



**nacobre®**



**Manual Técnico de Cobre**

**Productos Nacobre S.A. de C.V.**



**Manual  
Técnico Nacobre**

# INDICE GENERAL

	Página
<b>1. Capítulo 1</b>	
1.1. Introducción	1
1.1.1. Tuberías de cobre	1
1.2. Historia de la empresa	1
<b>2. Capítulo 2</b>	
2.1. Tuberías de temple rígido	2
2.1.1. Tubería tipo "M"	2
2.1.2. Tubería tipo "L"	3
2.1.3. Tubería tipo "K"	4
2.2. Características y ventajas de las tuberías de cobre de temple rígido	5
2.3. Sistemas de unión para tubería de cobre temple rígido	5
2.3.1. Conexiones de bronce	6
2.3.2. Conexiones de latón	6
2.4. Proceso de unión por soldadura capilar para tuberías de cobre temple rígido	7
2.4.1. Material necesario para realizar una unión de tubería de cobre y conexiones soldables	7
2.4.2. Pasos a seguir para realizar una unión con soldadura capilar	9
2.4.3. Proceso de soldadura paso a paso	10
2.5. Conexiones Soldables	11
2.5.1. Conexiones de cobre	11
2.5.2. Conexiones de Latón Forjado	15
<b>3. Capítulo 3</b>	
3.1. Tuberías de temple flexible	20
3.1.1. Tubería tipo "L" flexible	20
3.1.2. Tubería para gas tipo "Usos Generales"	21
3.2. Características y ventajas de las tuberías de cobre temple flexible	22
3.3. Sistemas de unión para tuberías de cobre temple flexible	22
3.4. Procesos de unión para tubería de cobre de temple flexible con el sistema de abocinado a 45° (flare 45°)	24
3.4.1. Proceso de abocinado a 45°, paso a paso	24
3.4.2. Pasos a seguir para realizar una unión con abocinado a 45°	25
3.5. Procesos de unión para tubería de cobre de temple flexible con el sistema de compresión con arandela de latón o de neopreno	26
3.5.1. Proceso de compresión, paso a paso	26

	Página
3.6. Características y ventajas de las uniones de abocinado a 45° (flare 45°) y compresión	26
3.7. Conexiones Abocinado a 45° (flare 45°)	27
3.7.1. Conexiones de latón para gas	27
<b>4    Capítulo 4</b>	
4.1. Herramientas	30
4.1.1. Soplete	30
4.1.1.1. ¿Cuál es el calor necesario para soldar con soplete?	30
4.1.2. Cortatubos	31
4.1.2.1. Manejo del cortatubos	32
4.1.3. Rimadores	32
4.1.4. Abocinador	32
4.1.5. Herramientas de suajar	33
4.1.5.1. Manejo del suajador	33
4.1.6. Dobladores	34
<b>5    Capítulo 5</b>	
5.1. Soldaduras y fundentes	35
5.1.1. Soldaduras blandas	35
5.1.1.1. Soldadura 40:60	35
5.1.1.2. Soldadura 50:50	36
5.1.1.3. Soldadura 95:5	36
5.1.1.4. Fundente	36
5.1.2. Soldaduras fuertes	38
5.1.2.1. UTP 37	38
5.1.2.2. UTP 35	38
5.1.2.3. UTP 07	39
5.1.2.4. Eutrecrod 180	39
5.1.2.5. Aga fosco 750	39
5.1.2.6. Oxi weld 280	39
5.1.2.7. Oxi weld 280 Ag	39
5.1.3. Resistencia de la unión soldada	39
5.1.4. Importancia de la limpieza en las uniones soldadas	40
5.1.5. Cantidad de soldadura en las uniones	41
<b>6    Capítulo 6</b>	
6.1. Corrosión	42
6.2. Tipos de corrosión	43
6.2.1. Corrosión aérea	43
6.2.2. Corrosión terrestre	43
6.2.2.1. Propiedades físicas del suelo que influyen en la corrosión	43
6.2.2.2. Propiedades químicas del suelo que influyen en la corrosión	43
6.2.3. Recomendaciones para evitar la corrosión química	44

	Página
6.2.4. Corrosión – erosión o corrosión por choque	44
6.3. Corrosión microbológica de las tuberías de cobre	45
6.4. Corrosión por electrólisis de corrientes derivadas	46
<b>7 Capítulo 7</b>	
7.1. Dilatación térmica	47
7.2. Colocación de las tuberías de cobre	47
7.2.1. Soportes para las tuberías de cobre	48
7.2.1.1. Caso de una instalación para agua caliente realizada con tubo de cobre no empotrado	49
7.2.1.2. Caso de una instalación para agua caliente empotrada	50
7.3. Curvas de dilatación	52
7.3.1. Valores mínimos de Lo y lo en función del diámetro del tubo para las liras de dilatación	53
<b>8 Capítulo 8</b>	
8.1. Prefabricación	54
8.1.1. Estudios de gabinete	54
8.1.2. Habilitación en taller	55
8.1.3. Montaje en obra	55
8.2. Desarrollo de prefabricación de un prototipo, presentando a manera de ejemplo, para demostrar la eficiencia de las tuberías de cobre en este sistema	56
<b>9 Capítulo 9</b>	
9.1. Usos y aplicaciones de la tubería de cobre	60
9.1.1. Tipos de flujo	60
9.1.2. Colocación	60
9.2. Redes de alimentación de agua potable	61
9.2.1. Tomas domiciliarias	61
9.2.2. Líneas de agua fría	61
9.2.3. Líneas de agua caliente	62
9.2.4. Líneas de retorno de agua caliente	62
9.3. Redes sanitarias	62
9.3.1. Tuberías de desagüe	62
9.3.2. Tuberías de ventilación	63
9.4. Redes de aprovechamiento del gas L. P. y natural	63
9.4.1. Líneas de servicio	63
9.4.2. Líneas de llenado	63
9.4.3. Líneas de retorno de vapor	64

	Página
9.5. Aprovechamiento de la energía solar	64
9.5.1. Colectores solares	64
<b>10 Capítulo 10</b>	
10.1. Instalaciones Hidráulicas	67
10.1.1. Aparatos	67
10.1.2. Dotaciones de agua potable	68
10.2. Justificación de reducción de diámetros. Método de suministro de agua a presión	69
10.2.1. Método de cálculo	69
10.2.2. Fórmulas usadas	73
10.3. Factores de costo en una instalación hidráulica con tubería de cobre	77
10.4. Simbología de instalaciones hidráulicas	77
10.4.1. Claves para la interpretación de proyectos de instalaciones hidráulicas	78
<b>11 Capítulo 11</b>	
11.1. Instalaciones de gas	79
11.1.1. Líneas de servicio	79
11.1.2. Líneas de llenado	79
11.1.3. Líneas de retorno de vapores	79
11.2. Desarrollo de la fórmula del Dr. Pole y obtención del factor " $f$ " para tuberías de cobre	79
11.2.1. Fórmula del Dr. Pole	79
11.2.2. Factor " $f$ "	80
11.3. Consumo de los aparatos según su tipo en gas L. P.	82
11.4. Cálculo de diámetros y caídas de presión	82
11.4.1. Cálculo para tuberías de cobre en instalaciones de gas L. P.; en baja presión	82
11.5. Tuberías de llenado y retorno de vapores	86
11.6. De los aparatos de consumo	91
11.7. Factores del costo de una instalación de gas	93
11.8. Simbología para planos de instalaciones de gas	94
<b>12 Capítulo 12</b>	
12.1. Tomas domiciliarias. Empleo específico de tuberías de cobre tipo "L" flexibles	96
12.1.1. Propiedades del agua	96

	Página
12.1.2. Suministro de agua potable	96
12.1.3. Factores de selección	97
12.1.3.1. Resistencia mecánica	97
12.1.3.2. Resistencia a la ruptura por presión interna	97
12.1.3.3. Resistencia a la congelación	98
12.1.3.4. Resistencia del tubo de cobre a las fuerzas externas	98
12.1.3.5. Resistencia del tubo de cobre a la corrosión	99
12.1.3.6. Resistencia a la corrosión interna	100
12.1.3.7. Capacidad de flujo	101
12.1.3.8. Flexibilidad del tubo de cobre	102
12.1.3.9. Instalación del tubo flexible	103
12.2. Observaciones y recomendaciones a tener en cuenta al colocar las tomas domiciliarias con tubería de cobre tipo "L"	103
<b>I</b> <b>Anexo I</b>	
I.1.    El cobre y la salud humana	107
<b>II</b> <b>Anexo II</b>	
II.1.    Guía para el dibujo isométrico de instalaciones con tubería de cobre	110
II.1.1. Vista en planta y en isométrico de tuberías y juegos de conexiones	110

## 1.1. Introducción

**Nacobre** presenta este manual a todas aquellas personas relacionadas con la realización de las instalaciones hidráulicas y de gas, dentro de la construcción, tratando de que sea una guía de consulta práctica para resolver los problemas inherentes de este oficio.

Los capítulos aquí presentados abarcan cuatro aspectos importantes del tema: el conocimiento de los tipos de tuberías de cobre fabricados; sus sistemas de unión y el herramental adecuado; características a considerar de acuerdo a la naturaleza del cobre; y por último sus usos y aplicaciones.

El conocimiento que con esto se obtenga, creemos ayude a solucionar los aspectos básicos de las instalaciones mencionadas. En casos más complejos les sugerimos se dirijan a nuestras oficinas, en donde pondremos a su disposición personal altamente calificado.

### 1.1.1. Tuberías de cobre

Las tuberías de cobre al ser fabricadas por extrusión y estiradas en frío tienen características y ventajas sobre otro tipo de materiales que las hacen altamente competitivas en el mercado.

Su fabricación por extrusión que permite tubos de una sola pieza, sin costura y de paredes lisas y tersas, asegura la resistencia a la presión de manera uniforme y un mínimo de pérdidas de presión por fricción en la conducción de fluidos.

Sus dos temple en los tipos normales de fabricación, rígido y flexible, dan al usuario una mayor gama de usos que otras tuberías que se fabrican en un solo temple.

Su fabricación en aleación 122 "Cobre Fosforado" exenta de oxígeno, permite tuberías de pared consistente y delgada.

Los seis tipos de tubería fabricados en diámetros desde 1/4" a 4" dan una amplia gama de posibilidades de uso, adecuándose a cada caso específico.

## 1.2. Historia de la empresa

**Industrias Nacobre, S. A. de C. V.** es la más importante corporación industrial de América Latina, dedicada a la investigación, desarrollo y fabricación de productos primarios de cobre y sus aleaciones; tuberías y conexiones de PVC; y lámina y perfiles de aluminio.

## 2

## CAPÍTULO

## 2.1. Tuberías de temple rígido

Las tuberías rígidas de cobre tienen la característica de ser ideales en la conducción de fluidos en las instalaciones fijas; se fabrican 4 tipos, que nos ofrecen una gama de servicios que van desde las redes de drenaje o ventilación hasta redes de tipo industrial que conduzcan líquidos o gases a temperaturas y presiones considerablemente elevadas.

A continuación se describen cada uno de los cuatro tipos :

## 2.1.1. Tubería tipo "M"

Se fabrica para ser usada en instalaciones hidráulicas de agua fría y caliente para casas habitación y edificios, en general en donde las presiones de servicio sean bajas.

Característica	Tubería Tipo "M"
Temple	Rígido
Color de identificación	Rojo
Grabado (bajo relieve)	Sí
Longitud del tramo	6.10 m
Diámetros	1/4" a 4"

## Tubería de cobre de temple rígido Tipo "M"

Medida Nominal	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Espesor de Pared	Peso	Peso por tramo	Presión Máxima	Presión Constante	Flujo
Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Lb/pie kg/m	libras kilogramos	PSI kg/cm <sup>2</sup>	PSI kg/cm <sup>2</sup>	G. P. M. L. P. M.
1/4"	0.375"	0.325"	0.025"	0.107	2.132	6,133	1,226	
6.35 mm	9.525	8.255	0.635	0.159	0.968	431.15	86.18	
3/8"	0.500"	0.450"	0.025"	0.145	2.903	4,500	900	2.247
9.50 mm	12.700	11.430	0.635	0.216	1.318	316.35	63.27	8.507
1/2"	0.625"	0.569"	0.028"	0.204	4.083	4,032	806	4.064
12.7 mm	15.875	14.453	0.711	0.304	1.854	283.45	56.66	15.382
3/4"	0.875"	0.811"	0.032"	0.328	6.566	3,291	658	10.656
19 mm	22.225	20.599	0.812	0.488	2.981	231.35	46.25	40.333
1"	1.125"	1.055"	0.035"	0.465	9.310	2,800	560	21.970
25 mm	28.575	26.767	0.889	0.693	4.227	196.84	39.36	83.180
1 1/4"	1.375"	1.291"	0.042"	0.683	13.656	2,749	550	39.255
32 mm	34.925	32.791	1.067	1.016	6.200	193.25	38.66	148.580
1 1/2"	1.625"	1.527"	0.049"	0.941	18.821	2,713	542	62.335
38 mm	41.275	38.785	1.245	1.400	8.545	190.72	38.10	235.940
2"	2.125"	2.009"	0.058"	1.461	29.233	2,470	491	131.000
51 mm	53.975	51.029	1.473	2.176	13.272	173.65	34.51	495.860
2 1/2"	2.625"	2.495"	0.065"	2.032	40.647	2,228	445	231.461
64 mm	66.675	63.373	1.651	3.025	18.454	156.62	31.28	876.010
3"	3.125"	2.981"	0.072"	2.683	53.663	2,073	414	375.189
76 mm	79.375	75.718	1.889	3.994	24.363	145.73	29.10	1,420.09
4"	4.125"	3.935"	0.095"	4.665	93.310	2,072	414	799.395
102 mm	104.775	99.949	2.413	6.945	42.363	145.65	29.10	3,025.71

### 2.1.2. Tubería tipo "L"

Es un tipo de tubería a usarse en instalaciones hidráulicas en condiciones severas de servicio y seguridad que la tipo "M"; ejemplo: en instalaciones de gases medicinales y combustibles, vapor, aire comprimido, en calefacción, refrigeración, tomas de agua domiciliarias, etc.

Nota: Flujo obtenido con una presión de 10PSI., en una longitud de 25mts.

Característica	Tubería Tipo "L"
Temple	Rígido
Color de identificación	Azul
Grabado (bajo relieve)	Sí
Longitud del tramo	6.10 m
Diámetros	1/4" a 4"

#### Tubería de cobre de temple rígido Tipo "L"

Medida Nominal	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Espesor de Pared	Peso	Peso por tramo	Presión Máxima	Presión Constante	Flujo
Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Lb/pie kg/m	libras kilogramos	PSI kg/cm <sup>2</sup>	PSI kg/cm <sup>2</sup>	G. P. M. L. P. M.
1/4"	0.375"	0.315"	0.030"	0.126	2.524	7,200	1,440	
6.35 mm	9.525	8.001	0.762	0.187	1.146	506.16	101.23	
3/8"	0.500"	0.430"	0.035"	0.198	3.965	6,300	1,260	1.873
9.50 mm	12.700	10.922	0.889	0.295	1.800	442.89	88.57	7.089
1/2"	0.625"	0.545"	0.040"	0.285	5.705	5,760	1,152	3.656
12.7 mm	15.875	13.843	1.016	0.424	2.590	404.92	80.98	13.493
3/4"	0.875"	0.785"	0.045"	0.455	9.110	4,632	926	9.600
19 mm	22.225	19.939	1.143	0.678	4.136	325.62	65.09	36.336
1"	1.125"	1.025"	0.050"	0.655	13.114	4,000	800	19.799
25 mm	28.575	26.035	1.270	0.976	5.954	281.20	56.24	74.94
1 1/4"	1.375"	1.265"	0.055"	0.885	17.700	3,600	720	35.048
32 mm	34.925	32.131	1.397	1.317	8.036	253.08	50.61	132.660
1 1/2"	1.625"	1.505"	0.060"	1.143	22.826	3,323	664	56.158
38 mm	41.275	38.227	1.524	1.698	10.363	233.60	46.67	212.560
2"	2.125"	1.985"	0.070"	1.752	35.042	2,965	593	119.099
51 mm	53.975	50.419	1.778	2.608	15.909	208.43	41.68	450.790
2 1/2"	2.625"	2.465"	0.080"	2.483	49.658	2,742	548	214.298
64 mm	66.675	62.611	2.032	3.695	22.545	192.76	38.52	811.120
3"	3.125"	2.945"	0.090"	3.332	66.645	2,592	518	347.397
76 mm	79.375	74.803	2.286	4.962	30.257	182.21	36.41	1,314.90
4"	4.125"	3.905"	0.110"	5.386	107.729	2,400	480	747.627
102 mm	104.775	99.187	2.794	8.017	48.909	168.72	33.74	2,829.77

### 2.1.3. Tubería tipo "K"

Es la denominación para las tuberías que por sus características se recomienda usar en instalaciones de tipo industrial, conduciendo líquidos y gases en condiciones más severas de presión y temperatura.

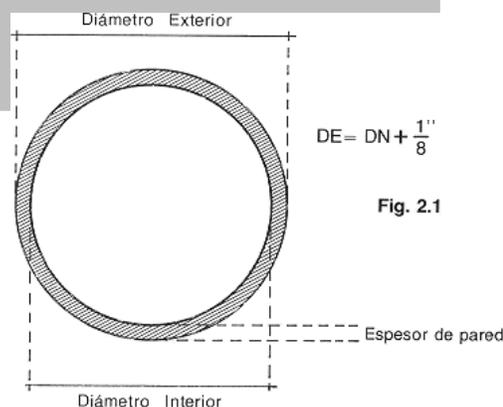
Característica	Tubería Tipo "K"
Temple	Rígido
Color de identificación	Verde
Grabado (bajo relieve)	Sí
Longitud del tramo	6.10 m
Diámetros	3/8" a 2"

#### Tubería de cobre de temple rígido Tipo "K"

Medida Nominal	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Espesor de Pared	Peso	Peso por tramo	Presión Máxima	Presión Constante	Flujo
Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Lb/pie kg/m	libras kilogramos	PSI kg/cm <sup>2</sup>	PSI kg/cm <sup>2</sup>	G. P. M. L. P. M.
3/8"	0.500"	0.402"	0.049"	0.269	5.385	8,820	1,760	1.754
9.50 mm	12.700	10.210	1.245	0.400	2.445	620.04	124.00	6.640
1/2"	0.625"	0.527"	0.049"	0.344	6.890	7,056	1,411	3.304
12.7 mm	15.875	13.385	1.245	0.512	3.128	496.03	99.19	12.507
3/4"	0.875"	0.745"	0.065"	0.640	12.813	6,685	1,337	8.611
19 mm	22.225	18.923	1.651	0.954	5.817	469.95	93.99	32.594
1"	1.125"	0.995"	0.065"	0.840	16.799	5,200	1,040	19.826
25 mm	28.575	25.273	1.651	1.250	7.627	209.00	73.11	75.042
1 1/4"	1.375"	1.245"	0.065"	1.041	20.824	4,260	852	34.940
32 mm	34.925	31.623	1.651	1.549	9.454	299.47	59.89	132.270
1 1/2"	1.625"	1.481"	0.072"	1.361	27.231	3,988	797	56.074
38 mm	41.275	37.617	1.829	2.026	12.363	280.35	56.02	212.240
2"	2.125"	1.959"	0.083"	2.062	41.249	3,515	703	120.158
51 mm	53.975	49.759	2.108	3.070	18.727	247.10	49.42	454.800

Los diámetros de las tuberías rígidas son nominales (de nombre), para conocer el diámetro exterior correspondiente se debe aumentar 1/8" al diámetro nominal, y si se quiere conocer el diámetro interior, bastará con restar 2 veces el espesor de pared correspondiente (Fig. 2.1.).

Las presiones máximas dadas, son las que soporta cada una de las tuberías, recomendándose no llegar nunca a éstas. Las presiones constantes de trabajo son las recomendadas a utilizar en la instalación durante toda la vida útil, esta presión es cinco veces menor que la máxima, para dar seguridad y duración en el servicio.



## 2.2. Características y ventajas de las tuberías de cobre de temple rígido

Las tuberías de cobre y sus uso en las instalaciones hidrosanitarias presenta las siguientes características :

- A. **Resistencia a la corrosión** : presenta un excelente comportamiento frente a la totalidad de los materiales de construcción y de los fluidos a transportar, asegurando así una larga vida útil a la instalación.
- B. **Se fabrica sin costura** : por lo cual resiste sin dificultad las presiones internas de trabajo, permitiendo el uso de tubos de pared delgada e instalándose en espacios reducidos.
- C. **Continuidad de flujo** : debido a que su interior es liso y terso admite un mínimo de pérdidas por fricción al paso de los fluidos a conducir, manteniendo los flujos constantes.
- D. **Facilidad de unión** : los sistemas de soldadura capilar, y el de compresión, permiten efectuar con rapidez y seguridad las uniones de la tubería.
- E. La sencillez del proceso para cortar el tubo y ejecutar las uniones, así como la ligereza del material, permiten la prefabricación de gran parte de las instalaciones, obteniéndose rapidez y calidad en el trabajo, así como mayor control de los materiales pudiendo reducir los costos.

Por lo tanto, cuando se hacen evaluaciones se concluye que las instalaciones con tubería de cobre son mucho más económicas que con cualquier otro tipo de tubería, brindando mayor seguridad y confort al usuario.

## 2.3. Sistemas de unión para tubería de cobre de temple rígido

Una de las principales ventajas que nos ofrecen las tuberías de cobre de temple rígido es precisamente su sistema de unión por medio de conexiones soldables ; dicho sistema, elimina el uso de complicadas herramientas, así como de esfuerzos inútiles y demoras innecesarias, haciendo más redituable el empleo de la mano de obra, la soldadura por capilaridad representa ventajas inigualables al ofrecer el medio más rápido en las uniones de las instalaciones.

Actualmente se cuenta en México con la tecnología y la maquinaria adecuada para producir conexiones soldables, dichas piezas son manufacturadas de manera tal que permiten, una vez ensambladas tener un juego de muy pocas milésimas, justamente lo necesario para realizar el proceso de soldadura capilar. Cabe mencionar que todas las conexiones cuentan en su interior con un tope o asiento, que permite introducir el extremo de la tubería de cobre hasta él, no dejando ningún espacio muerto que pudiera crear turbulencias en los fluidos a conducir ; además, todas las conexiones soldables vienen grabadas en los extremos con el logotipo del fabricante, lo que facilita su identificación.

Es necesario explicar brevemente la fabricación de las conexiones soldables, de acuerdo al material con que estén elaboradas, como son : **cobre, bronce y latón.**

En la fabricación de codos de cobre se emplea una maquinaria que realiza con extrema rapidez dos operaciones simultáneas, dobla la tubería de temple especial a 90° o 45° según sea el ángulo requerido y corta longitudes adecuadas de acuerdo al diámetro del tubo, en el paso siguiente en otra máquina los extremos de los codos son ensanchados al diámetro deseado quedando lista la pieza para recibir los extremos del tubo al que conectarán. Estas conexiones son las más recomendables, puesto que están fabricadas con el mismo metal de las tuberías presentando las mismas carac-

terísticas de éstas, la gama de conexiones de cobre es tan grande, ya que se fabrican; codos, té, coples, reducciones bushing y campana, tapones, etc.

### 2.3.1. Conexiones de Bronce

La materia prima empleada en este tipo de conexiones es una aleación de cobre, zinc, estaño y plomo en proporciones técnicas adecuadas al trabajo mecánico que se realizará, mismo que mediante un proceso de fundición se vacía en moldes de arena con la forma de la conexión deseada; posteriormente se maquinan los extremos para darles las dimensiones finales de acabado.

Estas conexiones son fáciles de identificar por tener la superficie exterior rugosa; se fabrican conexiones soldables y roscables en uno de sus extremos y existen en todas las formas siguientes: codos, té, coples, reducciones, yes, tapones, conectores, tuercas unión, etc.

### 2.3.2. Conexiones de Latón

Son fabricadas de aleación cobre - zinc, que mediante un calentamiento a la temperatura plástica de dicho material se efectúa el forjado de la pieza a fabricar; el siguiente paso es el troquelado y maquinado de la conexión; es decir, la formación de roscas y refinación de estas ya que las conexiones de latón por lo regular son para unir una pieza roscable a una tubería de cobre. No hay mayor problema para identificarlas, puesto que su color amarillo brillante es característico, aunque también pueden ser cobrizadas.

Todos estos tipos de conexiones se encuentran a la venta en el mercado y para nombrarlas existe una manera comercial de leerlas, dependiendo de sus diámetros nominales y de su tipo; normalmente una conexión que tiene el mismo diámetro en sus extremos, se nombra por la medida nominal y para el caso de conexiones con rosca, se debe indicar claramente el lado roscable, así como el tipo de rosca ya sea interior o exterior.

Comercialmente una conexión soldable y roscable a la vez, se identifica nombrando primero la unión soldable (unión a cobre) y posteriormente la unión roscable. (R. I. o R. E.) (Fig. 2.2.)

#### Conexión Soldable - Roscable

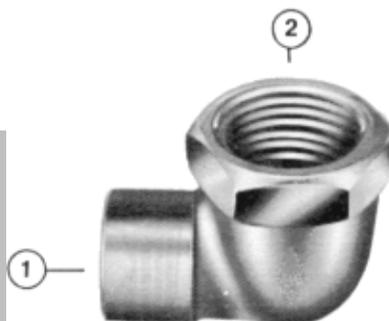


Fig. 2.2

Para las conexiones soldables con reducción, se da primero el diámetro mayor y luego el diámetro menor, esto es para el caso de coples reducidos, codos reducidos, etc.

En las té con reducción, se considera para su identificación lo siguiente: tomando en cuenta que tiene dos lados en línea recta se nombra primero el de mayor diámetro, luego el extremo opuesto y al último el diámetro del centro (Fig. 2.3.)

#### Conexión soldable con reducción

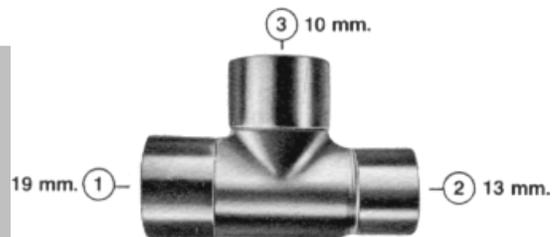


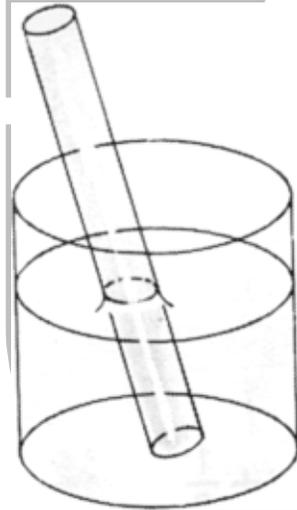
Fig. 2.3

## 2.4. Proceso de unión por soldadura capilar para tuberías de cobre temple rígido.

La unión de tubería de cobre y conexiones soldables es por medio de "SOLDADURA CAPILAR", basada en el fenómeno físico de la capilaridad que consiste en lo siguiente: cualquier líquido que moje a un cuerpo sólido tiende a deslizarse por la superficie de este, independientemente de la posición en que se encuentre.

Esto lo podemos comprobar si introducimos un tubo de vidrio de diámetro pequeño en un vaso con agua, el líquido subirá de nivel en el interior del tubo un poco más que el nivel de agua en el vaso. (Fig. 2.4.)

**Fig. 2.4. Fenómeno de capilaridad**



Este mismo fenómeno lo podemos observar cuando realizamos una soldadura. Al calentar el tubo y la conexión obtenemos la temperatura de fusión donde la soldadura llega al estado líquido y correrá por el espacio capilar que forman el tubo y la conexión, cualquiera que sea la posición de ellos.

### 2.4.1. Material necesario para realizar una unión de tubería de cobre y conexiones soldables

1. Corta tubos o segueta de 32 dientes por pulgada (diente fino).

**Fig. 2.5. Cortatubos**



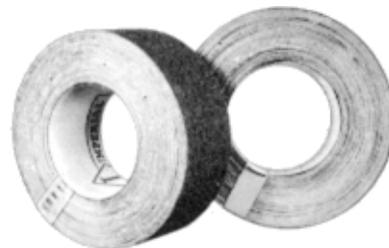
2. Rimador o lima de media caña

**Fig. 2.6. Rimador**



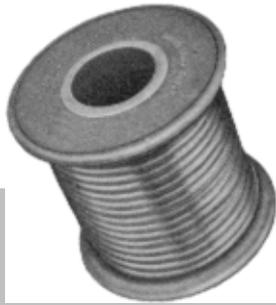
3. Lija de esmeril de grano fino o lana de acero fina

**Fig. 2.7. Lija**



4. Soldadura

**Fig. 2.8. Soldadura**



5. Pasta fundente

**Fig. 2.9. Pasta fundente**



6. Soplete

**Fig. 2.10. Soplete**



### 2.4.2. Pasos a seguir para realizar una unión con soldadura capilar

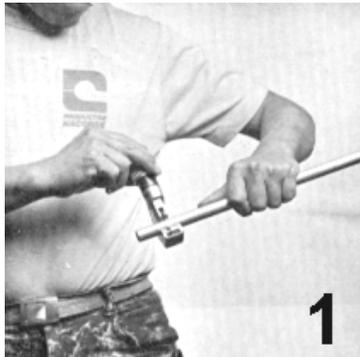


Fig. 2.11 Corte del tubo

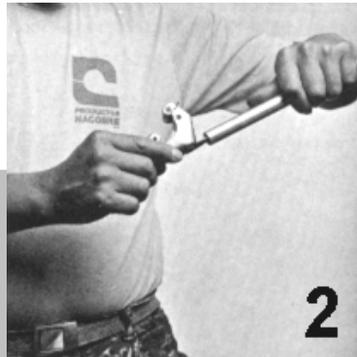


Fig. 2.12. Rimado



Fig. 2.13. Limpieza exterior del tubo e interior de la conexión

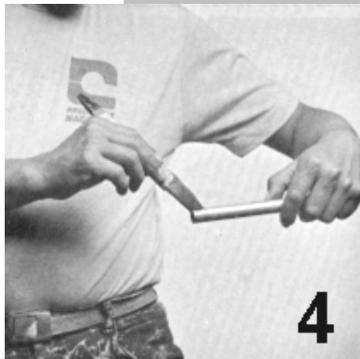


Fig. 2.14. Aplicación de pasta fundente



Fig. 2.15. Ensamblado de la pieza



Fig. 2.16. Ensamblado de la pieza

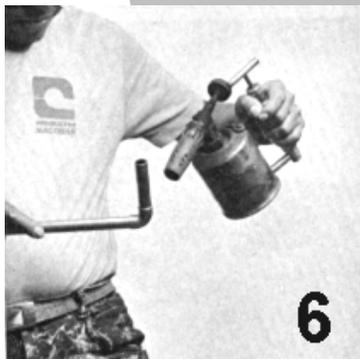


Fig. 2.16. Aplicación de calor



Fig. 2.17. Aplicación de soldadura



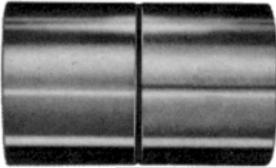
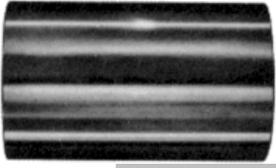
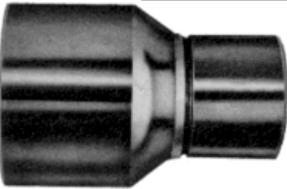
Fig. 2.18. Limpieza de la unión

### **2.4.3. Proceso de soldadura paso a paso**

1. Cortar con el cortatubos o con la segueta de diente fino. En caso de usar el segundo, emplear una guía para obtener un corte a escuadra, y de esta manera se logrará tener asiento perfecto entre el extremo del tubo y el anillo o tope que tiene la conexión en su interior evitando las fugas de soldadura.
2. Limpiar la rebaba que se haya formado al realizar el corte, esto se logra por medio del rimador o la lima de media caña. El cortatubos va provisto de una cuchilla triangular en su parte trasera que sirve para rimar el tubo, es decir quitar la rebaba.
3. Limpiar perfectamente el interior de la conexión y el exterior del tubo, con lana de acero o lija de esmeril.
4. Aplicar una capa delgada y uniforme de pasta fundente en el exterior del tubo, esto se hace con un cepillo o brocha, **NUNCA CON LOS DEDOS**.
5. Introducir el tubo en la conexión hasta el tope, girando a uno y otro lado para que la pasta se distribuya uniformemente.
6. Aplicar la flama del soplete en la unión, tratando de realizar un calentamiento uniforme ; si es necesario, girar el soplete lentamente alrededor de la unión y probando con la punta del cordón de soldadura la temperatura de fusión, después retirar la flama cuando se coloque el cordón y viceversa.
7. Cuando se llegue a la temperatura de fusión de la soldadura, ésta pasará al estado líquido que fluirá por el espacio capilar ; cuando este se encuentre ocupado por la soldadura, se formará un anillo alrededor de la conexión lográndose soldar perfectamente.
8. Finalmente quitar el exceso de soldadura con estopa seca, haciendo esta operación únicamente rozando las piezas unidas, es decir sin provocar ningún movimiento en éstas, que de hacerlo podrían fracturar la soldadura que está solidificando.

## 2.5. Conexiones Soldables

### 2.5.1. Conexiones de Cobre

	Número de catálogo	Medida en pulgadas	Medida en milímetros	Piezas por bolsa	Bolsas por caja
<b>100 COPLE CON RANURA</b>					
<b>Cobre a Cobre</b>					
	100-10	3/8	10	200	
	100-13	1/2	13	200	12
	100-19	3/4	19	100	8
	100-25	1	25	50	8
	100-32	1 1/2	32	25	12
	100-38	1 1/4	38	20	12
	100-51	2	51	10	10
<b>101 COPLE SIN RANURA (CORRIDO)</b>					
<b>Cobre a Cobre</b>					
	101-10	3/8	10	200	
	101-13	1/2	13	200	12
	101-19	3/4	19	100	10
	101-25	1	25	50	10
	101-32	1 1/2	32	25	12
	101-38	1 1/4	38	20	12
	101-51	2	51	10	9
<b>101-R COPLE REDUCCIÓN CAMPANA</b>					
<b>Cobre a Cobre</b>					
	101-R-1310	1/2 x 3/8	13 x 10	200	
	101-R-1910	3/4 x 3/8	19 x 10	100	12
	101-R-1913	3/4 x 1/2	19 x 13	100	12
	101-R-2513	1 x 1/2	25 x 13	50	12
	101-R-2519	1 x 3/4	25 x 19	50	12
	101-R-3213	1 1/4 x 1/2	32 x 13	25	14
	101-R-3219	1 1/4 x 3/4	32 x 19	25	14
	101-R-3225	1 1/4 x 1	32 x 25	25	14
	101-R-3813	1 1/2 x 1/2	38 x 13	20	10
	101-R-3819	1 1/2 x 3/4	38 x 19	20	10
	101-R-3825	1 1/2 x 1	38 x 25	20	10
	101-R-3832	1 1/2 x 1 1/4	38 x 32	20	10
	101-R-5119	2 x 3/4	51 x 19	10	
	101-R-5125	2 x 1	51 x 25	10	
	101-R-5132	2 x 1 1/4	51 x 32	10	
	101-R-5138	2 x 1 1/2	51 x 38	10	
101-R-6432	2 1/2 x 1 1/4	64 x 32	5	10	
101-R-6438	2 1/2 x 1 1/2	64 x 38	5	10	
101-R-6451	2 1/2 x 2	64 x 51	5	10	
101-R-7551	3 x 2	75 x 51	5	1	
101-R-7564	3 x 2 1/2	75 x 64	5	1	

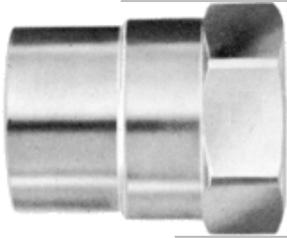
	Número de catálogo	Medida en pulgadas	Medida en milímetros	Piezas por bolsa	Bolsas por caja
<b>106 CODO 45°</b>					
Cobre a Cobre					
	106-10	3/8	10	200	
	106-13	1/2	13	100	14
	106-19	3/4	19	50	12
	106-25	1	25	25	12
	106-32	1 1/2	32	20	10
	106-38	1 1/4	38	10	12
	106-51	2	51	5	10
<b>107 CODO 90°</b>					
Cobre a Cobre					
	107-10	3/8	10	100	22
	107-13	1/2	13	100	14
	107-19	3/4	19	50	12
	107-25	1	25	25	12
	107-32	1 1/2	32	20	8
	107-38	1 1/4	38	10	10
	107-51	2	51	5	9
<b>107-R CODO 90° REDUCIDO</b>					
Cobre a Cobre					
	107-R-1310	1/2 x 3/8	13 x 10	100	16
	107-R-1913	3/4 x 1/2	19 x 13	50	7
	107-R-2513	1 x 1/2	25 x 13	25	7
	107-R-2519	1 x 3/4	25 x 19	25	7
<b>111- TE</b>					
Cobre a Cobre a Cobre					
	111-10	3/8	10	100	16
	111-13	1/2	13	100	10
	111-19	3/4	19	50	8
	111-25	1	25	20	6
	111-32	1 1/2	32	20	5
	111-38	1 1/4	38	5	12
	111-51	2	51	5	7

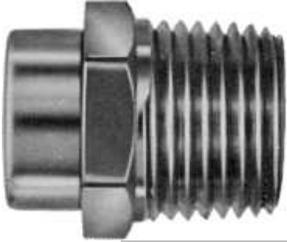
	Número de catálogo	Medida en pulgadas	Medida en milímetros	Piezas por bolsa	Bolsas por caja
<b>111-R TE REDUCIDA</b>					
<b>Cobre a Cobre a Cobre</b>					
	111-R-101013	3/8 x 3/8 x 1/2	10 x 10 x 13	100	
	111-R-131010	1/2 x 3/8 x 3/8	13 x 10 x 10	100	
	111-R-131013	1/2 x 3/8 x 1/2	13 x 10 x 13	100	
	111-R-131310	1/2 x 1/2 x 3/8	13 x 13 x 10	100	
	111-R-131319	1/2 x 1/2 x 3/4	13 x 13 x 19	100	
	111-R-191310	3/4 x 1/2 x 3/8	19 x 13 x 10	50	8
	111-R-191313	3/4 x 1/2 x 1/2	19 x 13 x 13	50	8
	111-R-191319	3/4 x 1/2 x 3/4	19 x 13 x 19	50	8
	111-R-191910	3/4 x 3/4 x 3/8	19 x 19 x 10	50	8
	111-R-191913	3/4 x 3/4 x 1/2	19 x 19 x 13	50	8
	111-R-191925	3/4 x 3/4 x 1	19 x 19 x 25	50	8
	111-R-251313	1 x 1/2 x 1/2	25 x 13 x 13	25	8
	111-R-251319	1 x 1/2 x 3/4	25 x 13 x 19	25	8
	111-R-251325	1 x 1/2 x 1	25 x 13 x 25	25	8
	111-R-251913	1 x 3/4 x 1/2	25 x 19 x 13	25	8
	111-R-251925	1 x 3/4 x 1	25 x 19 x 25	25	8
	111-R-252513	1 x 1 x 1/2	25 x 25 x 13	25	8
	111-R-252519	1 x 1 x 3/4	25 x 25 x 19	25	8
	111-R-252532	1 x 1 x 1 1/4	25 x 25 x 32	25	8
	111-R-321919	1 1/4 x 3/4 x 3/4	32 x 19 x 19	20	5
	111-R-321925	1 1/4 x 3/4 x 1	32 x 19 x 25	20	5
	111-R-321932	1 1/4 x 3/4 x 1 1/4	32 x 19 x 32	20	5
	111-R-322519	1 1/4 x 1 x 3/4	32 x 25 x 19	20	5
	111-R-322525	1 1/4 x 1 x 1	32 x 25 x 25	20	5
	111-R-322532	1 1/4 x 1 x 1 1/4	32 x 25 x 32	20	5
	111-R-323219	1 1/4 x 1 1/4 x 3/4	32 x 32 x 19	20	5
	111-R-323225	1 1/4 x 1 1/4 x 1	32 x 32 x 25	20	5
	111-R-323238	1 1/4 x 1 1/4 x 1 1/2	32 x 32 x 38	20	5
	111-R-381338	1 1/2 x 1/2 x 1 1/2	38 x 13 x 38	10	5
	111-R-381919	1 1/2 x 3/4 x 3/4	38 x 19 x 19	10	5
	111-R-381932	1 1/2 x 3/4 x 1 1/4	38 x 19 x 32	10	5
	111-R-381938	1 1/2 x 3/4 x 1 1/2	38 x 19 x 38	10	5
	111-R-382519	1 1/2 x 1 x 3/4	38 x 25 x 19	10	5
	111-R-382525	1 1/2 x 1 x 1	38 x 25 x 25	10	5
	111-R-382532	1 1/2 x 1 x 1 1/4	38 x 25 x 32	10	5
	111-R-382538	1 1/2 x 1 x 1 1/2	38 x 25 x 38	10	5
	111-R-383219	1 1/2 x 1 1/4 x 3/4	38 x 32 x 19	10	5
	111-R-383225	1 1/2 x 1 1/4 x 1	38 x 32 x 25	10	5
	111-R-383232	1 1/2 x 1 1/4 x 1 1/4	38 x 32 x 32	10	5
	111-R-383238	1 1/2 x 1 1/4 x 1 1/2	38 x 32 x 38	10	5
	111-R-383813	1 1/2 x 1 1/2 x 1/2	38 x 38 x 38	10	5
	111-R-383819	1 1/2 x 1 1/2 x 3/4	38 x 38 x 19	10	5
	111-R-383825	1 1/2 x 1 1/2 x 1	38 x 38 x 25	10	5
	111-R-383832	1 1/2 x 1 1/2 x 1 1/4	38 x 38 x 32	10	5
	111-R-383851	1 1/2 x 1 1/2 x 2	38 x 38 x 51	10	5

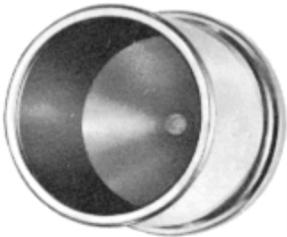


	Número de catálogo	Medida en pulgadas	Medida en milímetros	Piezas por bolsa	Bolsas por caja
<b>111-R TE REDUCIDA</b>					
Cobre a Cobre a Cobre					
	111-R-513232	2 x 1 1/4 x 1 1/4	51 x 32 x 32	5	8
	111-R-513238	2 x 1 1/4 x 1 1/2	51 x 32 x 38	5	8
	111-R-513251	2 x 1 1/4 x 2	51 x 32 x 51	5	8
	111-R-513825	2 x 1 1/2 x 1	51 x 38 x 25	5	8
	111-R-513832	2 x 1 1/2 x 1 1/4	51 x 38 x 32	5	8
	111-R-513838	2 x 1 1/2 x 1 1/2	51 x 38 x 38	5	8
	111-R-513851	2 x 1 1/2 x 2	51 x 38 x 51	5	8
	111-R-515119	2 x 2 x 3/4	51 x 51 x 19	5	8
	111-R-515125	2 x 2 x 1	51 x 51 x 25	5	8
	111-R-515132	2 x 2 x 1 1/4	51 x 51 x 32	5	8
	111-R-515138	2 x 2 x 1 1/2	51 x 51 x 38	5	8
<b>117 TAPÓN HEMBRA</b>					
Para tubo					
	117-10	3/8	10	100	
	117-13	1/2	13	100	
	117-19	3/4	19	100	
	117-25	1	25	50	
	117-32	1 1/4	32	25	
	117-38	1 1/2	38	25	
	117-51	2	51	granel	
<b>118 COPLE REDUCCIÓN BUSHING</b>					
Cobre a Cobre					
	118-1310	1/2 x 3/8	13 x 10	200	12
	118-1910	3/4 x 3/8	19 x 10	100	14
	118-1913	3/4 x 1/2	19 x 13	100	14
	118-2513	1 x 1/2	25 x 13	50	14
	118-2519	1 x 3/4	25 x 19	50	14
	118-3213	1 1/4 x 1/2	32 x 13	25	14
	118-3219	1 1/4 x 3/4	32 x 19	25	14
	118-3225	1 1/4 x 1	32 x 25	25	14
	118-3819	1 1/2 x 3/4	38 x 19	20	12
	118-3825	1 1/2 x 1	38 x 25	20	12
	118-3832	1 1/2 x 1 1/4	38 x 32	20	12
	118-5125	2 x 1	51 x 25	10	14
	118-5132	2 x 1 1/4	51 x 32	10	14
	118-5138	2 x 1 1/2	51 x 38	10	14
	118-6432	2 1/2 x 1 1/4	64 x 32	5	14
	118-6438	2 1/2 x 1 1/2	64 x 38	5	14
	118-6451	2 1/2 x 2	64 x 51	5	14
118-7538	3 x 1 1/2	75 x 38	5	14	
118-7551	3 x 2	75 x 51	5	14	
118-7564	3 x 1 1/2	75 x 64	5	14	
118-10051	4 x 2	100 x 51	granel	granel	
118-10064	4 x 2 1/2	100 x 64	granel	granel	
118-10075	4 x 3	100 x 75	granel	granel	

## 2.5.2. Conexiones de Latón Forjado

	Número de catálogo	Medida en pulgadas	Medida en milímetros	Piezas por bolsa	Bolsas por caja
<b>102 TUERCA UNIÓN</b>					
<b>Cobre a Cobre</b>					
	102-10	3/8	10	50	4
	102-13	1/2	13	50	4
	102-19	3/4	19	25	3
	102-25	1	25	10	5
	102-32	1 1/2	32	10	3
	102-38	1 1/4	38	10	4
	102-51	2	51	5	4
<b>102-H TUERCA UNIÓN</b>					
<b>Cobre a Rosca Interior</b>					
	102-H-13	1/2	13	50	4
	102-H-19	3/4	19	25	3
	102-H-25	1	25	10	5
	102-H-32	1 1/2	32	10	3
	102-H-38	1 1/4	38	10	4
	102-H-51	2	51	5	5
	<b>103 CONECTOR</b>				
<b>Cobre a Rosca Interior</b>					
	103-10	3/8	10	100	4
	103-13	1/2	13	100	4
	103-19	3/4	19	50	3
	103-25	1	25	25	4
	103-32	1 1/4	32	10	5
	103-38	1 1/2	38	10	4
	103-51	2	51	5	6
	103-64	2 1/2	64	3	8
	103-75	3	75	4	8
	103-100	4	100	2	8
<b>103-R CONECTOR REDUCIDO</b>					
<b>Cobre a Rosca Interior</b>					
	103-R-1013	3/8 x 1/2	10 x 13	100	4
	103-R-1310	1/2 x 3/8	13 x 10	100	4
	103-R-1319	1/2 x 3/4	13 x 19	100	4
	103-R-1913	3/4 x 1/2	19 x 13	50	3
	103-R-1925	3/4 x 1	19 x 25	50	3
	103-R-2519	1 x 3/4	25 x 19	25	4

	Número de catálogo	Medida en pulgadas	Medida en milímetros	Piezas por bolsa	Bolsas por caja
<b>104 CONECTOR</b>					
Cobre a Rosca Exterior					
	104-10	3/8	10	100	6
	104-13	1/2	13	100	5
	104-19	3/4	19	50	4
	104-25	1	25	25	4
	104-32	1 1/4	32	10	5
	104-38	1 1/2	38	10	4
	104-51	2	51	5	4
	104-64	2 1/2	64	3	8
	104-75	3	75	4	8
104-100	4	100	1	18	
<b>104-R CONECTOR REDUCIDO</b>					
Cobre a Rosca Exterior					
	104-R-1013	3/8 x 1/2	10 x 13	100	6
	104-R-1310	1/2 x 3/8	13 x 10	100	6
	104-R-1319	1/2 x 3/4	13 x 19	100	6
	104-R-1913	3/4 x 1/2	19 x 13	50	4
	104-R-1925	3/4 x 1	19 x 25	50	4
	104-R-2519	1 x 3/4	25 x 19	25	3
<b>108-M CODO 90°</b>					
Cobre a Rosca Exterior					
	108-M-10	3/8	10		
	108-M-13	1/2	13	50	4
	108-M-19	3/4	19	25	4
	108-M-25	1	25	25	2
	108-M-32	1 1/4	32	10	3
	108-M-38	1 1/2	38	5	3
	108-M-51	2	51	5	6
<b>108-H CODO 90°</b>					
Cobre a Rosca Interior					
	108-M-10	3/8	10	100	6
	108-M-13	1/2	13	50	4
	108-M-19	3/4	19	25	4
	108-M-25	1	25	20	2
	108-M-32	1 1/4	32	20	4
	108-M-38	1 1/2	38	10	5
	108-M-51	2	51	5	8

	Número de catálogo	Medida en pulgadas	Medida en milímetros	Piezas por bolsa	Bolsas por caja
<b>116 TAPÓN MACHO</b> Para conexión 	116-10	3/8	10		
	116-13	1/2	13	100	10
	116-19	3/4	19	100	5
	116-25	1	25		

### 2.5.3. Conexiones de Bronce

	Número de catálogo	Medida en pulgadas	Medida en milímetros	Piezas por bolsa	Bolsas por caja
<b>106-F CODO 45°</b> Cobre a Cobre 	106-F-64	2 1/2	64	granel	granel
	106-F-75	3	75	granel	granel
	106-F-100	4	100	granel	granel

<b>107-F CODO 90°</b> Cobre a Cobre 	107-F-64	2 1/2	64	granel	granel
	107-F-75	3	75	granel	granel
	107-F-100	4	100	granel	granel

	Número de catálogo	Medida en pulgadas	Medida en milímetros	Piezas por bolsa	Bolsas por caja
<b>111-F TE</b>					
Cobre a Cobre a Cobre					
	108-F-64	2 1/2	64		
	108-F-75	3	75		
	108-F-100	4	100		
<b>108-R CODO 90° REDUCIDO</b>					
Cobre a Rosca Interior					
	108-R-1013	3/8 x 1/2	10 x 13		
	108-R-1310	1/2 x 3/8	13 x 10	50	3
	108-R-1319	1/2 x 3/4	13 x 3/4	25	
<b>112 TE</b>					
Cobre a Cobre a Rosca Interior					
	112-10	3/8	10	50	4
	112-13	1/2	13	50	3
	112-19	3/4	19	20	4
	112-25	1	25	10	3
	112-32	1 1/4	32	10	3
	112-38	1 1/2	38	5	3
	112-51	2	51	5	2
	<b>113 TE</b>				
Cobre a Rosca Interior a Cobre					
	113-10	3/8	10	50	3
	113-13	1/2	13	50	3
	113-19	3/4	19	20	2
	113-25	1	25	10	3
	113-32	1 1/4	32	10	4
	113-38	1 1/2	38	10	6
	113-51	2	51	3	8

	Número de catálogo	Medida en pulgadas	Medida en milímetros	Piezas por bolsa	Bolsas por caja
<b>114 CRUZ</b> Cobre a Cobre a Cobre a Cobre 	114-13	1/2	13	50	5
	114-19	3/4	19	20	4
	114-25	1	25	10	5
	114-32	1 1/4	32	10	5
	114-38	1 1/2	38	10	4
	114-51	2	51	2	8
<b>115 YE</b> Cobre a Cobre a Cobre 	115-13	1/2	13	50	3
	115-19	3/4	19	20	3
	115-25	1	25	10	3
	115-32	1 1/4	32	10	2
	115-38	1 1/2	38	5	3
	115-51	2	51	5	5

## 3

## CAPÍTULO

### 3.1. Tuberías de temple flexible

Las características de las tuberías de cobre flexible difieren de tuberías rígidas, precisamente en el temple dado en su proceso de fabricación; por lo tanto, las condiciones de uso serán diferentes aún cuando las tuberías de los dos temples sean parte de una misma aleación.

Los dos tipos de tuberías de cobre que se fabrican en temple flexible, difieren tanto en los espesores de pared con que se fabrican como en sus diámetros.

Las tuberías de cobre flexible a diferencia de las rígidas se identifican solamente por el

**grabado** (bajo relieve), el **color** en este caso no se usa y se marca solamente el **tipo de tubería**, su **diámetro**, la marca, la leyenda “Hecho en México” y el sello **DGN**.

#### 3.1.1. Tubería tipo “L” flexible

Característica	Tubería Tipo “L”
Temple	Flexible
Color de identificación	No aplica
Grabado (bajo relieve)	Sí
Longitud del rollo	18.30 m
Diámetros	1/4” a 1”

#### Tubería de cobre de temple flexible Tipo “L”

Medida Nominal	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Espesor de Pared	Peso	Peso por rollo
Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Lb/pie kg/m	libras kilogramos
1/4” 6.35 mm	0.375” 9.525	0.315” 8.001	0.030” 0.762	0.126 0.188	7.575 3.439
3/8” 9.5 mm	0.500” 12.700	0.430” 10.922	0.035” 0.889	0.198 0.295	11.907 5.406
1/2” 12.7 mm	0.625” 15.875	0.545” 13.843	0.040” 1.016	0.285 0.424	17.127 7.776
5/8” 15.785 mm	0.750” 19.050	0.666” 16.916	0.042” 1.067	0.363 0.539	21.760 9.879
3/4” 19 mm	0.875” 22.225	0.785” 19.939	0.045” 1.143	0.455 0.678	27.337 12.411
1” 25 mm	1.125” 28.575	1.025” 26.035	0.050” 1.270	0.655 0.976	39.341 17.861

### 3.1.2. Tubería para gas tipo “Usos Generales”

En este tipo de tubería el diámetro corresponde al diámetro exterior.

Característica	Tubería Tipo “Usos Generales”
Temple	Flexible
Color de identificación	No aplica
Grabado (bajo relieve)	Sí
Longitud del rollo	15.24 m
Diámetros	1/8” a 3/4”

### Tubería de cobre de temple flexible Tipo “Usos Generales”

Medida Nominal	Diámetro Exterior	Diámetro Interior	Espesor de Pared	Peso	Peso por rollo
Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Pulgadas milímetros	Lb/pie kg/m	libras kilogramos
1/8” 3.175 mm	0.125” 3.175	0.065” 1.651	0.030” 0.762	0.034 0.051	1.735 0.788
3/16” 4.762 mm	0.187” 4.762	0.127” 3.238	0.030” 0.762	0.057 0.085	2.870 1.303
1/4” 6.350 mm	0.250” 6.350	0.190” 4.826	0.030” 0.762	0.080 0.119	4.022 1.826
5/16” 7.937 mm	0.312” 7.937	0.248” 6.311	0.032” 0.813	0.109 0.162	5.460 2.479
3/8” 9.525 mm	0.375” 9.525	0.311” 7.899	0.032” 0.813	0.133 0.198	6.665 3.023
1/2” 12.700 mm	0.500” 12.700	0.436” 11.074	0.032” 0.813	0.182 0.271	9.094 4.125
5/8” 15.875 mm	0.625” 15.875	0.555” 14.097	0.035” 0.889	0.251 0.374	12.586 5.714
3/4” 19.000 mm	0.750” 19.00	0.680” 17.222	0.035” 0.889	0.305 0.454	15.240 6.924

### Aplicaciones

Los usos para estos tipos de tuberías son dados por la capacidad de movimientos de éstas, sin restar ventajas a la instalación en cuestión; las instalaciones de gas, tomas domiciliarias, aparatos de refrigeración y aire acondicionado son solamente algunas formas de su uso, sin embargo en cualquier instalación que requiera de movilidad o en donde se requieren de curvados especiales, las tuberías de cobre están presentes.

### 3.2. Características y ventajas de las tuberías de cobre de temple flexible

- A. La longitud de los rollos con que se fabrican estos tipos de tuberías, elimina en la mayoría de las instalaciones las uniones de acoplamiento, creando así una instalación continua y de una sola pieza. El sistema de unión de estas tuberías es variado y da siempre flexibilidad a la misma, sin restar hermeticidad y resistencia a la presión.
- B. Todas las tuberías de cobre tanto rígidas como flexibles resisten perfectamente a la corrosión, lo que les permite un excelente comportamiento frente a la totalidad de los materiales tradicionales de construcción y de los fluidos a transportar ; asegurando así una larga vida útil a la instalación. Aclarando que esto es debido gracias a la capa protectora que se forma en las paredes de la tubería denominada pátina.
- C. Las propiedades físicas del cobre con que se fabrican las tuberías, permiten tener características, como son paredes interiores completamente lisas, que dan al fluido a conducir un mínimo de pérdidas de presión, creando un flujo uniforme al no existir disminución de su diámetro interior por adherencias o incrustaciones.

Por todo esto, cuando se realizan instalaciones con tuberías de cobre, se concluye que son mucho más económicas que las realizadas con otro tipo de tubería, brindando mayor seguridad y confort al usuario

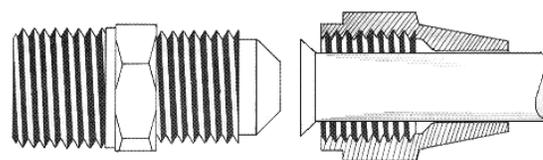
### 3.3. Sistemas de unión para tuberías de cobre de temple flexible

Los sistemas de unión para tuberías flexibles ; **abocinado a 45° (flare 45°)** o **compresión** por medio de arandelas de latón o neopreno difieren completamente del sistema de unión soldable para tuberías rígidas, precisamente por que son flexibles y permiten movimiento en las instalaciones.

Estos dos sistemas de unión (flare 45° y compresión) están diseñados para unir tuberías flexibles con : aparatos, accesorios, tuberías flexibles y tuberías rígidas, sin restar resistencia a la presión, permitiendo movimiento en éstas. Además de crear uniones herméticas cien por ciento.

Estas uniones en cualquiera de los dos sistemas se realizan por medio de compresión a base de elementos roscados, y se forman con una conexión base y una contra o tuerca cónica de unión que es la que se ajusta, (Fig. 3.1.).

**Fig. 3.1. Sistema de unión flare 45°**



Estas tuercas cónicas de unión tienen una extensión o brazo en la misma que refuerza la unión en los posibles movimientos, evitando el estrangulamiento de la tubería, además de que existen dos medidas en estas extensiones o brazos según sea el uso de la red a instalar ; conducción de agua y gas.

La variedad de las conexiones es muy grande por lo que consideramos necesario explicar brevemente su fabricación y modo de operación de los dos tipos : flare 45° y compresión.

Estos tipos de conexiones normalmente están hechos a base de latón, sin embargo algunas piezas realizadas para las líneas de agua, aún se fabrican en bronce ; el sistema de fabricación de cualquiera de las conexiones ya es conocido por nosotros al ser

igual que el que se explicó ampliamente en el capítulo anterior, obviamente que las formas de las conexiones difieren completamente ; éstas cuentan con cuerdas y chaflanes que reciben ya sea la bocina del tubo o arandela a comprimir. Las conexiones comúnmente utilizadas en las instalaciones de gas son manufacturadas con el sistema flare 45° y son :

- i. Tuerca cónica : esta pieza se utiliza en todas las uniones de tubería flexible por ser complemento de la conexión base, se fabrican en medidas iguales (por un lado cuerda y por otro la entrada de la tubería) y reducidas.
- ii. Tuercas invertidas
- iii. Campana niple terminal
- iv. Codo terminal
- v. Niple unión
- vi. Te terminal al centro
- vii. Te terminal a un lado
- viii. Codo estufa
- ix. Codo unión
- x. Te unión
- xi. Punta pol
- xii. Válvulas de paso

Todas estas conexiones son fabricadas con medidas iguales y reducidas en una gama de diámetros nominales de 1/8" a 3/4".

Para el caso de las piezas reducidas también se da primero el diámetro mayor y posteriormente el otro, explicando cuando sea el caso donde se encuentra la terminal, en las té s la lectura es similar a la de las conexiones soldables, es importante aclarar que cuando se describe una conexión, la palabra terminal quiere decir que la pieza tiene la cuerda en uno de sus extremos terminada en forma recta, similar a la pieza de la izquierda en la figura 3.1.

Las conexiones de tubería flexible para instalaciones de agua, utilizan los sistemas flare 45° y compresión de manera indistinta y según sea la pieza a unir.

### 3.4. Procesos de unión para la tubería de cobre de temple flexible con el sistema de abocinado a 45° (flare 45°)

Este proceso consiste en la realización de un abocinado o ensanchamiento cónico a 45° en los extremos de la tubería flexible, formado con el eje longitudinal de la tubería ; esto se logra con una herramienta especial llamada abocinador o avellanador como también se conoce. El extremo abocinado de la tubería, conteniendo ya la tuerca cónica, ensambla perfectamente en el chaflán o cornisa de la conexión base, que a medida que va ajustándose logra un hermetismo en la junta (Fig. 3.1.).

Como resultado práctico de algunas pruebas de laboratorio, para determinar la resistencia a la tensión de estas uniones se obtuvo lo siguiente :

$\phi$ de la tubería	Fuerza para zafar la tubería
1/2" (13 mm)	3,280 PSI - 230.7 kg/cm <sup>2</sup>
3/4" (19 mm)	4,012 PSI - 282.1 kg/cm <sup>2</sup>
1" (25 mm)	4,516 PSI - 317.6 kg/cm <sup>2</sup>

#### 3.4.1. Proceso de abocinado a 45° paso a paso

1. Desenrollar únicamente la cantidad de tubería necesaria, sobre una superficie plana colocar la mano sobre la parte desplegada, con la otra mano llevar el movimiento de rodamiento del rollo (Fig. 3.2.).
2. Usar el cortatubos a la longitud deseada, sin hacer mucha presión en el tubo, lubricando con unas gotas de aceite la cuchilla circular (Fig. 3.3).
3. Remover la rebaba creada por el corte del tubo, el cortatubos lleva una cuchilla para tal efecto, también se puede usar el barril escariador o una lima de media caña (Fig 3.4).

4. Colocar la tuerca cónica de unión en el tubo antes de proceder a las siguientes operaciones, por no poder realizarse una vez que se ha hecho la campana al tubo.
5. Introducir el extremo del tubo en el orificio adecuado del bloque de la herramienta lubricando con unas gotas de aceite el cono haciendo que sobresalga 1/8" de la superficie del bloque (Fig. 3.5.)
6. Apretar el cono sobre la parte del tubo que sobresale del bloque hasta que éste asiente sobre el bisel formado (Fig. 3.6.)
7. Retirar la herramienta y centrar la campana con el chaflán de la conexión, apretando con una llave española o perico la tuerca cónica de unión (Fig. 3.7.)

**Nota :** Es importante revisar que una vez formada la campana no esté estrellada o tenga rababas ; por que no asentaría correctamente en el chaflán y el agrietamiento produciría fugas. También es importante que la campana realizada no sea mayor o menor que el chaflán, porque obstruiría el paso de la tuerca cónica o no agarraría la suficiente campana para que la unión resista las presiones a las que estará sometida.

### 3.4.2. Pasos a seguir para realizar una unión con abocinado a 45°

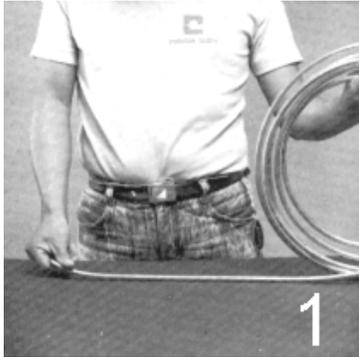


Fig. 3.3. Desenrollado del tubo sobre una superficie plana

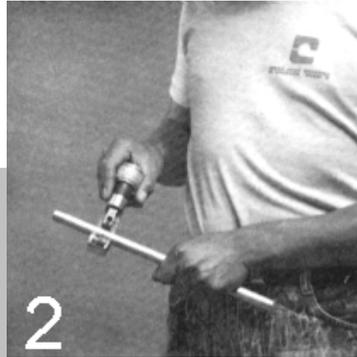


Fig. 3.4. Cortado con el cortatubos



Fig. 3.5. Rimado con la cuchilla que trae consigo el cortatubos



Fig. 3.6. Colocación de la tuerca cónica antes del abocinado



Fig. 3.7. Colocación del extremo del tubo en el bloque del abocinador



Fig. 3.8. Apriete del cono sobre la parte que sobresale del tubo hasta el asiento en el chaflán



Fig. 3.9. Colocación de la conexión y apriete de la tuerca cónica

### 3.5. Proceso de unión para tubería de cobre temple flexible con el sistema de compresión con arandela de latón o de neopreno.

La unión a compresión con arandela de latón o neopreno, no requiere de abocinado en el extremo de la tubería de cobre, simplemente se hace un buen rebabado del corte y se ensambla hasta el tope de la conexión (de manufactura específica para estas uniones); se incluyen en éstas una arandela de latón o neopreno; dando los mismos resultados ambas, a medida que apretamos las tuercas van comprimiendo al contorno de la tubería; para el caso de conexiones de arandela metálica, si desunimos la conexión apreciaríamos la deformación de la tubería provocado por la arandela, lo que nos puede dar una idea del hermetismo que se logra con estas uniones. Se indica enseguida el procedimiento de operación para uniones a compresión.

#### 3.5.1. Proceso de unión por compresión paso a paso

1. Desenrollar únicamente la cantidad de tubería necesaria, sobre una superficie plana colocar la mano sobre la parte desplegada, con la otra mano llevar el movimiento de rodamiento del rollo.
2. Usar el cortatubos a la longitud deseada, sin hacer mucha presión en el tubo, lubricando con unas gotas de aceite la cuchilla circular.
3. Remover la rebaba creada por el corte del tubo, el cortatubos lleva una cuchilla para tal efecto, también se puede usar el barril escariador o una lima de media caña.
4. Colocar la tuerca cónica de unión (compresión) en el tubo antes de proceder a las siguientes operaciones.

5. Colocar la arandela en el tubo, cuidando de limpiar bien éste de tierra y polvo, para que la arandela actúe bien.
6. Introducir el tubo en la parte correspondiente cuidando de que llegue al tope, una vez hecho esto se procede al apriete de la tuerca de unión, la que al ir ajustándose provocará el estrangulamiento del barril o arandela.

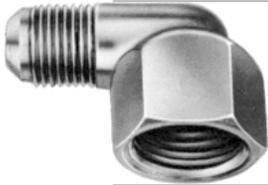
**Nota :** Es importante que la boca del tubo no esté chupada hacia el interior, producto de un corte rápido lo cual reduciría la sección transversal de ésta, creando turbulencias y erosiones en las paredes. Las arandelas de neopreno pueden ser reutilizables, al eliminar la presión de éstas y volver a su estado original, no así las de latón.

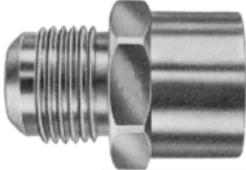
### 3.6. Características y ventajas de las uniones de abocinado a 45° (flare 45°) y compresión.

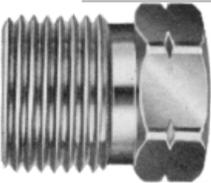
- En caso de que se requiera realizar de nuevo la operación, permiten desunir y reutilizar las conexiones, sin ninguna dificultad.
- Para instalaciones con mucho movimiento, tiene una alta resistencia a las vibraciones y movimientos bruscos.
- Se realizan con un menor número de herramientas y menos tiempo de operaciones que otros tipos de unión.
- Las uniones realizadas, por su diseño resisten altas presiones de trabajo y no permiten fugas.
- Establecen continuidad de flujo.

## 3.7. Conexiones Abocinado a 45° (flare 45°)

### 3.7.1. Conexiones de Latón para Gas

	Número de catálogo	Medida en pulgadas	Medida en milímetros	Piezas por bolsa	Bolsas por caja
<b>20-F CODO ESTUFA</b>					
Abocinado a 45° a Rosca Interior 	20-F-1003	3/8 x 1/8	10 x 3	100	5
	20-F-1010	3/8 x 3/8	10 x 10	100	5
	20-F-1013	3/8 x 1/2	10 x 13	100	5
	20-F-1019	3/8 x 3/4	10 x 19	100	5
	20-F-1306	1/2 x 1/4	13 x 6	100	5
	20-F-1310	1/2 x 3/8	13 x 10	50	2
	20-F-1313	1/2 x 1/2	13 x 13	50	3
<b>21-FS TUERCA CÓNICA CORTA</b>					
	21-FS-06	1/4	6	100	15
	21-FS-08	5/16	8	100	11
	21-FS-10	3/8	10	100	8
	21-FS-13	1/2	13	100	3
	21-FS-19	3/4	19	50	3
<b>22-F NIPLE UNIÓN</b>					
Abocinado a 45° 	22-F-06	1/4	6	100	6
	22-F-08	5/16	8	100	6
	22-F-10	3/8	10	100	3
	22-F-13	1/2	13	100	3
<b>24-F TE UNIÓN</b>					
Abocinado a 45° 	24-F-06	1/4	6	100	3
	24-F-08	5/16	8	100	5
	24-F-10	3/8	10	100	3
	24-F-13	1/2	13	50	3

	Número de catálogo	Medida en pulgadas	Medida en milímetros	Piezas por bolsa	Bolsas por caja
<b>25-F TE TERMINAL AL CENTRO</b> Abocinado a 45° a Rosca Exterior	25-F-10	3/8	10	50	3
					
<b>26-F CAMPANA NIPLE</b> Abocinado a 45° a Rosca Interior	26-F-0603	1/4 x 1/8	6 x 3	100	
	26-F-0606	1/4 x 1/4	6 x 6	100	3
	26-F-0613	1/4 x 1/2	6 x 13	100	5
	26-F-0810	5/16 x 3/8	8 x 10	100	5
	26-F-0813	5/16 x 1/2	8 x 13	100	4
	26-F-1003	3/8 x 1/8	10 x 3	100	6
	26-F-1006	3/8 x 1/4	10 x 6	100	3
	26-F-1010	3/8 x 3/8	10 x 10	100	5
	26-F-1013	3/8 x 1/2	10 x 13	100	5
	26-F-1310	1/2 x 3/8	13 x 10	100	3
	26-F-1313	1/2 x 1/2	13 x 13	50	5
	26-F-1319	1/2 x 3/4	13 x 19	50	3
					
<b>28-F NIPLE TERMINAL</b> Abocinado a 45° a Rosca Exterior	28-F-0603	1/4 x 1/8	6 x 3	100	6
	28-F-0606	1/4 x 1/4	6 x 6	100	6
	28-F-0610	1/4 x 3/8	6 x 10	100	3
	28-F-0613	1/4 x 1/2	6 x 13	100	3
	28-F-0806	5/16 x 1/4	8 x 6	100	3
	28-F-0810	5/16 x 3/8	8 x 10	100	3
	28-F-0813	5/16 x 1/2	8 x 13	100	4
	28-F-1003	3/8 x 1/8	10 x 3	100	4
	28-F-1006	3/8 x 1/4	10 x 6	100	4
	28-F-1010	3/8 x 3/8	10 x 10	100	3
	28-F-1013	3/8 x 1/2	10 x 13	100	4
	28-F-1310	1/2 x 3/8	13 x 10	100	3
	28-F-1313	1/2 x 1/2	13 x 13	100	6
					
<b>29-F CODO UNIÓN</b> Abocinado a 45° a Rosca Exterior	29-F-0603	1/4 x 1/8	6 x 3	100	6
	29-F-0606	1/4 x 1/4	6 x 6	100	6
	29-F-0806	5/16 x 1/4	8 x 6	100	6
	29-F-1006	3/8 x 1/4	10 x 6	100	4
	29-F-1010	3/8 x 3/8	10 x 10	100	4
	29-F-1013	3/8 x 1/2	10 x 13	100	3
	29-F-1310	1/2 x 3/8	13 x 10	100	3
	29-F-1313	1/2 x 1/2	13 x 13	50	3
					

	Número de catálogo	Medida en pulgadas	Medida en milímetros	Piezas por bolsa	Bolsas por caja
<b>30-F TUERCA CÓNICA REDUCCIÓN</b>					
	30-F-0806	5/16 x 1/4	8 x 6	100	6
	30-F-1006	3/8 x 1/4	10 x 6	100	9
	30-F-1008	3/8 x 5/16	10 x 8	100	9
	30-F-1310	1/2 x 3/8	13 x 10	100	3
<b>35-F CODO UNIÓN 90°</b>					
Abocinado a 45°					
	35-F-06	5/16 x 1/4	8 x 6	100	6
	35-F-08	3/8 x 1/4	10 x 6	100	9
	35-F-10	3/8 x 5/16	10 x 8	100	9
	35-F-13	1/2 x 3/8	13 x 10	100	3
<b>TIP-25 TUERCA IZQUIERDA</b>					
Para Pigtail					
	TIP-25	1	25	100	4
<b>PPR-101 PUNTA POL</b>					
	PPR-101-1006	3/8 x 1/4	10 x 6	50	4
<b>PTI PIGTAIL</b>					
Tuerca Invertida					
	PTI-06500	1/4 x 20	6 x 500	20	10

## 4

## CAPÍTULO

## 4.1. Herramientas

Es indiscutible que a pesar de estar viviendo en una época de grandes innovaciones técnicas, nos encontramos con el mismo problema que tenían nuestros antepasados para hacer uso de las herramientas; por tal motivo es importante hablar de las herramientas que se emplean en la unión de las tuberías de cobre de temple rígido o flexible. A continuación se enlistan las herramientas utilizadas en la unión de tuberías de cobre:

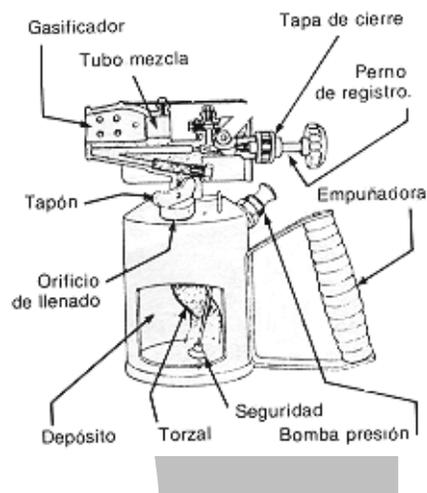
- Soplete de gasolina o gas L. P.
- Cortatubos
- Escariadores o rimadores
- Abocinadores
- Expansionadores
- Dobra tubos de resorte
- Dobra tubos de palanca

### 4.1.1. El soplete

Al tratar el tema del proceso de la soldadura, se aclaró que es necesario aplicar calor a los tubos de cobre cuando se va a unir por medio de una conexión. Este calor lo proporciona una flama suficientemente in-tensa, que aplicada al tubo, el alambre de soldadura al contacto se derrite. El artefacto más elemental y sencillo que puede proporcionar este calor es el soplete de gasolina (actualmente existen en el mercado sopletes manuales de gas, similares al de gasolina aquí descrito) y cuyo dibujo lo describe. Por lo demás es suficientemente conocido, los mismos instructivos que llevan los modelos de las diversas marcas, indican los cuidados de mantenimiento que hay que tener, así como las precauciones en su encendido. No estará de más insistir que hay una regla que deberá seguirse sobre todo si no se quiere estar expuesto a un accidente: nunca debe bombearse intensamente hasta no estar

encendida la mezcla gas - aire que sale de la boquilla; una vez que mediante un cerillo, se vea que prendió la llama sin fuerza, entonces se bombea aire hasta alcanzar la intensidad que se desee.

**Fig. 4.1. Soplete de gasolina**



Naturalmente que esta precaución es menor, cuando la cazoleta de alcohol está fuera del mismo envase del soplete. La razón de esta precaución es que al calentarse la lámina del envase, expansiona el aire interior y si este aire ya está comprimido por un bombeo intenso al calentarse por el fuego de la cazoleta, puede provocar una sobre presión.

#### 4.1.1.1. ¿Cuál es el calor necesario para soldar con soplete?

La flama tiene dos coloraciones que corresponden a diversos grados de calor, la flama amarilla es luminosa pero no calorífica. Al abrir poco a poco la esprea pasa más mezcla gas - aire y si la presión interior es suficiente, desaparece la flama amarilla para convertirse en azulada que es calorífica, intensificándose más a medida que se abre más la esprea. Recomendamos que para soldar tubos hasta de 1" no se emplee una flama demasiado fuerte pues el calentamiento de la conexión sería demasiado rápido y no se podría controlar fácilmente, con el peligro de una evaporación inmediata

del fúndente y oxidación subsiguiente del cobre, impidiendo el corrimiento de la soldadura. En medidas superiores a 1" puede emplearse una flama intensa pues siendo mayor la superficie a calentar ya no existe ese peligro. En diámetros de 3" a 4" será conveniente emplear más de un soplete de gasolina.

Aunque como hemos visto no es necesario otra clase de soplete para soldar tubería de cobre, la industria moderna ha puesto en circulación otra clase de sopletes a base de gas L. P. y que varían desde el cilindro portátil manual tipo "spray" (Fig. 4.2.) pasando por el portátil de 2 (Fig. 4.3.)kg hasta el de 20 kg. (Fig. 4.4.) con boquillas de

**Fig. 4.2. Soplete manual portátil de gas tipo "spray"**



perforaciones múltiples y de asidero de pinzas que permite mantener el tubo dentro y uniformizar el calor. Naturalmente que cuanto más completo en servicio es el soplete debe de esperarse más rendimiento en el trabajo.

Creemos que un equipo oxiacetilénico es excesivo para este tipo de trabajo aunque no está contraindicado el uso. Quien lo tenga y quiera usarlo puede hacerlo con la salvedad de que tendrá que pagar más por el combustible.

**Fig. 4.3. Cilindro portátil de 2 kg**



**Fig. 4.4. Cilindro semiportátil de 20 kg**



#### **4.1.2. El Cortatubos**

Es una herramienta sencilla, constituida de dos partes ; una fija y otra móvil, en la parte fija se encuentran dos rodillos guía que sirven de asiento a la tubería y en la parte móvil existe un disco o cuchilla de acero que se desplaza por medio de un husillo roscado con empuñadura.

Existen diferentes cortatubos, los que comúnmente se emplean son aquellos que sirven para realizar cortes en tuberías que van de 1/8" a 5/8", 3/8" a 1 1/8", 1/2" a 2 1/8", 1/2" a 3 1/8" y de 1" a 4 1/8" de diámetro exterior. La mayoría de estos cortatubos llevan consigo una cuchilla triangular que sirve para eliminar las rebabas una vez efectuado el corte. También existen cortatubos que tienen un mecanismo de crema-

llera (clutch) que permite acelerar la operación de corte, ya que se abren rápidamente para colocar el tubo, deslizándose el disco o cuchilla automáticamente para dejarlo en posición de corte (Fig. 4.5.)

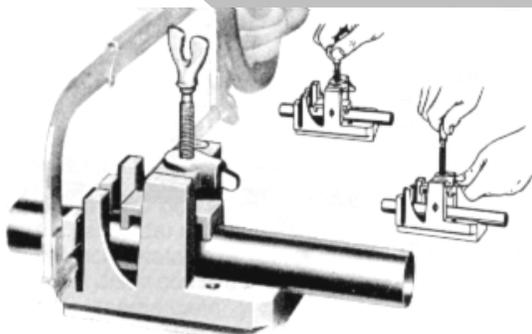
**Fig. 4.5. Cortatubos**



#### 4.1.2.1. Manejo del cortatubos

El manejo de esta herramienta es sencillo y seguro, primeramente se coloca el tubo sobre los rodillos guía, posteriormente se hace desplazar el disco o cuchilla, que realizará el corte; para esto se hace girar el cortatubos hacia afuera lo que permita el desplazamiento del disco por medio de la empuñadura cada vez que se haga girar éste. En los casos de no tener este tipo de herramienta y para efectuar cortes en las tuberías de diámetros mayores de 4" (5" y 6") dichos cortes se pueden efectuar con una segueta de diente fino (32 dientes por pulgada) teniendo cuidado de usar una guía para realizar los cortes, según se muestra en la figura 4.6.

**Fig. 4.6. Corte del tubo utilizando segueta**



#### 4.1.3. Rimadores

Para eliminar la rebaba que resulte del corte, se puede hacer con la cuchilla triangular que trae consigo el cortatubos o bien con los rimadores en forma de barril (Fig. 4.7.) que en su interior llevan un cono formado por tres cuchillas. La parte interior del cono sirve para eliminar la rebaba exterior del tubo; y la parte exterior para eliminar la rebaba interior del tubo, esto se logra solamente asentando el tubo sobre el cono y haciéndolo girar.

**Fig. 4.7. Rimador tipo barril**

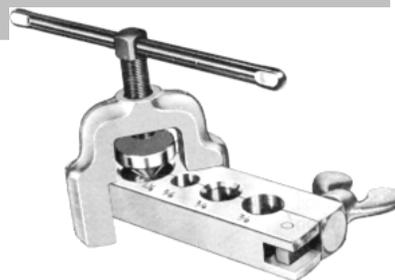


Si los diámetros de la tubería son muy grandes, puede usarse un lima de media caña, la cual tiene una parte curva que se utiliza para el interior del tubo y la parte plana en el exterior del mismo.

#### 4.1.4. Abocinador

El abocinador es una herramienta que sirve para trabajar la tubería flexible; es la que expansiona o abocarda en formación cónica (45°) los extremos del tubo que han de apoyarse sobre los chaflanes de la conexión.

**Fig. 4.8. Abocinador**



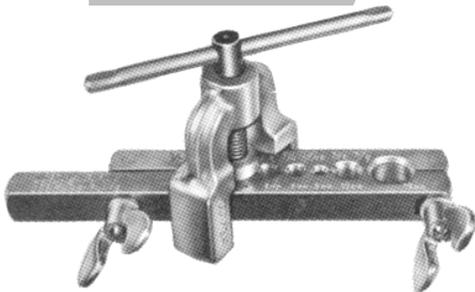
Existen diversos modelos y todos se basan en el mismo principio. Constan de dos partes, una fija y otra móvil, la parte fija es un bloque

metálico dividido en dos mitades iguales que giran a charnela (bisagra), además tienen una serie de orificios graduados exactamente al diámetro exterior de las tuberías a expandir; la parte móvil se compone de un mandril cónico a 45° que se desplaza por medio de un maneral y sirve para centrar al tubo a expandir (Fig. 4.6.)

#### 4.1.5. Herramienta de suajar

Existen dos tipos de herramienta de suajar y se emplean indistintamente tanto para tubería flexible como rígida; una de estas herramientas es casi similar a la de abocinar, difiere únicamente en el mandril, el cual no es cónico sino cilíndrico, dicho mandril existe en diferentes medidas en las que su diámetro exterior está calibrado exactamente al diámetro exterior de la tubería a ensanchar (Fig. 4.9.)

Fig. 4.9. Suajador



El otro tipo de herramienta es de golpe y se compone de una serie de mandriles de golpe que van en diámetros de 1/4" a 5/8" (Fig. 4.10.).

##### 4.1.5.1. Manejo del suajador

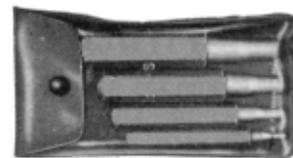
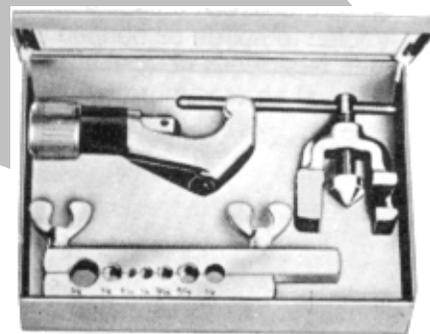
El manejo de esta herramienta es sencillo y rápido de efectuar; los pasos a seguir son los siguientes:

1. Se deposita el tubo a ensanchar en el orificio adecuado del bloque de la herramienta, procurando que el extremo del tubo sobresalga del bloque aproximadamente 2 cm.
2. Se aprieta el bloque amordazando el tubo a ensanchar.

3. Posteriormente se introduce el mandril cilíndrico y se dan vueltas (apretando) para ir realizando el ensanchamiento hasta llegar al tope.

Este sistema se sigue similarmente para los mandriles de golpe, sólo que hay que auxiliarse de un martillo; y considerar también que al efectuar el golpeo el bloque esté asentado sobre una superficie plana.

Fig. 4.10. Estuche de abocinador, cortatubos y mandriles para ensanchamiento.



Anteriormente se habló de que esta herramienta se puede emplear también en tubería rígida, sólo que hay que considerar que los extremos de los tubos a sufrir el ensanchamiento se deben recocer para destemplanarlos y no permitir que se agrieten cuando se efectúe la operación.

El ensanchamiento como se mencionó, actúa por medio de golpe hasta lograr ensanchar la boca del tubo en cuestión al diámetro del tubo que penetrará en éste, para proceder a realizar la soldadura.

El suajador que es similar al abocinador, también se puede utilizar para tubería rígida, tomando la precaución de recalentar la tubería antes de ensancharla.

#### 4.1.6. Dobladores

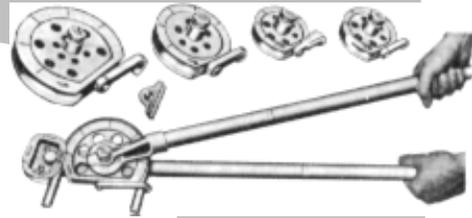
El doblador de tubería más sencillo y económico que realiza doblados seguros es el manual, el cual consiste de un muelle de alambre acerado en forma de espiral comúnmente conocido como doblador de gusano (Fig. 4.11.); este se expende en juegos que van de 1/4" a 5/8" de diámetro exterior. Se marcan en el tubo las señales entre las que va a producir el doblado, se introduce el tubo en el doblador de muelle centrando las marcas hechas y se le va dando poco a poco la curva que se desee. Si la curva no es muy cerrada, el muelle sale fácilmente; por el contrario, si la curva es tan cerrada como por ejemplo 90°, se lubrica el "gusano" y se saca dando vueltas en el sentido del enrollamiento del alambre del muelle.

**Fig. 4.11. Doblador de muelle o "gusano"**



Otros dobladores que tienen ciertos principios de mecánica también manuales son muy útiles cuando hay que sistematizar el trabajo de doblar, bien por el número de dobleces que haya que hacer o por la exactitud en el ángulo de los mismos, están basados en lo siguiente: una mordaza que sujeta el tubo y lo afirma; un disco o semidisco cuya periferia tiene forma exterior del tubo a doblar; una palanca giratoria desde el centro del disco con el extremo en forma de media caña y que se acopla al tubo que se va doblando en todo el recorrido de la vuelta (Fig. 4.12.)

**Fig. 4.12. Doblador de palanca**



## 5.1. Soldaduras y fundentes

En general se puede decir que las soldaduras son aleaciones de dos o más metales que en diferentes proporciones se emplean para unir piezas, ya sea por calor directo o por la temperatura alcanzada por las mismas.



Como norma se puede decir que las soldaduras funden a temperaturas menores que las piezas metálicas a unir; por tal motivo, no todos los metales se pueden alejar para formar soldaduras: primero, por fundir a elevadas temperaturas; segundo por carecer de resistencia adecuada a la presión o a la tensión (según sea el caso) y tercero, por no aceptar la aleación o liga con las piezas metálicas a unir.

Aún cuando existen muchas soldaduras, únicamente se hablará de aquellas que sirvan para unir tuberías de cobre y conexiones del mismo metal o aleaciones de éste.

Al sistema de unión de tuberías de cobre se le denomina **SOLDADURA CAPILAR** y se le llama así debido a que el espacio que existe entre la tubería y la conexión a unir es tan pequeño que compara con el grosor de un cabello (pelo); mientras más pequeño sea dicho espacio, con mayor facilidad se ejercerá la capilaridad.

El fenómeno físico de la capilaridad se define de la siguiente manera: un cuerpo de paredes cercanas entre sí sumergido en el seno de un líquido, provoca que el líquido ascienda por las paredes del cuerpo. Ejemplos de capilaridad. Ejemplos de dicho fenómeno se observan en la vida diaria como los siguientes: el papel secante, el cual absorbe la tinta, el quinqué o lámpara de petróleo en la que la mecha de lino retorcido absorbe el combustible hasta llegar a su

inicio para que con un simple cerillo nos proporcione la luminosidad requerida, por tales razones es fácil comprender que la soldadura fundida (líquido) al mojar la tubería y la conexión (sólido) circula por su superficie cualquiera que sea la posición que se tenga al realizar la unión (vertical, horizontal o inclinada).

La unión de las tuberías de cobre se realiza por medio de soldaduras blandas o fuertes (según sea el caso), dichas soldaduras se describen a continuación.

### 5.1.1. Soldaduras blandas

Son todas aquellas soldaduras que tienen punto de fusión abajo de 450° C; en el grupo de estas soldaduras existen tres de uso muy común y se emplean de acuerdo al fluido a conducir.

Todas las soldaduras, menos la llamada eutéctica pasan por un estado pastoso a los 183° C intermedio entre sólido y líquido.

La soldadura eutéctica es una solución de 37% de plomo y 63% de estaño.

#### 5.1.1.1. Soldadura 40 :60

Está compuesta de 40% de estaño (Sn) y 60% de plomo (Pb), es de color gris opaco (plomo).

Característica	Descripción
Composición	40% Sn y 60% Pb
Apariencia	Opaca (plomo)
Color	Gris
Temperatura de fusión sólido	183° C
Temperatura de fusión líquido	238° C
Resistencia a la presión a temperatura ambiente	8 kg/cm <sup>2</sup>
Temperatura máxima de servicio	70 ° C

No se recomienda el uso de esta soldadura en instalaciones de agua caliente.

Se recomienda en instalaciones de agua fría en casas de interés social y de tipo residencial, en edificios habitacionales y comerciales.

#### 5.1.1.2. Soldadura 50:50

Esta soldadura se compone de 50% de estaño (Sn) y 50% de plomo (Pb)

Característica	Descripción
Composición	50% Sn y 50% Pb
Apariencia	Brillante
Color	Grisácea
Temperatura de fusión sólido	183° C
Temperatura de fusión líquido	216° C
Resistencia a la presión a temperatura ambiente	10 kg/cm <sup>2</sup>
Temperatura máxima de servicio	120 ° C

Se recomienda emplear en instalaciones hidráulicas de casas de interés social y residencial, en edificios habitacionales y comerciales.

En vapor se recomiendan a presiones máximas de 0.5 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 5.1.1.3. Soldadura 95:5

La composición de esta soldadura es 95% de estaño (Sn) por 5% de antimonio (Sb).

Característica	Descripción
Composición	95% Sn y 5% Sb
Apariencia	brillante
Color	Grisáceo
Temperatura de fusión sólido	232° C
Temperatura de fusión líquido	238° C
Resistencia a la presión a temperatura ambiente	18 kg/cm <sup>2</sup>
Temperatura máxima de servicio	155 ° C

Se recomienda usar en instalaciones de vapor húmedo a presiones máximas de 1.0 kg/cm<sup>2</sup>.

Se recomienda usar en clínicas, hospitales, baños públicos, etc., también en instalaciones de gas, ya sea natural o L. P. ; en la conducción de aire acondicionado, aire comprimido y calefacción.

Otra aplicación que tiene esta soldadura es en aquellas líneas donde se pudiera llegar a congelar el agua ; naturalmente que una instalación no se diseña esperando que se congele el agua ; sin embargo ocasionalmente puede llegar a congelarse.

#### 5.1.1.4. Fundente

Al aplicar cualquiera de las soldaduras blandas se hace indispensable hacer uso de pasta fundente, dicha pasta debe tener la característica de ser anticorrosiva o exclusiva para soldar tubería de cobre.

Las funciones que desempeña la pasta fundente son : evitar la oxidación del cobre como metal cuando se aplica calor y romper la tensión superficial para facilitar el corrimiento de la soldadura.

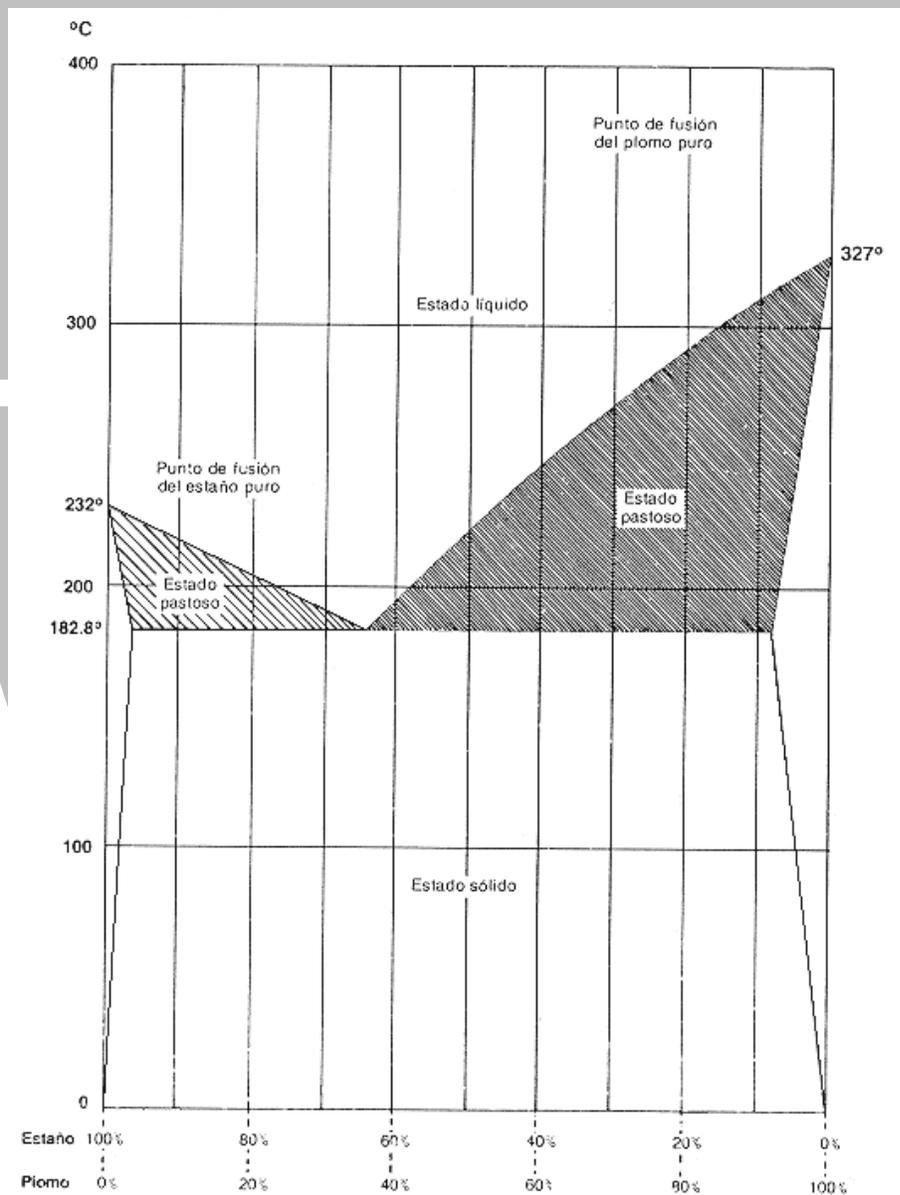
**Nota :** En el mercado existen otros tipos de soldaduras que en su interior tienen una resina (alma ácida) ; sin embargo estas soldaduras NO son recomendables para emplearse en la unión de tubería de cobre, pues el poder mojante del fundente que contiene, es insuficiente ya que viene en mínimas proporciones, además de contener ácido, lo que provocaría la corrosión en el cobre.

A continuación se presentan en resumen las diferentes características de las soldaduras blandas.

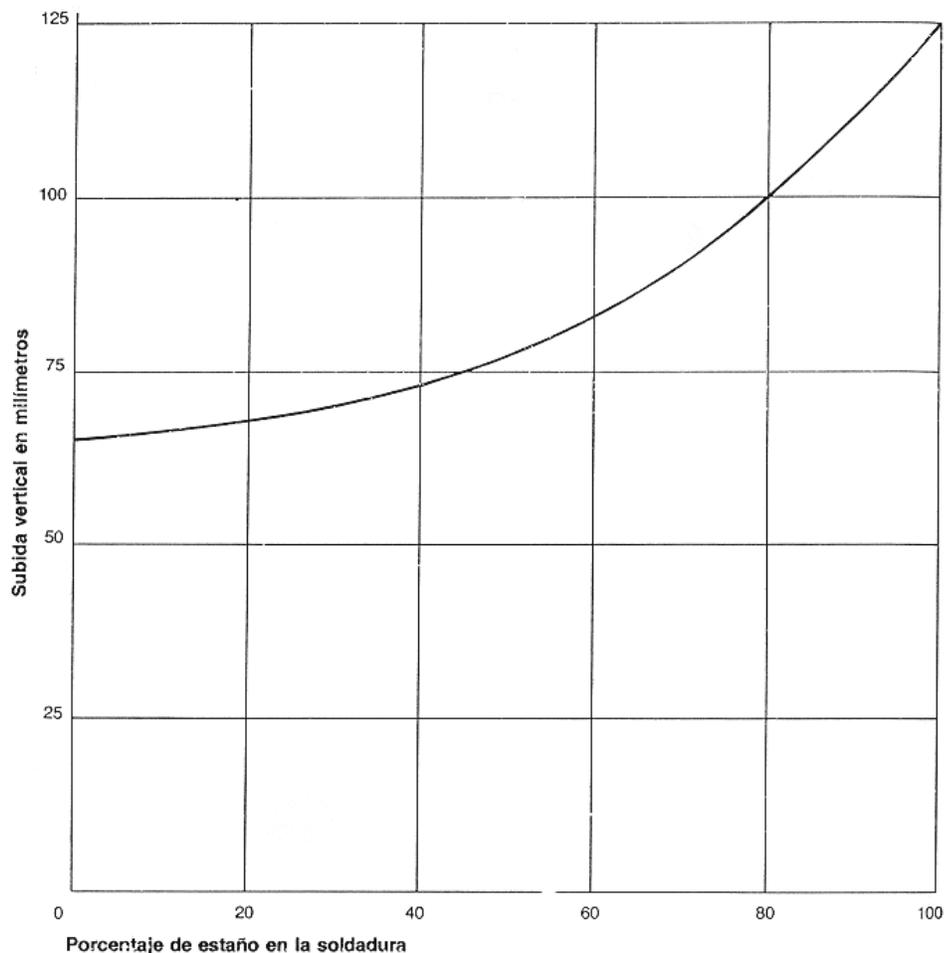
**Características de las soldaduras blandas**

Aleación	Composición	Temperatura de fusión °C		Temperatura máxima de trabajo °C	Presión máxima de trabajo (kg/cm <sup>2</sup> )		Densidad específica g/cm <sup>3</sup>
		Sólido	Líquido		Agua	Vapor	
40/60	40% estaño 60% plomo	183	238	70	8		9.30
50/50	50% estaño 50% plomo	183	216	120	10	0.5	8.85
95/5	95% estaño 5% antimonio	232	238	155	18	1.0	7.50

**Fig. 5.1. Puntos de fusión de la soldaduras blandas dependiendo de la composición de estaño y plomo**



**Fig. 5.2. Comportamiento de la soldadura según el porcentaje de estaño contenido**



### 5.1.2. Soldaduras fuertes

Las soldaduras fuertes se dividen en dos clases: las que contienen plata (Ag) y las que contienen cobre (Cu) y fósforo (P), éstas últimas son las más adecuadas para unir tuberías de cobre.

Las soldaduras de cobre (Cu) y fósforo (P) prácticamente sustituyen a las soldaduras con alto contenido de plata (5 a 20%), ya que con estas aleaciones se obtienen los resultados requeridos en las uniones de tubería de cobre y conexiones del mismo metal o de aleaciones del mismo.

Algunas soldaduras que se pueden recomendar se enlistan a continuación.

#### 5.1.2.1. UTP 37

Esta soldadura de flujo a base de cobre (Cu) y fósforo (P), se emplean en uniones de alta resistencia en cobre, latón y bronce, en la industria de refrigeración, eléctrica e hidráulica. No usar fundentes en uniones de cobre.

#### 5.1.2.2. UTP 35

Es una soldadura de aleación universal con 5% de contenido de plata (Ag), es para usos generales en uniones de metales ferrosos y no ferrosos. Su temperatura de fusión es de 710° C. Úsese fundente: UTP 35, cuando se une cobre con cobre no requiere fundente.

### 5.1.2.3. UTP 07

Es una soldadura aleada con 20% de plata (Ag). Especial para refrigeración, calefacción, oxígeno, gas, etc., su temperatura de fusión es de 78-810° C.

Úsese fundente : UTP AGM

### 5.1.2.4. Eutecrod 180

Soldadura especial, sirve para remplazar a las soldaduras de plata. Se recomienda en la reparación de partes delgadas ya sea de cobre o bronce. También se emplea en aparatos eléctricos, en refrigeración, aire acondicionado, rotores y en tuberías de cobre. Se identifica por tener marcadas sus puntas en color amarillo. Su temperatura de Fusión es de 700° C.

Úsese fundente : **Wonder Flux**

### 5.1.2.5. Aga fosco 750

Soldadura que sirve para remplazar a las soldaduras de plata, al igual que las anteriores es de flujo capilar y alta resistencia a la tracción.

Se emplea en piezas de cobre y aleaciones del mismo metal ; en juntas tope, a solapa y en tés. Se identifica por tener en sus extremos marcado el color amarillo.

Úsese fundente : **Aga - 2800**

### 5.1.2.6. Oxi weld 280

Soldadura de flujo capilar a base de cobre fosforado (sustituto de plata), con alta resistencia a la tensión (2,800 kg/cm<sup>2</sup>). Se recomienda emplear en tuberías de cobre y sus aleaciones ; en instalaciones sanitarias, motores eléctricos, serpentines de refrigeración, contactores, fabricación de artículos decorativos y artesanales.

Se identifica por tener en sus extremos marcado el color amarillo.

Úsese fundente **Flux weld 280** en uniones de cobre - bronce y cobre - latón.

En uniones de cobre a cobre no se requiere fundente.

### 5.1.2.7. Oxi weld 280 Ag

Soldadura de cobre fosforado con contenido de plata (5%), con alta resistencia a la tensión (2,920 kg/cm<sup>2</sup>).

Se recomienda emplear en tuberías de cobre y aleaciones del mismo metal, en instalaciones sanitarias, contactos eléctricos, mordazas de hornos, serpentines de unidades de refrigeración y aire acondicionado, etc.

Úsese fundente : Flux weld 280 en uniones de cobre - bronce y cobre - latón.

En uniones de cobre a cobre no requiere fundente.

## **5.1.3. Resistencia de la unión soldada**

Para determinar la resistencia de la unión es conveniente considerar si la unión está o no completamente llena. Se sabe que en las manos de un técnico capaz, la unión quedará llena porque el espacio capilar está correcto, porque la unión se calentará a la temperatura adecuada y porque la unión se habrá limpiado bien y se habrá recibido la cantidad correcta de fundente.

El siguiente cuadro muestra las presiones de trabajo que soportan las uniones soldadas según el tipo de soldadura utilizado

**Valores de la presión de trabajo en las juntas o uniones soldadas**

Soldadura usada en las uniones	Temperatura de servicio ° C	Presión en agua (kg/cm <sup>2</sup> ) medidas nominales			Presión en vapor saturado kg/cm <sup>2</sup>
		1/4" a 1"	1 1/4" a 2"	2 1/2" a 4"	
<b>No. 50</b> 50 % estaño 50 % plomo	37.8	14.06	12.30	10.55	-
	65.6	10.55	8.79	7.03	-
	93.3	7.03	6.33	5.27	-
	121.1	5.98	5.27	3.52	0.5
<b>No. 95</b> 95% estaño 5% antimonio	37.8	35.15	28.12	21.09	-
	65.6	28.12	24.61	19.33	-
	93.3	21.09	17.58	14.06	-
	121.1	14.06	12.30	10.55	1.05

#### **5.1.4. Importancia de la limpieza en las uniones soldadas**

Los metales, al contacto con el aire, tienden a oxidarse en menor o mayor grado dependiendo de su capacidad de reacción química (valencia), el cobre forma dos óxidos según la valencia con que se combine. Una de las características principales de los metales es el aspecto brillante que presentan, cuando el cobre se oxida pierde su brillantes, presentando un aspecto opaco. De ahí la importancia de la limpieza (con lija) anterior a la aplicación de la soldadura de las tuberías y conexiones a unir.

En una unión hecha correctamente las superficies se humedecen con el estaño de la soldadura. El lazo de unión químico no puede tener lugar sin la superficie metálica.

Es importante hacer notar que no se debe dejar la acción limpiadora al fundente y se recomienda insistentemente que no se usen fundentes que contengan ácidos u otros agentes que se añadan para que actúen de limpiadores.

El fundente tiene una función muy apropiada, debe disolver o absorber los óxidos, tanto en la superficie del metal como en la superficie de la soldadura, que se formen durante la operación de soldadura. O si se ve en otra forma, debe evitarse la formación de óxidos mientras se sueldan las superficies limpiadas previamente. Con este fin el fundente debe adherirse tan ligeramente a la superficie metálica que la soldadura pueda sacarlo de ahí conforme avanza sobre la superficie.

**5.1.5. Cantidad de soldadura en las uniones**

Diámetro de la unión mm	Cantidad de Soldadura				
	Por unión cm	Por 100 uniones			
		m	40/60 kg	50/50 kg	95/5 kg
9.5	1.3	1.30	0.114	0.108	0.091
12.7	1.6	1.60	0.140	0.133	0.112
19.0	2.2	2.20	0.193	0.183	0.154
25.4	2.9	2.90	0.254	0.241	0.204
31.7	3.5	3.50	0.307	0.291	0.246
38.1	4.1	4.10	0.359	0.341	0.288
50.8	5.4	5.40	0.473	0.450	0.379
63.5	6.7	6.70	0.588	0.558	0.471
76.2	8.0	8.00	0.702	0.666	0.562
101.6	10.5	10.50	0.921	0.875	0.738

**Nota :** Úsese una parte de pasta fundente por cada 8 de soldadura

Los carretes de soldadura, de acuerdo a su peso específico, tiene las siguientes longitudes :

- No. 50                                      Alambre de 3 mm de diámetro                      5.40 m
- No. 40                                      Alambre de 3 mm de diámetro                      5.13 m
- No. 95                                      Alambre de 3 mm de diámetro                      6.40 m

## 6

## CAPÍTULO

## 6. Protección de las tuberías de cobre

### 6.1. Corrosión

Debido a que la mayoría de los metales en su estado natural forman compuestos ; óxidos, sales, etc. ; la corrosión se puede definir como : “La tendencia de los metales a volver a su estado natural” ; debe quedar de manifiesto que la corrosión es un fenómeno electroquímico, es decir que se presenta a través de una transferencia de electrones.

Aún cuando hay un gran número de factores que influyen en la corrosión de los metales, la mayor parte de ellos la afectan única-mente en cuanto a la cantidad y distribución de la misma. Químicamente podemos clasificar la corrosión en dos tipos :

- Ataque debido a la presencia de oxígeno.
- Ataque por ácidos oxidantes con desprendimiento de hidrógeno.

De acuerdo a la teoría electroquímica, para que empiece la corrosión es preciso tener un metal cuyo potencial sea diferente del potencial de los iones catódicos de la solución con la cual está en contacto. Los iones catódicos más comúnmente encontrados en las soluciones corrosivas naturales, son los de hidrógeno. De ahí que ordinariamente la tendencia de un metal hacia la corrosión es determinada por su potencial con respecto al hidrógeno.

En la tabla que se da a continuación se pueden encontrar los potenciales electroquímicos de los principales metales, se puede ver que la mayor parte de los metales comerciales son de potencial negativo con respecto al hidrógeno, en tanto que el cobre (Cu) es el único de ellos con potencial positivo, por lo cual, junto a la plata (Ag), mercurio (Hg), oro (Au) y platino (Pt) son denominado como **metales nobles**.

En consecuencia, el cobre, dentro de los metales comúnmente usados en la

fabricación de tuberías, es el que tiene la menor tendencia hacia la corrosión y permanece inafectado frente a condiciones que hacen que otros metales se corroan.

#### Serie de potenciales de los metales

Metal	Símbolo químico	Potencial (voltios)
Magnesio	Mg	- 2.40
Aluminio	Al	- 1.69
Manganeso	Mn	- 1.10
Zinc	Zn	- 0.76
Fierro	Fe	- 0.44
Cadmio	Cd	- 0.40
Níquel	Ni	- 0.25
Estaño	Sn	- 0.16
Plomo	Pb	- 0.13
Hidrógeno	H	± 0.00
Cobre	Cu	+ 0.35
Plata	Ag	+ 0.81
Mercurio	Hg	+ 0.86
Oro	Au	+ 1.38
Platino	Pt	+ 1.60

El potencial negativo es la disposición de ceder electrones (cátodo), y el potencial positivo la disposición de admitir electrones (ánodo).

Como se dijo anteriormente, la corrosión de un metal es generalmente una reacción electroquímica, que comprende la solución de un metal con iones en áreas anódicas y deposiciones de hidrógeno del electrolito en área catódica. La reducción del oxígeno para formar iones hidróxilo es la reacción catódica predominante en el cobre y sus aleaciones, de ahí que la presencia de oxígeno y otros agentes oxidantes sea esencial para causar la corrosión en estos metales. Como los iones en solución van unidos con iones hidróxilos metálicos, puede darse el caso de que formen un recubrimiento adherente y no poroso, que protegerá al metal de una corrosión ulterior, esta producción dependerá en gran escala de la solubilidad del producto de corrosión en el medio ambiente.

Por otro lado, en presencia de oxígeno, el cobre es el único metal que tiene la

propiedad de formar en su superficie una capa protectora de óxido y sulfato de cobre llamada **pátina**, que a diferencia de otros metales, que también lo hacen, es completamente lisa e insoluble en agua y en lugar de que afecte al metal lo protege contra el ataque del medio que lo rodea ; el poco óxido que al principio de la formación de la capa se llegara a desprender, no es perjudicial a la salud ya que por un lado el cobre es necesario al metabolismo humano y por otro, se requerirían tomar 22.5 litros de agua en tubería de cobre nueva para consumir la misma cantidad de cobre que contiene un plato de ostiones. Esto es contrario a otros tipos de tuberías metálicas en las que el óxido que forman puede tener concentraciones tales que lleguen a ser perjudiciales a la salud.

Frecuentemente, sobre la primera película (pátina) se depositan otras constituidas de sales cúpricas que generalmente mejoran la protección. Cuando por algún motivo, que puede ser inclusive un exceso de velocidad, se desprenda del tubo la película de óxido cuproso, ocasionaría que aumentase la corrosión de la tubería.

Hay otros tipos de corrosión que pueden sufrir ciertos metales y sus aleaciones dependiendo del medio y condiciones de trabajo, a continuación se describen.

## 6.2. Tipos de corrosión

### 6.2.1. Corrosión aérea

En la cual el electrolito es la capa condensada de aire, que cubre el metal.

### 6.2.2. Corrosión terrestre

En este tipo de corrosión, el electrolito está formado de una capa condensada de humedad, no proveniente de la atmósfera, sino del suelo donde está el material. La corrosión del cobre y sus aleaciones por el suelo, dependen de sus propiedades físicas y químicas de manera compleja.

Se han reconocido como causas de corrosión las siguientes :

- a) Aereación diferencial
- b) Ácidos y sales del suelo
- c) Distinta composición química y propiedades físicas del suelo, en contacto con un mismo metal
- d) Presencia en el suelo de materiales de desecho, cenizas, detritus, etc.
- e) Corrientes perdidas
- f) Bacterias anaerobias
- g) Par galvánico

Con exclusión de los tres últimos casos, las causas de corrosión residen en el suelo, el cual por sus propiedades físicas y químicas determina el ataque.

#### 6.2.2.1. Propiedades físicas del suelo que influyen en la corrosión

Desde el punto de vista de la corrosión, son el conjunto de propiedades interdependientes, tales como la textura, estructura, porosidad, contenido de humedad, drenaje (filtración), etc., de las cuales depende la aereación del suelo.

#### 6.2.2.2. Propiedades químicas del suelo que influyen en la corrosión

Interesa la composición del estrato acuoso, es decir, de las sales como cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos, alcalinos y alcalino térreos, amonio, acidez y pH ; del conjunto de todas ellas depende la resistividad.

Concebida la corrosión metálica en un medio electrolítico como un fenómeno electroquímico, con áreas catódicas y anódicas discretas, la existencia de las mismas sería una consecuencia de heterogeneidad en el metal o en el medio de contacto con él. Causas a, c y f.

En las numerosas pilas en corto circuito que se forman, los ánodos y cátodos están polarizados con concentración y sobre voltaje, en un grado que depende de la composición química del electrolito (sales del suelo), de la aereación del mismo (oxígeno) y

de la naturaleza del metal, las zonas donde el acceso de oxígeno es más fácil, cuando el metal es único, son siempre catódicas y ellas se comportan como un electrodo de oxígeno más o menos irreversible y las zonas donde el acceso de oxígeno es nulo o pequeño, son las zonas anódicas. La acidez total actúa en el sentido de mantener la superficie de los electrodos libres de depósito.

La velocidad con que los distintos tipos de suelo atacan al cobre, dependen en gran parte de la rapidez con que polarizan las áreas catódicas y anódicas.

### **6.2.3. Recomendaciones para evitar la corrosión química**

Una regla fundamental que se deberá procurar respetar al instalar la tubería de cobre consiste en lo siguiente :

**Nunca se debe instalar tubería de hierro galvanizado abajo de la tubería de cobre en dirección al flujo**, esto con el propósito de evitar la corrosión del tubo de hierro por electrólisis, ya que el óxido de cobre que se llegue a desprender de la tubería y que llegara a depositarse en la superficie del tubo de hierro formaría **pares galvánicos**, sirviendo el agua como electrolito.

Debido a que la tubería de cobre no permite adherencias ni incrustaciones, el óxido de hierro no llega a depositarse en el tubo de cobre al colocar las tuberías a la inversa.

El **par galvánico** es un fenómeno electroquímico en el cual, al estar dos metales de diferente potencial electroquímico en contacto directo en un medio electrolítico, el metal menos noble (ánodo) tiende a disolverse.

En las instalaciones hidráulicas, tanto el agua como la humedad del aire pueden servir de electrolitos, por lo cual **se deberá evitar el contacto directo entre ambos metales (Cobre y Hierro)**.

No obstante la gran resistencia a la corrosión de la tubería de cobre dentro de las instalaciones, es menester tomar algunas medidas preventivas.

Para anular o disminuir el indicio de corrosión de la tubería de cobre, la forma más eficaz es evitando el contacto directo, es decir, aislando la tubería de cobre.

Las condiciones de prevención que se mencionaran más adelante, son válidas solamente para situaciones donde el agente corrosivo no es muy agresivo. Para el caso de agentes más corrosivos es forzoso realizar un análisis metódico de los elementos que propician la corrosión y a partir de éste se define el mejor método de protección a utilizar.

### **6.2.4. Corrosión - erosión o corrosión por choque**

Este tipo de corrosión, se presenta al hacer circular agua a velocidades inapropiadas. Cabe mencionar que el ataque es también de naturaleza electroquímica ; lo que sucede es que las altas velocidades del flujo interfieren en la formación de la película protector, esto permite el ataque en forma desigual.

**Desde el punto de vista práctico, no se consideran favorables velocidades que excedan 2.9 m/s para cobre en la mayoría de las aguas municipales.**

Existen varios factores que incrementan susceptiblemente el ataque por choque y deberán evitarse. Entre los principales están los gases o sólidos atrapados, las turbulencias que se producen por cambios direccionales en las conexiones (codos, tes) lo cual ocasiona que queden porciones del metal desprotegidas adyacentes a ellas, provocando corrosión por el choque y perforaciones en la tubería.

**La susceptibilidad del cobre a la corrosión - erosión, aumenta cuando el pH es menor a 6.8** y también en un medio altamente clorinado (ejemplo, agua de mar y salmuera).

Se deberá hacer una cuidadosa inspección antes de utilizar el tubo de cobre, tomando las precauciones necesarias para evitar que el tubo quede expuesto a la corrosión por picaduras ; siendo admisible que hasta ese momento se desconozcan las condiciones exactas de la superficie del tubo para evitarlas ; es aconsejable considerar que

cualquier depósito en la tubería que no sea óxido cuproso, sea considerado como sospechoso. Si se van a usar tubos en estas condiciones, deberán limpiarse para remover dicho material antes de instalarse.

Si existe merma o disolución de la película de óxido en el cobre, es seguro que haya un ataque generalizado, pudiendo evitarlo con la elevación del pH, que por lo regular es suficiente para reducir el ataque y desde luego a que el cobre del tubo entre en solución, manteniéndose a niveles muy bajos.

La corrosión por choque resulta cuando el flujo es lo suficientemente rápido para remover los iones de cobre antes de la formación de la película de óxido cuproso.

Considerando la naturaleza del fenómeno de corrosión por picadura y basado en las pruebas laboratorio, deberá haber una capa localmente interrumpida y eléctricamente conductora, sobre la zona de ataque como condición para perforaciones. Dicha membrana está compuesta por lo general de óxido cuproso, actuando en su parte inferior como ánodo y en la parte superior como cátodo.

Los iones de  $\text{Cu}^+$  (monovalentes) que se desarrollan en una picadura pueden ser oxidados a iones  $\text{Cu}^{++}$  (bivalentes) en la parte inferior de la capa. Con el cobre metálico, los iones  $\text{Cu}^{++}$  forman además iones  $\text{Cu}^+$  manteniéndose así el ciclo. Una parte de los iones  $\text{Cu}^+$ , atraviesa la capa; siendo oxidados por el oxígeno del agua, cayendo así a su forma bivalente, parcialmente como una sal básica, ésta hace que se forme una “**marca de viruela**” en la parte superior de la picadura. El resto de la capa en su parte superior, se ha convertido catódica, así reduce el ion monovalente y continua su participación en el ciclo, asegurando el flujo de la corriente a través capa. La fuerza creada es la diferencia de concentración de iones de  $\text{Cu}^+$  entre la parte interior de la perforación y la exterior que la rodea. La concentración de iones  $\text{Cu}^{++}$  no tiene influencia.

Las condiciones para iniciar la corrosión por picadura, son capas de óxido cuproso, con inclusiones de cloruro de cobre entre el óxido y el metal base.

### 6.3. Corrosión microbiológica de las tuberías de cobre

En general, la mayoría de los suelos contienen una enorme población de microorganismos, tanto en número como en diversidad; bacterias, hongos, algas y otros, son de los grupos mayormente encontrados en los suelos.

Entre los miles de microorganismos, solamente algunos han sido realmente considerados como agentes corrosivos biológicos. Estos tienen forma de barra o coma, los cuales traen como consecuencia transformaciones en el azufre (S). El primer grupo de estas bacterias, es el *Thiobacilli*, una bacteria aerobia, esto es que requiere la presencia de aire para crecer.

Elas son también únicas en el mundo microbiológico, porque obtienen su energía de la oxidación del azufre elemental, como el tiosulfato y en algunos casos, de los politionatos, sulfuros y sulfitos. El producto final de su oxidación, es el ácido sulfúrico, que puede ser formado en cultivos con pH tan bajo como 0.7.

El segundo grupo de estas bacterias “azufre”, son estrictamente anaerobias, esto es que no requieren del oxígeno para crecer. En ocasiones se encuentran aparentemente creciendo en un ambiente rico en oxígeno, ya que utilizándolo provoca el ambiente anaerobio requerido. Estas bacterias anaerobias, pueden reducir compuestos de azufre oxigenados, como sulfatos, ceder sulfuro si existe una fuente de electrones o si el hidrógeno está presente.

Este grupo de bacterias reductoras de sulfato, se divide en dos: un grupo que produce esporas, cuerpos minúsculos resistentes que se forman en la celda bacterial y las bacterias que no forman esporas.

Las que forman esporas han sido clasificadas en un nuevo género, *Sulfotomcaulum*. Algunos de estos organismos son termofílicos, o sea que requieren altas temperaturas (45° C a 55° C) para crecer.

Las bacterias no formadoras de esporas del tipo reductoras de sulfato, son miembros del género *Disulfovibrio*, requieren de un pH favorable, son más comunes para la gente relacionada en el campo de la corrosión. La habilidad de estas bacterias a utilizar hidrógeno molecular como un electrón donador, forma la parte esencial de la teoría de la despolarización catódica de la corrosión anaerobia.

En adición a las condiciones anaerobias de hidrógeno donado y otros nutrientes, las *Disulfovibrio* requieren de un pH favorable, se ha demostrado que debe estar entre 6.5 a 8.0 con rango límite de 5.5 a 9.0.

Aparte de este grupo de bacterias de azufre, un gran número de otras bacterias están asociadas con la corrosión microbiológica y muchos de estos organismos están también asociados con reductores de sulfato, otras llamadas bacterias de hierro que oxida compuestos de hierro.

## 6.4. Corrosión por electrólisis de corrientes derivadas

A la electrólisis se le atribuye frecuentemente la corrosión de la tubería del subsuelo, cuando en realidad, la dificultad se debe enteramente a las condiciones del terreno.

No obstante, casos reales de este tipo de corrosión están siendo grandemente disminuidos con el empleo de mejores métodos en la distribución de la energía y la moderna tendencia de reemplazar los tranvías eléctricos.

En contraste con otras clases de corrosión, los materiales y las condiciones del ambiente son de importancia en este caso. La forma más efectiva de prevenirla es por medio del control de las corrientes directas, línea a tierra o el empleo de juntas aisladas, si se sabe que la electrólisis tiene efecto perjudicial sobre el tubo de cobre, estas medidas preventivas pueden ser empleadas en forma efectiva con él.

## 7.1. Dilatación térmica

Cuando se calienta un cuerpo sólido, la energía cinética de sus átomos aumenta de tal modo que las distancias entre las moléculas crece, expandiéndose así el cuerpo, o contrayéndose si es enfriado. Estas expansiones y contracciones causadas por variación de temperatura en el medio que le rodea debe tomarse en cuenta siempre un diseño; por ejemplo, cuando se construyen puentes con pavimento de hormigón, se dejan huecos entre tramos para evitar agrietaduras o abombamientos si se hace el pavimento de una sola pieza. De igual forma los rieles de la vía del ferrocarril tienen entre tramo y tramo una separación para evitar los efectos de las variaciones de temperatura. (al hacer referencia a dilatación térmica, queda implícita la existencia de contracción térmica).

Cuando las tuberías de cobre conducen fluidos a temperaturas diferentes a las del medio ambiente sufren de este fenómeno, por lo cual su colocación y fijación se deben prevenir ya sea cuando estén empotradas o visibles, por lo que a continuación se hablará de esto; primeramente observando cuanto se dilata o contrae la tubería, si este movimiento no es excesivo se preverá su fijación y aislamiento, y cuando éste sea mayor se diseñará la curva de dilatación que contrarreste el movimiento.

**El coeficiente de dilatación térmica del cobre es de  $17.0 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  de  $20^\circ$  a  $100^\circ\text{C}$**

Esto significa que un metro de tubo se alarga 1.7 mm cuando su temperatura aumenta  $100^\circ\text{C}$ , por lo tanto, es necesario tomar en cuenta este factor en el montaje de tuberías de cobre.

El diagrama de la figura 7.1 permite determinar fácilmente la dilatación térmica de tramos de tubo de hasta 10 m de longitud. Las variaciones de longitud se obtienen de las siguiente fórmula :

$$DL = 0.017 \times L \times t \quad (7.1.)$$

Siendo :

DL = Variación de longitud, en mm

L = Longitud inicial del tubo, en m

t = Diferencia de temperaturas, en  $^\circ\text{C}$

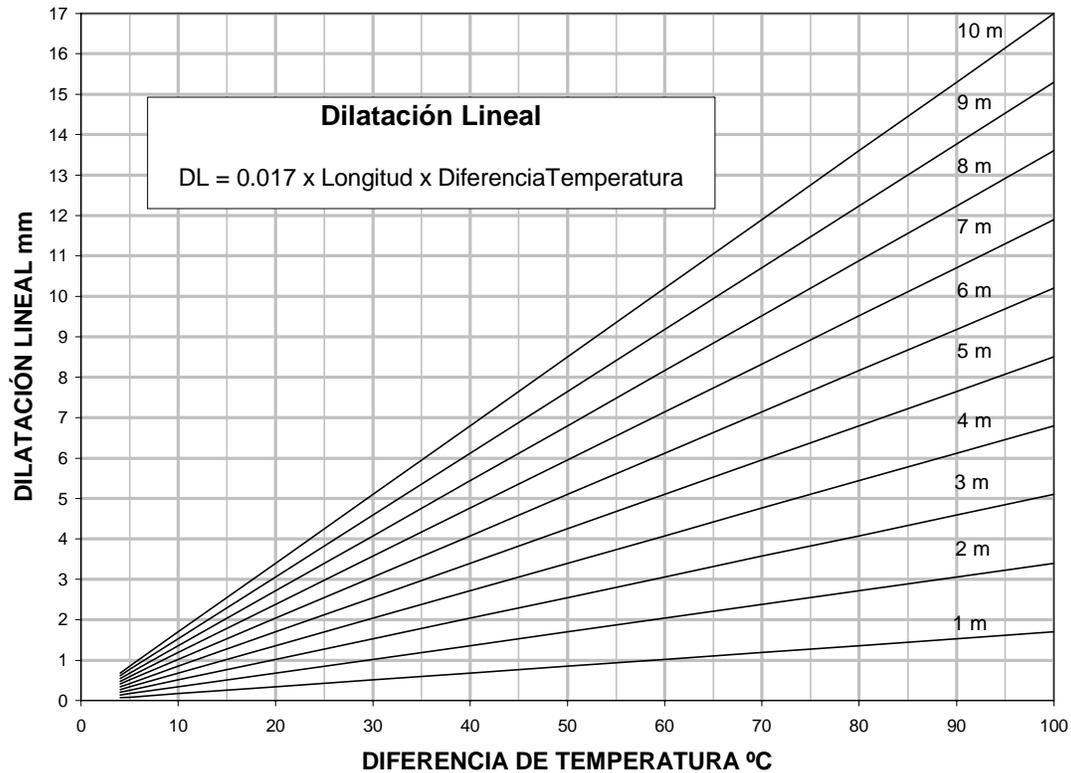
Se considera como diferencia de temperaturas la diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura máxima de servicio.

## 7.2. Colocación de las tuberías de cobre

Puesto que proporcionarán un servicio muy prolongado y durarán por lo menos, tanto como el inmueble, las tuberías de cobre se deben de colocar cuidadosamente. Para ejecutar bien este trabajo hay que tener en cuenta las tres reglas siguientes :

1. Realizar uniones que sean perfectamente herméticas, sin remiendos de ninguna clase.
2. Apoyar las tuberías de modo que el peso de los tubos cargue sobre los soportes y no sobre las uniones.
3. Tomar las medidas necesarias para la libre contracción y dilatación de los tubos por los cambios de temperatura.

**Fig. 7.1. Dilatación de los tubos de cobre en función de la diferencia de temperatura**

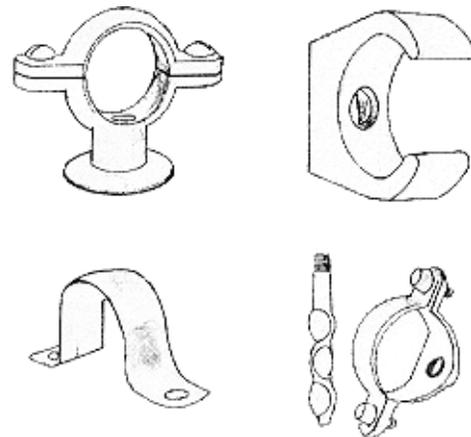


### 7.2.1. Soportes para las tuberías de cobre

Los tubos de cobre se fijarán a lo largo de las paredes o se colgarán del techo por medio de abrazaderas, de las que existen una gran variedad en el mercado (Fig. 7.2.).

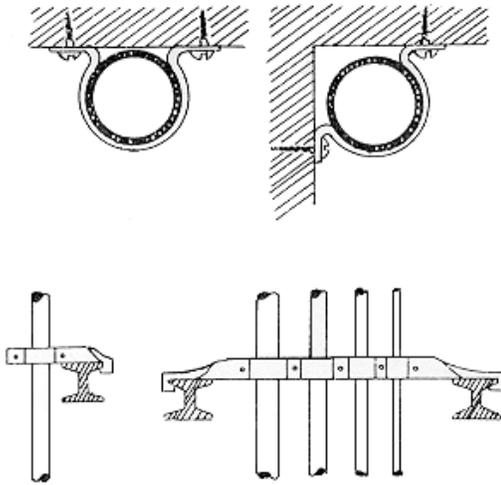
Las abrazaderas serán preferentemente de latón o de cobre, o en su defecto de cualquier otro material no ferroso, ; para evitar que se oxiden y duren así indefinidamente, sin provocar para galvánico.

**Fig. 7.2. Diferentes tipos de abrazaderas empleadas en tubo de cobre.**



Se pueden también preparar soportes destinados a fijar los tubos al techo, a las esquinas de las paredes, a las vigas de acero, o que sirvan de soporte común a varios tubos (Fig. 7.3.).

**Fig. 7.3. Preparación de soportes para tubos de cobre**



Para las tuberías horizontales, con tubos de 10 a 25 mm (3/8" a 1") de diámetro, los soportes se colocarán cada uno a dos metros. Si los tubos son de dimensiones superiores se podrán colocar cada dos o tres metros.

Las tuberías verticales, hasta 25 mm (1") de diámetro, requieren de un punto de sujeción por piso. Para los diámetros superiores bastará con dos soportes por piso.

Si las tuberías para agua caliente van empotradas, es necesario dejar espacio libre alrededor de los tubos y sobre todo en los extremos, lo que se logra forrando las tuberías con revestimiento impermeable al cemento o al yeso, que si no lo inutilizarían. El espesor del revestimiento no será, por lo tanto, solamente función del aislamiento deseado sino también de la dilatación que haya que permitir.

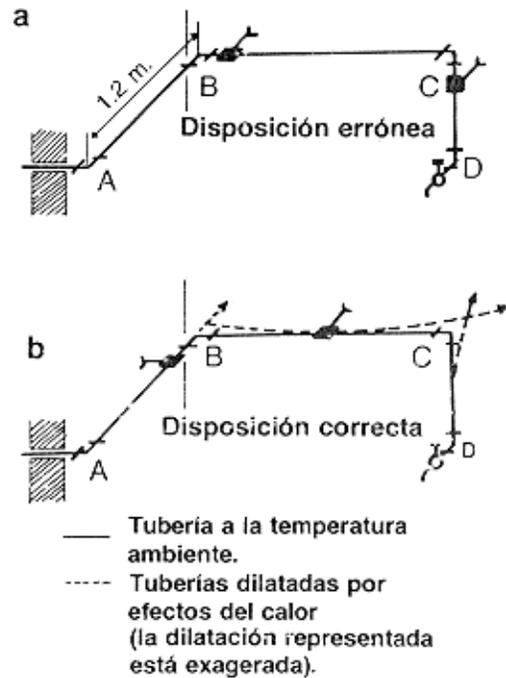
Esto se debe tener en cuenta principalmente en las curvas y derivaciones, para que puedan desplazarse libremente. Hay que disponer de las cosas de modo que haya una posibilidad de libre movimiento entre dos puntos fijos; se consigue con cambios de

dirección de las tuberías o liras de radio suficiente.

Para mayor claridad se exponen algunos diseños sencillos de instalaciones, con las disposiciones erróneas y las correctas.

**7.2.1.1. Caso de una instalación para agua caliente realizada con tubo de cobre no empotrado**

**Fig. 7.4. Tubería de agua caliente no empotrada**



Para el caso **a**, las abrazaderas no han sido correctamente dispuestas; el tramo de tubo que atraviesa la pared cerca del punto **A** ha sido revestido de cartón ondulado para que pueda absorber la dilatación del tramo **A-B**. Además ha sido completamente empotrado el pequeño tramo de tubo que sale de la pared cerca del punto **A**. Los errores son los siguientes:

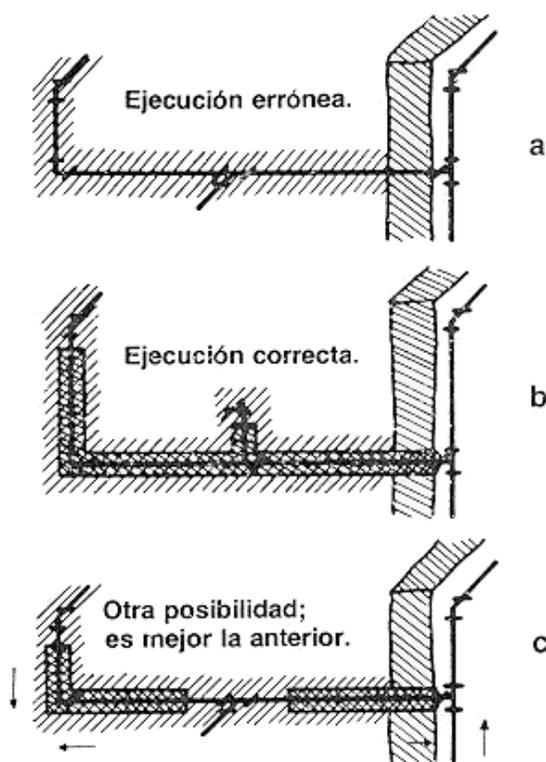
- a) El empotramiento y la mala colocación de la abrazadera **B**, colocada demasiado cerca de la conexión, impide el movimiento del tramo **A-B**.
- b) La errónea colocación de la abrazadera **C**, impide el movimiento del tramo **B-C**.

Como consecuencia, cuando la instalación se ponga en servicio, se producirá el agrietamiento del revestimiento de la pared.

En el caso **b** de figura 7.4., se muestra la disposición correcta; la apropiada colocación de las abrazaderas evitará que se produzcan desperfectos.

### 7.2.1.2. Caso de una instalación de agua caliente empotrada

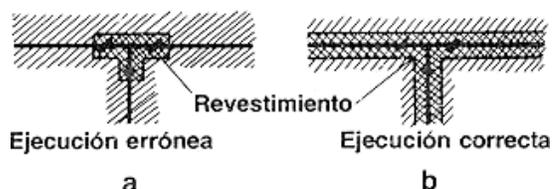
**Fig. 7.5. Derivación de agua caliente empotrada**



La figura 7.5. caso a, representa la ejecución errónea del detalle de una derivación para agua caliente, empotrada, en la que solamente han sido revestidos los tramos de tubería en la zona próxima a la unión. Los tubos, revestido solamente de cartón ondulado, están empotrados rígidamente. En estas condiciones, cuando el tubo se dilata no encuentra posibilidad de movimiento y se producen tensiones que repercuten sobre las uniones. Como consecuencia la soldadura blanda puede ceder y se pueden producir fugas.

El caso b de la figura 7.5., se presenta la ejecución correcta de la misma instalación, revistiendo los tubos en toda la su longitud. El revestimiento permitirá el movimiento y evitará así que las uniones sean fastidiadas fuertemente.

**Fig. 7.6. Tuberías de agua caliente empotrada**



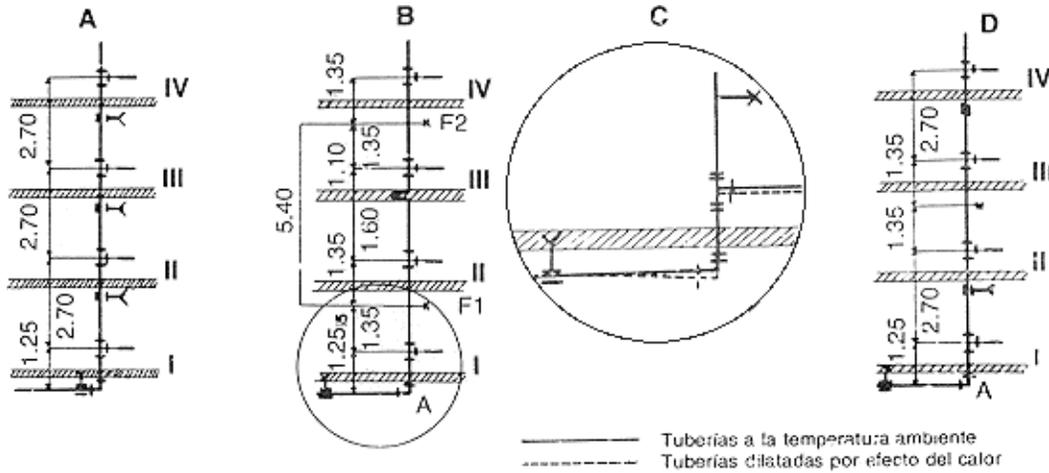
En la figura 7.6.a. se presenta la ejecución errónea de una derivación para agua caliente. La disposición de las distintas partes de la instalación es tal que se impide todo movimiento debido a la dilatación térmica. Como consecuencia ocurrirá que las uniones puedan llegar a fastidiarse y se podrían producir fugas. La figura 7.6.b. presenta el correspondiente montaje correcto de la misma derivación.

La figura 7.7. presenta la ejecución de una columna ascendente para agua caliente en una casa de 4 pisos. Las consideraciones se efectúan sobre las condiciones de dilatación que tienen lugar para una diferencia de máxima de temperatura de 80° C.

En la figura 7.7.A. se presenta la ejecución errónea de la instalación; la abrazadera de suspensión de la tubería en el sótano del edificio ha sido colocada demasiado cerca de la columna ascendente y así impide su movimiento hacia abajo.

**Fig. 7.7. Columna ascendente para agua caliente en una casa de 4 pisos**

- A) Ejecución errónea
- B) Ejecución correcta
- C) Detalle de la parte inferior de la columna ascendente, ejecución (B) (la dilatación se ha representado exagerada)
- D) Otra posible solución. Es preferible la solución (B)



La dilatación se verifica solamente hacia arriba.

Las dilataciones de los diferentes tramos se indican en el cuadro siguiente :

Derivación	Altura de las derivaciones respecto a la tubería del sótano (m)	Dilataciones hacia arriba (mm)
I	9.35	12.3
II	6.65	8.8
III	3.95	5.2
IV	1.25	1.6

Estas dilataciones son importantes y no pueden ser absorbidas de ningún modo.

En la figura 7.7.B. se presenta la ejecución correcta. Aquí se ha colocado una lira "S" entre las derivaciones II y III, además de los dos anclajes F1 y F2, separados entre sí 5.40 m.

Las dilataciones de los diversos tramos de esta instalación se indican en el cuadro siguiente :

Derivación	Distancias al punto fijo más cercano (m)	Dilataciones (mm)
IV	1.35	1.8
F2	0.00	0.0
III	1.35	1.8
II	1.35	1.8
F1	0.00	0.0
I	1.35	1.8
A	2.60	3.4

La dilatación absorbida por la lira S, para una diferencia de 80° C, es de :

$$5.40 \times 0.0170 \times 80 = 7.3 \text{ mm}$$

En la figura 7.7.C. se presenta el detalle de la parte inferior de la columna ascendente.

La figura 7.7.D. presenta una solución alternativa, pero es preferible la solución de la figura 7.7.B.

Las dilataciones, en la disposición de la figura 7.7.D., son las indicadas en el siguiente cuadro :

Derivación	Distancias al punto fijo F (m)	Dilataciones (mm)
IV	4.05	5.3
III	1.35	1.8
F	0.00	0.0
II	1.35	1.8
I	4.05	5.3
A	5.30	7.0

En montaje se deberá tener en cuenta que, cuando la instalación esté en funcionamiento, el punto "A" se desplazará hacia abajo 7 mm.

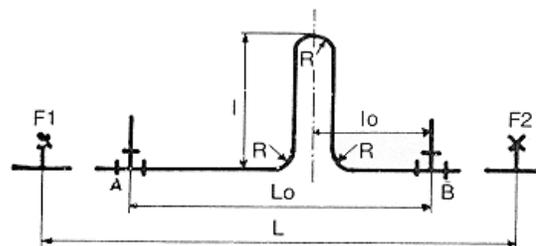
### 7.3. Curvas de dilatación

Las curvas de dilatación pueden ser de distintas formas, en la figura 7.8. se presenta el tipo que, a igualdad de espacio ocupado y facilidad de ejecución, da el mejor resultado.

Los valores mínimos de **Lo** y **lo** en función de diámetro del tubo se indican en el siguiente cuadro. Se trata de valores informativos

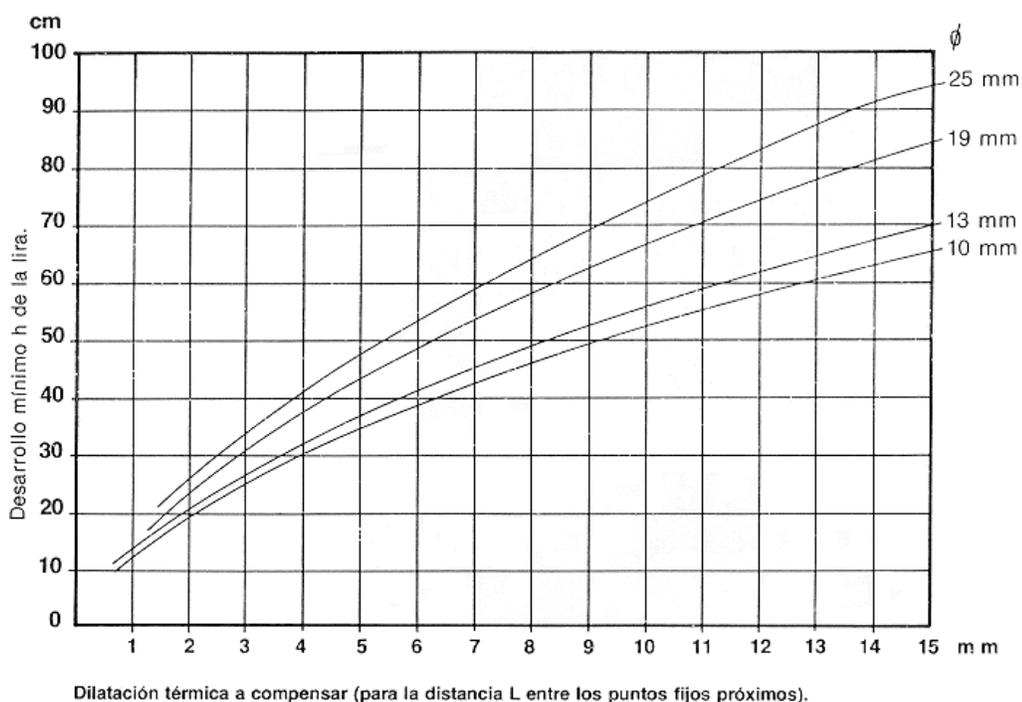
solamente válidos en condiciones tales que la lira y todo el tramo **A-B** puedan moverse libremente en el sentido del tramo **Lo**.

Fig. 7.8. Ejemplo de lira de dilatación



L = Distancia entre los puntos fijos más próximos.  
 Lo = Distancia entre las derivaciones más próximas.  
 lo = Distancia a la derivación más próxima.  
 R = Aprox. 3 veces el  $\phi$  exterior del tubo.

Fig. 7.9. Diagrama que da el desarrollo mínimo de las liras en función de la dilatación térmica a compensar.



### 7.3.1. Valores mínimos de $L_o$ y $l_o$ en función del diámetro del tubo para las liras de dilatación

	Diámetro del tubo mm				
	13	16	19	25	32
Lo mínimo cm	100	120	140	160	180
lo mínimo cm	25	30	35	40	45

Nota : si dos derivaciones resultaran estar más próximas que el valor mínimo  $L_o$ , se elegirá una lira de mayor desarrollo, colocándola, si es posible, en el punto medio entre las dos derivaciones.

Hay que hacer notar que la lira debe estar situada a una distancia de la derivación más próxima al menos igual a  $l_o$ . Se obtiene el mejor resultado cuando la línea media de la lira está equidistante de las dos derivaciones más próximas.

Cualquier obstáculo a la movilidad del tramo de tubo en forma de **U**, derivado, por ejemplo, de acanaladuras en la pared demasiado estrechas, o de abrazaderas mal situadas, producirá mayores esfuerzos en el

tubo o en los puntos de unión **A** y **B**, y así en un tiempo más o menos breve, se producirán desperfectos.

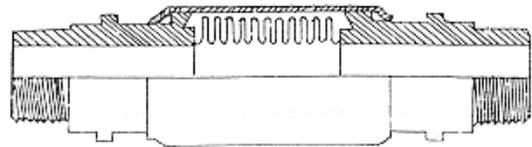
El desarrollo de las liras se obtiene del diagrama de la figura 7.9.

Si dos derivaciones estuvieran más próximas que el valor mínimo  $L_o$ , indicado en el cuadro, se deberá realizar una lira con mayor desarrollo que el del valor de  $H$  del diagrama.

Como regla se puede tomar que para un valor  $L_o$  inferior en **25%** al valor mínimo de la tabla, hay que aumentar  $H$  en **10%**; para una disminución de  $L_o$  del **50%** hay que aumentar  $H$  en un **40%** aproximadamente.

También se pueden utilizar dispositivos compensadores de dilatación axiales, que ocupan poco espacio (Fig. 7.10.)

**Fig. 7.10. Compensador de dilatación axial (Doc. Rudolph)**



## 8

## CAPÍTULO

## 8.1. Prefabricación

La prefabricación se define como la habilitación de elementos fuera de obra, permitiendo que el ahorro de los tiempos de entrega y reducción en los costos debido a su habilitación simultánea a la construcción, al ahorro y control de los materiales y a la optimización de los rendimientos de los tiempos y movimientos en mano de obra. Esto provoca el disponer de espacios alternos adecuados para la realización de los elementos.

Para poder ser rentable el utilizar este sistema, requiere de un alto volumen de producción que permita costos más bajos que el de los sistemas tradicionales. Por lo tanto la prefabricación de redes hidráulicas es factible, considerando beneficios económicos, si se sigue el método adecuado.

**Nacobre**, apoyando la prefabricación de redes hidráulicas propone la siguiente metodología, basándose en las características y ventajas de sus tuberías. En los sistemas de prefabricación se consideran generalmente tres etapas :

- A) Estudios de gabinete
- B) Habilidadación del taller (fabricación)
- C) Ajuste y montaje en obra

### 8.1.1. Estudios de Gabinete

La etapa de estudios, es la etapa de planeación en donde el procedimiento a seguir determinará la eficiencia del sistema propuesto, cada detalle debe ser cuidadosamente estudiado con el objeto de que los procesos en taller y en obra no tengan ningún contratiempo. La referencia para esta etapa siempre será el proyecto arquitectónico y alimentará a las etapas de diseño y cálculo, derivándose por separado de éstas, una serie de procesos que finalmente integrados dan como resultado el proyecto hidráulico.

El diseño de las redes de las tuberías debe ser un proceso racional, el cual defina la mejor disposición de éstas ; asegurando el mínimo recorrido del agua para evitar pérdidas de presión por fricción, un trazo limpio y sencillo evitando cambios de dirección innecesarios ; respetando todo el sistema estructural del inmueble y trazando por lugares de fácil acceso a la instalación, etc.

Cuando se tenga éste, es conveniente consultar para efectuar el cálculo de diámetros de la memoria “**Justificación de Reducción de diámetros. Métodos de Suministro de Agua a Presión**” que **Nacobre** edita, de acuerdo a ésta memoria podremos obtener los diámetros adecuados para cada uno de los ramales.

La codificación de materiales se obtiene de acuerdo a los dos puntos anteriores y se le agrega máximo el 1% de desperdicio a la tubería. En el caso de las conexiones, válvulas y accesorios no se da ningún porcentaje por desperdicio ya que el control de éstos en almacén es estricto y solamente piezas defectuosas o de desecho por malos procesos de unión serán repuestas.

El estudio de arneses, es un proceso complejo y delicado que requiere coordinación con el personal de campo para determinar las partes a habilitar en el taller, con el objeto que la colocación de piezas en obra sea fácil y sencilla.

El programa de corte define el proceso en taller, con él se optimizan los materiales y mano de obra, cumpliendo en gran parte los programas establecidos.

Con todo lo anterior se suministra el material y los datos necesarios al taller para su buen funcionamiento, serían los siguientes

- Cantidad de material a utilizar y que el almacén debe proveer.
- Programa de corte de tramos de tuberías.
- Programa de arneses a habilitar.

### 8.1.2. Habilitación en taller

Del almacén saldrán los tramos de tubería que el operario cortará en una sierra circular de acuerdo al programa establecido, posteriormente se clasificarán los pedazos en casilleros para que otro los prepare para su unión, es decir que elimine la rebaba, efectúe la limpieza y aplique la pasta fundente. Paralelamente del almacén de conexiones, válvulas y accesorios, saldrán las piezas adecuadas para efectuar las uniones, éstas se prepararán previamente en su limpieza.

Una vez que tubos y conexiones hayan sido preparados serán ubicados en su posición definitiva para efectuar las uniones correspondientes, para la colocación de la tubería se tendrá que auxiliar con guías diseñadas especialmente para tal efecto y que permitan mantener sujetadas las tuberías en la posición correcta hasta efectuar las soldaduras.

Una vez realizados todos estos pasos la inspección visual y un control de calidad más a fondo son necesarios con el objeto de

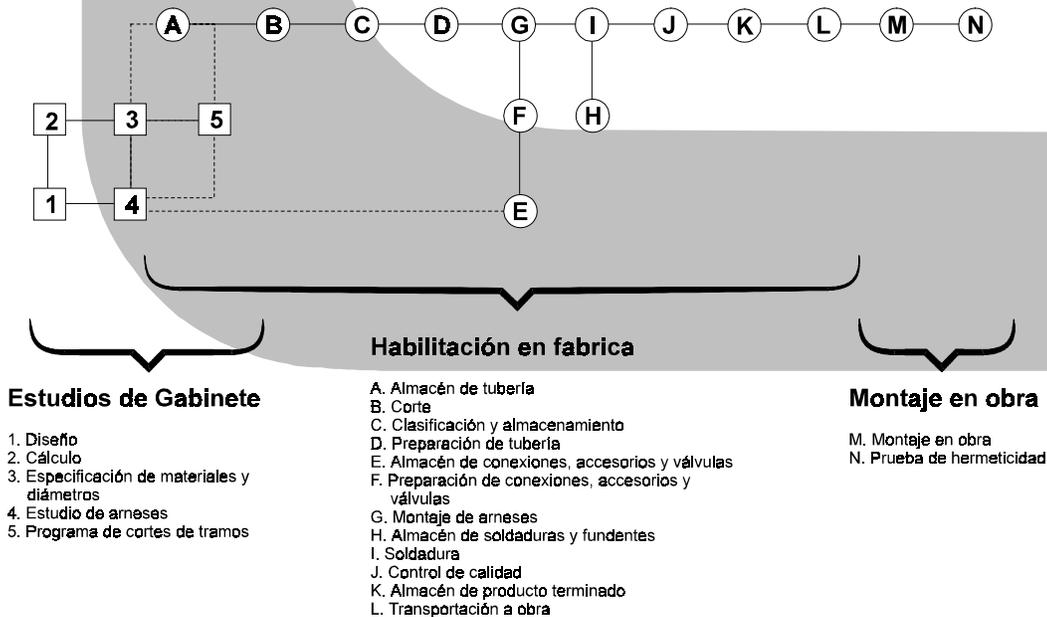
manejar arneses confiables para su posterior colocación. Por último es necesario mantener un almacén transitorio de arneses terminados, con el objeto de manejar paquetes completos en el montaje de la obra.

### 8.1.3. Montaje en obra

El montaje en obra se realizará en el momento en que las ranuras se hayan efectuado y la obra lo permita, el operario con un ayudante procederá a realizar la unión de los arneses de acuerdo a los programas, ajustándose a los obstáculos previstos de la obra, por último se realizarán las pruebas de hermeticidad correspondientes para poder entregar el trabajo.

Cuando las cosas no se planean cuidadosamente los errores se reflejan, no pudiendo en muchas ocasiones dar la solución, provocando que se repita todo el proceso.

Fig. 8.1. Diagrama de flujo de la prefabricación



## 8.2. Desarrollo de la prefabricación de un prototipo, presentado a manera de ejemplo , para demostrar la eficiencia de las tuberías de cobre en este sistema.

### A) Estudio de gabinete

#### 1) Criterio de diseño

De acuerdo al prototipo presentado en los planos 1, 2 y 3 se desarrolló el trazo de las tuberías considerando la ubicación propuesta de los muebles y la posibilidad de alimentación de la red (gravedad o presión). Las tuberías horizontales se trazaron en el firme dando una separación entre tuberías y con respecto al muro de 5 cm, las tuberías verticales se empotraron en el muro, por lo que se ranura éste; las tuberías de alimentación a muebles se consideraron de acuerdo a las distancias marcadas por los fabricantes.

Se diseñó considerando los siguientes muebles :

- Un lavabo
- Una regadera
- Un fregadero
- Un lavadero
- Un calentador
- Una llave de nariz

Los diámetros de alimentación a los muebles para agua fría y caliente (según sea el caso) son de 13 mm (1/2") excepto el lavabo que tiene 10 mm (3/8").

**El diseño resultante se encuentra en el plano No. 4**

#### 2) Dimensionamiento de diámetros

Los diámetros en la práctica se obtienen de acuerdo a la memoria "**Justificación de Reducción de Diámetros. Método de Suministro de Agua por Presión**", para el

prototipo presentado éstos se consideraron de acuerdo a criterios, debido a la falta de mayor información.

La especificación de materiales se realizó de acuerdo a la disposición de los aparatos y a los diámetros resultantes, se anexa lista de materiales para el prototipo y por 100 casas. Se aumenta el 10% de desperdicio para tuberías y 5% para conexiones en el sistema tradicional, para el de prefabricación se consideró el 1% en tuberías y 0% en conexiones y se eliminan los coplees debido al programa de corte.

#### 3) Estudio de arneses

Después de efectuar el diseño y cálculo de diámetros de la red a instalar se procede a analizar las posibilidades de seccionamiento de acuerdo a su posición en la obra; esto es con el objeto de determinar las partes a fabricar en el taller.

Para este efecto debemos considerar los siguientes puntos :

- a) El arnés o pieza debe ser transportado en un vehículo de determinadas dimensiones por lo que no debe exceder de éstas.
- b) Debe permitir su penetración y colocación en el lugar de su ubicación, por lo que hay que considerar todos los obstáculos que limiten estos movimientos.
- c) La unión para que se realice adecuadamente y con rapidez debe ubicarse en un lugar accesible, por lo que al diseñar los arneses se debe considerar esto.
- d) Cuando el arnés no tenga que atravesar un muro las uniones se deberán realizar lo más alejado de este.
- e) Es necesario aclarar que la fabricación de los arneses a la vez de realizarla, considerando los puntos antes expuestos,

se debe realizar con la precisión y calidad que nos dan un buen diseño y un buen equipo de fabricación, por lo que es importante el considerar la fabricación o adquisición de un buen sistema de guías que sujeten cada tramo o pieza en la posición correcta, en el plano 5 encontrará la mejor disposición que se obtuvo del prototipo presentado.

#### 4) Programa de corte

El programa, consiste en organizar el cortado de los tramos a utilizar según su diámetro y longitud, de acuerdo al proyecto presentado en el punto, ajustando las sumas a 6.10 m, con el objeto de disminuir al máximo posible el desperdicio.

De acuerdo al prototipo el programa se determina de la siguiente manera :

#### Análisis de tuberías de 10 mm (3/8")

Tramo	Longitud	Cantidad para 100 casas
T	0.65	65.00
U	0.05	5.00
V	0.60	60.00
W	0.10	10.00
L'	1.80	180.00
LL'	0.10	10.00
M'	0.60	60.00
N'	0.10	10.00
		400.00

No. de Ajuste	Descripción del ajuste	No. de tramos
1º	Suma de tramos : $L' + M' + T = 3.05$ m, para un tramo de <b>6.10</b> m se obtienen 2 grupos	
	Si se requieren <b>100</b> de cada uno, se necesitarán :	<b>50 tramos</b>
2º	Suma de tramos : $10 V + W = 6.10$ m	
	Si se requieren <b>100</b> de cada uno, se necesitarán : para obtener <b>100 V y 10 W</b> faltando <b>90 W</b>	<b>10 tramos</b>
3º	Los tramos <b>W, LL'</b> y <b>N'</b> tienen la misma dimensión y ésta es múltiplo de <b>6.10</b> m, <b>61</b> veces exactas por lo que se realizará la suma directa :	
	$90 W + 100 LL' + 100 N' = 290 + 61$ veces = <b>4.75</b> Quedando un sobrante de : $290 - 244 = 46$ Faltan <b>46</b> tramos <b>W</b>	<b>4 tramos</b>
4º	El tramo <b>U</b> es igual a <b>0.05</b> m, $100 U = 5$ m <b>46 W</b> son igual a <b>4.6</b> m En total se requieren de <b>9.6</b> m Quedando un tramo sobrante de <b>2.6</b> m	<b>2 tramos</b>

#### Resumen

Se requieren **400** m.

Se ocupan **66** tramos que son igual a **402.6** m y sobran **2.6** m

$2.6 \text{ m} \div 400 \text{ m} = 0.65$  % de desperdicio

El tramo de **2.6** m sobrante en proyectos consecutivos puede ser ocupado por lo que virtualmente no existe desperdicio.

### Análisis de tuberías de 13 mm (1/2")

Tramo	Longitud	Cantidad para 100 casas	Tramo	Longitud	Cantidad para 100 casas
A	0.15	15.00	R	0.20	20.00
B	0.05	5.00	S	0.10	10.00
C	0.05	5.00	A'	0.15	15.00
CH	0.10	10.00	B'	0.35	35.00
E	0.10	10.00	C'	2.20	220.00
I	0.05	5.00	CH'	0.20	20.00
J	0.10	10.00	D'	0.25	25.00
K	0.55	55.00	E'	1.00	100.00
L	0.10	10.00	F'	0.40	40.00
M	0.10	10.00	G'	0.10	10.00
N	0.15	15.00	H'	0.95	95.00
Ñ	0.20	20.00	I'	0.10	10.00
O	1.00	100.00	J'	0.15	15.00
P	1.15	115.00	K'	0.90	90.00
Q	0.05	5.00			
					1,095.00

No. de Ajuste	Descripción del ajuste	No. de tramos
1º	Suma de tramos : $K' + O + P = 3.05$ m, para un tramo de <b>6.10</b> m se obtienen 2 grupos	
	Si se requieren <b>100</b> de cada uno, se necesitarán :	<b>50 tramos</b>
2º	Suma de tramos : $C' + K + A + N = 3.05$ m, para un tramo de <b>6.10</b> m se obtienen 2 grupos	
	Si se requieren <b>100</b> de cada uno, se necesitarán :	<b>50 tramos</b>
3º	Suma de tramos : $H' + F' + E' + D' + CH' + J' + I' = 3.05$ m, para un tramo de <b>6.10</b> m se obtienen 2 grupos	
	Si se requieren <b>100</b> de cada uno, se necesitarán :	<b>50 tramos</b>
4º	Suma de tramos : $CH + E + J + L + M + S =$ son múltiplos de <b>6.10</b> m	
	Caben <b>61</b> veces en un tramo, se requieren <b>60</b> m y sobra <b>1</b> m	<b>10 tramos</b>
5º	Suma de tramos : $17 B' + 3 B = 6.1$ m, $100 \div 17 = 5.88$ Nos da <b>100 B'</b> y <b>18 B</b> sobran <b>0.7</b> m <b>0.70</b> m nos da <b>14 B + 1</b> m del 4º ajuste, que nos da <b>20 B</b> y un total de <b>52 B</b> faltan <b>48 B</b>	<b>6 tramos</b>
6º	Suma de tramos <b>Ñ</b> y <b>R</b> son múltiplos de <b>6</b> m, se requieren <b>200</b> , o sea <b>40</b> m , por lo que se requieren y sobran <b>7</b> tramos de <b>0.1</b> m y un tramo de <b>2.00</b> m que sumados dan <b>2.70</b> m, <b>48 B</b> suma <b>2.40</b> m y sobran 3 tramos de <b>0.10</b> m	<b>7 tramos</b>
7º	Suma de tramos : $40 A' = 6$ m, para <b>100</b> tramos <b>A'</b> se requiere de <b>2.5</b> y sobran <b>2</b> tramos de <b>0.1</b> m y un tramo de <b>3.3</b> m	<b>3 tramos</b>

Continuación con tubería de 13 mm (1/2")

No. de Ajuste	Descripción del ajuste	No. de tramos
8º	Suma de tramos : $61 G' = 6.1$ m, $100 + 61 = 1.63$ y sobra 1 tramo de 2.2 m	2 tramos
9º	Suma de tramos sobrantes 3 tramos de 0.10 m 1 tramo de 3.3 m 1 tramo de 2.20 m Total : 5.8 m	2 tramos
Se requieren 300 tramos C, I y Q = 15 m $15 \text{ m} - 5.8 \text{ m} = 9.2 \text{ m}$ y sobran 3 m		

### Resumen

Se requieren 1,095 m.

Se ocupan 180 tramos que son igual a 1,098 m y sobran 3 m

$3 \text{ m} + 1,098 \text{ m} = 0.27 \%$  de desperdicio

### Análisis de tuberías de 19 mm (3/4")

Tramo	Longitud	Cantidad para 100 casas
D	1.30	130.00
F	0.70	70.00
G	0.10	10.00
H	0.40	40.00
		250.00

No. de Ajuste	Descripción del ajuste	No. de tramos
1º	Suma de tramos : $3 D + 3 F + G = 6.1$ m, $100 + 3 = 33.3$ Nos da 100 D, 100 F y 34 G y sobra 1 tramo de 4 m que nos da $40 G + 34 G = 74 G$ faltan 26 G	34 tramos
2º	Suma de tramos : $15 H + G = 6.10$ m, $100 + 15 = 6.66$ tramos Nos dan 100 H y 7 G y sobra 1 tramo de 2 m $26 G - 7 G = 19.G$ igual a 1.9 m $2 \text{ m} - 1.9 \text{ m} = 0.1 \text{ m}$ de desperdicio	7 tramos

### Resumen

Se requieren 250 m.

Se ocupan 41 tramos que son igual a 250.1 m y sobran 0.1 m

$0.1 \text{ m} + 250 \text{ m} = 0.04 \%$  de desperdicio

## 9.1. Usos y aplicaciones de la tubería de cobre

Consideramos necesario aclarar a través de este capítulo algunos conceptos sobre las ventajas que ofrecen los diferentes tipos de tuberías de cobre, en las principales redes instaladas en cualquier inmueble, que tengan importancia para el desarrollo de las actividades humanas.

Con el objeto de no hacer repetitivos algunos conceptos se describirá brevemente cada una de las redes; en cuanto al fluido a conducir, su lugar de colocación, el tipo de tubería utilizado y si trabaja con presión o no, de esta manera se aclararán las características y ventajas de las tuberías, no es necesario volver a repetir conceptos vertidos sobre sistemas de unión, corrosión y dilatación ampliamente explicados en capítulos anteriores.

### 9.1.1. Tipos de flujo

La conducción del fluido tiene importancia en las pérdidas por fricción causadas al paso de éste o por la cantidad de adherencias e incrustaciones que permitan las paredes interiores de la línea, lo primero permite el uso racional de los diámetros con posibilidad de reducirlos según sea el material, lo segundo nos da seguridad en la continuidad del flujo a lo largo de la vida de la red.

Las **tuberías de cobre** cuando conducen agua limpia o agua potable; esto es en las redes hidráulicas, tomas domiciliarias, redes contra incendio, riego, calefacción solar, ofrecen ventajas muy especiales. El agua potable siempre va a ser conducida con presión hasta el final de la red, esto hace que exista fricción entre el agua y la red de la tubería, si combinamos esto con la presión inicial, la cantidad de agua requerida, la longitud de la línea y las pérdidas de presión por fricción sufridas al roce del agua con la red interior nos da como resultado el diámetro. De todos estos puntos dos solamente son variables, los demás son

constantes normalmente (presión por fricción), esto quiere decir que el roce del agua con la pared interior hace que el agua llegue o no llegue a su destino.

Para calcular los diámetros de las tuberías, éstas se han clasificado en rugosas, semirugosas y lisas, dependiendo de esto las pérdidas por fricción, las tuberías de cobre se clasifican como lisas y sus principales competidoras como semirugosas, con esto se puede decir que a igualdad de circunstancias una red hidráulica realizada con tubería de cobre reduce el diámetro comparándola con otra de otro material.

La clasificación de las paredes internas de las tuberías, aparte de observar las pérdidas de presión por fricción, aclaran los conceptos sobre adherencia o incrustaciones, es obvio que una pared entre más irregular sea se superficie al paso del líquido detendrá estas sustancias, las tuberías de cobre cuando conducen aguas normales no aceptan adherencias o incrustaciones, en caso de que las aguas tengan alto contenido de sarro, sí lo llega a aceptar, pero en grado mucho menor que cualquiera de sus competidores. Esto origina la longevidad de la red, por lo que se puede resumir que en estos dos puntos las tuberías de cobre para conducción de agua potable aparte de reducir diámetros tienen mayor vida útil, dando un servicio constante a los usuarios.

Cuando las tuberías de cobre conducen o desalojan aguas negras o jabonosas también llamadas aguas servidas, las redes desalojan las aguas en base a gravedad o escurrimiento, éstas contienen gran cantidad de grasas jabonosas y sólidos en proceso de disolución, fácilmente adheribles a las paredes de las mismas por lo que el tipo de pared es tan importante como el diseño y cálculo de las redes, de nueva cuenta las tuberías de cobre por ser lisas y tersas no permiten las incrustaciones o adherencias.

### 9.1.2 Colocación

Referente a la colocación de tuberías de cobre existen tres posibilidades de acuerdo

al tipo de red a instalar, algunas tienen que correr bajo tierra, otras empotradas en los muros o en los pisos, o bien colocadas visiblemente, también combinadas las tres. Esto en realidad tiene importancia aunque muchos instaladores no lo consideren así, en los capítulos de protección y dilatación térmica se explican ampliamente algunas causas de corrosión y su manera de prevención o protección y también la prevención en las fijaciones de la tubería de acuerdo a las dilataciones calculadas.

## 9.2. Redes de alimentación de agua potable

### 9.2.1. Tomas domiciliarias

En las instalaciones de las tomas domiciliarias cuya función primordial es conectar la red municipal de distribución de agua potable a la red interna de servicio de una construcción, las tuberías de cobre tipo "L" flexible, presentan un excelente comportamiento sobre todo tratándose de un servicio en el subsuelo donde las vibraciones y asentamientos provocados por el paso de vehículos en la superficie o bien por movimientos naturales, son comunes ya que el temple dado a la manufactura admite elongaciones de hasta 40% absorbiendo ampliamente cualquier sobrecarga sin causar fatiga en el material.

Para la instalación de las tomas domiciliarias se emplea el procedimiento de cepa corriente, aprovechando la flexibilidad de la tubería de cobre, se efectúa un curvado a partir de la conexión con la red municipal (llave de inserción), regularmente barrenada a un ángulo de 45° respecto al eje horizontal de ésta, el curvado se conoce como "cuello de ganso" y su objetivo es anular los efectos de los asentamientos, inclusive de la misma red municipal, también por la misma flexibilidad pueden salvarse fácilmente obstáculos que pudieran existir dentro de la zanja como raíces, rocas, etc., ya que en muchas ocasiones es más económico dejarlos que tratar de quitarlos; el curvado puede hacerse con las manos o bien apoyándose suavemente en la rodilla, limitándose a hacer solamente curvas de radios amplios. Para dobleces más pronunciados que los que

pueden hacerse a mano, existen en el mercado dobladoras sencillas que producen un curva uniforme y sin ninguna deformación en la tubería.

Algunas veces no se hace la cepa completa, se taladra el terreno a manera de túnel, y para atravesar la tubería se jala con un alambre previamente pasado por el orificio, tal como se hace con el alambre eléctrico al introducirlo al tubo conduit, la longitud del rollo flexible (18.30 m) facilita la operación al eliminar conexiones. Después de pasar el muro de fachada y subir al cuadro de medidor es común emplear tubería rígida de cobre ya sea del tipo "M" o "L" apoyándose en la pared, donde se hace descansar el medidor.

El diseño de las tomas domiciliarias está sujeto a criterios del Departamento de Aguas; aquí las conexiones y accesorios a usarse dependen de éste, así como el sistema de unión a emplear (abocinado a 45° o compresión). En las figuras 9.1. y 9.2. se presentan ejemplos de tomas domiciliarias con y sin válvula de banqueta y sus respectivos accesorios.

### 9.2.2. Líneas de agua fría

En los diferentes sistemas de conducción de agua fría dentro de una construcción, ya sea por gravedad o presión, podemos aceptar en principio que las tuberías deben ir ocultas de preferencia, de tal manera que no interfieran en la forma arquitectónica; o bien deben disponerse de ductos donde se concentren las instalaciones hidrosanitarias; facilitando de esta manera la distribución horizontal o ramaleo hacia las zonas de servicio.

Ante estas condiciones las tuberías de cobre tipo "M" ofrecen grandes ventajas por su larga vida en servicio, alta resistencia a la corrosión, eficiencia y nulo mantenimiento; además las operaciones de instalación son mínimas y simples al emplear conexiones y accesorios soldables o por sistemas de compresión.

En cuanto a las presiones constantes de trabajo que una tubería de cobre tipo "M" y las uniones realizadas con soldadura de estaño y plomo soportan, son más que

suficientes para resistir las presiones que puedan generarse en los diferentes sistemas de abastecimiento de agua fría para edificaciones de todo tipo ; siempre y cuando las velocidades del fluido no excedan de 3 m/s, de lo contrario por efecto de erosión - corrosión se desgastaría la pared del tubo en un tiempo menor de servicio.

### **9.2.3. Líneas de agua caliente**

La necesidad de contar con un servicio de agua caliente, es imprescindible, principalmente en construcciones habitacionales (casas, edificios de departamentos, hoteles, etc.) algunas de servicio público (clubes deportivos, baños públicos, etc.) industriales y comerciales. El calentamiento puede hacerse con un calentador de almacenamiento común para casas habitación y edificios de departamentos, o por medio de calderas o cambiadores de calor, en hoteles, baños públicos, etc. Considerando que el agua caliente se suministra más o menos de 50° a 60° C y en casos especiales entre 70° y 80° C ; la tubería tipo "M" cumple satisfactoriamente, aunque el empleo de soldaduras en las uniones difiera ; pudiendo utilizar eficazmente soldaduras de estaño - antimonio (95 - 5). Las tuberías que conducen agua caliente normalmente se instalan junto a las de agua fría, sin que lleguen a juntarse para no tener pérdidas de calor. Por razones de duración, en los ramales principales o columnas de agua caliente, se recomienda emplear tubería de cobre tipo "L" de mayor espesor de pared que la de tipo "M" dando mayor margen al desgaste por el rozamiento del agua, que es favorecido por la temperatura del fluido.

### **9.2.4. Líneas de retorno de agua caliente**

Cuando se requiera de un consumo constante de agua caliente o los ramales de abastecimiento sean largos y se tenga que alimentar varios muebles, es necesario contar con una tubería de retorno de agua caliente la cual permitirá renovar continuamente el agua de servicio y mantendrá de esta manera su temperatura, evitando el desperdicio de agua al hacer uso de los muebles en servicio. Esta planeación

debe hacerse seleccionando la red del agua caliente en circuitos cortos de alimentación a cierto número de muebles, o por lo menos a cada ramal principal o columna de agua caliente, continuarla con una tubería de retorno, que a la vez debe canalizarse a la línea general de retorno.

El diámetro de la tubería de retorno puede determinarse por la velocidad de circulación del agua considerando el diámetro del último ramal de alimentación de agua caliente que sería el diámetro inicial de la tubería de retorno y a medida que reciba otras notificaciones se incrementará, en edificios de gran altura, cuando el sistema de alimentación es mediante un equipo de presión, el flujo en la línea de retorno sería en forma descendente, no existiendo mayor dificultad de recirculación ; en cambio si el abastecimiento es por gravedad, la columna de retorno sería de flujo ascendente y por consiguiente debe preverse una bomba de recirculación además de ubicar en el sistema válvulas de no - retroceso (check) de flujo que pudiera ocasionarse por variaciones de presión en la líneas de alimentación de agua caliente y de retorno.

## **9.3. Redes sanitarias**

### **9.3.1. Tuberías de desagüe**

Las necesidades fisiológicas y de aseo del ser humano, producen necesariamente una cantidad de aguas sucias con materias inorgánicas de fácil descomposición que las instalaciones de desagüe o sanitarias desalojan inmediatamente mediante canalizaciones verticales y horizontales diseñadas considerando ciertas exigencias higiénicas, empleando materiales eficientes, durables, resistentes a al desgaste, a la corrosión, y a las adherencias previendo un mínimo de mantenimiento.

Las tuberías de cobre "DWV" aseguran estas disposiciones y aunque su costo inicial parezca elevado, se reditúa en ahorro por mantenimiento y duración. En las bajadas de aguas negras o pluviales de edificaciones de altura, la tubería de cobre es muy práctica por su longitud de tramos que pueden eliminar empalmes y mediante el uso de la

derivadora, pueden conectarse ramales de menor diámetro sin utilizar conexiones, soldando directamente. La instalación sanitaria con tuberías de cobre "DWV" se desarrolla de igual forma que la instalación hidráulica; empleando el sistema de unión por soldadura capilar para conexiones soldables.

### 9.3.2. Tuberías de ventilación

No obstante de considerar nulas las presiones en la instalación sanitaria, puede darse el caso que las descargas rápidas de los muebles provoquen en su descenso depresiones que anulen el efecto de las trampas, sellos hidráulicos y obturadores que existan en la red, y en consecuencia liberar los malos olores dentro de la habitación. Las tuberías de ventilación; normalmente de cobre tipo "DWV", de bajo espesor de pared, permiten ventilar la instalación sanitaria de diferentes maneras:

- a) Ventilación primaria: Cuando se continúa la tubería vertical hasta una altura conveniente sobre el nivel de la azotea, favorece hasta cierto punto la obstrucción de las tuberías, acelerando el movimiento de desagüe.
- b) Ventilación secundaria: Es la ventilación a ramales también conocida como ventilación individual y se debe hacer con el objeto de que el agua de los obturadores quede conectada a la atmósfera, nivelando la presión en ambos lados de éste; la tubería de ventilación de los ramales puede conectarse a un ramal vertical de ventilación.
- c) Doble ventilación: Es el sistema que incluye la ventilación de muebles en servicio y la ventilación de columnas de aguas negras, logrando una mejor aereación en la red sanitaria.

En el caso de tuberías de cobre, tanto en líneas de desagüe como de ventilación, permite desarrollar la capa protectora de óxido cuproso (pátina) lo que hace aún más resistente a la corrosión.

## 9.4. Redes de aprovechamiento del gas L. P. y natural

### 9.4.1. Líneas de servicio

El uso de las tuberías de cobre en las instalaciones de servicio para consumo de gas doméstico y comercial, se ha generalizado por las ventajas que proporciona, tanto en la realización de la instalación como en el funcionamiento de ésta, además de que permite alternativas en el diseño, es decir que pueden elegirse entre tuberías de temple rígido y flexible, cuando las condiciones en los aparatos de consumo lo requieran como en el caso de estufas, calentadores, hornos, etc. donde por mantenimiento, cambios de lugar o limpieza se requiera movimiento, utilizando para estos casos **tuberías de cobre en temple flexible de tipo "L" o "Usos Generales"** haciendo un doblez o rizo que une la línea de servicio de tubería rígida y el aparato de consumo; si fuera la tubería de servicio de temple flexible, únicamente se termina haciendo el rizo y conectando el aparato, en ambos casos se debe incluir una llave de paso que controle el flujo de gas.

En cuanto a las tuberías de cobre en temple rígido, se usa por reglamento el tipo "L" por razones de seguridad en el manejo de estos gases; ya que la presión constante de trabajo que soporta la tubería es mucho mayor a las presiones de las líneas de servicio, que no rebasa los **27.94 gr/cm<sup>2</sup>** por ser ésta la presión máxima para el correcto funcionamiento de las espreas en los diferentes aparatos domésticos y comerciales que utilicen gas L. P. Estas presiones están correctamente controladas por un regulador de baja que se localiza en el ramal principal, antes de alimentar a cualquier aparato que bien puede ponerse a la salida del recipiente (fijo o portátil) o antes de los medidores.

### 9.4.2. Líneas de llenado

Cuando el tanque estacionario de gas L. P. se encuentra ubicado fuera del alcance de la manguera del auto tanque, reglamentariamente debe disponerse de una línea de llenado que permita esta operación con un máximo de seguridad. La tubería debe ser de cobre tipo "L" o tipo "K" con el espesor de

pared suficiente para soportar las presiones de llenado hasta **17.58 kg/cm<sup>2</sup>** que es la presión de ajuste de la válvula de seguridad en la línea de desfogue ; esta tubería debe ser visible en todo su recorrido, pudiéndose adosar por el extremo exterior de la construcción, sobre fachadas y situando la toma a 2.5 m sobre el nivel de banqueta.

### **9.4.3. Línea de retorno de vapor**

La línea de retorno de vapor, se instala generalmente en los tanques estacionarios de gran capacidad y localizados a considerable altura ; su función es desalojar el vapor con reducido poder calorífico que por diferencia de densidad se acumula en la parte superior de los recipientes. En el momento que la presión de vapor en el interior del recipiente, sea mayor que la que hubiera en el auto tanque abastecedor, puede reducirse para que el flujo del gas en estado líquido no sufra restricción, además permite una buena eficiencia de la bomba de inyección.

## **9.5. Aprovechamiento de la energía solar**

### **9.5.1. Colectores solares**

El desarrollo de la utilización directa de la energía solar para satisfacer las necesidades humanas, tiene cada día mayor aceptación como alternativa para sustituir o complementar con éxito las actuales fuentes de energía. El principio de aceptación de la energía solar en el calentamiento de agua se basa en la instalación de colectores solares, generalmente de forma rectangular y superficie plana que absorben un alto porcentaje de calor irradiado por el sol en su forma simple, y lo transfieren a un medio circulante de agua o

aire ; por lo tanto tiene aplicaciones para uso doméstico, industrial y agrícola. La energía solar también puede ser convertida directamente a energía eléctrica por medio de un proceso fotovoltaico o aprovechando el calor concentrado para la producción de vapores que muevan un generador.

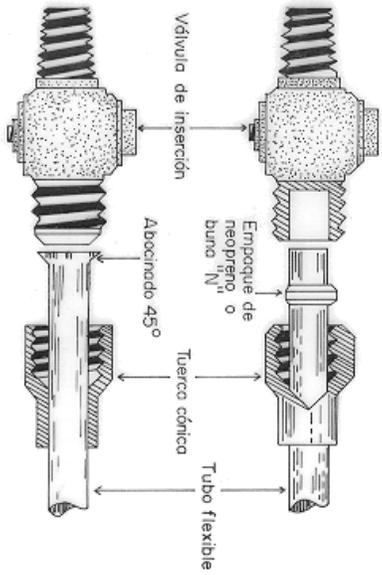
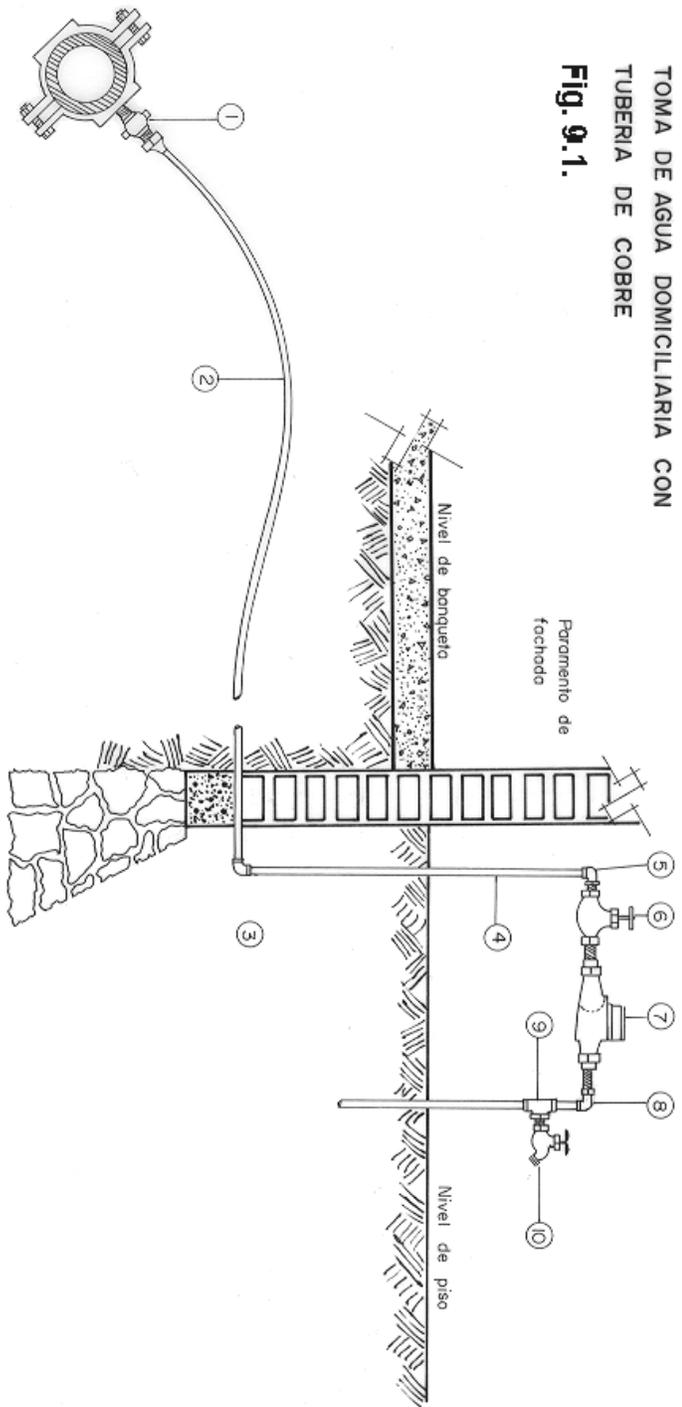
Los colectores solares dentro de la construcción permiten aplicarse a sistemas de calentamiento de agua, sustituyendo a los calentadores de gas o eléctricos, sobretodo en casas habitación y hoteles para el servicio de agua caliente a baños cocinas, climatización de piscinas, etc., ya sea que cubran el consumo en forma total o parcial dependiendo de la insolación en la zona.

El éxito de cualquier sistema de calentamiento solar se basa en la eficiente conversión de energía de los materiales empleados ; es decir su conductividad térmica, tanto como su resistencia a la corrosión. La tubería de cobre es el material idóneo para ser usado en el aprovechamiento de la energía solar, por su alta transferencia de calor (0.092 cal/gr °C @ 20° C)

La forma más común de un colector solar es el tipo panel, que consiste en un conjunto de tuberías de cobre a manera de espiral integrado al panel o por separado y soldado al colector con soldadura blanda. Cuando la radiación solar llega a la tapa transparente (de vidrio) ocurren tres cosas : una pequeña cantidad de energía la absorbe la propia tapa, otra se refleja en la misma y el resto incide en la placa de absorción y se transforma en calor, el cual pasa al agua contenida en el circuito del colector que a su vez se almacena en un recipiente aislado térmicamente.

TOMA DE AGUA DOMICILIARIA CON  
TUBERIA DE COBRE

Fig. 9.1.



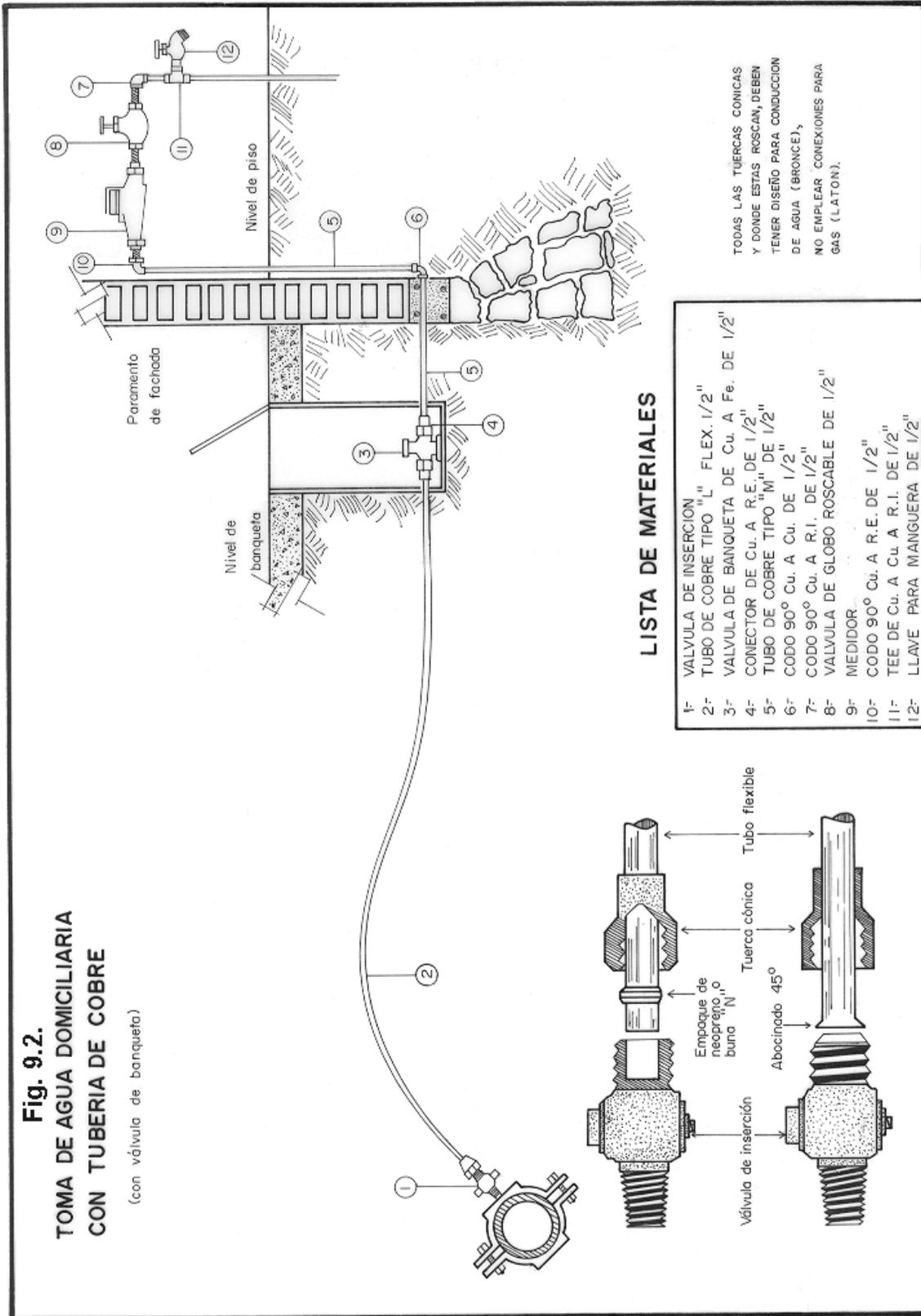
LISTA DE MATERIALES

- 1- VALVULA DE INSERCIÓN
- 2- TUBO DE COBRE TIPO "L" FLEX. 1/2"
- 3- CODDO 90° Cu. A. Cu.
- 4- TUBO DE COBRE TIPO "N" RIG. 1/2"
- 5- CODDO 90° Cu. A. ROSCA EXT. DE 1/2"
- 6- VALVULA DE GLOBO ROSCABLE
- 7- MEDIDOR
- 8- CODDO 90° Cu. A. ROSCA INT. DE 1/2"
- 9- TEE DE Cu. A. Cu. A. R. I. DE 1/2"
- 10- LLAVE PARA MANGUERA

NOTA:  
TODAS LAS TUERCAS  
CÓNICAS Y DONDE ESTAS  
ROSCAN, DEBEN TENER  
DISEÑO PARA CONDUCCION  
DE AGUA (BRONCE),  
NO EMPLEAR CONEXIONES  
PARA GAS (LATÓN).

**Fig. 9.2.**  
**TOMA DE AGUA DOMICILIARIA**  
**CON TUBERIA DE COBRE**

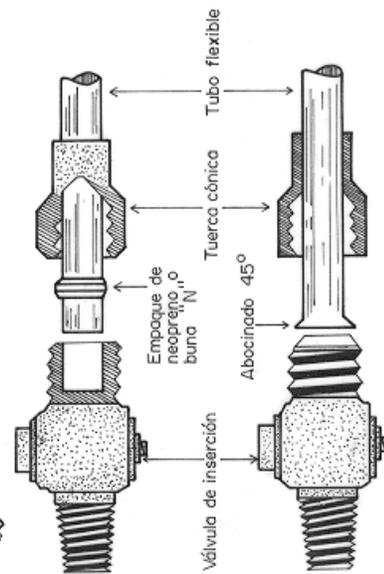
(con válvula de banqueta)



**LISTA DE MATERIALES**

- 1- VALVULA DE INSERCIÓN
- 2- TUBO DE COBRE TIPO "L" FLEX. 1/2"
- 3- VALVULA DE BANQUETA DE Cu. A Fe. DE 1/2"
- 4- CONECTOR DE Cu. A R.E. DE 1/2"
- 5- TUBO DE COBRE TIPO "M" DE 1/2"
- 6- CODO 90° Cu. A Cu. DE 1/2"
- 7- CODO 90° Cu. A R.I. DE 1/2"
- 8- VALVULA DE GLOBO ROSCABLE DE 1/2"
- 9- MEDIDOR
- 10- CODO 90° Cu. A R.E. DE 1/2"
- 11- TEE DE Cu. A Cu. A R.I. DE 1/2"
- 12- LLAVE PARA MANGUERA DE 1/2"

TODAS LAS TUERCAS CONICAS Y DONDE ESTAS ROSCAN, DEBEN TENER DISEÑO PARA CONDUCCION DE AGUA (BRONCE), NO EMPLEAR CONEXIONES PARA GAS (LATON).



## 10.1. Instalaciones Hidráulicas

Las instalaciones hidráulicas dentro de la construcción agrupan a las siguientes redes de tuberías :

- Tuberías del medidor a la cisterna, al tinaco o a los muebles.
- Tuberías de la cisterna al tinaco o al equipo de presión.
- Tuberías del tinaco o del equipo de presión a los muebles.

Todas ellas conducen agua potable a presión, con el objeto de que finalmente sea utilizada en cada uno de los aparatos sanitarios instalados. Independientemente de conducir agua potable a presión tienen características particulares que las diferencian unas de otras, sin embargo combinadas pueden formar parte de un mismo sistema ; estos sistemas se complementan de equipos de presión, depósitos, válvulas y accesorios que permiten un correcto funcionamiento.

Las características que deben tener estas redes son las siguientes :

- Deben conducir el agua a presión con un mínimo de pérdidas de carga, con el objeto de que las fuentes de presión de trabajo disminuyan al máximo posible su capacidad, provocando ahorro en su inversión, mantenimiento y consumo de energía.
- Deben instalarse con facilidad, con el menor herramental posible permitiendo al operario disminuir el tiempo de montaje y evitar fatigas exageradas en su jornada de trabajo.
- Deben durar bastante tiempo ; el mismo que la construcción, esto se logra con una buena instalación, con una adecuada velocidad de flujo y con una excelente resistencia a cualquier tipo de corrosión.

La selección de los materiales debe realizarse en base a estos puntos, la importancia de esto se refleja directamente en la calidad de la instalación y por lo tanto de la obra, es conveniente aclarar que la calidad de la obra no debe estar en función del tipo, ya sea éste residencial, interés social, etc. sino de quien lo ejecuta.

Las tuberías de cobre en las instalaciones hidráulicas tradicionalmente se utilizan, debido a que los usuarios se han percatado de sus ventajas, permitiendo ahorros importantes en cuanto a mantenimiento, duración y conducción del flujo.

La adaptabilidad a los diseños más intrincados, permitiendo la ejecución, sin necesitar herramental pesado y costoso, hace que se utilicen en todo tipo de obra.

### 10.1.1. Aparatos

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

#### 1) Evacuadores

- W. C.
- Mingitorios
- Vertederos

#### 2) De limpieza de objetos

- Fregaderos
- Lavaplatos
- Lavaderos

#### 3) De higiene corporal

- Lavabos
- Regaderas
- Tinas
- Bidets

- 4) Algunos aparatos no se agrupan por tener condiciones especiales como el caso de las lavadoras de ropa, lavaplatos eléctricos, mangueras de jardín, etc. ; sin embargo requieren de determinado flujo. Su carac-

terística común es ser alimentados por una llave de nariz.

Todos los evacuadores requieren de gran cantidad de agua en poco tiempo con el objeto de efectuar una limpieza profunda del mueble, permitiéndole ser reutilizable en condiciones higiénicas.

Los aparatos que se utilizan para efectuar la limpieza de objetos requieren de recipientes en donde el agua se pueda acumular y los objetos se puedan colocar, requieren de un flujo más bien bajo y constante.

Los aparatos usados para la higiene corporal tienen características individuales, el lavabo requiere de un flujo mínimo en poco tiempo, la regadera requiere buen flujo y en bastante tiempo, etc.

Una segunda clasificación de los aparatos se puede realizar de acuerdo al tipo de válvula que usan en los sellos terminales.

1) **Sistemas de válvulas de globo :** Este tipo de sello es muy común, sin embargo en su forma terminal pueden tener apariencias muy diferentes, los casos más comunes son :

- Llaves de lavabo y fregadero individuales o mezcladoras.
- Llaves empotrables de regadera y tina
- Llaves de nariz con y sin rosca para lavaderos, lavabatos, vertederos, lavadoras de ropa, mangueras de jardín, etc.
- Llave para mingitorio
- Llaves para bidet

2) **Sistemas de válvulas de tanque bajo (válvula de flotador) :** Es utilizado en los W. C. ; se fabrica en varios materiales y modelos (también se utiliza en la alimentación de tinaco y cisterna) el sello se realiza de acuerdo al nivel de agua acumulado y

que el flotador transmite a la válvula para accionarla.

3) **Sistemas Fluxómetros :** Este tipo de sello se utiliza en los W. C. y mingitorios que estén instalados en lugares públicos.

Algunos aparatos pueden colocarse en edificios públicos y todos en edificaciones privadas, la diferencia estriba no en su funcionamiento sino en su rapidez de reutilización, esto se refleja en el diámetro de las tuberías que lo alimentan.

### 10.1.2. Dotaciones de agua potable

A continuación se da un cuadro con las dotaciones en litros por persona por día que deben considerarse cuando se hacen cálculos de redes hidráulicas.

**Dotaciones recomendadas de agua potable**

Dotación	Edificación
85 l/persona/día	Zonas rurales
150 l/persona/día	Habitación popular (D. F.)
200 l/persona/día	Habitación de interés (D. F.)
250 l/persona/día	Departamento de lujo (D. F.)
500 l/persona/día	Residencia con alberca (D. F.)
70 l/empleado/día	Edificios de oficinas
200 l/huésped/día	Hoteles (con todos los servicios)
2 l/espectador/función	Cines
60 l/obrero/día	Fábricas sin consumo industrial
200 l/bañista/día	Baños públicos
50 l/alumno/día	Escuelas primarias
300 l/bañista/día	Clubes con servicio de baño
15 l/comensal	Restaurantes
30 l/comensal	Restaurantes de lujo
20 l/kg ropa seca	Lavanderías
200 l/cama /día	Hospitales
300 l/cama/día	Hospitales
10 l/m <sup>2</sup> área rentable	Edificios de oficinas
5 l/m <sup>2</sup> superficie sembrada en cespel	Jardines
2 l/m <sup>2</sup> superficie	Riego de patios

## 10.2. Justificación de reducción de diámetros.

### Método de suministro de agua por presión

La finalidad de esta metodología de cálculo es la de difundir una forma sencilla de obtener los diámetros mínimos requeridos en una instalación hidráulica, garantizando el suministro de agua adecuado y necesario, lo cual redundará en un eficiente funcionamiento; así como en un ahorro substancial en el costo de la instalación.

Esta metodología está basada en la experiencia de personal capacitado en el ramo, así como de sistemas de publicaciones aceptados como: National Plumbing Code Asa-40.8; Copper Hand Book C. D. A. Inc., etc., razones por las cuales se propone a ingenieros, arquitectos y a todas aquellas personas relacionadas con las instalaciones hidráulicas en la industria de la construcción.

#### 10.2.1. Método de cálculo

- 1. Presión inicial o presión de la red ( $P_r = \text{kg/cm}^2$ ):** Dato que se obtiene de la Junta de Agua Potable de la localidad o municipio donde se efectúa la construcción, o en su defecto se determina la presión de trabajo del equipo hidroneumático.
- 2. Estimación de la demanda (Gasto = litros por minuto L. P. M.):** La demanda total está basada en el consumo de agua de cada uno de los muebles o aparatos sanitarios por instalar, existiendo tablas y gráficas de consumo para cada tipo de mueble sanitario, expresados en unidades mueble, dichas tablas y gráficas están construidas considerando la probabilidad de ocurrencia en el funcionamiento simultáneo de los muebles sanitarios instalados (ver tabla 10.1. y Fig. 10.1.). Los datos proporcionados, están calculados para ramales que alimenten agua fría y caliente; en el caso de existir aparatos que consuman agua fría y caliente y se desee únicamente calcular el ramal de agua fría, se considerará el 75% del consumo total del aparato; si por el contrario se requiere calcular sólo el ramal de agua caliente éste se considerará al 56% del consumo del aparato. Ahora, cuando el aparato consuma únicamente agua fría, se considerará el 100% del consumo del mismo.
- 3. Determinación del diámetro del medidor:** Existen tablas de fabricantes de medidores (Fig. 10.2.) que proporcionan el diámetro del medidor, tomando en cuenta únicamente el consumo de la instalación.
- 4. Pérdidas de presión en el medidor ( $P_m = \text{kg/cm}^2$ ):** Las pérdidas por fricción están basadas de acuerdo al consumo de la instalación y del diámetro del medidor (Fig. 10.2.)
- 5. Pérdidas de presión por altura ( $P_h = \text{kg/cm}^2$ ):** Estas pérdidas son consecuencia de la altura, debido a la gravedad que debe vencer el fluido. Dichas pérdidas se obtienen multiplicando la diferencia de altura en metros entre la red de alimentación y la salida del mueble más alto por 0.1, obteniéndose así las pérdidas en  $\text{kg/cm}^2$ .
- 6. Presión de salida en el mueble más desfavorable ( $P_s = \text{kg/cm}^2$ ):** Se cuenta con tablas previamente calculadas (tabla 10.3.) las que determinan la presión mínima de salida de cada mueble. Para encontrar  $P_s$ ; se considera únicamente el más alejado de los muebles instalados.
- 7. Presión libre ( $P_l = \text{kg/cm}^2$ ):** Esta presión se refiere a la presión disponible para vencer pérdidas por fricción debida a tuberías en la instalación. Se obtiene restando a la presión de la red ( $P_r$ ), la suma de las pérdidas de presión debidas al medidor ( $P_m$ ), las pérdidas de presión por elevación ( $P_h$ ) y la presión de salida en el mueble más desfavorable ( $P_s$ ).
 
$$P_L = P_r - (P_m + P_h + P_s)$$
- 8. Longitud equivalente ( $L = m$ ):** Esta longitud se obtiene sumando a la longitud de tubería, la longitud equivalente de las conexiones y accesorios instalados en la red. La longitud equivalente de las conexiones y accesorios se obtiene directamente de la tabla 10.5.

9. **Factor de presión ( $F_p = \text{kg/cm}^2$ )**: En este paso se obtiene la presión con que se dispone para vencer las pérdidas de fricción en 100 m de tubería, pues las gráficas con que se cuenta están diseñadas para esta longitud.

$$F_p = \frac{Pl \times 100}{L} = \text{kg/cm}^2$$

10. **Diámetro del ramal principal ( $\phi = \text{pulg}$ ) y velocidad de flujo ( $V = \text{m/s}$ )**: Ambos datos se obtienen de las figuras 10.3. y 10.4., en las cuales se localiza la

demanda (L. P. M.) en el eje vertical y el factor de presión ( $\text{kg/cm}^2$ ) en el eje horizontal; en el punto en que se crucen la línea vertical y la horizontal se obtendrá el diámetro del ramal principal y la velocidad de flujo. Se hace incapié en que la velocidad de flujo no debe ser mayor a 2.9 m/s para evitar ruidos molestos en la instalación ni debe ser menor de 0.9 m/s, pues con esta velocidad no se contaría con el flujo suficiente.

**Tabla 10.1. Unidades de consumo o unidades mueble (U. M.)**

Aparato o grupo de aparatos	Uso		Forma de Instalación
	Público	Particular	
W. C.	10	6	Válvula de descarga
W. C.	5	2	Tanque de descarga
Lavabo	2	1	Grifo
Bañera	4	2	Grifo
Ducha	4	2	Válvula mezcladora
Fregadero	4	2	Grifo
Pileta de office	3		Grifo
Mingitorio de pedestal	10		Válvula de descarga
Mingitorio mural	5		Válvula de descarga
Mingitorio mural	3		Tanque de descarga
Cuarto de baño completo		8	Válvula de descarga para W. C.
Cuarto de baño completo		6	Tanque de descarga para W. C.
Ducha adicional		2	Válvula mezcladora
Lavadero		3	Grifo
Combinación de lavadero y fregadero		3	Grifo

**Tabla 10.2. Relación de unidades mueble con respecto a la demanda de agua**

Total de unidades mueble	Demanda de agua en L. P. M.
5	15
10	30
20	53
30	76
40	90
50	105
75	140
100	165
200	250
300	320

**Tabla 10.3. Presión de salida de mueble**

(A) Aparato	(B) Diámetro de la tubería (pulgadas)	(C) Presión (kg/cm <sup>2</sup> )	(D) Caudal (L. P. M.)
Lavabo	3/8	0.58	12
Grifo de cierre automático	1/2	0.87	10
Lavabo público, 3/8"	3/8	0.73	15
Fregadero, 1/2"	1/2	0.36	15
Bañera	1/2	0.36	25
Lavadero	1/2	0.36	20
Ducha	1/2	0.58	20
W. C : con tanque de descarga	1/2	0.58	12
W. C. con válvula de descarga	1	0.73 - 1.46	75 - 150
Mingitorio con válvula de descarga	1	1.09	60
Manguera de jardín de 15 m	1/2	2.19	20

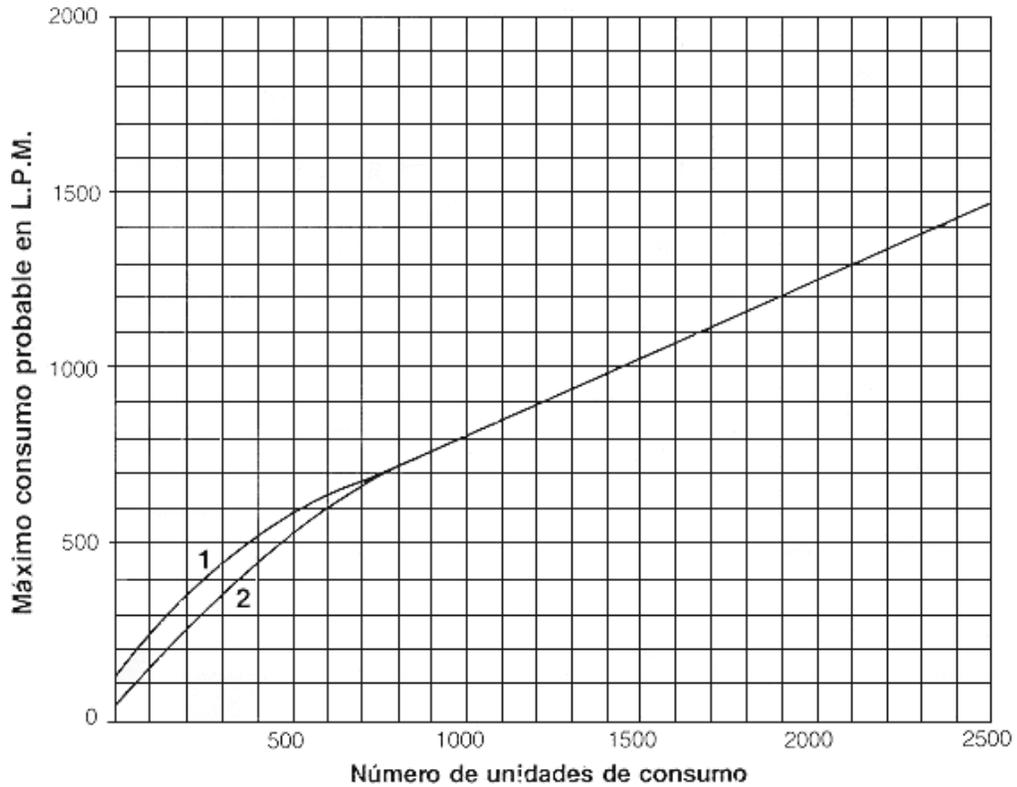
**Tabla 10.4. Gasto de medidores**

Diámetro (pulgadas)	Ensayo normal límites de caudal (L. P. M.)	Diámetro (pulgadas)	Ensayo normal límites de caudal (L. P. M.)
5/8	4 a 75	2	30 a 600
3/4	8 a 130	3	60 a 120
1	11 a 200	4	105 a 1,900
1 1/2	20 a 375	6	180 a 3,800

**Tabla 10.5. Longitud equivalente de conexiones a tubería en m**

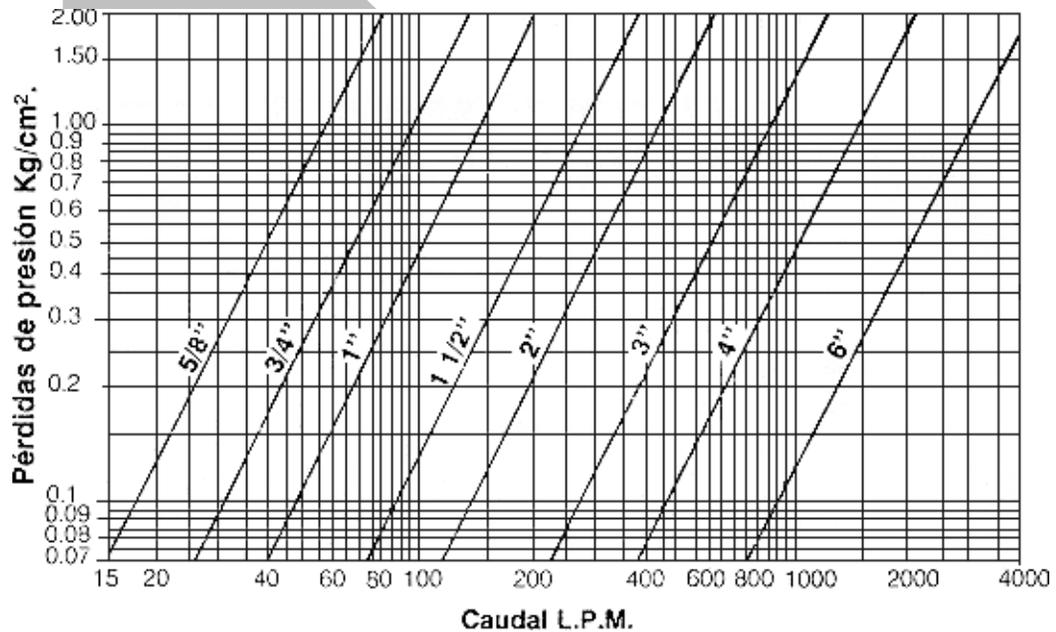
Diámetro (pulgadas)	Codo 90°	Codo 45°	Te giro de 90°	Te paso recto	Válvula de compuerta	Válvula de globo	Válvula de ángulo
3/8	0.30	0.20	0.45	0.10	0.06	2.45	1.20
1/2	0.60	0.40	0.90	0.20	0.12	4.40	2.45
3/4	0.75	0.45	1.20	0.25	0.15	6.10	3.65
1	0.90	0.55	1.50	0.27	0.20	7.60	4.60
1 1/4	1.20	0.80	1.80	0.40	0.25	10.50	5.50
1 1/2	1.50	0.90	2.15	0.45	0.30	13.50	6.70
2	2.15	1.20	3.05	0.60	0.40	16.50	8.50
2 1/2	2.45	1.50	3.65	0.75	0.50	19.50	10.50
3	3.05	1.80	4.60	0.90	0.60	24.50	12.20
3 1/2	3.65	2.15	5.50	1.10	0.70	30.00	15.00
4	4.25	2.45	6.40	1.20	0.80	37.50	16.50
5	5.20	3.05	7.60	1.50	1.00	42.50	21.00
6	6.10	3.65	9.15	1.80	1.20	50.00	24.50

**Fig. 10.1. Estimación de la demanda (U. M. en L. P. M.)**



- 1. Instalaciones e las que predominan válvulas de descarga (fluxómetro)
- 2. Instalaciones en las que predominan tanques de descarga

**Fig. 10.2. Pérdidas de presión en el medidor**



Se utiliza la fórmula de Hazen - Williams desarrollada, aplicando directamente cada uno de los datos de gasto, presión disponible y longitud.

Es muy importante el que se comprenda que se puede dimensionar tanto el ramal principal como los ramales secundarios, las características individuales son las que diferenciarán los resultados obtenidos.

### 10.2.2. Fórmulas usadas

#### Hazen - Williams (Sistema Inglés)

$$Pf = \frac{4.52 \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times d^{4.87}}$$

Despejando para el diámetro se tiene :

$$d = \left( \frac{4.52 \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times Pf} \right)^{1/4.87}$$

y para gasto :

$$Q = \left( \frac{Pf \times C^{1.85} \times d^{4.87}}{4.52} \right)^{1/1.85}$$

Donde :

- $Pf$  = Pérdidas por fricción (m)
- $d$  = Diámetro interno de la tubería (mm)
- $Q$  = Gasto o caudal (LPM)
- $L$  = Longitud del tubo (m)
- $C$  = Coeficiente de pérdidas (adim)
- 4.52=Constante de proporcionalidad para unidades inglesas.

#### Coeficientes "C" de Hazen - Williams

Material de la tubería	C
Tubería recta lisa nueva (cobre - plomo)	140
Tubería de acero lisa nueva	120
Tubería de fundición nueva	110
Tubería de fundición usada	100
Tubería de fundición vieja	80
Tubería de fierro galvanizado	90

#### Hazen - Williams (Sistema Métrico)

$$Pf = \frac{9.52 \times 10^{-6} \times Q^{1.85} \times L}{d^{4.87}}$$

Despejando para el diámetro se tiene :

$$d = \left( \frac{9.52 \times 10^{-6} \times Q^{1.85} \times L}{Pf} \right)^{1/4.87}$$

y para gasto :

$$Q = \left( \frac{Pf \times d^{4.87}}{9.52 \times 10^{-6} \times L} \right)^{1/1.85}$$

4.52=Constante de proporcionalidad para unidades metricas.

#### Darcy

$$hf = \frac{L \times v^2}{d \times 2g}$$

#### Darcy - Weisbach

$$Pf = Hf$$

$$Pf = \frac{fL \times v^2}{d2g} = \frac{v^2 L}{332.232d}$$

$$v^2 = \frac{Pf \times d \times 2g}{f \times L}$$

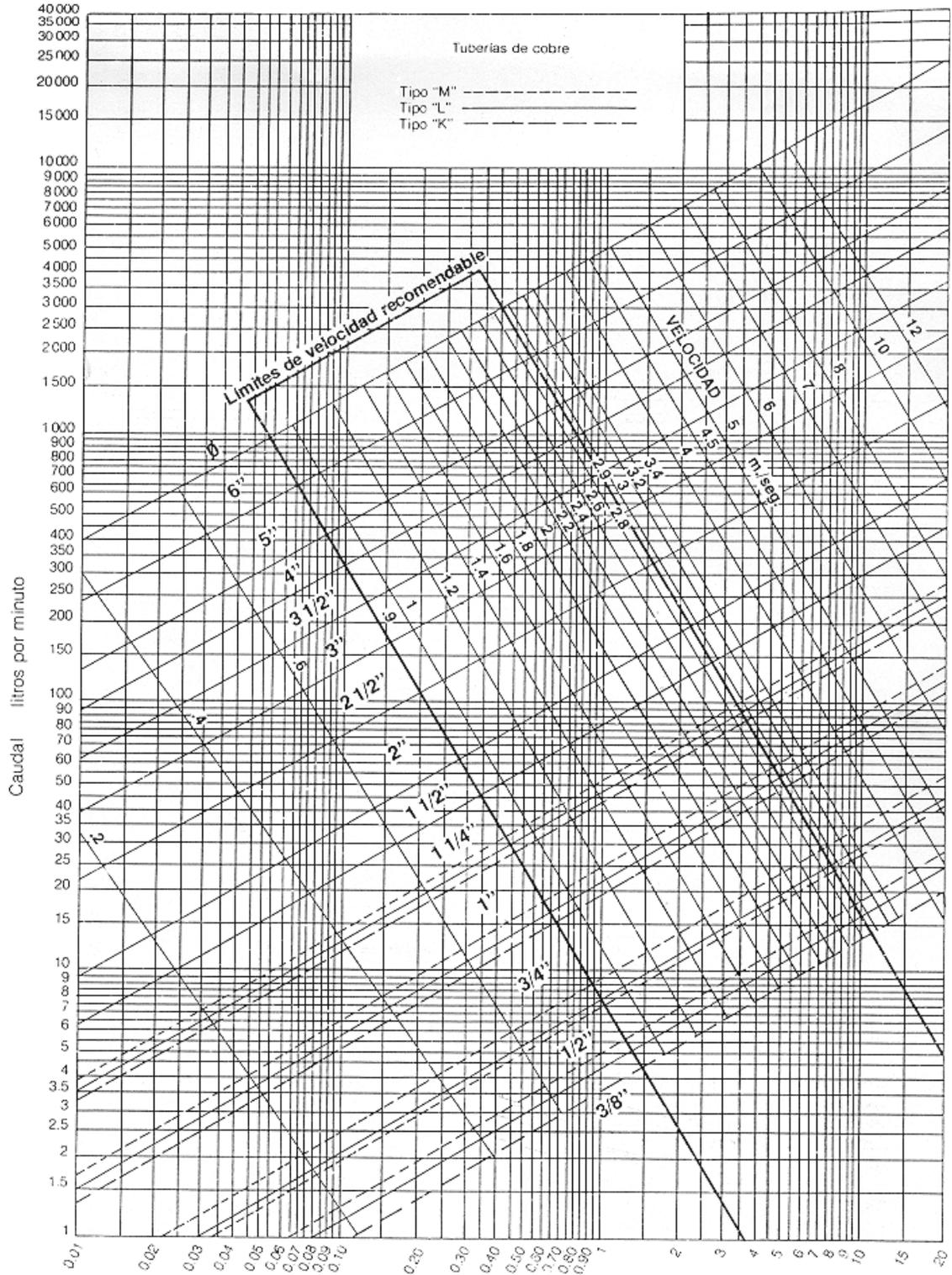
$$v = \sqrt{332.232 \times \frac{d \times Pf}{L}}$$

Siendo:

- $Hf$  = Pérdidas por fricción en mts. col. de agua
- $d$  = Diámetro interno de la tubería (m)
- $L$  = Longitud del tubo (m)
- $f$  = Coeficiente de fricción (adim)
- $v$  = Velocidad del flujo (m/s)
- $g$  = Gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

Fig. 10.3. Gráfico para el cálculo del factor de presión en tubería de

Cobre



Presión disponible para vencer pérdidas por rozamiento en Kg./cm<sup>2</sup> por cada 100 m. de tubería  
(Factor de presión)



Continuando con el ejemplo pero utilizando el nomograma para un gasto o caudal de 30 LPM se tendría el siguiente resultado :

Entrando en el eje vertical (Caudal) con 30 se traza una línea en forma horizontal hasta que cruce con la línea diagonal de la tubería de cobre rígido tipo "M" de 3/4", en este punto se traza ahora una línea vertical hacia abajo hasta que cruce con el eje horizontal (Presión disponible) el valor encontrado es de 1.5 kg/cm<sup>2</sup> por cada 100 m.

El paso siguiente es transformar las unidades a metros y la longitud a 20 m, para ello se debe tener presente que 1 kg/cm<sup>2</sup> es igual a 10 metros de columna de agua (m. c. a.), por lo tanto se tiene :

1.0 kg/cm<sup>2</sup> es a 10 m

1.5 kg/cm<sup>2</sup> es a x

$$x = \frac{1.5 \cdot 10}{1.0} = 15m$$

y para 20 m :

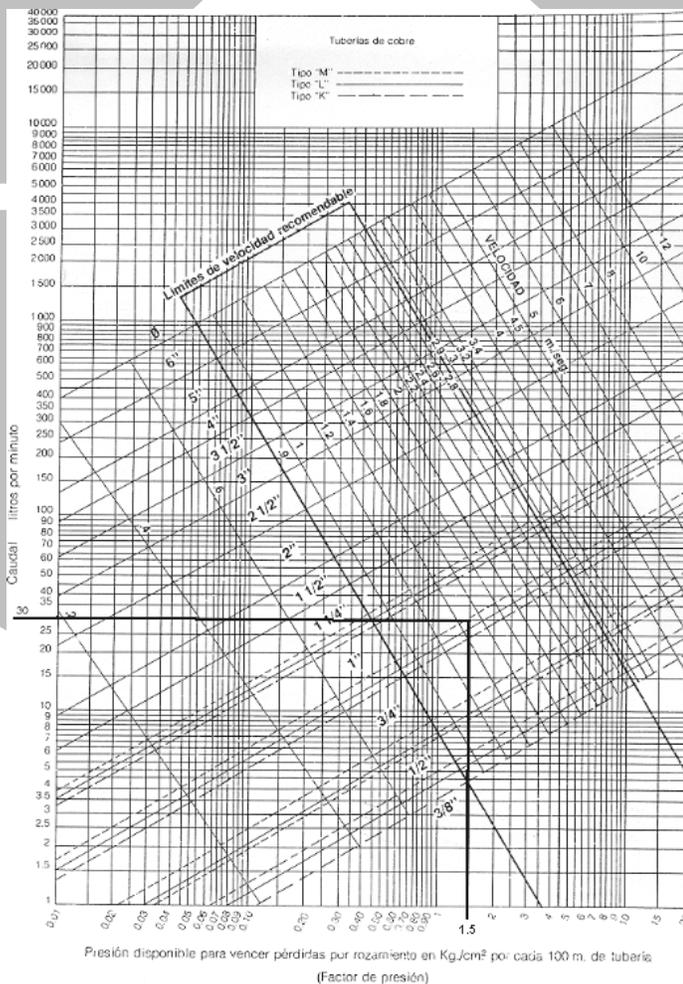
15 m. c. a. es a 100 m de longitud

y es a 20 m de longitud

$$y = \frac{20 \cdot 15}{100} = 3m$$

Por lo tanto Pf = 3 m

**Fig. 10.5 Ejemplo de cálculo usando el nomograma**



### 10.3. Factores de costo en una instalación hidráulica con tubería de cobre

La reducción de diámetros en las tuberías de cobre queda ampliamente demostrado al obtener los factores de rugosidad de diversas tuberías, por lo que inclusive el consumo de tubería de cobre de 10 mm de diámetro se ha visto incrementado últimamente al adoptarse en más muebles cada vez.

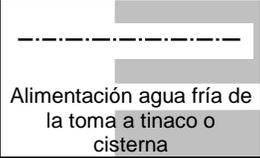
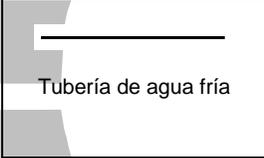
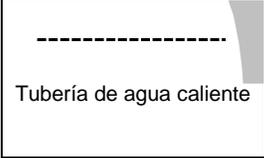
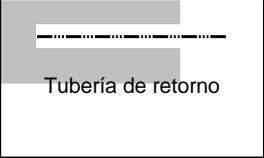
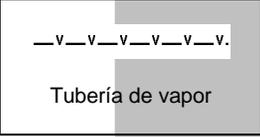
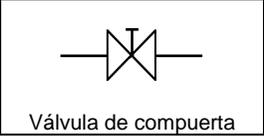
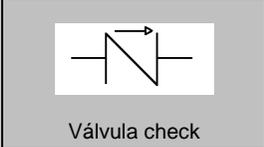
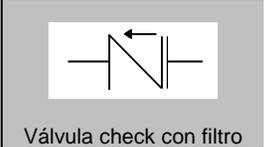
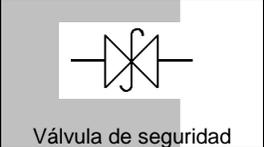
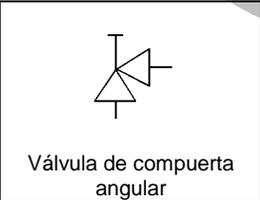
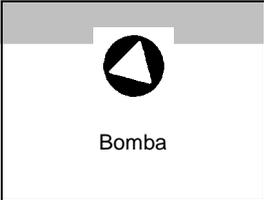
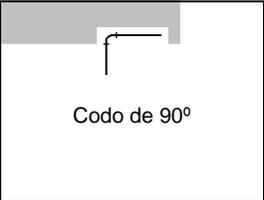
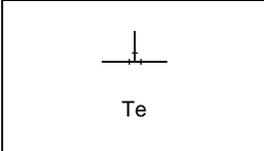
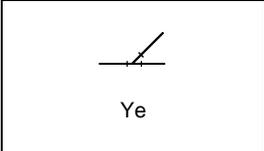
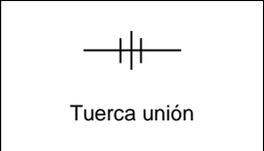
La rapidez con que se instala la tubería debido a su sistema de unión y a su ligereza permiten al operario mayores rendimientos en sus jornadas de trabajo, además evita el

uso de tuercas unión en lugares en donde con otros materiales roscables las cuerdas quedarían encontradas.

La resistencia a la corrosión es mayor que la de cualquier metal ferroso, proporciona la seguridad de que es un material duradero, de buena calidad y que permite el mismo flujo durante toda su vida útil.

Todo esto redundará en un ahorro considerable en los costos de la instalación tanto en la inversión original como en el mantenimiento, por lo que es conveniente para realizar instalaciones de insuperable calidad, duración y fáciles de instalar, usar tubería de cobre.

### 10.4. Simbología de instalaciones hidráulicas

 Alimentación agua fría de la toma a tinaco o cisterna	 Tubería de agua fría	 Tubería de agua caliente	 Tubería de retorno
 Tubería de vapor	 Tubería de agua destilada	 Tubería sistema contra incendio	 Válvula de compuerta
 Válvula de Globo	 Válvula check	 Válvula check con filtro	 Válvula de seguridad
 Válvula de compuerta angular	 Válvula de globo angular	 Bomba	 Codo de 90°
 Codo de 45°	 Te	 Ye	 Tuerca unión

### 10.4.1. Claves para la interpretación de proyectos de instalaciones hidráulicas

AL.	Alimentación	B. A. F.	Baja agua fría
C. A.	Cámara de aire	R. D. A. C.	Red distribución de agua caliente
C. A. C.	Columna de agua caliente	R. D. A. F.	Red distribución de agua fría
C. A. F.	Columna de agua fría	R. D. R.	Red de riego
C. D. A. F.	Columna de distribución de agua fría	T. A. C.	Tubería de agua caliente
C. V.	Columna o cabezal de vapor	T. M.	Toma municipal
D. A. C.	Derivación de agua caliente	T. R. A. C.	Tubería de retorno agua caliente
D. A. F.	Derivación de agua fría	V. A.	Válvula de alivio
R. A. C.	Retorno de agua caliente	V. E. A.	Válvula eliminadora de aire
S. A. C.	Sube agua caliente	R. P. I.	Red protección contra incendio
B. A. C.	Baja agua caliente	C. P. I.	Columna protección contra incendio
S. A. F.	Sube agua fría		

## 11.1. Instalaciones de gas

El uso de las tuberías de cobre en las instalaciones de gas doméstico y comercial, se ha generalizado por las ventajas que proporciona, tanto en la realización de la instalación como de su funcionamiento, además de que permite alternativas en el diseño al poder elegir entre tuberías de temple rígido y flexible.

Los tipos de tubería utilizados y que el reglamento indica son tuberías de cobre rígido y flexible tipo "L" y tuberías de cobre flexible tipo "Usos Generales". La razón de utilizar tipos de tuberías que soportan presiones de trabajo mucho muy elevadas en instalaciones en donde la presión no rebasa los 27.94 gr/cm<sup>2</sup> es debido a la seguridad que se debe guardar con respecto a los posibles impactos a que están expuestas las líneas al diseñarse (también por reglamento) en forma visible.

Las instalaciones de gas se pueden componer de varios tipos de redes :

- Líneas de servicio
- Líneas de llenado de tanques estacionario
- Líneas de retorno de vapor de las líneas de llenado

### 11.1.1. Líneas de servicio

Las líneas de servicio se pueden clasificar de varias maneras por el tipo de recipientes fijos o portátiles, por la presión a la que conducen el gas, de baja presión o de alta presión (27.94 gr/cm<sup>2</sup> o 1.5 kg/cm<sup>2</sup>), por la capacidad de alimentación, ya sea unifamiliar o multifamiliar.

También se pueden clasificar por conducir gas L. P. o natural. Sin embargo, en cualquiera de estos casos las tuberías de cobre cumplen su cometido con eficiencia y seguridad. Los diámetros que normalmente se utilizan son de 3/8" a 3/4" en temple flexible, y de 3/8" a 1" en temple rígido.

### 11.1.2. Líneas de llenado

Las líneas de llenado cumplen una función específica cuando los tanques estacionarios quedan retirados de los autotanques que los reabastecen, la presión a la que se trabaja en estas líneas es de 17.58 kg/cm<sup>2</sup>; por sus características especiales se describirán detalladamente en otro punto de este capítulo.

### 11.1.3. Líneas de retorno de vapores

La línea de retorno de vapores tiene una función especial, desalojar los vapores o gases acumulados en la parte superior del tanque estacionario al momento de que se carga éste la densidad de éstos los hace prácticamente incompresibles por lo que su desalojo es recomendable en tanques estacionarios de gran capacidad con el objeto de aumentar su eficiencia. Se describe junto con las líneas de llenado en un punto posterior.

## 11.2. Desarrollo de la fórmula del Dr. Pole y obtención del factor "f" para tuberías de cobre.

### 11.2.1. Fórmula del Dr. Pole

La fórmula del Dr. Pole, utilizada para el cálculo de la caída de presión en instalaciones de servicio de gas L. P. a baja presión, es la siguiente :

$$Q = K \cdot \sqrt{\frac{d^5 \cdot h}{S \cdot L}} \quad (1)$$

En la cual :

Q = Gasto (pies cúbicos de gas por hora)  
también G

K = Coeficiente de flujo

d = Diámetro interior de la tubería  
(pulgadas)

h = Caída de presión expresada  
(pulgadas de columna de agua)

S = Gravedad específica del gas (aire=1)

L = Longitud de tuberías (yardas)

Nota : El factor K corresponde a una tubería de hierro de aspereza promedio, tiene un valor de 1350.

Todos los cálculos en México se realizan con el sistema métrico decimal, el primer paso para tener la fórmula en este sistema, será determinar K, por lo que realizaremos las operaciones convenientes considerando :

$$1 \text{ pie cúbico} = 0.0283 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ pulgada de columna de agua} = 0.00254001 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ yarda} = 0.914401 \text{ m}$$

K' = Factor que sustituye a 1350 para uso de la fórmula con el sistema métrico decimal.

La fórmula queda de la siguiente forma :

$$Q = K' \cdot \sqrt{\frac{d^5 \cdot h}{S \cdot L}} \quad (2)$$

$$K' = K \cdot \frac{Q}{\sqrt{\frac{d^5 \cdot h}{S \cdot L}}} \quad (3)$$

$$K' = K \cdot \frac{0.02831685}{\sqrt{\frac{105.724863 \cdot 0.0025401}{1 \cdot 0.914402}}}$$

$$K' = K \cdot \frac{0.02831685}{\sqrt{0.29.6806}}$$

$$K' = K \cdot 0.05227$$

$$K' = 1350 \cdot 0.05227 = 70.6$$

La Dirección General de Gas ha determinado el valor de K'= 70.7 por lo que la fórmula queda:

$$G = 70.7 \cdot \sqrt{\frac{d^5 \cdot h}{S \cdot L}} \quad (4)$$

Despejando para la caída de presión (h)

$$h = \frac{G^2}{70.7^2} \cdot \frac{S \cdot L}{d^5}$$

$$h = \frac{G^2 \cdot S \cdot L}{4,998.49 \cdot d^5}$$

ya que  $4,998.49 \approx 5,000$  y tomando  $S=2$  del gas butano se tiene :

$$h = \frac{2 \cdot L \cdot G^2}{5,000 \cdot d^5} \quad (5)$$

### 11.2.2. Factor "f"

Los valores de  $G^2$  y L son conocidos al plantear el problema, es decir el gasto máximo de aparatos en metros cúbicos por hora y la longitud de tubería en metros.

Los factores restantes, se agrupan para obtener el factor "f" como sigue :

$$f = \frac{2}{5,000 \cdot d^5} \quad (6)$$

El cual depende del diámetro de la tubería, por lo que la fórmula (5) queda :

$$H = G^2 \cdot L \cdot f \quad (7)$$

Como h se expresa en kg/cm<sup>2</sup> es conveniente afectarla de tal manera que H sea la caída de presión expresada en un porcentaje de L original

Si se tiene que la presión original en la salida del regulador de baja  $H^1$  es de  $0.02336 \text{ kg/cm}^2$ . La división de  $H$  entre  $H^1$  dará el porcentaje de disminución o aumento de ésta para lo que (6) se planteará de la siguiente manera :

$$f = \frac{2}{5,000 \cdot 0.0002636 \cdot d^5}$$

$$f = \frac{2}{1.318 \cdot d^5}$$

$$f = \frac{1.51745}{d^5} \quad (8)$$

A continuación se presentan los valores del factor “ $f$ ” para los diferentes tipos de tuberías de cobre utilizados en conducción de gas.

**Factores “ $f$ ” para tuberías de cobre tipo “L” rígido**

D. N. (mm)	D. E. (mm)	D. I. (cm)	$f$ según (8)	$f$ según D. G. G.
10	12.700	1.0922	0.976	0.980
13	15.875	1.3843	0.298	0.297
19	22.225	1.9939	0.048	0.048
25	28.575	2.6035	0.0127	0.0127
32	34.925	3.2131	0.0044	0.0044
38	41.275	3.8227	0.00186	0.00186
51	53.975	5.0419	0.00046	0.00046

**Factores “ $f$ ” para tuberías de cobre tipo “L” flexible**

D. N. (mm)	D. E. (mm)	D. I. (cm)	$f$ según (8)	$f$ según D. G. G.
6.350	9.525	0.8001	4.628	4.600
9.500	12.700	1.0922	0.976	0.970
12.700	15.875	1.384	0.299	
15.785	19.050	1.6916	0.109	
19.00	22.225	1.9939		

**Factores “ $f$ ” para tuberías de cobre tipo “Usos Generales” flexible**

D. N. (mm)	D. E. (mm)	D. I. (cm)	$f$ según (8)
6.350	6.350	0.4826	57.960
9.500	7.937	0.6311	15.157
15.785	15.875	1.4097	0.272
19.00	19.000	1.7222	0.100

### 11.3. Consumo de los aparatos según su tipo en gas L. P.

Cualquier quemador de tipo doméstico que opere con gas licuado de petróleo se diseñará para alcanzar una eficiencia óptima cuando la presión del gas a través del mezclador de aire sea de 27.94 gr/cm<sup>2</sup>.

Si esta presión es mayor o no se alcanza, el quemador consumirá deficientemente el gas inyectado, la flama se apagará por exceso o escasez de presión. La Dirección General de Gas, tratando de evitar esto señala un valor para la presión al manejarse el gas en tuberías de servicio de baja presión y un máximo de tolerancia que es del 5% en exceso o en defecto. Este valor se determinó en 26.36 cm columna de agua, por lo que la máxima será de 27.68 cm y la mínima de 25.04cm.

El gasto por aparato se determinará por el calibre y cantidad de espreas de cada uno de ellos.

#### Ejemplo :

A modo de ejemplo, se anexan tres aparatos de uso común en los que se puede apreciar su consumo total, de acuerdo a las espreas que emplean :

- Una estufa con 4 quemadores y horno consume:

$$4QH = 0.062 \times 4 = 0.248 + 0.170 \\ = 0.418 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Estufa con 4 quemadores, horno y comal:

$$4QHC = 0.062 \times 4 = 0.248 + 0.062 + 0.170 \\ = 0.480 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Estufa con 4 quemadores, horno, comal y roscicero :

$$4QHCR = 0.062 \times 4 = 0.248 + 0.062 + 0.170 + \\ 0.170 = 0.650 \text{ m}^3/\text{h}$$

### 11.4. Cálculo de diámetros y caídas de presión

#### 11.4.1. Cálculo para tuberías de cobre en instalaciones de gas L. P. ; en baja presión.

Considerando la formula del Dr. Pole (7)

$$H = G^2 \cdot L \cdot f$$

Siendo :

$H$  = Caída de presión en % del original

$G$  = Consumo de gas en m<sup>3</sup>/h

$L$  = Longitud del tramo a calcular en m

$f$  = Factor para los diferentes diámetros de tubería

El gasto y la longitud son datos conocidos, si la caída de presión se iguala a la unidad, se puede obtener un factor X e igualarlo al de las tuberías comerciales.

$$f = \frac{H}{G^2 \cdot L} \quad (9)$$

Según el diámetro comercial y con su factor real, se podrá obtener la caída de presión real de los tramos calculados.

Siguiendo el mismo criterio que en los cálculos hidráulicos, la suma de caídas de presión de los diferentes tramos se hará únicamente con respecto al mueble más desfavorable en la línea, o sea a la suma de los tramos que se involucren para llegar a este aparato.

El gasto de los ramales estará dado por el número y consumo de los aparatos que abastezcan.

## Consumos Típicos para el Cálculo de Diámetros de Tubería para Instalaciones de Gas L. P. y Natural

Formula del Dr. Pole abreviada

$$\% H = G^2 \cdot L \cdot f$$

S = Gravedad específica del Propano = 1.53 ; Gas natural = 0.6 ; Aire = 1

P = 27.40 kPa (27.94 gr/cm<sup>2</sup>) Gas L. P.

APARATO	ESPREA GAS L. P.	CAL / H	BTU / H	GAS L. P. m <sup>3</sup> /h
ESTUFA DOMÉSTICA				
Comal o Quemador	70	1,379	5,473	0.062
Horno, Asador o Rosticero	56	3,782	15,008	0.170
4 QH		9,298	36,896	0.418
4 QHC		10,677	42,369	0.480
4 QHCA ó 4 QHCR		14,458	57,374	0.650
ESTUFA RESTAURANTE				
Quemador	66	1,913	7,591	0.086
Plancha o Asador	56	3,782	15,008	0.170
Horno	50	8,630	34,248	0.388
PARRILLA O CAFETERA	70	1,379	5,473	0.062
CONSERVADOR DE ALIMENTOS CALIENTES /Q	74	890	3,531	0.040
CALEFACTOR PARA :				
120 m <sup>3</sup>	64	2,269	9,003	0.102
240 m <sup>3</sup>	56	3,782	15,008	0.170
360 m <sup>3</sup>	52	7,073	28,069	0.318
CALENTADOR DE AGUA CON ALMACENAMIENTO				
Hasta 110 Lts.	54	5,316	21,096	0.239
Hasta 240 Lts.	47	10,655	42,280	0.479
INFRAROJO POR QUEMADOR	59	3,003	11,916	0.133
REFRIGERADOR DOMÉSTICO	79	369	1,465	0.0166
INCINERADOR	56	3,782	15,008	0.170
CALENTADOR DE AGUA AL PASO SENCILLO		20,686	82,089	0.930
AL PASO DOBLE		33,365	132,402	1.500
AL PASO TRIPLE		46,711	185,363	2.100
MECHERO BUNSEN		512	2,030	0.023
MÁQUINA TORTILLADORA		48,936	194,190	2.200

**Ejemplo :**

Para hacer más comprensible el cálculo se anexan planos (planta e isométrico) de una casa habitación tipo, en la cual ha sido diseñada la instalación de gas apegándose al instructivo.

Los tramos se enumeran de la siguiente manera :

AB, BC, CD, BE, EF

Los aparatos instalados son :

- Calentador de almacenamiento de 110 Lts., consume 0.239 m<sup>3</sup>/h
- Estufa de 4 quemadores y horno, consume 0.418 m<sup>3</sup>/h

Según (9) para el tramo AB o principal

$$L = 3 \text{ m}$$

$$G = 0.239 + 0.418 = 0.657 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$f = \frac{1}{0.657^2 \cdot 3} = 0.772$$

Con este valor y comparando con las tablas de los diferentes factores de tuberías de cobre, se observa que se puede utilizar tubería de cobre rígido de menos 3/8" de diámetro.

Sin embargo se propone utilizar una tubería de 3/8" cuyo factor es de 0.980. con este valor se obtiene la caída de presión (H) según la fórmula (7)

$$H_{\overline{AB}} = 0.657^2 \cdot 3 \cdot 0.98$$

$$H_{\overline{AB}} = 1.269\%$$

El cálculo de los tramos siguientes se hará basándose en este diámetro. Sus diámetros serán igual o menores a éste. Para el tramo BC

$$H_{\overline{BC}} = 0.418^2 \cdot 2.7 \cdot 0.98$$

$$H_{\overline{BC}} = 0.462\% \quad (3/8" \text{ CRL})$$

Para el tramo CD :

$$H_{\overline{CD}} = 0.418^2 \cdot 1.5 \cdot 4.6$$

$$H_{\overline{CD}} = 1.205\% \quad (3/8" \text{ CRL})$$

Tramo BE :

$$H_{\overline{BE}} = 0.239^2 \cdot 0.3 \cdot 0.98$$

$$H_{\overline{BE}} = 0.016\% \quad (3/8" \text{ CRL})$$

Tramo EF :

$$H_{\overline{EF}} = 0.239^2 \cdot 0.5 \cdot 4.6$$

$$H_{\overline{EF}} = 0.131\% \quad (1/4" \text{ CFL})$$

La suma de los porcentajes de caída de presión se hará con respecto al mueble más desfavorable ya sea por longitud o por consumo, se consideran en este caso dos posibilidades por lo que los tramos AB, BE y EF, representará una opción y los tramos AB, BC y CD, la otra.

$$\overline{AB} = 1.296\%$$

$$\overline{CD} = 0.016\%$$

$$\overline{EF} = 0.131\%$$

1.416% menor a 5%

Nota : conforme el factor aumenta, el diámetro disminuye.

La otra posibilidad sería :

$$\overline{AB} = 1.296\%$$

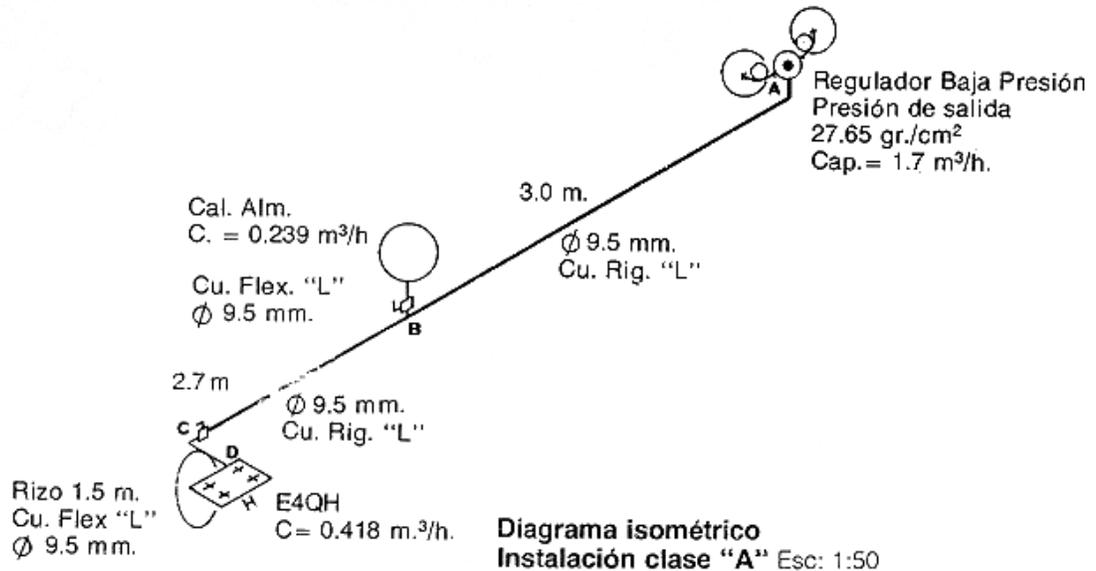
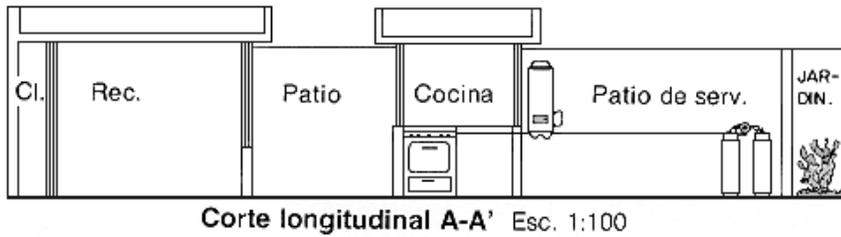
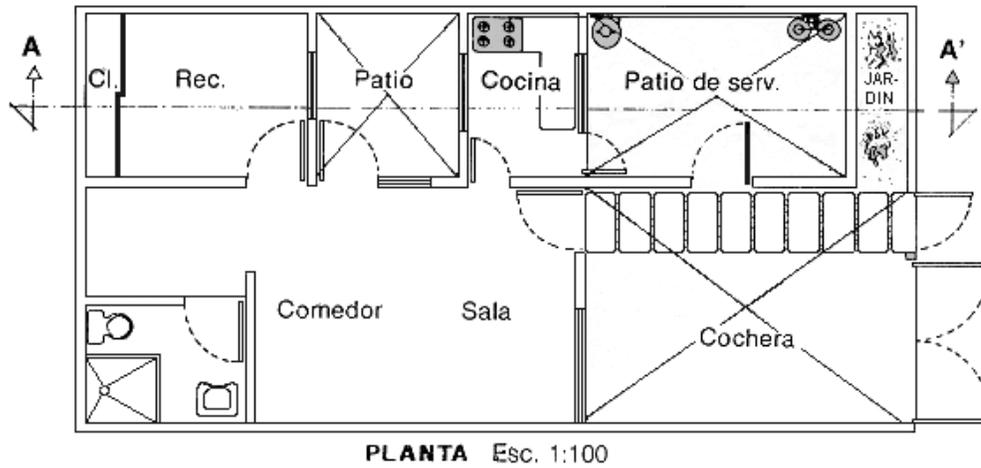
$$\overline{BC} = 0.462\%$$

$$\overline{CD} = 1.205\%$$

2.936% menor a 5%

La 2ª posibilidad es la mayor de las dos, esto significa que tiene menores diámetros y es mucho menor a 5% por lo que los diámetros propuestos están bien calculados, pudiéndose inclusive reducir, solamente que en tuberías y sobre todo en conexiones de cobre no existen medidas comerciales más pequeñas.

Fig. 11.1. Planos del ejemplo de cálculo de instalación de gas a baja presión



Máxima caída de presión	
Tramo	%
A - B	1.269
B - C	0.462
C - D	1.205
Total	2.936

## 11.5. Tubería de llenado y retorno de vapores

Las tuberías de llenado y de retorno de vapores para recipientes fijos, deberán ser de cobre rígido de Norma para las presiones de trabajo correspondientes, cuando no estén expuestas a daños mecánicos.

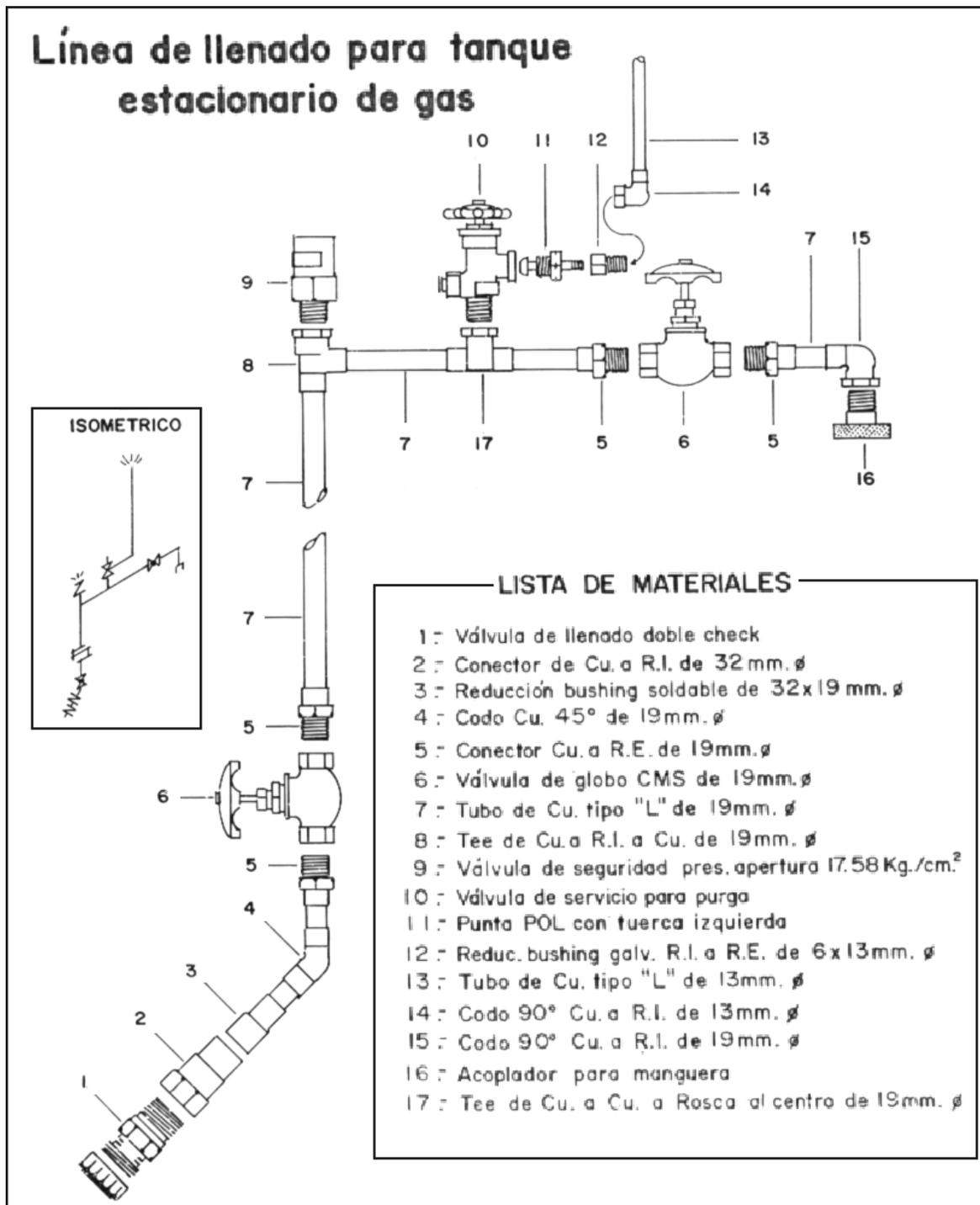
### 1. Tendido y localización

- a) Deberán instalarse por el exterior de las construcciones y ser visibles en todo su recorrido. No se considera oculto el tramo que solo atraviese un muro macizo. Si es hueco deberá ahogarse con concreto la parte de la tubería que se aloje en el muro.
- b) Salvo que se les aisle apropiadamente, quedarán separadas 20 centímetros como mínimo de conductores eléctricos y de tuberías para usos industriales que conduzcan fluidos corrosivos o de alta temperatura y no cruzaran ambientes corrosivos.
- c) Las bocas de toma se situarán al exterior de las construcciones a una altura de 2.50 m o a una altura menor si se les aloja en una caja adecuada para evitar su manejo por personas extrañas al servicio. Se prohíbe localizarlas al nivel de la banqueta o a uno de inferior. La distancia mínima de la boca de toma a flama deberá ser de 3 m.
- d) Siempre se preferirá, para el tendido de la tubería de llenado, que su bajada sea desde las fachadas de la construcción o las paredes laterales que no sean colindantes con otra propiedad. En los casos especiales donde esto no sea posible, el técnico responsable proyectará la solución y pedirá la aprobación de la Secretaría de Comercio. Si la solución implica el tender la bajada por cubos de luz o el recorrido por pasillos, se cumplirán los siguientes requisitos

- i) Se utilizará tubo de cobre rígido de norma para las presiones de trabajo correspondientes.
  - ii) La boca de toma se situará al exterior de las construcciones en las condiciones del punto c). También podrá localizarse en cubos de luz si éste tiene comunicación permanente a la calle y siguiendo el criterio expresado en el inciso b) de la regla 2 de este capítulo.
  - iii) Se prohíbe el recorrido por pasillos destinados exclusivamente al tránsito de personas, si no están suficientemente ventilados en forma permanente en ambos extremos.
  - e) La instalación de la tubería de retorno de vapor será optativa a juicio del técnico responsable.
2. Se omitirán las tuberías de llenado, siempre que la manguera, en toda su extensión quede a la vista de las dos personas que lleven a cabo la maniobra, en los siguientes casos :
- a) Cuando el recipiente a llenar esté localizado en un sitio de acceso directo para el vehículo suministrador.
  - b) Cuando el recipiente no esté en un sitio de acceso directo para el vehículo suministrador, pero se puede llegar a él con la manguera sin añadirle tramos adicionales, siempre que todo el tendido de la manguera se haga a la intemperie o cruzando en longitud no mayor de 12 m, lugares tales como cocheras no subterráneas o abajo de cobertizos, o por pasillos o lugares similares y que en cualquiera de estos casos se encuentre a la intemperie en ambos extremos. No se permitirá recorrer con manguera pasillos cubiertos que estén destinados exclusivamente al tránsito de personas.
  - c) Que estando el recipiente localizado en azotea se cumplan las siguientes condiciones:
    - i) Que la azotea tenga una altura no mayor a 7 m sobre el nivel del piso.

- ii) Que el sitio de ubicación del tanque sea accesible y alejado del paño frontal de la construcción no más de 10 m.
  - iii) Que el lugar de paso de la manguera esté libre de obstáculos y que de existir cables de alta tensión, anuncios eléctricos o flamas de cualquier naturaleza, la distancia a que se encuentren elimine la posibilidad de riesgo anormal.
  - iv) Que el tendido de la manguera desde el autotanque hasta el paño de la construcción se haga sobre el piso.
3. Las tuberías de llenado de líquido deberán contar con los siguientes accesorios :
- a) Válvula de control manual para una presión de trabajo de  $28 \text{ kg/cm}^2$ , inmediatamente después del acoplador con cuerda ACME al recipiente.
  - b) En la boca de toma, una válvula de acción manual para una presión de trabajo de  $28 \text{ kg/cm}^2$  y una válvula automática de no retroceso, sencilla o doble, con cuerda ACME para recibir acoplador.
  - c) Válvula de seguridad localizada entre las dos válvulas de cierre manual, en la zona más alta de esta tubería, cuyo ajuste de apertura deberá ser de  $17.58 \text{ kg/cm}^2$ .
- d) Tubería de purga, controlada con válvula de control manual, que terminará hasta sobresalir en un lugar bien ventilado y orientada en forma tal que sean mínimos los riesgos por el gas purgado.
4. Las tuberías de llenado deberán ostentar el color rojo cuando estén destinadas a conducir gas L. P. en estado líquido y amarillo las que se utilicen para el retorno de vapores, La Dirección General de Gas podrá autorizar el uso de otros colores, si lo justifican razones de estética y no hay posibilidad de confusiones.
5. Las tuberías de retorno de vapor deberán estar dotadas de los siguientes accesorios :
- a) Inmediatamente después del acoplador, dotado de opresor con cuerda ACME al recipiente, una válvula de cierre a mano de presión de trabajo de  $28 \text{ kg/cm}^2$ .
  - b) En la boca de la toma una válvula de cierre a mano para una presión de trabajo de  $28 \text{ kg/cm}^2$  y una válvula automática combinada de excesos de flujo y de no retroceso.

Fig. 11.2. Línea de llenado para tanque estacionario de gas.



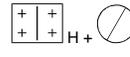
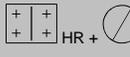
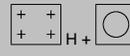
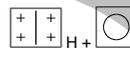
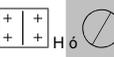
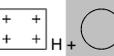
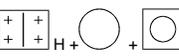
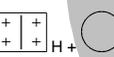
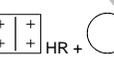
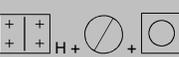
### Caídas de presión para tubería de cobre de temple rígido "L"(CR-L) y temple flexible (CF)

Aparato de consumo	Gasto gas L. P. m <sup>3</sup> /h	Gasto gas natural m <sup>3</sup> /h	Tipo de tubería	% de caída de presión por metro lineal de tubería							
				φ para gas L. P.				φ para gas natural			
				9.5 mm	12.7 mm	19.1 mm	25.4 mm	9.5 mm	12.7 mm	19.1 mm	25.4 mm
Parrilla 2 Q	0.124	0.340	CR- L	0.015				0.053	0.016		
			CF	0.070				0.247	0.052		
Incinerador	0.170	0.442	CR- L	0.028	0.009			0.090	0.027		
			CF	0.133	0.028			0.418	0.088		
Cafetera	0.186	0.490	CR- L	0.033	0.010			0.110	0.033	0.005	
			CF	0.159	0.033			0.513	0.108		
Cal. Alm. 100 Lts	0.239	0.621	CR- L	0.056	0.017	0.003		0.177	0.053	0.008	
			CF	0.262	0.055			0.825	0.174		
Calef. 360	0.318	0.836	CR- L	0.099	0.030	0.005		0.322	0.097	0.015	
			CF	0.465	0.098			1.495	0.316		
Estufa 4 QH	0.418	1.086	CR- L	0.172	0.052	0.008		0.543	0.164	0.026	
			CF	0.805	0.170			2.523	0.533		
Cal. Alm. Doble	0.480	1.250	CR- L	0.225	0.068	0.011		0.720	0.217	0.035	
			CF	1.058	0.223			3.344	0.706		
Estufa 4QHC	0.480	1.250	CR- L	0.225	0.068	0.011		0.720	0.217	0.035	
			CF	1.058	0.223			3.344	0.706		
Estufa 4QHCA ó 4QHCR	0.650	1.690	CR- L	0.415	0.126	0.020		1.316	0.397	0.064	0.016
			CF	1.946	0.410			6.112	1.290		
Estufa 4QH+Cal	0.657	1.712	CR- L	0.423	0.128	0.021	0.005	1.351	0.407	0.066	0.017
			CF	1.987	0.419			1.325			
E. Rest 4QHP	0.902	2.370	CR- L	0.797	0.241	0.039	0.010	2.589	0.780	0.126	0.033
			CF	3.742	0.790			2.539			
Cal. Paso Sencillo	0.930	2.445	CR- L	0.848	0.257	0.042	0.011	2.756	0.831	0.134	0.035
			CF	3.979	0.839			2.702			

### Factores de Tuberías = F

mm	pulg	Galv.	CR-L	CF
9.5	3/8	0.493	0.980	4.600
12.7	1/2	0.1540	0.297	0.970
19.1	3/4	0.042	0.048	
25.4	1	0.012	0.0127	
32.0	1 1/4	0.0028	0.0044	
38.0	1 1/2	0.0013	0.00184	
50.8	2	0.0003	0.00046	

### Tablas para el cálculo de caída de presión en tuberías que conducen gas L. P.

Aparato de consumo	Tubería Material	% de caída de presión en cada metro lineal de tubería				Aparato de consumo	Tubería Material	% de caída de presión en cada metro lineal de tubería			
		9.5 mm	12.7 mm	19.1 mm	25.4 mm			9.5 mm	12.7 mm	19.1 mm	25.4 mm
Incinerador  0.170 m³/h	CR-L CF GALV.	0.028 0.133	0.009 0.028 0.004			E4QHC+CA2  0.960 m³/h	CR-L CF GALV.	0.903 0.893 0.454	0.273 0.141	0.044 0.038	0.011 0.011
Cal. Alim. 110 Lts  0.239 m³/h	CR-L CF GALV.	0.056 0.262	0.017 0.055 0.009	0.003 0.002		E4QHCR + CA2  1.130 m³/h	CR-L CF GALV.	1.251 5.874 0.629	0.379 1.238 0.196	0.061 0.053	0.016 0.015
Calefactor 360  0.318 m³/h	CR-L CF GALV.	0.099 0.465	0.030 0.098 0.016	0.005 0.004		E4QH + Cal. de paso  1.348 m³/h	CR-L CF GALV.	1.780 1.762 0.895	0.540 1.762	0.087 0.076	0.023 0.021
Estufa 4QH  0.418 m³/h	CR-L CF GALV.	0.172 0.805	0.052 0.170 0.027	0.008 0.007		E4QHC + CP  1.410 m³/h	CR-L CF GALV.	1.948 1.928 0.306	0.590 1.928	0.095 0.083	0.025 0.024
E4QHC ó CA2  0.480 m³/h	CR-L CF GALV.	0.225 1.058	0.068 0.223 0.035	0.011 0.010		E4QHC + CA2 + CA2  1.440 m³/h	CR-L CF GALV.	2.032 1.022	0.615 0.319	0.099 0.087	0.026 0.025
E4QHCR  0.650 m³/h	CR-L CF GALV.	0.415 1.946	0.126 0.410 0.065	0.020 0.018		CP Doble  1.500 m³/h	CR-L CF GALV.	2.205 2.163 0.347	0.053 2.163	0.108 0.095	0.029 0.027
E4QH + CA  0.657 m³/h	CR-L CF GALV.	0.423 1.987	0.128 0.419 0.067	0.021 0.018 0.005	0.005	E4QHC + CA + CP  1.649 m³/h	CR-L CF GALV.	2.665 2.637 0.419	0.808 2.637	0.131 0.114	0.033 0.033
E4QHC + CA  0.719 m³/h	CR-L CF GALV.	0.507 2.378	0.154 0.501 0.080	0.025 0.022 0.006	0.007	E4QHCR + CA + CP  1.719 m³/h	CR-L CF GALV.	2.896 2.866 0.453	0.878 2.866	0.142 0.124	0.038 0.033
E4QHCR + CA  0.889 m³/h	CR-L CF GALV.	0.790 0.397	0.239 0.782 0.124	0.038 0.033 0.009	0.010	E4QHC + CA2 + CP  1.990 m³/h	CR-L CF GALV.	3.881 3.041 0.610	1.176 3.041	0.190 0.166	0.030 0.048
E Rest. 4QHP  0.902 m³/h	CR-L CF GALV.	0.797 3.742 0.401	0.241 0.790 0.125	0.039 0.034 0.009	0.010	CP Triple  2.100 m³/h	CR-L CF GALV.	4.322 4.278 0.679	1.310 4.278	0.212 0.185	0.056 0.053
Cal. de paso  0.930 m³/h	CR-L CF GALV.	0.848 3.979	0.257 0.839 0.133	0.042 0.036 0.010	0.011	Tortilladora  2.200 m³/h	CR-L CF GALV.	4.743 4.695 0.745	1.437 4.695	0.232 0.395	0.061 0.113

## 11.6. De los aparatos de consumo

1. La presión de gas en los orificios de salida de las espreas de los aparatos domésticos será de 26.36 gr/cm<sup>2</sup> con una tolerancia máxima de 5%. Esta presión se denominará Baja Presión Regulada. Los cálculos de caída de presión para las instalaciones de las clases A, B y D, se regirán por la fórmula del Dr. Pole; en las instalaciones de las clases C y F podrán utilizarse otras que deberán especificarse en el reporte.
2. La presión del gas en los orificios de salida de las espreas de los aparatos comerciales o industriales será la adecuada, según las especificaciones de diseño y de fabricación de los quemadores, autorizados por la Secretaría de Comercio
3. El gasto por aparato se determinará, siempre que sea posible, directamente por las especificaciones señaladas por el fabricante o bien basándose en el calibre de la esprea.

### Consumo de propano en espreas

Condiciones :

- m<sup>3</sup>/h a nivel del mar
- Propano = 88,268 BTU/m<sup>3</sup> = 22,244 kcal/m<sup>3</sup>.
- Presión en la esprea = 27.40 kPa = 27.94 gr/cm<sup>2</sup> gas L. P.
- S = 1.54 gas L. P. ; 1 = aire

Esprea	m <sup>3</sup> /h	Esprea	m <sup>3</sup> /h
0.008	0.0050	72	0.049
0.009	0.0065	71	0.053
0.010	0.0079	70	0.062
0.011	0.0095	69	0.067
0.012	0.0113	68	0.076
80	0.0143	67	0.081
79	0.0166	66	0.086
78	0.020	65	0.097
77	0.026	64	0.102
76	0.031	63	0.108
75	0.035	62	0.114
74	0.040	61	0.120
73	0.045	60	0.126

### Consumo de propano en espreas (continuación)

Esprea	m <sup>3</sup> /h	Esprea	m <sup>3</sup> /h
59	0.133	38	0.811
58	0.139	37	0.851
57	0.150	36	0.895
56	0.170	35	0.954
55	0.213	34	0.973
54	0.239	33	1.013
53	0.279	32	1.061
52	0.318	31	1.135
51	0.354	30	1.301
50	0.388	29	1.462
49	0.420	28	1.552
48	0.456	27	1.636
47	0.479	26	1.716
46	0.517	25	1.772
45	0.530	24	1.834
44	0.582	23	1.885
43	0.624	22	1.950
42	0.690	21	2.004
41	0.727	20	2.055
40	0.756	19	2.190
39	0.781	18	2.263

4. Además de las válvulas de control que se instalen para comodidad de los usuarios, serán obligatorias las siguientes :

- a) Una llave de corte con maneral de cierre a mano, antes de cada aparato de consumo, instalada en la tubería rígida. Cuando la totalidad de la instalación sea de cobre flexible, se podrá instalar la llave de paso en la tubería flexible, debiendo quedar firmemente sujeta al muro con abrazaderas o grapas a ambos lados de la llave.

Tratándose de aparatos de consumo permanentemente fijos tales como hornos empotrados, calentadores de agua, cocinas integrales, etc., también se podrá instalar la llave de corte en la tubería flexible sin engrapar si el tramo de ésta tiene una longitud no mayor a 50 centímetros. Cuando las condiciones de instalación y aparatos no permitan la colocación de una llave de corte accesible para cada aparato, se instalarán una o más llaves de corte mediante la cual o las cuales se cuente

- con el medio para controlar la totalidad de los aparatos.
- b) En locales comerciales o industriales, una válvula de cierre general, de acción manual, localizada bien visible, en el interior, en sitio libre y de fácil acceso. Cuando no sea posible cumplir estos requisitos de localización en el interior, se colocará al exterior en las condiciones señaladas. Pero en este caso se proveerá el medio adecuado para evitar que manejen la válvula personas ajenas al servicio del usuario.
  - c) Cuando los aparatos de consumo sean de uso colectivo (escuelas, laboratorios, sanatorios, etc.) se instalará una válvula general de cierre a mano en un lugar adecuado, bien visible y de fácil acceso, para que sea operada exclusivamente por personal docente o administrativo.
  - d) En las instalaciones domésticas múltiples abastecidas por tanque fijo en que no se usen medidores deberá instalarse una válvula de cierre manual en lugar accesible en un punto antes de la entrada individual de la tubería a cada departamento o casa.
5. Todo aparato de consumo se localizará en forma tal que fácil acceso al mismo y a sus llaves de control.
  6. Cuando los aparatos sean instalados en el interior de las construcciones, el sitio elegido para localizarlos deberá permitir una ventilación satisfactoria, que impida que el ambiente se vicie con los gases de combustión y sin corrientes de aire excesivas que puedan apagar los pilotos quemadores.
  7. Cuando los aparatos de consumo de instalen en recintos cerrados (closets, nichos, cuarto de máquinas, etc.), será obligatorio instalar chimenea o tiro directo hasta el exterior para desalojar los gases de la combustión, así como proveer el medio adecuado para permitir la entrada permanente de aire del exterior en cantidad suficiente para que el funcionamiento del quemador sea eficiente.
8. Se prohíbe instalar calentadores de agua en cuartos de baño, recámaras dormitorios ; la localización de estos aparatos deberá llenar los siguientes requisitos :
    - a) Preferiblemente se instalarán a la intemperie o en sitios al aire libre, permanentemente ventilados, con soportes adecuados que impidan esfuerzos a las tuberías de agua y de gas, Debiendo observarse para su instalación, las recomendaciones del fabricante que no se opongan a este instructivo.
    - b) Si se instalan en lugares cerrados (cocinas, closets, nichos interiores, cuartos de lavado o planchado, etc.), será obligatorio instalar tiro o chimenea que desaloje libremente los gases de combustión. Estos tiros deberán tener un diámetro no menor al de la salida del difusor (el cual no deberá ser removido del propio aparato), y deberán tener pendiente ascendente en toda su trayectoria hacia la salida. En caso de que varios calentadores desalojen a una chimenea, ésta deberá tener el diámetro adecuado para su funcionamiento satisfactorio.
    - c) Cuando la instalación de agua esté alimentada por tinacos elevados, los calentadores de almacenamiento deberán estar provistos de jarro de aire cuyo extremo final rebase el borde superior del tinaco ; o bien de válvulas de relevo de presión si se trata de un sistema cerrado de tubería de agua. En este último caso, si el calentador queda localizado a la intemperie, debe vigilarse que el escape de la válvula quede orientado hacia donde no represente peligro ; si el calentador queda instalado en el interior de la construcción, debe vigilarse que la válvula de presión esté dotada de tubería que desaloje agua y vapor a la intemperie.
  9. La localización de los calefactores deberá reunir los siguientes requisitos :
    - a) Los que se instalen en recámaras y dormitorios deberán ser de "tipo venti-

lado”, cuyo diseño permita desalojar al exterior los gases de combustión.

- b) Los móviles se conectarán a la tubería fija con rizo de cobre flexible de 1.20 a 1.50 m de longitud. Podrán conectarse con la manguera adecuada para conducir gas L. P. en estado de vapor, cuya longitud no sea mayor de 1.5 m.
- 10. Tratándose de estufas domésticas no fijas, será obligatoria la instalación de un rizo de tubo de cobre flexible cuya longitud mínima será de 1.5 m.
- 11. Si las condiciones de la habitación de tipo popular hacen indispensable que la estufa tipo doméstico se instale en recámara, será obligatorio proveer ventilas permanentes abiertas hacia el exterior a nivel del piso y a nivel superior al de la cubierta de la estufa.
- 12. En las instalaciones de aparatos de consumo se atenderán las instrucciones del fabricante que no se opongan a este instructivo y en defecto de ellas, se adoptarán las medidas de seguridad que aconseje la técnica aceptada como buena para estos trabajos, a juicio del técnico responsable.

## 11.7. Factores del costo de una instalación de gas

La sencillez de los diferentes sistemas de unión : por soldadura capilar para tuberías rígidas ; compresión y abocinado a 45º, para tuberías flexibles, elimina el uso de costosas y pesadas herramientas a la vez que ahorra tiempo de instalación con mayor rendimiento de mano de obra.

Las longitudes de los rollos y tramos rectos, permiten el ahorro de conexiones además de que pueden librarse en líneas ocultas distancias reglamentarias sin ningún ensamble.

La natural formación de la capa de óxido de cobre, que con el tiempo se convierte en carbonato básico de cobre (pátina) ; le da una extremada resistencia a la corrosión y por consiguiente un mayor tiempo de servicio eficiente.

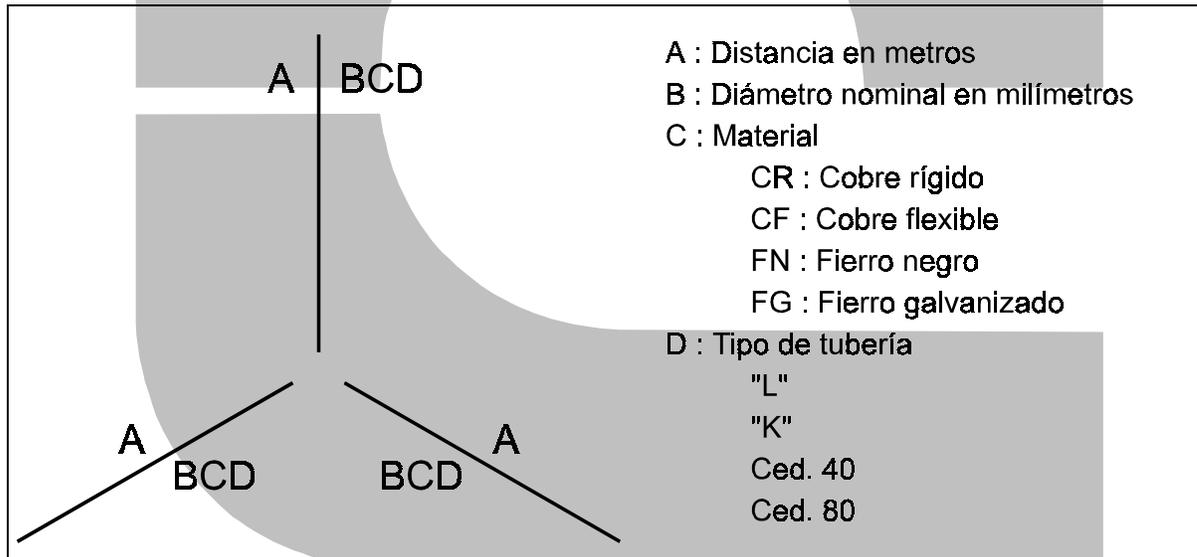
Para construcciones en serie realizadas sobre prototipos, es decir, de modelos repetitivos las tuberías de cobre son las más indicadas para prefabricar la red de servicio, que por su ligereza en el manejo y transporación resulta económico.

## 11.8. Simbología para planos de instalaciones de gas

Tanque Fijo 	Equipo portátil 	Rizo 	Omega 	Medidor de vapor 	Tubería Visible 
Tubería oculta 	Regulador baja 	Regulador alta 	Parrilla 1 quemador 	Parrilla 2 quemadores 	Parrilla 3 quemadores 
Parrilla 4 quemadores 	Estufa 4 quemadores 	Estufa 4 quemadores y horno 	Estufa 4 quemadores y roscadero 	Estufa 4 quemadores horno y comal 	Estufa 4 quemadores horno roscadero y comal 
Horno 	Calentador almacenamiento menor 110 Lts. S/A 	Calentador almacenamiento mayor 100 Lts S/A 	Calentador almacenamiento automático 	Calentador de agua al paso 	Calentador doble al paso 
Calentador triple al paso 	Calefactor 	Vaporera o baño maría 	Cafetera 	Incinerador 	Tortilladora sencilla 
Tortilladora doble 	Quemador bunsen 	Caldera con quemador atmosférico 	Horno industrial con quemador atmosférico 	Aparato industrial con quemador aire - gas 	Quemador 
Vaporizador 	Válvula de globo 	Válvula de ángulo 	Válvula de seguridad o relevo de presión 	Retorno automático 	Válvula de aguja 
Válvula de 3 vías 	Válvula de 3 usos 	Llave de paso 	Reducción 	Medidor venturi 	Medidor de orificio 
Manómetro 	Filtro 	Ventilador 	Bomba 	Compresora 	Extintidor 

**Simbología (continuación)**

Hidrante	Llovizna contra incendio	Anodo	Tierra	Conexión abocinada	Conexión pol
Llave de cuadro	Llave de cuadro con orejas	Válvula macho lubricada	Válvula bridada	Válvula solenoide	Válvula de cierre rápido
Válvula de no retroceso sencilla	Válvula de exceso de flujo	Válvula de corte automática y manual	Válvula de no retroceso doble	Unión soldada	Unión roscada
Unión bridada	Tuerca unión	Punta taponada	Conexión ACME	Válvula de 4 pasos	



## 12.1. Tomas domiciliarias Empleo específico de tuberías de cobre tipo “L” flexible

Debido a la importancia de las tomas domiciliarias en el suministro de agua potable; se dedica en este manual un tema específico, para orientar el correcto uso de las tuberías de cobre tipo “L” flexible en la instalación de aquellas, haciendo primeramente un análisis genérico de las características del agua.

### 12.1.1. Propiedades del agua

El agua es un líquido que químicamente está compuesto de dos partes de hidrógeno por una de oxígeno, tiene una fuerte tendencia a absorber los gases que están en contacto con su superficie y esta absorción será intensa cuanto mayor sea la presión que tenga el gas.

En el agua se disuelven multitud de elementos químicos y es capaz también de tener otros en suspensión. El agua es dura o blanda según sea la proporción relativa de las sales que contenga, en su recorrido por el suelo y por el subsuelo, una corriente de agua normalmente puede adquirir proporciones grandes de sales de cal.

Esta agua se denomina dura. En cambio el agua de lluvia no toma estas sales y se denomina blanda.

Sobre la acción del agua desde el punto de vista de la corrosividad mencionaremos los siguientes resultados según estudios realizados :

1. Las aguas suaves, especialmente contienen ácido carbónico, son más corrosivas a los metales que las aguas duras.
2. Las aguas superficiales que acarrean en suspensión materiales colorantes, generalmente son más corrosivas que las

aguas incoloras del mismo grado de dureza.

3. Las aguas subterráneas son más corrosivas que las de superficie en parte debido a que generalmente contienen grandes cantidades de ácido carbónico y en parte, a que no forman capas lamosas en las paredes de la tubería.
4. Las aguas filtradas son más corrosivas que las mismas aguas sin filtrar, debido a que no forman capas lamosas en las paredes interiores de la tubería.
5. Las aguas filtradas mecánicamente son más corrosivas que aquellas filtradas con arena, debido al uso de alumbre, que aumenta la cantidad de ácido carbónico en el agua.
6. Aguas impregnadas de agua de mar, o con cantidades grandes de cloruros o nitratos, son más corrosivas que las aguas libres de estas sales.
7. Las aguas calientes son más corrosivas que las frías.

En cuanto al agua potable, su control está estrictamente sujeto a límites y tolerancias en el contenido de sustancias tóxicas disueltas y elementos en suspensión que pueden afectar la salud humana y las propiedades del agua para el uso doméstico. (mayor información sobre el cobre y la salud en el anexo I)

### 12.1.2. Suministro de agua potable

En el proyecto de una vivienda o cualquier otra construcción debe incluirse un planteamiento del suministro de agua potable de la red municipal, acondicionado a las necesidades de consumo y presiones de ésta, y además procurar que los materiales empleados para la conducción del agua, garanticen en óptimas condiciones higiénicas y de calidad el abastecimiento ; esto es, que las tuberías y accesorios a emplear no produzcan adherencias, obturaciones y/o corrosión en sus paredes externas o internas

y que alteren las características de calidad del agua potabilizada.

Las tomas domiciliarias de agua potable, como parte esencial en las instalaciones subterráneas requieren, aparte de cubrir las características mencionadas, una mayor duración en servicio ; razón por lo cual las tuberías de cobre tipo "L" de temple flexible justifican plenamente su uso en este tipo de instalaciones.

### **12.1.3. Factores de selección**

1) Resistencia mecánica contra :

- Presión interna
- Congelación
- Fuerzas externas
- Vibraciones y fatiga

2) Alta resistencia a la corrosión por :

- Corrosión externa del subsuelo
- Corrosión interna

3) Capacidad de flujo

4) Flexibilidad

5) Conexiones y accesorios

6) Métodos y costos de instalación

#### **12.1.3.1. Resistencia mecánica**

Muchos de los factores deseables de una tubería se oponen entre sí, desde el punto de vista de su diseño. Para obtener el máximo beneficio, se llegó a la conclusión de que era necesario desarrollar nuevas dimensiones para los tubos de cobre.

En términos generales, estas dimensiones están diseñadas para sustituir las correspondientes de los tubos ferrosos en cuanto a capacidad, después de haber comprobado que cuando las paredes interiores son pulidas y no propensas a corrosión permiten una ligera reducción en la medida del diámetro interior.

El uso de una junta no fileteada permite fabricar más delgadas las paredes del tubo, cosa deseable desde el punto de vista de la flexibilidad y la economía del metal.

Para mantener una alta fuerza mecánica, se hizo un estudio completo del proceso de manufactura. El tubo de cobre se fabrica de lingote de cobre especialmente preparado, desoxidado y con un 99% de pureza. Fabricado sin costura y con tal grado de pureza, es inusitadamente fuerte y altamente resistente a la corrosión. Los dados de estiramiento son cuidadosamente inspeccionados a fin de conservar las medidas uniformes y exactas.

Después del estirado, el tubo es templado por un procedimiento especial que le da suavidad y contextura uniforme. Tales detalles y otros muchos se combinan para hacer del tubo de cobre un producto de suprema calidad.

#### **12.1.3.2. Resistencia a la ruptura por presión interna**

Se han efectuado muchas pruebas para determinar la fuerza de reventamiento del tubo de cobre. Esas pruebas se han llevado a cabo, cerrando uno de los extremos de un tubo de corta longitud con conexiones regulares y conectándolo por el otro extremo a un bomba de inyección. Se llena de agua previamente el tubo y se usa una máquina de pruebas de presión. En las numerosas pruebas efectuadas, no ha habido fugas en los acoplamientos, lo cual indica que las juntas tienen una resistencia mayor que los tubos. La tabla siguiente indica algunas presiones medias de rotura para algunos tubos de cobre comunes.

Se notará que el tubo de cobre tiene un coeficiente de seguridad de 40 a 70 sobre el promedio de las presiones en los servicios municipales y sus cualidades no corrosivas lo libran de ser debilitado en servicio como sucede con tubos fabricados con metales ferrosos. Se notará igualmente que el tubo de cobre es de 3 a 4 veces más fuerte que el tubo de plomo (xx) extra fuerte

### Presiones medias de ruptura para tuberías de diferentes materiales (PSI)

Medida nominal	Tubo de cobre (Temple suave)	Tubo de hierro estándar	Tubo de acero estándar	Tubo de plomo x fuerte	Tubo de plomo xx fuerte
1/2"	3,800	7,650	10,384	1,095	1,150
3/4"	3,100	6,150	8,608	920	964
1"	2,700	5,740	8,088	807	895

#### 2.1.3.3. Resistencia a la congelación

Ningún material de tubería de las dimensiones que se dispone en la práctica puede resistir la tremenda fuerza de expansión del agua al congelarse. El tubo de cobre tiene la cualidad más alta que seguiría a esa resistencia; da de sí sin destruirse en la expansión y sin sufrir una seria pérdida en su resistencia. Tiene capacidad de alargarse de un 25 a un 40% sin destruirse. El alargamiento endurece y refuerza al cobre, de tal manera que no resulta ninguna pérdida apreciable en fuerza, como sucede con el tubo de plomo.

El tubo de cobre, en pruebas reales ha resistido de 6 a 12 congelaciones sin destruirse, en tanto que el tubo de hierro generalmente se destruye en la primera congelación y el de plomo después de la primera o segunda.

El tubo de plomo con frecuencia es debilitado en la primera congelación de tal manera que las presiones de servicio pueden, más tarde, llevar a cabo su destrucción. En la siguiente tabla aparecen los resultados de algunas pruebas efectuadas en materiales de tuberías comunes.

#### Pruebas de ruptura por congelación para tuberías de diferentes materiales

Clase de tubo	1ª Congelación 11 hrs a -23°C	2ª Congelación 2 1/2 hrs a -23°C	3ª Congelación 2 1/2 hrs a -23°C
De cobre	Abolsado un 12% de su diámetro	Abolsado un 5% de su diámetro	Abolsado un 2% de su diámetro
Plomo extra grueso	Abolsado y estrellado		
Hierro estándar	Roto		

#### 12.1.3.4. Resistencia del tubo de cobre a las fuerzas externas

Por supuesto que hay que partir de la base que el tubo de cobre hecho con material más blando y con paredes más delgadas no puede equipararse al hierro cuando ha de someterse a fuerzas exteriores que pueden

llevar a su maltrato y destrucción. Tampoco se ha construido para eso. Su primordial ventaja que es la durabilidad ante la acción corrosiva del medio ambiente, no debe ser sacrificada por otras causas que son fácilmente evitables con un poco de cuidado y de buen trato a una tubería que va a responder con creces, a lo que se le exige. Pero, no obstante las paredes delgadas y la condición del temple suave del tubo de cobre

tipo "L", tienen una notable resistencia a esas fuerzas exteriores.

Exagerando cualquier condición que pueda presentarse en la práctica, se llevó a cabo una prueba en la cual un tramo de tubo de cobre de 3/4" se sujetó por ambos extremos a una estructura por medio de conexiones comunes, apoyándose en dichos extremos sobre dos bloques de pino duro de tope adelgazado. Sobre la parte no apoyada del tubo fueron colocados 20 sacos de cemento, haciendo un total de 2,000 libras, al fin de concentrar el esfuerzo sobre las dos partes adelgazadas de los bloques de madera.

Se agregó y adjuntó un vibrador de aire para dar 1,200 vibraciones de aire por minuto. Al terminar la prueba se encontró que el tubo había cedido 8 3/4" en el centro, lo cual correspondió a un alargamiento de 3.75 pulgadas por pie o sea un 30%. Sin embargo, el tubo en las partes que recibieron el peso, solamente se aplastó un proporción que redujo el área de su sección en un 10% sin que hubiese habido indicio de tendencia a la ruptura del tubo en esos puntos.

Se mantuvo constantemente en la tubería, durante la prueba, una presión de agua de 40 libras por pulgada cuadrada y no hubo huellas de alguna filtración o fuga ni en el tubo ni en las juntas. Aún cuando las condiciones de esta prueba fueron mucho más severas que las que se hubiesen presentado en el trabajo real, ello indica que la tubería y conexiones de bronce fácilmente resistirán las instalaciones y las condiciones destructivas originadas por apoyos desiguales, asentamientos en el suelo, expansión y contracción o vibración.

#### 12.1.3.5. Resistencia del tubo de cobre a la corrosión

Aún cuando hay un gran número de factores que influyen en la corrosión de cualquier metal, la mayor parte de ellos afectan únicamente en cuanto a la cantidad y a la distribución de la corrosión. Un número comparativamente corto de factores origina la tendencia a la corrosión y hace que avance.

De acuerdo con la teoría electroquímica, para que empiece la corrosión, es preciso tener un

metal cuyo potencial sea más elevado que el potencial de los iones catódicos de la solución con la cual está en contacto.

Los iones catódicos más comúnmente encontrados en las soluciones corrosivas naturales, son los de hidrógeno. De aquí que, ordinariamente la tendencia de un metal hacia la corrosión inicial es determinada por su potencial con respecto al hidrógeno.

La mayor parte de los metales comerciales comunes son positivos con respecto al hidrógeno, en tanto que el cobre es el único metal de los que se emplean para hacer tubo, que es negativo con respecto al hidrógeno. El cobre, en consecuencia, es el que tiene la menor tendencia hacia la corrosión inicial de todos estos metales y permanecerá inafectado frente a condiciones que hacen que otros metales se corroan. Generalmente no resulta práctico apegarse completamente a la teoría de la corrosión para la resolución de los problemas específicos; el mejor método es la determinación cuantitativa de resultados en las condiciones encontradas. En las siguientes líneas se da un breve memoria de los conocimientos actuales sobre el comportamiento del tubo de cobre cuando se usa para propósitos de trabajo de distribución de aguas.

#### Resistencia del tubo de cobre a la corrosión del suelo.

Las condiciones del suelo varían grandemente en todo el territorio de la República Mexicana, pero en general, de las pruebas prácticas se ha comprobado que el cobre y las aleaciones que lo contienen en alto porcentaje, se corroen mucho más lentamente que los materiales ferrosos.

En terrenos altamente alcalinos, el cobre pierde en peso la vigésima parte de la velocidad con que lo pierde el hierro.

En suelos fangosos y en barrizales gruesos, que son de reacción ácida, el cobre pierde su peso aproximadamente en una porción de un décimo de la velocidad en el hierro.

En los terrenos menos corrosivos, tales como los de grava arenosa el tubo de hierro no se corroe muy rápidamente, siendo el efecto de la corrosión sobre el cobre tan solo alrededor

de una cuarta parte de la corrosión sobre el hierro.

En terrenos francamente alcalinos o ácidos, se encontró que el tubo de hierro se picó a una profundidad de hasta 1" en un periodo de 6 años, en tanto que el cobre, bajo las mismas condiciones no se picó, habiéndose hecho solo ligeramente áspero. En general, el cobre no tiene la tendencia hacia la corrosión localizada y a la picadura, tan destructivas en los tubos ferrosos.

#### **Corrosión exterior debido a cenizas**

Muchas cenizas contienen azufre que en presencia de la humedad forman ácido sulfúrico. Este es extremadamente destructivo para toda clase de metal, particularmente se tales residuos se ponen en contacto con las tuberías, en cuyo caso se localiza en los puntos de contacto, originando una picadura muy seria. Aún cuando el tubo de cobre soporta esta acción mejor que otros materiales, también puede ser afectado seriamente, por lo que deben siempre tomarse precauciones cuando sea necesario tender tubería en un terreno de esta naturaleza.

Cuando esto sea inevitable, el tubo deberá rodearse de unas seis pulgadas de arena o grava y, todavía mejor si la arena se mezcla con piedra caliza, yeso o cualquier material alcalino que neutralice el ácido.

#### **Corrosión por electrólisis de corrientes derivadas**

A la electrólisis se le atribuye frecuentemente la corrosión de la tubería del subsuelo, cuando en realidad, la dificultad se debe a las condiciones del terreno. No obstante, casos reales de este tipo de corrosión están siendo grandemente disminuidos con el empleo de mejores métodos en la distribución de energía y la moderna tendencia de reemplazar los tranvías eléctricos con trolebuses.

En contraste con otras clases de corrosión, los materiales y las condiciones del ambiente son de importancia en este caso. La forma más efectiva de prevenirles es por medio del control de las corrientes directas, drenaje eléctrico o el empleo de juntas aisladas. Si se

sabe que la electrólisis tiene un efecto perjudicial sobre el tubo de cobre, estas medidas preventivas pueden ser empleadas en forma efectiva en él.

#### **12.1.3.6. Resistencia a la corrosión interna**

La corrosión interna de la tubería de distribución que resulte de la conducción de aguas domésticas, depende de un gran número de factores, siendo uno de los más importantes la tendencia del agua a formar una escama protectora en el tubo. Esto es generalmente originado por la clase y cantidad de sales disueltas en el agua y por la relación mantenida entre ellas y el contenido de bióxido de carbono y el valor del pH.

Las aguas que tienen una dureza total de menos de 100, con una alcalinidad menor a 25 y grandes cantidades de bióxido de carbono no disuelto, posiblemente 20 ó 30 partes por millón con un bajo valor de pH no forman la escama protectora y son muy corrosivas para los materiales ferrosos. Tales aguas, que comúnmente son obtenidas de pozos artesianos, prácticamente requieren el uso de tubo de cobre, puesto que éste resiste la corrosión desde todos los puntos de vista mejor que cualquier otro material de tubo común.

Las aguas que tienen una dureza total de alrededor de 100, una alcalinidad entre 50 y 100 y un contenido de bióxido de carbono, tienen un alto valor de pH, son generalmente de las que forman escamas y no son muy corrosivas, particularmente si la alcalinidad se debe a los bicarbonatos de calcio y magnesio. Si el agua es naturalmente tratada para que forme una escama de protección, el tubo de cobre tiene la ventaja de que su diámetro interno y su capacidad de conducción no serán reducidos tanto como en el tubo ferroso a causa de que las escamas en éste se incrementan grandemente con el sarro.

Las aguas sucias en las que la alcalinidad es alta y debido a carbonatos de sodio y potasio pueden ser corrosivas por que son alcalinas. Tales aguas generalmente no forman sarro y son activas en algunas clases de tuberías.

Sin embargo, tienen poco o ningún efecto sobre el tubo de cobre.

### 12.1.3.7. Capacidad de flujo

El hecho de que el tubo de cobre sea estirado lo hace muy liso por su parte interior, lo cual se traduce en una resistencia menor al flujo de la corriente, para el mismo diámetro interior efectivo que cualquier otro tubo común, excepto el de latón y el de plomo que también son estirados en su fabricación. Los resultados de muchas pruebas reales sobre las características de corriente de agua en tuberías, coinciden con gran aproximación, con los resultados indicados por la fórmula nacional.

Esta fórmula, simplificada para tubo de cobre, plomo y latón, se representa en la expresión :

$$H = \frac{0.312 \cdot f \cdot l \cdot Q^2}{d^5}$$

En donde :

- H = Pérdida hidrostática en pies de agua
- l = Longitud del tubo en pies
- Q = Gasto en G. P. M.
- d = Diámetro interior real en pulgadas
- f = Factor de fricción, que depende del diámetro, de la velocidad media del agua en el tubo, de la densidad y de la viscosidad absoluta del fluido, o sea :

$$f = 0.0072 + 0.0364 \cdot \frac{d^{0.355}}{Q}$$

**Este factor es para tubo estirado de cobre, latón o plomo.**

Los resultados calculados de esta fórmula se muestran en la gráfica anexa. Los resultados para tubo de hierro, delineados en la misma gráfica han sido tomados de la fórmula de Saph y Schoder para corriente de agua en tuberías de hierro y acero en condiciones medias. Esta fórmula establece :

$$P = \frac{Q^{1.86}}{14.35 \cdot d^5}$$

En la que :

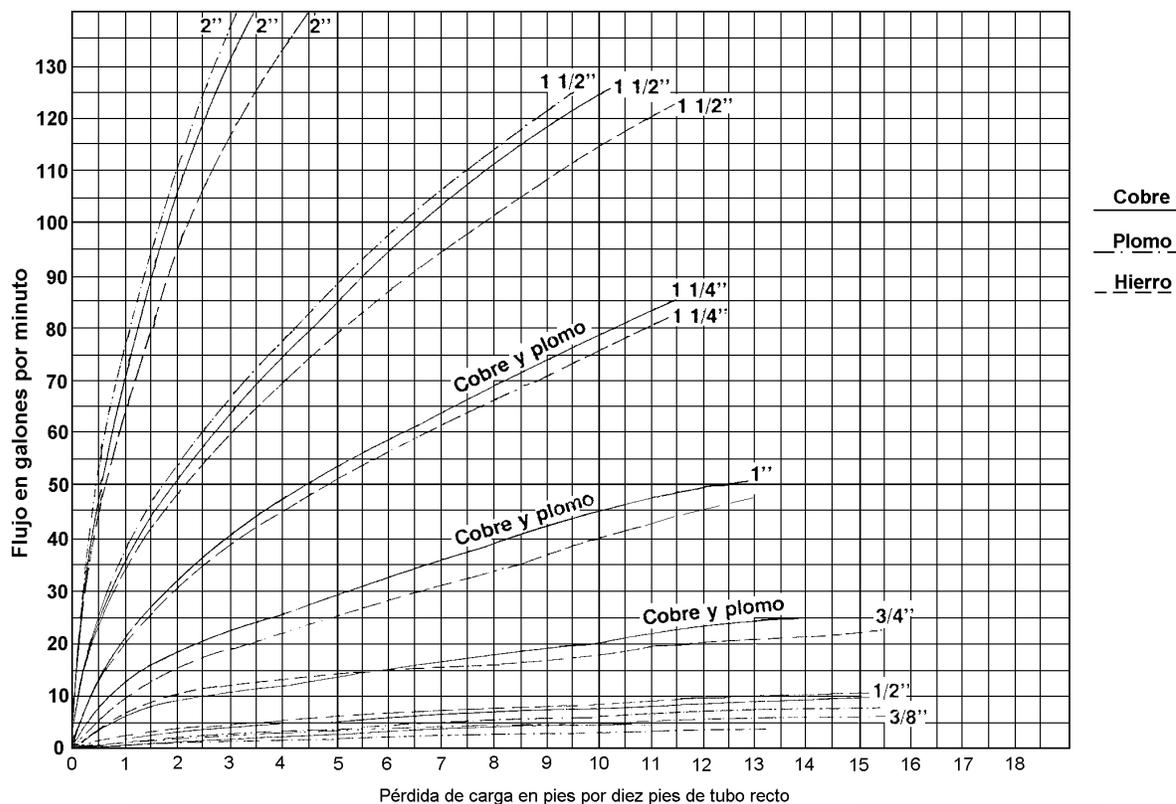
- P = Caída de presión en PSI por 100 pies de tubería
- Q = Gasto en G. P. M.
- d = Diámetro interior en pulgadas

En la figura 12.1. aparece una gráfica en la que se nota que los tubos de cobre y de plomo limpios tienen aproximadamente la misma pérdida por fricción, diferenciándose solamente en los distintos diámetros interiores, y que ambos tienen una capacidad ligeramente mayor que los tubos de hierro en condiciones medias.

Las capacidades se dan para el tubo limpio de cobre y de plomo, contra tubo de fierro en condiciones normales, porque los tubos de metales no ferrosos no perderán su capacidad original en ninguna proporción en la conducción de la mayoría de las aguas, en tanto que el tubo de hierro se corroerá y formará tubérculos en una extensión suficiente como para reducir su capacidad, como se muestra, en muy poco tiempo. De ahí que estos datos sirven para propósitos de diseño tratándose de aguas que no tienen mucha tendencia a la formación de sarro.

Si por el contrario, las aguas tienden a formar sarro, deberá dárseles un margen para reducción en la capacidad de flujo en toda clase de tubo, siendo ese margen mucho menor para tubo de cobre que para

**Fig. 12.1. Capacidad de flujo y pérdida por fricción de los tubos**



tubo de hierro, debido al hecho de que no se agrega el sarro a la escama en el primer caso, la escama en el hierro ocupa aproximadamente 10 veces más volumen que el metal en que se forma. Por consiguiente, una pequeña cantidad de sarro agregado a la escama depositada por el agua, reduce el diámetro interior y la capacidad de flujo del tubo de hierro mucho más que en tubo de metal no ferroso.

Las pruebas efectivas hechas sobre la reducción de la capacidad de flujo usando agua normal, indican que un tubo de fierro galvanizado de 3/4" tiene ligeramente menos de 80% de la capacidad de flujo del tubo de cobre cuando ha conducido 250,000 pies cúbicos de agua fría. La capacidad de flujo relativa del tubo de fierro galvanizado fue únicamente de 60% de la del cobre, después de conducir 30,000 pies cúbicos de agua caliente a una temperatura de 60° C.

De estos hechos podría concluirse que un tubo de cobre de menor diámetro puede reemplazar satisfactoriamente a uno de fierro de diámetro mayor, lo cual en ciertas

condiciones, sucede en la práctica. Sin embargo, debe recordarse que el tubo de cobre está diseñado para una capacidad ligeramente mayor que la del tubo de fierro en condiciones normales y que aún cuando éste puede sufrir una reducción mucho mayor que tal excedente, por lo general no resulta satisfactorio hacer tal sustitución, a menos que desde su origen se planeara un instalación con tubo de diámetro mayor.

### 12.1.3.8. Flexibilidad del tubo de cobre

La natural ductilidad del cobre aunada a su pureza, a la precisión de manufactura, al temple y a las proporciones científicas del tubo de cobre, lo hace extremadamente flexible y fácil de doblar en radios cortos. Esta característica es muy estimable tratándose de tubo de cobre para su servicio en el subsuelo.

Por su flexibilidad, el tubo de cobre da de sí cuando es sometido a esfuerzos por movimiento del suelo o a expansiones o contracciones, sin transmitir esfuerzo

indebido a las juntas o al tubo mismo. La facilidad con que puede doblarse el tubo de cobre hace que sea fácilmente curvado alrededor de cualquier obstáculo en la cepa, permitiendo su instalación a través de perforaciones o conductos con muy ligera excavación.

Esta cualidad también elimina la necesidad de muchas conexiones.

Las medidas más pequeñas y populares del tubo de cobre vienen enrolladas, lo cual no sólo es económico, sino que permite la fabricación en tramos muy largos (18.3 m) ahorrando conexiones y proporcionando una pieza continua de tubo.

Las pruebas efectuadas sobre el encorvado de tubo de cobre demuestra que puede ser doblado en ángulo de 30° varias veces, sin experimentar ningún efecto deteriorante. Por supuesto que esta prueba resulta más severa que cualquier condición real, pero sirve para ilustrar su extrema flexibilidad.

En instalaciones de servicio normal, el tubo de cobre puede ser doblado, colocándolo en una superficie plana que tenga una plantilla curva adherida; curvándolo presionándolo contra la rodilla; sujetando el tubo recto a una conexión fija y curvándolo con las manos. Los radios de tales curvas están limitados aproximadamente a los que se dan en el siguiente cuadro, ya que una curva más pronunciada puede originar el aplastamiento del tubo.

Tratándose de dobleces más pronunciados que los que pueden hacerse a mano y sin ningún equipo, existen en el mercado muchas dobladoras sencillas que producen un curva uniforme y lisa de radio que aproxima a los indicados en el cuadro.

Se pueden hacer curvas aún más pronunciadas pero éstas requieren el uso de maquinaria especial.

**Radio mínimo de curvamiento del eje del tubo de cobre**

Tamaño nominal del tubo	A mano, sin doblador	A mano, con doblador	Curvado en taller o de fábrica
1/2"	4 - 1/2"	2"	1 - 1/2"
3/4"	6 - 1/2"	3"	2"
1"	10 - 1/2"	4 - 3/4"	3 - 1/2"

### 12.1.3.9. Instalación del tubo flexible

Cuando se instala tubería de cobre flexible en el subsuelo pueden emplearse varios procedimientos.

- El de cepa corriente. Por su flexibilidad pueden salvarse, con dobleces correspondientes, los obstáculos que se encuentran a su paso.
- Agujorando o taladrando el terreno a la profundidad que se desea. El enrollado original facilita la introducción en el agujero, y su penetración con la condición de jalar de su extremo sujeto a un alambre previamente pasado en el orificio,

tal como se hace con el alambre eléctrico al introducirlo en el tubo conduit.

- En terrenos blandos, fangosos o de cultivo o similares. Hay máquinas semejantes a la reja de un arado que penetran en el terreno a la profundidad que se desea, teniendo un dispositivo para sujetar la punta del tubo. Un alambre se enrolla al tambor de un cabrestante al mismo tiempo que va transportando la cuchilla que abre una hendidura en el terreno. Por debajo de esta cuchilla está sujeto el tubo de cobre que avanza con ella.

## 12.2. Observaciones y recomendaciones a tener en

## cuenta al colocar las tomas domiciliarias con tubería de cobre tipo “L”

- A. No es recomendable soldar tubería flexible a conexiones de bronce. Esta tubería tiene su tipo de unión específica que es la de abocinado 45° ( flare )
- B. Antes de hacer contacto el chaflán de la válvula de inserción con la punta expansionada del tubo, cuídese de limpiar bien ambas partes, removiendo cualquier cuerpo extraño para que el asiento de las mismas sea perfecto. Para prevenir esto no se deje la tubería entre el polvo y suciedades del suelo.
- C. Para encontrar una sustancial economía en la mano de obra, cuando el número de tomas domiciliarias sea importante, hágase el trabajo de confección en serie, y luego transpórtese con cuidado a las zanjas abiertas. Conéctese allí a la línea principal de la calle.
- D. No dejar la tubería tirante entre llaves, con objeto de que no queden forzadas las uniones. Esto se consigue haciendo un doblez de “cuello de ganso” en la parte de la tubería que sale de la válvula de inserción. En caso de haber asentamiento de la tubería maestra de la calle esta curva absorberá las tensiones que puedan producirse.
- E. Si hay obstáculos fuertes en las zanjas como raíces, rocas, etc. ; pueden salvarse curvando la tubería alrededor de los mismos. Esto, en muchas ocasiones, puede ser más económico que tratar de quitarnos a base de esfuerzos y mano de obra. No tratar de poner directamente la tubería sobre elementos duros dentro de la zanja. Hágase primero una buena cama de tierra para que se apoye el tubo. Evítese siempre el contacto directo de la tubería de cobre con otras tuberías ferrosas que ocasionalmente puedan encontrarse en el subsuelo.
- F. Si los suelos por los que ha de pasar la tubería son manifiestamente corrosivos hay que prever el contacto directo
- añadiendo una capa de material aislante o neutralizante en la zanja, tal como desechos de argamasa, piedra caliza picada, yeso viejo y arena, alrededor de la línea de alimentación. También suele emplearse arena de mina o río simplemente o impregnar la tubería con varias capas de asfalto derretido (chapopote). Estas capas de asfalto se aplican con una brocha de hilo de henequén de las que usan los albañiles para blanquear las paredes. En el caso de muchas tomas será más práctico colocar una serie de ellas sobre polines, impregnar dejando los cabos de los tubos libres y por último, una vez colocadas las tomas en las cepas y atornilladas las válvulas, impregnar totalmente estas últimas.
- G. En el caso de que un obstáculo sea de tal firmeza que no sea posible derribarlo (una pared muerta, castillete enterrado, etc.) la flexibilidad de la tubería permite hacerla pasar por un agujero practicado previamente en el obstáculo y salvarlo.
- H. Evitar doblar o retorcer el tubo innecesariamente pues se endurece cada vez más en cada movimiento llegando a perder la suavidad del temple.
- I. El cuadro donde se encuentra el medidor debe ser empotrado en la pared, sujeto con las abrazaderas correspondientes y cubierto con revestimiento. Naturalmente la parte visible y manipulable debe ser la superior. De cualquier forma y para evitar que el peso del medidor gravite sobre los tubos de cobre, debe apoyarse aquel sobre algún saliente hecho en la pared en forma de ménsula. (Un ladrillo empotrado; una solera, o simplemente sobre el piso de una ranura donde se encuentre alojado el medidor)
- Aún cuando el costo por kilo de cobre es más alto que el de otros materiales empleados en la fabricación de tubería, el empleo económico en el tubo de cobre de servicio hace que el costo por metro resulte ligeramente más bajo que el del tubo de fierro galvanizado y mucho menor que el de plomo.
- La fabricación en tramos largos ahorra muchas conexiones y una gran cantidad de trabajo de instalación. Las sencillas juntas

reducen el costo de trabajo de manera muy apreciable.

La larga vida útil y el no estar sujeto a corrosión reducen los costos de mantenimiento y reposición, conservando al mismo tiempo la buena voluntad del cliente.

La facilidad con que puede doblarse el tubo de cobre, permite que las uniones se hagan sobre el terreno, reduciendo el tamaño de la cepa, y consecuentemente el costo de la instalación. Esto permite también un mayor uso de perforaciones, lo cual reduce el costo.

Una tubería de cobre para servicio puede instalarse aproximadamente en una tercera parte del tiempo empleado en otra clase de tubería ferrosa y en una séptima parte del empleado para el plomo.

Los resultados de muchas instalaciones en la práctica indican que el costo de la instalación original con tubo de cobre, es únicamente alrededor del 3% mayor que el tubo de fierro en los casos más desfavorables, de 10 a 25% mas bajo que el de las tuberías de polietileno con alma de aluminio y de 25 a 50% más abajo que las de plomo. Estas cifras no incluyen la depreciación, reparación y otros renglones reales que deben tomarse en consideración, cuando se trata de materiales ferrosos o PEAD. También la práctica ha demostrado que cuando se planea bien el trabajo de instalaciones de tomas domiciliarias, se adiestran bien los equipos y se prefabrican en el taller, el costo de mano de obra es tan bajo que debe compensar con creces el costo del material empleado.

En el acoplamiento a compresión con tubo de cobre no hay efecto debilitador y al propio tiempo permite fabricar el tubo con paredes más delgadas, se puede hacer la unión en un tiempo más breve, usando las herramientas comunes y dando una unión muy superior desde el punto de vista de la presión.

En la unión a compresión como se puede apreciar en la figura 12.2.A. ; no se requiere de abocinar la tubería, sólo hay que colocar en el tubo a unir la tuerca cónica de unión, enseguida se inserta el barril o empaque de buna "N" o neopreno y por último se introduce el tubo en la parte correspondiente de la

válvula de inserción para que al momento de ir apretando la tuerca, provoque ésta el estrangulamiento del barril quedando así una unión completamente hermética.

La junta de cobre, como se ilustra en la figura 12.2.B., fue desarrollada por medio de experimentos laboriosos con los numerosos factores que abarca su diseño. El extremo del tubo de cobre de temple suave se dobla en ángulo de 45° por medio del abocinador. La tuerca y el extremo del tubo contiene cornisas convexas y opuestas, que cuando se atornillan hasta juntarse teniendo el "flange" o campana en medio, causan unas muescas en la parte central de éste, formando una unión eficiente a prueba de presión. El extremo del tubo que se ha endurecido al abocardarlo, no es comprimido por la junta, de tal manera que permanece más grueso que la parte comprimida, ofreciendo una resistencia adicional para impedir que el tubo se salga de la junta.

La resistencia a la tensión de estas juntas aparece en la siguiente tabla.

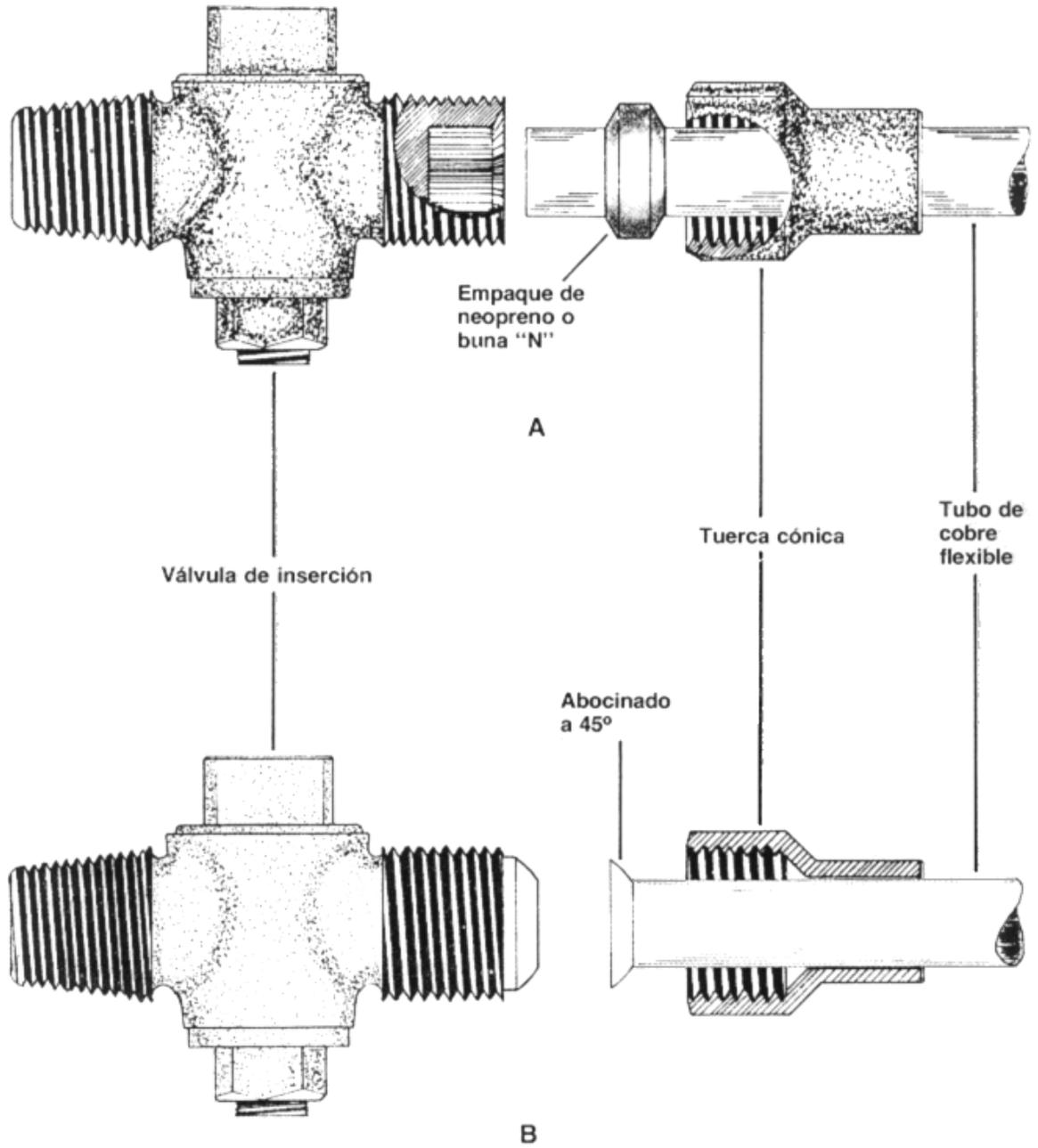
**Fuerza necesaria en libras para sacar el tubo por tensión.**

Medida del tubo (pulg)	Fuerza necesaria para desunir (libras)
1/2"	3,280
3/4"	4,012
1"	4,516

La tuerca de unión que se usa con este sistema de juntas tiene una camisa extra larga y amplio radio que impide que cualquier esfuerzo lateral afecte la junta o lastime el tubo. La junta de cobre cumple el propósito de una unión, permitiendo, además, desacoplar la tubería en cualquier momento que se desee.

Todas las juntas y conexiones están hechas de bronce extrafuerte y son cuidadosamente fabricadas con completo conocimiento de las características necesarias para un servicio satisfactorio.

Fig. 12.2. Sistemas de unión de tubería flexible para tomas de agua domiciliarias



## I

## ANEXO

## I.1. El cobre y la salud humana

Con frecuencia, en la labor de información sobre las aplicaciones del tubo de cobre en las instalaciones de la edificación, se plantea la siguiente pregunta: ¿El cobre no es venenoso o dañino para la salud humana?. Para el conocimiento de cuantos puedan estar afectados: proyectista, constructores e instaladores, se incluye una breve explicación que esperando sea suficiente para aclarar todas las dudas al respecto.

La frecuente asociación de ideas cobre - cardenillo - veneno, puede traer consigo el que la aparición de una débil coloración verdosa en el agua procedente de tubería de cobre nueva, en la que todavía no se ha formado completamente la capa de óxido protector, pueda causar alarma; sin embargo una coloración marrón rojiza mucho más intensa del agua procedente de una tubería de hierro se considera totalmente inofensiva; el usuario se limita a dejar correr el agua y la toma tranquilamente un poco después, apenas ha pasado el color intenso.

Por ello se debe decir, ante todo, que tal coloración verdosa nada tiene que ver con el cardenillo, que es una combinación del cobre con ácido acético, cuya presencia en una tubería de agua es prácticamente imposible.

Es cierto que en tiempo de los Borgia los venenos llevaban siempre vitriolo (sulfato de cobre), ¡pero también es cierto que llevaban siempre arsénico!

Los utensilios de cocina de cobre se estañan para evitar el ataque del cobre por los ácidos de los alimentos, que producirán sales verdes, de mal sabor. Pero esto es precisamente una ventaja de las sales de cobre: que generalmente saben mal y por ello no se toleran, sin que, por otra parte, su efecto no pueda ser mayor que de producir vómitos, pero sin intoxicaciones.

El estañado se ha efectuado algunas veces con algo de plomo, menos caro que el

estaño, y las sales de plomo sin sabor, sí pueden ser tóxicas, en la industria de la conservación se añade cobre para mantener el color de las frutas y legumbres.

También se fabrican en recipientes de cobre puro: queso, cerveza, alcoholes (whisky) y confituras.

Tampoco existen enfermedades profesionales de cobre, ni se conocen casos de intoxicación de cobre.

El cobre es necesario para la vida humana, como para de los animales y plantas, especialmente en las etapas iniciales de desarrollo. Su falta puede producir manifestaciones de carencia que pueden tener consecuencias fatales.

El cobre desempeña un papel importante en la formación de la hemoglobina de la sangre y en el desarrollo, estando ligado a las proteínas con las que forma una enzima: la ceruloplasmina.

El cobre es necesario para la vida humana, el hombre lo ingiere por los alimentos que consume, los cuales lo contienen en proporciones muy variables, compensándose así el que se pierde por eliminación natural.

La concentración de iones de cobre en la sangre humana es de 1 a 3 mg/l; y la de los diferentes órganos es de 6.4 mg/kg en promedio; un individuo medio contiene de 120 a 150 mg de cobre, en los niños y lactantes la proporción es mucho mayor.

El contenido medio de cobre en la alimentación humana diaria es de 4 a 5 mg/kg de alimento, llegando a ser de 125 mg/kg en chocolates. La tabla que a continuación se expone muestra el contenido de cobre para diferentes alimentos.

### Contenido medio de cobre en distintos alimentos.

Alimento	Contenido de cobre mg/kg
Leche de vaca	hasta 1.6
Carne de vaca	hasta 1.0
Carne de cerdo	hasta 2.0
Carne de pollo	hasta 3.4
Riñones	hasta 8.0
Hígado	hasta 5.1
Sangre	hasta 5.6
Clara de huevo	hasta 7.2
Yema de huevo	hasta 5.6
Harina de trigo	hasta 8.4
Harina de centeno	hasta 5.0
Cebada	hasta 10.8
Avena	hasta 10.3
Arroz	hasta 6.3
Pan blanco	hasta 2.0
Lentejas	hasta 6.8
Judías	hasta 11.0
Papas	hasta 2.2
Nueces	hasta 5.0
Manzanas y peras	hasta 0.9
Plátanos	hasta 1.3
Cacao	hasta 40.0
Chocolate	hasta 125.0
Cangrejos	hasta 167.0

En cuanto a que el agua potable pueda contener cobre, ya sea naturalmente o ya sea por las tuberías en que ha circulado, se ha demostrado que:

1. El contenido de cobre en el agua potable estancada en un tubería de cobre es prácticamente estable y no sobrepasa los 0.125 mg/l.
2. El contenido de cobre en el agua potable en circulación por una tubería de cobre decrece con el tiempo, a partir de las dos primeras horas del principio del uso de la tubería, llegando a ser luego prácticamente nulo, debido a la formación de la capa de óxido superficial, muy adherente, que impide la oxidación posterior.

Ni en condiciones especiales desfavorables, como aguas con mucho anhídrido carbónico o tratadas con cloro libre, no se sobrepasa nunca un contenido de cobre de 0.5 a 3.3

mg/l. Ciertas aguas minero - medicinales tienen contenidos de cobre mucho más altos.

Por todo ello, la cantidad de cobre que podemos ingerir con el agua transportada por una tubería de cobre es de la décima a la centésima parte de la de nuestra alimentación diaria. Por lo tanto, ni en casos más extremos, el cobre ingerido por medio del agua puede resultar nocivo para la salud humana.

O dicho de otro modo, para que el cobre que el organismo humano pudiera ingerir por el agua transportada por tubería de cobre pudiera causarle daño sería necesario beber tanta agua que lo que causaría daño sería el agua sola por pura que esta fuera.

A mayor abundamiento, podemos decir:

- a) Que las Normas Tecnológicas de la Edificación, del Ministerio de la Vivienda, relativas a la fontanería contemplan las tuberías de cobre como uno de los materiales para agua fría o caliente sin restricción alguna.
- b) Que también lo contempla el "Manual de fontanería y Saneamiento" y el "P. I. E. T. 70- Fontanería y Saneamiento" del Instituto E. Torroja de la Construcción y del Cemento, sin restricción alguna.
- c) Que la "Norma para el Suministro de Agua por Contador a Edificios y Viviendas", del Centro de Estudios, Investigaciones y Aplicaciones del Agua, Barcelona, también contempla las tuberías de cobre para agua.
- d) Que el Código Alimentario Español, aprobado por Decreto 2848/1967, de 21 de septiembre de 1967, capítulo XXVII "Agua, hielo", señala un contenido máximo de cobre en el agua potable de 1.5 mg/l, si bien las aguas sanitariamente tolerables pueden sobrepasar el límite indicado.
- e) Que la Organización Mundial de la Salud no ha clasificado el cobre entre las sustancias nocivas para la salud y admite hasta 1.5 mg/l para el agua potable, y ello no por razones de toxicidad sino de mal sabor.

- f) Que el tubo de cobre se usa extensamente para conducciones de agua potable en Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Francia, Holanda, Suecia, Noruega, Inglaterra, Suiza, Chile, Canadá, Estados Unidos, Japón, Nigeria, Sudáfrica, Zaire, Zambia, etc., en algunos casi con exclusión de otros materiales, países muchos de ellos con reglamentos sanitarios mucho más rígidos y estrictamente observado que los nuestros.

En Italia fue derogada en 1967 una ley que prohibía el uso del tubo de cobre para las tuberías de agua potable y actualmente también se emplea cada vez más para este uso.

Se espera con la anterior explicación haber disipado las dudas de los posibles utilizadores del tubo de cobre para su empleo en conducciones de agua potable.



## II.1. Guía para el dibujo isométrico de instalaciones con tubería de cobre.

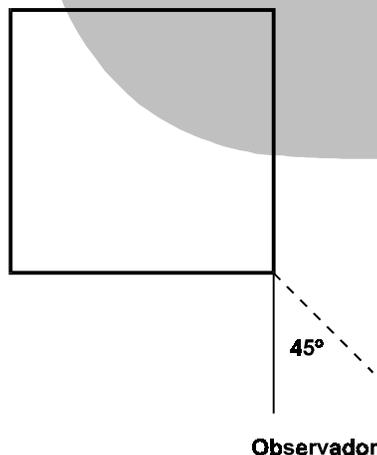
### II.1.1. Vista en planta y en isométrico de tuberías y juegos de conexiones

Para dar mayor objetividad y enseñarse a observar con cierta facilidad pero con exactitud, tanto tuberías como juego de conexiones en isométricos es necesario conocer lo siguiente: los isométricos se levantan a  $30^\circ$  con respecto a una línea horizontal tomada como referencia, en tanto el observador siempre deberá ubicarse formando un ángulo de  $45^\circ$  con respecto a las tuberías que se tomen como punto de partida.

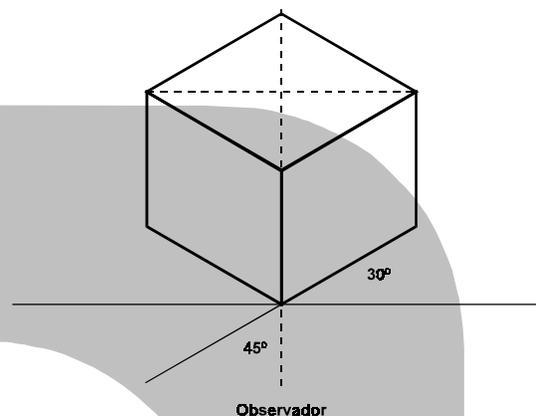
Existe un método sencillo para ayudarse a observar las tuberías y juegos de conexiones en isométrico.

#### Método del cubo en isométrico.

1. Se dibuja un cubo en planta, ubicando al observador en ángulo de  $45^\circ$  con relación al lado que se va a tomar como referencia.



2. Se traza un cubo isométrico conservando el observador su posición.



Para observar, inclusive dibujar tuberías y juegos de conexiones en isométricos, es necesario tener presente :

1. Cuando se tienen cambios de dirección a  $90^\circ$ , basta seguir paralelos a los tres catetos marcados con línea gruesa. Como puede verse, las verticales siguen conservando su posición vertical, no así las que van o vienen a la derecha o la izquierda del observador, que deben trazarse a  $30^\circ$  con respecto a la horizontal.
2. Cuando se tienen cambios de dirección a  $45^\circ$  es necesario seguir paralelas a las diagonales punteadas.

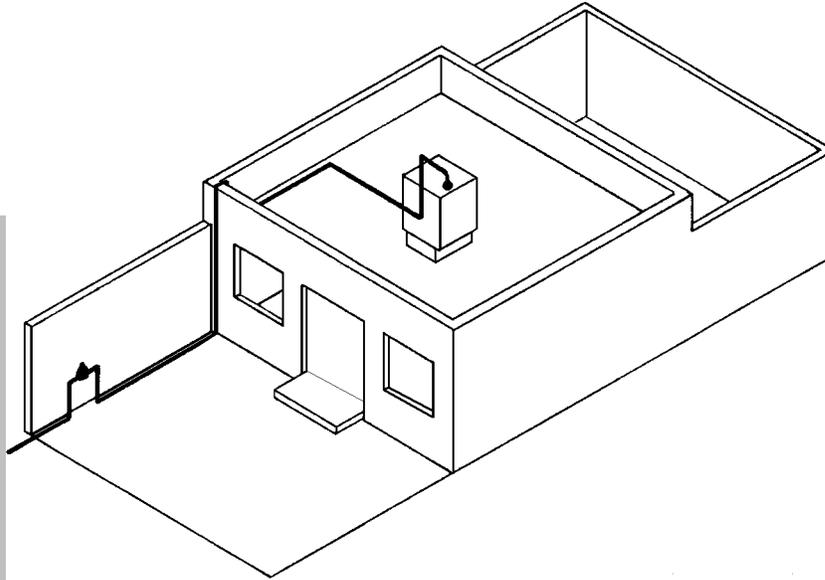
En los cambios de dirección a  $45^\circ$  que corresponden a las diagonales del cubo las posiciones de las líneas en isométrico es horizontal o vertical, según sea el caso específico por resolver.

Si aún existiera alguna duda de parte de quien necesita observar o dibujar tanto tubería como juego de conexiones, o un isométrico de una instalación o parte de ella, existe un método menos técnico pero más sencillo y es el siguiente :

Se dibujaría en isométrico la construcción, en la que para trazar el isométrico de la instalación (caso explicativo sólo parte de la

hidráulica) bastaría seguir paralelas con respecto al piso, muros, azotea, límites de

lozas, etc.



Obsérvese con detenimiento la siguiente construcción en isométrico, en donde parte de la instalación hidráulica se trazará de acuerdo al criterio anterior.

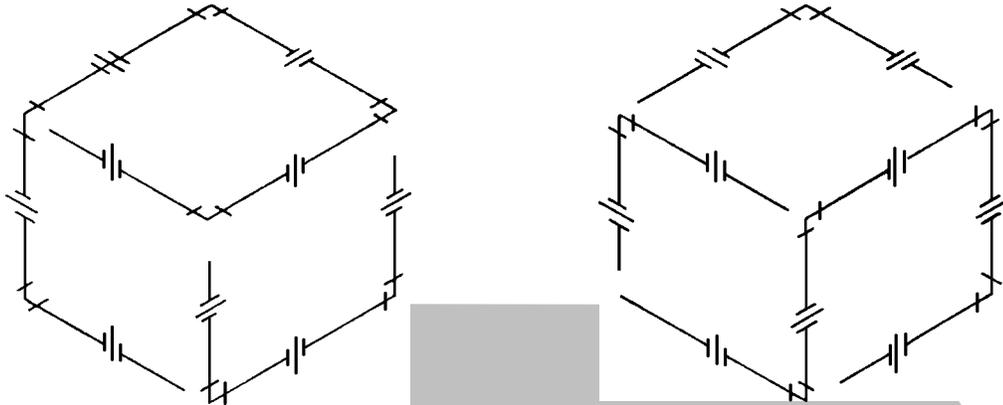
Es importante en el trazo de isométricos, indicar correctamente las diferentes posiciones de codos, tees, válvulas, etc.

Ello puede lograrse con relativa facilidad, ayudándose nuevamente con cubos isométricos, en donde pueden mostrarse las conexiones que van hacia arriba, hacia abajo, a la derecha, a la izquierda, con cambios de dirección a  $45^\circ$ , a  $90^\circ$ , etc.

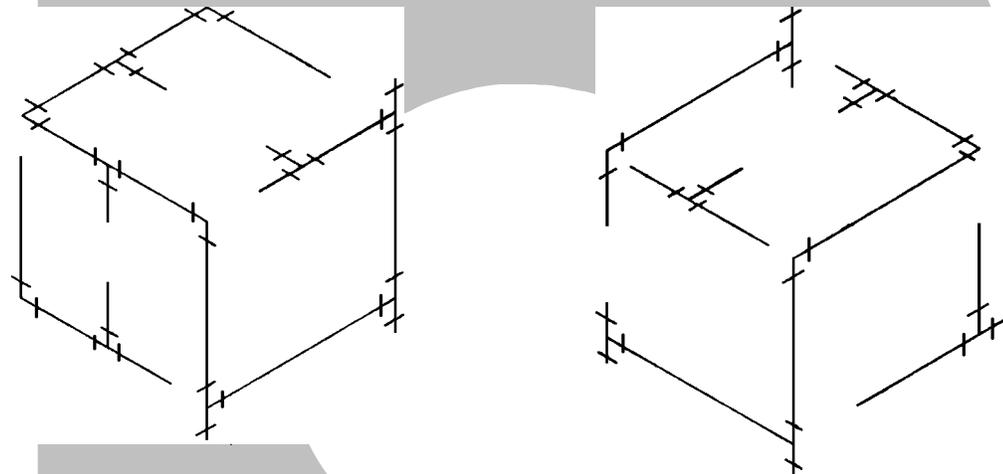
Así como las que acostadas en sus diferentes posiciones, como puede verse en las siguientes figuras :

Considerando que ya se tiene pleno conocimiento de la representación gráfica de conexiones y juegos de conexiones tanto en planta como en isométricos, se procede a indicara algunas conexiones de uso común.

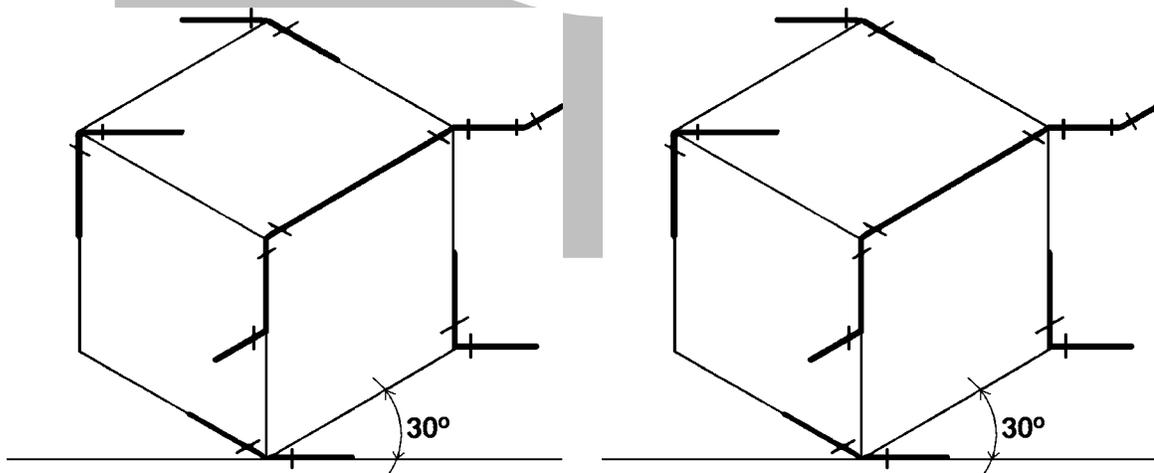
**Tuercas unión y codos de 90°, con cambios de dirección sólo a 90°**



**Tuercas unión y codos de 90°, con cambios de dirección sólo a 90°**



**Codos de 45° y de 90°, haciendo cambios de dirección a 45°, en uno de tantos arreglos de uso diario**



Planta	Descripción	Isométrico	Planta	Descripción	Isométrico
	Codo de 90° hacia arriba			Juego de codos hacia arriba con derivación al frente	
	Codo de 90° hacia abajo			Juego de codos hacia abajo con derivación al frente	
	Codo de 90° hacia arriba			Juego de codos hacia abajo con derivación a la derecha	
	Codo de 90° hacia abajo			Juego de codos hacia arriba con derivación a la izquierda	
	Codo de 90° hacia arriba			Juego de codos hacia abajo con derivación a la izquierda	
	Codo de 90° hacia arriba			Te con salida hacia arriba con tapón macho en la boca derecha	
	Codo de 90° hacia abajo			Te con salida hacia arriba con derivación a la derecha	
	Te con salida hacia arriba			Te con salida hacia arriba con derivación al frente	
	Te con salida hacia abajo			Juego de codos hacia abajo con derivación a 45° a la derecha	
	Te con salida hacia arriba			Juego de codos hacia arriba, hacia el frente y abajo con derivación al frente	
	Te con salida hacia abajo				

