día de una manera eficiente y económica.

Si se emplea el tiempo de bombeo que se determinó en el inciso 2.3.1.1, es decir, igual a 8 horas, el gasto de bombeo se obtiene simplificando la ecuación anterior como sigue:

$$Q_b = \frac{\text{Pob} < 80 >}{86,400} \cdot \frac{24}{8}$$

$$Q_b = 0.00278 \text{ Pob}$$

Para el cálculo del gasto de bombeo correspondiente a una población dada, se construye la tabla 4.1.3.

TABLA 4.1.3
OBTENCION DEL GASTO DE BOMBEO

POBLACION (hab)	GASTO DE BOMBEO (l/s)
40	0.111
80	0.222
120	0.333
160	0.444
200	0.555
240	0.667
280	0.778
320	0.889

4.14 LINEA DE CONDUCCION.

Con la aplicación simultánea de las ecuaciones de Manning y continuidad, se deduce la siguiente expresión, con la cual se define el diámetro de la línea de conducción:

$$D = \left[\frac{3.2084 Q_b n L^{0.5}}{(h_1 - h_2)^{0.5}} \right]^{0.375}$$

- donde :
- D = diámetro de la tubería, en m
 - Q_b = gasto de bombeo, en m^3/s
 - n = coeficiente de rugosidad, que para la tubería de cobre es igual a 0.009
 - L = longitud total de la línea de conducción. Se considera una longitud total de 30 m
 - h_1 = carga piezométrica. Se supone igual a 20 m.
 - h_2 = desnivel estático e igual a 15 m.

Simplificando la ecuación se obtiene:

$$D = (0.0707 Q_b)^{0.375} = 0.37 Q_b^{0.375}$$

Como resultado de la aplicación de la ecuación antes obtenida, para diferentes poblaciones se construye la tabla 4.1.4, la cual es útil para definir el diámetro de la línea de conducción.

TABLA 4.1.4

DAMETRO PARA LA LINEA DE CONDUCCION

POBLACION hab	GASTO DE BOMBEO l/seg	DIAMETRO DE LA LINEA	
		mm	pulgadas
40	0.111	12.70	1/2
80	0.222	19.05	3/4
120	0.333	19.05	3/4
160	0.444	19.05	3/4
200	0.555	25.40	1
240	0.667	25.40	1
280	0.778	25.40	1
320	0.889	25.40	1

4.15 TANQUE ALTO (TINACO).

Para determinar la capacidad de los tinacos, es necesario determinar el volumen de regulación necesario, para lo cual se requiere conocer los volúmenes de máximo exceso y máximo déficit, los cuales se definen en función de las demandas y las entradas de agua que se presentan durante el día. Con esta finalidad se emplea el procedimiento empleado en el inciso 2.3.1.1.

De esta manera, se encuentra una función que nos relaciona la población con el volumen de regulación necesario y con el número de tinacos requeridos para satisfacer las necesidades de la población de diseño, obteniéndose la tabla 4.1.5.

TABLA 4.1.5

VOLUMEN DE REGULACION Y NUMERO DE TINACOS

POBLACION hab	VOLUMEN UTIL (m ³)	NUMERO DE TINACOS POR MODULO
40	1.700	2
80	3.401	3
120	5.101	5
160	6.802	5
200	8.503	7
240	10.203	10
280	11.903	11
320	13.603	13

4.16 RED DE DISTRIBUCION POR NIVEL

Para el diseño de la red de distribución, se definen los diámetros de los tramos de tubería que alimentan a cada mueble en función de los gastos de circulación dados por el Método de Hunter, tomando en consideración el límite de velocidad máximo (3.00 m/s) y el mínimo (0.60 m/s).

Siguiendo este procedimiento, se elaboró la tabla 4.1.6, que se muestra a continuación:

TABLA 4.1.6

RED DE DISTRIBUCION POR NIVEL

MUEBLE	Nº. DE UNIDADES MUEBLE		GASTO MAXIMO PROBABLE (l/s)	DIAMETRO		VELOCIDAD REAL (m/s)
	PARCIAL	ACUMULADO		mm	pulg	
LAVABO	1	1	0.050	9.53	3/8	0.70
W.C.	3	4	0.200	19.05	3/4	0.70
REGAD.	2	6	0.300	25.40	1	0.60
FREGAD	2	8	0.400	25.40	1	0.79
TARJA	3	11	0.550	25.40	1	1.085

4.2 DISEÑO PARA CONSTRUCCION DE INSTALACIONES TIPO.

4.2.1 GENERALIDADES.

Después de llevar a cabo el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en las pruebas, se desprenden conclusiones y recomendaciones para el diseño de instalaciones hidráulicas.

Entre las recomendaciones mencionadas, se propone un arreglo tipo de instalación hidráulica, mostrada en la figura 4.2.1, por considerarse como el más eficiente en cuanto a la operación y al servicio proporcionado a los usuarios.

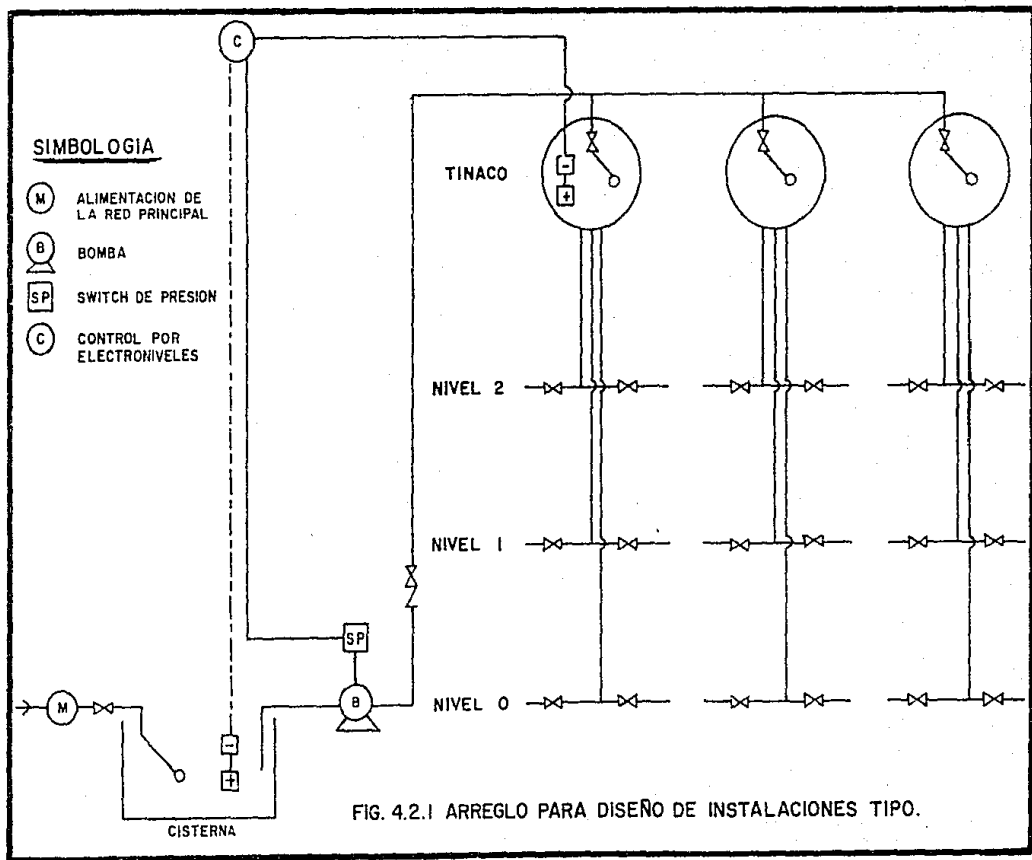
El arreglo propuesto se compone de: cisterna, bombas, línea de conducción, tinaco, red de distribución y núcleos hidráulicos.

Las características particulares de este arreglo residen en la distribución, la cual se lleva a cabo conduciendo el caudal desde el tinaco hasta cada uno de los niveles, por medio de tres tuberías independientes que parten de este último.

Este arreglo en la distribución tiene como propósito lograr que el suministro sea más eficiente, evitando la falta de agua en los niveles superiores.

4.2.2 PLANEACION DEL SISTEMA.

La población a servir se considera de 150 habitantes, en tanto que la dotación asignada a nivel popular es de 80 l/hab/día en promedio.



Con estos datos se definen las capacidades de los elementos complementarios: cisterna, bombas y tinacos.

Siguiendo el procedimiento descrito anteriormente, se obtienen los siguientes datos de proyecto:

TABLA 4.2.1
DATOS DE PROYECTO

Gasto Medio Diario	0.140 l/s
Gasto Máximo Diario	0.190 l/s
Diámetro de la Toma	12.70 mm (1/2 pulg)
Volumen Util de Cisterna	18.00 m ³
Volumen Neto de Cisterna	22.5 m ³
Dimensiones de la Cisterna	3.0 x 3.0 x 2.5 m
Altura de Bordo Libre	0.50 m
Volumen de Regulación	6.5 m ³
Tiempo de bombeo	8 horas
Gasto de Bombeo	0.42 l/s
Número de Tinacos/edificio	2

4.2.3 DISEÑO GEOMETRICO.

Por medio del método de Hunter se definen los gastos máximos probables y en función de éstos se proponen los diámetros de los tramos de tubería que alimentan a cada mueble.

El cálculo siguiente es válido para cada uno de los tres niveles, resumiéndose en la tabla 4.2.2.

TABLA 4.2.2
DISEÑO DE LA GEOMETRIA DE LA RED

MUEBLE	Nº. DE UNIDADES MUEBLE		GASTO MAXIMO PROBABLE (l/s)	DIAMETRO	
	PARCIAL	ACUMULADO		mm	pulg
LAVABO	1	1	0.050	9.53	3/8
W.C.	3	4	0.200	19.05	3/4
REGAD.	2	6	0.300	25.40	1
FREGAD	2	8	0.400	25.40	1
TARJA	3	11	0.550	25.40	1

4.2.4 DISEÑO HIDRAULICO.

Se revisan los diámetros propuestos calculando las pérdidas por fricción unitarias con la ecuación de Darcy-Weisbach, por ser la mas adecuada, ya que es válida para cualquier tipo de flujo y de conducto, mientras que la fórmula de Manning y de Hazen-Williams involucran en sus deducciones las condiciones de conducción, esto es, para canales o para tuberías.

La revisión de los diámetros se realiza a continuación, indicando los diámetros necesarios para asegurar el servicio.

TABLA 4.2.3

REVISION DE LOS DIAMETROS

MUEBLE	Nº. DE UNIDADES MUEBLE		GASTO MAXIMO PROBABLE (l/s)	DIAMETRO		PERDIDAS UNITARIAS (m)
	PARCIAL	ACUMULADO		mm	pulg	
LAVABO	1	1	0.050	9.53	3/8	0.095
W.C.	3	4	0.200	19.05	3/4	0.039
REGAD.	2	6	0.300	25.40	1	0.020
FREGAD	2	8	0.400	25.40	1	0.034
TARJA	3	11	0.550	25.40	1	0.059

En las tablas 4.2.4, 4.2.5 y 4.2.6 se muestra el calculo de las pérdidas de carga teóricas entre el tinaco y cada uno de los muebles correspondientes a los niveles 2, 1 y 0, respectivamente, de la instalación tipo.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el experimento, se observó que la carga disponible en la regadera no era suficiente, para que circulara el agua a través de ésta, por lo tanto, se propone aumentar la carga disponible en la regadera elevando el tinaco a una cota superior.

De esta forma, se eleva el tinaco 1.20 m arriba de la cota en que se había colocado cuando se realizó el diseño del módulo experimental, por lo que la nueva cota en la base del tinaco es 11.20 m y el desnivel entre ésta y el nivel en que se encuentra la instalación en el segundo piso es de 5.20 m.

TABLA 4.2.4

DISEÑO DE LA INSTALACION TIPO

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2

No	ELEMENTO	LONGITUD O % ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)	k o f	GASTO (lit/seg)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	COTA PIEZOMET. (m)	CARGA DISP. (m)	RELACION CARGA/HF
1	ENTRADA		25.40	1.00	0.50	0.030025	0.030025			
1-2		2.70	25.40	1.00	0.02	0.55	0.158296	0.188321		
2	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	0.276396		
3	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.55	0.015012	0.293409		
2-4		1.50	25.40	1.00	0.02	0.55	0.087942	0.381351		
4	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	0.471426		
4-5		2.50	25.40	1.00	0.02	0.55	0.146571	0.617997		
5	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	0.708071		
6	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	0.798146		
7	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	0.888221		
8	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.55	0.015012	0.903233		
9	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	0.906017		
10	MEMBROR		25.40	1.00	0.70	0.55	0.054045	0.962082		
11	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	0.966886		
12	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.056961		
13	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.147036		
13-14		0.10	25.40	1.00	0.02	0.55	0.005863	1.152898		
14	TE (PASO)		25.40	1.00	2.50	0.15	0.011166	1.164045		
15	REDUCCION 1" A 0.5"		12.70	0.50	0.37	0.15	0.026442	1.190506		
15-16		1.00	12.70	0.50	0.03	0.15	0.163140	1.353666		
16	COBO 90o		12.70	0.50	2.00	0.15	0.142929	1.496575	4.50	3.00 2.01

PERDIDA DE CARGA ENTRE EL TINACO Y LA TARJA 1.497 m

14	TE (PASO)		25.40	1.00	0.90	0.40	0.028566	1.181484		
14-17		2.50	25.40	1.00	0.03	0.40	0.083838	1.265322		
17	CRUZ		25.40	1.00	1.90	0.10	0.001772	1.269094		
18	REDUCCION 1" a 0.75"		19.05	0.75	0.14	0.10	0.000878	1.269972		
19	COBO 90o		19.05	0.75	1.70	0.10	0.010666	1.280638		
19-20		1.00	19.05	0.75	0.04	0.10	0.011924	1.292562		
20	COBO 90o		19.05	0.75	1.70	0.10	0.010666	1.303227	4.50	3.20 2.45

PERDIDA DE CARGA ENTRE EL TINACO Y EL FREGADERO 1.303 m

TABLA 4.2.4

DISEÑO DE LA INSTALACION TIPO

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 2

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O % ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)	t o f	GASTO (lit/seg)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	COTA PIEZOMET. (m)	CARGA DISP. (m)	RELACION CARGA/HF
17	CRUZ		25.40	1.00	1.90	0.10	0.003772	1.269094		
121	REDUCCION 1" a 0.5"		12.70	0.50	0.37	0.10	0.011752	1.280846		
122	CORDO 90o		12.70	0.50	2.10	0.10	0.066700	1.347546		
	22-23	1.90	12.70	0.50	0.03	0.10	0.153522	1.501068		
123	CORDO 90o		12.70	0.50	2.10	0.10	0.066700	1.567768	3.60	2.03 1.30
PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y LA REGADERA							1.568 m			
17	CRUZ		25.40	1.00	0.90	0.20	0.007146	1.272469		
124	REDUCCION 1" a 0.75"		19.05	0.75	0.14	0.20	0.003513	1.275982		
	24-25	1.50	19.05	0.75	0.03	0.20	0.058932	1.334914		
125	TE 19-19-13		19.05	0.75	2.10	0.15	0.029644	1.364558		
126	REDUCCION 0.75" a 0.		12.70	0.50	0.22	0.15	0.015722	1.380280		
	26-27	0.65	12.70	0.50	0.03	0.15	0.106041	1.486321		
127	CORDO 90o		12.70	0.50	2.10	0.15	0.150075	1.636396	4.85	3.21 1.96
PERDIDAS DE ENERGIA ENTRE EL TIMACO Y EL M.C.							1.636 m			
125	TE 19-19-13 (PASO)		12.70	0.50	0.90	0.05	0.007146	1.342060		
	25-28	1.00	12.70	0.50	0.04	0.05	0.024718	1.366778		
128	CORDO 90o		12.70	0.50	2.10	0.05	0.016675	1.383453		
129	REDUCCION 0.50" a 0.40"		9.53	0.38	0.10	0.05	0.002510	1.385762		
	29-30	1.00	9.53	0.38	0.04	0.05	0.095674	1.481637		
130	CORDO 90o		9.53	0.38	2.40	0.05	0.060230	1.541867	4.50	2.96 1.92
PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TIMACO Y EL LAVABO							1.542 m			

TABLA 4.2.5

BISEÑO DE LA INSTALACION TIPO

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 1

No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O % ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)	k o f	GASTO (lit/seg)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	COTA PIEZOMET. (m)	CARGA DISP. (m)	RELACION CARGA/HF
1	ENTRADA		25.40	1.00	0.50	0.55	0.030025			
1-2		2.70	25.40	1.00	0.02	0.35	0.158296			
2	CORDO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075			
3	VALVULA DE CUPIERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.35	0.015012			
2-4		1.50	25.40	1.00	0.02	0.55	0.087942			
4	CORDO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075			
4-5		5.00	25.40	1.00	0.02	0.55	0.293142			
5	CORDO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075			
6	CORDO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075			
7	CORDO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075			
8	VALVULA DE CUPIERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.55	0.015012			
9	TUENGA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804			
10	MEDIDOR		25.40	1.00	0.90	0.55	0.054045			
11	TBERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804			
12	CORDO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075			
13	CORDO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075			
13-14		0.10	25.40	1.00	0.02	0.35	0.005063			
14	TE		25.40	1.00	2.50	0.15	0.011186			
15	REDUCCION 1" A 0.5"		12.70	0.50	0.37	0.15	0.026442			
15-16		1.00	12.70	0.50	0.03	0.15	0.163140			
16	CORDO 90o		12.70	0.50	2.00	0.15	0.142929		7.00	5.36 3.26

PERDIDA DE CARGA ENTRE EL TINACO Y LA TARJA

1.643 m

14	TE (PASO)		25.40	1.00	0.90	0.40	0.028586			
14-17		2.50	25.40	1.00	0.03	0.40	0.003838			
17	CRUZ		25.40	1.00	1.90	0.10	0.003772			
18	REDUCCION 1" a 0.75"		19.05	0.75	0.14	0.10	0.000878			
19	CORDO 90o		19.05	0.75	1.70	0.10	0.010666			
19-20		1.00	19.05	0.75	0.04	0.10	0.011924			
20	CORDO 90o		19.05	0.75	1.70	0.10	0.018666		7.00	5.55 3.63

PERDIDA DE CARGA ENTRE EL TINACO Y EL FREABEDRO

1.450 m

TABLA 4.2.5

DISEÑO DE LA INSTALACION TIPO										
CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES										
NIVEL 1										
No	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)	k o f	GASTO (lit/seg)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	COTA PIEZOMET. (m)	CARGA DISP. (m)	RELACION CARGA/HF
17	CRUI		25.40	1.00	1.90	0.003772	1.415665			
21	REDUCCION 1" a 0.5"		12.70	0.50	0.37	0.11752	1.427417			
22	DESG 90o		12.70	0.50	2.10	0.066700	1.494117			
22-23		1.90	12.70	0.50	0.03	0.153522	1.447639			
23	DESG 90o		12.70	0.50	2.10	0.066700	1.714339	6.10	4.39	2.56
PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y LA REGADERA							1.714 m			
17	CRUI		25.40	1.00	0.90	0.007144	1.419039			
24	REDUCCION 1" a 0.75"		19.05	0.75	0.14	0.003513	1.422533			
24-25		1.50	19.05	0.75	0.03	0.058932	1.481684			
25	TE 19-19-13		19.05	0.75	2.10	0.029644	1.511129			
26	REDUCCION 0.75" a 0.		12.70	0.50	0.22	0.015722	1.526851			
26-27		0.65	12.70	0.50	0.03	0.106441	1.632892			
27	DESG 90o		12.70	0.50	2.10	0.150975	1.782967	7.35	5.57	3.12
PERDIDAS DE ENERGIA ENTRE EL TINACO Y EL W.C.							1.783 m			
25	TE 19-19-13 (PASO)		12.70	0.50	0.90	0.007144	1.488631			
25-28		1.00	12.70	0.50	0.04	0.024718	1.513349			
28	DESG 90o		12.70	0.50	2.10	0.016675	1.530624			
29	REDUCCION 0.50" a 0.40"		9.53	0.38	0.10	0.002510	1.532533			
29-30		1.00	9.53	0.38	0.04	0.095674	1.628708			
30	DESG 90o		9.53	0.38	2.40	0.066230	1.688438	7.00	5.31	3.15
PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y EL LAVABO							1.688 m			

TABLA 4.2.6

DISEÑO DE LA INSTALACION TIPO

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 0

No.	ELEMENTO O TRAMO	LONGITUD O Z ABERTURA	DIAMETRO (mm)	t (pulg)	GASTO o f	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	COTA PIEZOMET. (m)	CAPSA RELACION DISP. (m)	RELACION CARGA/HF
1	ENTRADA		25.40	1.00	0.50	0.030025	0.030025			
1-2		2.70	25.40	1.00	0.02	0.55	0.158296	0.188321		
2	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	0.278396		
3	VALVULA DE COMPUERTA 2-4	100.00 1.50	25.40	1.00	0.25 0.02	0.55 0.55	0.015012 0.087942	0.293409 0.381351		
4	COBO 90o 4-5		25.40	1.00	1.50 0.02	0.55 0.55	0.090075 0.439712	0.471426 0.911138		
5	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.091213		
6	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.091288		
7	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.181362		
8	VALVULA DE COMPUERTA	100.00	25.40	1.00	0.25	0.55	0.015012	1.196375		
9	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	1.201179		
10	MEDIDOR		25.40	1.00	0.90	0.55	0.054045	1.255224		
11	TUERCA UNION		25.40	1.00	0.08	0.55	0.004804	1.260020		
12	COBO 90o		25.40	1.00	1.50	0.55	0.090075	1.350102		
13	COBO 90o 13-14		25.40	1.00	1.50 0.02	0.55 0.55	0.090075 0.005863	1.440177 1.446040		
14	TE	0.10	25.40	1.00	2.50	0.15	0.011166	1.457206		
15	REDUCCION 1" A 0.5"		12.70	0.50	0.37	0.15	0.026442	1.483648		
15-16		1.00	12.70	0.50	0.03	0.15	0.163140	1.646788		
16	COBO 90o		12.70	0.50	2.00	0.15	0.142929	1.789716	9.50	7.71 4.31

PERDIDA DE CARGA ENTRE EL TINACO Y LA TARJA

1.790 m

14	TE (PMSO)		25.40	1.00	0.90	0.40	0.028586	1.474626		
14-17		2.50	25.40	1.00	0.03	0.40	0.083828	1.558464		
17	CRUZ		25.40	1.00	1.90	0.10	0.003772	1.562735		
18	REDUCCION 1" a 0.75"		19.05	0.75	0.14	0.10	0.000878	1.563114		
19	COBO 90o		19.05	0.75	1.70	0.10	0.010666	1.573780		
19-20		1.00	19.05	0.75	0.04	0.10	0.011924	1.585703		
20	COBO 90o		19.05	0.75	1.70	0.10	0.010666	1.596369	9.50	7.90 4.95

PERDIDA DE CARGA ENTRE EL TINACO Y EL FREGADERO

1.596 m

TABLA 4.2.6

DISEÑO DE LA INSTALACION TIPO

CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y CADA UNO DE LOS MUEBLES

NIVEL 0

No.	ELEMENTO 0 TRAMO	LONGITUD 0 % ABERTURA	DIAMETRO (mm) (pulg)	k o f	GASTO (lt/seg)	PERDIDA DE CARGA (m)	PERDIDA DE CARGA ACUM. (m)	COTA PIEZOMET. (m)	CARGA RELACION DISP. (m)	CARGA/HF
117	CRUZ		25.40	1.00	1.90	0.10	0.003772	1.562235		
121	REDUCCION 1" a 0.5"		12.70	0.50	0.37	0.10	0.011752	1.573987		
122	CORDO 90o		12.70	0.50	2.10	0.10	0.066700	1.640887		
122-23		1.90	12.70	0.50	0.03	0.10	0.153522	1.794209		
123	CORDO 90o		12.70	0.50	2.10	0.10	0.066700	1.860909	0.60	6.74 3.62

PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y LA REGADERA

1.861 m

117	CRUZ		25.40	1.00	0.90	0.20	0.007146	1.565610		
124	REDUCCION 1" a 0.75"		19.05	0.75	0.14	0.20	0.003513	1.569124		
124-25		1.50	19.05	0.75	0.03	0.20	0.058932	1.628055		
125	TE 19-19-13		19.05	0.75	2.10	0.15	0.029644	1.657700		
126	REDUCCION 0.75" a 0.		12.70	0.50	0.22	0.15	0.015722	1.673422		
126-27		0.65	12.70	0.50	0.03	0.15	0.106041	1.779463		
127	CORDO 90o		12.70	0.50	2.10	0.15	0.150075	1.929537	9.85	7.92 4.10

PERDIDAS DE ENERGIA ENTRE EL TINACO Y EL W.C.

1.930 m

125	TE 19-19-13 (PASO)		12.70	0.50	0.90	0.05	0.007144	1.635202		
125-28		1.00	12.70	0.50	0.04	0.05	0.024718	1.659920		
128	CORDO 90o		12.70	0.50	2.10	0.05	0.016675	1.676395		
129	REDUCCION 0.50" a 0.40"		9.53	0.38	0.10	0.05	0.002510	1.679104		
129-30		1.00	9.53	0.38	0.04	0.05	0.095674	1.774779		
130	CORDO 90o		9.53	0.38	2.40	0.05	0.060230	1.835069	9.50	7.66 4.10

PERDIDAS DE CARGA ENTRE EL TINACO Y EL LAVABO

1.835 m

En las tablas mencionadas, el aumento en la elevación del tinaco se indica en el tramo 1-2, donde la nueva longitud del tramo es de 2.70 m.

Comparando los resultados obtenidos en el diseño de la instalación tipo con los obtenidos para el módulo experimental, se observa que la carga disponible aumenta para cada uno de los muebles de la instalación tipo.

El aumento de la carga disponible en cada uno de los muebles es debido a que se elevó el tinaco y a que el gasto de distribución es menor, ya que ésta se realiza con una línea independiente por cada nivel y no por edificio.

En el caso del nivel 2 existe una disminución de las pérdidas de carga de aproximadamente 6 cm y un aumento en la carga disponible alrededor de 1.20 m en cada uno de los muebles.

Mientras tanto, en los niveles 1 y 0 se observa un decremento de en la pérdida de carga de 15 cm en promedio en todos los muebles y un aumento en su respectiva carga disponible de aproximadamente 1.30 m.

Puede concluirse que es más eficiente el suministro independiente a cada uno de los niveles de la instalación y la reducción de los diámetros desde el tinaco hasta los muebles sanitarios, que el suministro desde el tinaco a toda la instalación y la posterior distribución del caudal a cada uno de los núcleos hidráulicos.

De esta manera se logra una distribución más eficiente y equitativa de los caudales, evitando la posibilidad de que los niveles más altos carezcan del servicio y de que los más bajos tengan disponibilidad de agua en exceso.

CONCLUSIONES.

Los altos costos de conducción y distribución del agua en la ciudad de México obligan a desarrollar la infraestructura e instalaciones hidráulicas que permitan su uso racional y eficiente.

Con esta finalidad, se revisan los principales criterios que rigen actualmente en el diseño de instalaciones hidráulicas, en particular de aquéllas que se aplican para la obtención del gasto y de la carga de operación.

Los métodos que se utilizan para definir los parámetros de funcionamiento en las instalaciones hidráulicas fueron desarrollados en el extranjero, por lo que generalmente no se adaptan a las condiciones técnicas y socioeconómicas de nuestro país, ya que proporcionan gastos mayores de los estrictamente necesarios para el funcionamiento eficiente de los muebles sanitarios.

Sin embargo, entre los métodos analizados se selecciona el criterio desarrollado por Roy B. Hunter, en el National Bureau of Standards, no sólo porque define un gasto de circulación menor al que aportan los otros criterios, con lo cual se apega a los requerimientos de uso eficiente de agua, sino también por los factores que involucra en su desarrollo, como son: la aplicación

del método sólo es válida en el caso de grandes grupos de muebles sanitarios, tales como los que se localizan en unidades plurifamiliares; considera además el número máximo probable de muebles que pueden operar simultáneamente, el tipo de mueble y de servicio que éste proporciona (ya sea público o privado), así como la forma de control que emplea (válvula, tanque, llave o mezcladora), la duración de cada uso por mueble y el tiempo entre usos sucesivos de cada mueble.

En cuanto al arreglo funcional de conjunto de la instalación, se identifican dos alternativas, de las cuales se desprenden seis alternativas básicas de arreglo. De éstas se derivan dieciséis combinaciones de acuerdo con la forma en que se alimenta la instalación hidráulica. Para la obtención de la alternativa con mejores perspectivas técnicas y económicas, se lleva a cabo una evaluación conceptual tomando en cuenta aspectos como la inversión inicial, la operación, la conservación, la distribución, el control del suministro y la optimización del uso del agua.

Se considera que la condición ideal para el suministro y distribución del agua en los módulos habitacionales es aquella en la cual la red exterior tiene capacidad de gasto y presión para abastecer directamente los núcleos de departamentos, asumiendo que en nuestro medio estas condiciones no se presentan todos los días del año. Por lo tanto, se desechan las alternativas en que la alimentación es directa de la toma a la red de distribución, ya que existe un alto riesgo de afectación del suministro y se carece de control en la distribución.

Considerando estas desventajas, se selecciona la alternativa en la cual se lleva a cabo la alimentación por medio de bombeo desde un almacenamiento bajo hasta un tanque alto, de donde se envía el caudal a la red de distribución del edificio.

Aunque esta alternativa presenta mayores requerimientos de instalaciones y equipo, tales como almacenamiento, bombeo y conducción, protecciones y control en el sistema de bombeo y en los almacenamientos, necesita de un menor número de interconexiones entre los componentes de la instalación. En cuanto a la operación, se requiere de un adecuado manejo y mantenimiento periódico de las instalaciones por parte de operarios calificados. Sin embargo, es la alternativa que ofrece el mejor servicio a los usuarios, ya que el riesgo de afectación en el suministro es mínimo, debido a que se ejerce un mayor control al poder almacenar el agua, ya sea en el almacenamiento bajo como en los tinacos; asimismo, existe una mayor eficiencia en la distribución, ya que se envía el caudal desde el tinaco hasta la red, aprovechando la carga en éste. El punto débil de esta alternativa es el deterioro de la calidad del agua en los almacenamientos, lo cual es un problema técnico solucionable a nivel colectivo.

Por las buenas perspectivas que ofrece el balance entre los distintos aspectos analizados, se lleva a cabo el proyecto de las instalaciones hidráulicas del módulo de pruebas con la planeación de esta alternativa.

Se llevan a cabo once pruebas en el módulo construido para llevar a cabo la experimentación. En cada una de ellas se efectúan las simulaciones necesarias para obtener resultados consistentes, es decir, casi constantes.

En cada prueba se realizan las simulaciones con la operación simultánea de un determinado número de muebles en la instalación, con el fin de reproducir el uso cotidiano de los servicios, estableciendo las alternativas extremas que consisten desde un mueble en operación hasta el número más alto probable.

A partir del procesamiento de resultados se definen la carga disponible en cada mueble y las pérdidas de carga reales entre el tinaco y el mueble.

Con el fin de evaluar el comportamiento real de la instalación, se calculan teóricamente las pérdidas de carga y la carga disponible por mueble para compararlas con las reales.

De acuerdo con los resultados registrados en las tablas, se puede observar que, con excepción de una prueba, se presentan pérdidas de carga reales superiores a las teóricas hasta 34 veces.

Tomando en consideración los valores de las cargas, esta diferencia se puede justificar por los errores propios de medición y porque las pérdidas de carga menores se calculan a partir de valores de k obtenidos de nomogramas empíricos que no necesariamente representan las condiciones reales de los accesorios empleados en el banco de pruebas.

Un ejemplo se presenta en el caso de la válvulas de compuerta completamente abiertas, en las cuales se calculan pérdidas de carga menores a 2 cm para gastos de aproximadamente 50 l/min, mismas que no pueden ser medidas físicamente en el banco por la naturaleza de los piezómetros.

Por otra parte, las pérdidas de carga mayores se calculan con la mayor precisión que permite la ecuación de Darcy-Weisbach, la cual también depende de las pruebas experimentales realizadas para la determinación de la rugosidad absoluta.

La diversidad de condiciones de rugosidad en los accesorios provocan pérdidas de carga reales muy superiores a las calculadas, ya que algunas piezas presentan defectos de fundición en su interior, lo que provoca que los coeficientes de pérdida reales sean muy distintos de los obtenidos en nomogramas empíricos.

Por lo tanto, para que las condiciones de diseño se apeguen al comportamiento real de las piezas especiales, es necesario que los fabricantes ejerzan un estricto control de calidad en todos los accesorios que producen, de manera que las características de éstos sean uniformes, para lo cual sería conveniente que llevaran a cabo pruebas experimentales para definir el comportamiento de sus productos y obtener sus diagramas o nomogramas de pérdida de carga.

Como ya se ha mencionado, las pérdidas de carga reales son muy superiores a las calculadas. Sin embargo, éstas son el resultado de una sumatoria de las pérdidas de varios elementos, lo cual impide establecer los casos en los que existe un incremento o un decremento de la pérdida real con respecto a la calculada.

Cabe recalcar que se reportan los resultados de las mediciones que se obtienen en simulaciones repetitivas realizadas bajo las mismas condiciones. Sin embargo, existen diferencias en las cargas de presión obtenidas en un mismo mueble hasta de un 50% en el caso de cargas comprendidas entre 2 y 50 cm, mientras que en cargas mayores a 60 cm la variación entre simulaciones es del 10 al 20%, aproximadamente. La carga disponible en el tinaco disminuye también progresivamente de acuerdo con el aumento en la demanda en la red.

Por esta razón se realizan varias simulaciones y se emplean los valores promedio para evaluar el comportamiento de la red.

Se observa en los resultados que arrojan las pruebas que el mejor funcionamiento de la instalación ocurre cuando sólo se encuentran en operación los muebles de un nivel, en particular cuando opera un mueble exclusivamente, ya que se registran cargas de presión mayores a 120 m en todos los muebles, obteniéndose la mínima en el mueble que se encuentra en operación. En el caso en que se encuentran tres muebles operando simultáneamente, las cargas varían entre 16 y 60 cm para todos los muebles, registrándose las mínimas en aquéllos que se encuentran en operación.

Por el contrario, cuando se encuentran en operación simultánea los muebles de dos o tres niveles, se observa que la distribución es muy deficiente sobre todo en el nivel 2, ya que aunque todas las válvulas se encuentran completamente abiertas, en este nivel se registran gastos nulos o menores a 1 L/min en los muebles que se encuentran en operación, mientras que las cargas de presión son nulas en todos los muebles. En el caso de los niveles inferiores, los muebles en operación registran gastos mayores a 8 L/min y todos los muebles del nivel presentan cargas de presión comprendidas entre 36 y 62 cm.

Antes de la realización de la prueba 10, se ensaya la combinación de 3 muebles en operación simultánea por cada nivel, es decir, 9 muebles en total. En estos ensayos previos se observa que no se registra ninguna carga de presión en los muebles del segundo nivel, ni se obtiene ningún gasto en los muebles aforados, a pesar de que todas las válvulas se encuentran completamente abiertas; por otro lado, en los niveles inferiores ocurre lo contrario, presentándose la condición extrema en la planta baja, donde el agua en todos los piezómetros desborda por las cargas excesivas que se presentan y los gastos son suficientes en los muebles en operación, excepto en las regaderas de cada nivel.

Por lo tanto, se decide ejercer un control en la abertura de las válvulas para lograr una distribución del caudal más uniforme. Se observa en la prueba 10 que al mantener abierta al 100% la válvula que controla el paso del agua al nivel 2 y parcialmente las válvulas correspondientes a los niveles 0 y 1, se logra obtener caudales en los 9 muebles en operación, los cuales disminuyen conforme se desciende en la instalación. Sin embargo, las cargas de presión son nulas en casi todos los muebles, en particular aquéllos que se encuentran en operación.

En la última prueba se trata de obtener cargas de presión en todos los muebles y de uniformizar los gastos en los tres niveles, de manera que los muebles similares tengan caudales casi iguales. Con esta finalidad se conservan completamente abiertas las válvulas de control de cada nivel y se reducen las aberturas en las válvulas correspondientes a los muebles que están en operación, excepto en las regaderas para poder obtener gasto y carga de presión en éstas. De esta manera, se registran cargas de presión en todos los muebles de la instalación, siendo éstas más uniformes en cuanto a la variación por nivel, en tanto que los gastos son muy parecidos entre muebles similares.

De acuerdo con estos resultados, se destacan dos aspectos:

- a) La reducción progresiva del diámetro en las tuberías dificulta el control del envío equitativo de caudales, principalmente entre diferentes niveles, por lo cual el gasto de circulación es mayor en los niveles inferiores al presentarse un diámetro más grande en el ramal principal que en el correspondiente a cada nivel.
- b) No se tiene ningún control sobre la magnitud de los caudales que se requieren en rigor, por núcleo y por mueble.

Por lo tanto, se concluye que es más eficiente la distribución independiente por niveles que por edificio y la reducción de los diámetros desde el tanque hasta los muebles sanitarios, de tal manera que se controla a través de la propia red.

Otra opción es la colocación de dispositivos ahorradores de agua en la propia instalación hidráulica que no sean fácilmente reajustables o removibles, con el fin de impedir que los usuarios que se encuentran en los niveles inferiores puedan modificar la instalación hidráulica para obtener mayores caudales, provocando la carencia de agua en los niveles más altos.

Igualmente, es necesario que los muebles de llave sean instrumentados con ahorradores y los de tanque con cajas de volumen restringido.

Sin embargo, una solución al problema sería la de establecer los gastos de agua requeridos para cada mueble sanitario desde el punto de vista de uso eficiente del agua, por lo que se requiere llevar a cabo una serie de pruebas con los distintos muebles sanitarios para poder definir el caudal con el cual pueden operar y ofrecer un servicio eficiente.

En cuanto a la calidad del agua que se suministra, el empleo difundido de cisternas y tinacos propicia el deterioro de la calidad del agua, la cual pierde en ocasiones su grado de potabilidad al ser mal manejada en las instalaciones. Sin embargo, los almacenamientos forman en general parte de las instalaciones, por lo que es necesario optar por el reemplazo continuo del líquido y de proporcionar mantenimiento periódico a estas instalaciones, ya que fácilmente pueden introducirse en ellas contaminantes atmosféricos y diferentes organismos.

REFERENCIAS

1. Comisión Federal de Electricidad, "Manual de Diseño de Obras Civiles. Hidrotecnia. Hidráulica. A.2.3. Conducciones a Presión."; México, 1981.
2. Fair, G. M.; Geyer, J. G. y Okun, D. A.; "Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Volumen 1. Abastecimiento de Agua y Remoción de Aguas Residuales"; Editorial Limusa; México, 1980.
3. Roberson y Crowe; "Mecánica de Fluidos"; Editorial Interamericana, México, 1984.
4. Sotelo, Gilberto; "Hidráulica General. Volumen 1. Fundamentos"; Editorial Limusa, México, 1974.
5. Steel, E. W. y McGhee, T. J.; "Water Supply and Sewerage"; 5a. edición; McGraw - Hill International Book Company, E.U.A., 1979.