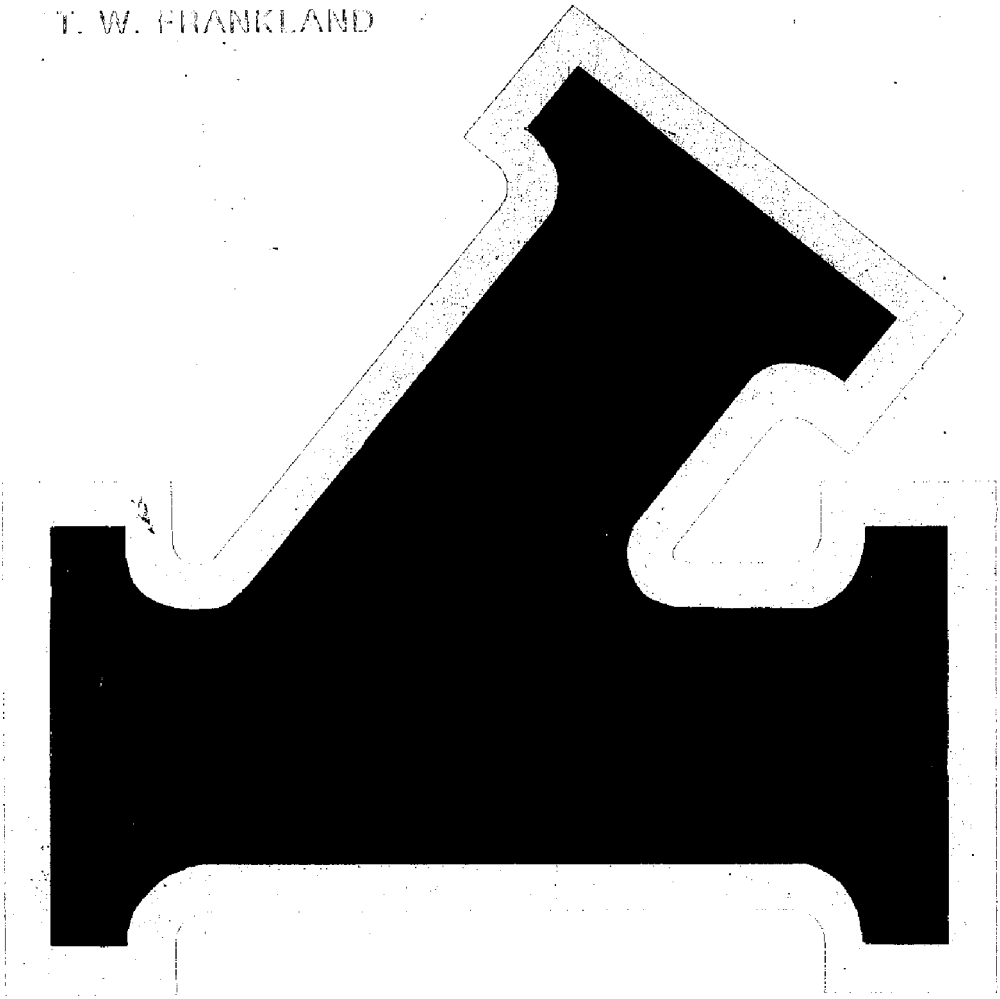
manual del MONTADOR y SOLDADOR de TUBERIAS

T. W. FRANKLAND



URMO, S.A. de Ediciones

AGT EDITOR, S.A.

CARLOS ARRIAGA HORNA
Jr. Cajacay Nº 675
Los Olivos
Telf.: 485-7481

MANUAL DEL MONTADOR
Y
SOLDADOR DE TUBERIAS

CARLOS ARRIAGA HORNA
Jr. Cajacay Nº 675
Los Olivos
Telf.: 485-7481

Manual del Montador y Soldador de Tuberías

por

TOMAS W. FRANKLAND

Ex Instructor del departamento de montaje de tuberías y calderas de vapor en la Escuela de Artes y Oficios de Washburne Chicago, Illinois, EUA. Miembro de la Asociación de Montadores de Tuberías, Federación Local 597 U.A., Chicago, Illinois, EUA.

URMO, S.A. de Ediciones

AGT EDITOR, S.A.

Título de esta obra en inglés:
The Pipe Fitter's and Pipe Welder's Handbook

Versión autorizada en español de la obra publicada en inglés por

ISBN: 968-463-044-1

ISBN: 84-314-0281-4

La presente es una coedición realizada por
A.G.T. Editor, S.A. y URMO, S.A. de Ediciones.

Cuarta reimpresión en español, 1995.

Impreso en México
Printed in Mexico

Se terminó de imprimir esta edición de 2 500 ejemplares en enero de 1995, en los talleres de Impresores y Editores, S.A., Avena No. 19 Col. Esmeralda, C.P. 09810 México, D.F.

Prefacio

El señor Frankland, autor del MANUAL DEL MONTADOR Y SOLDADOR DE TUBERÍAS, tiene una gran experiencia, adquirida durante largos años trabajando en la instalación de tuberías de todas las clases y dedicándose a la enseñanza de su especialidad profesional a los aprendices.

De esta manera, ha conseguido reunir todas las garantías necesarias, tanto desde el punto de vista técnico como docente, que le han permitido escribir un libro de poco tamaño y gran valor práctico, para que los montadores de tuberías puedan resolver con facilidad y rapidez cualquier tipo de problemas que encuentren en su trabajo.

Indice

3. Trazado para las soldaduras de tuberías

4. Tablas de consulta

1
MATEMATICA BASICA PARA EL OFICIO

METODOS PARA COMPROBAR LOS PROBLEMAS DE ARITMETICA

Método para comprobar la multiplicación

Ejemplo:

$$\begin{array}{r} 7654 \\ \times\ 621 \\ \hline 7654 \\ 15308 \\ 45924 \\ \hline 4753134 \end{array} \begin{array}{l} = 22 = \\ = \ \ 9 = \\ \\ \\ \\ \\ \\ = 27 = 2 + 7 = \mathbf{9}. \end{array} \qquad \begin{array}{r} 4 \\ \times\ 9 \\ \hline 36 \end{array} = 3 + 6 = \mathbf{9}$$

Explicación:

1. Sumar la fila superior de números hasta que se obtenga un número simple. Proceder como sigue: $7 + 6 + 5 + 4 = 22$; $2 + 2 = 4$.
2. Sumar la segunda fila de números: $6 + 2 + 1 = 9$.
3. Multiplicar estos dos números y reducir su producto a un número simple: $9 \times 4 = 36$; $3 + 6 = 9$.

Nota. La respuesta del problema debe totalizar 9 o es incorrecta.

4. Totalizar la respuesta: $4 + 7 + 5 + 3 + 1 + 3 + 4 = 27$; $2 + 7 = 9$.

Nota. En vista de que los números que se obtienen en los apartados 3 y 4 son los mismos, la respuesta es correcta.

Método para comprobar la suma

Ejemplo:

76543 = 25	2 + 5 = 7
96855 = 33	3 + 3 = 6
63961 = 25	2 + 5 = 7
73871 = 26	2 + 6 = 8
56363 = 23	2 + 3 = 5
367593 = 33 = 3 + 3 = **6**	33 = 3 + 3 = **6**

Explicación:

1. Sumar los números de cada fila horizontal y reducir su suma a un número simple.
2. Conforme se muestra en el ejemplo, sumar los números simples obtenidos de este modo y reducir su suma a un número simple.
3. Totalizar los números en la respuesta y reducir la suma a un número simple.

Nota: Si los números simples que se obtienen en los apartados 2 y 3 son los mismos, la respuesta es correcta; de lo contrario, es incorrecta.

Método para comprobar la división

Ejemplo:

```
        5,091 = 15 =     6        356,431
70 | 356,431    70 = × 7          - 61
     350                42 = 6  356,370 = 24 = 2 + 4 = 6
       643
       630
        131
         70
         61 (residuo)
```

Explicación:

1. Sumar la respuesta, y reducir la suma hallada a un número simple: $5 + 0 + 9 + 1 = 15$; $1 + 5 = 6$.

2. Totalizar el divisor y reducir la suma hallada a un número simple: $7 + 0 = 7$.

3. Multiplicar los dos números simples así obtenidos, y reducir su producto a un número simple: $6 \times 7 = 42$; $4 + 2 = 6$.

4. Restar el residuo, si lo hay, del dividendo; entonces sumar la respuesta: $3 + 5 + 6 + 3 + 7 + 0 = 24$; $2 + 4 = 6$.

Nota. Si los números simples que se obtienen en los apartados 3 y 4 son los mismos, la respuesta es correcta.

RAIZ CUADRADA

Extracción de la raíz cuadrada

La raíz cuadrada de un número determinado es un número que, multiplicado por sí mismo, es igual a ese número determinado. Por ejemplo, la raíz cuadrada de 49 es 7, ya que $7 \times 7 = 49$.

Ejemplo:

Hallar la raíz cuadrada de 1229,2036.

```
                                  35,06
                              √ 12'29,20'36        Prueba:
                   3 × 3 =     9
20 ×   3 =   60              329                      35,06
           + 5                                      × 35,06
             65 × 5 = 325                            21036
20 ×  35 =  700            420                      17530
                           000                     10518
20 × 350 = 7000            42036                   1229,2036
           + 6
          7006 × 6 =       42036
                           00000
```

Explicación:

1. Separar el número 1229,2036 en grupos de dos cifras a la derecha e izquierda de la coma.

Nota. La coma en la respuesta se coloca directamente encima de la coma decimal del número 1229,2036, conforme se muestra en el ejemplo. Nunca se debe colocar a la izquierda ni a la derecha.

2. Hallar el número más grande que, cuando se multiplique por sí mismo, nos proporcione el primer grupo, 12, si no exacto al menos aproximado. Tres es el número mayor que al cuadrado se aproximará a 12, ya que $3 \times 3 = 9$. Cuatro sería demasiado grande, pues $4 \times 4 = 16$. Colocar 3 en la respuesta y situar el cuadrado de 3 que es 9 debajo de 12.

3. Restar 9 de 12 y obtener 3. Bajar el próximo grupo de números, que es 29, y obtener 329.

4. Multiplicar la respuesta parcial, 3, por la constante, 20, y obtener el divisor de tanteo, 60. Dividir el primer residuo, 329, entre el divisor de tanteo, 60, y obtener 5. Este 5 es el próximo número en la respuesta. Entonces sumar 5 a 60 y obtener 65. Multiplicar 65 por 5 y obtener 325, que se coloca debajo de 329.

5. Restamos 325 de 329 y logramos el 4. Bajar el próximo grupo de números, 20, y obtenemos 420.

6. Multiplicar la respuesta parcial, 35, por la constante, 20, y obtener el divisor de tanteo, 700. Ya que 700 es mayor que 420, colocamos 0 en la respuesta.

7. Bajar el próximo grupo de números, 36, y logramos 42036.

8. Multiplicar la respuesta parcial, 350 por la constante, 20, y obtener el divisor de tanteo, 7000. Dividir este divisor, 7000, entre 42036 y obtener 6.

Este 6 es el próximo número en la respuesta. Entonces sumamos 6 a 7000 y obtenemos 7006. Multiplicamos 7006 por 6 y logramos 42036, que se coloca debajo de 42036.

Nota 1. Si el problema no resultara exacto, se agrega un grupo de dos ceros a la derecha de 1229,2036 y la raíz cuadrada tendría un resultado de tres números después de la coma decimal. Este procedimiento se sigue con respecto a la exactitud. Si se encuentra un residuo aún, no se tiene en consideración.

Nota 2. Para cada grupo de números debe haber un número en la respuesta.

Cuando se separan los números en grupos de dos a la derecha de la coma decimal y en el último grupo sólo hay un número, se le agrega a este número un cero para hacer un grupo de dos números. Por ejemplo, el número 1375,065 debe ser 1375,0650.

Cuando separamos los números en grupos de dos a la izquierda de la coma decimal y el último número es uno solo, se deja como un número simple, ya que cero antes de éste no tendría valor. Por ejemplo, el número 375,06 se separa de esta manera: 3'75,'06.

Al separar números enteros en grupos de dos, se comienza por la derecha.

Nota 3. Si un divisor de tanteo está contenido en un número más de 9 veces, usar el 9 como multiplicador.

Nota 4. El resultado se puede comprobar multiplicando la respuesta por sí misma. Si hay un residuo, sumar éste al producto obtenido en la multiplicación.

Resolución de los triángulos rectángulos con la raíz cuadrada

Fórmulas:

$$A = \sqrt{C^2 - B^2}$$
$$B = \sqrt{C^2 - A^2}$$
$$C = \sqrt{A^2 + B^2}$$

El signo $\sqrt{}$ indica que se debe extraer la raíz cuadrada de la cantidad (ver la explicación del método para la extracción de la raíz cuadrada, pág. 16).

Ejemplo:

Hallar la longitud de C cuando A es 15 pulgadas y B es 20 pulgadas.

$$C = \sqrt{A^2 + B^2} = \sqrt{15^2 + 20^2} =$$
$$\sqrt{(15 \times 15) + (20 \times 20)} =$$
$$\sqrt{225 + 400} = \sqrt{625} = 25 \text{ pulgadas.}$$

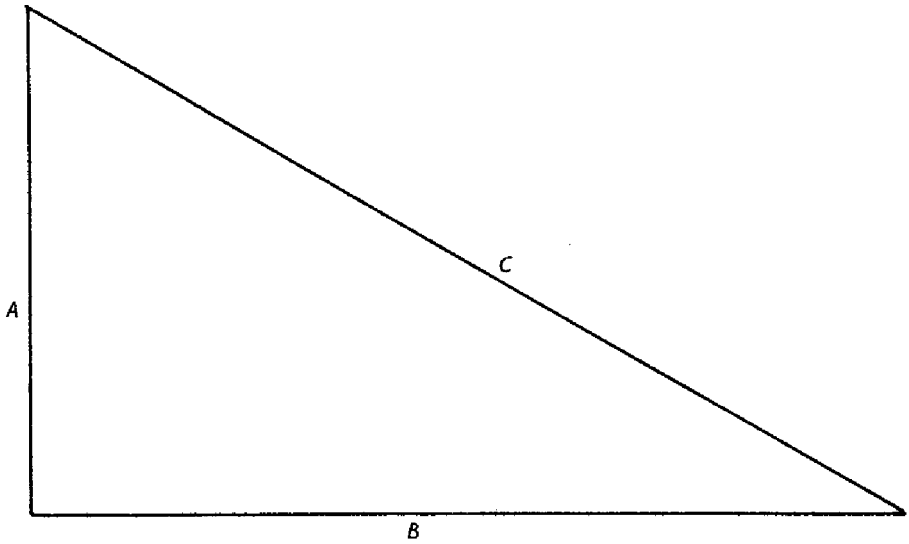


FIGURA 1
Triángulo recto.

EL CIRCULO

Para hallar la circunferencia de un círculo, se multiplica el diámetro por 3,1416.

El radio de un círculo es la mitad del diámetro.

Un arco es una parte de la circunferencia. Para hallar la longitud de un arco se multiplica el número de grados del radio por 0,01745 veces el radio.

Seno del ángulo $C = \dfrac{L}{2} \div R$ (v. fig. 3).

$$\text{Angulo } F = 2 \times \text{ángulo } C$$

Una cuerda es una línea que une los extremos de un arco. Para hallar la longitud de una cuerda, usar la fórmula siguiente:

$$L = 2 \times \sqrt{A \times B},$$

donde L es la longitud de la cuerda y A y B son las dimensiones que se muestran en la figura 3.

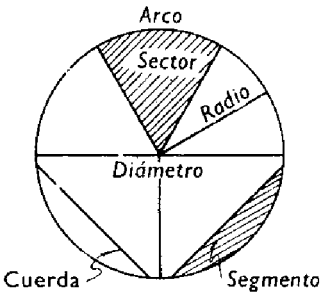


FIGURA 2
Partes de un círculo.

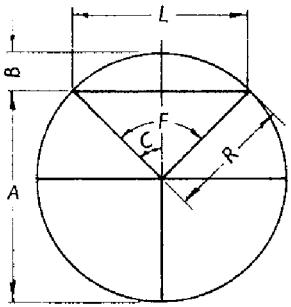


FIGURA 3
Partes de un círculo.

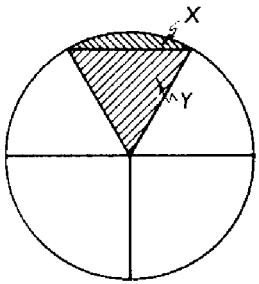


FIGURA 4
Partes de un círculo.

Para hallar el área del círculo, hay que multiplicar el cuadrado del diámetro por 0,7854.

Para hallar el área de un sector, se multiplica la mitad de la longitud del arco por el radio del círculo.

Un segmento es el área limitada por un arco y una cuerda. Para hallar el área del segmento X mostrado en la figura 4:

1. Hallar el área del sector completo.
2. Hallar el área del triángulo Y (v. pág. 184).
3. Restar el área del triángulo de la del sector.

SOLUCION DE LOS TRIANGULOS RECTANGULOS POR MEDIO DE TRIGONOMETRIA

Todos los descentros de tuberías se basan en los triángulos rectángulos. La trigonometría trata en esta sección de la solución de los problemas que comprenden los triángulos rectángulos.

Funciones de los ángulos

Al calcular los descentros de tuberías por medio de la trigonometría, el montador de tuberías empleará las seis funciones (llamadas técnicamente funciones trigonométricas) del ángulo de montaje. Estas funciones son:

$$\text{seno} = \frac{\text{altura}}{\text{recorrido}}; \qquad \text{cotangente} = \frac{\text{tramo}}{\text{altura}}$$

$$\text{coseno} = \frac{\text{tramo}}{\text{recorrido}}; \qquad \text{secante} = \frac{\text{recorrido}}{\text{tramo}}$$

$$\text{tangente} = \frac{\text{altura}}{\text{tramo}}; \qquad \text{cosecante} = \frac{\text{recorrido}}{\text{altura}}$$

Los ángulos equivalentes a los senos, cosenos, etc., que se calculan de acuerdo con las fórmulas anteriores se encuentran en las tablas trigonométricas, págs. 198 a 200.

[1] Esta ecuación significa que el seno del ángulo de montaje es igual a la altura dividida por el recorrido.

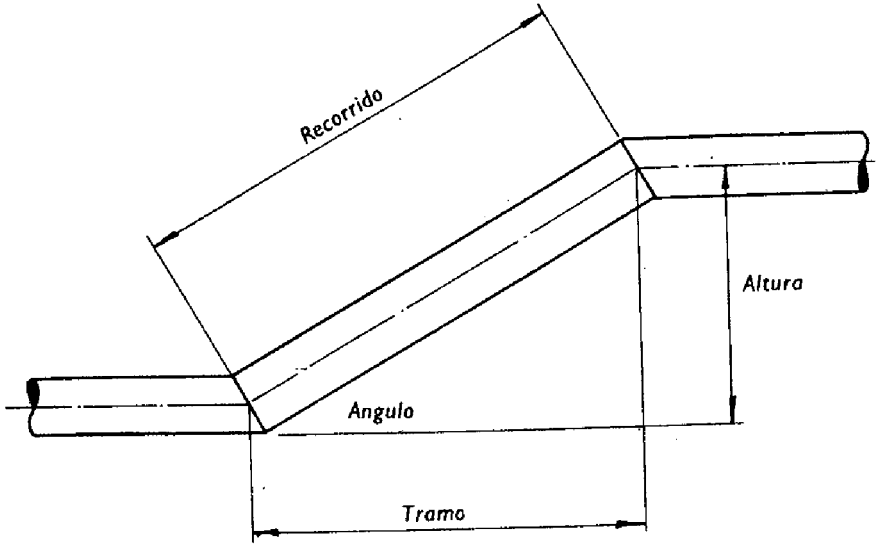


FIGURA 5
Descentro de tubería.

Modo de hallar la altura de inclinación, tramo y recorrido

Fórmulas:

altura = recorrido × sen del ángulo de montaje, también tramo × tg del ángulo de montaje;
tramo = recorrido × cos del ángulo de montaje, también altura × ctg del ángulo de montaje;
recorrido = altura × cosc del ángulo de montaje, también tramo × sec del ángulo de montaje.

Ejemplo:

¿Cuál es la longitud del tramo y el recorrido para un descentro de 45° con una altura de 15 pulgadas?

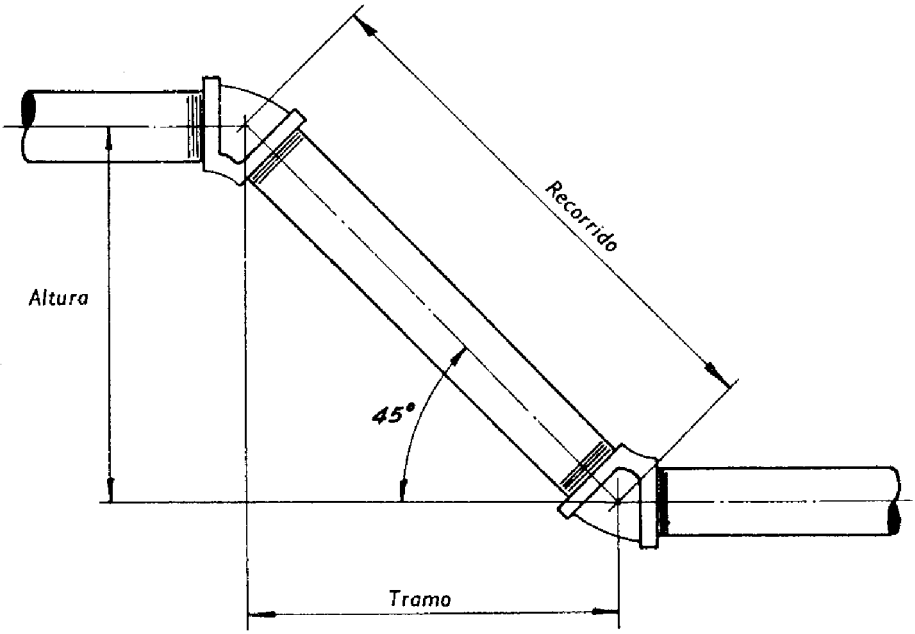


FIGURA 6
Descentro de tubería.

tramo = altura × ctg del ángulo de montaje;
tramo = 15 × 1,000 = 15 pulgadas (longitud del tramo de centro a centro);
recorrido = altura × cosc del ángulo de montaje;
recorrido = 15 × 1,414 = 21,21 pulgadas (longitud de la pieza de recorrido de centro a centro).

Modo de hallar los ángulos por trigonometría

La información siguiente es útil para hallar el ángulo de montaje de los descentros soldados.

Para hallar uno de los ángulos agudos, se deben conocer dos lados del triángulo rectángulo.

Tipo 1. Cuando se conocen la altura y el tramo, el ángulo de montaje, *A*, se halla al determinar la tangente del ángulo y obtener el ángulo a partir de la tabla trigonométrica, página 198 y siguientes.

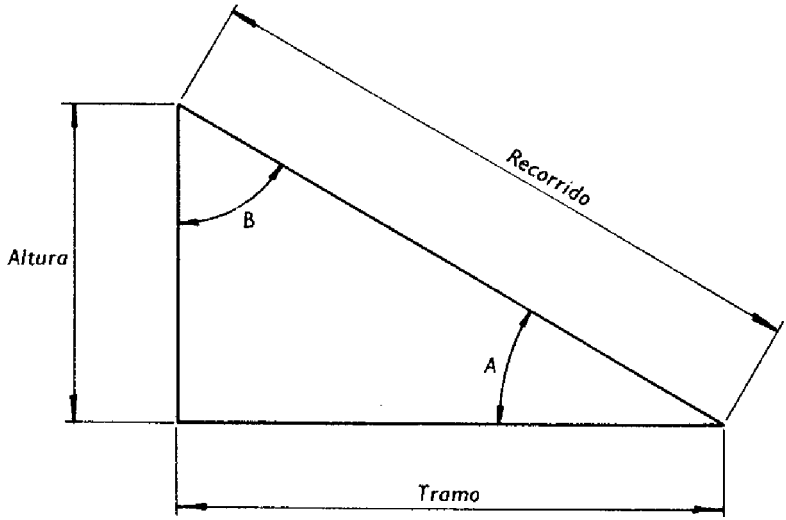


FIGURA 7
Descentro de tubería.

Ejemplo:

Cuando la altura es 18 pulgadas y el tramo es 24 pulgadas, ¿cuál es el ángulo de montaje para un descentro soldado?

$$\text{tangente del ángulo de montaje} = \frac{\text{altura}}{\text{tramo}};$$

$$\text{tangente del ángulo de montaje} = \frac{18}{24} = 0{,}75000;$$

$$\text{ángulo de montaje} = 37^{\circ}.$$ [1]

[1] Ver la tabla trigonométrica. La tangente 0,75000 no se encuentra en la tabla. Por lo tanto, el número que más se aproxima es 0,75355. El ángulo para esta tangente es 37°.

Tipo 2. Cuando se conocen el recorrido y el tramo, el ángulo A se halla determinando su coseno y obteniendo el ángulo a partir de la tabla trigonométrica.

Ejemplo:

Cuando el tramo tiene 24 pulgadas y el recorrido 30 pulgadas, ¿cuál es el tamaño del ángulo A?

$$\text{coseno del ángulo } A = \frac{\text{tramo}}{\text{recorrido}};$$

$$\text{coseno del ángulo } A = \frac{24}{30} = 0{,}80000;$$

$$\text{ángulo } A = 37^{\circ}.$$ [1]

Tipo 3. Cuando se conocen la altura y el recorrido, el ángulo A se encuentra determinando su seno y obteniendo el ángulo de la tabla trigonométrica.

Ejemplo:

Cuando la altura es 18 pulgadas y el recorrido es 30 pulgadas, ¿cuál es el ángulo A?

$$\text{seno del ángulo } A = \frac{\text{altura}}{\text{recorrido}};$$

$$\text{seno del ángulo } A = \frac{18}{30} = 0{,}60000;$$

$$\text{ángulo } A = 37^{\circ}.$$ [2]

Nota. Para hallar el ángulo B, restamos el ángulo A de 90°.

[1] Ver la tabla trigonométrica. El coseno de 0,80000 no se encuentra en la tabla. Por lo tanto, el número más próximo a éste es 0,79863. El ángulo para este coseno es 37°.

[2] Ver la tabla trigonométrica. El seno de 0,60000 no se encuentra en la tabla. Por consiguiente, el número más próximo a éste es 0,60181. El ángulo para este seno es 37°.

CURVAS DE TUBERIAS

Curvas simples

Fórmula:

$$L = R \times D \times 0{,}1745.$$

En la fórmula, L es la longitud de la curva, R es el radio del mismo y D su número de grados. Si se desea la longitud completa de la tubería, la longitud de las tangentes se debe sumar a la longitud de la curva. El símbolo de tangente es T.

Ejemplo:

Hallar la longitud de un trozo de tubería para un codo de 90º con un radio de 40 pulgadas y con dos tangentes de 15 pulgadas.

$$L = R \times D \times 0{,}01745.$$

Longitud de la curva $= 40 \times 90 \times 0{,}01745 = 62{,}82$ pulgadas.

Longitud de la tubería $= L + 2T = 62{,}82 + 30 =$ $= 92{,}82$ pulgadas o 7 pies y 8 13/16 pulgadas de extremo a extremo.

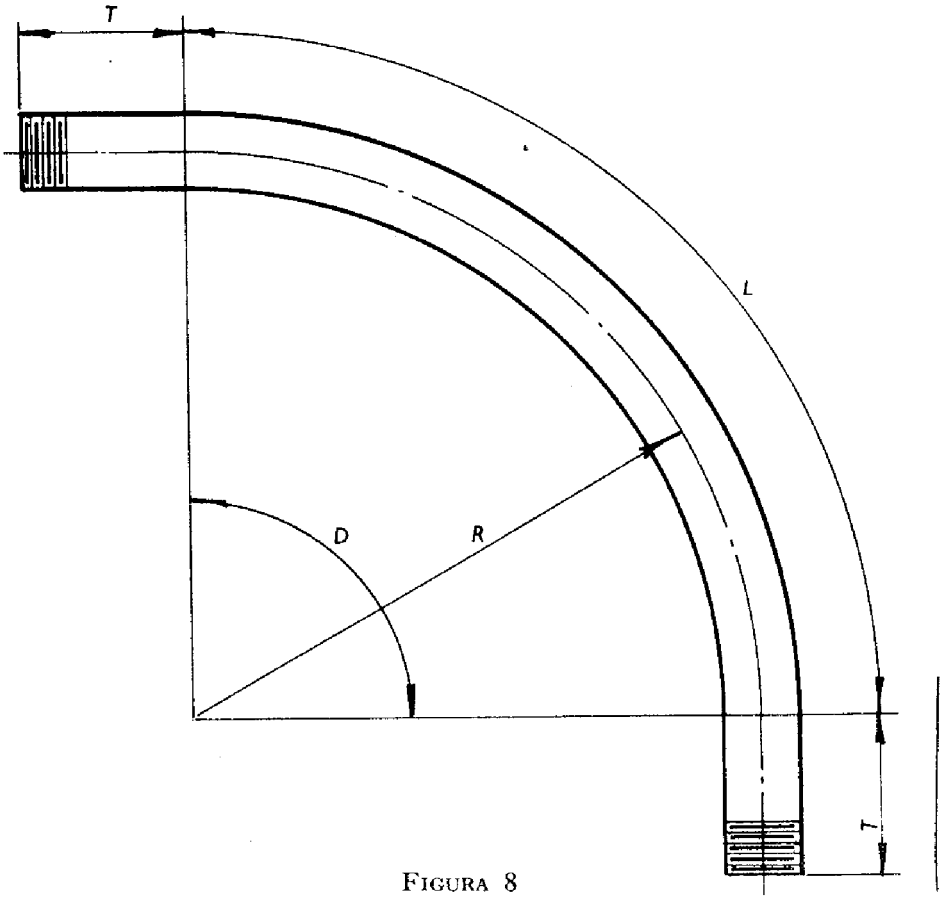


FIGURA 8
Curva simple.

Curvas con arrugas

Cada arruga puede variar de 5 a 15°, dependiendo del número de arrugas necesarias. Para determinar la longitud de tubería requerida para un codo con arrugas, se usan las siguientes fórmulas:

Fórmulas:

longitud de la curva = grados de la curva × radio exterior × 0,01745;

$$\text{número de arrugas} = \frac{\text{grados de la curva}}{\text{grados por arruga}};$$

$$\text{separación de arrugas} = \frac{\text{longitud de la curva}}{\text{número de arrugas}}.$$

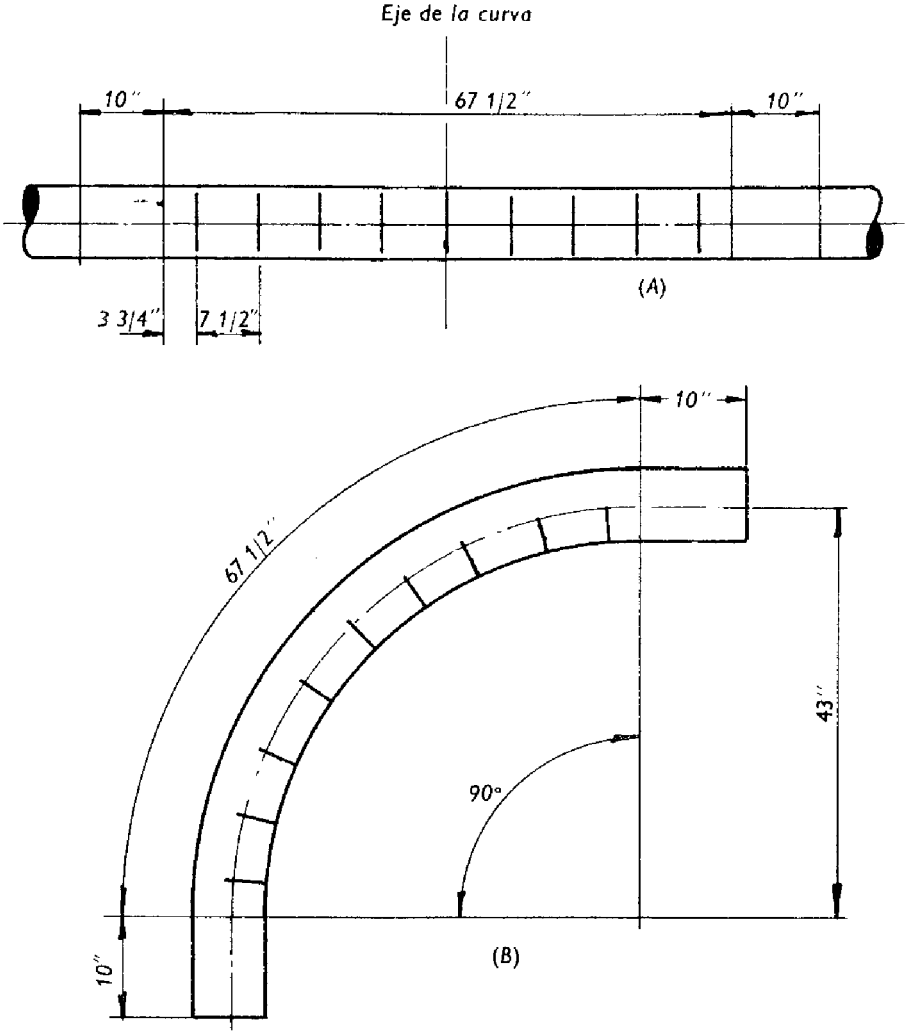


FIGURA 9
Curva con arrugas.

Ejemplo:

¿Cuál es la longitud de tubería requerida para fabricar una curva con arrugas de 90º, con un radio exterior de 3 pies y 7 pulgadas, usando arrugas de 10º, con dos tangentes de 10 pulgadas?

Aplicando las fórmulas anteriores:

longitud de la curva = 90 × 43 × 0,01745
= 67 1/2 pulgadas;
número de arrugas = 90 ÷ 10 = 9;
separación de arrugas = 67,5 ÷ 9 = 7 1/2 pulgadas;
longitud total de la tubería = 67,5 + 20 = 87,5.

Quebranto

El quebranto se ilustra en la figura 10.

Fúrmulas:

A = S × cosecante del ángulo D (v. tabla trigonométrica, págs. 198-200);
B = del centro al frente del lado largo;
C = $B - K$;
D = ángulo de la curva o descentro;
D = S : F = tangente del angulo D (si el ángulo es desconocido);
E = $A - K$;
F = del centro al frente del lado corto;
F = S × cotangente del ángulo D (si el ángulo es desconocido);
K = R × tangente del ángulo P (v. tabla trigonométrica);
L = $R \times D \times 0{,}01745$;
P = D : 2;

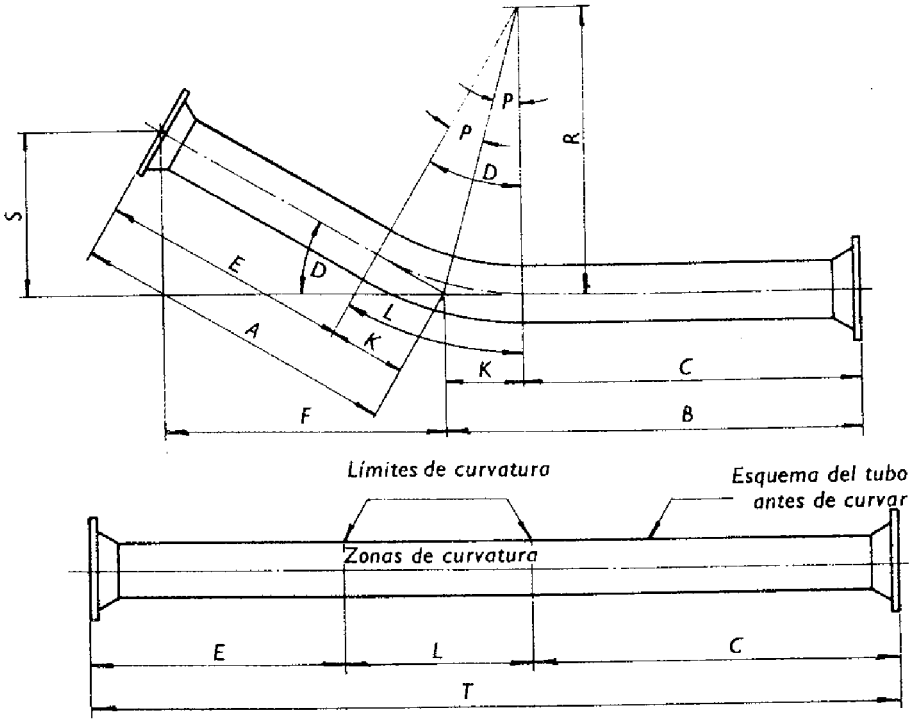


FIGURA 10
Quebranto.

R = radio de la curva;
S = descentro;
$T = E + L + C$ (longitud de tubería requerida).

Ejemplo:

Hallar la longitud de tubería requerida para una curva de simple descentro de 30º, cuando $S = 36$ pulgadas, $B = 60$, $F = 62\ 3/8$ y $R = 36$ pulgadas.

$A = 36 \times 2{,}000 = 72$ pulgadas (cosc da 30º = 2,000 a partir de la tabla trigonométrica);
$B = 60$ pulgadas;
$C = 60 - 9\ 5/8 = 50\ 3/8$ pulgadas;
$D = 30º$;

E = 72 − 9 5/8 = 62 3/8 pulgadas;
F = 62 3/8 pulgadas;
K = 36 × 0,26795 = 9 5/8 pulgadas (tg de 15° = = 0,26795 a partir de la tabla trigonométrica);
L = 36 × 30° × 0,01745 = 18 27/32 pulgadas;
P = 30° ÷ 2 = 15°;
R = 36 pulgadas;
S = 36 pulgadas;
T = 62 3/8 + 18 27/32 + 50 3/8 pulgadas = 131 19/32 pulgadas o 10 pies 11 19/32 pulgadas.

Descentrado curvado

Fórmulas:

A = de centro a extremo del lado corto;
B = de centro a extremo del lado largo;
$C = B - K$;
D = ángulo de la curva o ángulo de descentro;
$D = S : F$ = tangente del ángulo D (si el ángulo es desconocido);
$E = A - K$;
$F = S \times$ cotangente del ángulo D (v. tabla trigonométrica, págs. 198-200);
$G = M - 2K$;
$K = R \times$ tangente del ángulo P (v. tabla trigonométrica);
$L = R \times D \times 0{,}01745$;
$M = S \times$ coseno del ángulo D (v. tabla trigonométrica);
$P = D \div 2$;
R = radio de la curva;
S = inclinación;
$T = E + L + G + L + C$ (longitud de tubería requerida).

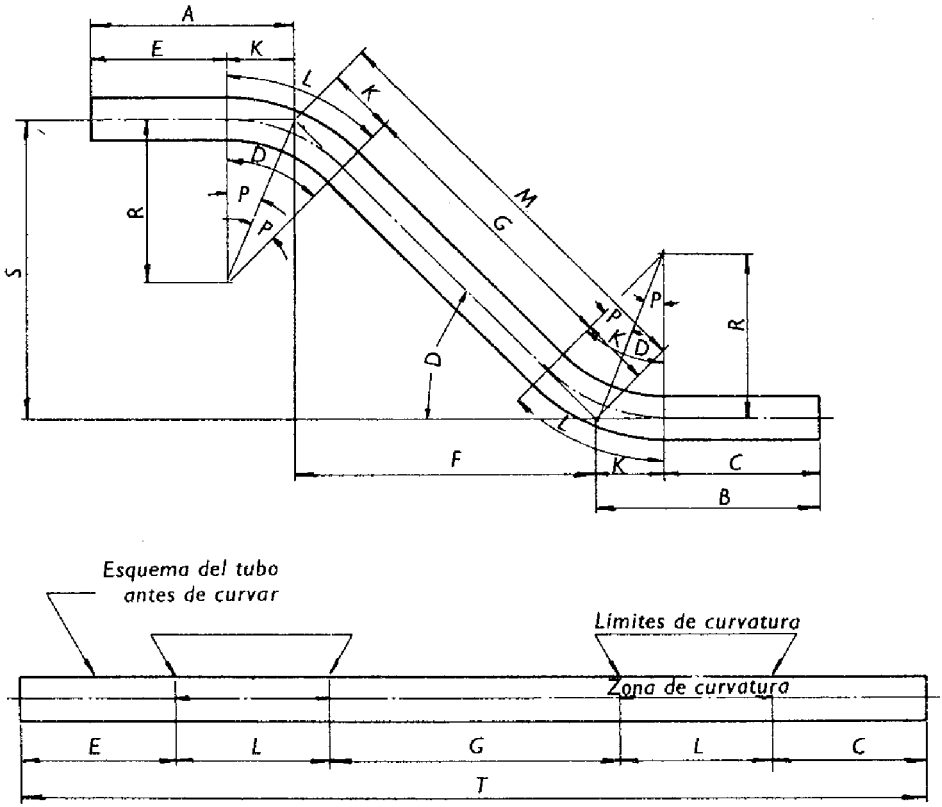


FIGURA 11
Descentro curvado.

Ejemplo:

Hallar la longitud de tubería necesaria para un descentro curvado de 40°, cuando $A = 25$ pulgadas, $B = 36$, $R = 50$ y $S = 60$ pulgadas:

$A = 25$ pulgadas;
$B = 36$ pulgadas;
$C = 36 - 18{,}198 = 17{,}802$ pulgadas;
$D = 40°$;
$E = 25 - 18{,}198 = 6{,}802$ pulgadas;
$F = 60 \times 1{,}1917 = 71{,}502$ pulgadas (ctg de 40° = = 1,1917);

$G = 94{,}342 - 36{,}396 = 57{,}946$ pulgadas;
$K = 50 \times 0{,}36397 = 18{,}198$ pulgadas (tg de 20° = $= 0{,}36397$);
$L = 50 \times 40^o \times 0{,}01745 = 34{,}900$ pulgadas;
$M = 60 \times 1{,}5557 = 94{,}342$ pulgadas (cosc de 40° = $= 1{,}5557$);
$P = 40^o \div 2 = 20^o$;
$R = 50$ pulgadas;
$S = 60$ pulgadas;
$T = 6{,}802 + 34{,}900 + 57{,}946 + 34{,}900 + 17{,}802 =$ $= 151{,}350$ pulgadas o 12 pies y 8 3/8 pulgadas.

Curvas de dilatación

La fórmula para determinar las curvas de dilatación es la misma que para las curvas simples.

Ejemplo:

Hallar la longitud de tubería para la curva de dilatación que se muestra en la figura 12, la cual tiene un radio de 24 pulgadas y dos tangentes de 10 pulgadas.

$L = R \times D \times 0{,}01745$;
longitud de la curva $= (24 \times 135 \times 0{,}01745)$
$+ (24 \times 135 \times 0{,}01745) +$
$+ (24 \times 270 \times 0{,}01745)$
$= 226{,}152$ pulgadas;
longitud de la tubería $= L + 2T = 226{,}152 + 20 =$ $= 246{,}152$ pulgadas o 20 pies y 6 1/8 pulgadas.

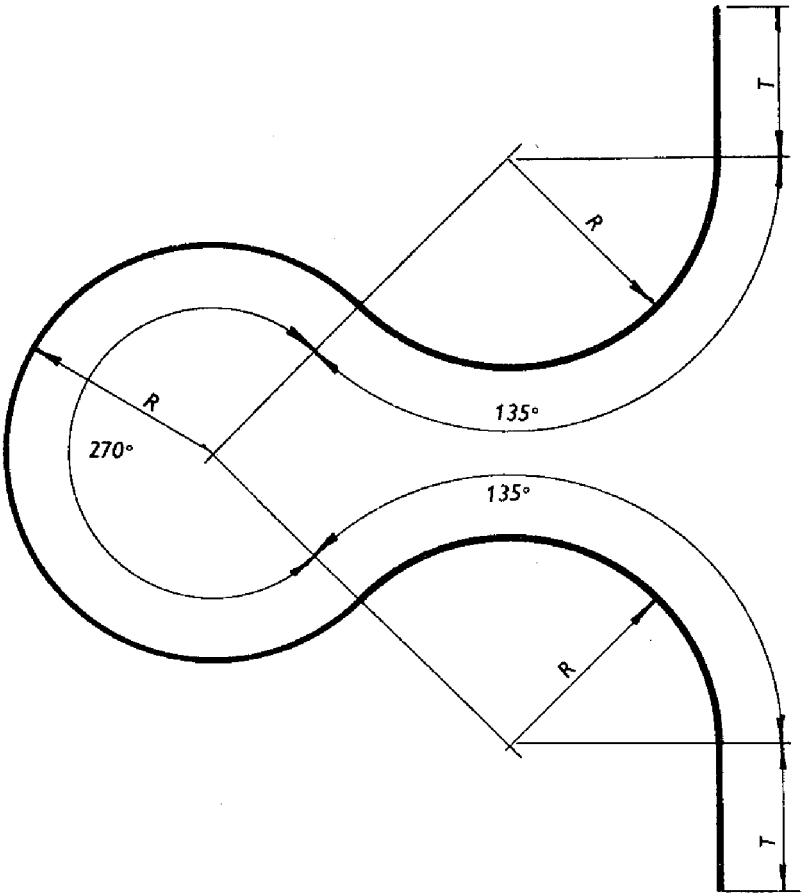


FIGURA 12
Curva de dilatación.

DILATACION LINEAL DE LA TUBERIA

Fórmula:

E = dilatación en pulgadas por 100 pies de tubería;
F = temperatura inicial;
T = temperatura final;
E = constante $\times$ $(T - F)$.

TABLA 1

Constantes por 100 pies

Metal	Constante
Acero	0,00804
Hierro forjado	0,00816
Hierro fundido	0,00780
Cobre y latón	0,01140

Ejemplo:

¿Cuál es la dilatación de una tubería de vapor de acero de 365 pies a 75 libras de presión, si la temperatura inicial es 60 °F?

E = constante × (T − F);
constante = 0,00804 (v. tabla 1);
T = 320° (v. tabla 34 en la pág. 174 para el punto de ebullición del agua a una presión de 75 lbs);
E = 0,00804 × (320 − 60) = 0,00804 × 260 = 2,09 pulgadas;
la dilatación para la línea de 365 pies = 2,09 × 3,65 = = 7,628 pulgadas.

CAPACIDADES DE LOS DEPOSITOS

Tanques rectangulares

Fórmulas:

C = capacidad en galones; L = longitud;
W = ancho; H = altura.

Cuando las medidas son en pulgadas:

$$C = \frac{L \times W \times H}{231}.$$ [1]

Cuando las medidas son en pies:

$$C = L \times W \times H \times 7{,}48.$$ [2]

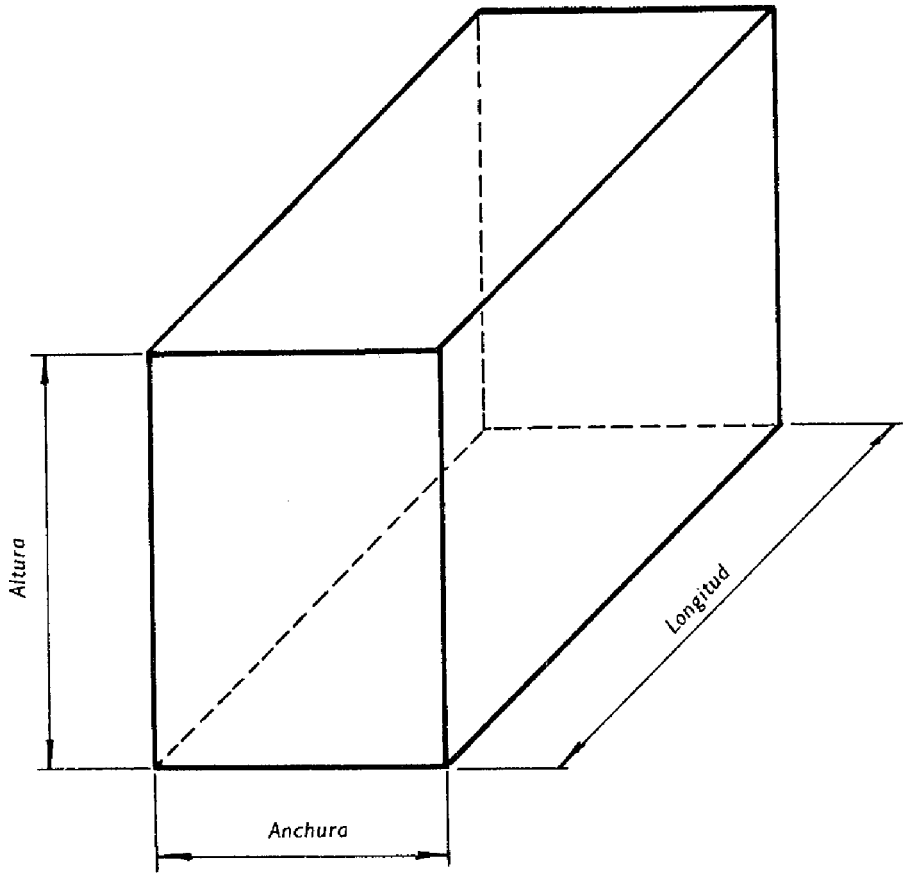


FIGURA 13
Tanque rectangular.

[1] Pulgadas cúbicas en un galón.
[2] Galones por pie cúbico.

Ejemplo:

¿Cuántos galones de petróleo contendrá un tanque rectangular que tiene 96 pulgadas de largo, 24 de ancho y 12 de alto?

$$C = \frac{L \times W \times H}{231}.$$

$$C = \frac{96 \times 24 \times 12}{231} = 119\ 3/4 \text{ galones.}$$

Ejemplo:

¿Cuántos galones de agua contendrá un tanque rectangular que tiene 10 pies de largo, 3 de ancho y 5 de alto?

$$C = L \times W \times H \times 7{,}48;$$
$$C = 10 \times 3 \times 5 \times 7{,}48 = 1122 \text{ galones.}$$

Tanques cilíndricos

Fórmulas:

C = capacidad en galones;
D = diámetro;
L = longitud.

Cuando las medidas son en pulgadas:

$$C = \frac{D \times D \times 0{,}7854 \times L}{231}.$$

Cuando las medidas son en pies:

$$C = D \times D \times 0{,}7854 \times L \times 7{,}48.$$

Ejemplo:

¿Cuántos galones de agua contendrá un tanque que tiene 3 pies de diámetro y 12 pies de largo?

$C = D \times D \times 0{,}7854 \times L \times 7{,}48;$
$C = 3 \times 3 \times 0{,}7854 \times 12 \times 7{,}48 = 634{,}477$ ó 634 1/2 galones.

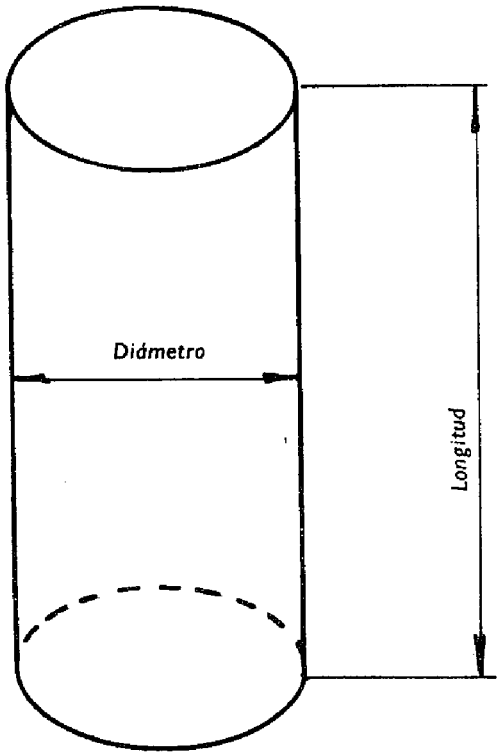


FIGURA 14
Tanque cilíndrico.

Cálculo de la capacidad aproximada de los tanques cilíndricos horizontales parcialmente llenos

Para los valores de la fórmula siguiente, ver figura 15.

Fórmula:

A = altura del líquido en el tanque;
D = diámetro del tanque;
L = longitud del tanque;
P = constante a partir de la tabla para K;
$K = A \div D$.

Cuando las medidas son en pulgadas:

Los galones de líquido en el tanque $= P \times D \times D \times$ $\times L \times 0{,}0034$.

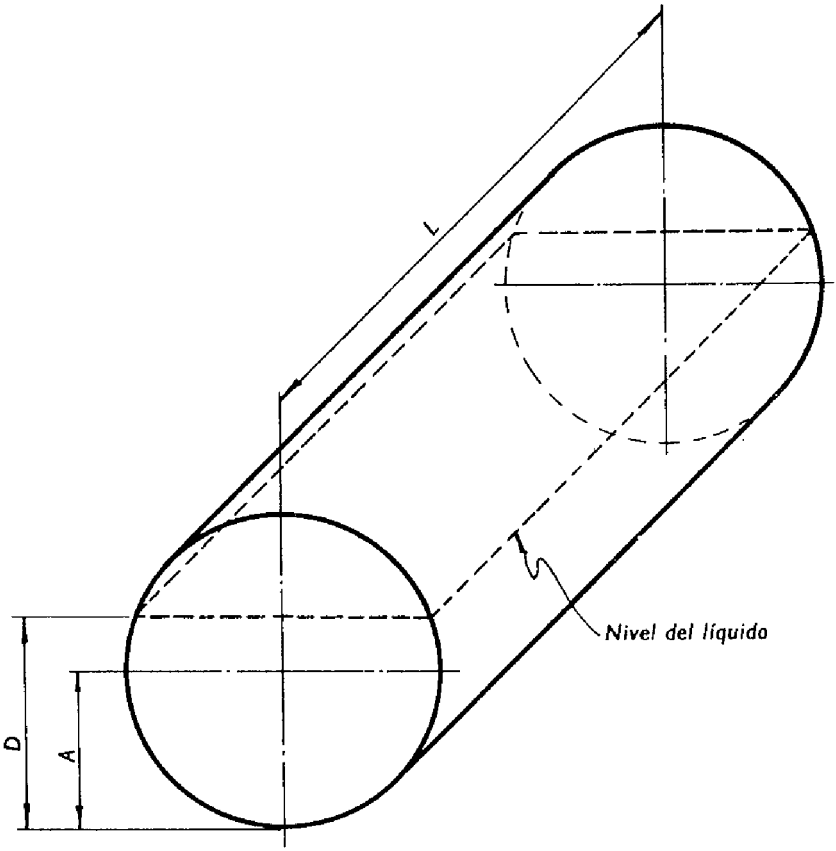


FIGURA 15
Tanque cilíndrico horizontal parcialmente lleno.

TABLA 2

Factores para calcular el número de galones en los tanques cilíndricos horizontales

K	*P*	*K*	*P*	*K*	*P*
0,02	0,0048	0,35	0,3118	0,68	0,7243
0,03	0,0087	0,36	0,3241	0,69	0,7360
0,04	0,0134	0,37	0,3363	0,70	0,7477
0,05	0,0187	0,38	0,3486	0,71	0,7595
0,06	0,0244	0,39	0,3610	0,72	0,7709
0,07	0,0308	0,40	0,3735	0,73	0,7822
0,08	0,0375	0,41	0,3860	0,74	0,7934
0,09	0,0446	0,42	0,3988	0,75	0,8046
0,10	0,0520	0,43	0,4111	0,76	0,8155
0,11	0,0598	0,44	0,4237	0,77	0,8263
0,12	0,0680	0,45	0,4364	0,78	0,8370
0,13	0,0764	0,46	0,4490	0,79	0,8474
0,14	0,0850	0,47	0,4617	0,80	0,8577
0,15	0,0940	0,48	0,4744	0,81	0,8677
0,16	0,1032	0,49	0,4872	0,82	0,8776
0,17	0,1126	0,50	0,5000	0,83	0,8874
0,18	0,1224	0,51	0,5128	0,84	0,8968
0,19	0,1328	0,52	0,5256	0,85	0,9060
0,20	0,1423	0,53	0,5383	0,86	0,9150
0,21	0,1528	0,54	0,5510	0,87	0,9236
0,22	0,1630	0,55	0,5636	0,88	0,9320
0,23	0,1737	0,56	0,5763	0,89	0,9402
0,24	0,1845	0,57	0,5889	0,90	0,9480
0,25	0,1954	0,58	0,6012	0,91	0,9556
0,26	0,2066	0,59	0,6140	0,92	0,9625
0,27	0,2178	0,60	0,6265	0,93	0,9692
0,28	0,2291	0,61	0,6390	0,94	0,9761
0,29	0,2405	0,62	0,6514	0,95	0,9813
0,30	0,2523	0,63	0,6637	0,96	0,9866
0,31	0,2640	0,64	0,6759	0,97	0,9913
0,32	0,2757	0,65	0,6882	0,98	0,9952
0,33	0,2876	0,66	0,7003	0,99	0,9983
0,34	0,2997	0,67	0,7124	1,00	1,0000

Cuando las medidas son en pies:

Los galones de líquido en el tanque $= P \times D \times D \times L \times 5{,}875$.

Ejemplo:

Hallar el número de galones de agua en un tanque cilíndrico horizontal que tiene 4 pies de diámetro y 10 de largo, y la altura del contenido de agua es 2 pies y 9 pulgadas.

A = 2 pies y 9 pulgadas;
D = 4 pies;
L = 10 pies;
$K = 2{,}75 \div 4{,}00$ pies $= 0{,}687$ ó $0{,}69$;
$P = 0{,}7360$ (a partir de la tabla 2 para $K = 0{,}69$);
galones de agua $= 0{,}7360 \times 4 \times 4 \times 10 \times 5{,}875 =$
$= 691{,}840$ galones.

Tanques elípticos

Fórmulas:

C = capacidad en galones; L = largo;
W = ancho; H = alto.

Cuando las medidas son en pulgadas:

$$C = \frac{(W \times H \times 0{,}7854) \times L}{231}.$$

Cuando las medidas son en pies:

$$C = (W \times H \times 0{,}7854) \times L \times 7{,}48.$$

Ejemplo:

¿Cuántos galones de agua contendrá un tanque elíptico que tiene 120 pulgadas de largo, 36 de ancho y 24 de alto?

$$C = \frac{(W \times H \times 0{,}7854) \times L}{231}$$

$$C = \frac{(36 \times 24 \times 0{,}7854) \times 120}{231} = \frac{678{,}585 \times 120}{231} =$$

$$= \frac{81430{,}2}{231} = 352\ 1/2 \text{ galones.}$$

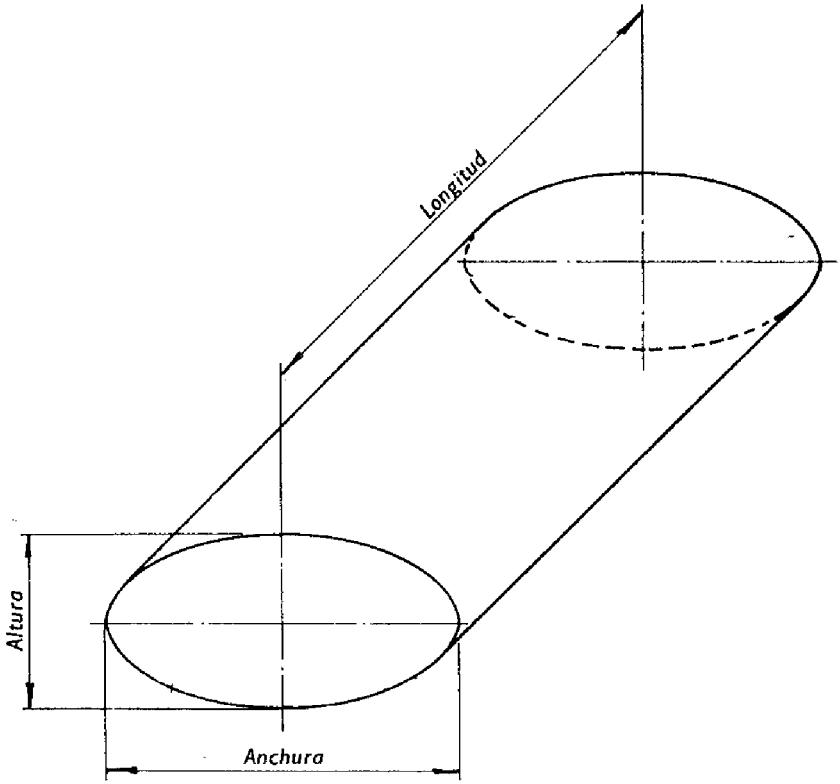


FIGURA 16
Tanque elíptico.

Esferas

Fórmula para la superficie:

S = superficie;
D^2 = cuadrado del diámetro;
$S = D^2 \times 3{,}1416$.

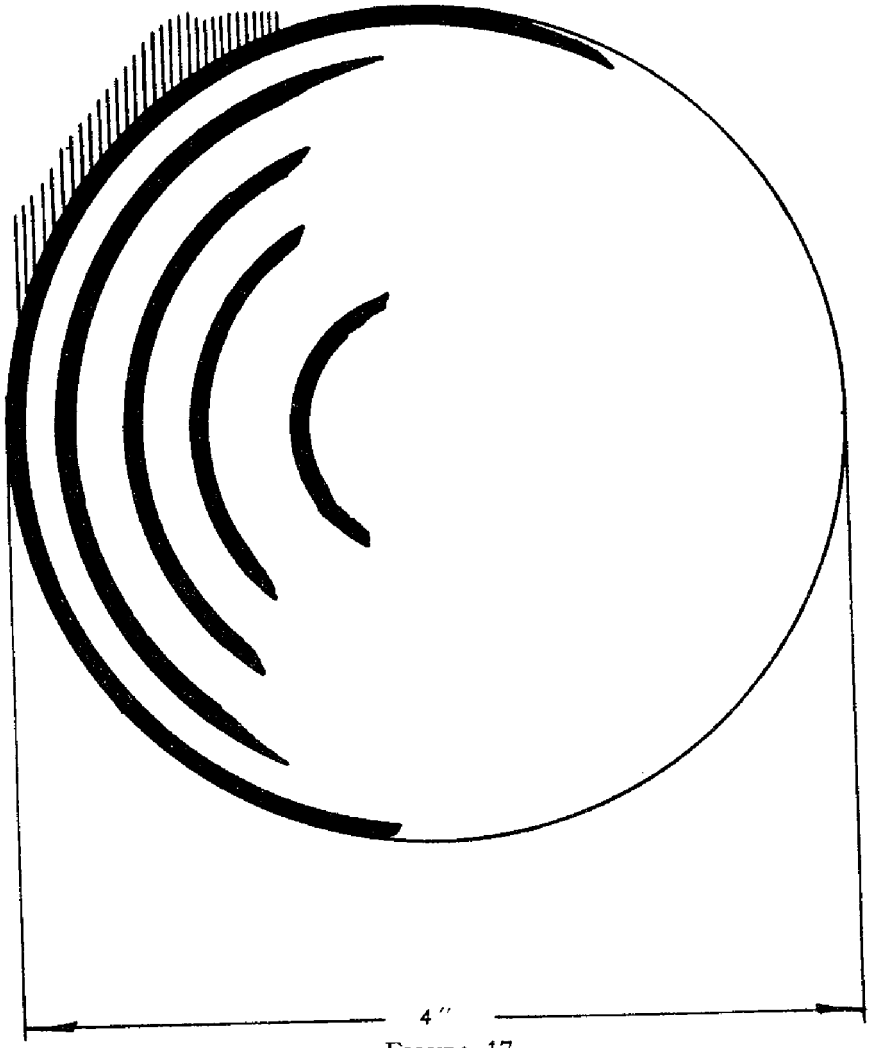


FIGURA 17
Una esfera.

Ejemplo:

¿Cuál es la superficie de una esfera cuyo diámetro es 4 pulgadas?

$S = D^2 \times 3{,}1416;$
$S = 4^2 \times 3{,}1416 = 4 \times 4 \times 3{,}1416 = 50{,}26$ pulgadas cuadradas.

Fórmula para el volumen:

V = volumen;
D^3 = cubo del diámetro;
$V = D^3 \times 0{,}5236.$

Ejemplo:

¿Cuál es el volumen de una esfera cuyo diámetro es 4 pulgadas?

$V = D^3 \times 0{,}5236;$
$V = 4^3 \times 0{,}5236 = 4 \times 4 \times 4 \times 0{,}5236 = 33{,}5104$ pulgadas cúbicas.

Tanques en forma de troncos

Un cono o pirámide con la parte superior cortada se llama tronco. Muchos tanques, tinas, aparatos para cocinar y recipientes similares que se encuentran en los trabajos de montaje de tuberías de vapor son de forma semejante a los troncos.

Se observará que un tronco tiene dos bases, según se muestra en la figura 18. La fórmula de los volúmenes de los troncos de cono y la pirámide se da a continuación.

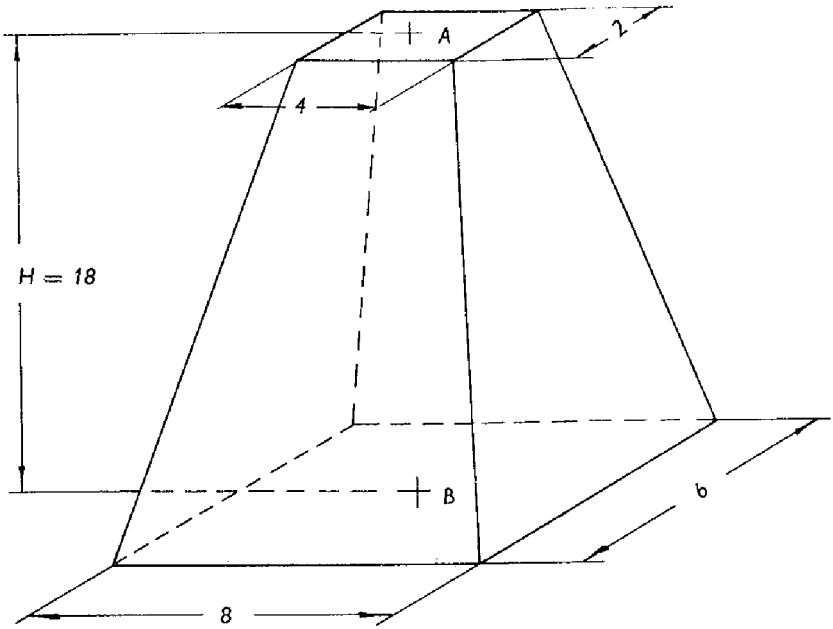


FIGURA 18
Tanque en forma de tronco.

Fórmula:

V = volumen;
H = altura, o distancia entre las bases;
A = área de la base superior;
B = área de la base inferior;

$$V = \frac{H}{3} \times (A + B + \sqrt{AB}).$$

Ejemplo:

¿Cuál es el volumen de un tronco que tiene las dimensiones mostradas en la figura 18?

$$V = \frac{H}{3} \times (A + B + \sqrt{AB});$$

$$V = \frac{18}{3} (8 + 48 + \sqrt{8 \times 48}) = 6 (56 + \sqrt{384}) =$$

$$= 6 (56 + 19{,}6) = 6 \times 75{,}6 = 453{,}6 \text{ pulgadas cúbicas.}$$

CALCULO DE LA CAPACIDAD DE UN DEPOSITO DE CARBON (CARBONERA)

Fórmula:

C = capacidad;
L = largo;
W = ancho;
H = alto;
X = peso de 1 pie cúbico de carbón;
$C = L \times W \times H \times X$.

Nota: Un pie cúbico de carbón bituminoso pesa 50 lb. Un pie cúbico de antracita pesa 53 lb.

Ejemplo:

¿Cuántas toneladas de carbón bituminoso contendrá un depósito que tiene 10 pies de largo, 10 de ancho y 8 de alto?

$C = L \times W \times H \times X$;
$C = 10 \times 10 \times 8 \times 50 = 40\,000$ lb ó 20 t de carbón bituminoso.

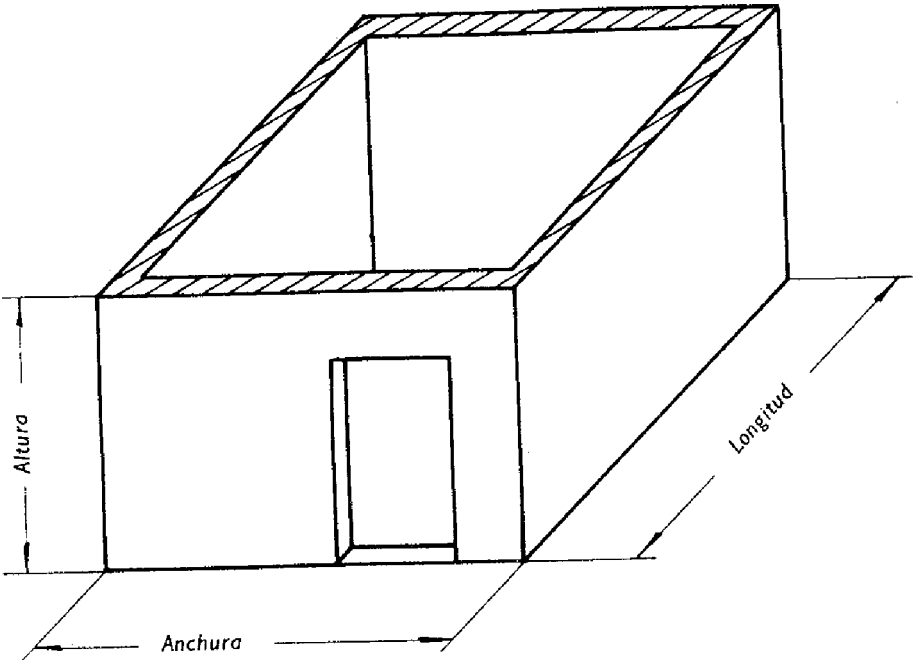


FIGURA 19
Depósito para carbón.

BRAZO DE PALANCA

La fuerza multiplicada por su distancia a partir del fulcro o punto de apoyo es igual a la carga multiplicada por su distancia partiendo del punto de apoyo (v. fig. 20). Si P representa la fuerza, A la distancia de la fuerza a partir del punto de apoyo, W la carga y B la distancia de la carga partiendo del punto de apoyo, se pueden usar las fórmulas siguientes para resolver problemas de palancas.

Fórmulas:

$$P = \frac{W \times B}{A}; \qquad W = \frac{P \times A}{B}$$

$$A = \frac{B \times W}{P}; \qquad B = \frac{P \times A}{W}$$

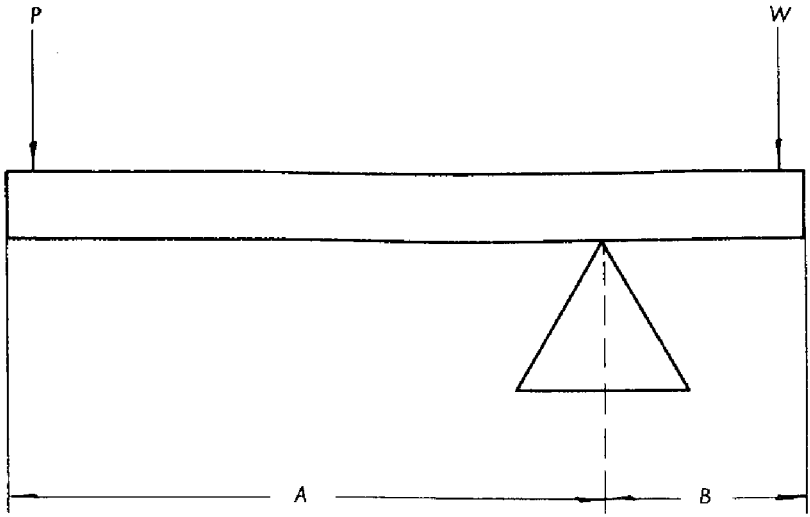


FIGURA 20
Una palanca.

Ejemplo:

Un hombre que pesa 150 lb debe levantar un peso de 800 lb que está a 6 pulgadas del punto de apoyo. ¿Cuál es la longitud de la palanca requerida?

$B = 6$ pulgadas;

$$A = \frac{B \times W}{P} = \frac{6 \times 800}{150} = \frac{4800}{150} = 32 \text{ pulgadas;}$$

longitud de la palanca $= B + A = 6 + 32 = 38$ pulgadas.

METODOS PARA TRAZAR LOS ANGULOS

Trazado de ángulos con una escuadra de acero

Tipo 1. Angulos menores de 45º. Si se desea un ángulo de 30º, obtenemos la tangente de 30º (0,57735) a partir de la tabla trigonométrica de las páginas 198-200. Mover la coma decimal de este número un lugar a la derecha y obtener la dimensión 5,7735 pulgadas o aproximadamente 5 25/32 pulgadas. Una línea trazada a partir de 5 25/32 pulgadas en el lado mayor de la escuadra hasta las 10 pulgadas en el menor nos dará un ángulo de 30º para el lado menor de la escuadra (v. fig. 21). Seguir el mismo procedimiento para trazar otros ángulos menores de 45º.

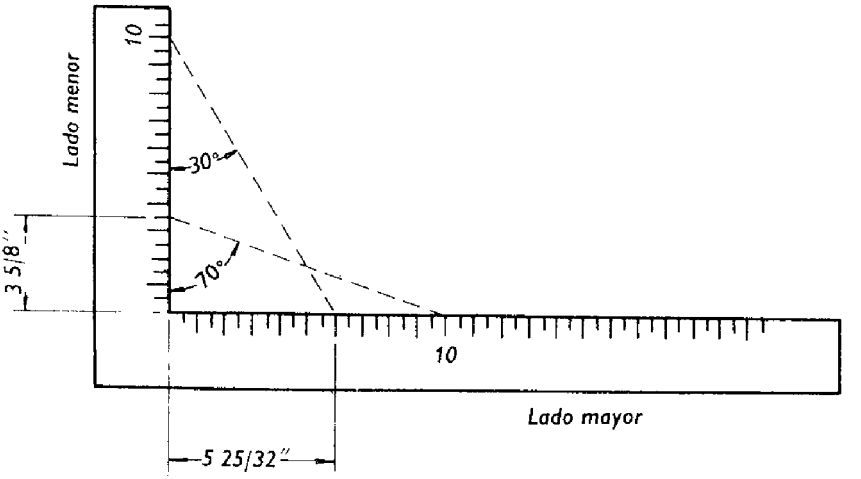


FIGURA 21
Trazado de ángulos con una escuadra de acero.

Tipo 2. Angulos mayores de 45°. Si se desea un ángulo de 70°, restamos 70 de 90° y obtenemos 20°. Encontrar la tangente de 20° (0,36397) en la tabla trigonométrica. Mover la coma decimal de este número un lugar a la derecha y para obtener la dimensión 3,6397 pulgadas o 3 5/8 aproximadamente. Una línea trazada partiendo de 3 5/8 en el lado menor hasta las 10 pulgadas en el mayor nos dará un ángulo de 70° en el lado menor (v. fig. 21). Seguir el mismo procedimiento para trazar otros ángulos mayores de 45°.

Método simplificado para trazar ángulos con una escuadra de acero

Ejemplo:

Para trazar un ángulo de 30°, obtenemos la dimensión *A* para un ángulo de 30° a partir de la tabla. La dimensión *A* es 20 3/4 pulgadas. Trazamos esta dimensión sobre una tabla recta y colocamos la escuadra conforme se muestra en la figura 22, formando, por lo tanto, el ángulo de 30°.

TABLA 3

Datos para trazar los ángulos

Angulo (grados)	A (pulgadas)	Angulo (grados)	A (pulgadas)
5	137 1/8	40	14 5/16
10	68 1/16	45	12
15	47 3/4	50	10 1/16
20	33	55	8 3/8
22 1/2	29	60	7
25	25 3/4	65	5 5/8
30	20 3/4	70	4 3/8
35	17 1/8	75	3 3/4

Nota. Para encontrar la dimensión *A* de los ángulos que no se muestran en la tabla 3, debemos multiplicar la cotangente del ángulo por 12 pulgadas (para las cotangentes de los ángulos, ver la tabla trigonométrica, págs. 198-200).

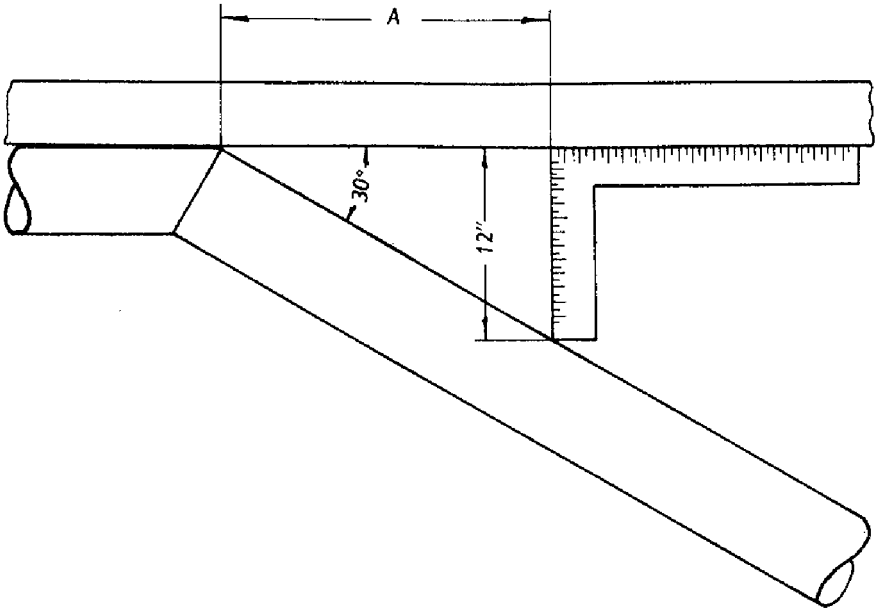


FIGURA 22
Trazando un ángulo de 30° con una escuadra de acero.

Trazado de ángulos con una regla de dos pies

Ejemplo:

Si se desea un ángulo de 30°, abrir la regla hasta la medición de la cuerda, es decir, 3 3/32 pulgadas, especificada en la tabla 4.

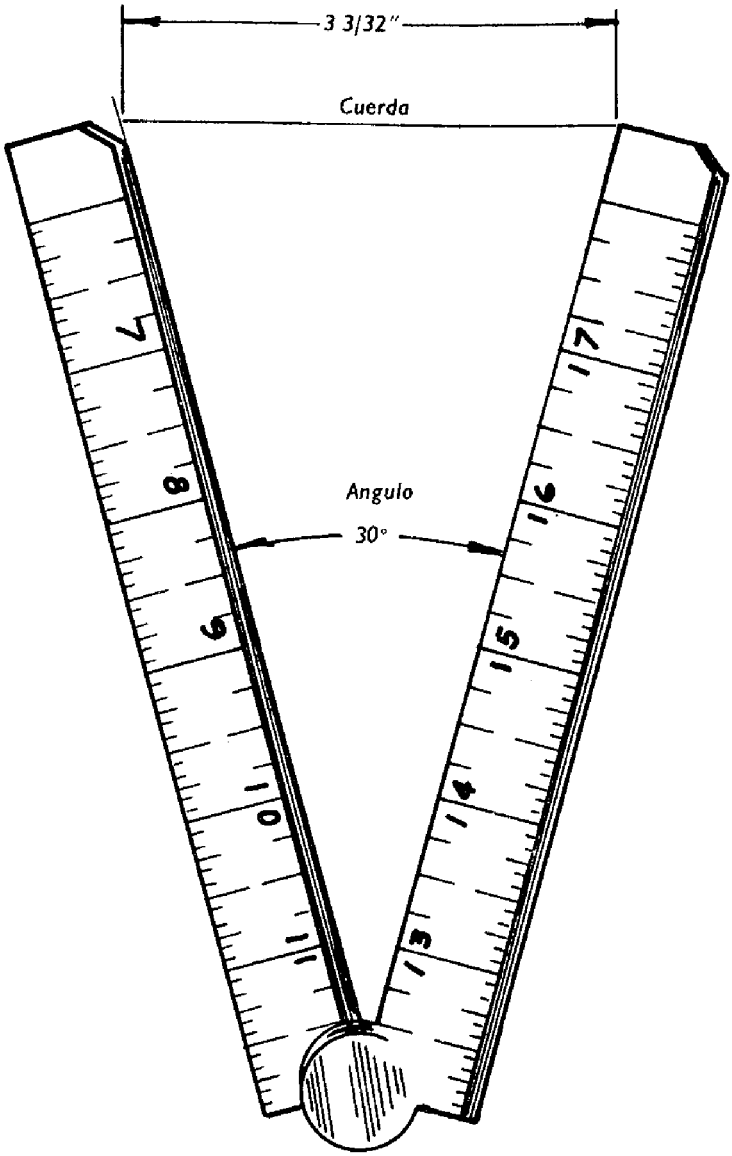


FIGURA 23
Formando un ángulo de 30° con una regla de dos pies.

TABLA 4

Medidas de cuerda para distintos ángulos

Angulo (grados)	Cuerda (pulgadas)	Angulo (grados)	Cuerda (pulgadas)
5	17/32	50	5 1/16
10	1 1/32	55	5 17/32
15	1 9/16	60	6
20	2 3/32	65	6 7/16
25	2 19/32	70	6 7/8
30	3 3/32	75	7 5/16
35	3 19/32	80	7 23/32
40	4 3/32	85	8 3/32
45	4 19/32	90	8 1/2

Trazado de ángulos con una regla de seis pies

Ejemplo:

Para un ángulo de 45°, doblar la regla en la primera y segunda unión, colocando el extremo en la marca señalada para el ángulo, o sea, 23 31/32 pulgadas, especificada en la tabla 5. El ángulo deseado se formará según se muestra en la figura 24.

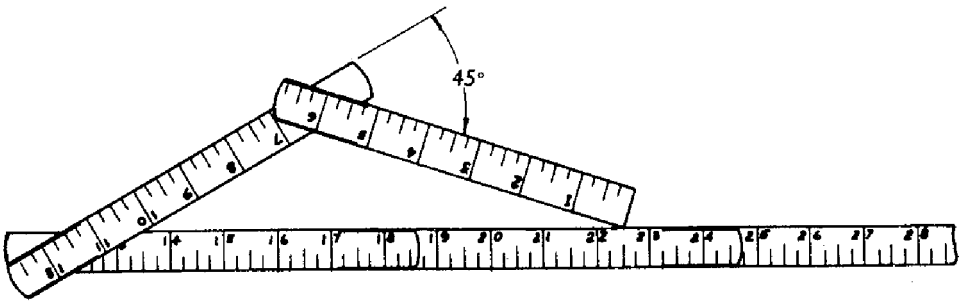


FIGURA 24

Formando un ángulo con una regla de seis pies.

TABLA 5

Marcas en las cuales se coloca el extremo de la regla para formar distintos ángulos

Angulo (grados)	Marca	Angulo (grados)	Marca	Angulo (grados)	Marca
5	24	30	23 1/2	60	22 1/4
10	23 15/16	35	23 3/8	65	21 15/16
15	23 7/8	40	23 3/16	70	21 11/16
20	23 25/32	45	22 31/32	75	21 3/8
22 1/2	23 23/32	50	22 3/4	80	21 1/32
25	23 5/8	55	22 1/2	90	20 9/32

METODO PARA CONSTRUIR UNA ESCUADRA

1. Clavar dos trozos rectos de madera de 1 × 2 para formar una L, conforme se muestra en la figura 25.
2. Marcar un punto a 3 pies de la esquina en una de las tablas.
3. Marcar un punto a 4 pies de la esquina en la otra tabla.
4. Cortar otro trozo de madera de una dimensión de 5 pies de largo. Alinear esta tabla con los puntos señalados.

Nota. Estas medidas se pueden duplicar para hacer una escuadra más grande, o se pueden reducir a la mitad para hacerla más pequeña.

METODO PARA TRAZAR UN ORIFICIO DE FORMA ELIPTICA EN UNA PLANCHA DE ACERO

Equivalentes:

diámetro corto = D.E. (diámetro exterior) de la tubería;
diámetro largo = D.E. de la tubería × la cosecante del ángulo que forma la tubería con la plancha;

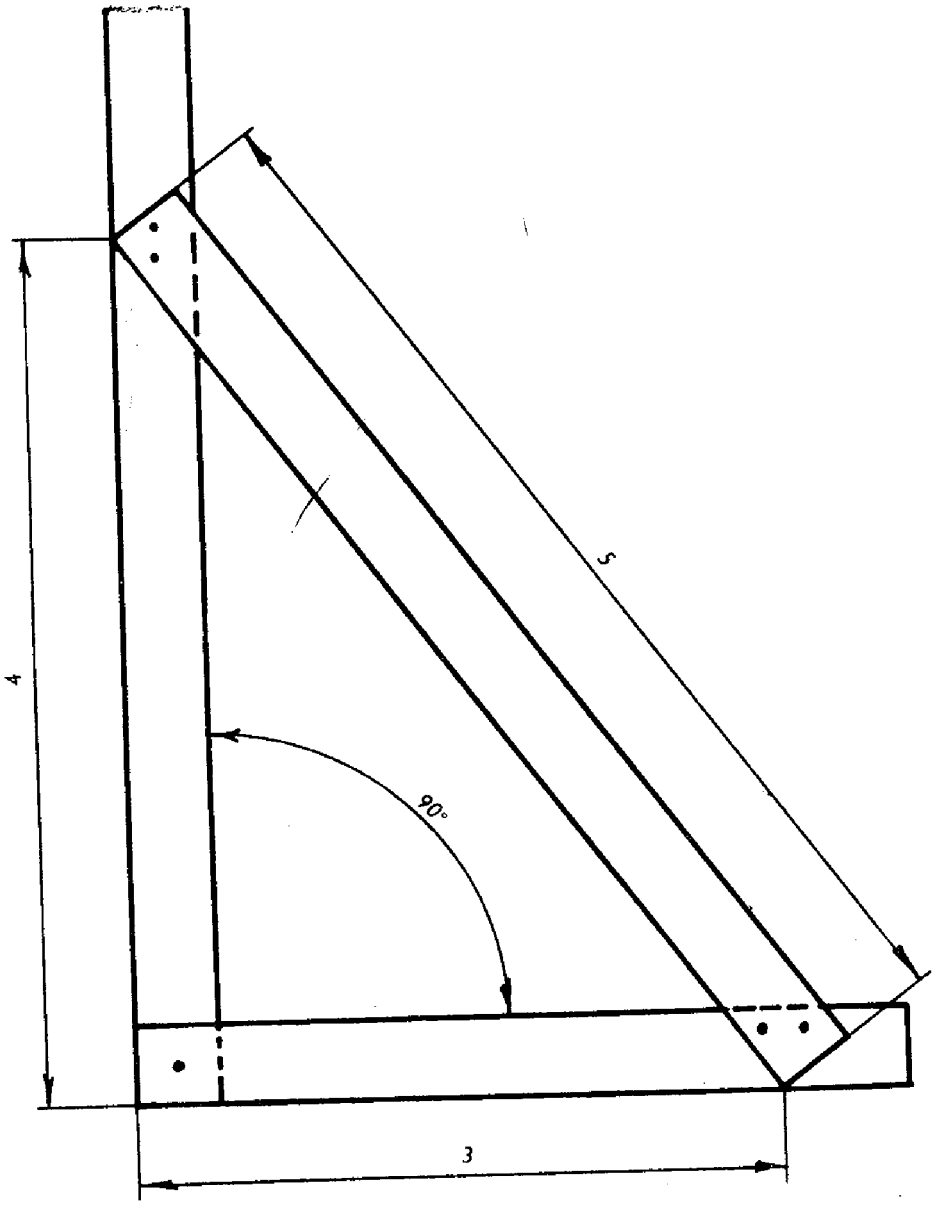


FIGURA 25
Escuadra hecha de tablas.

F-G = mitad del diámetro corto;
E-G = mitad del diámetro largo.

Procedimiento:

1. Trazar las líneas A-B y C-D para formar ángulos rectos, cruzándose en el centro de la abertura (v. fig. 26).

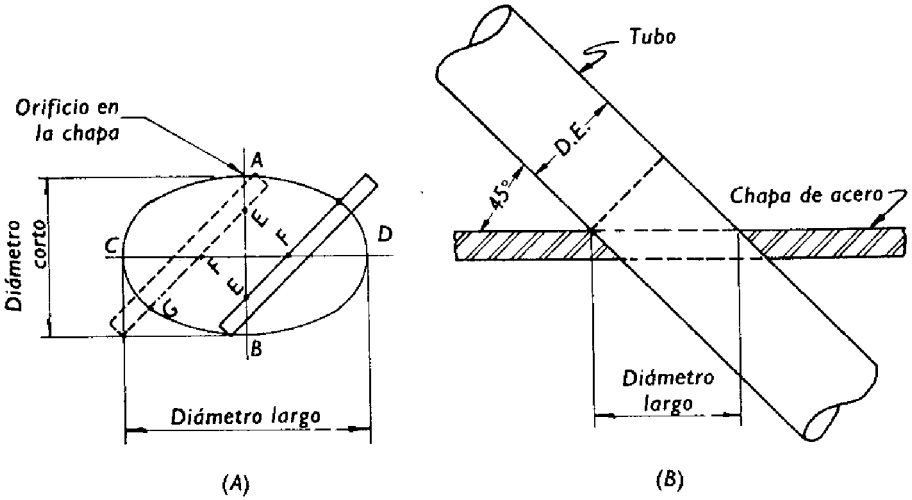


FIGURA 26
Trazando un orificio de forma elíptica.

2. Trazar las dimensiones F-G y E-G sobre un trozo plano de madera.

3. Dibujar la línea curvada en el punto G manteniendo los puntos E y F en las líneas A-G y C-D cuando se gira el trozo de madera.

Nota. Cuando se corte con el soplete, debemos mantener la boquilla en el mismo ángulo con la chapa en que esté la tubería cuando se instale.

METODO PARA TRAZAR AGUJEROS DE TORNILLOS PARA BRIDAS

Para los valores de las fórmulas siguientes, ver figura 27.

Fórmulas:

A = constante a partir de la tabla para el número de agujeros requeridos;
$C = A \times D$;
D = diámetro del círculo de los agujeros de tornillos;
$E = C \div 2$.

Ejemplo:

Trazar los agujeros de tornillos para una brida normal de 125 lb con ocho agujeros de 4 pulgadas.

A = 0,3827 (v. tabla 6);
C = 0,3827 × 7,5 = 2,870 pulgadas o 2 7/8 pulgadas;
D = 7,5 (v. tabla 20 para platillo de 125 lb, pág. 159);
E = 2,870 ÷ 2 = 1,435 pulgadas o 1 7/16 pulgadas.

1. Trazar los ejes horizontal y vertical (v. fig. 27).
2. Obtener el diámetro D del círculo de agujeros a partir de la tabla 20 donde se especifican los tamaños requeridos de las bridas (v. la pág. 159).
3. Marcar el círculo de agujeros con un gramil partiendo del centro de la brida.
4. Determinar el valor de C, usando la fórmula anterior. Entonces, dividir C por 2 para determinar la dimensión E.
5. Trazar la dimensión E horizontalmente a partir del eje vertical en el círculo de agujeros fijando el centro del primer agujero.

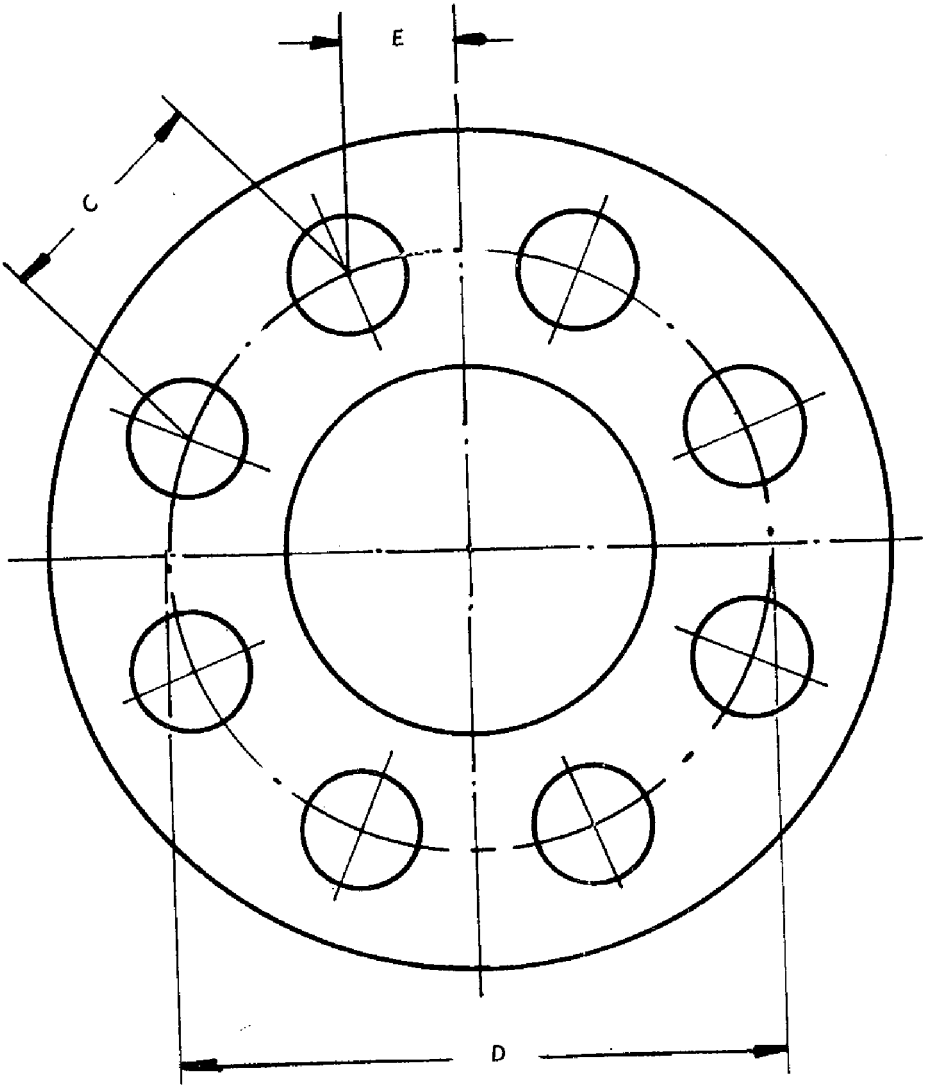


FIGURA 27
Trazando agujeros de tornillos para bridas.

6. Colocar los gramiles para la dimensión *C*. Ahora situar una punta del gramil en el eje del primer agujero y marcar un arco en el eje de agujeros fijando el centro

del segundo agujero. Después, poner la punta del gramil en el centro del segundo agujero, y trazar un arco en el eje de agujeros fijando así el centro del tercer agujero. Fijar de esta manera el resto de los centros de los agujeros alrededor de la circunferencia.

TABLA 6

Constantes para calcular las posiciones de los agujeros para tornillos

Número de agujeros	Constante A	Número de agujeros	Constante A
4	0,4071	24	0,1305
8	0,3827	28	0,1120
12	0,2588	32	0,0980
16	0,1951	36	0,0872
20	0,1564	40	0,0785
		44	0,0713

Nota. Para cualquier número de agujeros no especificados, se multiplica el seno de la mitad del ángulo entre los agujeros por el diámetro del círculo de agujeros, para la constante A.

METODO PARA TRAZAR EMPAQUETADURAS ANULARES

El método para trazar una empaquetadura anular para una brida normal es como sigue:

1. Obtener las dimensiones A y B a partir de la tabla y fijar los puntos para los clavos D, E y F sobre una tabla de 1×2 [v. fig. 28 (A)].
2. Introducir los clavos a través de los puntos señalados.
3. Colocar la tabla en el material de la empaquetadura. Usando el clavo D como una punta de compás, hacemos girar la tabla 360° alrededor de la punta. Los clavos E y F marcarán las líneas para la empaquetadura [v. fig. 28 (B)].

TABLA 7

Dimensiones para empaquetaduras anulares

Tamaño de tubería (pulgadas)	A (pulgadas)	B (pulgadas)	C (pulgadas)
2	1	1	2
2 1/2	1 1/4	1 1/8	2 3/8
3	1 1/2	1 1/8	2 5/8
3 1/2	1 3/4	1 3/8	3 1/8
4	2	1 3/8	3 3/8
5	2 1/2	1 3/8	3 7/8
6	3	1 3/8	4 3/8
8	4	1 1/2	5 1/2
10	5	1 5/8	6 5/8
12	6	2	8

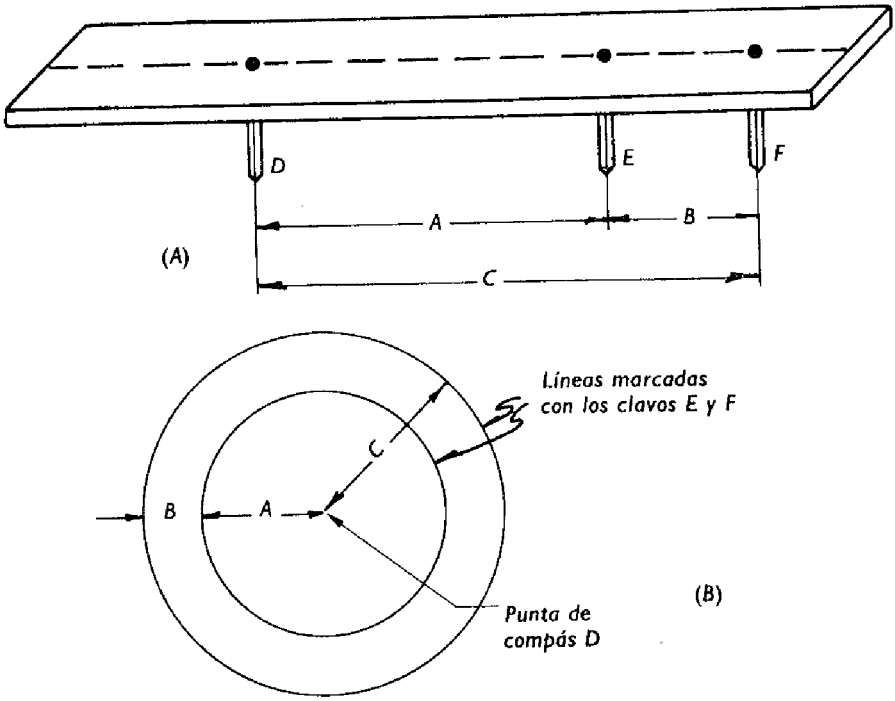


FIGURA 28

Trazando empaquetaduras anulares.

CALCULO DE LAS LONGITUDES DE LAS VARILLAS PARA LOS PERNOS EN U

Para los valores de las fórmulas siguientes, ver figura 29.

Fórmulas:

$A = D + F$;
B = mitad del diámetro exterior de la tubería;
C = grueso de la tuerca;
D = diámetro exterior de la tubería;
E = cantidad de varilla que sobresale de la tuerca;
F = diámetro de la varilla;
$L = 1{,}571 \times A$;
T = espesor de la chapa;
$W = 2B + 2C + 2E + L + 2T$ (longitud de varilla requerida).

Ejemplo:

Determinar la longitud de una varilla de 5/8 pulgadas que es necesaria para hacer un perno en U para una tubería de 6 pulgadas a través de una plancha de 1/4 pulgada con 3/8 pulgadas de varilla que sobresale de la tuerca.

A = 6 5/8 pulgadas + 5/8 pulgadas = 7 1/4 pulgadas;
B = 6 5/8 pulgadas ÷ 2 = 3 5/16 pulgadas;
C = 5/8 pulgadas;
D = 6 5/8 pulgadas;
E = 3/8 pulgadas;
F = 5/8 pulgadas;

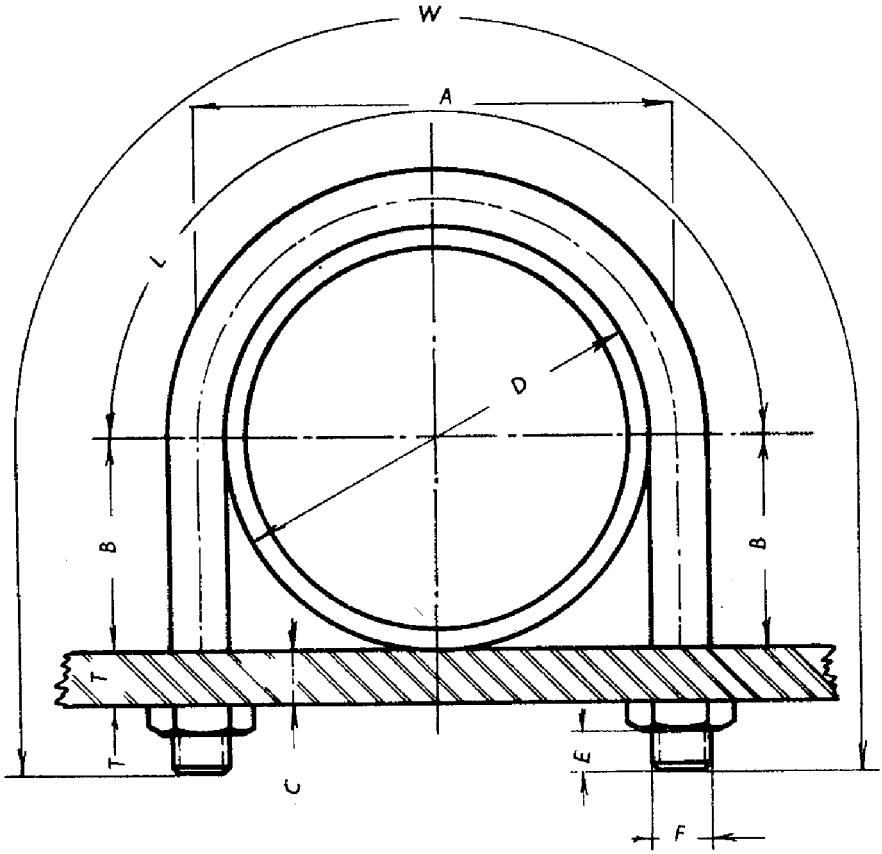


FIGURA 29
Valores para las fórmulas de pernos en U.

L = 1,571 × 7,25 = 11,389 pulgadas u 11 3/8 pulgadas;
T = 1/4 pulgadas;
W = 6 5/8 pulgadas + 1 1/4 pulgadas + 3/4 pulgadas + + 11 3/8 pulgadas + 1/2 pulgadas = 20 1/2 pulgadas.

Cortar la varilla de 20 1/2 pulgadas de largo.

2
CALCULO PARA EL MONTAJE DE TUBERIAS

CALCULO DE DESCENTROS CON CODOS ROSCADOS A 45°

Cuando se conoce el recorrido o la altura de un descentro de 45°, los demás factores se pueden encontrar mediante el uso de la tabla 8.

Ejemplo:

Hallar la longitud del recorrido de un descentro de 45° con una altura de 4 pies y 8 3/4 pulgadas.

1. Convertir la dimensión de la altura en pulgadas: 4 pies y 8 3/4 pulgadas = 56 3/4 pulgadas.

2. Hallar 56 3/4 pulgadas en la tabla 8 debajo del encabezamiento «Altura» y obtener el recorrido, 80,244 pulgadas, en la columna a la derecha.

3. Consultar el gráfico de equivalentes decimales (página 187), donde se cambia el decimal por una fracción: 0,244 = 1/4 de pulgada. Entonces, el recorrido es 80 1/4 pulgadas o 6 pies y 8 1/4 pulgadas de centro a centro.

Para encontrar la altura cuando el recorrido es conocido, invertimos el procedimiento anterior.

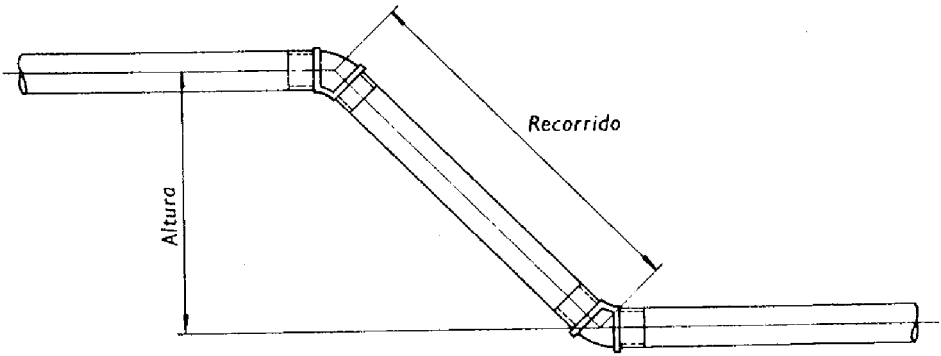


FIGURA 30
Descentro de tubería.

TABLA 8
Relaciones del recorrido y la altura en pulgadas para descentros de 45°

Altura	Recorrido	Altura	Recorrido	Altura	Recorrido
2	2,828	3/4	18,028	1/2	33,229
1/4	3,181	13	18,382	3/4	33,582
1/2	3,531	1/4	18,735	24	33,936
3/4	3,888	1/2	19,089	1/4	34,289
3	4,242	3/4	19,442	1/2	34,643
1/4	4,575	14	19,796	3/4	34,996
1/2	4,949	1/4	20,149	25	35,350
3/4	5,302	1/2	20,503	1/4	35,703
4	5,656	3/4	20,856	1/2	36,057
1/4	6,009	15	21,210	3/4	36,410
1/2	6,363	1/4	21,563	26	36,764
3/4	6,716	1/2	21,917	1/4	37,117
5	7,070	3/4	22,270	1/2	37,471
1/4	7,423	16	22,624	3/4	37,824
1/2	7,777	1/4	22,977	27	38,178
3/4	8,130	1/2	23,331	1/4	38,531
6	8,484	3/4	23,684	1/2	38,885
1/4	8,837	17	24,038	3/4	39,238
1/2	9,191	1/4	24,391	28	39,592
3/4	9,544	1/2	24,745	1/4	39,945
7	9,898	3/4	25,098	1/2	40,299
1/4	10,251	18	25,452	3/4	40,652
1/2	10,605	1/4	25,805	29	41,006
3/4	10,958	1/2	26,159	1/4	41,359
8	11,312	3/4	26,512	1/2	41,713
1/4	11,665	19	26,866	3/4	42,066
1/2	12,019	1/4	27,219	30	42,420
3/4	12,372	1/2	27,573	1/4	42,773
9	12,726	3/4	27,926	1/2	43,127
1/4	13,079	20	28,280	3/4	43,480
1/2	13,433	1/4	28,635	31	43,834
3/4	13,786	1/2	28,987	1/4	44,187
10	14,140	3/4	29,340	1/2	44,541
1/4	14,493	21	29,694	3/4	44,894
1/2	14,847	1/4	30,047	32	45,248
3/4	15,200	1/2	30,401	1/4	45,601
11	15,554	3/4	30,754	1/2	45,955
1/4	15,907	22	31,108	3/4	46,308
1/2	16,261	1/4	31,461	33	46,662
3/4	16,614	1/2	31,815	1/4	47,015
12	16,968	3/4	32,168	1/2	47,369
1/4	17,321	23	32,522	3/4	47,722
1/2	17,675	1/4	32,875	34	48,076

TABLA 8 *(Continuación)*

Relaciones del recorrido y la altura en pulgadas para descentros de 45º

Altura	Recorrido	Altura	Recorrido	Altura	Recorrido
1/4	48,429	45	63,630	3/4	78,830
1/2	48,783	1/4	63,983	56	79,184
3/4	49,136	1/2	64,337	1/4	79,537
35	49,490	3/4	64,690	1/2	79,891
1/4	49,843	46	65,044	3/4	80,244
1/2	50,197	1/4	65,397	57	80,598
3/4	50,550	1/2	65,751	1/4	80,951
36	50,904	3/4	66,104	1/2	81,305
1/4	51,257	47	66,458	3/4	81,658
1/2	51,611	1/4	66,811	58	82,012
3/4	51,964	1/2	67,165	1/4	82,365
37	52,318	3/4	67,518	1/2	82,719
1/4	52,671	48	67,872	3/4	83,072
1/2	53,025	1/4	68,225	59	83,426
3/4	53,378	1/2	68,579	1/4	83,779
38	53,732	3/4	68,932	1/2	84,133
1/4	54,085	49	69,286	3/4	84,486
1/2	54,439	1/4	69,639	60	84,840
3/4	54,792	1/2	69,993	1/4	85,193
39	55,146	3/4	70,346	1/2	85,547
1/4	55,499	50	70,700	3/4	85,900
1/2	55,853	1/4	71,053	61	86,254
3/4	56,206	1/2	71,407	1/4	86,607
40	56,560	3/4	71,760	1/2	86,961
1/4	56,913	51	72,114	3/4	87,314
1/2	57,267	1/4	72,467	62	87,668
3/4	57,620	1/2	72,821	1/4	88,021
41	57,974	3/4	73,174	1/2	88,375
1/4	58,327	52	73,528	3/4	88,728
1/2	58,681	1/4	73,881	63	89,082
3/4	59,034	1/2	74,235	1/4	89,435
42	59,388	3/4	74,588	1/2	89,789
1/4	59,741	53	74,942	3/4	90,142
1/2	60,095	1/4	75,295	64	90,496
3/4	60,448	1/2	75,649	1/4	90,849
43	60,802	3/4	76,002	1/2	91,203
1/4	61,155	54	76,356	3/4	91,556
1/2	61,509	1/4	76,709	65	91,910
3/4	61,862	1/2	77,063	1/4	92,263
44	62,216	3/4	77,416	1/2	92,617
1/4	62,569	55	77,770	3/4	92,970
1/2	62,923	1/4	78,123	66	93,324
3/4	63,276	1/2	78,477	1/4	93,677

TABLA 8 *(Continuación)*

Relaciones del recorrido y la altura en pulgadas para descentros de 45°

Altura	Recorrido	Altura	Recorrido	Altura	Recorrido
1/2	94,031	3/4	102,868	97	137,158
3/4	94,384	73	103,222	98	138,572
67	94,738	74	104,636	99	139,986
1/4	95,091	75	106,050	100	141,400
1/2	95,445	76	107,464	101	142,814
3/4	95,798	77	108,878	102	144,228
68	96,152	78	110,292	103	145,672
1/4	96,505	79	111,706	104	147,056
1/2	96,859	80	113,120	105	148,470
3/4	97,212	81	114,534	106	149,884
69	97,566	82	115,948	107	151,298
1/4	97,919	83	117,363	108	152,712
1/2	98,273	84	118,776	109	154,126
3/4	98,626	85	120,190	110	155,540
70	98,980	86	121,604	111	156,954
1/4	99,333	87	123,018	112	158,368
1/2	99,687	88	124,432	113	159,782
3/4	100,040	89	125,846	114	161,196
71	100,394	90	127,260	115	162,610
1/4	100,747	91	128,674	116	164,024
1/2	101,101	92	130,088	117	165,438
3/4	101,454	93	131,502	118	166,852
72	101,808	94	132,916	119	168,266
1/4	102,165	95	134,330	120	169,680
1/2	102,515	96	135,744		

DESCENTROS SIMPLES

Todos los descentros de tuberías están basados en triángulos rectángulos. El ángulo de montaje es el número de grados que representa el cambio de dirección de la tubería. La figura 31 muestra un descentro de 22 1/2°. La tubería cambia de dirección 22 1/2° y los accesorios en *A* y *B* son eles de 22 1/2.

Los descentros simples se pueden calcular mediante el uso de la tabla 9.

TABLA 9

Coeficientes para calcular descentros simples

Para encontrar el lado	Cuando el lado conocido es	Multiplicar el lado	Para eles de 60° por	Para eles de 45° por	Para eles de 30° por	Para eles de 22 1/2° por	Para eles de 11 1/4° por	Para eles de 5 5/8° por
R	*A*	*A*	1,155	1,414	2,000	2,613	5,125	10,187
A	*R*	*R*	0,866	0,707	0,500	0,383	0,195	0,098
T	*A*	*A*	0,577	1,000	1,732	2,414	5,027	10,158
A	*T*	*T*	1,732	1,000	0,577	0,414	0,198	0,098
R	*T*	*T*	2,000	1,414	1,155	1,082	1,019	1,004
T	*R*	*R*	0,500	0,707	0,866	0,924	0,980	0,995

A = altura; *T* = tramo; *R* = recorrido.

Uso de la tabla:

Encontrar el lado del triángulo que es necesario en la primera columna. Encontrar el lado conocido en la segunda columna. Continuar a través de esa fila hasta la columna encabezada con el ángulo de montaje que se va a usar y

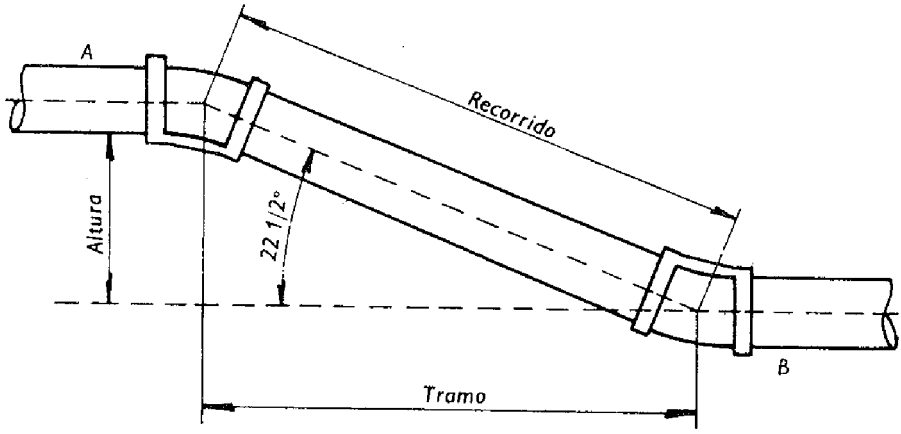


FIGURA 31

Descentro con codos roscados.

leer la constante. Multiplicar la constante por el lado conocido y la respuesta será la longitud del lado necesario.

Ejemplo:

¿Cuál es la longitud del lado R para un descentro de 30° si el lado A tiene 15 pulgadas?

1. El lado necesario R, y el lado conocido A, se encuentran en la primera fila de la primera y segunda columnas.
2. Continuando a través de la misma fila hasta la columna para ele de 30°, la constante que se encuentra es 2.
3. Multiplicando la constante 2 por 15 (lado conocido A), el lado R que se encuentra tiene 30 pulgadas de centro a centro.

DESCENTROS DE IGUAL DISTANCIA ENTRE EJES

Descentro de dos tubos de 22 1/2° de igual distancia entre ejes

Nota. Se van a usar codos de 22 1/2°.

Fórmulas:

D_e = distancia entre ejes;
A = altura;
$R = A \times 2{,}613$;
$T = A \times 2{,}414$;
$F = D_e \times 0{,}1989$;
$D = R$;
R y D son de la misma longitud.

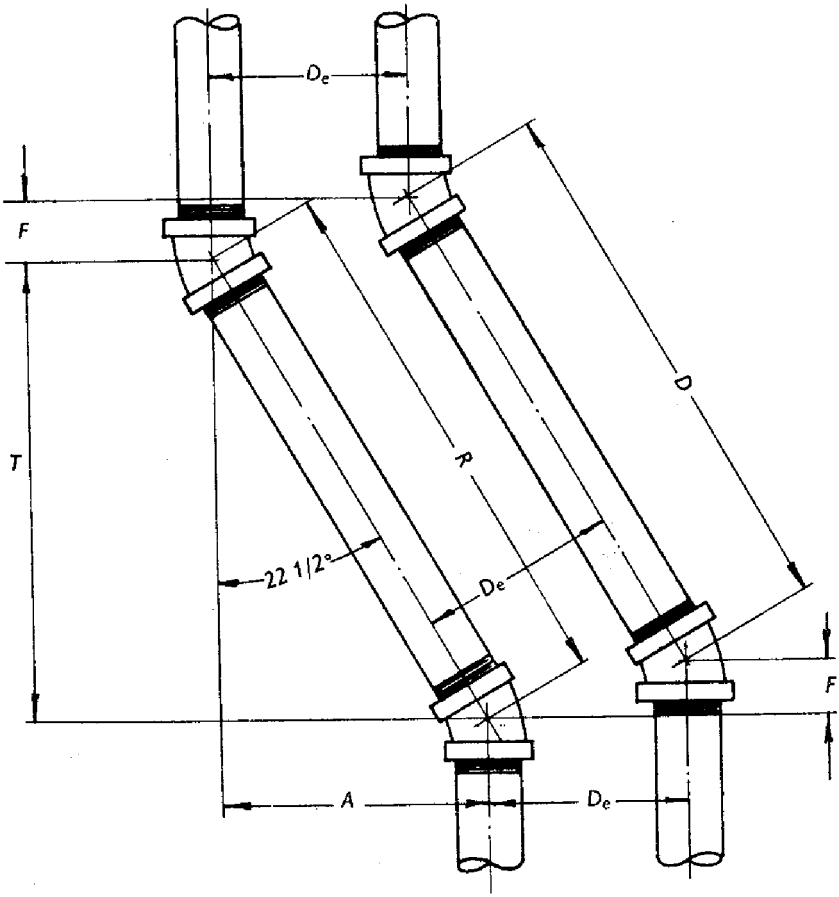


FIGURA 32
Descentro de dos tubos de 22 1/2° de igual distancia entre ejes.

Descentro de dos tubos de 30° de igual distancia entre ejes

Nota. Se van a usar codos de 30°.

Fórmulas:

D_e = distancia entre ejes;
A = altura;

$R = A \times 2{,}000;$
$T = A \times 1{,}732;$
$F = D_e \times 0{,}2679;$
$D = R;$

R y D son de la misma longitud.

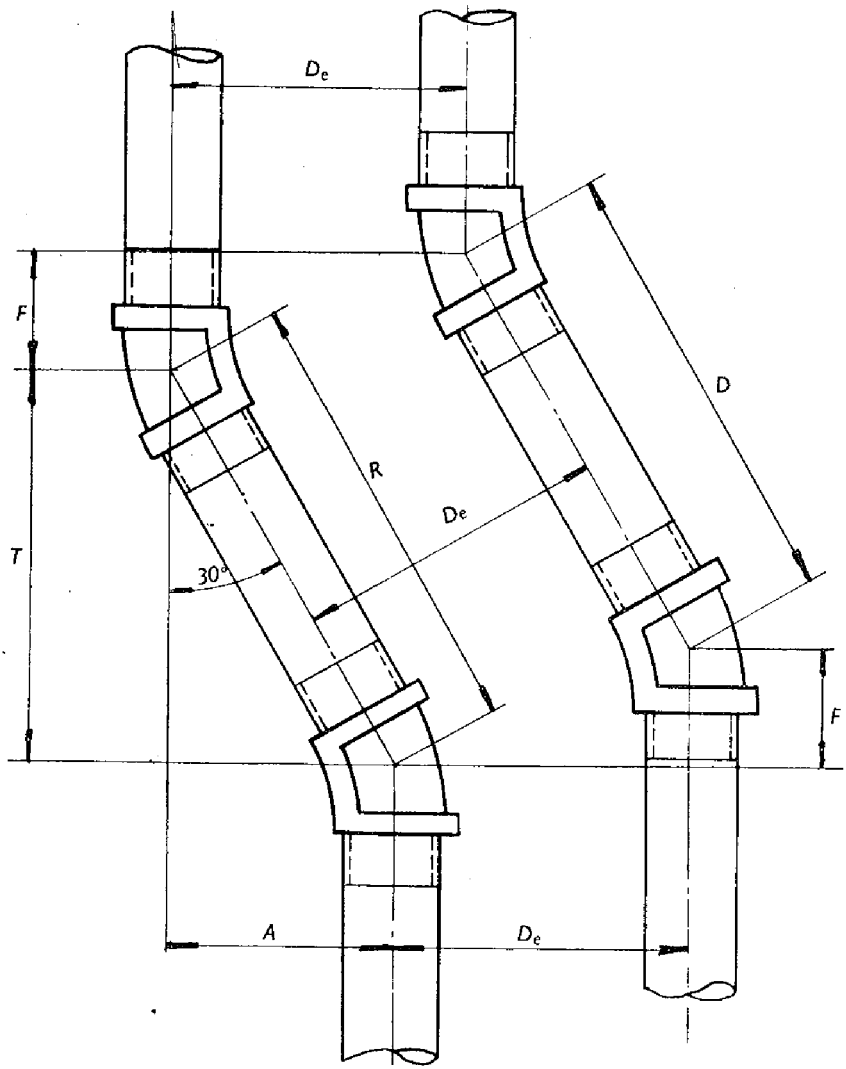


FIGURA 33
Descentro de dos tubos de 30° de igual distancia entre ejes.

Descentro de dos tubos de 45° de igual distancia entre ejes

Nota. Se van a usar codos de 45°.

Fórmulas:

D_e = distancia entre ejes;
A = altura;
$R = A \times 1{,}414$;
$T = A \times 1{,}000$;
$F = D_e \times 0{,}4142$;
$D = R$;

R y D son de la misma longitud.

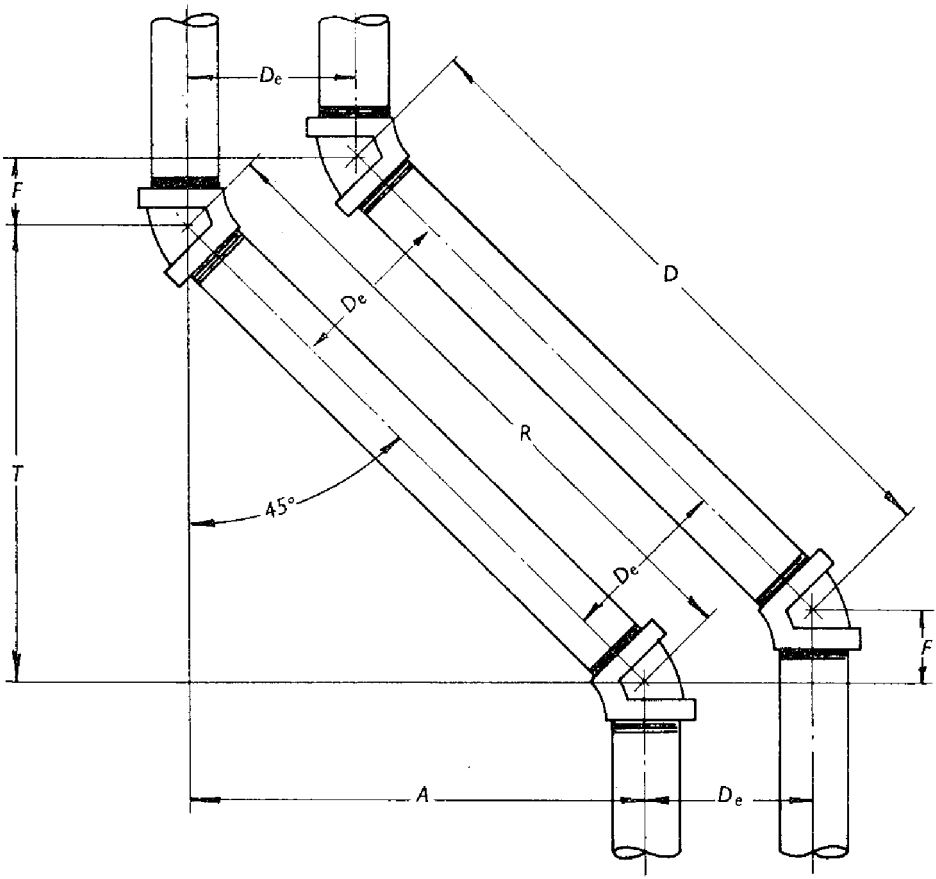


FIGURA 34
Descentro de dos tubos de 45° de igual distancia entre ejes.

Descentro de dos tubos de 60° de igual distancia entre ejes

Nota. Se van a usar codos de 60°.

Fórmulas:

D_e = distancia entre ejes;
A = altura;
$R = A \times 1{,}155$;
$T = A \times 0{,}5773$;
$F = D_e \times 0{,}5773$;
$D = R$;
R y D son de la misma longitud.

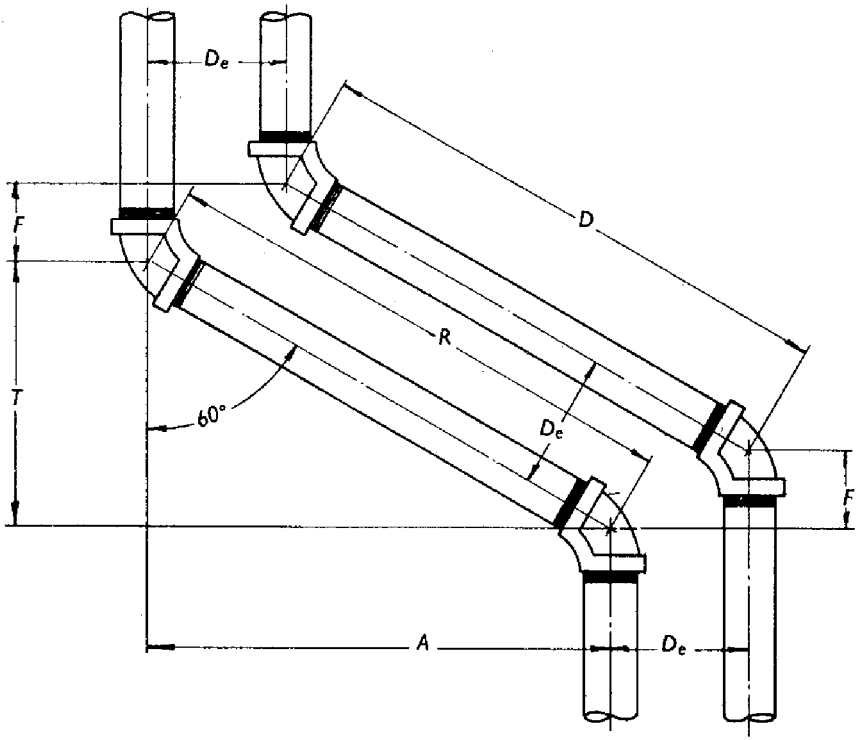


FIGURA 35
Descentro de dos tubos de 60° de igual distancia entre ejes.

INCLINACIONES DE TUBERIAS ALREDEDOR DE OBSTRUCCIONES

Punto inicial de un descentro de 45° alrededor de una obstrucción cuadrada

Al desviar una tubería alrededor de una obstrucción cuadrada, debemos determinar un punto inicial para el

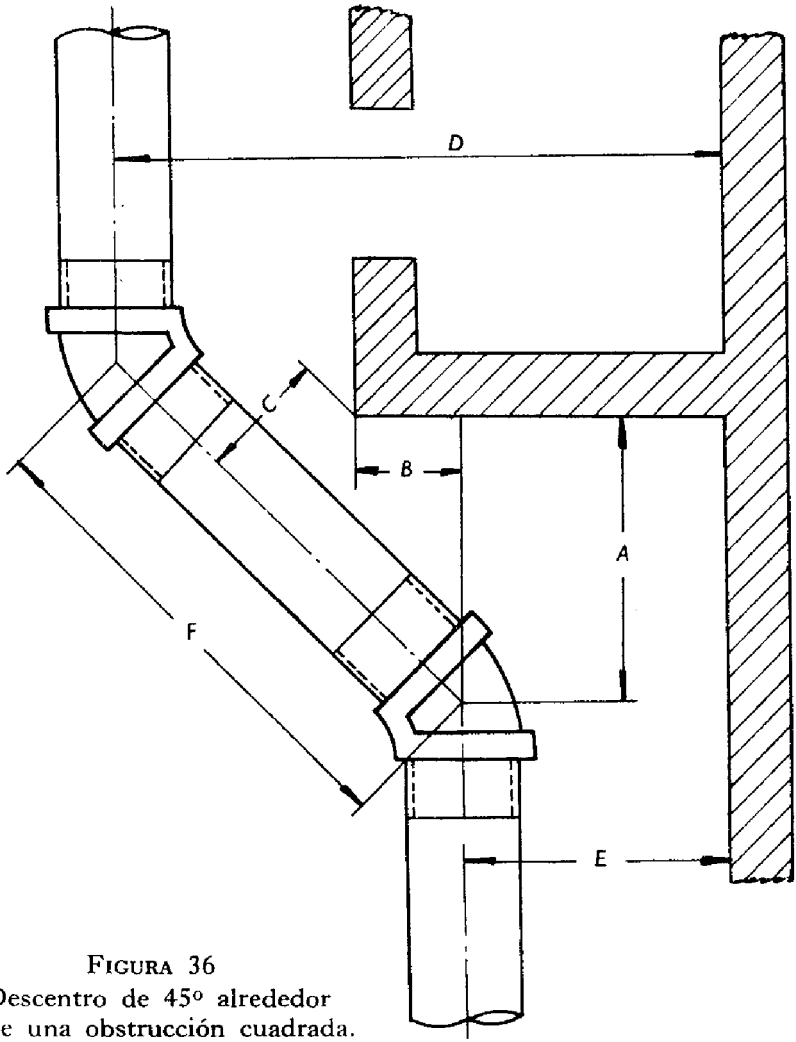


FIGURA 36
Descentro de 45° alrededor de una obstrucción cuadrada.

descentro. El punto inicial se puede encontrar por medio de la fórmula siguiente:

Fórmula:

A = distancia de la pared al punto inicial del descentro;
B = distancia de la esquina al eje del tramo;
C = distancia de la esquina al centro de la tubería;
$A = B + (C \times 1{,}414)$.

Ejemplo:

Hallar la distancia A si B es 12 pulgadas y C, 6 pulgadas.
$A = B + (C \times 1{,}414)$.
$A = 12 + (6 \times 1{,}414) = 12 + 8\ 1/2 = 20\ 1/2$ pulgadas. Por lo tanto, el centro de la ele de 45° está a 20 1/2 pulgadas de la pared.

Nota. $F = (D - E) \times 1{,}414$.

Punto inicial de un descentro de 45° alrededor de un tanque

Fórmulas:

A = distancia del centro del tanque al centro de la tubería;
B = distancia del lado del tanque al centro de la tubería;
C = 1/2 del diámetro del tanque;
D = distancia del eje del tanque al punto inicial del descentro;
$A = B + C$;
$D = A \times 0{,}4142$.

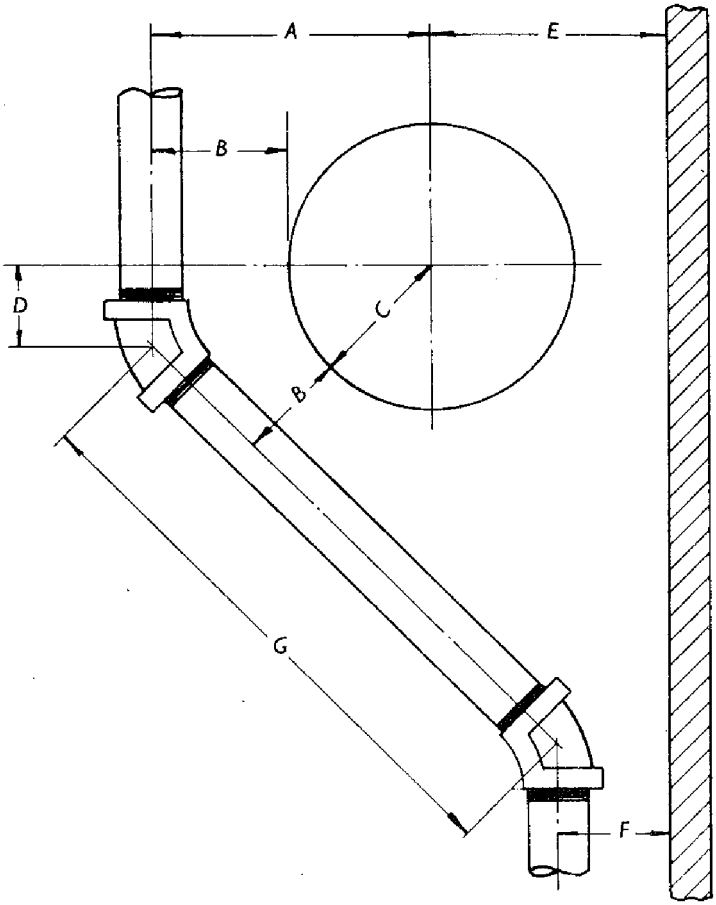


FIGURA 37
Descentro de 45° alrededor de un tanque.

Ejemplo:

Encontrar D si C tiene 18 pulgadas y B tiene 8 pulgadas.
$A = B + C = 8 + 18 = 26$ pulgadas.
$D = A \times 0{,}4142 = 26 \times 0{,}4142 = 10\ 3/4$ pulgadas.
Desde aquí el centro del codo de 45° está a 10 3/4 pulgadas del eje del tanque.

Nota. $G = A + E - F \times 1{,}414$.

Descentro de tres tubos de 45° de igual distancia entre ejes alrededor de un tanque

Dimensiones para el esquema de la figura 38:

A = diámetro de tanque + 3 + 5 = 18 + 3 + 5 = = 26 pulgadas;

B radio del tanque 5 0,4142 = 9 5 × 0,4142 = 5,798 ó 5 3/4 pulgadas;

C = A − 6 × 1,414 = 26 − 6 = 20 × 1,414 = 28,28 ó 28 1/4 pulgadas;

D = A + 9 − 15 × 1,414 = 20 × 1,414 = 28,28 ó 28 1/4 pulgadas;

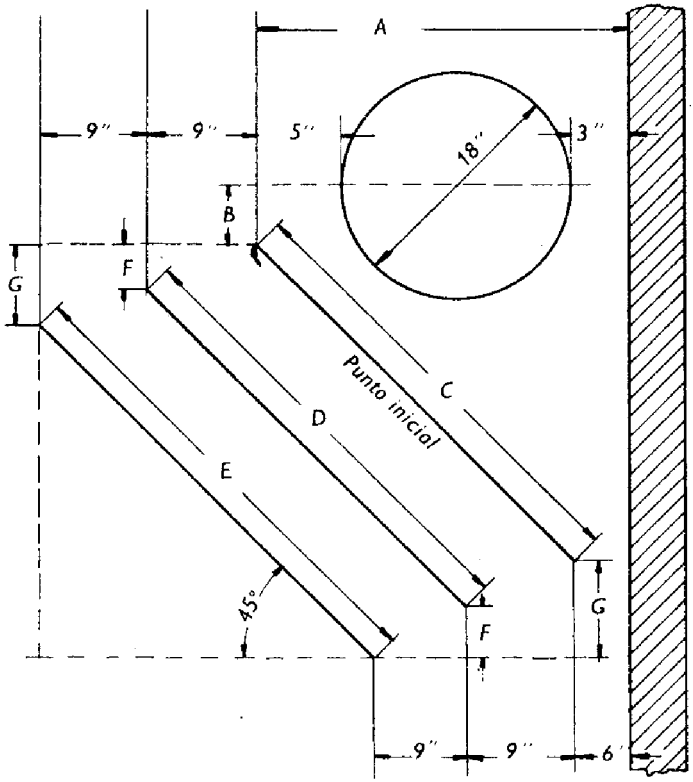


FIGURA 38

Descentro de tres tubos de 45° de igual distancia entre ejes alrededor de un tanque.

$E = A + 9 + 9 - 24 \times 1{,}414 = 20 \times 1{,}414 = 28{,}28$ ó 28 1/4 pulgadas;
$F = 9 \times 0{,}4142 = 3{,}727$ ó 3 3/4 pulgadas;
$G = 9 + 9 \times 0{,}4142 = 7{,}455$ ó 7 1/2 pulgadas.

Nota. Las tuberías *C*, *D* y *E* son de la misma longitud en un problema de este tipo.

Descentro de dos tubos de 45° de igual distancia entre ejes

Dimensiones para el esquema de la figura 39:

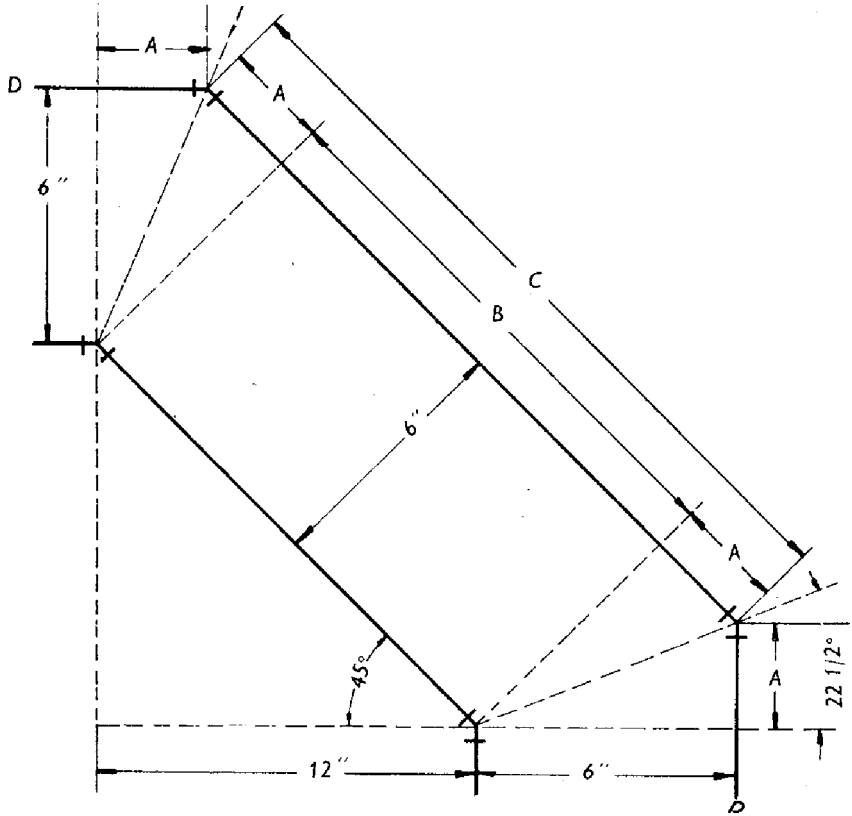


FIGURA 39
Descentro de dos tubos de 45° de igual distancia entre ejes.

Nota. En el esquema se usan codos de 45º.

$A = 6 \times 0{,}4142 = 2{,}485$ ó 2 1/2 pulgadas;
$B = 12 \times 1{,}414 = 16{,}968$ ó 17 pulgadas;
$C = A + A + B = 2\ 1/2 + 2\ 1/2 + 17 = 22$ pulgadas.

Nota. La tubería D es siempre 0,41 veces la distancia entre ejes, mayor que la otra tubería cuando las distancias entre ejes son las mismas.

Descentro de tres tubos de igual distancia entre ejes alrededor de una obstrucción cuadrada

Ejemplo:

La figura 40 muestra un descentro de tres tubos de 45º de igual distancia entre ejes. La línea exterior es de 8 pulgadas a partir de la pared y 5 pulgadas partiendo de la esquina. Las distancias entre ejes van a ser de 9 pulgadas. Encontrar las longitudes de las piezas C, D y E.

$A = 9 \times 0{,}4142 = 3{,}727$ ó 3 3/4 pulgadas;
$B = A + A = 3\ 3/4 + 3\ 3/4 = 7\ 1/2$ pulgadas;
$C = 12 \times 1{,}414 = 16{,}968$ ó 17 pulgadas;
$E = 12 + 9 + 9 - B \times 1{,}414 = 30 - 7\ 1/2 \times 1{,}414 =$
$= 31{,}815$ ó 31 3/4 pulgadas;
$D = 12 + 9 - A \times 1{,}414 = 21 - 3\ 3/4 \times 1{,}414 =$
$= 24{,}391$ ó 24 3/8 pulgadas;
$F = 16 - 8 = 8$ pulgadas;
$G = H \times 1{,}414 + F = 5 \times 1{,}414 + 8 = 7 + 8 =$
$= 15$ pulgadas.

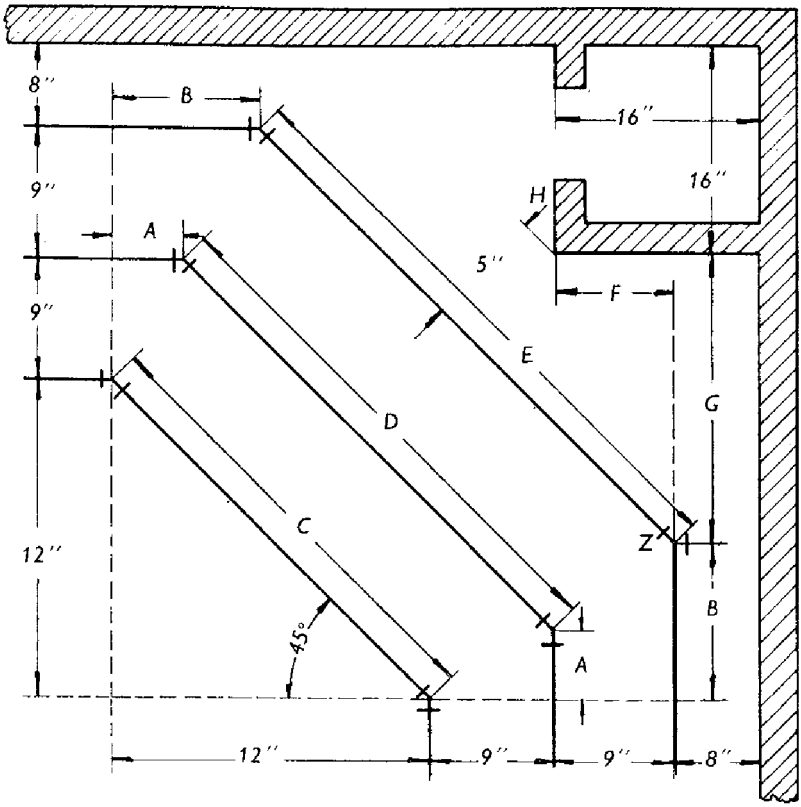


FIGURA 40

Descentro de tres tubos de igual distancia entre ejes alrededor de una obstrucción cuadrada.

Descentros de 45° de desigual distancia entre ejes

Para los valores en las fórmulas siguientes, ver figura 41.

Fórmulas:

A = distancia entre ejes número 1;
B = distancia entre ejes número 2;
C = distancia entre ejes número 3;
D = distancia entre ejes número 4;

$$E = A \times 1{,}414;$$
$$F = E - C;$$
$$G = F \times 1{,}414;$$
$$H = A - G;$$
$$J = B + 1{,}414;$$
$$K = D - J;$$
$$L = K \times 1{,}414;$$
$$M = L + B + H.$$

Ejemplo:

Encontrar las longitudes de H y M para una inclinación de 45° de desigual distancia entre ejes, cuando $A = 9$ pulgadas, $B = 8$, $C = 10$ y $D = 15$.

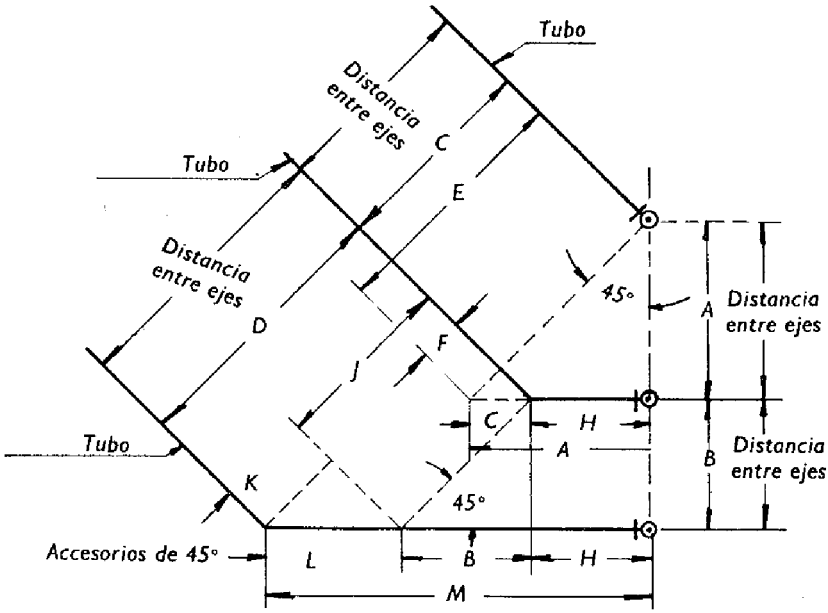


FIGURA 41
Descentro de 45° con desigual distancia entre ejes.

A = 9 pulgadas;
B = 8 pulgadas;
C = 10 pulgadas;
D = 15 pulgadas;
E = 9 × 1,414 = 12,726 pulgadas;
F = 12,726 − 10 = 2,726 pulgadas;
G = 2,726 × 1,414 = 3,854 pulgadas;
H = 9 − 3,854 = 5,146 pulgadas o 5 1/8 pulgadas;
J = 8 × 1,414 = 11,312 pulgadas;
K = 15 − 11,312 = 3,688 pulgadas;
L = 3,688 × 1,414 = 5,214 pulgadas;
M = 5,214 + 8 + 5,146 = 18,360 pulgadas ó 18 3/8 pulgadas.

Desviación de una tubería alrededor de un tanque en una esquina, usando codos de 45°

Dimensiones para trazar en la figura 42:

Nota. La tubería está a 12 pulgadas del tanque.

A = 40 − 12 = 28 × 1,414 = 39,59 pulgadas;
B = distancia del centro del tanque a la tubería = 18 + + 12 = 30 pulgadas;
C = distancia del centro del tanque a la tubería = 18 + + 12 = 30 pulgadas;
D = 40 − 12 = 28 × 1,414 = 39,59 pulgadas;
E = $A + B + C + D$ = 39,59 + 30 + 30 + 39,59 = = 139,18 u 11 pies y 7 3/16 pulgadas;
F = E × 0,707 + 12 = 139,18 × 0,707 + 12 = 110,40 ó 9 pies y 2 3/8 pulgadas.

Nota. Todos los problemas de este tipo se pueden resolver de la misma manera.

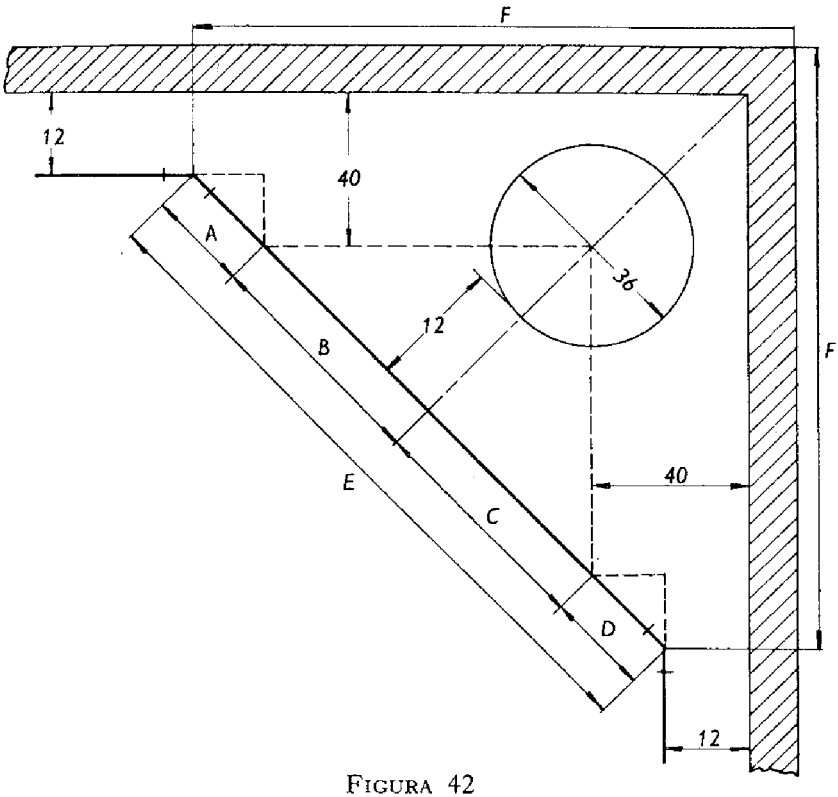


FIGURA 42

Descentro de tubería alrededor de un tanque en una esquina con codos de 45°.

INCLINACIONES ESPECIALES

Ejemplo:

Encontrar la longitud de A y B para el trazado que se muestra en la figura 43. Los codos que se van a usar son de 45°.

$A = C \div 2{,}414;$
$A = 72 \div 2{,}414 = 29{,}82$ pulgadas ó 29 13/16 pulgadas;
$B = 10$ pies $- (A \times 0{,}707);$
$B = 120$ pulgadas $- (29{,}82 \times 0{,}707) = 120 - 21{,}083 =$
$= 98{,}917$ pulgadas ó 98 15/16 pulgadas.

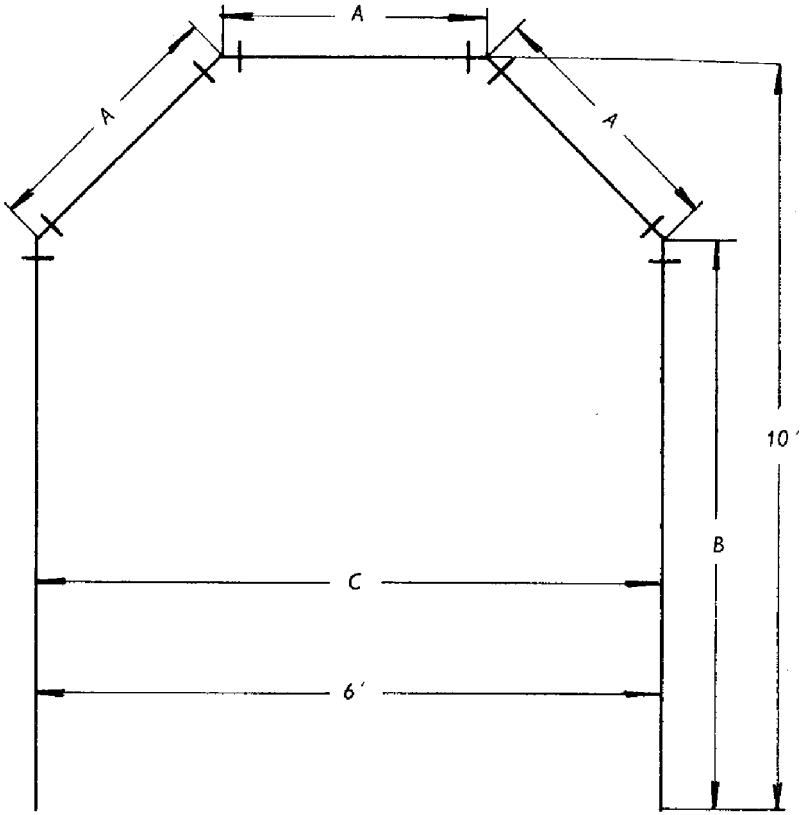


FIGURA 43
Descentro especial.

SERPENTINES DE TANQUES

Fórmula:

A = diámetro ÷ 2;
R = A − B;
L = R × constante.

TABLA 10

Tabla de constantes

Angulo de montaje	Número de tubos por serpentín	Constantes
90°	4	1,4142
60°	6	1,0000
45°	8	0,7653
30°	12	0,5176
22 1/2°	16	0,3902
11 1/4°	32	0,1960
5 5/8°	64	0,0981

Ejemplo:

El diámetro de un tanque es de 72 pulgadas y la distancia B es 12 pulgadas. Si se van a usar codos de 45° para el serpentín del tanque, ¿de qué longitud debe ser la tubería?

A = diámetro ÷ 2;
$A = 72 \div 2 = 36$;
$R = A - B$;
$R = 36 - 12 = 24$;
$L = R \times$ constante;
$L = 24 \times 0{,}7653 = 18\ 3/8$ pulgadas (longitud de cada tramo de tubería, de centro a centro).

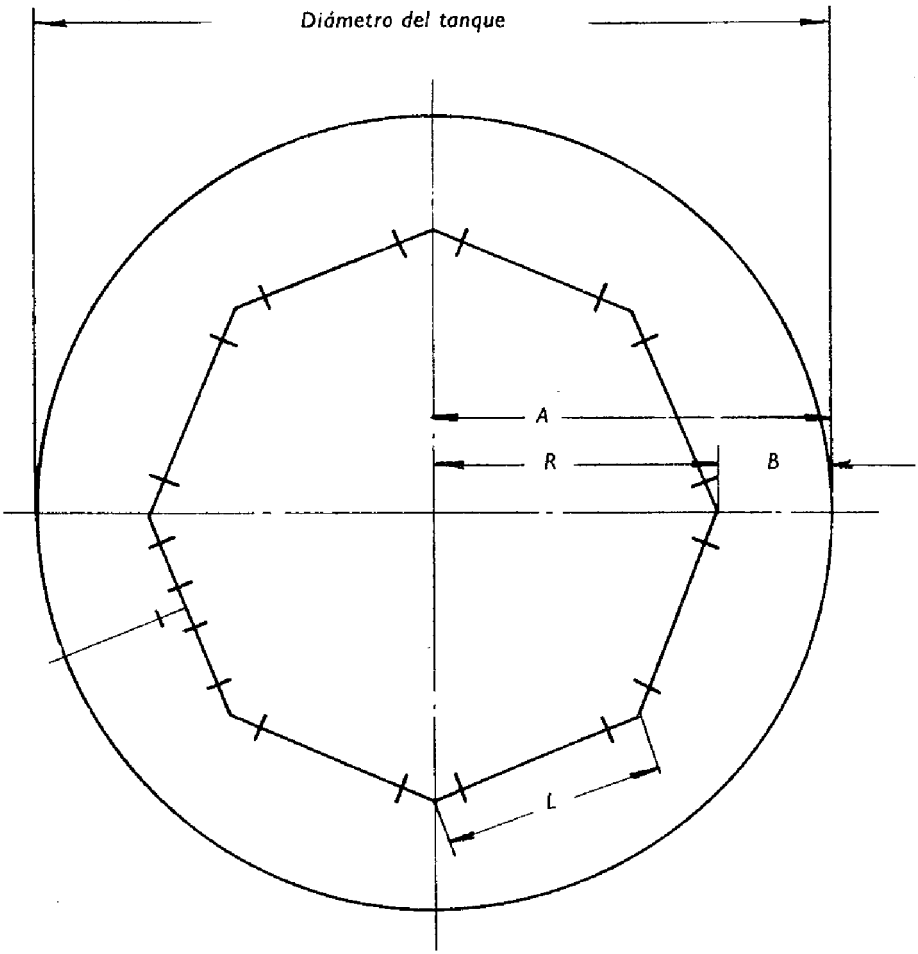


FIGURA 44
Serpentín de tanque.

DESCENTRO DESPLAZADO

Modo de hallar el tramo y el recorrido de un descentro desplazado

Fórmula:

$$A = \sqrt{\text{desviación}^2 + \text{altura}^2};$$

recorrido = $A \times$ cosecante del ángulo de montaje (ver tabla trigonométrica);

tramo = $A \times$ cotangente del ángulo de montaje (ver tabla trigonométrica).

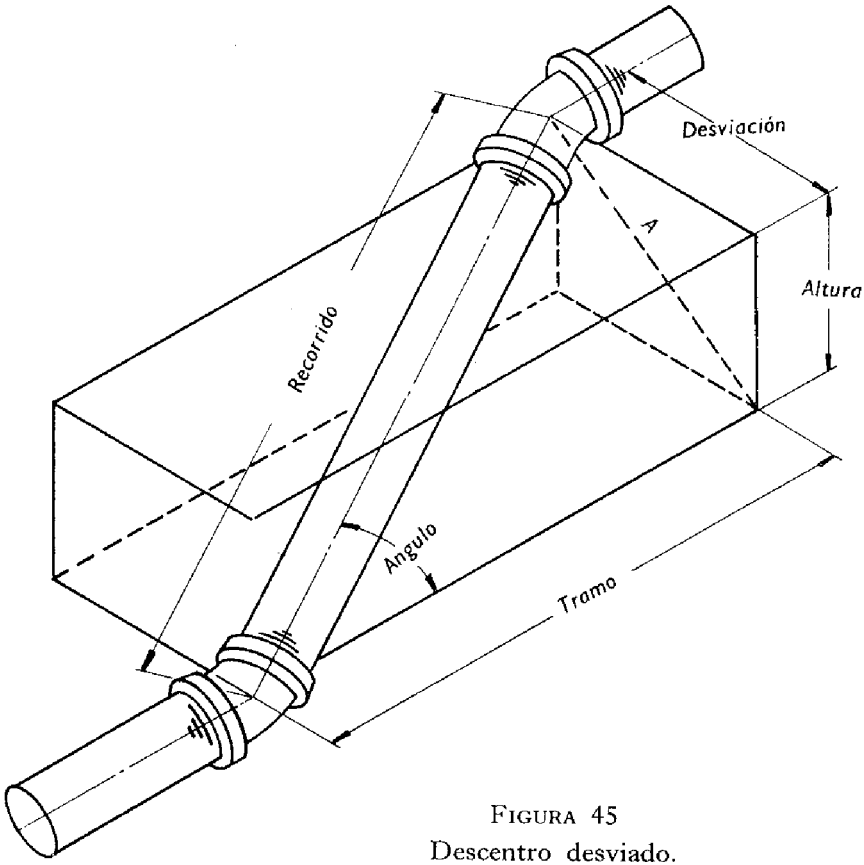


FIGURA 45
Descentro desviado.

Ejemplo:

La desviación de un descentro de 45° es de 8 pulgadas y la altura 15 pulgadas. Encontrar la longitud del recorrido y del tramo.

$$A = \sqrt{\text{desviación}^2 + \text{altura}^2};$$
$$A = \sqrt{8^2 + 15^2} = \sqrt{289} = 17 \text{ pulgadas};$$

recorrido = $A \times$ cosecante del ángulo de montaje;

recorrido = $17 \times 1{,}414 = 24\ 1/32$ pulgadas de centro a centro;

tramo = $A \times$ cotangente del ángulo de montaje;

tramo = $17 \times 1{,}000 = 17$ pulgadas, de centro a centro.

Método simplificado para calcular un descentro desplazado

Usar una escuadra de acero, la esquina de un banco, la esquina de una habitación, o cualquier cosa que forme un ángulo de 90°.

Trazar la desviación en un lado de la escuadra y la altura en el otro lado. Entonces, medir a través de estos dos puntos con una regla y multiplicar la medición por la constante para el ángulo de montaje requerido.

TABLA 11

Constantes para ángulos comunes

Angulo	Constante
5 5/8°	10,207
11 1/4°	5,125
22 1/2°	2,613
30°	2,000
45°	1,414
60°	1,154

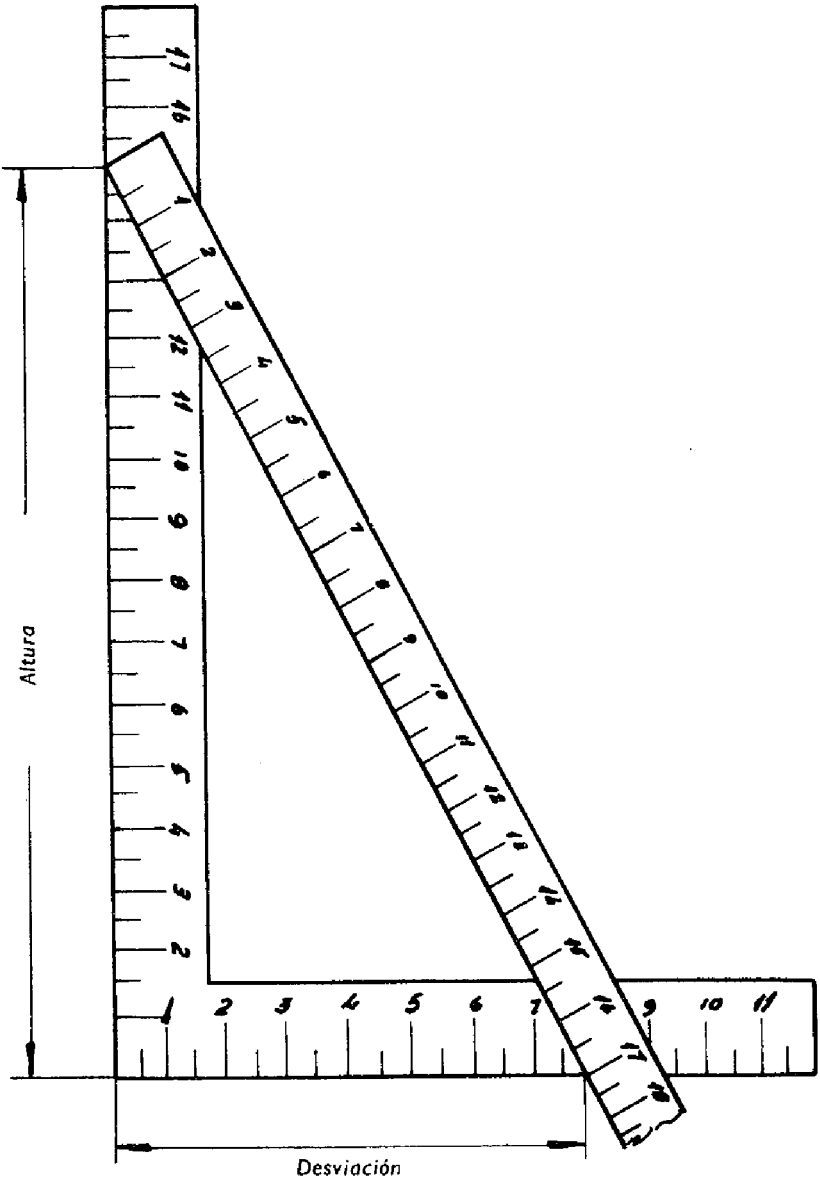


FIGURA 46
Trazando un descentro desplazado con una escuadra de acero.

Ejemplo:

Trazar un descentro de 45º que tiene una altura de 15 pulgadas y una desviación de 8 pulgadas.

Proyectamos 15 pulgadas en un lado de la escuadra y 8 pulgadas en el otro lado.

Medir la distancia entre los puntos señalados. Multiplicar esta distancia, 17 pulgadas, por la constante 1,414 y obtener 24 1/32 pulgadas, la longitud de la tubería de centro a centro.

CARLOS ARRIAGA HORNA
Jr. Cajacay Nº 675
Los Olivos
Telf.: 485-7481

3
TRAZADO PARA LA SOLDADURA DE TUBERIAS

GENERALIDADES

El propósito de esta sección es simplificar los trazados de tuberías. Los procedimientos para trazar se presentan sin plantillas y los accesorios se hacen de la misma tubería. El equipo para trazar incluye solamente una escuadra, un nivel, una cinta trazadora (faja), una tira de papel y un pedazo de jabón de sastre o yeso. Por supuesto, se requiere exactitud cuando se emplean los métodos explicados en la sección.

CINTA TRAZADORA (FAJA)

La cinta trazadora (faja), es una faja plana de material flexible de 1/16 a 1/8 de pulgada aproximadamente de grueso, de 3 a 4 pulgadas de ancho y 18 o más pulgadas de largo. Esta se hace de cualquier material propio para empaquetadura o de una correa de cuero. Los bordes deben ser perfectamente rectos. La longitud puede variar. Sin embargo, la faja debe ser suficiente larga para ir 1 1/2 veces alrededor de la tubería, de modo que ésta pueda ser alineada y sea posible obtener una línea recta alrededor de la tubería.

Cuando se traza una línea recta alrededor de una tubería, se coloca la faja en la tubería en el sitio de la línea central y se alinean los bordes (v. fig. 47). Entonces, con un pedazo de tiza se dibuja una línea alrededor de la tubería y se usa el borde de la faja como guía.

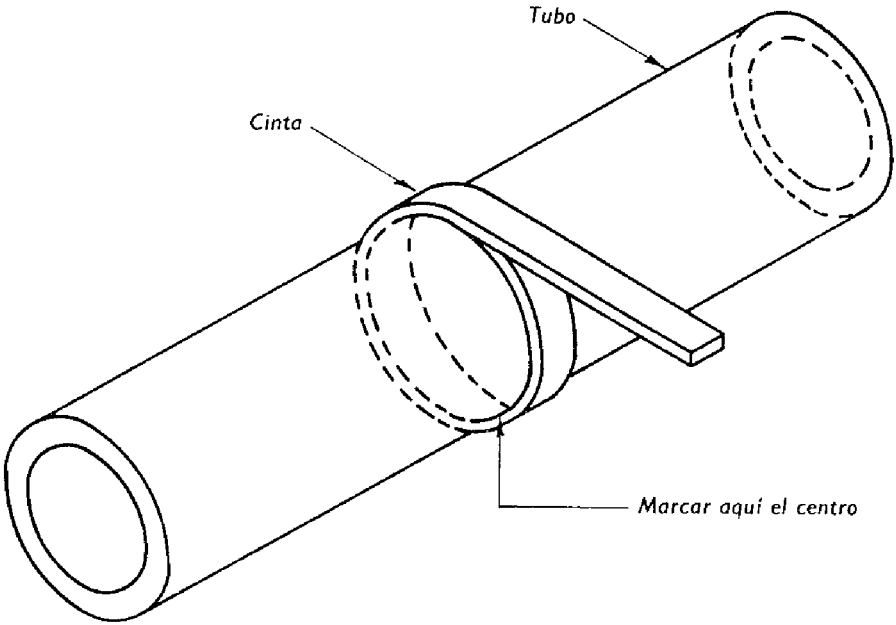


FIGURA 47
Empleo de la cinta trazadora.

DIVISION DE LA SUPERFICIE DE LA TUBERIA EN CUATRO PARTES IGUALES

Para dividir la circunferencia exterior de una tubería en cuatro partes iguales, se pasa una tira de papel alrededor de la misma y se corta la parte que sobra. Los extremos del papel se deben tocar. Se dobla el papel como se muestra en la figura 48 (*A*) y se vuelve a doblar como en la figura 48 (*B*). Este procedimiento dividirá el papel en cuatro partes. La distancia entre un extremo y un doblez y entre dobleces es igual a 1/4 de la circunferencia. Colocar el papel alrededor de la tubería y marcar la tubería con un yeso en cada doblez y donde los extremos se encuentran [v. fig. 48 (*C*)].

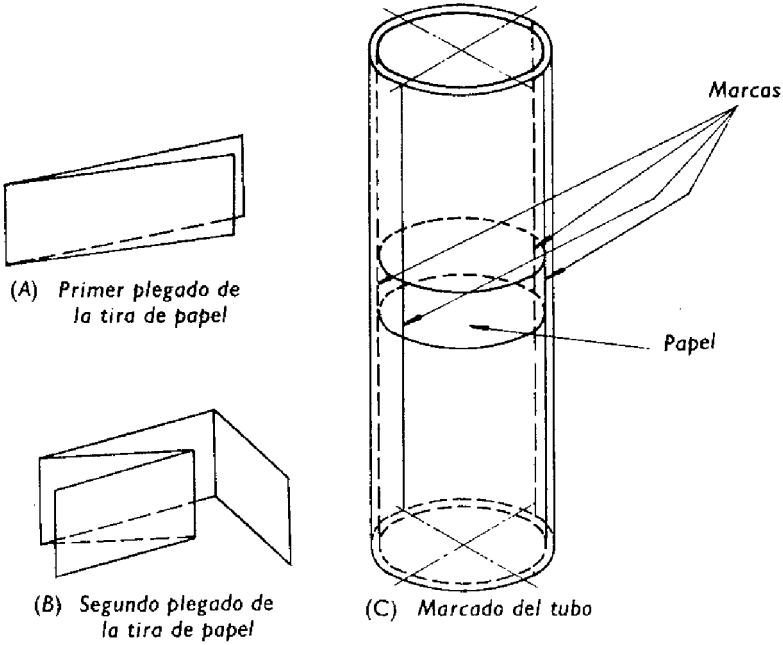


FIGURA 48
Dividiendo la superficie de la tubería en cuatro partes iguales.

VUELTAS

Fórmula para el ángulo de corte

El ángulo de corte es el ángulo en que se debe cortar la tubería para formar la vuelta necesaria. La fórmula siguiente es la que se usa para hallar el ángulo de corte de todas las escuadras que se hacen de la misma tubería.

Fórmula:

$$\text{ángulo de corte} = \frac{\text{número de grados de la escuadra}}{\text{número de soldaduras} \times 2}.$$

Ejemplo:

Encontrar el ángulo de corte para una escuadra de 90º de dos virolas (v. fig. 49).

Nota. Se requiere una soldadura para una escuadra de 90º de dos virolas.

Aplicando la fórmula anterior:

$$\text{ángulo de corte} = \frac{90}{2 \times 1} = \frac{90}{2} = 45^{\circ}.$$

Ejemplo:

Encontrar el ángulo de corte para una escuadra de 90º con cuatro virolas (v. fig. 50).

Nota. Son necesarias tres soldaduras para una escuadra de 90º con cuatro virolas.

Aplicando la fórmula anterior:

$$\text{ángulo de corte} = \frac{90}{2 \times 3} = \frac{90}{6} = 15^{\circ}.$$

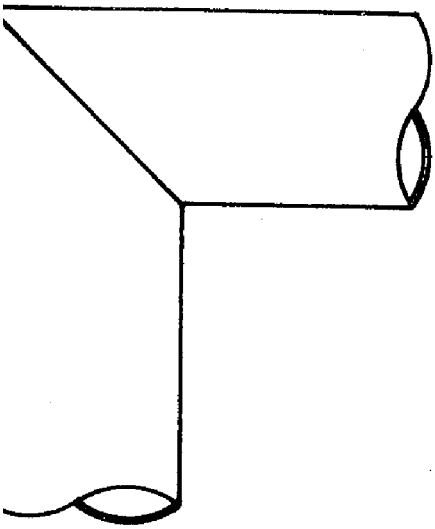


FIGURA 49
Escuadra de 90º sin virola.

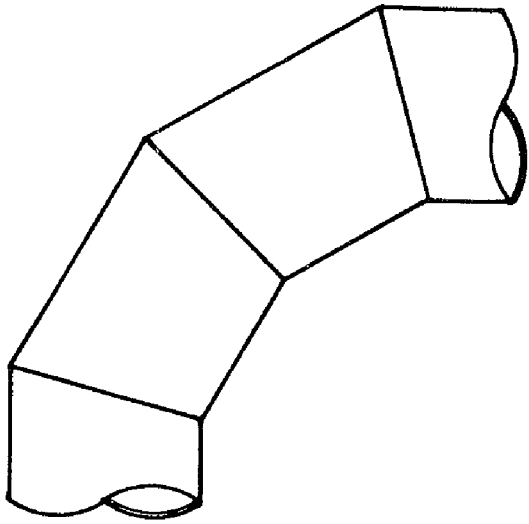


FIGURA 50
Escuadra de 90º a cortes con 4 virolas.

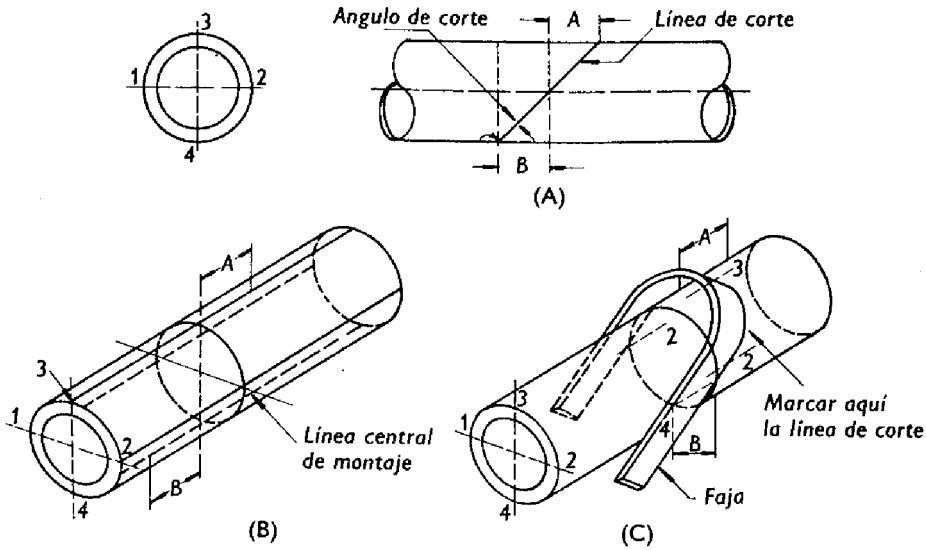


FIGURA 51

Trazando líneas de corte.

TABLA 12

Factores de ángulos de corte

Angulo de corte	Factor	Angulo de corte	Factor	Angulo de corte	Factor	Angulo de corte	Factor
5°	0,08749	15°	0,26795	25°	0,46631	35°	0,70021
5° 30′	0,09629	15° 30′	0,27732	25° 30′	0,47697	35° 30′	0,71329
6°	0,10510	16°	0,28674	26°	0,48773	36°	0,72654
6° 30′	0,11393	16° 30′	0,29621	26° 30′	0,49858	36° 30′	0,73996
7°	0,12278	17°	0,30573	27°	0,50952	37°	0,75355
7° 30′	0,13165	17° 30′	0,31530	27° 30′	0,52057	37° 30′	0,76733
8°	0,14054	18°	0,32492	28°	0,53171	38°	0,78128
8° 30′	0,14945	18° 30′	0,33459	28° 30′	0,54295	38° 30′	0,79543
9°	0,15838	19°	0,34433	29°	0,55431	39°	0,80978
9° 30′	0,16734	19° 30′	0,35412	29° 30′	0,56577	39° 30′	0,82424
10°	0,17633	20°	0,36397	30°	0,57735	40°	0,83910
10° 30′	0,18534	20° 30′	0,37388	30° 30′	0,58904	40° 30′	0,85408
11°	0,19438	21°	0,38386	31°	0,60086	41°	0,86929
11° 30′	0,20345	21° 30′	0,39391	31° 30′	0,61280	41° 30′	0,88472
12°	0,21256	22°	0,40403	32°	0,62487	42°	0,90040
12° 30′	0,22169	22° 30′	0,41421	32° 30′	0,63707	42° 30′	0,91633
13°	0,23087	23°	0,42447	33°	0,64941	43°	0,93251
13° 30′	0,24008	23° 30′	0,43481	33° 30′	0,66188	43° 30′	0,94896
14°	0,24933	24°	0,44523	34°	0,67451	44°	0,96569
14° 30′	0,25862	24° 30′	0,45573	34° 30′	0,68728	45°	1,00000

Trazado de líneas de corte para una escuadra de 90° con dos virolas

1. Para dibujar la línea central de la escuadra, se coloca una faja en la tubería en el centro de la misma (v. pág. 96). Usando la faja como guía se dibuja una línea recta alrededor de la tubería con una tiza.

2. Dividir la superficie de la tubería en cuatro partes iguales en la línea central de la escuadra (v. pág. 97). Numerar estas líneas como se señala en la figura 51 (*B*). La línea número 3 está en la parte superior, la número 4 en la inferior y la números 1 y 2 en los lados.

3. Encontrar el ángulo de corte (v. pág. 98).

4. Encontrar las dimensiones *A* y *B* usando la fórmula siguiente:

$$A \text{ y } B = \frac{\text{D.E. de la tubería} \times \text{factor para ángulo de corte}}{2}$$

Nota. Obtener el factor para el ángulo de corte a partir de la tabla 12.

5. En las líneas 3 y 4, trazar las dimensiones *A* y *B* partiendo de la línea central de la tubería.

6. Colocar la faja en la tubería y alinearla con los puntos en las líneas 3, 2 y 1 [v. fig. 51 (*C*)]. Trazar una línea con esteatita o tiza que una estos tres puntos. Entonces hacer girar la escuadra 180° y alinearla con los puntos en las líneas 4, 2 y 1. Unir estos tres puntos. De esta manera se trazará alrededor de la tubería una línea conocida como la línea de corte.

Nota. Cuando se usa un soplete de corte, se hace un corte a 45° en el extremo de una pieza. Para hacer un corte a 45°, apuntar la boquilla de corte siempre hacia la línea en el lado opuesto de la tubería; entonces achaflanar los bordes después que se haya hecho el corte.

Nota. Dos tuberías que se cortan como se describe anteriormente formarán una escuadra de 90°.

Ejemplo:

Trazar una escuadra de 90° de dos virolas en una tubería de 4 pulgadas (v. fig. 52). Seguir el procedimiento anterior. Observar lo siguiente:

en la operación 3:

$$\text{ángulo de corte} = \frac{\text{número de grados de la escuadra}}{\text{número de soldaduras} \times 2}$$

$$\text{ángulo de corte} = \frac{90}{2 \times 1} = 45^{\circ};$$

en la operación 4:

$$A \text{ y } B = \frac{\text{D.E. de la tubería} \times \text{factor para ángulo de corte}}{2}$$

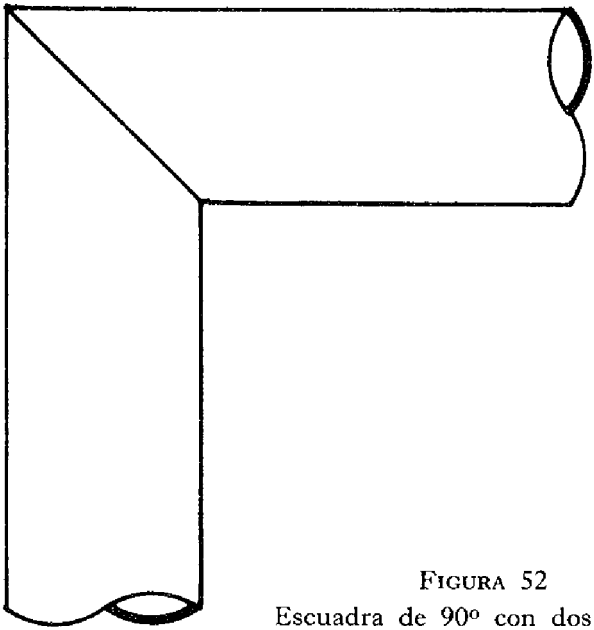


FIGURA 52
Escuadra de 90° con dos virolas.

D.E. de la tubería de 4 pulgadas = 4,5 pulgadas (ver tabla 24).

D.E. = diámetro exterior.

Factor para ángulo de 45° de corte = 1,000 (v. tabla 12).

$$A \text{ y } B = \frac{4{,}5 \times 1{,}0000}{2} = \frac{4{,}5}{2} = 2{,}25 \text{ ó } 2\ 1/4 \text{ pulgadas.}$$

Trazado de líneas de corte para una escuadra de 45° de dos virolas

El procedimiento para trazar la línea de corte para una escuadra de 45° de dos virolas (v. fig. 53) es el mismo que para una escuadra de 90° de dos virolas (v. págs. 100-101). La única diferencia está en el ángulo de corte.

Ejemplo:

Trazar la línea de corte para una escuadra de 45° de dos virolas en una tubería de 3 pulgadas.

Seguir el procedimiento indicado en las páginas 100-101. Notar lo siguiente:

en el paso 3:

$$\text{ángulo de corte} = \frac{\text{número de grados de la escuadra}}{\text{número de soldaduras} \times 2}$$

$$\text{ángulo de corte} = \frac{45}{2 \times 1} = \frac{45}{2} = 22\ 1/2^{\circ};$$

en la operación 4:

$$A \text{ y } B = \frac{\text{D.E. de la tubería} \times \text{factor para el ángulo de corte}}{2}$$

El diámetro exterior de la tubería de 3 pulgadas = = 3,5 pulgadas (v. tabla 24).

Factor para el ángulo de corte de 22 1/2º = 0,4142 (v. tabla 12).

$$A \text{ y } B = \frac{3{,}5 \times 0{,}4142}{2} = \frac{1{,}449}{2} = 0{,}725 \text{ ó } 23/32 \text{ de pulgada.}$$

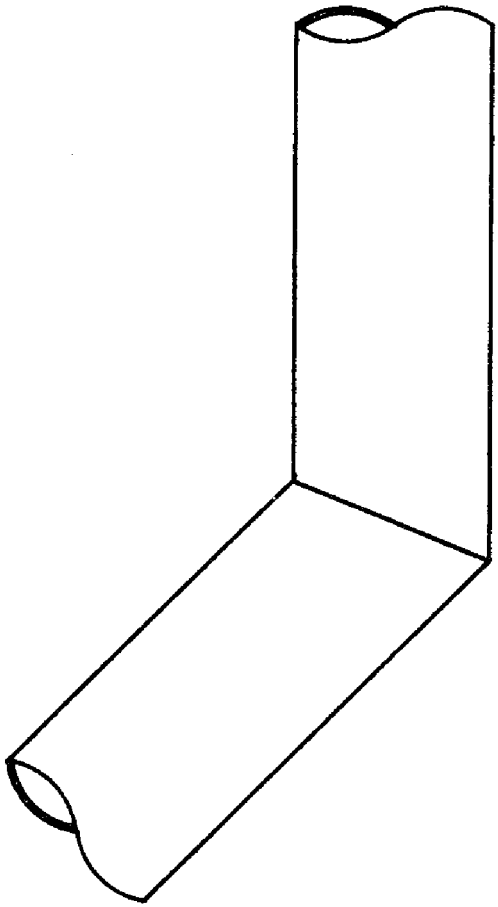


FIGURA 53
Escuadra de 45º de dos virolas.

Trazado de líneas de corte para una escuadra de 90° de cuatro virolas

El procedimiento para trazar la línea de corte para una escuadra de 90° de cuatro virolas (v. fig. 54) es la misma que para una escuadra de 90° de dos virolas (v. págs. 100-101). La diferencia está en el ángulo de corte.

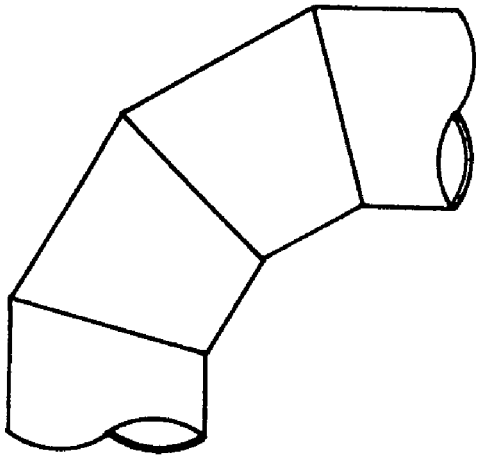


FIGURA 54
Escuadra de 90° de cuatro virolas.

Ejemplo:

Trazar las líneas de corte para una escuadra de 90° de cuatro virolas en una tubería de 6 pulgadas.

Seguir el procedimiento empleado en las páginas 99-101. Observar los pasos siguientes:

en la operación 3:

$$\text{ángulo de corte} = \frac{\text{número de grados de la escuadra}}{\text{número de soldaduras} \times 2}$$

$$\text{ángulo de corte} = \frac{90}{2 \times 3} = \frac{90}{6} = 15^{\circ}.$$

en la operación 4:

$$A \text{ y } B = \frac{\text{D.E. de la tubería} \times \text{factor para el ángulo de corte}}{2}$$

D.E. de la tubería de 6 pulgadas = 6,625 pulgadas (ver tabla 24).

Factor para el ángulo de corte de 15° = 0,26795 (ver la tabla 12).

$$A \text{ y } B = \frac{6{,}625 \times 0{,}26795}{2} = \frac{1{,}775}{2} = 0{,}8875 \text{ ó } 7/8 \text{ de pulgada.}$$

Determinación de la longitud de las virolas cortadas para una escuadra de 90° de tres virolas

Fórmulas:

A = radio × factor para el ángulo de corte;
$B = A \times 2$.

Ejemplo:

Encontrar las dimensiones de A y B para una escuadra de 90° de tres virolas con un radio de 12 pulgadas (v. fig. 55).

$$\text{ángulo de corte} = \frac{\text{número de grados de la escuadra}}{\text{número de soldaduras} \times 2};$$

$$\text{ángulo de corte} = \frac{90}{2 \times 2} = \frac{90}{4} = 22\ 1/2^{\circ}.$$

Factor para el ángulo de corte de 22 1/2° = 0,4142 (v. tabla 12).

A = radio × factor para el ángulo de corte;
$A = 12 \times 0{,}4142 = 4{,}97$ pulgadas o 5 pulgadas;
$B = A \times 2$;
$B = 5 \times 2 = 10$ pulgadas de conexión a conexión.

Nota. El radio mínimo para una escuadra de tres virolas es 6 veces el diámetro exterior de la tubería.

Nota. Las líneas de corte se trazan de acuerdo con lo explicado en las páginas 99-100.

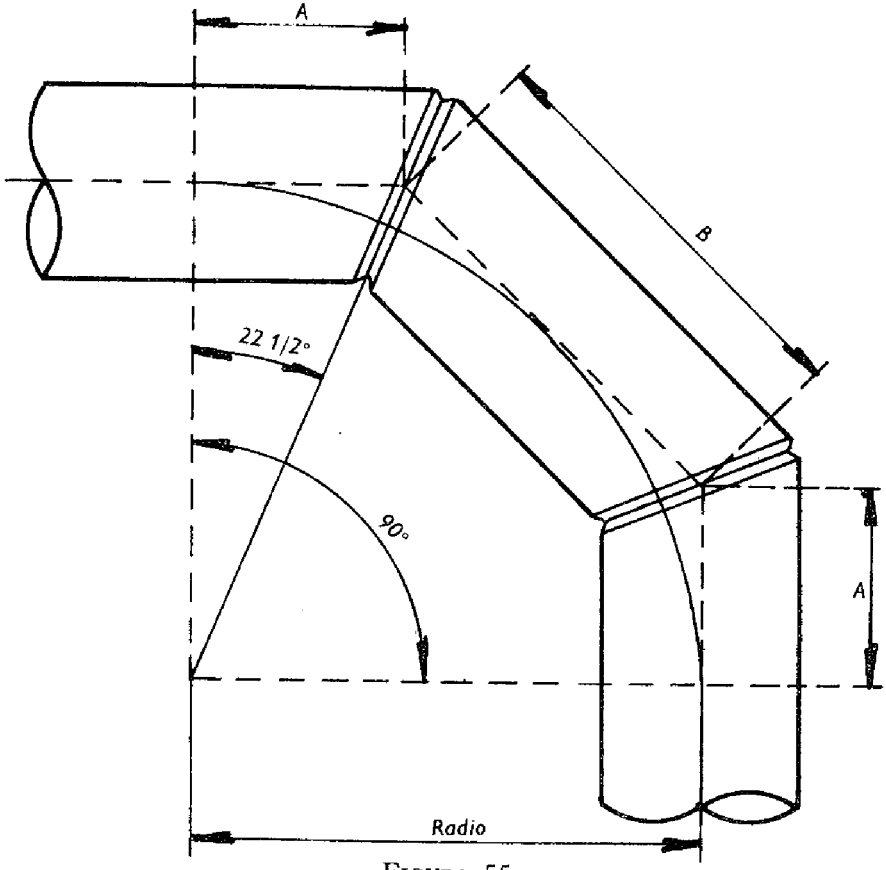


FIGURA 55
Escuadra de 90° de tres virolas.

Determinación de la longitud de las piezas cortadas para una escuadra de 90° de cuatro virolas

A = radio × factor para el ángulo de corte;
$B = A \times 2$.

Ejemplo:

Encontrar las dimensiones de A y B para una escuadra de 90º de cuatro virolas con un radio de 40 pulgadas (v. figura 56).

$$\text{ángulo de corte} = \frac{\text{número de grados de la escuadra}}{\text{número de soldaduras} \times 2};$$

$$\text{ángulo de corte} = \frac{90}{2 \times 3} = \frac{90}{6} = 15^{\circ}.$$

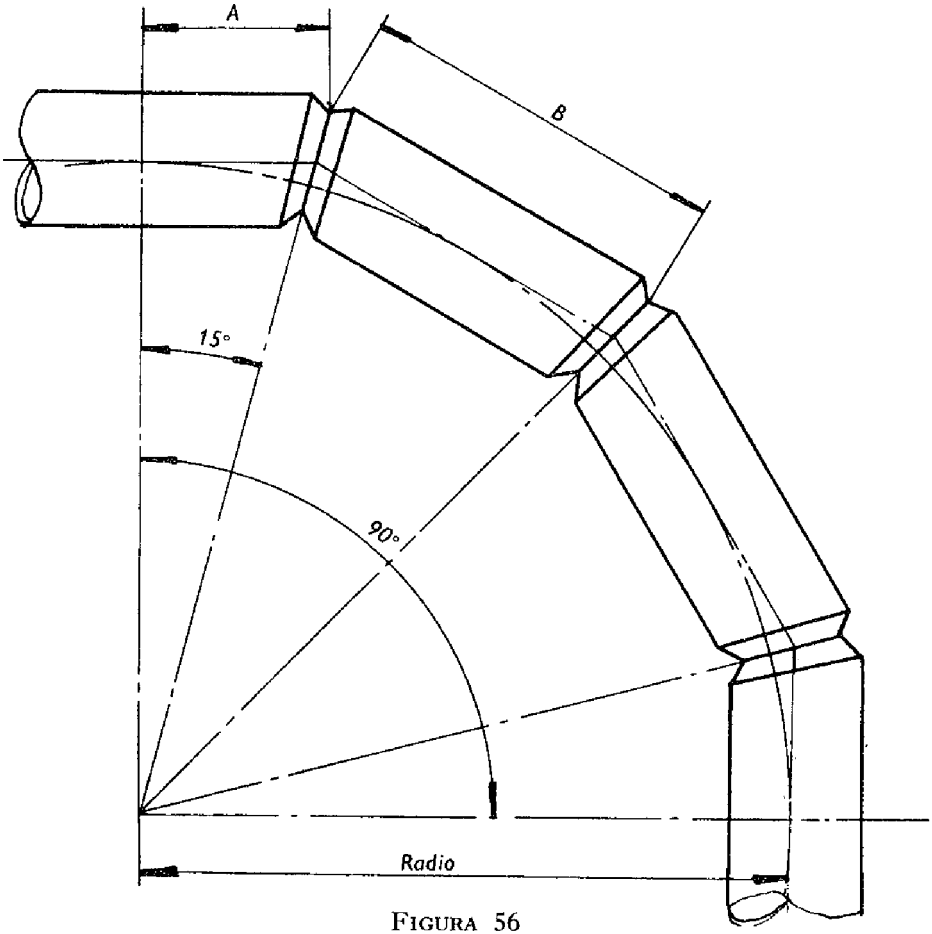


FIGURA 56
Escuadra de 90º de cuatro virolas.

Factor para el ángulo de corte de 15° = 0,26795 (v. página 99).

A = radio × factor para el ángulo de corte;
A = 40 × 0,26795 = 10 23/32 pulgadas;
$B = A \times 2$;
B = 10,718 × 2 = 21,436 ó 21 7/16.

Nota. Las líneas de corte se trazan como se explicó en las páginas 100-101.

Determinación de la longitud de las virolas cortadas para escuadras de soldadura especial

Fórmulas:

$$\text{ángulo de corte} = \frac{\text{grados de la vuelta}}{\text{número de soldaduras} \times 2};$$

A = tangente del ángulo de corte × el radio;
$B = A \times 2$;
D = diámetro exterior de la tubería;
distancia superior = tangente del ángulo de corte × D.

Nota. Las fórmulas anteriores se pueden usar para las escuadras que tienen cualquier número de virolas y cualquier número de grados.

TRAZADO DE LINEAS DE CORTE PARA ESCUADRAS A INGLETE EN UNA TUBERIA GRANDE CON 16 DIVISIONES

Para los valores de las fórmulas siguientes, ver figura 58.

Fórmulas:

ordenada núm. 1 = centro del accesorio;
ordenada núm. 2 = diámetro exterior × 0,1913 × tg del ángulo de corte;

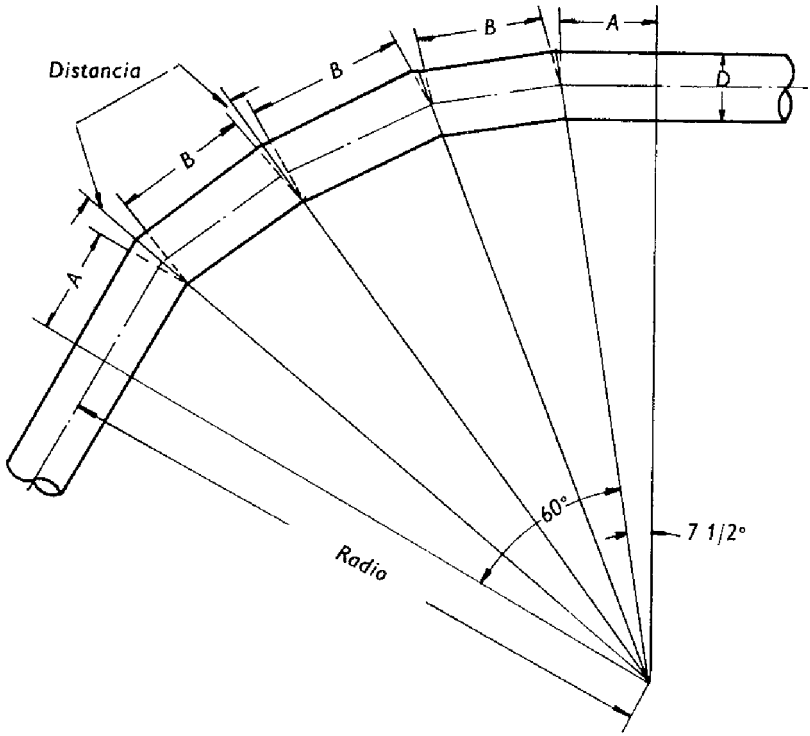


FIGURA 57
Escuadra de soldadura especial.

ordenada núm. 3 = diámetro exterior × 0,3535 × tg del ángulo de corte;
ordenada núm. 4 = diámetro exterior × 0,4619 × tg del ángulo de corte;
ordenada núm. 5 = diámetro exterior × 0,5000 × tg del ángulo de corte.

Ejemplo:

Trazar una línea de corte en una tubería de 10 pulgadas para un ángulo de corte de 40°.

Diámetro exterior de la tubería de 10 pulgadas = 10,75 pulgadas.

Tangente de un ángulo de 40° = 0,83910 (v. tabla 12).

ordenada núm. 2 = 10,75 × 0,1913 × 0,83910 = 1,725 pulgadas o 1 23/32 pulgadas;
ordenada núm. 3 = 10,75 × 0,3535 × 0,83910 = 3,188 pulgadas o 3 3/16 pulgadas;
ordenada núm. 4 = 10,75 × 0,4619 × 0,83910 = 4,166 pulgadas o 4 11/64 pulgadas;
ordenada núm. 5 = 10,75 × 5,000 × 0,83910 = 4,510 pulgadas o 4 33/64 pulgadas.

1. Para trazar la línea central del accesorio, se coloca una faja en la tubería en el centro de la escuadra. Usamos la faja como guía, se dibuja una línea recta alrededor de la tubería con una tiza (v. fig. 47).

2. Para dividir la circunferencia exterior de la tubería en 16 partes iguales, primero se enrolla un trozo de papel alrededor de la tubería y se parte el trozo que sobra (v. figura 48). Doblar el papel cuatro veces para obtener 16 divisiones. Entonces, se enrolla el papel alrededor de la tubería en la línea central del accesorio y se marcan las divisiones en la tubería. Numerar estas divisiones como se muestra en la figura 58 y dibujar líneas rectas a través de estos puntos. Estas líneas serán las ordenadas.

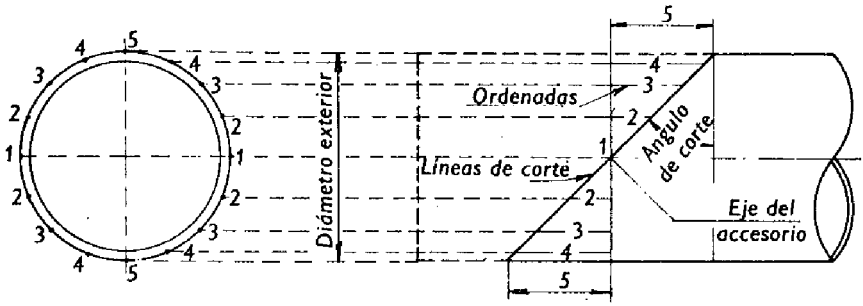


FIGURA 58
Escuadra a inglete en una tubería grande con 16 divisiones.

3. Encontrar las longitudes de las ordenadas 2, 3, 4 y 5 usando las fórmulas anteriores.

4. Trazar estas medidas en sus respectivas líneas de ordenadas conforme se muestra en la figura 58.

5. Unir estos puntos con una faja como se explicó en la figura 51 para establecer la línea de corte.

TUBOS EN T

T de tamaño natural

Trazado del tubo principal

1. Colocar una faja en la tubería en el centro del injerto. Dibujar una línea recta alrededor de la tubería con una tiza, usando la faja como guía.

2. Dividir la línea central en cuatro partes iguales (v. pág. 97). Entonces se dibuja una línea recta de 10 pulgadas de largo aproximadamente en la tubería en cada marca de a cuarto. Un pequeño angular de hierro ayudará a hacer las líneas rectas. Numerar estas líneas como se muestra en la figura 59 (*B*). La línea número 3 en la parte superior, la número 4 en la inferior y las números 1 y 2 en los lados.

3. Marcar con yeso los puntos *A* y *B* en la línea 3 a cada lado de la línea central. La distancia de *A* y *B* a la línea central debe ser igual a la mitad del diámetro exterior del injerto.

Nota. Los puntos *C* se colocarán en la intersección de la línea central y las líneas 1 y 2.

4. Colocar una faja en la tubería y alinearla con el punto *A* y los puntos *C* en las líneas 1 y 2. Unir estos puntos con una línea de tiza. Entonces alinear la faja con *C*, *B* y *C* y con una línea de tiza.

Nota. Algunas veces no se desea un corte puntiagudo en los puntos *C*. Para hacerlo redondeado se fijan los puntos *D*. La distancia de los puntos *C* a los puntos *D* debe ser igual a dos veces el espesor de la pared de la tubería. Entonces dibujamos línea de tiza a mano alzada uniendo los puntos *D* con las líneas de *A* y *B*.

Nota. Al cortar, hacer un corte radial; esto es, apuntar la boquilla de corte siempre hacia el centro de la tubería. Entonces achaflanar los bordes en un ángulo de 45° después de realizar el corte.

Trazado del injerto

1. Dividir la superficie del injerto en cuatro partes iguales cerca del extremo (v. pág. 97). Entonces dibujar una línea recta de 6 pulgadas partiendo del extremo de la tubería en las marcas de a cuarto. Numerar estas líneas como se muestra en la figura 59 (*C*): la número 3 en la parte superior, la número 4 en la inferior y las números 1 y 2 en los lados.

2. Señalar con esteatita los puntos *A* y *B* en las líneas 1 y 2. La distancia de *A* y *B* al extremo de la tubería debe ser igual a la mitad del diámetro exterior de la tubería.

3. Colocar la faja en la tubería y alinearla con el punto *A* y los puntos *C* en las líneas 3 y 4 en el extremo de la tubería. Unir estos puntos con la línea de tiza. Entonces alinear la faja con los puntos *C*, *B* y *C* y unirlos con una línea entizada.

Nota. Si el tubo principal tiene un corte redondeado en los puntos *D*, el injerto requerirá también ese mismo corte. Para un corte redondeado, fijar los puntos *D*. La distancia de los puntos *C* a los puntos *D* debe ser igual

a dos veces el grueso de la pared de la tubería. Entonces trazamos una línea a mano alzada uniendo los puntos *D* con las líneas que parten de *A* y *B*.

Nota. Hacer un corte radial pero no achaflanar el injerto.

Nota. *X* es igual a dos veces el grueso de la pared de la tubería.

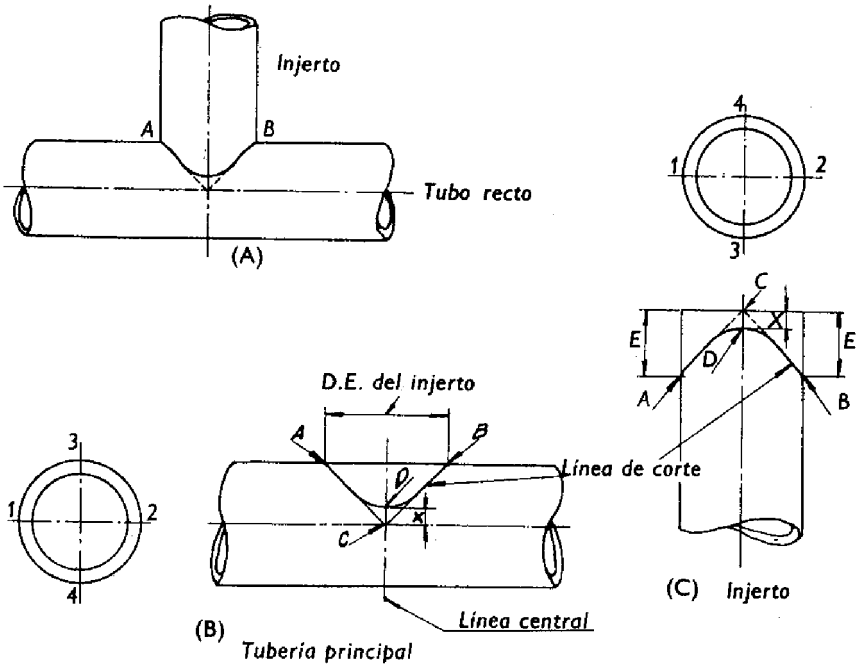


FIGURA 59
T de tamaño natural.

T de reducción (primer método)

Trazado del tubo principal

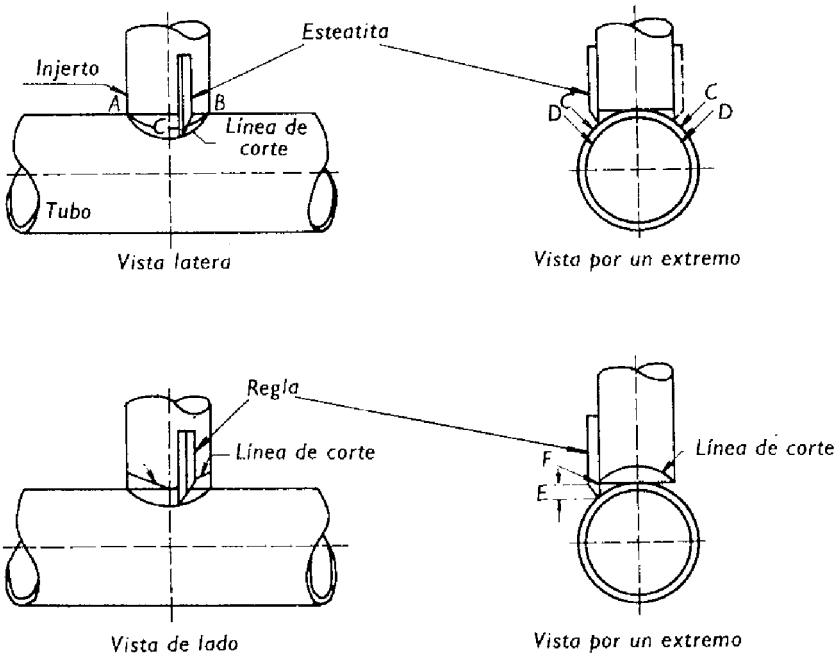
1. Se coloca el injerto en el tubo principal. Con esteatita (con un extremo afilado), apoyada contra el injerto dibujamos una línea de curva suave en el tubo principal.

Los puntos *A*, *B* y *C* y *C* se fijarán en esta línea de acuerdo con lo señalado en la figura 60 (*A*).

2. Marcar los puntos *D*. La distancia de los puntos *C* a los puntos *D* debe ser igual al espesor de la pared del cabezal. Entonces los puntos *A*, *B*, *D* y *D* a mano alzada con una línea de curva suave. La línea formada será la línea de corte para la abertura en el tubo.

Nota. Hacer un corte radial apuntando la boquilla del soplete de corte hacia el centro de la tubería durante todo el tiempo. Entonces, achaflanar el borde de la abertura un ángulo de 45°.

(A) *Trazado del tubo*



(B) *Trazado del injerto*

FIGURA 60

T de reducción (primer método).

Trazado del injerto

1. Un trozo recto de madera, afilado en un extremo, se usará como regla. Trazamos la dimensión *E* a partir del extremo afilado, fijando el punto *F* [v. fig. 60 (*B*)].

2. Colocar el injerto en posición en el tubo. Situar la parte plana de la regla contra el injerto, con el extremo afilado descansando en el tubo, y mantener el lápiz de esteatita en *F* en la regla. Mover lentamente la regla alrededor del injerto para dibujar la línea de corte.

Nota. También se puede colocar el injerto en la abertura del tubo y dibujar una línea de corte alrededor de éste, sirviendo la superficie del mismo de guía para la esteatita.

Nota. Usar un corte radial como se explicó anteriormente pero no achaflanar el borde del injerto.

T de reducción (segundo método)

Trazado del tubo principal

1. Fijar los puntos *A* y *B* a cada lado de la línea central [v. fig. 61 (*A*)]. La distancia de *A* y *B* a la línea central debe ser igual a la mitad del diámetro exterior del injerto.

2. Situar una escuadra en la tubería de modo que el lado superior esté nivelado [v. fig. 61 (*B*)]. Señalar los puntos *A* y *B* en el lado superior a cada lado de la línea central. La distancia de *A* y *B* al centro de la tubería debe ser igual a la mitad del diámetro exterior del injerto. A partir de *A* y *B* verificamos la verticalidad fijando con un pequeño nivel de torpedo los puntos *C*. Entonces dibujamos una línea suave a mano alzada uniendo los puntos *A*, *B*, *C* y *C*.

3. Marcar los puntos *D*. La distancia de los puntos *C* a los puntos *D* debe ser igual al espesor de la pared del

tubo. Entonces dibujamos una línea con una tiza a mano alzada uniendo los puntos *A*, *B*, *D* y *D*. Esta línea será la línea de corte para la abertura en el tubo.

Trazado del injerto

1. Dividir la superficie de la tubería en cuatro partes iguales cerca del extremo (v. pág. 97). Dibujar líneas rectas de 6 pulgadas a partir del extremo de la tubería en las marcas de a cuarto. Numerar estas líneas 1, 2, 3 y 4 como se muestra en la figura 61 (*D*).

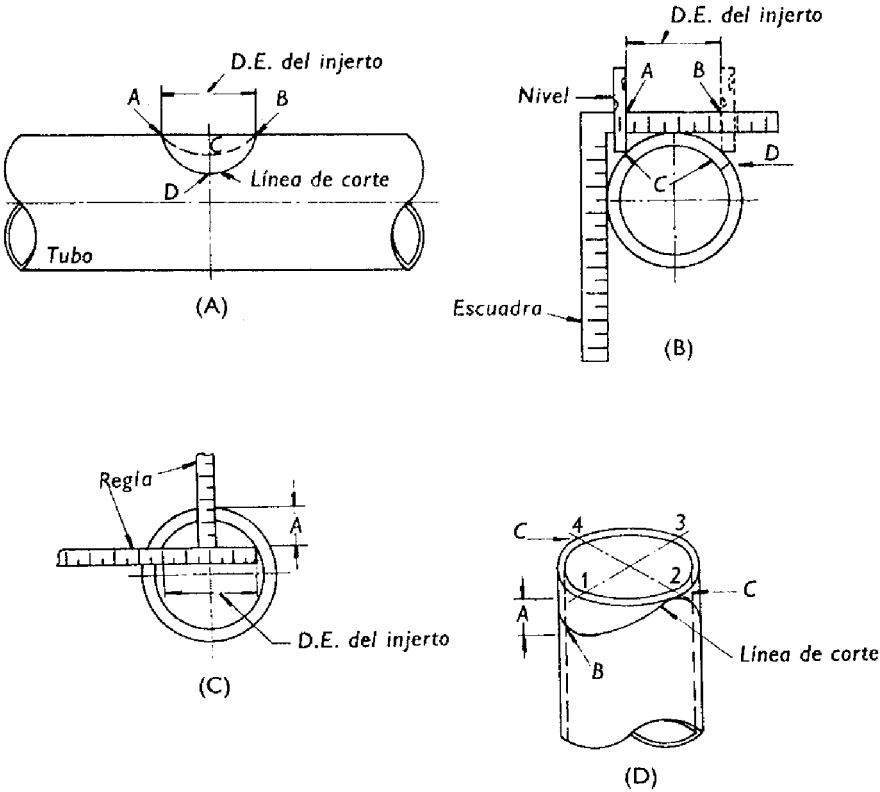


FIGURA 61
T de reducción (segundo método).

2. Obtener un trozo de tubería que tenga el mismo tamaño que el tubo de la te disponible, trazar en una superficie plana un círculo que tenga el mismo diámetro que el interior de la tubería. Colocamos una regla a través del extremo de la tubería de tal manera que ésta mida de pared a pared una distancia igual al diámetro exterior del injerto [v. fig. 61 (*C*)]. Con otra regla, medir la distancia *A* de la parte superior de la regla a la pared interior de la tubería.

3. Trazar la distancia *A* del extremo del injerto en las líneas 1 y 3, fijando los puntos *B* [v. fig. 61 (*D*)].

Nota. Los puntos *C* estarán en el extremo de la tubería en las líneas 4 y 2.

4. Trazar una línea de curva suave a mano alzada uniendo los puntos *B*, *C*, *B* y *C*, girando hacia adentro en los puntos *B* y hacia afuera en los puntos *C*. Esta línea será la línea de corte para el injerto.

Nota. Hacer un corte radial pero no achaflanar.

INJERTOS INCLINADOS

Injerto inclinado de tamaño natural

Trazar una vista de tamaño natural del lateral en cualquier superficie plana y lisa, de la manera siguiente:

1. Trazar las dos líneas centrales del ángulo del injerto necesario. (El ángulo se puede proyectar por el método que se muestra en la pág. 49.)

2. Trazar líneas a cada lado de las líneas centrales a una distancia igual a la mitad del diámetro exterior de la tubería. Estas líneas deben ser paralelas a las líneas centrales. Se intersectan en los puntos *A* y *B* [v. fig. 62 (*A*)].

3. Dibujar líneas rectas partiendo de los puntos *A* y *B* hasta la intersección de las dos líneas centrales en el punto *C*. Estas líneas serán las de corte.

Trazado del tubo principal

1. Dibujar una línea central alrededor del tubo en el punto donde ser intersectan las dos líneas centrales [v. figura 62 (*B*)].

2. Dividir la línea central en cuatro partes iguales (v. pag. 97). Dibujar una línea recta en la tubería en cada marca de a cuarto. Una parte superior, una en la inferior y una a cada lado.

3. Medir la distancia *D* y *E* en el dibujo. Trazar estas medidas a cada lado de la línea central en la línea superior de la tubería, fijando los puntos *A* y *B*.

Nota. Los puntos *C* estarán a cada lado de la tubería en la intersección de la línea central y las líneas de a cuarto.

4. Alinear una faja con *C*, *A* y *C*, y unir estos puntos con una línea de tiza. Entonces unir los puntos *C*, *B* y *C* en una manera similar. La línea formada será la de corte.

Nota. Hacer un corte a inglete con el soplete y achaflanar el borde de la abertura.

Trazado del injerto

1. Dividir la superficie de la tubería en cuatro partes iguales cerca del extremo. Tirar líneas rectas desde el extremo de la tubería en cada marca de un cuarto. Numerar estas líneas 1, 2, 3 y 4 como se muestra en la figura 62 (*C*).

2. En el dibujo, en el punto *B* trazar una línea en ángulo recto con el lado del injerto para obtener la distancia *F* [v. fig. 62 (*A*)]. Entonces trazar la distancia *F* partiendo del extremo del injerto en las líneas 1 y 2. Trazar una

línea recta alrededor de la tubería en estos puntos. Esta línea es la línea de base.

Nota. El punto *B* estará en la línea 4 en la intersección de la línea de base y la línea 4.

Medir la distancia *C* en el dibujo. Entonces, trazar la distancia *G* en la tubería a partir de la línea de base en la línea 3, fijando el punto *A*.

3. Alinear la faja con los puntos *C*, *A* y *C* y trazar una línea que una estos tres puntos. Entonces, unir los puntos *C*, *B* y *C* con una línea de tiza. La línea formada será la línea de corte.

Nota. Hacer un corte a inglete o diagonal con el soplete y achaflanar el borde la abertura.

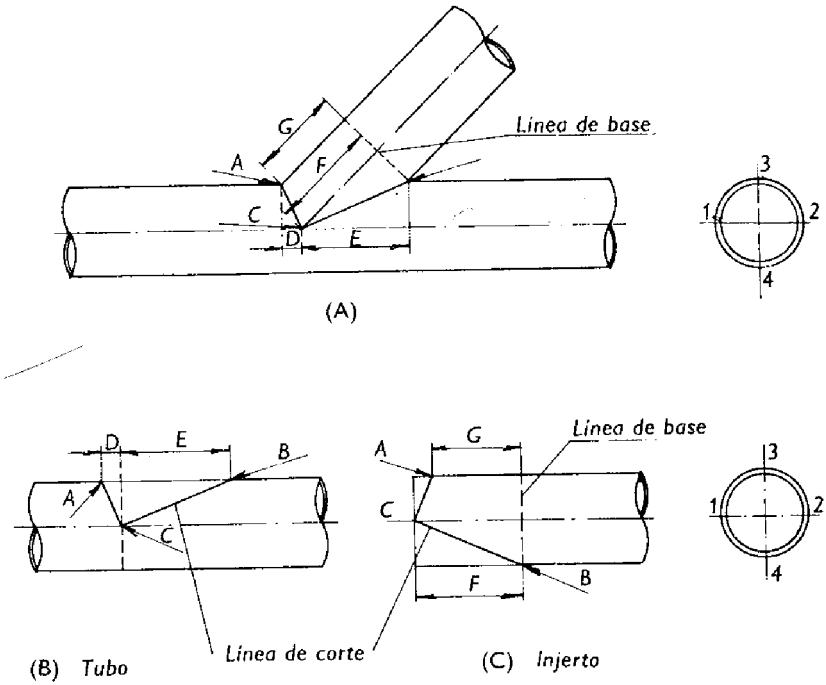


FIGURA 62
Injerto inclinado de tamaño natural.

Injerto inclinado de reducción

Trazado del tubo

Para trazar un tubo en injerto inclinado, cuyo injerto es más pequeño que el tubo, se coloca el injerto en el tubo y se calza en la posición requerida [v. fig. 63 (*A*)]. Con un trazo largo de esteatita (afilado en un extremo) colocado contra el injerto se dibuja una línea de curva suave en el tubo. Esta línea será la de corte.

Nota. Hacer un corte radial y achaflanar el borde de la abertura.

Trazado del injerto

1. Se emplea como regla un trozo recto de madera afilado en un extremo. Se traza la distancia X a partir del extremo afilado y se fija el punto Y [v. fig. 63 (*B*)].

2. Se pone el injerto en el tubo y se calza en la posición requerida. Se coloca la regla contra el injerto con el

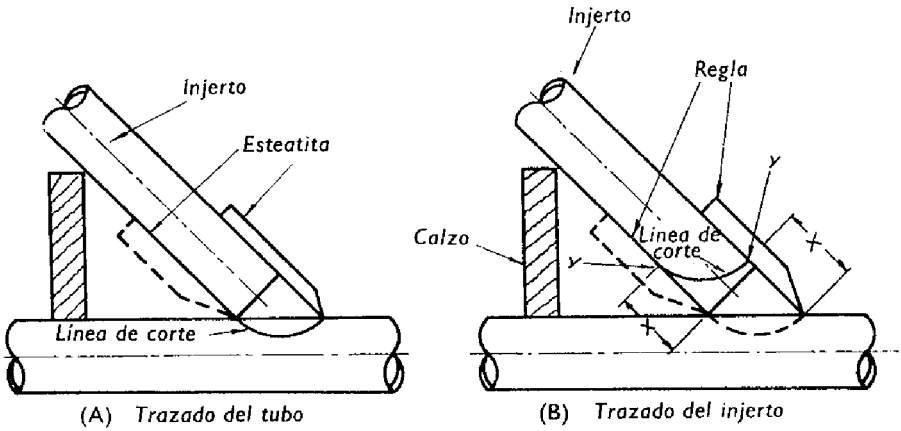


FIGURA 63
Injerto inclinado de reducción.

extremo afilado apoyado en el tubo, y se mantiene el lápiz de esteatita en *Y* sobre la regla. Se gira la regla alrededor del injerto para dibujar la línea de corte.

Nota. Usar un corte radial y no achaflanar el borde.

Y REAL

Trazar una vista de tamaño natural de la *Y* en cualquier superficie plana y lisa de la manera siguiente:

1. Trazar las tres líneas centrales en los ángulos requeridos. La figura 64 (*A*) muestra los injertos a 45° con la vertical. Los injertos se pueden colocar en otros ángulos de acuerdo con las necesidades de la instalación.

2. Trazar líneas a cada lado de las líneas centrales a una distancia igual a la mitad del diámetro exterior de la tubería. Estas líneas deben ser paralelas a las líneas centrales, y se intersectarán en los puntos *A*, *B* y *C*.

3. Trazar líneas rectas desde *A*, *B* y *C* hasta la intersección de las tres líneas centrales en el punto *D*.

4. Trazar las líneas de base, indicadas por las líneas de puntos, en ángulo recto con las líneas centrales.

Trazado del tubo principal

1. Dividir la superficie de la tubería en cuatro partes iguales cerca del extremo (v. pág. 97). Dibujar líneas rectas partiendo del extremo en cada marca de un cuarto. Numerar estas líneas 1, 2, 3 y 4 [v. fig. 64 (*B*)].

2. Medir la distancia *G* en el dibujo desde el punto *D* hasta la línea de base [v. fig. 64 (*A*)]. Trazar esta medida desde el extremo del tubo en las líneas 1 y 3, y fijar los puntos *B* y *C* [v. fig. 64 (*B*)].

Nota. Los puntos *D* estarán en el extremo de la tubería en las líneas 2 y 4.

3. Alinear una faja con los puntos *D*, *B* y *D*, y unir estos puntos con una línea de tiza. Entonces unir los puntos *D*, *C* y *D* con una línea de tiza. Las líneas trazadas serán las líneas de corte para el extremo del tubo.

Nota. Hacer cortes a inglete y achaflanar los bordes en un ángulo de 45º.

Trazado de los injertos

Para trazar ambos injertos usar el procedimiento siguiente:

1. Dividir la superficie de la tubería en cuatro partes iguales cerca del extremo. Trazar líneas rectas partiendo del extremo de la tubería en las marcas de cuarto. Numerar estas líneas 1, 2, 3 y 4 [v. fig. 64 (*C*)].

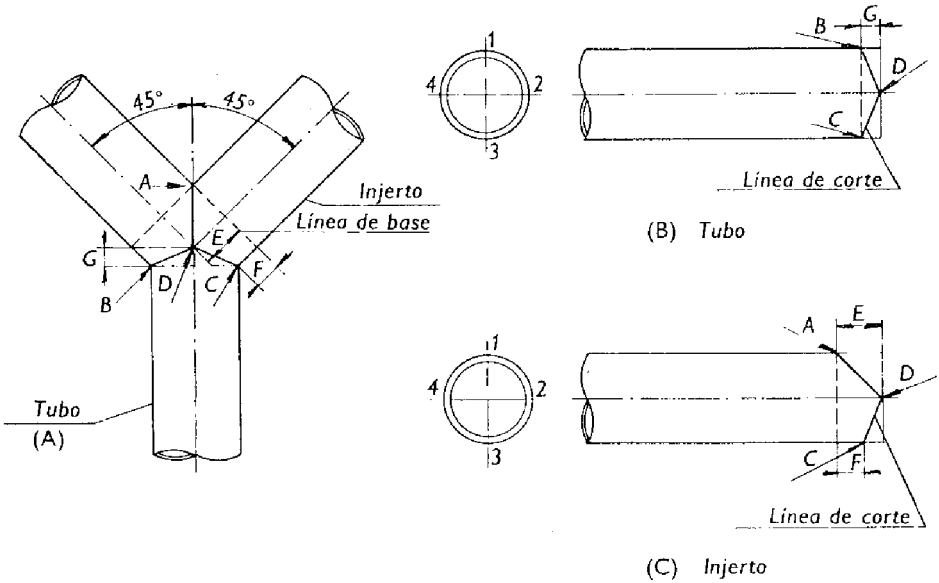


FIGURA 64
Y real.

2. Medir la distancia *E* en el dibujo [v. fig. 64 (*A*)]. Trazar la distancia *E* a partir del extremo del injerto en las líneas 2 y 4. Trazar una línea recta alrededor de la tubería en estos puntos. Esta línea es la línea de base.

Nota. El punto *A* estará en la línea 1 en la intersección de la línea de base y la línea 1. Los puntos *D* estarán en las líneas 2 y 4 en el extremo de la tubería.

Medir la distancia *F* en el dibujo. En la tubería trazamos la distancia *F* a partir de la línea de base en la línea 3, y fijamos el punto *C*.

3. Alinear una faja con los puntos *D*, *A* y *D*, uniendo estos puntos con una línea de tiza. Entonces, unir los puntos *D*, *C* y *D* con la línea de tiza. Las líneas dibujadas serán las líneas de corte del injerto.

Nota. Hacer un corte a inglete y achaflanar los bordes en un ángulo de 45°.

REDUCCIONES

Una reducción es una alteración de una tubería que sirve para unir una tubería de diámetro mayor a una de diámetro más pequeño.

Reducción concéntrica

Con una reducción concéntrica, la línea central de la tubería de diámetro mayor está en línea con la línea central de la tubería de diámetro menor [v. fig. 65 (*B*)]. Usar el procedimiento siguiente para trazar una reducción concéntrica.

1. A partir de la tabla 13, determinar el número de brazos para el tamaño de tubería que se va a reducir. Di-

vidir la superficie exterior de la tubería cerca del extremo en un número de partes que sea igual al número de brazos. Entonces, dibujar las líneas partiendo del extremo en los puntos de división. Estas líneas son las de referencia.

2. Medir la distancia *C* (v. la tabla 13) desde el extremo de la tubería [v. fig. 65 (*A*)]. Entonces, dibujar la línea de base alrededor de la tubería en el punto señalado.

3. Trazar la dimensión *A* (v. tabla 13) en la línea de base con la mitad de la dimensión a cada lado de la línea de referencia. Repetir este proceso en todas las líneas de referencia.

4. Trazar la dimensión *B* (v. tabla 13) en el extremo de la tubería con la mitad de la dimensión a cada lado de una línea de referencia. Repetir este proceso en todas las líneas de referencia.

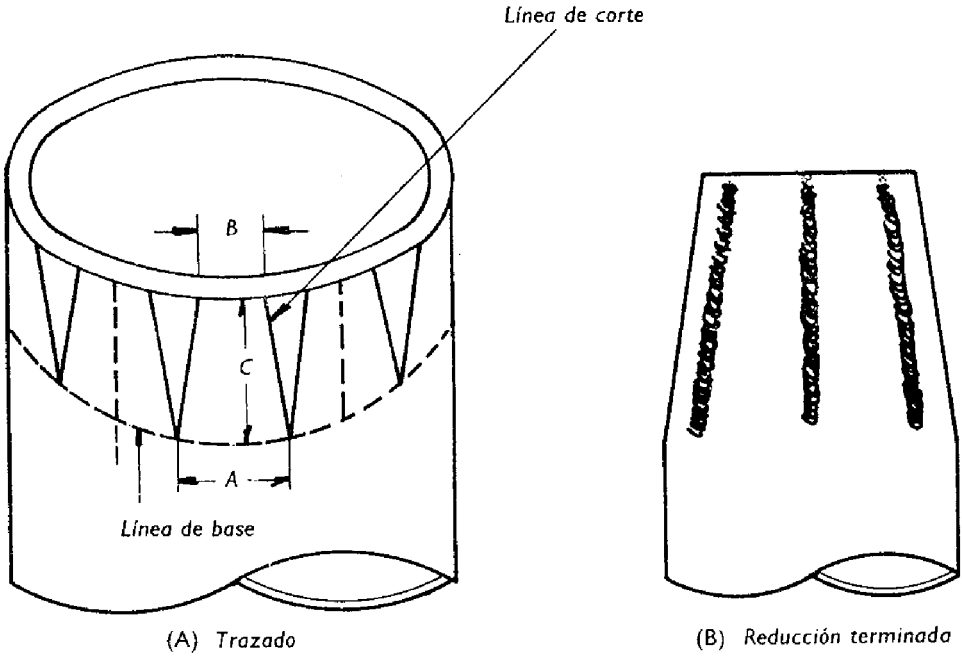


FIGURA 65
Reducción concéntrica.

TABLA 13

Datos para las reducciones concéntricas

Tamaño (pulgadas)	Número de brazos	*A* (pulgadas)	*B* (pulgadas)	*C* (pulgadas)
3 × 2 1/2	4	2 3/4	2 1/4	3
3 × 2	4	2 3/4	1 7/8	3
3 × 1 1/2	4	2 3/4	1 1/2	3
3 × 1 1/4	4	2 3/4	1 5/16	3
3 × 1	4	2 3/4	1 1/16	3
3 1/2 × 3	4	3 1/8	2 3/4	3
3 1/2 × 2 1/2	4	3 1/8	2 1/4	3
3 1/2 × 2	4	3 1/8	1 7/8	3
3 1/2 × 1 1/2	4	3 1/8	1 1/2	3 1/2
3 1/2 × 1 1/4	4	3 1/8	1 5/16	3 1/2
3 1/2 × 1	4	3 1/8	1 1/16	3 1/2
4 × 3 1/2	4	3 1/2	3 1/8	3
4 × 3	4	3 1/2	2 3/4	3
4 × 2 1/2	4	3 1/2	2 1/4	3
4 × 2	4	3 1/2	1 7/8	3
4 × 1 1/2	4	3 1/2	1 1/2	3 1/2
4 × 1 1/4	4	3 1/2	1 5/16	3 3/4
4 × 1	4	3 1/2	1 1/16	4 1/4
5 × 4	4	4 3/8	3 1/2	4
5 × 3 1/2	4	4 3/8	3 1/8	4
5 × 3	4	4 3/8	2 3/4	4
5 × 2 1/2	4	4 3/8	2 1/4	4
5 × 2	5	3 1/2	1 1/2	4
5 × 1 1/2	5	3 1/2	1 3/16	4 3/4
5 × 1 1/4	5	3 1/2	1 1/16	5
5 × 1	6	2 15/16	11/16	5 1/2
6 × 5	5	4 5/32	3 17/32	4
6 × 4	5	4 5/32	2 13/16	4
6 × 3 1/2	5	4 5/32	2 1/2	4
6 × 3	5	4 5/32	2 7/32	4
6 × 2 1/2	5	4 5/32	1 13/16	5
6 × 2	6	3 15/32	1 1/4	5 1/2
6 × 1 1/2	6	3 15/32	1	6
6 × 1 1/4	7	2 31/32	3/4	6 1/2
6 × 1	7	2 31/32	9/16	7

TABLA 13 *(Continuación)*

Tamaño (pulgadas)	Número de brazos	*A* (pulgadas)	*B* (pulgadas)	*C* (pulgadas)
8 × 6	6	4 1/2	3 15/32	4
8 × 5	6	4 1/2	2 29/32	4
8 × 4	6	4 1/2	2 11/32	5 1/2
8 × 3 1/2	6	4 1/2	2 3/32	6
8 × 3	7	3 7/8	1 9/16	6 1/2
8 × 2 1/2	8	3 3/8	1 1/8	7 1/2
8 × 2	8	3 3/8	15/16	8 1/4
8 × 1 1/2	9	3	21/32	8 1/2
8 × 1 1/4	9	3	9/16	9
10 × 8	7	4 13/16	3 7/8	4
10 × 6	7	4 13/16	3	5 1/2
10 × 5	7	4 13/16	2 1/2	6 1/2
10 × 4	8	4 1/4	1 3/4	8 1/4
10 × 3 1/2	9	3 3/4	1 3/8	9
10 × 3	10	3 3/8	1 1/8	9 1/2
10 × 2 1/2	11	3 1/16	3/4	10 1/4
10 × 2	11	3 1/16	11/16	11
10 × 1 1/2	12	2 13/16	1/2	11 1/2
12 × 10	8	5	4 7/32	4
12 × 8	10	4	2 11/16	5 1/4
12 × 6	10	4	2 1/16	8
12 × 5	10	4	1 3/4	9 1/4
12 × 4	11	3 3/4	1 7/16	10 3/4
12 × 3 1/2	12	3 5/16	1 1/16	11 1/2
12 × 3	12	3 5/16	15/16	12
12 × 2 1/2	12	3 5/16	3/4	13
12 × 2	12	3 5/16	5/8	13 1/2

5. Unir los puntos marcados con líneas rectas como se muestra en la figura 65 (*A*). Estas líneas serán las de corte.

Nota. Cuando hacemos el corte, apuntamos la boquilla del soplete hacia el centro de la tubería durante todo el tiempo. Se achaflana cada brazo en un ángulo de 45º. Se calienta cada brazo en la línea de base y se dobla en la posición requerida.

Reducción excéntrica con parte plana

Con una reducción excéntrica con parte plana, el eje de la tubería grande no está en línea con el eje de la tubería de diámetro menor [v. fig. 66 (*C*)]. Usar el procedimiento siguiente para trazar una reducción excéntrica.

1. Medir la distancia *E* (una vez y media el diámetro de la tubería mayor) partiendo del extremo de la tubería [v. fig. 66 (*A*)]. Luego dibujar la línea *Y-Z* alrededor de la tubería en el punto señalado.

2. Dividir la superficie exterior de la tubería en ocho partes iguales, comenzando en la parte superior de la tubería. Entonces trazar líneas rectas desde el extremo de la tubería hasta la línea *Y-Z* en estos ocho puntos. Numerar estas líneas de referencia en la intersección de *Y-Z* de la manera siguiente: 7, 8, 9, 10 y 11.

3. Para una inclinación de 30°, multiplicar la dimensión *E* por la constante 0,866 y trazamos esta distancia en la línea de referencia de la parte inferior, fijando el punto *X*.

4. Trazar una dimensión igual a 3/8 de la circunferencia de la tubería menor en *X* con la mitad de la medida a cada lado de la línea de referencia de la parte inferior, fijando los puntos 1. Unir los puntos 1, *X* y 1 con una línea recta.

5. Alinear una faja con los puntos 1 y la línea de referencia de la parte superior en el extremo de la tubería y trazar una línea de tiza. Como resultado, la longitud de cada línea de referencia variará.

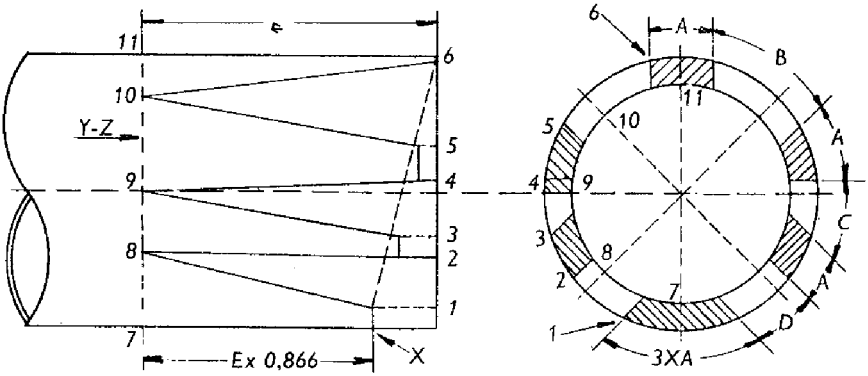
Nota. Las operaciones siguientes completarán el trazado de la mitad de la tubería. La otra mitad se completa exactamente de la misma manera.

6. En el extremo de la tubería trazamos la dimensión *A* con la mitad de la dimensión a cada lado de la línea de referencia de la parte superior, fijando los puntos 6

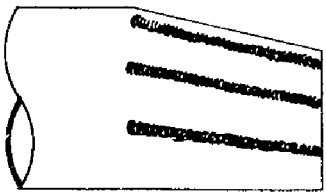
[v. fig. 66 (*B*)]. Para las dimensiones, ver nota en dicha figura.

7. A partir del punto 6, trazamos las dimensiones *B*, *A*, *C*, *A* y *D* en disminución hasta el punto 1. Entonces, proyectamos los puntos 2, 3, 4 y 5 desde el extremo de la tubería hasta la línea de inclinación.

8. Trazar una línea paralela al extremo de la tubería desde el punto 5 hasta el 4. Similarmente, unir los puntos 3 y 2. Entonces, usando una faja como guía, trazar líneas rectas desde los puntos 5 y 6 hasta el punto 10. De manera similar, unir los puntos 4, 9 y 3, así como los puntos 2, 8 y 1. Las líneas trazadas serán las de corte de la reducción excéntrica.



(A) *Vista lateral* (B) *Vista de frente*



(C) *Reducción terminada*

NOTA:

A = 1/8 de la circunferencia de la tubería pequeña;
B = 3/12 diferencia entre circunferencias;
C = 2/12 diferencia entre circunferencias;
D = 1/12 diferencia entre circunferencias;
E = 1 1/2 × D.E. de la tubería mayor.

FIGURA 66
Reducción excéntrica, con parte plana.

Nota. Después que se han cortado los brazos, achaflanar los bordes. Los brazos están ahora listos para ser doblados. Primeramente, se debe calentar la pieza inferior y doblarla de forma que corresponda a la curvatura de la tubería más pequeña, luego calentar la parte superior del brazo en la línea *Y-Z* y doblarlo. Luego doblar los demás brazos y recortar los extremos según se desee.

Para formar los brazos de un tamaño correcto, usar un trozo de tubería con un diámetro exterior que sea aproximadamente igual al diámetro interior de la tubería más pequeña.

Nota. La excéntrica se puede alargar o acortar según las necesidades del empleo.

Nota. Para encontrar la circunferencia exterior de una tubería, multiplicamos el diámetro exterior de ésta por 3,1416 y le sumamos 1/8 de pulgada, ya que la mayoría de las tuberías son ligeramente sobredimensionadas.

Reducción excéntrica de dos cortes (reducción tipo bisagra)

Fórmula:

A = D.E. de la tubería mayor;
B = bisagra de 2 pulgadas;
$D = G + 1$ pulgada (aproximadamente);
E = 1/2 de la diferencia entre las dos circunferencias;
F = distancia de Y a L;
$G = E \times 0{,}3$;
H = distancia de L a P;
$K = H$.

1. Dividir la superficie de la tubería en cuatro partes iguales cerca del extremo, comenzando por la parte superior.

Dibujar líneas rectas partiendo del extremo de la tubería de cada línea de a cuarto, que sean iguales a la longitud de una vez y media el diámetro de la tubería mayor. Numerar estas líneas 1, 2, 3 y 4 como se muestra en la figura 67 (*B*).

2. Trazar las distancias *A* y *D* en la línea 3, fijando la línea *C* y el punto *J*. Usando la faja como guía, trazar una línea de tiza alrededor de la tubería para la línea *C* [v. fig. 67 (*A*)].

Nota. *D* no es constante; ésta varía con el tamaño de la excéntrica. Por consiguiente, la fórmula anterior para *D* es solamente una aproximada.

3. Hallar *E* y trazar esta distancia una mitad encima y la otra mitad debajo de la línea 4. Dibujar líneas rectas de tiza hasta la línea *C* y numerar estas líneas 5 y 6. Entonces, usando la faja como guía, dibujar una línea de tiza desde el punto *J* hasta la línea 6, fijando el punto *P*.

4. El punto *L* se halla en la intersección de las líneas 4 y *C*. Usando una faja como guía, unir los puntos *L* y *P*.

5. En la intersección de *C* y la línea 1, trazar *B*, la mitad a cada lado de la línea 1, fijando los puntos *Y*.

6. Trazar la distancia *G* a partir de *L* en la línea 4, hallando *M*. Unir *Y* y *M* con una línea recta de tiza.

7. Con la faja y usando *Y* como punto de apoyo, y *F* igual a *Y-L* como radio, dibujar un arco a través de *Y-M* y hallar el punto *N*. Marcar la dimensión *H* en la faja y trazar esta distancia desde el punto *N* hasta la línea 5, obteniendo el punto *R*.

8. Trazar una línea de tiza desde *R* hasta la línea 1, obteniendo *S*.

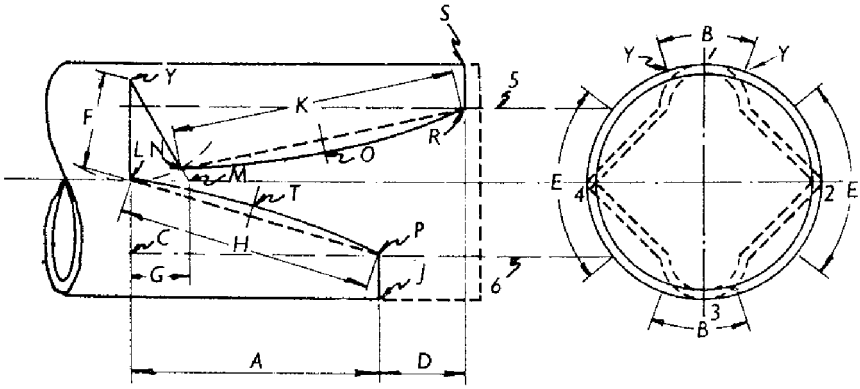
9. Partiendo del centro de la línea *H*, medir 1/4 de pulgada fijando *T*. Unir los puntos *L-T-P* con una línea

de tiza. Desde el centro de la línea *K*, medir 1/4 de pulgada, obteniendo *O*. Unir los puntos *N-O-R* con una línea de tiza.

Nota. *S-R*, *R-O-N*, *N-Y*, *Y-L*, *L-T-P* y *P-J* serán las líneas de corte.

10. Trazar estos puntos en el otro lado de la tubería para completar la parte excéntrica.

Nota. 1. Con un soplete de corte, separar el metal del área limitada por *S*, *R*, *L*, *P* y *J*, dejando las zonas entre *L*, *N* e *Y* sin cortar hasta que se hayan formado los extremos más pequeños.



(A) *Vista lateral* (B) *Vista por un extremo*

FIGURA 67
Reducción excéntrica de dos cortes.

2. Con una boquilla de soldar grande, calentar al rojo las zonas desde *J*, *P* hasta *L* y forjarlas adaptándolas a la forma de la tubería más pequeña, disminuyendo desde *P* hasta *L*. Repetir en la pieza superior desde *S*, *R* hasta *N*.

3. Después de formar los extremos, cortar las zonas entre *L*, *N* e *Y*. Luego calentar la bisagra entre los puntos *Y*.

bajamos la parte superior hasta encontrar la porción inferior. Recalentar y recortar siempre que sea necesario. Abrir y achaflanar los bordes. Calentar de nuevo la bisagra y poner la porción superior en la posición requerida, quedando la parte excéntrica lista para la soldadura.

METODOS PARA AISLAR UNA TUBERIA

Piel de naranja (tapa)

La piel de naranja o tapa [fig. 68 (*C*)] es un método para aislar o tapar el extremo de una tubería. La tapa se puede usar para cualquier tamaño de tubería o cualquier cantidad de presión.

1. Partiendo de la tabla 14, determinar el número de brazos para el tamaño de la tubería. Dividir la superficie exterior de la tubería cerca del extremo en un número de partes que sea igual al número de brazos. Luego dibujar líneas desde el extremo de la tubería en estos puntos de división. Estas líneas son las de referencia.

2. Medir la distancia *A* (v. la tabla 14) a partir del extremo de la tubería. Entonces, trazar la línea de base alrededor de la tubería en el punto señalado [v. fig. 68 (*B*)].

3. Dibujar una plantilla para un brazo en un pedazo de papel como se muestra en la figura 68 (*A*), de la manera siguiente:

a) dibujar una línea recta que sea igual en longitud a la dimensión *A*;
b) dividir la línea en tres partes iguales;
c) dibujar líneas en estos tres puntos en ángulo recto con la línea central;

d) obtener las dimensiones *E*, *B* y *C* en la tabla 14 y trazarlas en las líneas *X*, *Y* y *Z*;
e) unir los extremos de estas líneas y el punto *F* con líneas rectas;
f) cortar la plantilla con una cuchilla o tijeras.

4. Colocar la plantilla en la tubería, alineando la línea central de la plantilla con una de las líneas de referencia. Entonces, marcar alrededor de la plantilla con un jabón de sastre para trazar un brazo. Repetir este proceso en todas las líneas de referencia para dibujar todos los brazos que son necesarios para completar la tapa.

TABLA 14

Datos para las pieles de naranja (tapas)

Diámetro de la tubería (pulgadas)	Núm. de brazos	*A* (pulgadas)	*B* (pulgadas)	*C* (pulgadas)	*E* (pulgadas)
1 1/2	4	1 1/2	1 1/2	1 5/16	3/4
2	4	1 7/8	1 7/8	1 5/8	15/16
2 1/2	4	2 1/4	2 1/4	1 31/32	1 1/8
3	4	2 3/4	2 3/4	2 13/32	1 3/8
3 1/2	4	3 1/8	3 1/8	2 3/4	1 9/16
4	4	3 1/2	3 17/32	3 1/16	1 3/4
5	5	4 3/8	3 1/2	3 1/16	1 3/4
6	5	5 1/4	4 1/8	3 5/8	2 1/16
8	5	6 3/4	5 3/8	4 3/4	2 11/16
10	7	8 1/2	4 13/16	4 1/4	2 3/8
12	8	10	5	4 3/8	2 1/2

Nota. Al hacer un corte, hacerlo en forma radial; esto es, apuntar la boquilla del soplete hacia el centro de la tubería durante todo el tiempo. Achaflanar los bordes de todos los brazos en un ángulo de 45°. Luego, calentar los brazos y doblarlos hasta obtener la forma requerida.

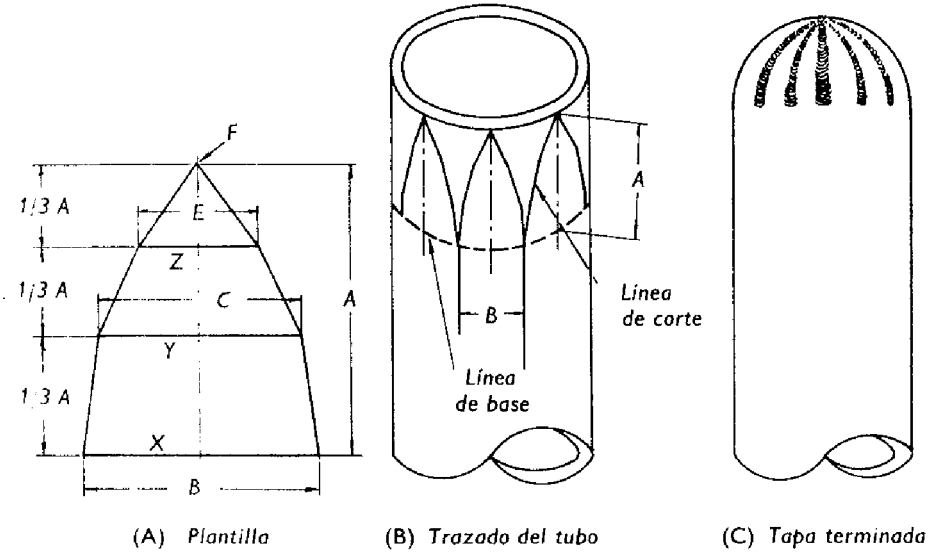


FIGURA 68
Piel de naranja (tapa).

Tapón macho

El tapón macho [fig. 69 (*B*)] es una tapa o casquete colocado en el extremo de una tubería. El extremo de la tubería se traza exactamente igual que el injerto para la T de tamaño natural (v. pág. 112).

Trazado de la tapa

1. En un trozo de tubería que tenga el mismo tamaño que la tubería que se va a tapar, se traza una línea central [v. fig. 69 (*A*)].

2. Dividir la línea central en cuatro partes iguales, comenzando en la parte superior de la tubería (v. pág. 97). Entonces, dibujar una línea recta en la tubería en cada marca de a cuarto. Numeramos estas líneas de la manera

siguiente: el número 3 en la parte superior, el 4 en la inferior y los números 1 y 2 en lo lados.

3. Marcar los puntos *A* y *B* en la línea 3 a cada lado de la línea central. La distancia de *A* y *B* a la línea central debe ser igual a la mitad del diámetro interior de la tubería.

Nota. Los puntos *C* estarán en la intersección de la línea central y las líneas 1 y 2.

4. Alinear una faja con los puntos *C*, *A* y *C*, y trazar una línea de tiza que una estos puntos. Entonces, unir los puntos *C*, *B* y *C*.

5. Marcar el punto *D* en ambos lados de la tubería. La distancia de *C* a *D* debe ser igual a dos veces el espesor de la pared de la tubería.

6. Dibujar una línea curva a mano alzada que una los puntos *A*, *B*, *D* y *D*. Esta línea será la de corte.

Nota. Usar un corte radial cuando se corte la pieza de la tapa.

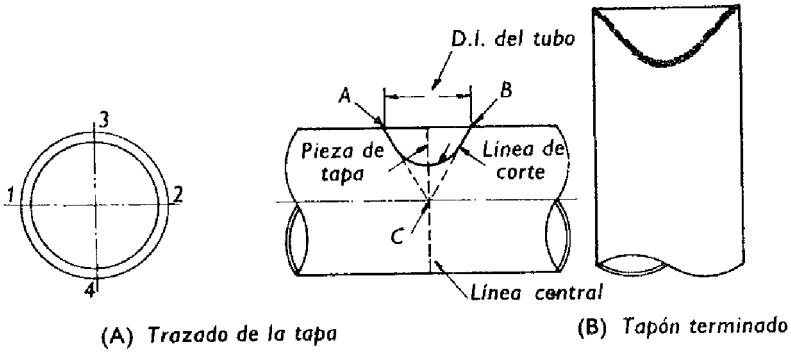


FIGURA 69
Tapón macho.

Trazado del extremo del tubo

1. Dividir la superficie exterior del tubo en cuatro partes iguales en el extremo del mismo. Trazar líneas rectas

desde el extremo del tubo en cada una de las marcas. Numerar cada línea del 1 al 4, como se indica en la figura 70.

2. Observar que la dimensión *E* es igual a la mitad del diámetro exterior del tubo. En las líneas 3 y 4, medir la distancia desde el extremo del tubo, fijando los puntos *F*. El punto *H* se fijará en el extremo del tubo en la línea 1. El punto *J* se fijará en el extremo del tubo en la línea 2.

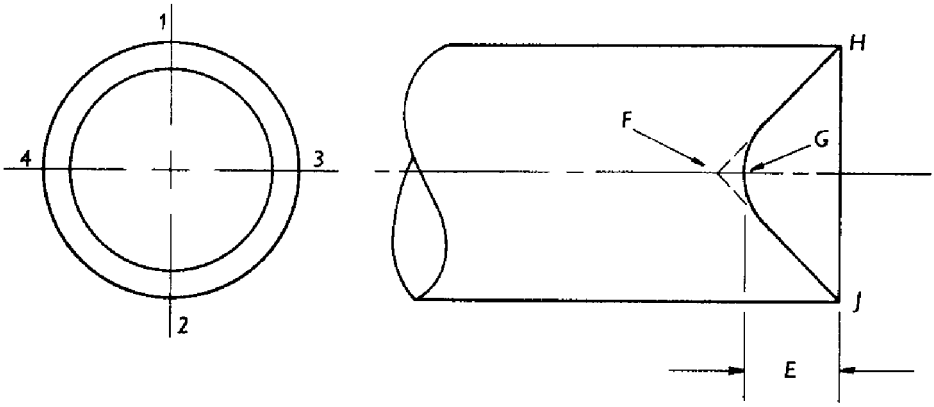


FIGURA 70
Trazado del extremo del tubo para un tapón macho.

3. Alinear una faja con los puntos *F*, *H* y *F*. Unir estos tres puntos *F*, *J* y *F* de la misma.

4. En la línea 3, fijar el punto *G*. La distancia de *F* a *G* será igual a dos veces el espesor del tubo. Unir el punto *G* con las líneas *F*-*H* y *J*-*F* con una línea curva suave a mano alzada. Repetir en el lado opuesto del tubo en la línea 4.

Nota. Emplear un corte radial al cortar el extremo del tubo y achaflanar en caso necesario.

CRUZ DE TAMAÑO NATURAL

Trazado de las líneas de corte

1. Dividir la superficie del tubo en cuatro partes iguales en el extremo del mismo (v. pág. 97). Trazar líneas rectas desde el extremo del tubo en cada una de las marcas. Numerar cada línea del 1 al 4, como se indica en la figura 71 (*B*).

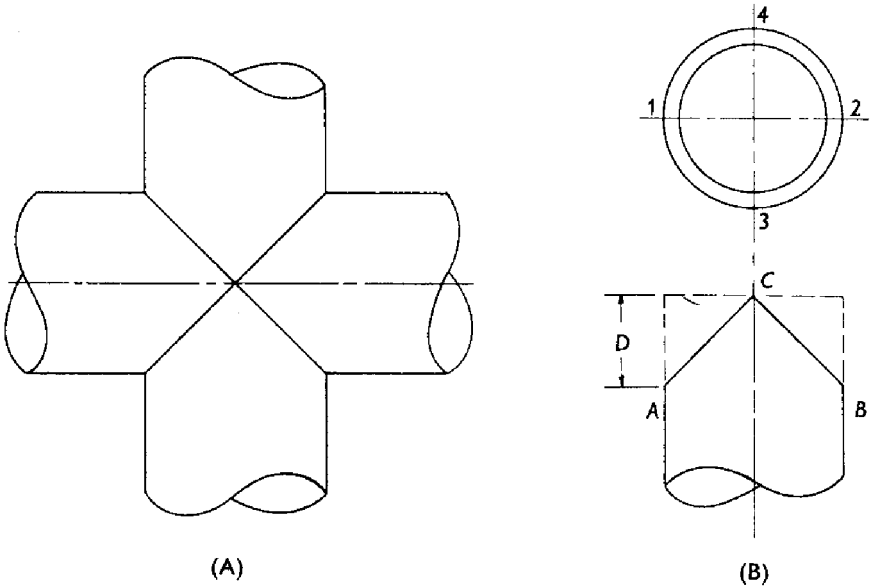


FIGURA 71
Cruz de tamaño natural.

2. Observar que la medida *D* es igual a la mitad del diámetro exterior del tubo. En las líneas 1 y 2, medir la distancia *D* desde el extremo del tubo, fijando los puntos *A* y *B*. Los puntos *C* se fijarán en las líneas 3 y 4 en el extremo del tubo.

3. Alinear una faja alrededor de los puntos *C*, *A* y *C* y unir estos tres puntos con una línea de tiza. Luego, unir los puntos *C*, *B* y *C* del mismo modo. Estas líneas de tiza serán las líneas de corte.

Nota. Los cuatro tubos se trazarán del mismo modo. Hacer cortes a inglete y achaflanar en caso necesario.

INJERTO EN LA PARTE POSTERIOR DE UN CODO

Trazado del injerto

1. Soldar ligeramente por puntos el injerto en la parte posterior del codo. Luego soldar un tirante para sujetar las dos piezas.

2. Emplear un trozo recto de madera afilado en un extremo, como regla. Trazar la distancia *X* desde el extremo afilado, fijando el punto *Y* (v. fig. 72). Luego colocar la regla contra el injerto con el extremo afilado tocando el codo. Mantener el lápiz de esteatita en *Y* sobre la regla

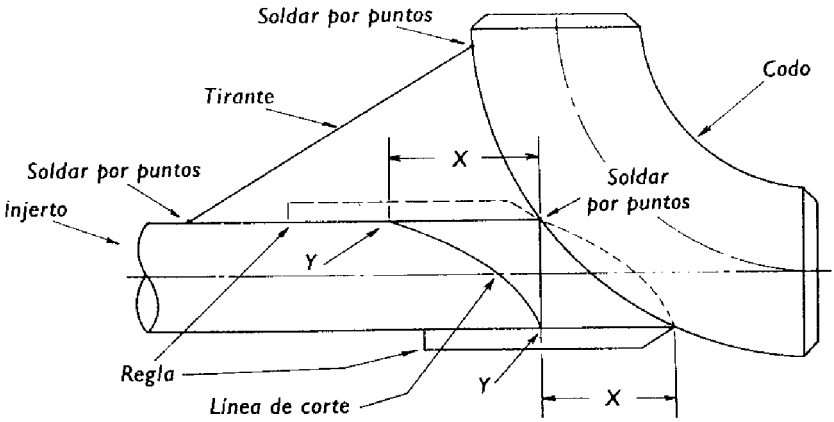


FIGURA 72
Injerto en la parte posterior de un codo.

y hacer girar ésta alrededor del injerto, manteniendo el extremo puntiagudo en contacto con el codo en todo momento. De este modo, se obtiene la línea de corte.

3. Si el injerto es demasiado largo para soldar, se emplea un tubo corto para obtener la línea de corte. Después, se trasladan las líneas de corte al tubo más largo.

4. Efectuar un corte radial y achaflanar el borde.

Trazado del agujero en el codo

1. Colocar el injerto y marcar la línea de corte del agujero empleando el extremo del tubo como guía de la esteatita.

2. Mantener la boquilla del soplete paralela al eje del codo en todo momento al efectuar el corte. Cortar dentro de la línea del agujero, ya que éste debe ser igual al diámetro interior del injerto. No achaflanar el agujero. El injerto no entrará en él.

FORMULA DE DESCENTRO SOLDADO

Angulo de corte = mitad del ángulo de la escuadra;
A = distancia retrocedida = D.E. de la tubería × tangente del ángulo de corte[1];
recorrido = altura × cosecante del ángulo de la escuadra;
tramo = altura × cotangente del ángulo de la escuadra.

[1] Ver la tabla trigonométrica, páginas 198 a 200, para las constantes; esto es, los valores de las cosecantes y cotangentes.

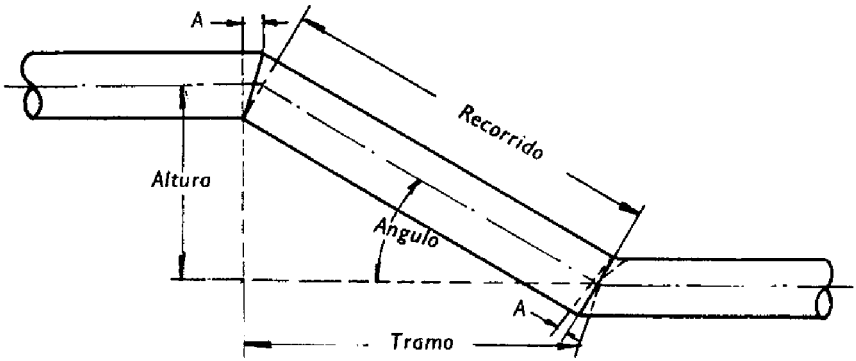


FIGURA 73
Descentro soldado.

DESCENTROS DESVIADOS SOLDADOS

Fórmula:

$$A = \sqrt{\text{desviación}^2 + \text{altura}^2};$$

ángulo $B = A \div$ avance = tangente del ángulo B;
longitud de la pieza del recorrido entre centros = cosecante del ángulo $B \times$ la distancia A.

Ejemplo:

Trazar un descentro desviado soldado (v. fig. 74), dadas las dimensiones siguientes: desviación 10 pulgadas, altura 24 pulgadas, avance 36 pulgadas y diámetro de la tubería 4 pulgadas.

1. Encontrar el ángulo de corte:

$A = \sqrt{\text{desviación}^2 + \text{altura}^2}$;
$A = \sqrt{10^2 + 24^2} = \sqrt{100 + 576} = \sqrt{676} = 26$ pulgadas;
tangente del ángulo $B = A \div$ avance;
tangente del ángulo $B = 26 \div 36 = 0{,}72222$;
ángulo $B = 36^o$ (v. tabla trigonométrica, págs. 198-200);
ángulo de corte $= 36 \div 2 = 18^o$.

2. Encontrar la longitud de la pieza del recorrido:

longitud de la pieza del recorrido = cosecante del ángulo B × distancia A;
longitud de la pieza del recorrido = cosecante de 36° × × 26 = 1,7013 × 26 = 44,233 pulgadas o 44 1/4 pulgadas (v. tabla trigonométrica).

3. Trazar las líneas de corte en la pieza del recorrido (v. págs. 100-101).

4. Fijar el punto X en los tramos.

Nota. Las líneas centrales de los cortes en los tramos se deben fijar en X, un arco de F pulgadas (v. pág. 97) a partir del centro superior de la tubería para producir la desviación requerida. El número de grados de la desviación es igual al ángulo C.

a) Encontrar el ángulo C:
cotangente del ángulo C = altura ÷ desviación;
cotangente del ángulo C = 24/10 = 2,4000;
ángulo C = 22 1/2° (v. tabla trigonométrica).

b) Encontrar la longitud del arco F:
arco F = radio × ángulo C × 0,01745;
arco F = 2,25 pulgadas × 22,5° × 0,01745 = 7/8 de pulgada.

c) Trazar el arco F a partir del centro superior de la tubería, fijando el punto X, la línea central de corte.

5. Trazar las líneas de a cuarto en los tramos desde el punto X. Entonces, dibujar las líneas de corte en los tramos.

---

[1] El diámetro exterior de la tubería de 4 pulgadas es 4 1/2 pulgadas. El radio es la mitad del D.E. o 4 1/2 ÷ 2 = 2 1/4 pulgadas.

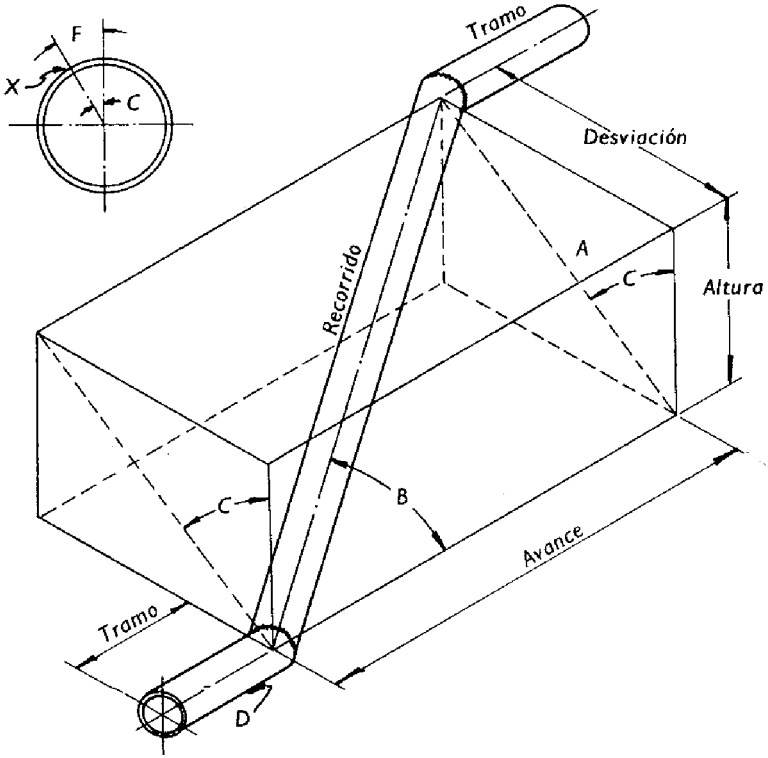


FIGURA 74
Descentro desviado soldado.

CARTABONES ANGULARES

Para los valores de las fórmulas siguientes, ver figura 75.

Cartabones angulares de 30° × 60°

Fórmulas:

$A = B \times 0{,}577;$
$B = A \times 1{,}732;$
$C = A \times 2{,}000;$
$C = B \times 1{,}155;$

D = ancho del angular ($D = G$ para un cartabón de una pieza);
$E = D \times 3{,}732$;
$F = D \times 1{,}732$;
$G = D -$ grueso del metal.

Ejemplo (cartabón de tres piezas):

Determinar las dimensiones necesarias para un cartabón angular de 30º × 60º de tres piezas, si la dimensión A es de 18 pulgadas y el ancho del angular es de 2 pulgadas:

$A = 18$;
$B = 18 \times 1{,}732 = 31{,}176$ pulgadas o 2 pies 7 3/16 pulgadas;
$C = 18 \times 2{,}000 = 36$ pulgadas o 3 pies;
$D = 2$ pulgadas;
$E = 2 \times 3{,}732 = 7{,}464$ pulgadas o 7 15/32 pulgadas;
$F = 2 \times 1{,}732 = 3{,}464$ pulgadas o 3 15/32 pulgadas.

Ejemplo (cartabón de una pieza):

Trazar el cartabón especificado anteriormente en una pieza. El espesor del metal es de 1/4 de pulgada:

$A = 18$ pulgadas;
$B = 18 \times 1{,}732 = 31{,}176$ pulgadas o 2 pies 7 3/16 pulgadas;
$C = 18 \times 2{,}000 = 36$ pulgadas o 3 pies;
$D = 1{,}75$ pulgadas;
$E = 1{,}75 \times 3{,}732 = 6{,}531$ pulgadas o 6 17/32 pulgadas;
$F = 1{,}75 \times 1{,}732 = 3{,}031$ pulgadas o 3 1/32 pulgadas;
$G = 2 - 0{,}25 = 1{,}75$ pulgadas o 1 3/4 pulgadas.

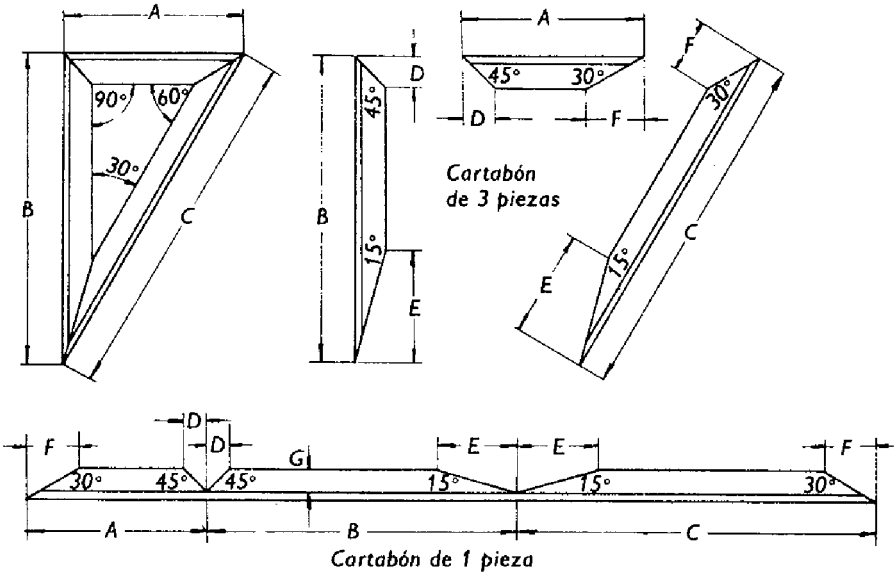


FIGURA 75
Cartabones angulares de 30 × 60°.

Cartabones angulares de 45°

Para los valores de las fórmulas siguientes, ver figura 76.

Fórmulas:

$A = B$;
$B = A$;
$C = A \times 1{,}414$;
$D =$ ancho del angular ($D = G$ para un cartabón de una pieza);
$E = D \times 2{,}414$;
$F = D \times 2{,}414$;
$G = D -$ grueso del metal.

Ejemplo (cartabón de tres piezas):

Determinar las dimensiones para un cartabón angular

de 45° de tres piezas, si la dimensión A es de 14 pulgadas y el ancho del angular es de 3 pulgadas:

B = 14 pulgadas;
C = 14 × 1,414 = 19,796 pulgadas o 1 pie 7 25/32 pulgadas;
D = 3 pulgadas;
E = 3 × 2,414 = 7,242 pulgadas o 7 1/4 pulgadas;
F = 3 × 2,414 = 7,242 pulgadas o 7 1/4 pulgadas.

Ejemplo (cartabón de una pieza):

Trazar el cartabón especificado anteriormente en una pieza. El espesor del metal es de 1/4 de pulgada:

A = 14 pulgadas;
B = 14 pulgadas;
C = 14 × 1,414 = 19,706 pulgadas o 1 pie 7 25/32 pulgadas;
D = 3 − 0,25 = 2,75 pulgadas o 2 3/4 pulgadas;
E = 2,75 × 2,414 = 6,638 pulgadas o 6 5/8 pulgadas;
F = 2,75 × 2,414 = 6,638 pulgadas o 6 5/8 pulgadas;
G = 3 − 0,25 = 2,75 pulgadas o 2 3/4 pulgadas.

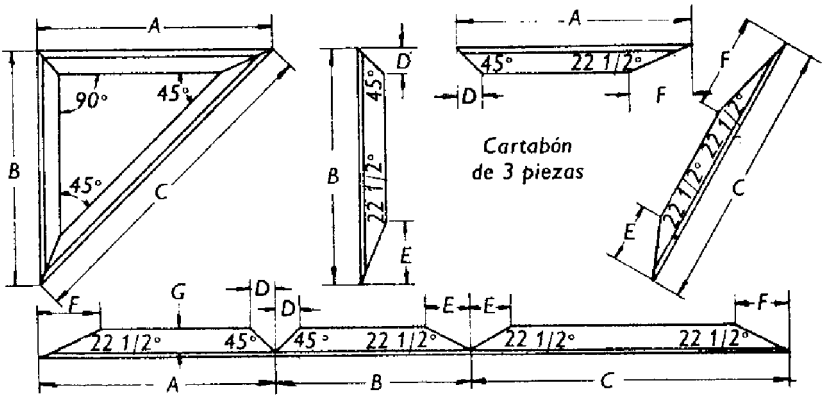


FIGURA 76
Cartabones angulares de 45°.

FABRICACION DE ACCESORIOS A PARTIR DE CODOS DE 90°

Fórmulas:

A = radio del codo;
$B = A - 1/2$ del D.E. del codo;
$C = A + 1/2$ del D.E. del codo;
D = grados del accesorio requerido;
$E = D \times B \times 0{,}01745$;
$F = D \times A \times 0{,}01745$;
$G = D \times C \times 0{,}01745$.

1. Dividir la superficie del codo en cuatro partes iguales en ambos extremos, como se muestra en la figura 77 (*B*).

2. Dibujar líneas rectas que unen estos puntos, usando la faja como guía.

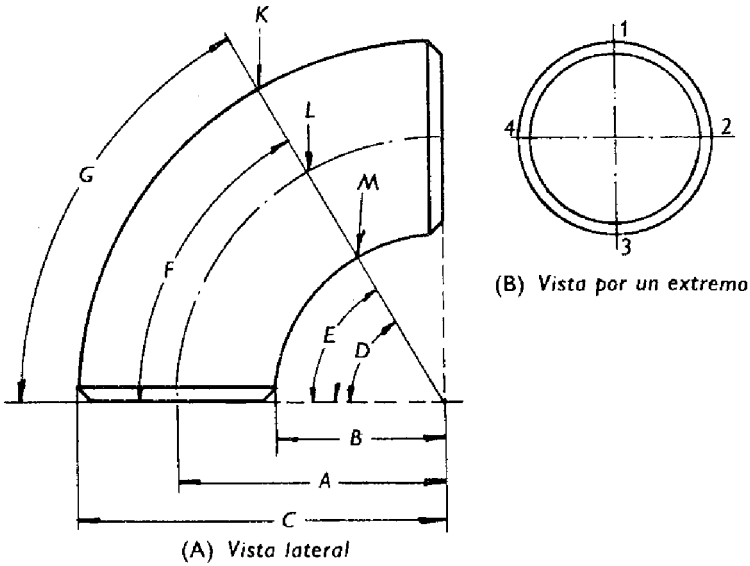


FIGURA 77
Codo de 90°.

3. Determinar las longitudes de los arcos *E*, *F* y *G* usando las fórmulas anteriores. Trazar el arco *G* en la línea 1 a partir del frente del accesorio, fijando el punto *K*. Trazar el arco *F* en las líneas 2 y 4, fijando los puntos *L*. Proyectar el arco *E* en la línea 3, fijando el punto *M*.

4. Usando la faja, unir los puntos *L*, *K* y *L* en las líneas 1, 2 y 4 con una línea de tiza. Luego dibujar una línea a través de los puntos *L*, *M* y *L* en las líneas 2, 3 y 4. La línea formada es la línea de corte.

Nota. Hacer un corte a inglete y achaflanar los bordes.

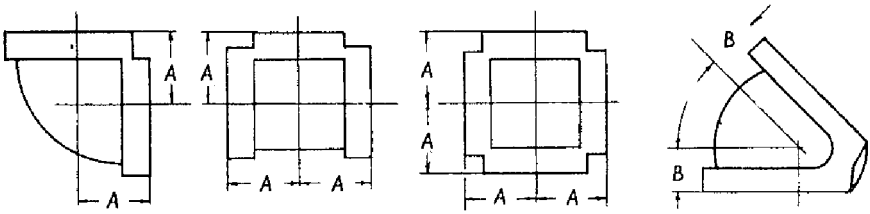
4
TABLAS DE CONSULTA

TABLA 15

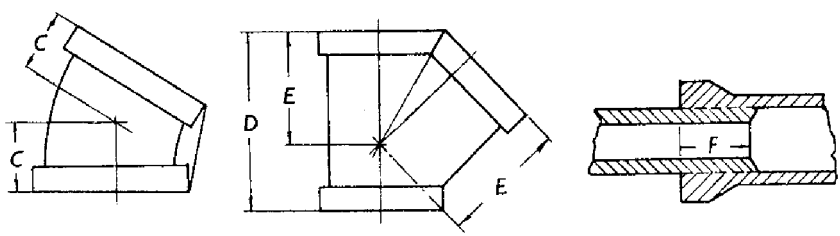
Accesorios roscados de hierro fundido

Diámetro de tubería (pulgadas)	Dimensiones en pulgadas					
	A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*
1/4	0,812	0,720				0,312
3/8	0,937	0,812				0,375
1/2	1,125	0,875	0,750	2,500	1,875	0,437
3/4	1,312	1,000	0,875	3,000	2,125	0,500
1	1,437	1,125	1,000	3,500	2,750	0,562
1 1/4	1,750	1,312	1,125	4,250	3,250	0,562
1 1/2	1,937	1,437	1,250	4,875	3,812	0,562
2	2,250	1,687	1,437	5,750	4,500	0,625
2 1/2	2,687	1,937	1,562	6,750	5,187	0,875
3	3,125	2,187	1,750	7,875	6,125	1,000
3 1/2	3,437	2,375		8,875	6,875	1,062
4	3,750	2,625	2,062	9,750	7,625	1,062
5	4,437	3,062	2,250	11,625	9,250	1,187
6	5,125	3,437	2,437	13,437	10,750	1,187
8	6,500	4,250		16,937	13,625	1,312
10	7,875	5,187		20,687	16,750	1,500
12	9,250	6,000		24,125	19,625	1,625

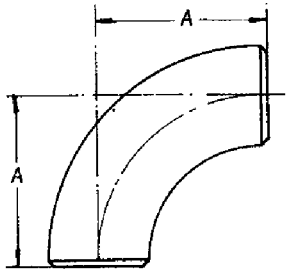
Nota. Para cambiar los decimales en fracciones, ver la tabla 37 de equivalentes decimales.



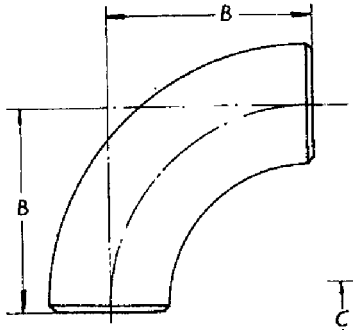
Codo de 90° Te Cruz Codo de 45°



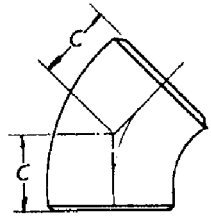
Codo de 22 1/2° Injerto en Y Manguito roscado



Codo de 90° de radio corto



Codo de 90° de radio largo

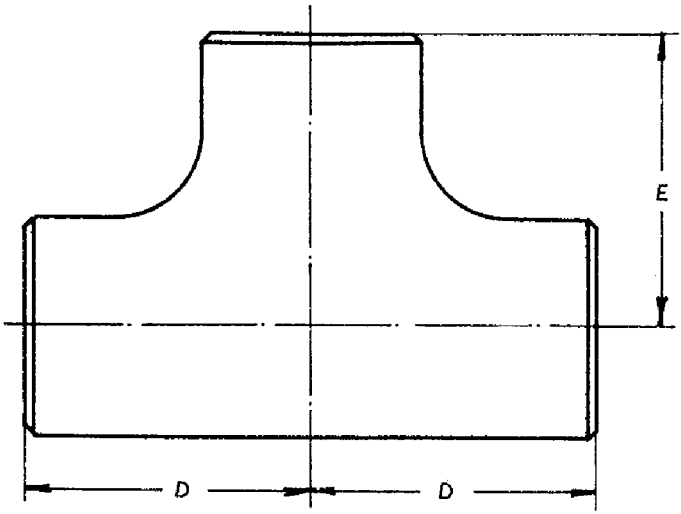


Codo de 45°

TABLA 16

Accesorios soldados a tope de acero (normales y extrapesados)

Diámetro de tubería (pulgadas)	Dimensiones en pulgadas del centro al extremo		
	A	*B*	*C*
1	1	1 1/2	7/8
1 1/4	1 1/4	1 7/8	1
1 1/2	1 1/2	2 1/4	1 1/8
2	2	3	1 3/8
2 1/2	2 1/2	3 3/4	1 3/4
3	3	4 1/2	2
3 1/2	3 1/2	5 1/4	2 1/4
4	4	6	2 1/2
5	5	7 1/2	3 1/8
6	6	9	3 3/4
8	8	12	5
10	10	15	6 1/4
12	12	18	7 1/2

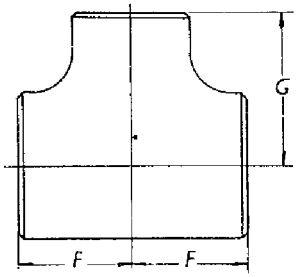


Te

TABLA 16 *(Continuación)*

Accesorios soldados a tope de acero (normales y extrapesados)

Diámetro de tubería (pulgadas)	Dimensiones en pulgadas del centro al extremo	
	D	*E*
1	1 1/2	1 1/2
1 1/4	1 7/8	1 7/8
1 1/2	2 1/4	2 1/4
2	2 1/2	2 1/2
2 1/2	3	3
3	3 3/8	3 3/8
3 1/2	3 3/4	3 3/4
4	4 1/8	4 1/8
5	4 7/8	4 7/8
6	5 5/8	5 5/8
8	7	7
10	8 1/2	8 1/2
12	10	10

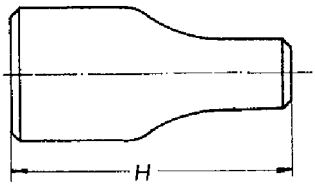


T de reducción

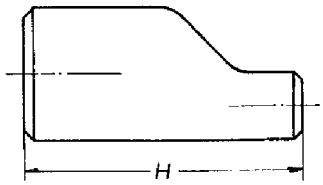
TABLA 16 *(Continuación)*

Accesorios soldados a tope de acero (normales y extrapesados)

Diámetro de tubería (pulgadas)	Dimensiones (pulgadas) del centro al extremo		Diámetro de tubería (pulgadas)	Dimensiones (pulgadas) del centro al extremo	
	F	*G*		*F*	*G*
1 × 1/2	1 1/2	1 1/2	4 × 2	4 1/8	3 1/2
× 3/4	1 1/2	1 1/2	4 × 2 1/2	4 1/8	3 3/4
1 1/4 × 1/2	1 7/8	1 7/8	4 × 3	4 1/8	3 7/8
1 1/4 × 3/4	1 7/8	1 7/8	4 × 3 1/2	4 1/8	4
1 1/4 × 1	1 7/8	1 7/8	5 × 2	4 7/8	4 1/8
1 1/2 × 1/2	2 1/4	2 1/4	5 × 2 1/2	4 7/8	4 1/4
1 1/2 × 3/4	2 1/4	2 1/4	5 × 3	4 7/8	4 3/8
1 1/2 × 1	2 1/4	2 1/4	5 × 3 1/2	4 7/8	4 1/2
1 1/2 × 1 1/4	2 1/4	2 1/4	5 × 4	4 7/8	4 5/8
2 × 3/4	2 1/2	1 3/4	6 × 2 1/2	5 5/8	4 3/4
2 × 1	2 1/2	2	6 × 3	5 5/8	4 7/8
2 × 1 1/4	2 1/2	2 1/4	6 × 3 1/2	5 5/8	5
2 × 1 1/2	2 1/2	2 3/8	6 × 4	5 5/8	5 1/8
2 1/2 × 1	3	2 1/4	6 × 5	5 5/8	5 3/8
2 1/2 × 1 1/4	3	2 1/2	8 × 3	7	6
2 1/2 × 1 1/2	3	2 5/8	8 × 3 1/2	7	6
2 1/2 × 2	3	2 3/4	8 × 4	7	6 1/8
3 × 1	3 3/8	2 5/8	8 × 5	7	6 3/8
3 × 1 1/4	3 3/8	2 3/4	8 × 6	7	6 5/8
3 × 1 1/2	3 3/8	2 7/8	10 × 4	8 1/2	7 1/4
3 × 2	3 3/8	3	10 × 5	8 1/2	7 1/2
3 × 2 1/2	3 3/8	3 1/4	10 × 6	8 1/2	7 5/8
3 1/2 × 1 1/2	3 3/4	3 1/8	10 × 8	8 1/2	8
3 1/2 × 2	3 3/4	3 1/4	12 × 5	10	8 1/2
3 1/2 × 2 1/2	3 3/4	3 1/2	12 × 6	10	8 5/8
3 1/2 × 3	3 3/4	3 5/8	12 × 8	10	9
4 × 1 1/2	4 1/8	3 3/8	12 × 10	10	9 1/2



Reducción concéntrica



Reducción excéntrica

TABLA 16 *(Continuación)*

Accesorios soldados a tope de acero (normales y extrapesados)

Diámetro de tubería (pulgadas)	*H* (pulgadas)	Diámetro de tubería (pulgadas)	*H* (pulgadas)
1 × 1/2	2	4 × 2	4
1 × 3/4	2	4 × 2 1/2	4
1 1/4 × 1/2	2	4 × 3	4
1 1/4 × 3/4	2	4 × 3 1/2	4
1 1/4 × 1	2	5 × 2	5
1 1/2 × 1/2	2 1/2	5 × 2 1/2	5
1 1/2 × 3/4	2 1/2	5 × 3	5
1 1/2 × 1	2 1/2	5 × 3 1/2	5
1 1/2 × 1 1/4	2 1/2	5 × 4	5
2 × 3/4	3	6 × 2 1/2	5 1/2
2 × 1	3	6 × 3	5 1/2
2 × 1 1/4	3	6 × 3 1/2	5 1/2
2 × 1 1/2	3	6 × 4	5 1/2
2 1/2 × 1	3 1/2	6 × 5	5 1/2
2 1/2 × 1 1/4	3 1/2	8 × 3 1/2	6
2 1/2 × 1 1/2	3 1/2	8 × 4	6
2 1/2 × 2	3 1/2	8 × 5	6
3 × 1 1/4	3 1/2	8 × 6	6
3 × 1 1/2	3 1/2	10 × 4	7
3 × 2	3 1/2	10 × 5	7
3 × 2 1/2	3 1/2	10 × 6	7
3 1/2 × 1 1/4	4	10 × 8	7
3 1/2 × 1 1/2	4	12 × 5	8
3 1/2 × 2	4	12 × 6	8
3 1/2 × 2 1/2	4	12 × 8	8
3 1/2 × 3	4	12 × 10	8
4 × 1 1/2	4		

TABLA 17

Juntas anulares para bridas

Tamaño del tubo	D.I. × D.E. (en pulgadas)	
	Normal	Extra pesada
1/2	1/2 × 1 7/8	1/2 × 2 1/8
3/4	3/4 × 2 1/4	3/4 × 2 5/8
1	1 × 2 5/8	1 × 2 7/8
1 1/4	1 1/4 × 3	1 1/4 × 3 1/4
1 1/2	1 1/2 × 3 3/8	1 1/2 × 3 3/4
2	2 × 4 1/8	2 × 4 3/8
2 1/2	2 1/2 × 4 7/8	2 1/2 × 5 1/8
3	3 × 5 3/8	3 × 5 7/8
3 1/2	3 1/2 × 6 3/8	3 1/2 × 6 1/2
4	4 × 6 7/8	4 × 7 1/8
5	5 × 7 3/4	5 × 8 1/2
6	6 × 8 3/4	6 × 9 7/8
8	8 × 11	8 × 12 1/8
10	10 × 13 3/8	10 × 14 1/4
12	12 × 16 1/8	12 × 16 5/8
14	13 1/4 × 17 3/4	13 1/4 × 19 1/8
16	15 1/4 × 20 1/4	15 1/4 × 21 1/4
18	17 1/4 × 21 5/8	17 × 23 1/2
20	19 1/4 × 23 7/8	19 × 25 3/4
24	23 1/4 × 28 1/4	23 × 30 1/2

TABLA 18

Accesorios con bridas de hierro fundido
(Accesorios con bridas de hierro fundido de 125 libras)

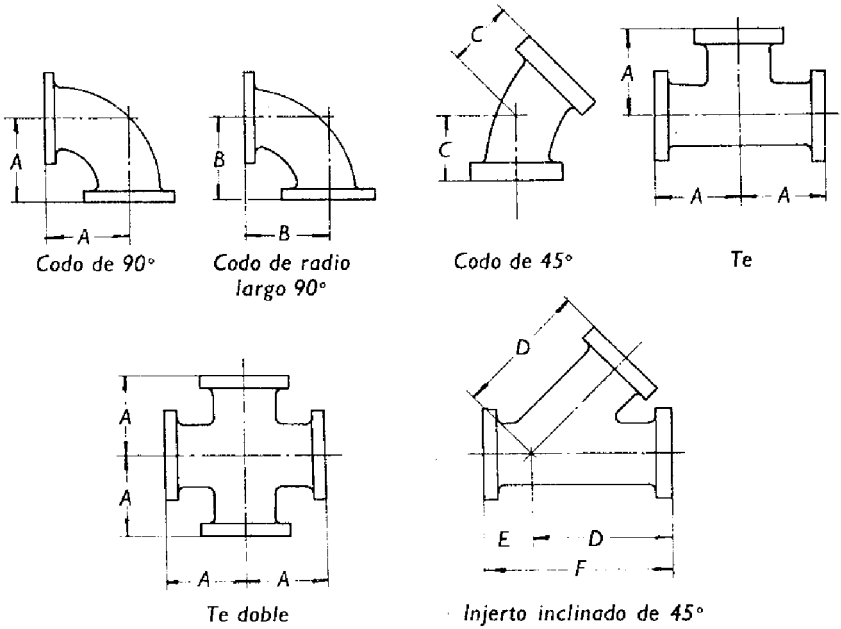
Diámetro	Dimensiones (pulgadas)					
	A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*
2	4 1/2	6 1/2	2 1/2	8	2 1/2	10 1/2
2 1/2	5	7	3	9 1/2	2 1/2	12
3	5 1/2	7 3/4	3	10	3	13
3 1/2	6	8 1/2	3 1/2			
4	6 1/2	9	4	12	3	15
5	7 1/2	10 1/4	4 1/2	13 1/2	3 1/2	17
6	8	11 1/2	5	14 1/2	3 1/2	18
8	9	14	5 1/2	17 1/2	4 1/2	22
10	11	16 1/2	6 1/2	20 1/2	5	25 1/2
12	12	19	7 1/2	24 1/2	5 1/2	30
14	14	21 1/2	7 1/2			
16	15	24	8			
18	16 1/2	26 1/2	8 1/2			
20	18	29	9 1/2			
24	22	34	11			

TABLA 19

Accesorios con bridas de hierro fundido de 250 libras

Diámetro	Dimensiones (pulgadas)					
	A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*
2	5		3	9	2 1/2	11 1/2
2 1/2	5 1/2		3 1/2	10 1/2	2 1/2	13
3	6		3 1/2	11	3	14
3 1/2	6 1/2		4			
4	7		4 1/2	13 1/2	3	16 1/2
5	8		5	15	3 1/2	18 1/2
6	8 1/2		5 1/2	17 1/2	4	21 1/2
8	10		6	20 1/2	5	25 1/2
10	11 1/2		7	24	5 1/2	29 1/2
12	13		8	27 1/2	6	33 1/2

Nota. Las bridas de 250 lb tienen una cara saliente de 1/16 de pulgada.



Accesorios con bridas de hierro fundido.

TABLA 20

Bridas y tornillos normales
(para presión de trabajo hasta de 125 libras)

Diámetro (pulgadas)	Diámetro exterior de brida (pulgadas)	Círculo de agujeros de los tornillos (pulgadas)	Núm. de tornillos	Diámetro de tornillos (pulgadas)	Longitud de tornillos (pulgadas)
3/4	3 1/2	2 1/2	4	3/8	1 1/2
1	4 1/2	3 1/8	4	1/2	1 3/4
1 1/4	4 5/8	3 1/2	4	1/2	2
1 1/2	5	3 7/8	4	1/2	2
2	6	4 3/4	4	5/8	2 1/4
2 1/2	7	5 1/2	4	5/8	2 1/2
3	7 1/2	6	4	5/8	2 1/2
3 1/2	8 1/2	7	8	5/8	2 3/4
4	9	7 1/2	8	5/8	3
5	10	8 1/2	8	3/4	3
6	11	9 1/2	8	3/4	3 1/4
8	13 1/2	11 3/4	8	3/4	3 1/2
10	16	14 1/4	12	7/8	3 3/4
12	19	17	12	7/8	3 3/4
14	21	18 3/4	12	1	4 1/4
16	23 1/2	21 1/4	16	1	4 1/2

TABLA 21

Bridas y tornillos extrapesados

Diámetro de tubería (pulgadas)	Diámetro de las bridas	Diámetro del círculo de agujeros de los tornillos	Número de tornillos	Diámetro de tornillos	Largo de tornillos
1	4 7/8	3 1/2	4	5/8	2 1/2
1 1/4	5 1/4	3 7/8	4	5/8	2 1/2
1 1/2	6 1/8	4 1/2	4	3/4	2 3/4
2	6 1/2	5	8	5/8	2 3/4
2 1/2	7 1/2	5 7/8	8	3/4	3 1/4
3	8 1/4	6 5/8	8	3/4	3 1/2
3 1/2	9	7 1/4	8	3/4	3 1/2
4	10	7 7/8	8	3/4	3 3/4
5	11	9 1/4	8	3/4	4
6	12 1/2	10 5/8	12	3/4	4
8	15	13	12	7/8	4 1/4
10	17 1/2	15 1/4	16	1	5 1/4
12	20 1/2	17 3/4	16	1 1/8	5 1/2
14 D.E.	23	20 1/4	20	1 1/8	6
16 D.E.	25 1/2	22 1/2	20	1 1/4	6 1/4
18 D.E.	28	24 3/4	24	1 1/4	6 1/2
20 D.E.	30 1/2	27	24	1 1/4	6 3/4
24 D.E.	36	32	24	1 1/2	7 3/4
30 D.E.	43	39 1/4	28	1 3/4	8 1/2
36 D.E.	50	46	32	2	9 1/2
42 D.E.	57	52 3/4	36	2	10 1/4
48 D.E.	65	60 3/4	40	2	10 3/4

TABLA 22

Diámetros de brocas para abrir agujeros a roscar con machos para tubos

Diámetro del macho (pulgadas)	Número de hilos por pulgada	Diámetro de la broca	Diámetro del macho (pulgadas)	Número de hilos por pulgada	Diámetro de la broca
1/8	27	11/32	2	11 1/2	2 3/16
1/4	18	7/16	2 1/2	8	2 9/16
3/8	18	37/64	3	8	3 3/16
1/2	14	23/32	3 1/2	8	3 11/16
3/4	14	59/64	4	8	4 3/16
1	11 1/2	1 5/32	4 1/2	8	4 3/4
1 1/4	11 1/2	1 1/2	5	8	5 5/16
1 1/2	11 1/2	1 49/64	6	8	6 5/16

TABLA 23

Tamaños de brocas y machos (grueso standard americano)

Diámetro de broca	Diámetro del macho	Hilos por pulgada	Diámetro de la broca	Diámetro del macho	Hilos por pulgada
7	1/4	20	49/64	7/8	9
F	5/16	18	53/64	15/16	9
5/16	3/8	16	7/8	1	8
U	7/16	14	63/64	1 1/8	7
27/64	1/2	13	1 7/64	1 1/4	7
31/64	9/16	12	1 13/64	1 3/8	6
17/32	5/8	11	1 11/32	1 1/2	6
19/32	11/16	11	1 29/64	1 5/8	5 1/2
21/32	3/4	10	1 9/16	1 3/4	5
23/32	13/16	10	1 11/16	1 7/8	5
—	—	—	1 25/32	2	4 1/2

TABLA 24
Datos de tuberías standard

Diámetro nominal de tubería (pulgadas)	Diámetro interior (pulgadas)	Diámetro exterior (pulgadas)	Circunferencia exterior (pulgadas)	Area interior (pulgadas cuadradas)	Paso por pie lineal	Espesor de pared (pulgadas)
1/8	0,269	0,405	1,272	0,057	0,244	0,068
1/4	0,364	0,540	1,696	0,104	0,424	0,088
3/8	0,493	0,675	2,121	0,191	0,567	0,091
1/2	0,622	0,840	2,639	0,304	0,850	0,109
3/4	0,824	1,050	3,299	0,533	1,130	0,113
1	1,049	1,315	4,131	0,864	1,678	0,133
1 1/4	1,308	1,660	5,215	1,496	2,272	0,140
1 1/2	1,610	1,900	5,969	2,036	2,717	0,145
2	2,067	2,375	7,461	3,356	3,652	0,154
2 1/2	2,469	2,875	9,032	4,788	5,793	0,203
3	3,068	3,500	10,996	7,393	7,575	0,216
3 1/2	3,548	4,000	12,566	9,887	9,109	0,226
4	4,026	4,500	14,137	12,730	10,790	0,237
4 1/2	4,560	5,000	—	15,947	12,538	—
5	5,047	5,563	17,475	20,006	14,617	0,258
6	6,065	6,625	20,813	28,890	18,974	0,280
8	7,981	8,625	27,096	50,027	28,554	0,322
10	10,020	10,750	33,772	78,854	40,483	0,365
12	12,000	12,750	40,055	113,098	48,995	0,375
14	13,250	14,000	43,982	137,886	53,941	0,375
16	15,250	16,000	50,265	182,650	61,746	0,375
18	17,250	18,000	56,549	233,710	69,753	0,375
20	19,250	20,000	62,832	291,039	77,619	0,375
24	23,250	24,000	75,398	424,560	93,509	0,375
26	25,250	26,000	81,682	500,742	101,435	0,375
30	29,250	30,000	94,248	671,959	117,267	0,375
36	35,250	36,000	113,097	975,909	141,017	0,375
42	41,250	42,000	131,947	1701,562	164,640	0,375

TABLA 25

Tubo de cobre (tipo K*)

Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro exterior (pulgadas)	Diámetro interior (pulgadas)	Espesor de pared	Area interior (pulgadas^2)	Peso por pie lineal (libras)
1/4	0,375	0,305	0,035	0,073	0,145
3/8	0,500	0,402	0,049	0,127	0,260
1/2	0,625	0,527	0,049	0,218	0,344
5/8	0,750	0,652	0,049	0,334	0,418
3/4	0,875	0,745	0,065	0,436	0,641
1	1,125	0,995	0,065	0,778	0,839
1 1/4	1,375	1,245	0,065	1,220	1,040
1 1/2	1,625	1,481	0,072	1,720	1,360
2	2,125	1,959	0,083	3,010	2,060
2 1/2	2,625	2,435	0,095	4,666	2,932
3	3,125	2,907	0,109	6,655	4,000
3 1/2	3,625	3,385	0,120	9,000	5,122
4	4,125	3,857	0,134	11,683	6,511
5	5,125	4,805	0,160	18,132	9,672
6	6,125	5,741	0,192	25,883	13,912
8	8,125	7,583	0,271	45,160	25,900
10	10,125	9,449	0,338	70,122	40,322
12	12,125	11,315	0,405	100,555	57,802

* Emplear para tuberías subterráneas de gas, fuel-oil y agua, y para tuberías sanitarias y de calefacción de edificios. Existe de cobre duro y blando. Se puede doblar en frío. Peso: 0,323 lb por pulgada cuadrada.

TABLA 26

Tubo de cobre (tipo L*)

Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro exterior (pulgadas)	Diámetro interior (pulgadas)	Espesor de pared	Area interior (pulgadas^2)	Peso por pie lineal (libras)
1/4	0,375	0,315	0,030	0,078	0,126
3/8	0,500	0,430	0,035	0,145	0,198
1/2	0,625	0,545	0,040	0,233	0,285
5/8	0,750	0,666	0,042	0,348	0,362
3/4	0,875	0,785	0,045	0,484	0,455
1	1,125	1,025	0,050	0,825	0,655
1 1/4	1,375	1,265	0,055	1,260	0,884
1 1/2	1,625	1,505	0,060	1,780	1,111
2	2,125	1,985	0,070	3,090	1,750
2 1/2	2,625	2,465	0,080	4,770	2,480
3	3,125	2,945	0,090	6,811	3,333
3 1/2	3,625	3,425	0,100	9,211	4,290
4	4,125	3,905	0,110	11,950	5,382
5	5,125	4,875	0,125	18,666	7,611
6	6,125	5,845	0,140	26,800	10,201
8	8,125	7,725	0,200	46,860	19,301
10	10,125	9,625	0,250	72,760	30,060
12	12,125	11,565	0,280	105,000	40,390

* Emplear para tuberías sanitarias y de calefacción. Espesor medio de pared. Existe de cobre duro y blando. Se puede doblar en frío. Peso: 0,323 lb por pulgada cuadrada.

TABLA 27

Tubo de cobre (tipo M*)

Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro exterior (pulgadas)	Diámetro interior (pulgadas)	Espesor de pared	Area interior (pulgadas²)	Peso por pie lineal (libras)
1/4	0,375	0,325	0,025	0,083	0,107
3/8	0,500	0,450	0,025	0,159	0,145
1/2	0,625	0,569	0,028	0,254	0,204
5/8	0,750	0,690	0,030	0,374	0,264
3/4	0,875	0,811	0,032	0,517	0,328
1	1,125	1,055	0,035	0,874	0,465
1 1/4	1,375	1,291	0,042	1,310	0,682
1 1/2	1,625	1,527	0,049	1,830	0,940
2	2,125	2,009	0,058	2,170	1,460
2 1/2	2,625	2,495	0,065	4,890	2,030
3	3,125	2,981	0,072	6,980	2,680
3 1/2	3,625	3,459	0,083	9,400	3,580
4	4,125	3,935	0,095	12,200	4,660
5	5,125	4,907	0,109	18,900	6,660
6	6,125	5,881	0,122	27,200	8,920
8	8,125	7,785	0,170	47,590	16,480
10	10,125	9,701	0,212	73,900	25,590
12	12,125	11,617	0,254	106,000	36,710

* Emplear para tuberías de desagües, instalaciones y otras aplicaciones sin presión. No se recomienda curvarlo. Emplear solamente con accesorios de soldadura de estaño. Poco espesor de pared. Existe sólo de cobre duro. Peso: 0,323 lb por pulgada cuadrada.

TABLA 28

Tubo de plástico de cloruro de polivinilo (de impacto normal*)

	Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro exterior (pulgadas)	Diámetro interior (pulgadas)	Espesor de pared	Peso aproximado por pie (libras)	Presión máxima de trabajo a la temperatra máxima de 150°	
						Extremo liso	Roscado
Norma A	1/2	0,840	0,750	0,045	0,070	80	Roscado no recomendado
	3/4	1,050	0,940	0,055	0,104	80	
	1	1,315	1,195	0,060	0,142	70	
	1 1/4	1,660	1,520	0,070	0,211	65	
	1 1/2	1,900	1,740	0,080	0,275	65	
	2	2,375	2,175	0,100	0,428	65	
	2 1/2	2,875	2,635	0,120	0,620	65	
	3	3,500	3,220	0,140	0,885	65	
	4	4,500	4,110	0,195	1,580	65	
Norma 40	1/2	0,840	0,622	0,109	0,152	220	Roscado no recomendado
	3/4	1,050	0,824	0,113	0,203	180	
	1	1,315	1,049	0,133	0,300	170	
	1 1/4	1,660	1,380	0,140	0,405	140	
	1 1/2	1,900	1,610	0,145	0,485	125	
	2	2,375	2,067	0,154	0,653	115	
	2 1/2	2,875	2,469	0,203	1,035	110	
	3	3,500	3,068	0,216	1,352	100	
	4	4,500	4,026	0,237	1,920	85	
	6	6,625	6,065	0,280	3,445	65	

Norma 80	1/2	0,840	0,546	0,147	0,195	310	175
	3/4	1,050	0,742	0,154	0,263	255	150
	1	1,315	0,957	0,179	0,389	240	145
	1 1/4	1,660	1,278	0,191	0,535	195	120
	1 1/2	1,900	1,500	0,200	0,649	175	110
	2	2,375	1,939	0,218	0,892	150	100
	2 1/2	2,875	2,323	0,276	1,385	140	100
	3	3,500	2,900	0,300	1,852	140	95
	4	4,500	3,826	0,337	2,701	120	85
	6	6,625	5,761	0,432	5,152	110	80
Norma 120	1/2	0,840	0,500	0,170	0,218	360	220
	3/4	1,050	0,710	0,170	0,285	270	170
	1	1,315	0,915	0,200	0,425	255	160
	1 1/4	1,660	1,230	0,215	0,593	215	140
	1 1/2	1,900	1,450	0,225	0,721	190	130
	2	2,375	1,875	0,250	1,020	170	120
	2 1/2	2,875	2,275	0,300	1,500	170	110
	3	3,500	2,800	0,350	2,130	160	110
	4	4,500	3,624	0,438	3,382	155	110
	6	6,625	5,501	0,562	6,503	145	110

* La temperatura máxima de trabajo es de 190 °F.

Las longitudes normales son de 10 y 20 pies en extremos lisos.

El fabricante suministra longitudes especiales.

Las uniones se hacen por roscado, pegado con disolución o soldadura.

El tubo se puede doblar. El doblado debe hacerse en caliente. Emplear un calor uniforme de 250 a 275 °F. Evitar el recalentamiento. Evitar el aplastamiento llenando el tubo de arena seca, empleando un muelle helicoidal en la zona de doblado. Enfriar con aire comprimido o agua fría.

TABLA 29

Tubo de plástico de cloruro de polivinilo (de elevado impacto*)

	Diámetro nominal (pulgadas)	Diámetro exterior (pulgadas)	Diámetro interior (pulgadas)	Espesor de pared	Peso aproximado por pie (libras)	Presión máxima de trabajo a la temperatura máxima de 150°	
						Extremo liso	Roscado
Norma A	1/2	0,840	0,750	0,045	0,068	35	Roscado no recomendado
	3/4	1,050	0,940	0,055	0,101	35	
	1	1,315	1,195	0,060	0,138	30	
	1 1/4	1,660	1,520	0,070	0,205	25	
	1 1/2	1,900	1,740	0,080	0,268	25	
	2	2,375	2,175	0,100	0,412	25	
	2 1/2	2,875	2,635	0,120	0,608	25	
	3	3,500	3,220	0,140	0,865	25	
	4	4,500	4,110	0,195	1,545	25	
Norma 40	1/2	0,840	0,622	0,109	0,146	90	Roscado no recomendado
	3/4	1,050	0,824	0,113	0,195	70	
	1	1,315	1,049	0,133	0,289	70	
	1 1/4	1,660	1,380	0,140	0,391	50	
	1 1/2	1,900	1,610	0,145	0,467	45	
	2	2,375	2,067	0,154	0,629	45	
	2 1/2	2,875	2,469	0,203	0,997	45	
	3	3,500	3,068	0,216	1,303	40	
	4	4,500	4,026	0,237	1,857	30	
	6	6,625	6,065	0,280	3,266	30	

Norma 80	1/2	0,840	0,546	0,147	0,187	120	70
	3/4	1,050	0,742	0,154	0,195	100	60
	1	1,315	0,957	0,179	0,289	95	55
	1 1/4	1,660	1,278	0,191	0,391	80	50
	1 1/2	1,900	1,500	0,200	0,467	70	45
	2	2,375	1,939	0,218	0,629	60	40
	2 1/2	2,875	2,323	0,276	0,998	60	40
	3	3,500	2,900	0,300	1,303	55	35
	4	4,500	3,826	0,337	1,855	50	35
	6	6,625	5,761	0,432	3,265	40	30
Norma 120	1/2	0,840	0,500	0,170	0,208	145	90
	3/4	1,050	0,710	0,170	0,273	110	70
	1	1,315	0,915	0,200	0,410	105	65
	1 1/4	1,660	1,230	0,215	0,571	85	55
	1 1/2	1,900	1,450	0,225	0,691	80	55
	2	2,375	1,875	0,250	0,975	70	50
	2 1/2	2,875	2,275	0,300	1,419	70	45
	3	3,500	2,800	0,350	2,027	65	45
	4	4,500	3,624	0,438	3,280	65	45
	6	6,625	5,501	0,562	6,265	55	45

* La temperatura máxima de trabajo es 130 °F.

Las longitudes normales son de 10 y 20 pies con extremos lisos.

El fabricante suministrará longitudes especiales.

Las uniones se hacen roscando, pegando con disolución o soldando con calor.

Los tubos pueden doblarse. El doblado debe hacerse en caliente. Emplear un calor uniforme de 250 a 275 °F. Evitar el recalentamiento. Evitar el aplastamiento llenando el tubo de arena seca, empleando un muelle helicoidal en la zona de doblado. Enfriar con aire comprimido o agua fría.

TABLA 30

Separación entre soportes para tubo de plástico de cloruro de polivinilo

	Diámetro de tubo (pulgadas)	Separación entre soportes en pies. Temperatura en °F					
		60°	80°	100°	120°	130°	140°
Norma 40	1/4	5,50	5,20	4,83	4,20	3,75	3,20
	3/4	5,50	5,20	4,83	4,20	3,75	3,20
	1	6,16	5,75	5,41	4,50	4,00	3,50
	1 1/4	6,16	5,75	5,41	4,50	4,00	3,50
	1 1/2	6,50	6,16	5,75	4,83	4,33	3,75
	2	6,50	6,16	5,75	4,83	4,33	3,75
	2 1/2	7,75	7,20	6,83	5,83	5,16	4,50
	3	7,75	7,20	6,83	5,83	5,16	4,50
	4	8,00	7,50	7,16	6,00	5,41	4,75
	6	8,75	8,20	7,75	6,41	5,83	5,00
Norma 80	1/2	6,50	6,00	5,75	4,83	4,33	3,75
	3/4	6,50	6,00	5,75	4,83	4,33	3,75
	1	7,00	6,66	6,20	5,20	4,66	4,00
	1 1/4	7,33	6,91	6,41	5,50	4,83	4,20
	1 1/2	7,33	6,91	6,41	5,50	4,83	4,20
	2	7,75	7,20	6,83	5,83	5,16	4,50
	2 1/2	9,00	8,50	8,00	6,83	6,00	5,20
	3	9,00	8,50	8,00	6,83	6,00	5,20
	4	9,66	8,91	8,41	7,16	6,41	5,66
	6	10,83	10,16	9,50	8,00	7,20	6,33
Norma 120	1/2	6,83	6,41	6,00	5,00	4,50	3,91
	3/4	6,83	6,41	6,00	5,00	4,50	3,91
	1	7,41	7,00	6,50	5,50	4,91	4,20
	1 1/4	7,75	7,20	6,83	5,83	5,16	4,50
	1 1/2	7,75	7,20	6,83	5,83	5,16	4,50
	2	8,20	7,75	7,20	6,16	5,50	4,83
	2 1/2	9,83	9,20	8,66	7,20	6,50	5,66
	3	9,83	9,20	8,66	7,20	6,50	5,66
	4	11,00	10,20	9,66	8,16	7,33	6,33
	6	12,33	11,50	10,91	9,20	8,20	7,16

TABLA 31

Radio de curvatura de tubo de plástico de cloruro de polivinilo

Diámetro de tubo (pulgadas)	Radio mínimo de curvatura	Diámetro de tubo (pulgadas)	Radio mínimo de curvatura
1/2	2 1/4	2	10
3/4	3 1/2	2 1/2	12 1/2
1	4 1/2	3	15
1 1/4	6 1/4	4	20
1 1/2	7	6	35

TABLA 32

Calibre standard americano para chapas de acero

Número del calibre	Espesor aproximado en fracciones de una pulgada	Espesor aproximado en partes decimales de una pulgada	Peso por pie cuadrado en libras
11	1/8	0,125	5,0
12	7/64	0,109	4,375
13	3/32	0,094	3,75
14	5/64	0,078	3,125
16	1/16	0,062	2,5
18	1/20	0,05	2,0
20	3/80	0,0375	1,5
22	1/32	0,03125	1,25
24	1/40	0,025	1,00
26	3/160	0,01875	0,75
28	1/64	0,0156	0,625
30	1/80	0,0125	0,5

Nota. Para encontrar el peso de la chapa de acero, multiplicamos el espesor en decimales por 40,8. El resultado será el peso en libras por pie cuadrado.

Ejemplo:

Si un trozo de acero laminado tiene 0,005 pulgadas de espesor, su peso es 0,005 veces 40,8, lo que es igual a 0,204 lb por pie cuadrado.

TABLA 33

Información útil sobre distintos materiales

Material	Símbolo químico	Peso en libras por pulgada cuadrada	Peso en libras por pie cuadrado	Punto de fusión (grado Fahrenheit)
Aluminio	Al	0,093	160	1218
Antimonio	Sb	0,2422	418	1150
Latón	. .	0,303	524	1800
Bronce	. .	0,320	552	1700
Cromo	Cr	0,2348	406	2740
Cobre	Cu	0,323	558	2450
Oro	Au	0,6975	1205	1975
Hierro (fundido) . . .	Fe	0,260	450	2450
Hierro (forjado) . . .	Fe	0,2834	490	2900
Plomo	Pb	0,4105	710	620
Manganeso	Mn	0,2679	463	2200
Mercurio	Hg	0,491	849	39,5
Molibdeno	Mo	0,309	534	4500
Monel	. .	0,318	550	2480
Platino	Pt	0,818	1413	3200
Acero (dulce)	Fe	0,2816	490	2600
Acero (inox.)	. .	0,277	484	2750
Estaño	Sn	0,265	459	450
Titanio	Ti	0,1278	221	3360
Cinc	Zn	0,258	446	787

TABLA 34

Puntos de ebullición del agua a distintas presiones

Vacío en pulgadas de mercurio	Punto de ebullición	Vacío en pulgadas de mercurio	Punto de ebullición
29	76,62	7	198,87
28	99,93	6	200,96
27	114,22	5	202,25
26	124,77	4	204,85
25	132,22	3	206,70
24	140,31	2	208,50
23	146,45	1	210,25
22	151,87	Libras manométricas	
21	156,75	0	212
20	161,19	1	215,6
19	165,24	2	218,5
18	169,00	4	224,4
17	172,51	6	229,8
16	175,80	8	234,8
15	178,91	10	239,4
14	181,82	15	249,8
13	184,61	25	266,8
12	187,21	50	297,7
11	189,75	75	320,1
10	192,19	100	337,9
9	194,50	125	352,9
8	196,73	200	387,9

TABLA 35

Presión de agua, en libras, con alturas equivalentes

Libras por pulgada cuadrada	Altura (pies)	Libras por pulgada cuadrada	Altura (pies)
1	2,31	100	230,90
2	4,62	110	253,98
3	6,93	120	277,07
4	9,24	130	300,16
5	11,54	140	323,25
6	13,85	150	346,34
7	16,16	160	369,43
8	18,47	170	392,52
9	20,78	180	415,61
10	23,09	200	461.78
15	34,63	250	577,24
20	46,18	300	692,69
25	57,72	350	808,13
30	69,27	400	922,58
40	92,36	500	1154,48
50	115,45	600	1385,39
60	138,54	700	1616,30
70	161,63	800	1847,20
80	184,72	900	2078,10
90	207,81	1000	2309,00

Nota. Una libra de presión por pulgada cuadrada de agua es igual a 2,309 pies de agua a 62 °F. Por lo tanto, para encontrar la altura de agua en pies para cualquier presión no especificada en la tabla anterior, multiplicamos las libras de presión por pulgada cuadrada por 2,309.

TABLA 36

Alturas de agua en pies con presiones equivalentes

Altura en pies	Libras por pulgada cuadrada	Altura en pies	Libras por pulgada cuadrada
1	0,43	100	43,31
2	0,87	110	47,64
3	1,30	120	51,97
4	1,73	130	56,30
5	2,17	140	60,63
6	2,60	150	64,96
7	3,03	160	69,29
8	3,46	170	73,63
9	3,90	180	77,96
10	4,33	200	86,62
15	6,50	250	108,27
20	8,66	300	129,93
25	10,83	350	151,58
30	12,99	400	173,24
40	17,32	500	216,55
50	21,65	600	259,85
60	25,99	700	303,16
70	30,32	800	346,47
80	34,65	900	389,78
90	38,98	1000	433,00

Nota. Un pie de agua a 62 °F es igual a 0,433 libras de presión por pulgada cuadrada. Para encontrar la presión por pulgada cuadrada para cualquier altura en pies que no esté especificada en la tabla 35, multiplicar esta altura por 0,433.

INFORMACION UTIL

Calderas

● Para determinar la superficie de calentamiento en las calderas tubulares, multiplicamos 2/3 de la circunferencia de la caldera por la longitud de ésta en pulgadas y a este producto le sumamos el área de todos los tubos.

● Cada pie cuadrado de superficie de calentamiento se considera suficiente para evaporar 2 lb de agua. Por lo tanto, para una máquina que usa 30 lb de agua por caballo de fuerza por hora, cada HP de la máquina requiere 15 pies cuadrados de superficie de calentamiento en la caldera.

● Las calderas bien diseñadas, con funcionamiento satisfactorio, evaporarán de 7 a 10 lb de agua por libra de carbón de primera clase.

● Un sexto de la resistencia a la tracción de la chapa, multiplicado por el espesor de ésta y dividido por 1/2 del diámetro de la caldera, proporciona la presión de trabajo admisible para las calderas tubulares. Para las calderas marítimas, le sumamos el 20 % para los taladros.

● El remache doble es de 16 a 20 % más fuerte que el simple.

Combustible

● Un pie cúbico de antracita pesa alrededor de 53 lb.

● Un pie cúbico de carbón bituminoso pesa de 47 a 50 lb.

● Una tonelada de carbón es equivalente a dos cuerdas de leña para vapor.

● 2 1/4 lb de leña es igual a 1 lb de carbón bituminoso de calidad media.

● Un promedio de 10 a 12 lb de antracita o de 18 a 20 lb de carbón bituminoso se puede quemar por hora con tiro natural en un pie cuadrado del emparrillado.

● Un ahorro de casi 1 % en el combustible se puede producir por cada 11° que el agua de combustible se caliente. Con el vapor de escape disponible, si el agua fría a 70° se eleva hasta 212 °F, el ahorro de combustible se aproximará al 12 %.

Tuberías

● El área de la sección de una tubería se puede determinar por medio de la fórmula siguiente: área de la sección de la tubería = 0,7854 × [(D.E. × D.E.) − (D.I. × D.I.)].

● La capacidad de los tubos es el cuadrado de sus diámetros. Por lo tanto, doblando el diámetro de una tubería se aumenta su capacidad cuatro veces.

● El peso aproximado de un trozo de tubería se puede determinar por las fórmulas siguientes:

tubo de hierro fundido: peso = $(A^2 - B^2) \times L \times 0{,}2042$;
tubo de acero: peso = $(A^2 - B) \times L \times 0{,}2199$;
tubo de cobre: peso = $(A^2 - B^2) \times L \times 0{,}2537$;
A = diámetro exterior del tubo en pulgadas;
B = diámetro interior del tubo en pulgadas;
L = longitud del tubo en pulgadas.

Ejemplo:

Determinar el peso de un trozo de tubo de acero de 4 pulgadas de diámetro y 12 pies de largo.

A = 4,5 pulgadas;
B = 4 pulgadas;
L = 12 × 12 = 144 pulgadas;
peso = $(4{,}5^2 - 4^2) \times 144 \times 0{,}2199 = 134{,}578$ lb.

Radiación

- Tres pies de tubo de 1 pulgada es igual a 1 pie cuadrado de radiación.
- Dos y un tercio pies lineales de tubo de 1 1/4 pulgadas es igual a 1 pie cuadrado de radiación.
- La radiación del agua caliente desprende 150 B.T.U. por pie cuadrado de radiación por hora.
- La radiación del vapor desprende 240 B.T.U. por pie cuadrado de radiación por hora.
- Con respecto al calentamiento de invernaderos, calculamos 2/3 de pie cuadrado de radiación por pie cuadrado de cristal.
- Un pie cuadrado de radiación directa condensa 0,25 lb de agua por hora.

Fórmulas para radiación de tuberías

$$L = \frac{144}{D \times 3{,}1416} \times R \div 12;$$

D = D.E. de la tubería;
L = longitud de tubería necesaria, en pies;
R = pies cuadrados de radiación necesaria.

Ejemplo:

¿Cuántos pies de tubo de 2 pulgadas son necesarios para proporcionar 30 pies cuadrados de radiación?

D = 2,375 pulgadas;
R = 30 pies cuadrados;

$$L = \frac{144}{2{,}375 \times 3{,}1416} \times 30 \div 12 = 48' \; 3''.$$

Vapor

● Los diseñadores de tuberías de vapor calculan un recorrido de vapor de casi 1 1/2 millas por minuto. A menudo es más.

● El vapor que se eleva del agua en su punto de ebullición a 212º tiene una presión igual a la presión atmosférica (14,7 lb por pulgada cuadrada).

Agua

● Un pie cúbico de agua contiene 7 1/2 galones, 1728 pulgadas cúbicas y pesa 62 1/2 lb.

● Un galón de agua pesa 8 1/3 lb y contiene 231 pulgadas cúbicas.

● El agua se dilata 1/23 de su volumen cuando se calienta de 40 a 212º.

● La altura de una columna de agua, igual a la presión de 1 lb por pulgada cuadrada, es 2,31 pies.

● Para encontrar la presión en libras por pulgada cuadrada de una columna de agua, multiplicamos la altura de la columna en pies por 0,434.

● La presión media de la atmósfera se calcula en 14,7 lb por pulgada cuadrada, de modo que, con un vacío perfecto, ésta mantendrá una columna de agua de 34 pies de alto.

● La fricción del agua en los tubos varía con el cuadrado de la velocidad.

● Para evaporar 1 pie cúbico de agua se requiere el consumo de 7 1/2 lb de carbón corriente o aproximadamente 1 lb de carbón para 1 galón de agua.

● Una pulgada cúbica de agua evaporada a presión atmosférica se convierte aproximadamente en 1 pie cúbico de vapor.

Temperatura

- Grados C = grado F − 32 ÷ 1,8.
- Grados F = grado C × 1,8 + 32.
- Para calcular la temperatura final cuando se mezclan dos temperaturas diferentes de agua, usamos la fórmula siguiente:

$$\text{temperatura final} = \frac{(A \times C) + (B + D)}{A + B};$$

A = peso del agua de temperatura menor;
B = peso del agua de temperatura mayor;
C = temperatura más baja;
D = temperatura más alta.

Ejemplo:

¿Cuál será la temperatura final del agua si 30 lb de este líquido a 140º se mezclan con 70 lb de agua a 210 ºF, no contando la pérdida de radiación y absorción del calor por el recipiente?

A = 30 lb;
B = 70 lb;
C = 140º F;
D = 210 ºF;

$$\text{temperatura final} = \frac{(30 \times 140) + (70 \times 210)}{30 + 70} = 189\ ^{o}\text{F}.$$

FORMULAS

Círculo

Area = diámetro × diámetro × 0,7854, también, mitad de la circunferencia × mitad del diámetro, también, cuadrado de la circunferencia × 0,0796.

Longitud del arco = grados × radio × 0,01745.

$$\text{Grados del arco} = \frac{\text{longitud}}{\text{radio} \times 0{,}01745}.$$

$$\text{Radio del arco} = \frac{\text{longitud}}{\text{grados} \times 0{,}01745}.$$

Circunferencia = diámetro × 3,1416, también radio × × 6,2831.

$$\text{Diámetro} = \text{radio} \times 2, \text{ también } \sqrt{\frac{\text{área}}{0{,}7854}}, \text{ también, } 1{,}1283 \times \sqrt{\text{área}}, \text{ también, circunferencia} \times \times 0{,}31831. \frac{\text{diámetro}}{2}.$$

Radio = circunferencia × 0,15915, también $\sqrt{\text{área}}$ × × 0,56419.

Lado del cuadrado de igual = diámetro × 0,8862.

Lado del cuadrado inscrito = diámetro × 0,7071.

Area del sector = área del círculo × número de grados en el arco ÷ 360.

Cono

Area de la superficie = mitad de la circunferencia de la base × altura + área de la base.

Volumen = diámetro × diámetro × 0,7854 × un tercio de la altura.

Cubo

Volumen = ancho × alto × largo.

Cilindro

Area de la superficie = diámetro × 3,1416 × longitud + área de las dos bases.
Area de la base = volumen ÷ longitud.
Longitud = volumen ÷ área de la base.
Volumen = diámetro × diámetro × 0,7854 × longitud.

Capacidad en galones = $\frac{\text{volumen en pulgadas}}{231}$; volumen en pulgadas × 0,0034; volumen en pies × 7,48.

Elipse

Area = diámetro corto × diámetro largo × 0,7854.

Hexágono

Area = un medio del perímetro × la apotema.

Paralelogramo

Area = base × la distancia entre los lados paralelos.

Pirámide

Area = 1/2 del perímetro de la base × la apotema + + área de la base.
Volumen = área de la base × 1/3 de la altura.

Rectángulo

Area = longitud × ancho.

Prisma rectangular

Volumen = ancho × alto × largo.

Esfera

Area de la superficie = diámetro × diámetro × 3,1416.
Lado del cubo inscrito = radio × 1,1547;
Volumen = diámetro × diámetro × diámetro × 0,5236.

Cuadrado

Area = largo × ancho.

Triángulo

Area = un medio de la base × la altura.

Trapecio

Area = un medio de la suma de los lados paralelos × la distancia perpendicular entre ellos (altura).

PESOS Y MEDIDAS

Medidas lineales

12	pulgadas	= 1 pie
3	pies	= 1 yarda
5 1/2	yardas	= 1 rod
320	rods	= 1 milla
1	milla	= 1760 yardas
1	milla	= 5280 pies

Medidas cuadradas

144	pulgadas^2	= 1 pie^2
9	pies^2	= 1 yarda^2
1	yarda^2	= 1296 pulgadas^2
4840	yardas^2	= 1 acre
640	acres	= 1 milla^2

Medidas cúbicas

1728	pulgadas^3	= 1 pie^3
27	pies^3	= 1 yarda^3

Pesos del comercio

16	onzas	= 1 libra
100	libras	= 1 quintal
20	quintales	= 1 tonelada
1	tonelada	= 2000 libras
1	tonelada larga	= 2240 libras

Medidas de capacidad para líquidos

4	gills	= 1 pinta
2	pintas	= 1 cuarto de galón
4	cuartos	= 1 galón
31 1/2	galones	= 1 barril
1	galón	= 231 pulgadas^3
7,48	galones	= 1 pie^3
1	galón de agua	= 8,33 libras
1	galón de gasolina	= 5,84 libras

MULTIPLICADORES UTILES PARA EL OFICIO

Para convertir	*en*	*Multiplicar por*
Pulgadas	Pies	0,0833
Pulgadas	Milímetros	25,4
Pies	Pulgadas	12
Pies	Yardas	0,3333
Yardas	Pies	3
Pulgadas^2	Pies^2	0,00694
Pies^2	Pulgadas^2	144
Pies^2	Yardas^2	0,11111
Yardas^2	Pies^2	9
Pulgadas^3	Pies^3	0,00058
Pies^3	Pulgadas^3	1728
Pies^3	Yardas^3	0,03703
Yardas^3	Pies^3	27
Pulgadas^3	Galones	0,00433
Pies^3	Galones	7,48
Galones	Pulgadas^3	231
Galones	Pies^3	0,1337
Galones	Libras de agua	8,33
Libras de agua	Galones	0,12004
Onzas	Libras	0,0625
Libras	Onzas	16
Pulgadas de agua	Libras × pulgada^2	0,0361
Pulgadas de agua	Pulgadas de mercurio	0,0735
Pulgadas de agua	Onzas × pulgada^2	0,578
Pulgadas de agua	Libras × pie^2	5,2
Pulgadas de mercurio	Pulgadas de agua	13,6
Pulgadas de mercurio	Pies de agua	1,1333
Pulgadas de mercurio	Libras × pulgada^2	0,4914
Onzas × pulgada^2	Pulgada de mercurio	0,127
Onzas × pulgada^2	Pulgada de agua	1,733
Libras × pulgada^2	Pulgada de agua	27,72
Libras × pulgada^2	Pies de agua	2,310
Libras × pulgada^2	Pulgadas de mercurio	2,04
Libras × pulgada^2	Atmósferas	0,0681
Pies de agua	Libras × pulgada^2	0,434
Pies de agua	Libras × pie^2	62,5
Pies de agua	Pulgadas de mercurio	0,8824
Atmósferas	Libras × pulgada^2	14,696
Atmósferas	Pulgadas de mercurio	29,92
Atmósferas	Pies de agua	34
Toneladas largas	Libras	2240
Toneladas cortas	Libras	2000
Toneladas cortas	Toneladas largas	0,89285

TABLA 37

Equivalentes decimales de las fracciones de una pulgada

Pulgadas	Decimal de una pulgada	Pulgadas	Decimal de una pulgada
1/64	0,015625	33/63	0,515625
1/32	0,03125	17/32	0,53125
3/64	0,046875	35/64	0,546875
1/16	0,0625	9/16	0,5625
5/64	0,078125	37/64	0,578125
3/32	0,09375	19/32	0,59375
7/64	0,109375	39/64	0,609375
1/8	0,125	5/8	0,625
9/64	0,140625	41/64	0,640625
5/32	0,15625	21/32	0,65625
11/64	0,171875	43/64	0,671875
3/16	0,1875	11/16	0,6875
13/64	0,203125	45/64	0,703125
7/32	0,21875	23/32	0,71875
15/64	0,234375	47/64	0,734375
1/4	0,25	3/4	0,75
17/64	0,265225	49/64	0,765625
9/32	0,28125	25/32	0,78125
19/64	0,296875	51/64	0,796875
5/16	0,3125	13/16	0,8125
21/64	0,328125	53/64	0,828125
11/32	0,34375	27/32	0,84375
23/64	0,359375	55/64	0,859375
3/8	0,375	7/8	0,875
25/64	0,390625	57/64	0,890625
13/32	0,40625	29/32	0,90625
27/64	0,421875	59/64	0,921875
7/16	0,4375	15/16	0,9375
29/64	0,453125	61/64	0,953125
15/32	0,46875	31/32	0,96875
31/64	0,484375	63/64	0,984375
1/2	0,5	1	1

Ver nota al final de la página 188.

TABLA 38

Minutos convertidos en decimales de un grado

Minutos	Grado	Minutos	Grado	Minutos	Grado
1	0,0166	21	0,3500	41	0,6833
2	0,0333	22	0,3666	42	0,7000
3	0,0500	23	0,3833	43	0,7166
4	0,0666	24	0,4000	44	0,7333
5	0,0833	25	0,4166	45	0,7500
6	0,1000	26	0,4333	46	0,7666
7	0,1166	27	0,4500	47	0,7833
8	0,1333	28	0,4666	48	0,8000
9	0,1500	29	0,4833	49	0,8166
10	0,1666	30	0,5000	50	0,8333
11	0,1833	31	0,5166	51	0,8500
12	0,2000	32	0,5333	52	0,8666
13	0,2166	33	0,5500	53	0,8833
14	0,2333	34	0,5666	54	0,9000
15	0,2500	35	0,5833	55	0,9166
16	0,2666	36	0,6000	56	0,9333
17	0,2833	37	0,6166	57	0,9500
18	0,3000	38	0,6333	58	0,9666
19	0,3166	39	0,6500	59	0,9833
20	0,3333	40	0,6666	60	1,0000

Nota. Refiriéndonos a la página 187, para encontrar el equivalente decimal de una fracción, dividimos el numerador por el denominador.

Ejemplo. Reducir la fracción 3/4 a un decimal:

```
30  |4
 20  0,75
  0
```

TABLA 39

Pulgadas convertidas en decimales de pies

Pulgadas	Decimal de un pie	Pulgadas	Decimal de un pie	Pulgadas	Decimal de un pie
1/8	0,01042	3 1/8	0,26042	6 1/4	0,52083
1/4	0,02083	3 1/4	0,27083	6 1/2	0,54167
3/8	0,03125	3 3/8	0,28125	6 3/4	0,56250
1/2	0,04167	3 1/2	0,29167	7	0,58333
5/8	0,05208	3 5/8	0,30208	7 1/4	0,60417
3/4	0,06250	3 3/4	0,31250	7 1/2	0,62500
7/8	0,07291	3 7/8	0,32292	7 3/4	0,64583
1	0,08333	4	0,33333	8	0,66666
1 1/8	0,09375	4 1/8	0,34375	8 1/4	0,68750
1 1/4	0,10417	4 1/4	0,35417	8 1/2	0,70833
1 3/8	0,11458	4 3/8	0,36458	8 3/4	0,72917
1 1/2	0,12500	4 1/2	0,37500	9	0,75000
1 5/8	0,13542	4 5/8	0,38542	9 1/4	0,77083
1 3/4	0,14583	4 3/4	0,39583	9 1/2	0,79167
1 7/8	0,15625	4 7/8	0,40625	9 3/4	0,81250
2	0,16666	5	0,41667	10	0,83333
2 1/8	0,17708	5 1/8	0,42708	10 1/4	0,85417
2 1/4	0,18750	5 1/4	0,43750	10 1/2	0,87500
2 3/8	0,19792	5 3/8	0,44792	10 3/4	0,89583
2 1/2	0,20833	5 1/2	0,45833	11	0,91667
2 5/8	0,21875	5 5/8	0,46875	11 1/4	0,93750
2 3/4	0,22917	5 3/4	0,47917	11 1/2	0,95833
2 7/8	0,23959	5 7/8	0,48958	11 3/4	0,97917
3	0,25000	6	0,50000	12	1,00000

Nota. Para convertir pulgadas en decimales de un pie, dividimos por 12. Para convertir decimales de un pie en pulgadas, multiplicamos por 12.

TABLA 40

Circunferencias y áreas de los círculos

Diámetro (pulgadas)	Circunferencia	Area	Diámetro (pulgadas)	Circunferencia	Area
1/64	0,0491	0,0002	3/8	4,3197	1,4849
1/32	0,0982	0,0008	1 7/16	4,5160	1,6230
1/16	0,1964	0,0031	1/2	4,7120	1,7671
3/32	0,2945	0,0069	9/16	4,9087	1,9175
1/8	0,3927	0,0123	5/8	5,1051	2,0739
5/32	0,4909	0,0192	11/16	5,3014	2,2365
3/16	0,5890	0,0276	3/4	5,4978	2,4053
7/32	0,6872	0,0376	13/16	5,6941	2,5802
1/4	0,7854	0,0491	7/8	5,8905	2,7612
9/32	0,8836	0,0621	15/16	6,0868	2,9483
5/16	0,9817	0,0767	2	6,2832	3,1416
11/32	1,0799	0,0928	1/16	6,4795	3,3410
3/8	1,1781	0,1105	1/8	6,6759	3,5466
13/32	1,2763	0,1296	3/16	6,8722	3,7583
7/16	1,3745	0,1503	1/4	7,0686	3,9761
15/32	1,4726	0,1726	5/16	7,2649	4,2000
1/2	1,5708	0,1964	3/8	7,4613	4,4301
17/32	1,6690	0,2217	7/16	7,6576	4,6664
9/16	1,7672	0,2485	1/2	7,8540	4,9087
19/32	1,8653	0,2769	9/16	8,0503	5,1572
5/8	1,9635	0,3068	5/8	8,2467	5,4119
21/32	2,0617	0,3382	11/16	8,4430	5,6727
11/16	2,1598	0,3712	3/4	8,6394	5,9396
23/32	2,2580	0,4057	13/16	8,8357	6,2126
3/4	2,3562	0,4418	7/8	9,0321	6,4918
25/32	2,4544	0,4794	15/16	9,2284	6,7771
13/16	2,5525	0,5185	3	9,4248	7,0686
27/32	2,6507	0,5591	1/16	9,6211	7,3662
7/8	2,7489	0,6013	1/8	9,8175	7,6699
29/32	2,8471	0,6450	3/16	10,0138	7,9798
15/16	2,9452	0,6903	1/4	10,2102	8,2958
31/32	3,0434	0,7371	5/16	10,4065	8,6179
1	3,1416	0,7854	3/8	10,6029	8,9462
1/16	3,3379	0,8866	7/16	10,7992	9,2806
1/8	3,5343	0,9940	1/2	10,9956	9,6211
3/16	3,7306	1,1075	9/16	11,1919	9,9678
1/4	3,9270	1,2272	5/8	11,3883	10,321
5/16	4,1233	1,3530	11/16	11,5846	10,680

TABLA 40 *(Continuación)*

Circunferencias y áreas de los círculos

Diámetro (pulgadas)	Circunferencia	Area	Diámetro (pulgadas)	Circunferencia	Area
3/4	11,7810	11,045	3/8	20,0277	31,919
13/16	11,9773	11,416	1/2	20,4204	33,183
7/8	12,1737	11,793	5/8	20,8131	34,472
15/16	12,3700	12,177	3/4	21,2058	35,785
4	12,5664	12,566	7/8	21,5984	37,122
1/16	12,7627	13,772	7	21,9911	38,485
3/16	13,1554	13,364	1/8	22,3838	39,871
1/4	13,3518	14,186	1/4	22,7765	41,282
5/16	13,5481	14,607	3/8	23,1692	42,718
3/8	13,7445	15,033	1/2	23,5619	44,179
7/16	13,9408	15,466	5/8	23,9546	45,664
1/2	14,1372	15,904	3/4	24,3473	47,173
9/16	14,3335	16,349	7/8	24,7400	48,707
5/8	14,5299	16,800	8	25,1327	50,265
11/16	14,7262	17,257	1/8	25,5254	51,849
3/4	14,9226	17,721	1/4	25,9181	53,456
13/16	15,1189	18,190	3/8	26,3108	55,088
7/8	15,3153	18,665	1/2	26,7035	56,745
15/16	15,5116	19,147	5/8	27,0962	58,426
5	15,7080	19,635	3/4	27,4889	60,132
1/16	15,9043	20,129	7/8	27,8816	61,862
1/8	16,1007	20,629	9	28,2743	63,617
3/16	16,2970	21,135	1/8	28,6670	65,397
1/4	16,4934	21,648	1/4	29,0597	67,201
5/16	16,6897	22,166	3/8	29,4524	69,029
3/8	16,8861	22,691	1/2	29,8451	70,882
7/16	17,0824	23,221	5/8	30,2378	72,760
1/2	17,2788	23,758	3/4	30,6305	74,662
9/16	17,4751	24,301	7/8	31,0232	76,589
5/8	17,6715	24,850	10	31,4159	78,540
11/16	17,8678	25,406	1/8	31,8086	80,516
3/4	18,0642	25,967	1/4	32,2013	82,516
13/16	18,2605	26,535	3/8	32,5940	84,541
7/8	18,4569	27,109	1/2	32,9867	86,590
15/16	18,6532	27,688	5/8	33,3794	88,664
6	18,8496	28,274	3/4	33,7721	90,763
1/8	19,2423	29,465	7/8	34,1648	92,886
1/4	19,6350	30,680	11	34,5575	95,033

TABLA 40 *(Continuación)*

Circunferencias y áreas de los círculos

Diámetro (pulgadas)	Circunferencia	Area	Diámetro (pulgadas)	Circunferencia	Area
1/8	34,9502	97,205	3/4	62,0465	306,35
1/4	35,3429	99,402	20	62,8319	314,14
3/8	35,7356	101,62	1/4	63,6173	322,06
1/2	36,1283	103,87	1/2	64,4026	330,06
5/8	36,5210	106,14	3/4	65,1880	338,16
3/4	36,9137	108,43	21	65,9734	346,36
7/8	37,3064	110,75	1/4	66,7588	354,66
12	37,6991	113,10	1/2	67,5442	363,05
1/4	38,4845	117,86	3/4	68,3296	371,54
1/2	39,2699	122,72	22	69,1150	380,13
3/4	40,0553	127,68	1/4	69,9004	388,82
13	40,8407	132,73	1/2	70,6858	397,61
1/4	41,6261	137,89	3/4	71,4712	406,49
1/2	42,4115	143,14	23	72,2566	415,48
3/4	43,1969	148,49	1/4	73,0420	424,56
14	43,9823	153,94	1/2	73,8274	433,74
1/4	44,7677	159,48	3/4	74,6128	443,01
1/2	45,5531	165,13	24	75,3982	452,39
3/4	46,3385	170,87	1/4	76,1836	461,86
15	47,1239	176,71	1/2	76,9690	471,44
1/4	47,9093	182,65	3/4	77,7544	481,11
1/2	48,6947	188,69	25	78,5398	490,87
3/4	49,4801	194,83	1/2	80,1106	510,71
16	50,2655	201,06	26	81,6814	530,93
1/4	51,0509	207,39	1/2	83,2522	551,55
1/2	51,8363	213,82	27	84,8230	572,56
3/4	52,6217	220,35	1/2	86,3938	593,96
17	53,4071	226,98	28	87,9616	615,75
1/4	54,1925	233,71	1/2	89,5354	637,94
1/2	54,9779	240,53	29	91,1062	660,52
3/4	55,7633	247,45	1/2	92,6770	683,49
18	56,5487	254,47	30	94,2478	706,86
1/4	57,3341	261,59	1/2	95,8186	730,62
1/2	58,1195	268,80	31	97,3894	754,77
3/4	58,9049	276,12	1/2	98,9620	779,31
19	59,6903	283,53	32	100,531	804,25
1/4	60,4757	291,04	1/2	102,102	829,58
1/2	61,2611	298,65	33	103,673	855,30

TABLA 40 *(Continuación)*

Circunferencias y áreas de los círculos

Diámetro (pulgadas)	Circunferencia	Area	Diámetro (pulgadas)	Circunferencia	Area
1/2	105,243	881,41	42	131,947	1385,4
34	106,814	907,92	1/2	133,518	1418,6
1/2	108,385	934,82	43	135,088	1452,2
35	109,956	962,11	1/2	136,659	1486,2
1/2	111,527	989,80	44	138,230	1520,5
36	113,097	1017,9	1/2	139,801	1555,3
1/2	114,668	1046,3	45	141,372	1590,4
37	116,239	1075,2	1/2	142,942	1620,0
1/2	117,810	1104,5	46	144,513	1661,9
38	119,381	1134,1	1/2	146,084	1698,2
1/2	120,951	1164,2	47	147,655	1734,9
39	122,522	1194,6	1/2	149,226	1772,1
1/2	124,093	1225,4	48	150,796	1809,6
40	125,664	1256,6	1/2	152,367	1847,5
1/2	127,235	1288,2	49	153,938	1885,7
41	128,805	1320,3	1/2	155,509	1924,4
1/2	130,376	1352,7	50	157,080	1963,5

Nota. Si la circunferencia o área exacta que se requiere no está especificada en la tabla, aquélla se puede encontrar por las fórmulas siguientes: la circunferencia de un círculo es igual al diámetro multiplicado por 3,1416. El área de un círculo es igual al cuadrado del diámetro multiplicado por 0,7854.

TABLA 41

Cuadrados, cubos y raíces cuadradas y cúbicas

Número	Cuadrado	Cubo	Raíz cuadrada	Raíz cúbica
1	1	1	1,000	1,000
2	4	8	1,414	1,260
3	9	27	1,732	1,442
4	16	64	2,000	1,587
5	25	125	2,236	1,710
6	36	216	2,449	1,817
7	49	343	2,646	1,913
8	64	512	2,828	2,000
9	81	729	3,000	2,080
10	100	1 000	3,162	2,154
11	121	1 331	3,317	2,224
12	144	1 728	3,464	2,289
13	169	2 197	3,606	2,351
14	196	2 744	3,742	2,410
15	225	3 375	3,873	2,466
16	256	4 096	4,000	2,520
17	289	4 913	4,123	2,571
18	324	5 832	4,243	2,621
19	361	6 859	4,359	2,668
20	400	8 000	4,472	2,714
21	441	9 261	4,583	2,759
22	484	10 648	4,690	2,802
23	529	12 167	4,796	2,844
24	576	13 824	4,899	2,884
25	625	15 625	5,000	2,924
26	676	17 576	5,099	2,962
27	729	19 683	5,196	3,000
28	784	21 952	5,292	3,037
29	841	24 389	5,385	3,072
30	900	27 000	5,477	3,107
31	961	29 791	5,568	3,141
32	1 024	32 768	5,657	3,175
33	1 089	35 937	5,745	3,208
34	1 156	39 304	5,831	3,240
35	1 225	42 875	5,916	3,271
36	1 296	46 656	6,000	3,302
37	1 369	50 653	6,083	3,332
38	1 444	54 872	6,164	3,362
39	1 521	59 319	6,245	3,391

TABLA 41 *(Continuación)*

Cuadrados, cubos y raíces cuadradas y cúbicas

Número	Cuadrado	Cubo	Raíz cuadrada	Raíz cúbica
40	1 600	64 000	6,325	3,420
41	1 681	68 921	6,403	3,448
42	1 764	74 088	6,481	3,476
43	1 849	79 507	6,557	3,503
44	1 936	85 184	6,633	3,530
45	2 025	91 125	6,708	3,557
46	2 116	97 336	6,782	3,583
47	2 209	103 823	6,856	3,609
48	2 304	110 592	6,928	3,634
49	2 401	117 649	7,000	3,659
50	2 500	125 000	7,071	3,684
51	2 601	132 651	7,141	3,708
52	2 704	140 608	7,211	3,733
53	2 809	148 877	7,280	3,756
54	2 916	157 464	7,348	3,780
55	3 025	166 375	7,416	3,803
56	3 136	175 616	7,483	3,826
57	3 249	185 193	7,550	3,849
58	3 364	195 112	7,616	3,871
59	3 481	205 379	7,681	3,893
60	3 600	216 000	7,746	3,915
61	3 721	226 981	7,810	3,936
62	3 844	238 328	7,874	3,958
63	3 969	250 047	7,937	3,979
64	4 096	262 144	8,000	4,000
65	4 225	274 625	8,062	4,021
66	4 356	287 496	8,124	4,041
67	4 489	300 763	8,185	4,062
68	4 624	314 432	8,264	4,082
69	4 761	328 509	8,307	4,102
70	4 900	343 000	8,367	4,121
71	5 041	357 911	8,426	4,141
72	5 184	373 248	8,485	4,160
73	5 329	389 017	8,544	4,179
74	5 476	405 224	8,602	4,198
75	5 625	421 875	8,660	4,217
76	5 776	438 976	8,718	4,236
77	5 929	456 533	8,775	4,254
78	6 084	474 552	8,832	4,273

TABLA 41 *(Continuación)*

Cuadrados, cubos y raíces cuadradas y cúbicas

Número	Cuadrado	Cubo	Raíz cuadrada	Raíz cúbica
79	6 241	493 039	8 888	4,291
80	6 400	512 000	8,944	4,309
81	6 561	531 441	9,000	4,327
82	6 724	551 368	9,055	4,344
83	6 889	571 787	9,110	4,362
84	7 056	592 704	9,165	4,380
85	7 225	614 125	9,220	4,397
86	7 396	636 056	9,274	4,414
87	7 569	658 503	9,327	4,431
88	7 744	681 472	9,381	4,448
89	7 921	704 969	9,434	4,465
90	8 100	729 000	9,487	4,481
91	8 281	753 571	9,539	4,498
92	8 464	778 688	9,592	4,514
93	8 649	804 357	9,644	4,531
94	8 836	830 584	9,695	4,547
95	9 025	857 375	9,747	4,563
96	9 216	884 736	9,798	4,579
97	9 409	912 673	9,849	4,595
98	9 604	941 192	9,899	4,610
99	9 801	970 299	9,950	4,626
100	10 000	1 000 000	10,000	4,642

TABLA 42

Raíz cuadrada de fracciones

Fracción	Raíz cuadrada
1/8	0,3535
1/4	0,5000
3/8	0,6124
1/2	0,7071
5/8	0,7906
3/4	0,8660
7/8	0,9354

TABLA 43

Raíz cúbica de fracciones

Fracción	Raíz cúbica
1/8	0,5000
1/4	0,6300
3/8	0,7211
1/2	0,7937
5/8	0,8550
3/4	0,9086
7/8	0,9565

TABLA 44

Tabla trigonométrica

Grados	Minutos	Seno	Coseno	Tangente	Cotangente	Secante	Cosecante		
0	00	0,00000	1,00000	0,00000	Infinito	1,0000	Infinito	90	
1		0,01745	0,99985	0,01745	57,290	1,0001	57,299	89	
1	30	0,02618	0,99966	0,02618	38,188	1,0003	38,201	88	30
2		0,03490	0,99939	0,03492	28,636	1,0006	28,654	88	
2	30	0,04362	0,99905	0,04366	22,904	1,0009	22,925	87	30
3		0,05234	0,99863	0,05241	19,081	1,0014	19,107	87	
3	30	0,06105	0,99813	0,06116	16,350	1,0019	16,380	86	30
4		0,06976	0,99756	0,06993	14,301	1,0024	14,335	86	
4	30	0,07846	0,99692	0,07870	12,706	1,0031	12,745	85	30
5		0,08715	0,99619	0,08749	11,430	1,0038	11,474	85	
5	30	0,09584	0,99540	0,09629	10,385	1,0046	10,433	84	30
6		0,10453	0,99452	0,10510	9,5144	1,0055	9,5668	84	
6	30	0,11320	0,99357	0,11393	8,7769	1,0065	8,8337	83	30
7		0,12187	0,99255	0,12278	8,1443	1,0075	8,2055	83	
7	30	0,13053	0,99144	0,13165	7,5957	1,0086	7,6613	82	30
8		0,13917	0,99027	0,14054	7,1154	1,0098	7,1853	82	
8	30	0,14781	0,98901	0,14945	6,6911	1,0111	6,7655	81	30
9		0,15643	0,98769	0,15838	6,3137	1,0125	6,3924	81	
9	30	0,16505	0,98628	0,16734	5,9758	1,0139	6,0538	80	30
10		0,17365	0,98481	0,17633	5,6713	1,0154	5,7588	80	
10	30	0,18223	0,98325	0,18534	5,3955	1,0170	5,4874	79	30
11		0,19081	0,98163	0,19438	5,1445	1,0187	5,2408	79	
11	30	0,19937	0,97972	0,20345	4,9151	1,0205	5,0158	78	30
12		0,20791	0,97815	0,21256	4,7046	1,0223	4,8097	78	
12	30	0,21644	0,97630	0,22169	4,5170	1,0243	4,6201	77	30
13		0,22495	0,97437	0,23087	4,3315	1,0263	4,4454	77	
13	30	0,23344	0,97237	0,24008	4,1653	1,0284	4,2836	76	30
14		0,24192	0,97029	0,24933	4,0108	1,0306	4,1336	76	
14	30	0,25038	0,96815	0,25862	3,8667	1,0329	3,9939	75	30
15		0,25882	0,96592	0,26795	3,7320	1,0353	3,8637	75	
15	30	0,26724	0,96363	0,27732	3,6059	1,0377	3,7420	74	30
16		0,27564	0,96126	0,28674	3,4874	1,0403	3,6279	74	
		Coseno	Seno	Cotangente	Tangente	Cosecante	Secante	Grado	Minutos

TABLA 44 *(Continuación)*

Tabla trigonométrica

Grados	Minutos	Seno	Coseno	Tangente	Cotangente	Secante	Cosecante		
16	30	0,28401	0,95882	0,29621	3,3759	1,0429	3,5209	73	30
17		0,29237	0,95630	0,30573	3,2708	1,0457	3,4203	73	
17	30	0,30070	0,95372	0,31530	3,1716	1,0485	3,3255	72	30
18		0,30902	0,95106	0,32492	3,0777	1,0515	3,2361	72	
18	30	0,31730	0,94832	0,33459	2,9887	1,0545	3,1515	71	30
19		0,32557	0,94552	0,34433	2,9042	1,0576	3,0715	71	
19	30	0,33381	0,94264	0,35412	2,8239	1,0608	2,9957	70	30
20		0,34202	0,93969	0,36397	2,7475	1,0642	2,9238	70	
20	30	0,35031	0,93667	0,37388	2,6746	1,0676	2,8554	69	30
21		0,35837	0,93358	0,38386	2,6051	1,0711	2,7904	69	
21	30	0,36650	0,93042	0,39391	2,5386	1,0748	2,7285	68	30
22		0,37461	0,92718	0,40403	2,4751	1,0785	2,6695	68	
22	30	0,38268	0,92388	0,41421	2,4142	1,0824	2,6131	67	30
23		0,39073	0,92050	0,42447	2,3558	1,0864	2,5593	67	
23	30	0,39875	0,91706	0,43481	2,2998	1,0904	2,5078	66	30
24		0,40674	0,91354	0,44523	2,2460	1,0946	2,4586	66	
24	30	0,41469	0,90996	0,45573	2,1943	1,0989	2,4114	65	30
25		0,42262	0,90631	0,46631	2,1445	1,1034	2,3662	65	
25	30	0,43051	0,90258	0,47697	2,0965	1,1079	2,3228	64	30
26		0,43837	0,89879	0,48773	2,0503	1,1126	2,2812	64	
26	30	0,44620	0,89493	0,49858	2,0057	1,1174	2,2411	63	30
27		0,45399	0,89101	0,50952	1,9626	1,1223	2,2027	63	
27	30	0,46175	0,88701	0,52057	1,9210	1,1274	2,1657	62	30
28		0,46947	0,88295	0,53171	1,8807	1,1326	2,1300	62	
28	30	0,47716	0,87882	0,54295	1,8418	1,1379	2,0957	61	30
29		0,48481	0,87462	0,55431	1,8040	1,1433	2,0627	61	
29	30	0,49242	0,87035	0,56577	1,7675	1,1489	2,0308	60	30
30		0,50000	0,86603	0,57735	1,7320	1,1547	2,0000	60	
30	30	0,50754	0,86163	0,58904	1,6977	1,1606	1,9703	59	30
31		0,51504	0,85717	0,60086	1,6643	1,1666	1,9416	59	
31	30	0,52250	0,85264	0,61280	1,6318	1,1728	1,9139	58	30
32		0,52992	0,84805	0,62487	1,6003	1,1792	1,8871	58	
		Coseno	Seno	Cotangente	Tangente	Cosecante	Secante	Grado	Minutos

TABLA 44 *(Continuación)*

Tabla trigonométrica

Grado	Minutos	Seno	Coseno	Tangente	Cotangente	Secante	Cosecante		
32	30	0,53730	0,84339	0,63707	1,5697	1,1857	1,8611	57	30
33		0,54464	0,83867	0,64941	1,5399	1,1924	1,8361	57	
33	30	0,55191	0,83388	0,66188	1,5108	1,1992	1,8118	56	30
34		0,55919	0,82904	0,67451	1,4826	1,2062	1,7883	56	
34	30	0,56641	0,82413	0,68728	1,4550	1,2134	1,7655	55	30
35		0,57358	0,81915	0,70021	1,4281	1,2208	1,7434	55	
35	30	0,58070	0,81411	0,71329	1,4019	1,2283	1,7220	54	30
36		0,58778	0,80902	0,72654	1,3764	1,2361	1,7013	54	
36	30	0,59482	0,80386	0,73996	1,3514	1,2442	1,6812	53	30
37		0,60181	0,79863	0,75355	1,3270	1,2521	1,6616	53	
37	30	0,60876	0,79335	0,76733	1,3032	1,2605	1,6427	52	30
38		0,61566	0,78801	0,78128	1,2799	1,2690	1,6243	52	
38	30	0,62251	0,78261	0,79543	1,2572	1,2778	1,6064	51	30
39		0,62932	0,77715	0,80978	1,2349	1,2867	1,5890	51	
39	30	0,63608	0,77162	0,82434	1,2131	1,2960	1,5721	50	30
40		0,64279	0,76604	0,83910	1,1917	1,3054	1,5557	50	
40	30	0,64945	0,76041	0,85408	1,1708	1,3151	1,5398	49	30
41		0,65606	0,75471	0,86929	1,1504	1,3250	1,5242	49	
41	30	0,66262	0,74895	0,88472	1,1303	1,3352	1,5092	48	30
42		0,66913	0,74314	0,90040	1,1106	1,3456	1,4945	48	
42	30	0,67559	0,73728	0,91633	1,0913	1,3563	1,4802	47	30
43		0,68200	0,73135	0,93251	1,0724	1,3673	1,4663	47	
43	30	0,68835	0,72357	0,94896	1,0538	1,3786	1,4527	46	30
44		0,69466	0,71934	0,96569	1,0355	1,3902	1,4395	46	
44	30	0,70091	0,71325	0,98270	1,0176	1,4020	1,4267	45	30
45		0,70711	0,70711	1,00000	1,0000	1,4142	1,4142	45	
		Coseno	Seno	Cotangente	Tangente	Cosecante	Secante	Grado	Minutos