U. N. A. M.

3312

DESCARTE

TUBERIAS EMPLEADAS EN INGENIERIA SANITARIA

TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A

JAIME SOLIS GONZALEZ

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A MI MADRE
Que con su sacrificio, logró
realizar mi más caro anhelo.

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS

100453

AL SR. WOLFGANG SCHOENBORN
con eterna gratitud.

A MIS MAESTROS

A TODAS AQUELLAS PERSONAS
DE LA QUE SOY DEUDOR DE -
CARIÑO Y AFECTO.

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
Dirección
Núm. 73-
Exp. Núm. 73/214.2/1.-

Al Pasante señor Jaime SOLIS GONZALEZ
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el señor profesor Ingeniero Ernesto Murguía Vaca, para que lo desarrolle como tesis en su examen profesional de Ingeniero CIVIL.

TUBERIAS EMPLEADAS EN INGENIERIA
SANITARIA

"Se hará una descripción de los distintos tipos y clases de tuberías, indicando los es-- fuerzos, desgastes y otros factores a los que están sometidas, explicando en cada caso el uso a que se destinan.

Se hará una recopilación de algunos nomogramas para el cálculo hidráulico y diseño según el tipo de tubería.

Finalmente se llevará a cabo el cálculo y diseño para una tubería de acero como la instalada en el tramo del segundo rebombeo en el Sistema Chiconautla para el abastecimiento de agua a la Ciudad de México.

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar examen profesional así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Muy atentamente,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F. 20 de Mayo de 1965.
EL DIRECTOR

Ing. Antonio Dovali Jaime

ADJ'MMO'eag.

C O N T E N I D O:

INTRODUCCION.

CAPITULO I

Generalidades sobre tuberías.

CAPITULO II

Características principales de las tuberías más comunes usadas en Ingeniería Sanitaria.

a) Tuberías de Concreto Armado

b) Tuberías de Asbesto

c) Tuberías de Arcilla Vitrificada

d) Tuberías de Acero

e) Tuberías de fierro fundido

f) Tuberías de fierro vaciado

g) Tuberías de madera

h) Tubería plástica

i) Tuberías de materiales diversos

CAPITULO III

Cálculo de un tramo de la tubería forzada de la línea de conducción de agua a la Ciudad de México, proveniente del Campo de Pozos localizados en Chiconautla, Estado de México.

APENDICE

Gráficas y Nomogramas relativas al cálculo de tubería.

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

Desde los tiempos más remotos, uno de los problemas que más ha preocupado a la humanidad ha sido la eficiencia y economía en la conducción de agua desde las fuentes de abastecimiento hasta los lugares de consumo.

El hombre, según los conocimientos y avances técnicos que ha logrado a través de cada era, ha tratado de resolver este problema por muchos medios, desde el transporte en recipientes, hasta llegar a las tuberías de conducción.

Miles de años antes del principio de la era cristiana, se usaban acueductos y obras de abastecimiento de agua o irrigación, de los cuales nos han quedado rastros históricos.

Las excavaciones arqueológicas nos han revelado acueductos que abastecían a la Ciudad Fenicia de Tiro y se han encontrado restos de acueductos y sistemas de almacenamiento en el Valle del Nilo; en China y en Centro América; tanto en China con sus tuberías hechas de bambú como en Babilonia y Cártago con sus acueductos de cerámica o mosaico, se daba al problema de conducción de agua toda la importancia que hasta nuestros tiempos modernos ha observado.

Entre los primitivos acueductos de mampostería o bambú y las modernas líneas de conducción con tubería de acero, concreto, asbesto, etc., cuyo uso se ha extendido además de conducción de agua al transporte de gases y combustibles líquidos, puede trazarse toda la historia del progreso técnico del hombre.

Las tuberías para conducción se han perfeccionado a medida que el progreso de las otras ciencias han proporcionado los materiales, maquinarias y técnica para la fabricación de tubos de una resistencia y durabilidad que hacen posibles los modernos acueductos, oleoductos y gasoductos de nuestros días.

En Ingeniería Sanitaria las tuberías se emplean para transportar agua a presión, tal como los que se instalan en los saltos de agua, sifones y abastecimientos de aguas de las ciudades. También se pueden usar como conducciones libres parcialmente llenas, como sucede en los desagües, avenamientos y alcantarillas. Las tuberías para el transporte de agua pueden ser de: acero, fundición, concreto (simple o reforzado), madera, arcilla vi-

trificada, asbesto cemento y para servicios especiales se emplean como material el latón, cobre y plásticos.

De los diferentes empleos y de la variedad de materiales con que se fabrican estos ductos resulta la importancia de conocer las principales características de cada uno de ellos.

Con el objeto de usar el adecuado, cuando la necesidad de su utilización lo requiera.

Como se señaló, el uso que tienen en la Ingeniería Sanitaria es muy extenso, sobre todo por lo que respecta a la conducción de agua; es por eso que me aboqué en efectuar este trabajo con el objeto de dar algunas generalidades, de los principales tipos de tuberías, señalando en cada uno de ellos, sus características constructivas, uniones más usuales, esfuerzos a que están sometidas, usos recomendables, ventajas y desventajas en su utilización.

Este trabajo no pretende agotar el tema que por su extensión está fuera de su alcance, sino en la medida adecuada, dar una panorámica general enmarcando en él, lo que pueda ser de mayor utilización.

En este trabajo también se expone un problema concreto de conduccion de agua, en el cual se determina el diámetro, se elige el material y se calcula el espesor de la tubería; con el objeto de señalar un método que se puede seguir para calcular estos ductos.

C A P I T U L O I

GENERALIDADES

a) Circulación del agua por las tuberías

Cuando la circulación del agua se efectúa sin presión y a sección incompleta, se denominan acueductos a gradiente hidráulico y cuando el agua llena la sección totalmente y tienen una cierta presión, se tienen los acueductos a presión o conductos forzados. En la práctica los acueductos son casi siempre de tipo mixto, trabajando en tramos como tipo a gradiente y en otros como conducto forzado, dependiendo de la topografía del terreno. Teóricamente, lo ideal sería llevar el acueducto en línea recta, pero ya en la práctica esto no es posible por la infinidad de --

obstáculos que presenta el terreno. Cuando se presenta una barranca, ésta puede salvarse por medio de un puente, un sifón invertido. Un cerro puede salvarse siguiendo el perfil de éste, rodeando el cerro, excavando un túnel, o haciendo un tajo; todo dependerá del estudio económico que se efectúe.

Para los acueductos a gradiente, la posición de la línea piezométrica o de gradiente hidráulico, se obtiene por la aplicación del teorema de Bernoulli. Ningún punto del trazado de la tubería debe encontrarse a mayor altura que la línea de la gradiente, pues en caso de fisuras se tendrán presiones negativas, con entradas de aire o de infiltración del agua que existe en el terreno.

Los acueductos a presión trabajan a sección llena y como en este caso la sección más económica es la circular se les denomina tubería forzada. Las ventajas de los acueductos a presión sobre los de gradiente hidráulico son los de poder salvar con facilidad, grandes desniveles con acortamiento de distancia, lo mismo que el poder construirse bajo tierra, con lo cual se ahorran los gastos de expropiación de las tierras por donde pasa. A cambio de estas ventajas, la pérdida de carga es mucho mayor en los primeros.

Las tuberías están sujetas a la variación de la temperatura, efecto que se disminuye cubriéndolas con una gruesa capa de tierra. En los puntos altos se instalan válvulas que permiten el escape de aire, llamadas ventosas. En los puntos bajos, se instalan válvulas llamadas desfogues. Las válvulas de retención se colocan para evitar el retroceso del agua, caso que se presen

ta cuando el acueducto trabaja por bombeo. Cada 400 ó 500 metros se ponen registros que permiten aislar cualquier tramo del acueducto, para fines de inspección y reparación.

Las válvulas reductoras de presión permiten sacar ramales de baja presión de los conductos de altas cargas. Las cámaras rompecargas se instalan en cañerías bajas y de mucha pendiente, con el fin de evitar presiones excesivas. Las torres aliviadoras son dispositivos que dan un intermedio entre las cámaras aliviadoras y las de rompecargas.

b) Cálculo de las velocidades en tuberías

El movimiento de las aguas en toda clase de conducciones es efecto del impulso aceleratriz de la gravedad, o de otra fuerza mecánica.

Como acción retardatriz interviene un factor llamado frotamiento, cuyo valor es función de la rugosidad de las paredes y de la fricción del agua contra la pared, motivada por su viscosidad, etc. Predomina el efecto de la viscosidad en velocidades bajas y diámetros pequeños, y predomina el efecto de la rugosidad en velocidades fuertes cuando el frotamiento varía con el cuadrado de la velocidad.

Se llama carga total del conducto, al desnivel H de sus extremos. Si se divide por su longitud L, la relación $\frac{H}{L}$ es la carga por metro lineal. Las expresiones que fija las relaciones entre velocidad, extensión y calidad de las paredes son las siguientes:

La primera fue expuesta por el Ing. M. Chezy en 1775 y es:

$$V = C \sqrt{RI}$$

en la cual, V esla velocidad del agua, C, es un coeficiente experimental que depende de las condiciones de las paredes del tubo, R es el radio hidráulico dado por el cociente entre el área de la sección del tubo y el perímetro mojado, I es la pendiente obtenida por el cociente entre la carga total y el desarrollo horizontal del conducto.

Para conductos forzados, Flamant dio a conocer su fórmula que es de buena aplicación para diámetros hasta de 1.20 m.

$$I = 4\ b \sqrt[4]{\frac{V^7}{D^5}}$$

donde b = 0.000130 a 0.000155, para caños de plomo

b = 0.000185, para caños de fundición nuevas

b = 0.00023, para caños de fundición en uso

La de Maurice Levy, para tubos de fundición nuevos

$$V = 36.4 \sqrt{\frac{D}{2}\ I\ (1 - 3 \sqrt{\frac{D}{2}}}$$

para tubos de fundición usados se cambia el 36.4 por 20.5, se recomienda para diámetros mayores de 0.80 m. Esta fórmula se escribe en forma más reciente y abreviada para tubos en usos como:

$$D = 0.324\ Q^{3/8}\ I^{-3/16}$$

La de Kutter, en su forma modificada

$$V = \frac{50\ D\ \sqrt{I}}{0.50 + \sqrt{D}}$$

La fórmula de H. Lang, para tubos lisos

$$I = \frac{V^2}{2gD}\left(0.02 + \frac{0.002}{VD}\right)$$

La de Robert Manning

$$\frac{DI}{4} = \frac{0.00021\ V^2}{\sqrt{D}}$$

y por último la de Williams y Hazen

$$Q = \frac{0.2785\ C\ h^{0.54}\ D^{2.63}}{L^{0.54}}$$

en la cual:

Q = gasto en m3/seg.

C = constante para tubos de fierro

h = pérdida de carga

D = diámetro del tubo

L = longitud del tramo

c) <u>Esfuerzos en las tuberías</u>

Los tubos deben fabricarse de modo que puedan resistir los esfuerzos producidos por la presión interna, cargas exteriores,- cambios de dirección, cambios de temperatura, golpe de ariete y, en el caso de tubos que han de transportarse, caídas o golpes accidentales; en vista de que estos últimos esfuerzos no pueden -- preverse, los tubos deben protegerse para su manipulación.

Presión interior

La presión interior o estática origina una tensión en las paredes del tubo y está dado por la fórmula:

$$S = \frac{PD}{2t}$$

Demostración:

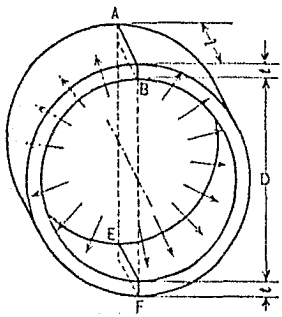


Fig. 1.

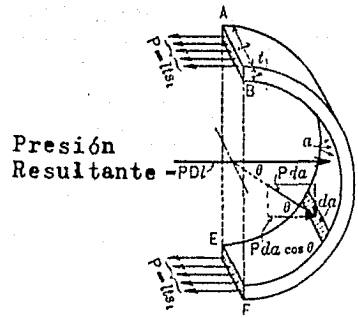


Fig. 2

Presión horizontal sobre área semicilíndrica a de la mitad del tubo igual a la suma de componentes de fuerzas que actúan sobre las áreas elementales.

P d a, componente horizontal P d a cos θ, por lo tanto fuerza horizontal total igual $P\int d\,a \cos\theta$, d a cos θ es el área de la proyección del elemento de superficie d a, sobre un plano vertical.

$\therefore \int d\,a \cos\theta$ igual DL

∴ la fuerza horizontal resultante es PDL; el esfuerzo resistente está en las dos áreas o sea 2 a s = 2 t s L, ∴

$$PDL = 2\,t\,s\,L$$

$$s = \frac{PD}{2t}$$

$$y\ P = 2\ \frac{st}{D} \quad \text{L.Q.Q.D.}$$

Esfuerzo sobre una tapa

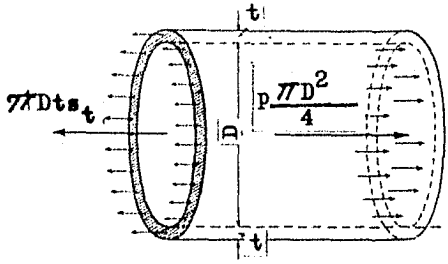


Fig. 3

La figura 3 muestra la presióntotal, la cual es:

$$\frac{P\pi D^2}{4}$$

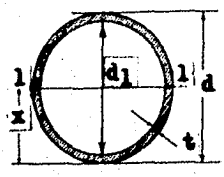
el esfuerzo resistente total es: πDts_t

$$\therefore \quad \frac{P\pi D^2}{4} = \pi Dts_t,$$

$$S_t = \frac{PD}{4t} \quad y \quad P = \frac{4ts_t}{D}$$

Se puede tomar D = diámetro exterior para fines prácticos.

PROPIEDADES DE LA SECCION TUBULAR.



Concepto	Valor
t (espesor)	$\frac{d-d1}{2}$
A (Area)	$0.785398(d^2-d_1^2)$
X (Eje neutro a la fibra alejada)	$\frac{d}{2}$
I1-1 (Momento de inercia)	$0.049087(d^4-d_1^4)$

Concepto

Sl-l (Módulo de sección) $0.098175\left(\frac{d^4-d_1^{\,4}}{d}\right)$

rl-l (Radio de giro) $\sqrt{\frac{d^2-d_1^{\,2}}{4}}$

Las ecuaciones anteriores son para inspecciones de las tuberías o en otras palabras para periodos de prueba en la práctica esta presión se calcula con la fórmula

$$St = \frac{rP}{t}$$

en que S_t = tensión en el metal en kilogramos por milímetro cuadrado; r, el radio de la tubería en milímetros; P la presión en kilogramos por milímetro cuadrado y t el espesor del tubo en milímetros.

Esfuerzos por temperatura

Cuando entre dos atraques no hay junta de dilatación, el esfuerzo debido a la dilatacion por cambios de temperatura es independiente de la longitud del tubo y vale:

$$\sigma = \pm E \delta \Delta_t$$

en que E = módulo de elasticidad del material a tensión.

δ = coeficiente de dilatación

Δ_t = variación de temperatura. El signo (+) para descenso y el (−) para elevación de la temperatura.

Cargas exteriores

En la mayor parte de los casos de distribución de agua, las cargas exteriores sobre los tubos son de poca importancia. --

os tubos de fierro fundido que se usan comúnmente, resistirán -- as cargas normales producidas por la tierra de relleno.

Los tubos de acero de grandes dimensiones se colocan -- eneralmente a mayor profundidad y en los lugares donde estén más ondos deberán disponerse anillos de refuerzos o un revestimiento e concreto para resistir la carga exterior.

La hipótesis usual para el cálculo del esfuerzo que so- ortan los tubos enterrados de hierro fundido, acero y concreto,- s que la carga debida al terreno sobrepuesto se distribuye uni-- ormemente sobre la superficie del tubo. Esta distribución dará - rigen a momentos máximos en los puntos en que los diámetros hori- ontales y vertical cortan al tubo. En los primeros puntos, se -- roducirá una tensión en las fibras exteriores y compresión en -- os interiores, mientras que ocurre lo contrario donde el diáme-- ro vertical corta al tubo. Además, se producirá una compresión,- casionada por la carga vertical, que se producirá enel punto en- ue el diámetro horizontal corta al tubo. La fórmula propuesta -- or Williams da el esfuerzo en la fibra extrema como sigue:

$$S = \frac{32}{5}\ \frac{WD}{t} \pm \frac{17}{2}\ \frac{W}{t}$$

n la que S es el esfuerzo en la fibra extrema en kilogramos por- ilímetro cuadrado; W la carga originada por el terreno sobrepues o sobre un metro de tubo; t, el espesor del tubo en milímetros - D, el diámetro del tubo en milímetros. La fórmula dará el es--- uerzo en la fibra en los puntos horizontales, con el signo más - ara obtener la compresión y el menos para la tensión. Para obte-

ner los esfuerzos en las fibras verticales, no se emplea el segu do sumando dela fórmula. W puede calcularse según Marston, la ca ga en el tubo enterrado puede hallarse por la fórmula:

$$W = C.w.\ B^2$$

en la que W es la carga que grava sobre el tubo en kilogramos po metro lineal de zanja; w, el peso del material de relleno de la zanja en kilogramos por metro cúbico, B, la anchura en metros de la zanja.

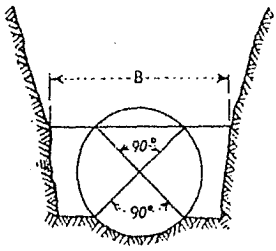


Fig.4

C, un coeficiente que depende de la profundidad de la zanja y de los materiales de relleno.

Peso de los materiales de relleno de zanjas

Material	Kg/M^3
Arena seca	1,600
Arena húmeda	1,920
Arcilla húmeda	1,920
Arcilla saturada	2,080
Tierra vegetal húmeda	1,440
Tierra vegetal saturada	1,760

VALOR DEL COEFICIENTE C.

RELACION h/b	MINIMO CORRESPONDIENTE A SUELOS NO ASENTADOS	MAXIMO CORRESPONDIENTE A ARENA	ARCILLA HUMEDA	MAXIMO CORRESPONDIENTE A LA ARCILLA SATURADA
4	2.04	2.22	2.49	2.66
5	2.22	2.45	2.80	3.03
6	2.34	2.61	3.04	3.33
7	2.42	2.73	3.22	3.57
8	2.48	2.82	3.37	3.76
9	2.52	2.88	3.48	3.92
10	2.54	2.92	3.56	4.04

Curvatura. En las curvas, el desequilibrio de la presión interna y la fuerza centrífuga creada por el movimiento del agua, dan lugar a una tendencia del tubo a desplazarse longitudinalmente. Debe adicionarse una resistencia exterior mediante unos atraques, o hacerse las uniones suficientemente fuertes para resistir la tensión. En la figura 5 la fuerza P actúa en la dirección señalada, y es la resultante de la fuerza centrífuga P y de las presiones interiores desequilibradas, P_2. Igualmente, cada una de las fuerzas T se forma con las componentes T_1 y T_2 y las presiones interiores, respectivamente. La fuerza R será la que debe contrarrestarse mediante un contrafuerte, si se emplea este sistema.

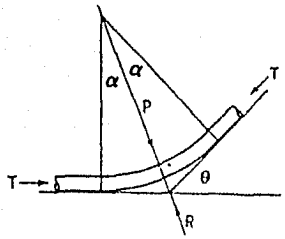


Fig. 5

La fuerza centrífuga generada por el movimiento del agua al seguir la trayectoria curva vale:

$$\frac{MV^2}{R} Rd\alpha$$

en la que M es la masa de agua por unidad de longitud del tubo; V, la velocidad lineal del agua, R, el radio de curvatura y Rd , la longitud de la diferencial del arco. La resultante de estas fuerzas que actúa en la dirección de P, será igual a:

$$MR\ d\alpha \frac{V^2}{R} \cos\alpha$$

la fuerza total P_1 en la dirección de P será:

$$2\int_{\theta}^{\theta/2} MV^2 \cos\alpha \ d\alpha$$

de donde

$$P_1 = 2\ MV^2 \ \text{sen}\ \theta/2$$

la tensión producida por la fuerza centrífuga será 2T, y su componente en la dirección de P será:

$$2T \ \text{sen}\ \frac{\theta}{2}$$

que será igual a P_1, igualando las dos expresiones.

$$2\ T_1\ \text{sen}\ \frac{\theta}{2} = 2\ MV^2\ \text{sen}\ \frac{\theta}{2}$$

$$T_1 = MV^2 = \frac{WAV^2}{g}$$

en la que W es el peso unitario del agua; A_1 el área de la sección recta del tubo. Si P es la intensidad de la presión interna, T_2 será PA.

La tensión total en cada extremo del codo será:

$$T_1 + T_2 = \frac{WAV^2}{g} + PA$$

Un anclaje habrá de ofrecer una resistencia:

$$R = P_1 + P_2 = 2A\ \left(\frac{WV^2}{g} + P \right)\ \text{sen}\ \frac{\theta}{2}$$

Golpe de Ariete

Cuando la velocidad del agua en un conducto cerrado es alterada, se originan una serie de ondas de presión que se trasladan a lo largo de la tubería, siendo amortiguadas gradualmente por --- rozamiento hidráulico. Se manifiesta mucho este efecto en las tuberías de entrada cuando los cambios de carga requieren los cambios- correspondientes de abertura de la compuerta de turbina. Si se cierra una compuerta, la velocidad del agua queda anulada y entonces- se produce un aumento positivo inicial de presión, que cambia a negativo cuando la onda positiva, llega al extremo de la tubería.

Después, en cualquier sección transversal dada, los valores de la presión oscilan por encima y por debajo del normal en -- régimen permanente.

Inversamente, si la carga aumenta, las compuertas de turbina se abren, la velocidad aumenta, y una onda negativa de pre---

sión asciende por la tubería seguida de presiones positivas cuando la columna de agua llega al extremo de la tubería. Al disminuir la velocidad, los vaivenes de presión hacia arriba y hacia abajo de lo normal son aproximadamente iguales, pero si la velocidad es creciente, la oscilación sobre el valor normal de la presión puede ser considerablemente menor que el existente por debajo de ella.

En el proyecto de la conducción de entrada, es necesario determinar la presión de exceso sobre la normal que debe permitirse para golpe de ariete y también para precaverse contra una entrada de aire cuando la onda de presión pasa a negativa. El incremento de presion depende de las propiedades elásticas de la tubería si es de un solo diámetro o de varios, de gruesos de pared únicos y variados, y de la velocidad de cierre de la compuerta.

El periodo de tubería es el tiempo necesario para que una onda de presión recorra su longitud y vuelva a su origen. Es el mismo que el tiempo que emplea la onda del sonido en trasladarse a través del agua en aquella tubería particular.

Este periodo es 2 L/s, en la que L es la longitud total de la tubería y s la velocidad de propagación de la onda. Se ha hallado que estas ondas se reflejan en secciones donde la conducción cambia de diametro o de grueso. Un efecto de resonancia puede provocar presiones considerablemente mayores que las que ocurrirían en una tubería uniforme. Si el tiempo de accionamiento de la compuerta es menor que el periodo de tubería, los efectos de resonancia y las ondas de reflexión pueden llegar a ser muy importantes. En el análisis de tales tuberías compuestas es costumbre sustituirlas por

una tubería equivalente de diámetro uniforme.

Como regla empírica, para tuberías cortas y saltos pequeños, es corriente añadir el 50 por ciento del salto operante normal en una tubería de carga para tener en cuenta el golpe de ariete. No se trata de una concesión irrazonable, y, además, debe incluirse aligeramiento, derivación y válvulas de aire si es necesario, regulación adecuada, y otras tantas precauciones que aseguren que esta sobrecarga no será excesiva. En tuberías largas, grandes saltos no es permisible el tanto por ciento de aumento, puesto que el golpe de ariete máximo, para la mayoría de las condiciones críticas operantes debe evitarse cuidadosamente.

En tuberías elásticas, como son las que se emplean en las empresas de agua, puede usarse la siguiente ecuación:

$$h = \frac{v\,s}{g}$$

en la que h es el incremento de presión, en metros de columna de agua, sobre la presión estática resultante cuando el tiempo de cierre es menor que el necesario para que la onda recorra en ida y vuelta la tubería; v, es la reducción de la velocidad en metros por segundo, producida por el cierre; s, es la velocidad, en metros por segundo, de la transmisión de la onda de presión a través del agua de la tubería y g, la aceleración de la gravedad, 9.81 m.

$$s = 1.420 \sqrt{\frac{E}{E + 22.000}\,\frac{d}{t}}$$

en la que E, es el módulo de elasticidad del metal de la tubería en kilogramos por centímetro cuadrado; d, el diámetro de ésta en milímetros y t, su espesor, también en milímetros.

Warren sugiere la siguiente fórmula, que ha sido confirmada por la experiencia:

$$h = 0.3 \frac{Lv}{g(T-\frac{L}{s})}$$

en la que h, es el aumento de presión en metros de columna de agua; v, la velocidad del agua, en metros por segundo, antes de cierre; L, la longitud de la tubería en metros; g, la aceleración de la gravedad 9.81; T, el tiempo de cierre en segundos y s, la velocidad de la onda de presión en metros por segundo, determinada como se ha indicado antes.

Para evitar los peligros del golpe de ariete, deben usarse válvulas de cierre lento. En las bombas y las redes de tuberías, se colocan cámaras de agua en los puntos de cierre, o cerca de ellos, para absorber el golpe de ariete.

C A P I T U L O II

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS TUBERIAS MAS COMUNES USADAS EN INGENIERIA SANITARIA.

TUBERIAS DE CONCRETO ARMADO

GENERALIDADES

Para diámetros superiores a 60 cm. estos tubos se ar-- man. Hay diferentes fabricantes de tubo de concreto armado, cada uno de los cuales utiliza métodos ligeramente diferentes. El tubo con unión de abrazaderas, por ejemplo, se encuentra en diámetros de 40 cm. a 2.75 m. y longitudes de 3.60 m. Los fabricantes de tubo de concreto especialmente proyectados instalan con fre-- cuencia sus talleres en las cercanías de las grandes obras que - adquieren los tubos.

El tubo de concreto tiene la ventaja de no estar sujeto a la tuberculización, por lo cual, se conserva elevada la ca-

pacidad de conducción.

Con buenas juntas, presenta una superficie más lisa que el tubo de acero. Ensayos practicados en diferentes acueductos - han dado coeficiente C de la fórmula Hanzen y Williams un valor- entre 145 y 148. La vida de los tubos de concreto, en condicio-- nes normales, debe ser por lo menos de 75 años.

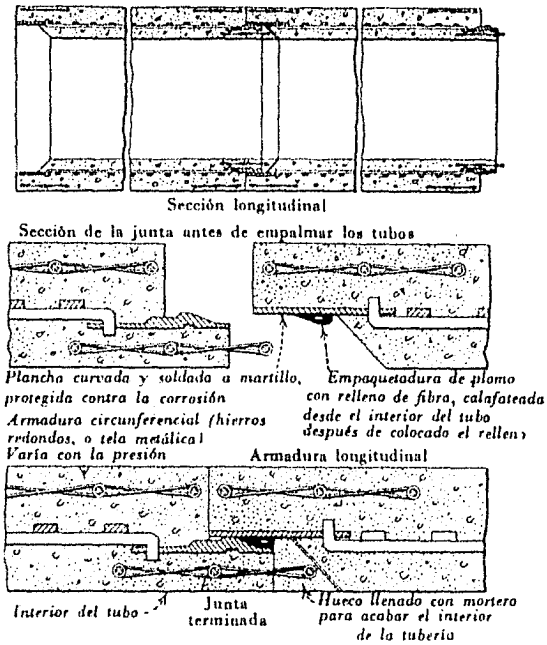
Se construyen tres tipos de tubo de concreto armado -- prefabricados para conducir agua a presión.

Una variedad lleva refuerzos de varilla y malla, y el- concreto se vierte y comprime de modo usual. El tubo centrifuga- do se fabrica haciendo girar a gran velocidad un molde que con-- tiene concreto y la armadura previamente confeccionada, lo que - obliga al concreto, por la acción de la fuerza centrífuga, a --- adoptar la forma adecuada recubriendo al refuerzo. El tubo cilín drico lleva encajado un cilindro de lámina de acero soldado en - la armadura del concreto. Debido a que las pérdidas de agua son- reducidas en los tubos cilíndricos se emplean para altas presio- nes. Como los tubos prefabricados se confeccionan si es preciso- en el lugar en que se necesitan, la mezcla del material que se - utiliza para su fabricación varía, pero en general, se aproxima- a 1:1.5:2.5. Las pérdidas de agua en los tubos de concreto no -- son excesivas, no habiéndose encontrado ninguna dificultad para- satisfacer las condiciones normales sobre pérdidas, que exigen - no sean superiores a 200 litros por centímetro de diámetro y ki- lómetro de longitud y por día.

Uniones

Las uniones en las tuberías a presión de concreto, se-

efectúan frecuentemente forrando con metal las campanas y espigas, y vertiendo plomo.



La figura anterior muestra un empalme practicado mediante una junta biselada, que se impermeabiliza por medio de una empaquetadura de plomo con relleno de fibra, acabada finalmente con relleno de mortero mediante una malla de acero que sobresale.

Los tubos cilíndricos se impermeabilizan soldando los cilindros de acero a los forros del empalme.

Junta de lengua y garganta

Consta de una garganta o astría en un extremo del tubo - con su correspondiente lengua en el otro. La lengua puede ser ----

igual, mayor o menor en dimensiones que la garganta; esta junta se usa mucho en irrigación, albañales y drenajes. La junta modificada de lengua y garganta, además de las características anteriores, -- tiene una campana reforzada que sobresale del cuerpo del tubo, pero no tanto como en la de macho y campana.

Junta de collar de concreto

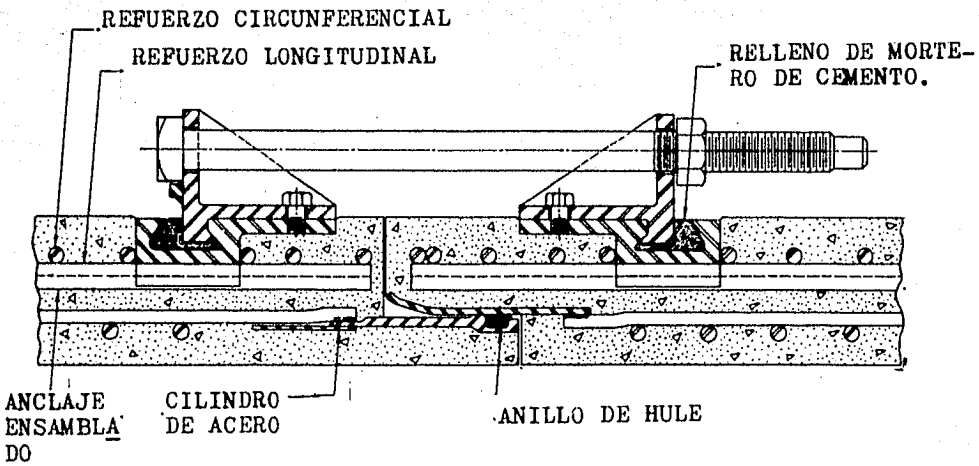
Es una junta de concreto reforzado prefabricado, unida a un extremo del tubo con la mitad de la sección proyectándose para recibir la otra sección. Se usa esta junta en tuberías rectas a tope o en tuberías con juntas de lengua y garganta.

Juntas con empaque de hule

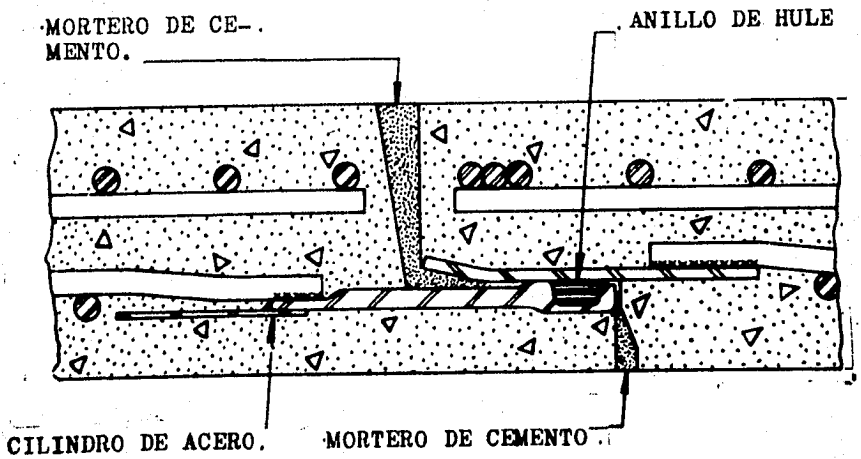
En este tipo de juntas los extremos del tubo son cons--- truídos cuidadosamente dejando un espacio para el anillo de hule.- Este anillo se puede usar en las juntas de lengua y garganta, tanto simple como modificada, lo mismo en las de macho y campana.

El empaque de hule es de manufactura especial, con o sin corrugaciones para facilitar o evitar el desalojamiento en las tuberías al colocarlas. Las juntas con empaque de hule, permiten movimientos tanto verticales como horizontales.

A continuación se muestran algunos tipos de junta patentados de la marca Lock Joint Pipe Company.



JUNTA DE DILATACION



JUNTA COMUN

Esfuerzos a que están sometidas las tuberías de concreto armado

El esfuerzo debido a la presión interior, es aproximadamente $F = 1/2\ pd$ que da una fatiga unitaria de $f_1 = \frac{0.5\ pd}{a}$ en la cual F = tensión en la pared de la tubería en libras por pie lineal de tubería (en un solo lado)

f_1 = tensión unitaria o esfuerzo en $lb/pulg^2$

p = presión interior por pie cuadrado

d = diámetro de la tubería en piés

a = área de la sección longitudinal de la pared de la tubería, sometida a tensión en pulgadas cuadradas por pie de tubería.

Esta tensión debe componerse con la fuerza del acero debido a las cargas interiores al peso de la pared de la tubería y el peso del agua contenido en la tubería.

Tensión unitaria admisible

El acero de refuerzo se deforma por las cargas, y se producen grietas en el concreto que reducen la permeabilidad de la tubería. Por consiguiente, se usan con frecuencia tensiones muy bajas para el acero, siguiendo una escala decreciente a medida que la presión aumenta. Se propone la forma empírica siguiente: $f' = 15\ 000 - 50\ h$, en que f' es el esfuerzo admisible o coeficiente del trabajo en libras por pulgada cuadrada, con un límite mínimo de 8 000 (562 kg/cm^2), y h es la presión interior en piés. Si se inserta un cilindro de acero para que la tubería quede libre de fugas, no hace falta deducir de la carga de agua la tensión debida al refuerzo. El acero del cilindro puede considerarse como una par

te del refuerzo contra la presión interior.

Espesor de la tubería

El espesor de la tubería debe ser suficiente para resistir los esfuerzos de flexión. Si estos esfuerzos son pequenos, el espesor se hace igual a cualquier otro arbitrario del comercio. En las tuberías moldeadas en obra, es corriente aumentar su espesor a medida que la carga de agua aumenta. Se ha sugerido la regla de hacer el espesor igual a 1/12 del diámetro interior de la tubería -- para carga de agua hasta 12 metros, con 6 pulgadas como mínimo, luego añadir una pulgada para cargas de agua entre 12 y 24 metros, -- 2 pulgadas entre 24 y 30 metros, 3 pulgadas entre 30 y 36 metros,- 4 pulgadas entre 36 y 42 metros y 5 pulgadas cuando la carga es superior a 42 metros.

El espesor de la tubería premoldeada se hace generalmente igual a 1/12 del diámetro interior para tuberías de gran sec--- ción, y 1/12 del diámetro más una pulgada para tuberías inferiores a 1.8 metros y para todas las cargas de agua. Cuando se requieren- mayores refuerzos se puede obtener tendiendo la tubería sobre un - relleno de concreto delgado bajo el suelo, soportando un sector -- del tubo de 90° a 120°.

Los esfuerzos de compresión admisibles en el concreto siguen las reglas establecidas para otra clase de estructuras. Estos esfuerzos varían de 210 a 315 kg/cm^2.

Duración

Los terrenos alcalinos contienen sulfato de magnesio, sodio y calcio, los cuales, en presencia del agua del terreno atacan al concreto mal fabricado, desde el exterior, y lo transforma en sulfato cálcico, destruyendo su cohesión. Si el agua contiene más de 3500 p.p.m. de sales alcalinas, se produce la descomposicion según estudios realizados.

La oxidación en una tubería se produce cuando el refuerzo de la tubería queda a una distancia en la cual el agua llega a penetrar por las grietas que se forman en la pared de la tubería, formando tubérculos como acontece en las tuberías de acero.

Ventajas

Las ventajas que ofrecen estos conductos es que pueden fabricarse cerca de las obras que se lleven a cabo en lugares poco accesibles, ya que se puede instalar una fábrica cercana a los lugares en que la demanda lo exija; su alta capacidad de conducción y su durabilidad son otros factores que hacen ventajoso el uso de los tubos de concreto.

Cuando las dimensiones de la tubería son muy grandes y el acceso hasta la localización de la obra se dificulta, se procede a la fabricación de las tuberías sobre el terreno; el material que más se emplea para estos tipos de tuberías es el concreto, pues es el material que puede adquirir las formas más caprichosas que se deseen, pudiendo darle al tubo forma circular o cualquier otra que las condiciones de diseño lo requieran.

Inconvenientes

Su deterioro en terrenos alcalinos, oxidación de las armaduras y pérdidas derivadas de una mala construcción, dificultad de efectuar derivaciones.

Usos

Irrigación.- En diámetros mayores para conducir el agua de los depósitos hasta las tierras de cultivo y distribuir el agua por conductos de menor diámetro o por medio de canales.

Drenajes.- Se usan los diámetros pequeños como drenes en terrenos de cultivo. Los diámetros mayores se usan para drenar aeropuertos, parques, como corrientes de derivación y en sitios de manufactura.

Atarjeas.- Se usan diámetros desde 10 cm (4") hasta cerca de 4 m., en los albañales y los grandes colectores.

Alcantarillas.- Debido a su periodo de vida y propiedades, las alcantarillas con tubo de concreto son muy usadas tanto en carreteras como en ferrocarriles.

Conductos de agua potable a presión.- En líneas de abastecimiento o sistemas de irrigación, se usan conductos de concreto bajo presiones hasta de 200 m. de carga (20 kg/cm^2) aproximadamente.

TUBO DE CONCRETO REFORZADO

DIAMETRO en pulg.	LONGITUD MAXIMA en piés	PESO POR PIE en libras
24	16	341
30	16	416
34	16	535
36	16	563
39	16	604
42	16	731
46	16	794
48	16	920
54	16	1130
60	16	1360
66	16	1615
72	16	1885
78	16	2180
84	16	2500
90	16	2660
96	16	3010
102	16	3380
108	16	3565
120	16	4385
132	16	5300
144	16	6300
156	16	7380

TUBO DE CONCRETO PREESFORZADO

DIAMETRO en pulg.	LONGITUD MAXIMA en piés.	PESO POR PIE en libras
16	16	118
18	16	139
20	16	164
24	16	218
30	16	311
34	16	381
36	16	419
42	16	544
48	16	685

Diámetro interior pulg.	Espesor mínimo de pared. pulg.	CONCRETO 240 kg/cm2, 3 500 psi. Esfuerzo mínimo pulg2/pie: Refuerzo circular en tubos circulares		Refuerzo elíptico en tubos circulares y ref. circular en tubos elípticos	
12	2	1 var.	0.07	-	
15	2 1/4	1 var.	0.09	-	
18	2 1/2	1 var.	0.12	1 var.	0.10
24	3	1 var.	0.17	1 var.	0.13
30	3 1/2	1 var.	0.22	1 var.	0.17
36	4	2 var.c/u	0.18	1 var.	0.18
42	4 1/2	2 var.c/u	0.21	1 var.	0.21
48	5	2 var.c/u	0.25	1 var.	0.25
54	5 1/2	2 var.c/u	0.30	1 var.	0.30
60	6	2 var.c/u	0.33	1 var.	0.33
66	6 1/2	2 var.c/u	0.37	1 var.	0.37
72	7	2 var.c/u	0.40	1 var.	0.40
78	7 1/2	2 var.c/u	0.43	1 var.	0.43
84	8	2 var.c/u	0.46	1 var.	0.46
90	8	2 var.c/u	0.56	1 var.	0.56
96	8 1/2	2 var.c/u	0.60	1 var.	0.60
102	8 1/2	2 var.c/u	0.72	1 var.	0.72
108	9	2 var.c/u	0.78	1 var.	0.78

		CONCRETO 315 kg/cm2 4 500 psi				PRUEBAS DE RESISTENCIA lbs - ft	
		Refuerzo mínimo pulg2/pie				Método de los Trams.Apoyos.	
Diámetro interior Pulgs.	Espesor mínimo de pared Pulgs.	Refuerzo circular en tubos circulares		Refuerzo elíptico en tubos circulares y ref.circulares en tubos elípticos		Carga que produce una grieta de 0.01"	Carga de ruptura
12	1 3/4	1 var.	0.08	-		2 250	3 500
15	2	1 var.	0.11	-		2 625	4 065
18	2	1 var.	0.14	-		3 000	4 500
24	2 1/2	1 var.	0.20	1 var.	0.17	3 000	5 000
30	3	1 var.	0.28	1 var.	0.21	3 375	5 760
36	3 5/8	2 var.c/u	0.22	1 var.	0.22	4 050	6 600
42	3 3/4	2 var.c/u	0.25	1 var.	0.25	4 725	7 350
48	4 1/4	2 var.c/u	0.31	1 var.	0.31	5 400	8 000
54	4 5/8	2 var.c/u	0.37	1 var.	0.37	5 850	9 000
60	5	2 var.c/u	0.41	1 var.	0.41	6 000	10 000
66	5 1/2	2 var.c/u	0.45	1 var.	0.45	6 300	11 000
72	6	2 var.c/u	0.48	1 var.	0.48	6 600	12 000
78	6 1/2	2 var.c/u	0.51	1 var.	0.51		
84	7	2 var.c/u	0.54	1 var	0.54		

	CONDICIONES MINIMAS DE DISEÑO								
	Concreto 210 kg/cm2			Concreto 240 kg/cm2			Concreto 280 kg/cm2		
Diámetro en pulgadas.	Espesor de pared. pulgs.	Area total de acero pulg2/pie		Espesor de pared. pulgs.	Area total de acero pulg2/pie		Espesor de pared. pulgs.	Area total de acero pulg2/pie	
12	2	1 var.	0.06	1 3/4	1 var.	0.07	-	-	
15	2 1/4	1 var.	0.06	2	1 var.	0.07	-	-	
18	2 1/2	1 var.	0.06	-	-		2	1 var.	0.07
21	2 3/4	1 var.	0.06	-	-		2 1/4	1 var.	0.[illegible]
24	3	1 var.	0.06	2 3/8	1 var.	0.08	2 1/2	1 var.	0.[illegible]
27	3	1 var.	0.07	2 3/4	1 var.	0.10	2 3/8	1 var.	0.12
30	3 1/2	1 var.	0.09	3	1 var.	0.12	2 3/4	1 var.	0.14
33	3 3/4	1 var.	0.11	3 1/4	1 var.	0.14	2 3/4	1 var.	0.17
36	4	2 var.	0.14	3 3/8	2 var.	0.20	3	2 var.	0.23
42	4 1/2	2 var.	0.16	3 3/4	2 var.	0.23	3 3/8	2 var.	0.27
48	5	2 var.	0.21	4 1/4	2 var.	0.27	3 3/4	2 var.	0.32
54	5 1/2	2 var.	0.25	4 3/8	2 var.	0.32	4 1/4	2 var.	0.38
60	6	2 var.	0.29	5	2 var.	0.38	4 1/2	2 var.	0.44
66	6 1/2	2 var.	0.32	5 3/8	2 var.	0.44	4 3/4	2 var.	0.47
72	7	2 var.	0.36	3 3/4	2 var.	0.47	5	2 var.	0.55
78	7 1/2	2 var.	0.40						
84	8	2 var.	0.43						
90	8	2 var.	0.49						
96	8 1/2	2 var.	0.57						
108	9	2 var.	0.67						

TUBERIAS DE ASBESTO

GENERALIDADES

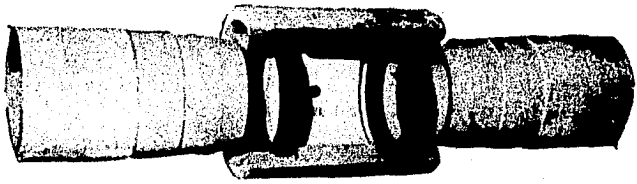
La selección de la tubería tiene que ser sumamente cuidadosa, atendiendo a las funciones básicas que va a desempeñar. - Siempre debe preferirse la que siendo adecuada para sus funciones, tiene el costo más bajo, tomando en cuenta gastos de instalación, operación y conservación. Esto significa que la tubería debe ser eficiente no solo los primeros años de su instalación, sino también durante un gran periodo de tiempo. El tubo de asbesto es uno de los conductos que llenan las exigencias de una buena conducción de agua, siempre y cuando dicha conducción tenga las - características que no sobrepasen los límites de seguridad a que están diseñados estos tubos.

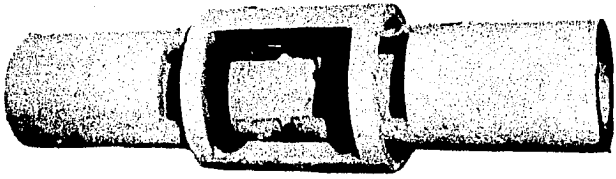
Esta tubería se fabrica mediante una combinación de asbesto-cemento-sílice; cuya resistencia a tensión llega a valores de más de 28000 kg/cm2. La mezcla húmeda se deposita bajo presión, por medio de un proceso continuo, en un mandril giratorio de acero hasta obtener el espesor necesario, comprimiéndolo después hasta obtener un material duro y homogéneo, sometiendo a presión por medio de rodillos de acero. La superficie del mandril, perfectamente pulida, imparte una gran tersura interior al tubo, haciendo que su coeficiente de rugosidad sea mínimo; pudiendo alcanzar un valor de 55 en el coeficiente C de la fórmula de Hanzen y Williams.

Se exige que las paredes del tubo sean completamente impermeables y que resistan esfuerzos de tensión y compresión de 2 y 7 kg/mm2., respectivamente.

Juntas y uniones

Los empalmes utilizados son del tipo simplex que consiste en un manguito de enchufe que encaja sobre los extremos planos de los tubos, obteniéndose la impermeabilidad mediante dos anillos de caucho que se comprimen entre el manguito y el tubo.





Estos empalmes son muy flexibles, soportando inclinaciones hasta de 120° y altas presiones sin que se produzcan escapes en las uniones calafateadas.

Especificaciones de la Jefatura de Agua Potable y Alcantarillado de la Secretaría de Recursos Hidráulicos relativas a instalaciones de tuberías de asbesto cemento.

Profundidades de las cepas

Para tuberías de agua potable, la profundidad mínima de las zanjas será de 90 cm. más el diámetro exterior de la tubería que se instale, cuando se trate con diámetros exteriores igual o menor de 90 cm.

Ancho de las zanjas

En tuberías con diámetro exterior igual a 50 cm. el an-

cho de la zanja será de 50 cm. más el diámetro exterior de la tubería. Cuando se trate de tuberías con diámetro exterior mayor de 50 cm. el ancho de la zanja será de 60 cm. más el diámetro exterior de la tubería.

Excavación de conchas para juntas de tubería y piezas especiales

Antes de ser bajada a las zanjas se procederá a excavar las conchas necesarias para manipular las juntas.

Normas generales para la colocación y junteo de tuberías en abastecimientos de agua potable

El tendido se hará colocando la tubería en el fondo de la zanja de manera que apoye en su cuadrante inferior y en toda la longitud de su cuerpo.

DIMENSIONES DE LAS CEPAS
EN FUNCION DEL DIAMETRO DE LA TUBERIA

DIAMETRO NOMINAL mm	pulg.	ANCHO cm	PROFUNDIDAD cm
76	3	60	100
102	4	60	105
152	6	60	110
203	8	65	115
254	10	70	120
305	12	75	125
356	14	80	130
406	16	85	135
457	18	90	140
508	20	110	140
610	24	120	160
762	30	140	175
914	36	160	210

Los tubos de asbesto mediante los coples super-simplex ofrecen deflexiones según la longitud del tubo y las cuales quedan representadas en las siguientes tablas:

CURVAS DEFLEXIONES
Valor en metros

Deflexión Grados	LONGITUD DEL TUBO			
	1 metro	2 metros	3 metros	4 metros
1	0.017	0.035	0.052	0.070
2	0.035	0.070	0.105	0.140
3	0.052	0.105	0.157	0.210
4	0.070	0.140	0.210	0.280
5	0.087	0.175	0.262	0.350

RADIOS DE CURVAS POSIBLES CON JUNTAS
SUPER-SIMPLEX EN METROS

Deflexión Grados	LONGITUD EN METROS			
	1 metro	2 metros	3 metros	4 metros
1	57.40	114.60	172.00	229.20
2	28.65	57.30	85.95	114.60
3	19.10	38.20	57.30	76.40
4	14.33	28.65	42.98	57.30
5	11.46	22.92	34.38	45.84

En México estos tubos son fabricados por la Compañía Asbestos de México, S.A., siguiendo la técnica de Johns Manville, según las especificaciones de la American Water Works Association llevándose a cabo pruebas de flexión, hidrostáticas, compresión y pruebas de anillos de hule para las juntas, según las normas de la Asociación antes citada.

Se fabrican estos tubos a 5 presiones diferentes, según la tabla siguiente.

PRESIONES

Tubería tipo	DE TRABAJO		DE PRUEBA			
			EN FABRICA		EN OBRA	
	kg/cm2	lbs/pg2	kg/cm2	lbs/pg2	kg/cm2	lbs/pg2
A-5	5	75	17.50	248.50	7.8	110
A-7	7	100	24.50	347.90	10.5	150
A-10	10	150	35.00	497.00	14.0	200
A-14	14	200	49.00	695.80	17.6	250

Pruebas de presión

Su objeto es cerciorarse de que la línea soportará la presión normal del trabajo, a más de un margen razonable que pudiera ocurrir accidentalmente. En las líneas diseñadas correctamente se reducen las presiones excesivas mediante el uso de válvulas automáticas de purga, válvulas de cierre y apertura lentas, por el arranque y suspensión lentos del bombeo, etc., por lo que una presión de prueba de 3.5 kg/cm2. sobre la de trabajo, es por lo general suficiente.

La presión se obtiene por bombeo a mano o por pequeñas bombas accionadas por motor eléctrico o de combustión interna, teniendo cuidado de que no suba más allá de lo indicado, como podría suceder de colocar el manómetro en las partes altas de la línea, puesto que en tal caso la presión en las partes bajas sería mayor.

Atraques

Para soportar el empuje a que se ven sujetas las conexiones y puntas muertas de la tubería, bajo las presiones normales de trabajo y eventuales de prueba, se construyen dispositivos que lo repartan al terreno de acuerdo con sus características por el prin--

cipio de ampliación de base. Consisten en bloques de concreto o de mampostería para cuyo cálculo son de utilidad las tablas de -- resistencia de terrenos y de empuje en conexiones que se dan a -- continuación:

RESISTENCIA APROXIMADA DE TERRENOS

Tipo	Carga de seguridad kg/cm2
Lodo turba	0
Arcilla suave	2400
Arena	4800
Arena y grava	7300
Arena y grava cementadas con arcilla	9700
Pizarra	24500

En lodo y terrenos flojos se reciben los atraques con esta-- cas o varillas cruzadas a cimientos sólidos o removiendo el terre no flojo y reemplazándolo con materiales de resistencia suficien- te pam soportar el empuje.

Pruebas de fuga

Su propósito es averiguar la hermeticidad de las seccio nes de la línea bajo las presiones de prueba e incluyen las jun-- tas y las conexiones.

Debido a que las tuberías de asbesto cemento absorben - cierta cantidad de agua, las líneas deberán llenarse por lo menos con 24 horas de anticipación.

Para efectuarlas, se aplica la presión normal de traba- jo aumentada en 3.5 kg/cm2. y se mantienen tan constante como sea posible. Siempre deberá ser la misma, ya que si hay aire dentro -

de la tubería, al ejercer una mayor presión al final de la prueba, aparentará una fuga más grande de la real, porque el aire se habrá comprimido; mientras que el ejercicio de una presión menor la hará aparecer más pequeña, toda vez que el aire se habrá expandido.

FUGAS PERMISIBLES

Presión de Prueba kg/cm2	Fugas en lts.por mm.de diám. por 24 hrs.por junta
10.0	0.0224
7.0	0.0193
5.0	0.0158
2.5	0.0137

Evaluadas bajo la base de 10 kg/cm2. estas fugas son, de aproximadamente 5.7 litros en 24 horas por mm. de diámetro y 1000 metros de longitud en tramos de 4 metros.

Para determinar la pérdida total en una línea dada, multiplíquese el número de juntas por el diametro en milímetros y por el factor que corresponde a la presión de prueba.

Ejemplo:- La tolerancia de fugas permitida en una línea de 203 mm. de diámetro y 2535 m. de longitud durante 24 horas bajo una presión de prueba de 10 kg/cm2, es de: 203 (diámetro del tubo en milímetros) por $\frac{2535}{4}$ igual a 633 (juntas) por 0.0224 (coeficiente indicado en la tabla para esta presión de prueba) igual a 2878 litros.

Relleno y apisonado

El relleno debe seguir a la instalación tan pronto como-

sea posible. El primer paso denominado acostillado consiste en introducir y compactar arena o tierra exentas de piedra, bajoel tubo.

El segundo , en proporcionar soporte lateral,por medio de la compactación del relleno entre el tubo y las paredes de la cepa.

Usos

El uso principal a que se destina esta tubería, es para la conducción de agua potable, tanto a gradiente hidráulico como a presión.

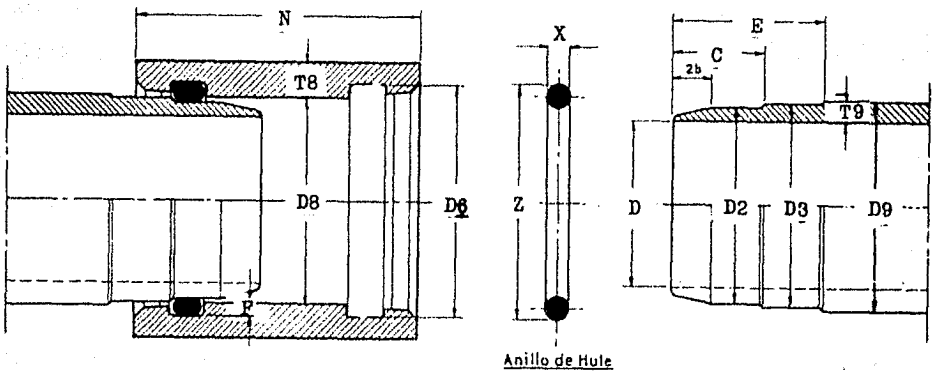
Ventajas

La economía que proporciona el uso de este tipo de tubo se debe a su menor costo de colocación y empalme, a la utilización de menores tamaños para igual capacidad de conducción, a los menores costos de instalación de bombas debido a su bajo coeficiente de fricción al no reducirse su capacidad de conducción con el tiempo, eliminación de fugas, completa inmunidad a la tuberculización, fenómenos electrolíticos, ningún costo de mantenimiento por su resistencia a la corrosión; que elimina la eliminacion de limpieza y reemplazos.

A continuación se anexan las dimensiones de tubos y coples de las diferentes presiones que se fabrican los tubos de asbestolit.

DIMENSIOBES Y PESOS APROXIMADOS DE TUBOS Y COPLES DE PRESION ASBESTOLIT

Longitud Normal para todos los diámetros y tipos: 4 mts.



TIPO : A - 2.5

PRESION DE PRUEBA: 8.75 ATMOSFERAS

DIAMETRO NOMINAL D		TUBOS						COPLES					ANILLOS		PESO EN KG.	
		DIAMETROS			ESP.	DIMENSIONES VARIAS				DIAMETROS		ESP.	SECC.	DIAM.	POR M.L.	POR ML. CON COPLE Y ANILLOS
mm.	Pulg.	D2	D3	D9	T9	C	E	F	N	D6	D8	T8	X	Z		
50	2	66	70	72	11	57	95	9.5	178	85	68	19	14	85	4.1	4.90
60	2½	78	82	84	11	57	95	9.5	178	97	80	19	14	97	4.9	5.82
75	3	88	92	93	8.5	57	95	9.5	178	107	90	16.5	14	112	4.5	5.1
100	4	114	118	119	9.5	57	95	9.5	178	133	116	17.5	14	136.5	6.5	7.3
150	6	167	171	172	11.5	57	95	9.5	178	186	169	19.0	14	187.5	11.6	12.7
200	8	217	221	222	11.5	57	95	9.5	178	236	219	19.5	14	240.5	15.9	17.3
250	10	272	276	277	11.5	57	95	9.5	178	291	274	19.5	14	299	19.2	20.9
300	12	325	329	330	12.5	70	108	9.5	203	344	327	20.5	14	353	24.9	27.4
350	14	378	382	383	13.5	83	121	11	229	400	381	22.5	16.75	412.5	31.3	34.9
400	16	430	434	435	14.5	83	121	11	229	452	433	23.5	16.75	467	38.3	42.5
450	18	483	487	488	15.5	83	133	11	254	505	486	24.5	16.75	523	46.0	51.5
500	20	536	540	541	16.5	83	133	11	254	558	539	25.5	16.75	579	54.4	60.7

TIPO : A - 5

PRESION DE PRUEBA: 17.5 ATMOSFERAS

DIAMETRO NOMINAL D		TUBOS						COPLES					ANILLOS		PESO EN KG.	
		DIAMETROS			ESP.	DIMENSIONES VARIAS				DIAMETROS		ESP.	SECC.	DIAM.	POR M.L.	POR ML. CON COPLE Y ANILLOS
mm.	Pulg.	D2	D3	D9	T9	C	E	F	N	D6	D8	T8	X	Z		
50	2	66	70	72	11	57	95	9.5	178	85	68	19	14	85	4.1	4.90
60	2½	78	82	84	11	57	95	9.5	178	97	80	19	14	97	4.9	5.82
75	3	92	96	98	11	57	95	9.5	178	111	94	19	14	112	6.4	6.98
100	4	116	120	122	11	57	95	9.5	178	135	118	19	14	136.5	8.2	8.87
150	6	167	171	173	12	57	95	9.5	178	186	169	19	14	187.5	12.9	13.85
200	8	219	223	225	13	57	95	9.5	178	238	221	19	14	240.5	18.5	19.64
250	10	276	280	282	14	57	95	9.5	178	295	278	19	14	299	25.2	26.69
300	12	329	333	335	15	70	108	9.5	203	348	331	19	14	353	32.2	34.10
350	14	384	388	390	17	83	121	11	229	406	387	20	16.75	412	42.5	45.18
400	16	438	442	444	19	83	121	11	229	460	441	22	16.75	467	54.1	57.60
450	18	493	497	499	21	83	133	11	254	515	496	24	16.75	523	67.3	72.05
500	20	548	552	554	23	83	133	11	254	570	551	26	16.75	579	82.0	87.68
600	24	658	662	664	27	83	133	11	254	680	661	30	16.75	691.5	115.5	123.63
750	30	822	826	828	33	95	145	11.5	280	845	825	36	16.75	859.5	176.3	190.05
900	36	986	990	992	39	95	145	11.5	280	1009	989	43	16.75	1027	249.9	272.20

TIPO : A - 10

PRESION DE PRUEBA: 35.0 ATMOSFERAS

DIAMETRO NOMINAL D		TUBOS						COPLES					ANILLOS		PESO EN KG.	
		DIAMETROS			ESP.	DIMENSIONES VARIAS				DIAMETROS		ESP.	SECC.	DIAM.	POR M.L.	POR ML. CON COPLE Y ANILLOS
mm	Pulg.	D2	D3	D9	T9	C	E	F	N	D6	D8	T8	X	Z		
50	2	72	76	78	14	57	95	9.5	178	91	74	21	14	91	6.0	6.47
60	2½	84	88	90	14	57	95	9.5	178	103	86	21	14	103	7.0	7.65
75	3	98	102	104	14	57	95	9.5	178	117	100	21	14	117.5	8.5	8.13
100	4	122	126	128	14	57	95	9.5	178	141	124	22	14	142.5	10.7	11.54
150	6	176	180	182	16.5	57	95	9.5	178	195	178	24	14	196	18.8	19.60
200	8	231	235	237	19	57	95	9.5	178	250	233	27	14	253	27.8	29.66
250	10	296	300	302	24	57	95	9.5	178	315	298	32	14	319.5	44.9	47.74
300	12	354	358	360	27.5	70	108	9.5	203	373	356	35	14	377.5	61.4	65.68
350	14	412	416	418	31	83	121	11	229	434	415	41	16.75	440.5	80.6	87.18
400	16	469	473	475	34.5	83	121	11	229	491	472	44	16.75	498.5	102.1	110.23
450	18	527	531	533	38	83	133	11	254	549	530	47	16.75	558	128.5	137.20
500	20	586	590	592	42	83	133	11	254	608	589	51	16.75	618	155.4	168.33
600	24	702	706	708	49	83	133	11	254	724	705	59	16.75	736.5	217.3	235.18
750	30	878	882	884	61	95	145	11.5	280	901	881	71	16.75	916.5	338.0	368.33
900	36	1054	1058	1060	73	95	145	11.5	280	1077	1057	83	16.75	1096	486.1	528.63

TIPO : A - 7

PRESION DE PRUEBA: 24.5 ATMOSFERAS

DIAMETRO NOMINAL D		TUBOS						COPLES					ANILLOS		PESO EN KG	
		DIAMETROS			ESP.	DIMENSIONES VARIAS				DIAMETROS		ESP.	SECC.	DIAM.	POR M.L.	POR ML. CON COPLE Y ANILLOS
mm.	Pulg.	D2	D3	D9	T9	C	E	F	N	D6	D8	T8	X	Z		
50	2	66	70	72	11	57	95	9.5	178	85	68	19	14	85	4.1	4.90
60	2½	78	82	84	11	57	95	9.5	178	97	80	19	14	97	4.9	5.82
75	3	95	99	101	12.5	57	95	9.5	178	114	97	20	14	115	6.7	8.00
100	4	118	122	124	12	57	95	9.5	178	137	120	20	14	138	8.2	9.77
150	6	170	174	176	13.5	57	95	9.5	178	189	172	21	14	190.5	13.4	15.75
200	8	224	228	230	15.5	57	95	9.5	178	243	226	23	14	245	20.3	23.81
250	10	284	288	290	18	57	95	9.5	178	303	286	25	14	307	29.9	34.71
300	12	339	343	345	20	70	108	9.5	203	358	341	28	14	363	39.7	46.80
350	14	395	399	401	22.5	83	121	11	229	417	398	31	16.75	423.5	51.9	61.78
400	16	450	454	456	25	83	121	11	229	472	453	33	16.75	479.5	65.8	78.13
450	18	506	510	512	27.5	83	133	11	254	528	509	36	16.75	536.5	84.3	97.10
500	20	562	566	568	30	83	133	11	254	584	565	38	16.75	593.5	98.6	117.38
600	24	674	678	680	35	83	133	11	254	696	677	43	16.75	708	138.0	164.05
750	30	841	845	847	42.5	95	145	11.5	280	864	844	51	16.75	879	209.0	250.02
900	36	1008	1012	1014	50	95	145	11.5	280	1031	1011	58	16.75	1048.5	294.9	352.08

TIPO : A - 14

PRESION DE PRUEBA: 49.0 ATMOSFERAS

DIAMETRO NOMINAL D		TUBOS						COPLES					ANILLOS		PESO EN KG.	
		DIAMETROS			ESP.	DIMENSIONES VARIAS				DIAMETROS		ESP	SECC.	DIAM.	POR M.L.	POR ML CON COPLE Y ANILLOS
mm.	Pulg.	D2	D3	D9	T9	C	E	F	N	D6	D8	T8	X	Z		
50	2	72	76	78	14	57	95	9.5	178	91	74	21	14	91	6.0	6.47
60	2½	84	88	90	14	57	95	9.5	178	103	86	21	14	103	7.0	7.65
75	3	104	108	110	17	57	95	9.5	178	123	106	22	14	124	10.6	11.30
100	4	128	132	134	17	57	95	9.5	178	147	130	23	14	148.5	13.3	14.29
150	6	185	189	191	21	57	95	9.5	178	204	187	27	14	206	24.0	25.53
200	8	243	247	249	25	57	95	9.5	178	262	245	31	14	265	37.6	39.96
250	10	308	312	314	30	57	95	9.5	178	327	310	36	14	331.5	57.5	60.71
300	12	369	373	375	35	70	108	9.5	203	388	371	41	14	393.5	80.0	85.33
350	14	430	434	436	40	83	121	11	229	452	433	46	16.75	458.5	106.5	114.38
400	16	490	494	496	45	83	121	11	229	512	493	51	16.75	519.5	136.6	146.50
450	18	551	555	557	50	83.	133	11	254	573	554	56	16.75	582	143.6	184.20
500	20	612	616	618	55	83.	133	11	254	634	615	61	16.75	644.5	200.5	224.95
600	24	734	738	740	65	83.	133	11	254	756	737	71	16.75	769	295.5	318.65
750	30	916	920	922	80	95	145	11.5	280	939	919	86	16.75	955	458.8	492.68
900	36	1098	1102	1104	95	95	145	11.5	280	1121	1101	101	16.75	1141	643.5	700.70

TUBOS DE ARCILLA VITRIFICADA

Estos tubos se fabrican con arcilla o pizarra, haciendo una mezcla con agua y conformada en moldes, desecada y finalmente cocida en hornos a altas temperaturas. Poco antes de terminar el-periodo de calefacción, se coloca sal común en el horno, la que,-debido a la crecida temperatura reinante, se vaporiza, reaccionando con arcilla, de modo que se forma sobre ella una capa dura e - impermeable. El calor produce también una fusión o vitrificación-del barro que se vuelve muy denso y duro.

En la Tabla siguiente se indican los tamaños, dimensiones y resistencias al aplastamiento normalizados por la American-Society for Testing Materials.

DIMENSIONES DE LOS TUBOS DE ARCILLA SEGUN NORMAS DE LA AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS

Diámetro interior Pulgs.	Carga mínima de rotura por aplastamiento lbs/pie l	Longitud pies	Diámetro Exterior a 1/2" de la base del manguito Pulgs.	Profundidad del manguito Pulgs.	Conicidad mínima del manguito	Espesor de la parte cilíndrica. Pulgs.
4	1.430	2	5 3/4	1 3/4	1 - 20	1/2
6	1.430	2,2 1/2	8 1/4	2 1/4	1 - 20	5/8
8	1.430	2,2 1/2,3	10 1/2	2 1/2	1 - 20	3/4
10	1.570	2,2 1/2,3	12 3/4	2 1/2	1 - 20	7/8
12	1.710	2,2 1/2,3	15 1/8	2 3/4	1 - 20	1
15	1.960	2,2 1/2,3	18 3/4	2 3/4	1 - 20	1 1/4
18	2.200	2,2 1/2,3	22 1/4	3	1 - 20	1 1/2
21	2.500	2,2 1/2,3	25 4/8	3 1/2	1 - 20	1 3/2
24	3.070	2,2 1/2,3	29 3/8	3 3/8	1 - 20	2
27	3.370	2 1/2,3	33 1/8	3 1/2	1 - 20	2 1/4
30	3.690	2 1/2,3	36 5/8	3 1/2	1 - 20	2 1/2
33	3.930	2 1/2,3	40	4	1 - 20	2 5/8
36	4.400	2 1/2,3	43 1/4	4	1 - 20	2 3/4

Nota: El espesor del manguito a 1/2 pulgada de su extremo libre, no debe ser inferior a los 3/4 del espesor de la parte cilíndrica del tubo.

Todo tubo antes de usarse debe someterse a una inspec--- ción por parte del Ingeniero; para estar seguro que cumple con las normas de construcción. La American Society of Municipal Engeniers en sus normas recomienda que se rechacen los tubos en la fábrica o en el tajo en los siguientes casos:

a) variación de algunas dimensiones que supere la permitida - en la tabla anterior,

b) fracturas o grietas que atraviesen la pared del casquillo- de los tubos,

c) ampollas cuya superficie esté rota o que sobresalgan más - de 3 mm. sobre la superficie,

d) defectos que indiquen imperfecciones en el proceso de fa-- bricación,

e) roturas suficientes para perjudicar la resistencia, durabi lidad o utilizacion del tubo,

f) variación de más de 42 mm. por metro en la alineación de - un tubo que se ha estipulado sea recto,

g) no dar un sonido claro cuando se coloca de pie y se le da- un golpe seco con un martillo ligero,

h) unión insegura de ramales o refuerzos,

i) la superficie interior no podrá presentar más de un 10 -- por ciento carente de vidriado.

Estos tubos deben someterse a los ensayos que la Ameri-- can Society of Municipal Engeniers fija.

a) la resistencia a la rotura por aplastamiento; la cual se - ensaya por el sistema del soporte de arena,

b) el segundo ensayo es el de la presión hidráulica la cual -

se lleva a cabo mediante agua a las presiones sucesivas de 0.35 kg/cm2 durante 5 minutos, 0.7 kg/cm2 durante 10 minutos y 1.0 kg/cm2 durante 15 minutos. No se tolera ningún escape,

c) el tercer ensayo se refiere a la absorcion del agua el cual consiste en secar un fragmento de tubo, pesarlo y hervirlo en agua destilada durante 5 horas; la absorción que se produzca no debe superar al 8 por ciento.

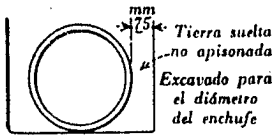
Cargas

Las tuberías de barro vidriado no son susceptibles de resistir presiones interiores apreciables, por lo que generalmente se usan para que funcionen parcialmente llenas. Si están bien asentadas y se rellenan cuidadosamente, resultan entonces bastante eficaces en cuanto a la resistencia de las cargas exteriores.

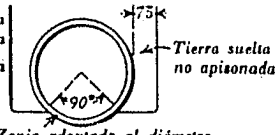
Para encontrar la capacidad de carga de estos tubos, se le aplica la fórmula expuesta en la introducción de este trabajo.

Métodos de colocación de los tubos

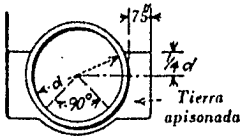
El método de tendido de los tubos tiene mucha relación con la resistencia desarrollada por el tubo; en la figura siguiente se indican los métodos de colocación de los tubos y qué proporción del esfuerzo soporta la arena.



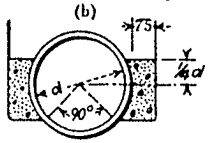
Lecho de tierra inadecuada
Resistencia 80%
(a)



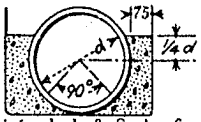
Lecho de tierra corriente
Resistencia 100%
(b)



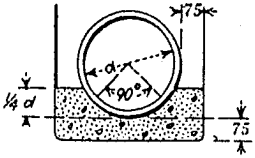
Lecho de tierra de primera
Resistencia 120%
(c)



Hormigón de 1 : 8. Suelos firmes
Resistencia 140%
(d)

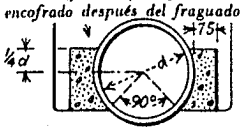


Hormigón de 1 : 8. Suelos firmes
Resistencia 200%
(e)

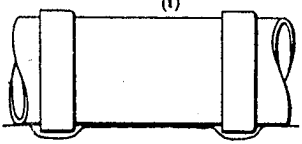


Hormigón de 1 : 8. Suelos firmes
Resistencia 160%
(f)

Tierra excavada después de fraguar el hormigón, lo que equivale a quitar el encofrado después del fraguado



Hormigón de 1 : 8.
Suelos blandos
Resistencia 120%
(g)



Excavación para el enchufe en toda clase de terrenos. Si no se acierta a dar asiento uniforme al cuerpo del tubo, su resistencia baja a un valor de 73 a 85% de la teórica (h)

– Sistemas de colocación de los tubos de alcantarillado y valores relativos de los esfuerzos que se desarrollan sobre los apoyos.

PROPORCION DE LAS CARGAS SUPERFICIALES EXTENDIDAS
QUE ALCANZA A LOS TUBOS COLOCADOS EN LAS ZANJAS

Relación entre la profundidas y la anchura	Arena y tierra vegetal húmeda	Tierra vegetal saturada	Arcilla amarilla húmeda	Arcilla amarilla saturada
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00
0.5	0.85	0.86	0.88	0.89
1.0	0.72	0.75	0.77	0.80
1.5	0.61	0.64	0.67	0.72
2.0	0.52	0.55	0.59	0.64
2.5	0.44	0.48	0.52	0.57
3.0	0.37	0.41	0.45	0.51
4.0	0.27	0.31	0.35	0.41
5.0	0.19	0.23	0.27	0.33
6.0	0.14	0.17	0.20	0.26
8.0	0.07	0.09	0.12	0.17
10.0	0.04	0.05	0.07	0.11

PROPORCION DE LAS CARGAS SUPERFICIALES CONCENTRADAS
QUE ALCANZA A LOS TUBOS COLOCADOS EN ZANJAS

Relación entre la profundidad y la anchura	Arena y tierra vegetal húmeda		Tierra vegetal saturada		Arcilla húmeda		Arcilla húmeda	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
0.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.5	0.77	0.12	0.78	0.13	0.79	0.13	0.81	0.13
1.0	0.59	0.02	0.61	0.02	0.63	0.02	0.66	0.02
1.5	0.46	-	0.48	-	0.51	-	0.54	-
2.0	0.35	-	0.38	-	0.40	-	0.44	-
2.5	0.27	-	0.29	-	0.32	-	0.35 v	-
3.0	0.21	-	0.23	-	0.25	-	0.29	-
4.0	0.12	-	0.14	-	0.16	-	0.19	-
5.0	0.07	-	0.09	-	0.10	-	0.13	-
6.0	0.04	-	0.05	-	0.06	-	0.08	-
8.0	0.02	-	0.02	-	0.03	-	0.04	-
10.0	0.01	-	0.01	-	0.01	-	0.02	-

Usos

El uso de las tuberías de barro vidriado se ha limitado a la conducción de aguas residuales, que trabajen a gradiente hidráu

lice pues aunque se ha utilizado en algunas condiciones para el -- transporte de agua con presiones hasta de 0.5 ats. ya ha quedado - en desuso este aspecto.

TUBERIAS DE ACERO

GENERALIDADES

El acero es uno de los materiales más apropiados para la fabricación de tuberías, y se usa mucho desde un diámetro mínimo hasta el de 20 pies (6.1 m.) ó más. Las tuberías de pequeño diámetro pueden fabricarse a máquina. Así se hace con las tuberías ordinarias de servicio de abastecimiento y las tuberías especiales llegan hasta un diámetro de 12 pulgadas (30.5 cm.) ó más. Los tramos de tuberías de pequeño diámetro se unen en la obra por medio de soldadura, bridas unidas por pernos, o con una serie de juntas patentadas. Las tuberías de gran diámetro se unen por medio de remaches, soldadura o por medio de bridas con tornillos. Para diámetros muy grandes, los tramos de tubo se construyen de chapa fresada curvada y cortada a medida, y se unen por medio de remaches, por soldadura o por otros medios. Si las condiciones de transporte lo permiten, los tubos de acero se unen generalmente en el taller en tramos de longitud conveniente; con los métodos modernos de fabricación en que los tubos salen con precisiones bas-

tante tolerables se pueden transportar los tramos y unirse en el terreno con las juntas adecuadas según el caso.

Juntas

La tubería de acero puede unirse en el campo por diferentes métodos a fin de hacer conexiones rígidas o flexibles. Estas pueden ser:

Juntas de campana deslizables para soldadura de traslape.

Juntas soldadas a tope sencillas o dobles.

Juntas a tope con abrazaderas para soldarse o remacharse.

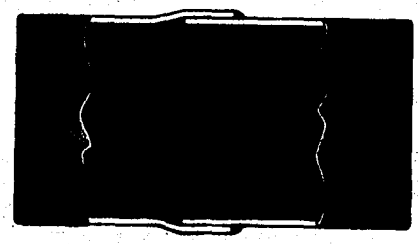
Juntas de campana o con unión de espiga empaquetadas con hule.

Juntas de pestañas remachadas.

Juntas de unión mecánica o Dresser, o de tipo Victaulic.

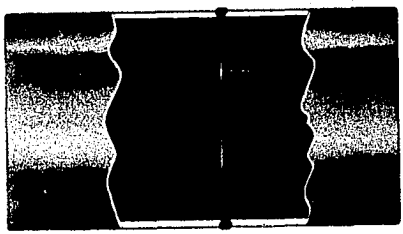
Juntas remachadas.

Las juntas de campana del tipo deslizable, se usan ampliamente debido a su flexibilidad, facilidad de manejo y colocación, resistencia al agua y simplicidad. Pueden hacerse ángulos pequeños alrededor de 4 grados, puede soldarse únicamente por fuera y si el diámetro lo permite, por el interior.



Las juntas soldadas a tope sencillas o dobles, pueden -

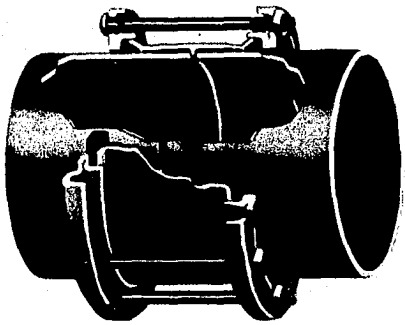
desarrollar gran resistencia pero requieren mucho cuidado de campo en el cortado y colocación y están sujetas a cambios en la alineación de la tubería, los cuales ocurren frecuentemente.

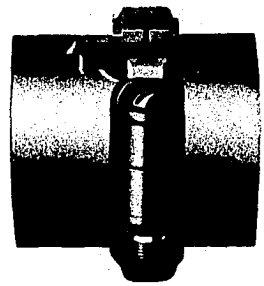


Las juntas de campana deslizables y con unión de espiga empaquetadas con hule simplifican la colocación del tubo y no requieren soldadura en el campo. Permiten flexibilidad, resistencia al agua y bajo costo de instalación.

Las juntas de pestañas remachadas no se usan generalmente para juntas de campo con tubería de gran diámetro, debido a su gran costo y poca flexibilidad. Sin embargo, son convenientes para condiciones especiales, tales como conexiones en pasos de puentes, medidores y para conexiones de campo hechas con mano de obra no especializada.

Las juntas de unión mecánica son fáciles de instalarse y muy flexibles y están presentadas por los tipos Dresser y Victaulic. El tipo Victaulic se usa generalmente en diámetros pequeños.





Las juntas remachadas se usan raramente en las tuberías en virtud del desarrollo de la técnica de soldadura. Sin embargo, para ciertas condiciones locales el remache en el campo puede ser más práctico que la soldadura.

Detalles de las tuberías de acero

La tubería de acero se adapta fácilmente a la colocación de piezas de unión requeridas en la línea. Cualquier ajuste o corte debe diseñarse cuidadosamente para obtener el esfuerzo y la rigidez adecuada.

Válvulas de aire

Se deben colocar en cada punto donde hayan cambios abruptos para permitir la liberación del aire que se puede acumular durante el llenado del tubo y para permitir tambien la entrada de aire nuevo a la tubería durante la salida del agua o cuando se presente la ruptura en un punto.

Válvulas de desfogue

Deben instalarse en cada depresión que se presente en la tubería, de tal manera que el agua pueda evacuarse fácilmente. Usualmente consiste en un tubo de corta longitud conectada en la parte baja del tubo principal y llevado suficientemente lejos de-

él para permitir la colocación de una válvula de garganta o de otro artificio. El tamaño de este vaciador, depende de la longitud y diámetro del tubo que se quiere drenar y de la presión en ese punto. Como una regla gruesa el diámetro del vaciador debe ser de dos pulgadas por cada pie de diámetro de la tubería principal.

Válvulas

Las válvulas deben instalarse en la tubería principal en puntos donde se desee un control o un aislamiento de cualquier sección especial y en todas las líneas laterales. Para diámetros de tubos mayores de 12 pulgadas, las válvulas deben ser más pequeñas en tamaño que la tubería principal, a fin de lognar ahorros considerables en costo con solamente un pequeño incremento en pérdidas por fricción.

Accesos a la tubería

Estos accesos deben instalarse para la entrada de personal en tuberías de diámetros mayores, y permitir fácil acceso de trabajadores, cables y otros materiales a la tubería.

Juntas de expansión y anclajes

Las juntas de expansion en tuberías de acero soldada no son necesarias como regla general si el tubo se coloca bajo tierra. Debido a la ductibilidad y elasticidad de la tubería de acero, cualquier esfuerzo normal que se presente debido a cambios de temperatura puede resistirse sin mayor peligro.

Si la tubería se coloca sobre el terreno, usualmente se fija por medio de soportes o por bridas en forma de anillo. Usualmente la tubería se coloca en línea recta en una longitud amplia y debido a su flexibilidad los tubos pueden moverse y permitan atenuar-

los esfuerzos por temperatura que se presenten. Si la tubería se-coloca en tal forma que permita una absoluta libertad de movimiento y sujeta a cambio de temperatura de 10°C las terminales de una sección de tubería recta de 300 m. de longitud tiene un movimiento relativo de 10 cm.

Si la línea se coloca absolutamente fija, rígida y sujeta a cambios de temperatura de (10°C), el esfuerzo unitario causado por este cambio de temperatura será de (670 kg/cm2)

Sin embargo, como la tubería no puede ser absolutamente rígida, el esfuerzo que se presenta es menor, y en casos extremos cualquier esfuerzo de temperatura que se presente en la tubería,-no la perjudica.

Una posibilidad de esfuerzos peligrosos debido a cambios de temperatura, puede presentarse en los cambios de dirección o en otras conexiones de una tubería. A fin de prevenir estos esfuerzos es necesario fijar las curvas por medio de anclajes; asimismo, se requieren anclajes en las tes, válvulas, reductores, etc. El tamaño del anclaje depende de la presión interna del agua, el diámetro de la tubería, el tipo de ajuste o herraje y la resistencia del terreno.

En curvas el esfuerzo resultante puede calcularse por la fórmula $R = 1.571\ D^2\ P$ seno $\frac{d}{2}$ donde:

R = resultante total en libras.

d = diámetro de la tubería en pulgadas

P = presión en libras por pulgada cuadrada

D = ángulo de deflexión.

Placas de acero con rebordes

Este tipo de rebordes cuando está bien diseñado y convenientemente soldada la tubería produce una junta segura y económica. Un método para diseñar el espesor de las placas de acero con-rebordes, se basa en la siguiente fórmula:

$$t = \sqrt{\frac{PLA}{1175C}}$$

donde t = al espesor de la placa en pulgadas

P = a la presión de trabajo de lb/pulg2.

L = con la distancia del centro del tornillo a la cubierta del tubo en pulgadas

A = área interior del tubo en pulgadas cuadradas

C = circunferencia del tubo en pulgadas.

Esta fórmula está basada en un esfuerzo de trabajo neto de 7040 lb/pulg2.

Espesor de la tubería debida a la presión interna

Como cálculo aproximado, el espesor mínimo de una tubería está dado por la fórmula $t = \frac{pr}{e} + C$.

siendo p = la presión interior en kg/cm2

r = radio interior y tambien radio medio del tubo

t = espesor de la placa del tubo

cifra de trabajo del material en tensión

e = porcentaje de la eficiencia de la junta

C = espesor adicional previstos para corrosión y que no interviene en los cálculos de resistencia. Su valor varía de 1.5 a 2.5 mm. Comúnmente se toma el menor de estos valores.

Este valor de t debe satisfacer las condiciones de rigidez del tubo para maniobras y transportes, así como para soportar las vibraciones o el paso de las corrientes de agua. Si el espesor de t no da rigidez al tubo, entonces se preverán piezas atizadoras removibles para las maniobras.

Con el valor de t encontrado por la fórmula anterior, se procede a encontrar los esfuerzos a que está sometida la tubería. Se hace el análisis de todos éstos y si su combinación resulta menor que el esfuerzo permisible de trabajo, se considerará como bueno el espesor de t encontrado por la fórmula antes expuesta.

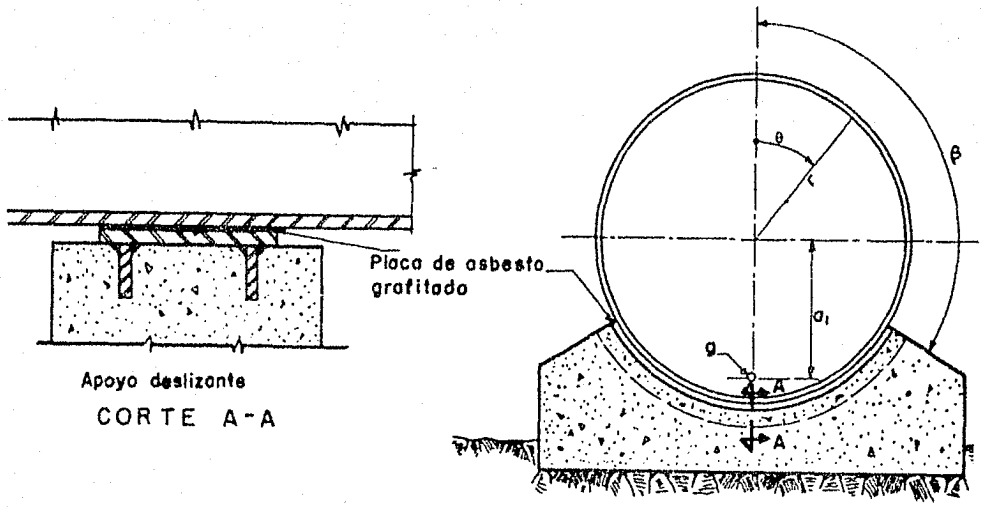
Soportes de la tubería

La tubería de acero soldada, colocada sobre el terreno o en túneles, se fija por medio de soportes o con anillos sujetos por pilas. Los anillos se colocan usualmente a intervalos mayores que los soportes.

Los costos de instalación para esta tubería son menores que para la tubería enterrada, ya que se elimina la excavación y el relleno.

Esta tubería es perfectamente accesible a la inspección y de fácil mantenimiento y reparación. Tiene además mayor vida útil.

Si el diámetro de la tubería es grande, comparada con su espesor ($\frac{D}{t}$ mayor que 300) será necesario usar atizadores alrededor del tubo en ciertos puntos a fin de mantener su redondez.



TUBERIA SIN ANILLOS ATIESTADORES APOYADA EN SILLETAS

Silletas

Para soportar tuberías de acero que no tienen atizadores, colocada sobre silletas de acero o de concreto, las cunas bajo el tubo deberán tener un espesor de un cuarto del diámetro del tubo, pero no inferior a 30 cm. También la profundidad mínima de la cuna debajo de la parte inferior del tubo, deberá de ser de un cuarto del diámetro del tubo. Lateralmente deberá ser de 20 cm. mayor que el diámetro horizontal de la tubería.

La deflexión máxima de la tubería actuando como una viga entre silleta adyacentes, deberá limitarse a $\frac{1}{360}$ de claro.

Anillos

Cuando una tubería de acero de gran diámetro se coloca sobre el terreno, se ha encontrado que es muy conveniente usar anillos espaciados para soportar la tubería, estos anillos de sostén evitan la distorsión de la tubería en los puntos de soporte y por lo tanto mantienen su cualidad para actuar como viga. Consideraciones prácticas generalmente limitan los espaciamientos de 13

a 25 m.

Esfuerzos en los anillos de soportes

El valor mínimo posible del momento máximo de flexión - en el anillo ocurre cuando:

$A = 0.04r$ fuera del eje neutro

A = excentricidad de la reacción $\frac{Q}{2}$ desde una tangente al centro -- del casco del tubo en pulgadas

Q = carga total del casco del tubo trasmitido por esfuerzo cortante al anillo en libras

r = radio del tubo en pulgadas.

Cuando esto se cumple, el momento máximo de tension es- de $M = 0.01\ QR$, y el esfuerzo de tensión es $F_1 = \frac{My}{I}$.

El esfuerzo máximo en el anillo debido al cortante es - $F_2 = \frac{Q}{4A}$ en que:

A área del anillo en un plano sobre el eje del tubo en pulgadas cuadradas.

El esfuerzo del tubo debido a fuerzas radiales es:

$$F_3 = \frac{pr}{A}\left(C + 1.56\sqrt{rt}\ \frac{(A - ct)}{(A + 1.56\ t\sqrt{rt})}\right)$$

en donde:

t = espesor del tubo en pulgadas

C = espesor del anillo en pulgadas

r = radio del tubo en pulgadas

p = presion dentro del tubo en $lb/pulg^2$.

El esfuerzo máximo en el anillo es de $f = f_1 + f_2 + f_3$

Esfuerzos en la cubierta del tubo

Los esfuerzos máximos combinados en el anillo son:

$$f = \frac{D}{2t} (w + qh)$$

en que:

D = diámetro del tubo en pulgadas

w = peso del tubo vacío en libras por pulgada pie

q = peso del líquido que fluye en el tramo considerado en libras por pie cúbico

h = altura sobre el lecho bajo del tubo pies.

El esfuerzo combinado longitudinal es:

$$f_1 = \frac{L^2}{4t} \left(\frac{2w}{D} + \frac{q}{2}\right)$$

El esfuerzo máximo de tensión de la cubierta es:

$$f_2 = \frac{1.82\ (A - ct)}{(A + 1.56\ \sqrt{rt})} \left(\frac{pr}{t}\right)$$

Los esfuerzos totales longitudinales combinados

$$f = f_1 + f_2$$

<u>Ventajas de los tubos de acero sobre otros materiales</u>

1.- Su gran esfuerzo a la tensión estos tubos ofrecen la mayor resistencia en proporción al espesor de sus paredes en comparación con otros materiales de tuberías.

2.- Por lo que respecta a la durabilidad, los tubos de acero son superiores a cualquier otro tipo de materiales, estimándose - superior a 100 años.

3.- Una importante ventaja es la economía en su mantenimiento.

4.- Todos los sistemas de agua necesitan de una máxima capacidad de conducción y la tubería de acero tiene esa gran ventaja,

pues resiste a la tuberculización y además puede incrementar la capacidad de conducción, aumentando la presión, ya que se tiene un amplio margen de seguridad en el material.

5.- La ductibilidad del material le proporciona una gran ventaja con respecto a otros materiales, pues gracias a esto, permite su uso en terrenos donde otros materiales no podrían colocarse o se instalarían con dificultad y altos costos.

6.- Muy resistente a los movimientos del terreno y casi inmune a las vibraciones de la superficie.

7.- Ninguna línea de agua puede operar correctamente y en forma satisfactoria sin juntas adecuadas. La pérdida de agua por fallas en las juntas puede ser la más cara de un sistema de agua. En este sentido, la tubería de acero proporciona los más altos índices de seguridad.

8.- El esfuerzo mínimo de tensión del acero usado normalmente en las tuberías de agua es de 3500 kg/cm2. Debido a su ductibilidad la tubería resiste la aplicación de presiones accidentales como golpe de ariete, temblores, vibraciones de tráfico, asentamiento, inundaciones, cambios de temperatura,etc.

Desventajas:

La corrosión es el deterioro del acero por oxidación o por acción electrolítica, la tubería de acero aparentemente es más susceptible de corroerse que otros materiales. Sin embargo, esto ocurre únicamente en tuberias de acero que no tienen protección en suelos o agua con acción corrosiva. Cuando se aplica una protección permanente, se asegura una larga vida para la tubería.

Otras desventajas de la tubería de acero es el alto cos

to aparente, pues a la larga resulta más barata que otros materia les debido a su alto rendimiento y bajo costo de mantenimiento.

Alto costo en el transporte; como es imposible la fabrica--- ción de los tubos en los lugares donde se localizan las obras, és tos tienen que ser transportados en los sitios donde se van ejecu tando y el transporte resulta costoso por las dificultades que -- presenta, debido al peso del tubo principalmente en tuberías de - diámetros grandes.

Usos:

La tubería de acero puede usarse en general para la con ducción de cualquier líquido, gas u otras substancias, aunque su- utilización se ha enfocado en el transporte del agua, no obstante también tiene un gran uso en los oleoductos y gasoductos.

CARACTERISTICAS DE LAS TUBERIAS DE ACERO

Diámetro Pulgs. Interior	Exterior	Espesor de la tubería pulgs.	Peso en libras por pie
2	2 3/8	.116	2.80
3	3 1/2	.128	4.61
4	4 1/2	.144	6.70
5	5 1/2	.176	10.00
6	6 5/8	.176	12.10
7	7 5/8	.192	15.20
8	8 5/8	.192	17.30
9	9 5/8	.192	19.30
10	10 3/4	.192	21.70
12	12 3/4	.212	28.40
-	14	.25	36.70
-	16	.25	42.10
18	18 1/2	.25	48.70
21	21 1/2	.25	56.70
24	24 1/2	.25	64.80
27	27 3/4	.28	84.50
30	30 3/4	.312	102.00
33	33 3/4	.312	102.00
36	36 3/4	.312	122.00
42	43	.375	171.00
48	49	.375	195.00
54	55	.437	255.00
60	61	.5	323.00
66	67 1/4	.562	401.00
72	73 1/4	.625	485.00

TUBERIA DE FIERRO FUNDIDO

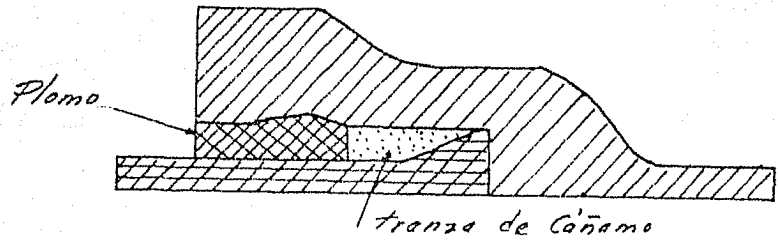
La tubería de fierro fundido ha sido la que más empleo- ha tenido en la distribución de agua en las ciudades. Su costo — inicial es mayor que para las tuberías de otros materiales, pero- tiene una gran duración y exige un mínimo de trabajo de conserva- ción y reparación.

El historial de la tubería de fierro fundido data de — unos 250 años, cuando fueron instalados tubos para distribuir — agua en Versalles, Francia, encontrándose a la fecha en buenas — condiciones. La vida media de los tubos de fierro fundido es difí cil de establecer, debido a las variables condiciones a que han - podido estar expuestas, pero que pasan de 100 años. Están sujetos sin embargo, a la tuberculización en ciertas aguas, reduciéndose-

su capacidad de transporte hasta un 70 por ciento.

Uniones

La unión de enchufe y cordón, utilizando plomo como material de relleno, es la más empleada. El primer paso para la preparación de una junta es enrollar hilazas alrededor del enchufe de uno de los tubos antes de colocarlo en la campana del que se ha instalado anteriormente. Después de la inserción del enchufe se arreglan las hilazas y se ajustan por medio de un alambre. Deben usarse una cantidad suficiente de hilaza para llenar la unión hasta 5 cm. de la cara de la campana. Se coloca, entonces alrededor de aquella una empaquetadora o anillo de junta, de manera que ajuste perfectamente contra el borde externo de la campana. Para conseguir un perfecto contacto entre el anillo y el tubo, que impida que se desparrame el plomo fundido fuera de la junta, se emplea arcilla húmeda. El plomose vierte entonces en la abertura, en forma de V, dispuesta en la junta anular de empalme, para llenar el espacio que queda entre el anillo y la empaquetadura. Una vez que el plomo se ha solidificado, se saca el anillo, y el plomo, que se contrae al enfriarse, se extiende recalcándolo hasta que se obtiene un ajuste impermeable. Hay que tener mucho cuidado al efectuar esta operación, pues con los golpes y herramientas que se usan, hay ocasiones en que se puede rajar la campana.



Juntas de cemento

Estas juntas también resisten vibraciones y choques como las de plomo, resistiendo presiones de 3.5 kg/cm2. a 10.5 kg/cm2.

La junta se recubre, primero, con hilaza (de preferencia de cáñamo). El cemento se prepara rociándole agua hasta que tenga una humedad necesaria para amasarlo, pero que todavía estélo bastante seco para desmenuzarse cuando se deje caer de una altura de 30 cm. El operario comprime un puñado de mortero contra la junta abierta, y lo apisona por toda la superficie de la junta hasta que se llena la mitad de su altura. El cemento se recalca, entonces, todo lo que sea posible. Se completa el relleno y el cemento se recalca de nuevo. La cantidad de cemento necesario es de 450 g por cada 25 mm de diámetro del tubo. El rendimiento de este junteo es de 16 uniones en tubos de 20 cm. por hombre y día. A las 24 horas, el agua puede circular por la tubería, y aunque ordinariamente las juntas de cemento trasudan durante algún día, pronto quedan completamente impermeabilizadas.

Juntas flexibles

Estas se emplean cuando no es conveniente la rigidez de-

los ramales.

Como las tuberías colocadas sobre lechos de río asentarían después de emplomadas, se emplean uniones flexibles. Estas uniones también permiten empalmar el tubo a balsas y sumergirlo a medida que la balsa avanza, se añaden nuevos tramos de tubería que desde la popa de la balsa, en declive, se van depositando en el fondo del río. El enchufe se trabaja en el torno para adaptarlo a la forma de la campana. El plomo se vierte y se recalca para llenar la junta desde el saliente a la cara.

Junta universal

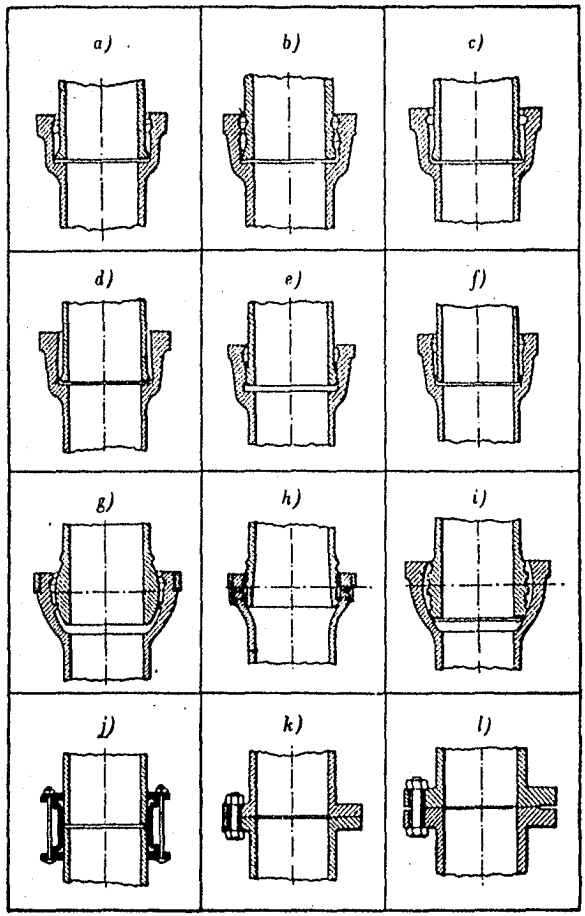
Esta tiene dos bordos achaflanados que ajustan fuertemente por medio de pernos que pasan a través de las pestañas.

Juntas "Dresser"

Consta de un medio anillo y dos tambores que, enlazado con pernos que comprimen fuertemente las empaquetaduras entre los extremos del medio anillo; se hacen para tubos de acero y de hierro fundido y se emplean donde se requiere flexibilidad y resistencia contra altas presiones.

Juntas de expansión

Se utilizan para permitir la expansión y contracción del tubo sin daño para las uniones. Estas juntas son necesarias allí donde los tubos están expuestos a cambios de la temperatura atmosférica.



Secciones de varios tipos de uniones empleadas en tubo de fundición.

a y *b)*, Normal A W W A, la *a* de alta presión. — *c* y *d)*, Normal A G A, la *d)* para cemento. — *e)*, Torneada y mandrilada. — *f)*, Campana. — *g, h, i)*, Flexibles. — *j)*, A tope con acoplamiento Dresser. — *k)* De pestaña (normal). — *l)* De pestaña (flexible).

Esfuerzos

Las fuerzas consideradas son: la presión estática interna, el golpe de ariete, las fuerzas originadas por el relleno encima del tubo y alrededor del mismo.

Llamemos:

d = diámetro interior cms.

t = espesor en cms.

F = altura de la tierra sobre la parte superior del tubo en m.

S = coeficiente de trabajo, kg/cm2; 308 para hierro fundido (equivalente a un factor de seguridad de 5, -- con buen hierro)

W = peso de tierra sobre un centímetro lineal de tubería, supóngase un peso de 1,840 kg/m3 y un diámetro exterior del tuboigual a 1.05 d.

$$W = 0.193\ Fd$$

d_1 = diámetro medio de la sección anular, igual a 1.025 d, aproximadamente.

M = momento flector ordinariamente presente debido al terreno

$$M = \frac{1}{16}\ Wd_1$$

$$M = 0.01238\ Fd^2$$

El esfuerzo circunferencial máximo que resulta en el metal es:

$$S_1 = \frac{6M}{t^2}$$

$$S_1 = \frac{0.0743\ Fd^2}{t^2}$$

La fuerza disponible para resistir la presión del agua es igual a 308, menos esta cantidad, de la cual se destina un tercio para resistir el golpe de ariete. De aquí que la fuerza disponible para resistir la presión estática sea:

$$S_2 = \frac{2}{3}\left(308 - 0.0743\,\frac{Fd^2}{t^2}\right)$$

La altura H que una tubería puede soportar con una carga de trabajo está dada en la fórmula

$$H = \frac{4115\ t}{d} - \frac{Fd}{t}$$

Para valuar el espesor del tubo; asignando un factor de inexactitud de fabricación de 0.25 cm. en las tuberías a instalar en el campo y 0.65 cm. para la ciudad, tendremos:

$$t = \frac{d}{8230}\left(H + \sqrt{H^2 + 16.460\ F}\right) + 0.25 \text{ (campo)}$$

$$t = \frac{d}{8230}\left(H + \sqrt{H^2 + 16.460\ F}\right) + 0.65 \text{ (ciudad)}$$

Carga de terreno

Admitiendo que la presión debida al terreno de relleno sea vertical y uniformemente distribuida sobre la superficie superior de la tubería, con ausencia de presiones horizontales considerables, el aplastamiento elástico Y, en centímetros, o la reducción en el diámetro vertical de tubos relativamente delgados vale:

$$Y = \frac{W\,(d + t)^4}{8Et^3}$$

$$W = \frac{8Et^3\ Y}{(d + t)^4}$$

siendo W = carga vertical uniformente distribuida en kg/cm2.

E = módulo de elasticidad del metal del tubo igual a 770 000 para hierro fundido y 2 100 000 para el acero y el hierro forjado.

Los datos experimentales son escasos pero se admite que donde no circulan apisonadoras, etc., sobre la tubería, por lo menos dos tercios del peso del relleno actúa como carga vertical -- uniformemente distribuida sobre la tubería y produce esfuerzo de-deformación circunferencial. De ahí que el máximo esfuerzo en la fibra más alejada vale:

$$S = \frac{0.375\ w\ (d + t^2)}{t^2}$$

Admitiendo un relleno de 1.8 m. de altura a razón de -- 1,840 kg/m2.

$$S = 0.084\ \left(\frac{t}{d + t}\right)^2;\ \text{en general}\ \left(\frac{d + t}{t}\right) = 37$$

para tuberías de hierro colado más delgadas y grandes y 193 para-las similares de acero. En las tuberías de hierro fundido se producen cargas circunferenciales considerables, causadas por el --- asiento de diversos tramos, que producen presiones en las unio--- nes, en las partes alta o baja de los cordones. Admitamos que esta carga vertical, uniformemente distribuida sobre el diámetro horizontal medio de una anchura efectiva de 5 cm. ha de resistirla-un extremo del cordón de 30 cm. de longitud, entonces la carga unitaria será:

$$w = 16\ S\ \left(\frac{t}{d + t}\right)^2$$

tomando como carga de rotura por flexión de hierro fundido 1,890 kg/cm2 para una tubería de 91.43 cm. de un grueso de 2.54 cm ---- 22.1 kg/cm2.

Para el cálculo de la tubería, por lo que respecta a carga del terreno se utiliza la fórmula antes vista y que dice:

$$W = cwB^2$$

Usos

Como ya se dijo el mayor uso a que se destinan estas clases de tuberías es a la distribución de agua en las ciudades.

Ventajas

Espesor suficiente para proporcionar una gran seguridad tanto a la corrosión, como a los reventones, durante la transportación ofrece mayor resistencia que la de otros materiales, una mayor exactitud en sus dimensiones, existencia de juntas de diferentes clases y para diferentes condiciones, duración, buena conductibilidad; si se conservan y revisten bien.

Inconvenientes

En primer lugar su precio, su peso, altas tarifas en el transporte hasta el sitio de la utilización, la formación de tubérculos en aguas blandas y coloreadas; que pueden reducir hasta un 70 por ciento su capacidad de conducción, la probabilidad de electrolicis y la corrosión externa en terrenos ácidos.

CLASES Y CARACTERISTICAS DE LOS TUBOS DE FIERRO FUNDIDO
SEGUN NORMAS DE LA AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION

Diámetro - nominal mm	Clase C; 108.5 metros columna agua; 59 kg. Espesor mm	Tubos de 3.60 m. largo peso en kg por: Metro	Tubo	Clase D; 122 metros columna agua; 78.5 kg. Espesor mm	Tubos de 3.60 m. largo peso en kg por: Metro	Tubo
76	11.5	25.4	93	12.2	26.8	88
102	12.2	34.7	127	13.2	37.2	136
152	13.0	53.2	195	14.0	57.0	209
203	13.9	77.5	282	15.2	82.9	304
254	15.7	105.3	386	17.2	114.1	417
305	17.3	136.4	499	19.0	148.8	644
356	18.8	173.6	635	20.8	192.2	683
406	20.3	214.0	782	22.6	235.5	862
457	22.0	260.4	953	24.4	285.3	1.043
508	23.4	309.9	1.134	26.2	328.8	1.247
610	26.5	315.6	1.520	29.5	456.5	1.669
762	30.4	595.3	2.177	34.8	669.7	2.449
914	34.6	806.2	2.971	38.3	930.1	3.402
1.067	39.1	1.066.5	3.901	43.4	1.227.7	4.491
1.219	43.4	1.351.6	4.577	48.4	1.562.6	5.446
1.372	48.4	1.339.1	5.929	59.6	1.997.6	7.259
1.524	50.8	1.696.7	7.302	60.4	2.256.2	8.618
1.829	60.7	2.834.9	10.018			
2.134						

CLASES Y CARACTERISTICAS DE LOS TUBOS DE FIERRO FUNDIDO
SEGUN NORMAS DE LA AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION

Diámetro - nominal mm	Clase A; 5 metros columna agua: 19,5 kg. Espesor mm	Tubos de 3.60 m. largo peso en kg por: Metro	Tubo	Clase B; 61 metros columna agua: 39 kg Espesor mm	Tubos de 3.60 m. largo peso en kg por: Metro	Tubo
76	9.9	21.6	79	10.7	24.1	88
102	10.7	29.8	108	11.5	32.2	118
152	11.2	45.8	168	12.2	49.5	181
203	11.7	63.9	233	13.0	70.7	259
254	12.7	85.0	310	14.5	95.0	347
305	13.7	107.9	395	15.7	122.2	447
356	14.5	133.3	488	16.8	152.5	558
406	15.2	161.1	590	17.8	186.0	680
457	16.3	189.2	702	19.1	223.2	817
508	17.0	223.3	817	20.3	260.4	952
610	19.3	303.9	1.110	22.5	347.1	1.270
762	22.3	312.0	1.588	26.2	495.9	1.814
914	25.1	460.8	2.182	29.1	575.9	2.471
1.067	27.9	762.7	2.779	31.0	880.5	3.221
1.219	32.0	992.5	3.628	36.1	1.116.1	4.082
1.372	34.3	1.190.6	4.355	39.4	1.388.8	5.800
1.524	35.3	1.363.2	4.989	42.4	1.643.2	6.100
1.829	41.1	1.919.7	6.821	49.5	2.303.0	8.191
2.134	43.7	2.445.1	8.647	56.4	2.131.3	11.453

TUBOS DE FIERRO VACIADO

En la actualidad se usan varios materiales para fabricar tuberías empleadas en instalaciones sanitarias, pero entre ellos el fierro vaciado ha sido aceptado universalmente por considerársele como el mejor material para este objeto y la mejor prueba de que llena todos los requisitos, tanto de resistencia y calidad, como económicos, es el amplio uso de las tuberías de fierro-vaciado en grandes edificios, lujosas residencias y en simples casas-habitación económicas en colonias obreras (cabe mencionar que las primeras instalaciones de tubería de fierro que fueron hechas en París por Luis XIV aún están en servicio.

Otra prueba de la calidad del fierro vaciado es la aceptación universal de este material por los códigos sanitarios, aceptación que no tienen otros materiales, que aunque son permitidos en algunos lugares y en muchos se prohibe el uso.

Las instalaciones sanitarias deben proyectarse y construirse en forma permanente y sin que requiera reparaciones. El único mantenimiento admisible consiste en limpieza ocasional utilizando los registros dispuestos para este objeto; pues de otra manera no proporciona la economía, higiene y comodidad indispensables en construcciones de cualquier tipo.

Propiedades

Entre las propiedades de las tuberías de fierro vaciado sobresalen las siguientes:

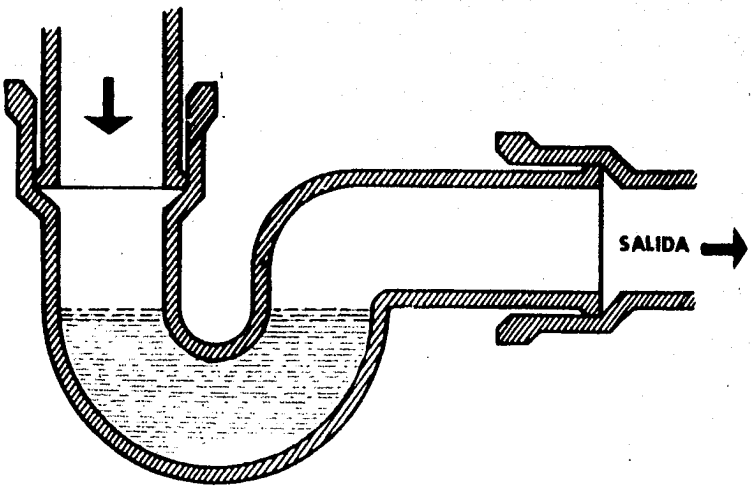
Material impermeable, juntas impermeables, facilidades de instalacion, alta resistencia mecánica, resistencia a la corrosión, disponibilidad del material, costo razonable.

Usos en las instalaciones sanitarias

La función de una instalación sanitaria bien planeada en su ramo de planeamiento es retirar de los edificios las aguas negras y materias de desecho para que éstas no representen un peligro para la salud al descomponerse.

Tanto en las canalizaciones que conecten al colector público, como en aquellas que descargan en fosas sépticas, se conducen los gases producidos por la descomposición de las materias acarreadas, por lo que se hace necesario establecer barreras contra el paso de estos gases hacia las habitaciones.

Para formar estas barreras se usan intercaladas trampas que al retener dentro de ellas una cantidad de agua efectúan un cierre hermético al paso de los gases.



Las instalaciones deben planearse de manera de conectar, por medio de ramales todos los aparatos sanitarios a un colector que descargará las aguas negras y que se llama colector principal.

En caso de construcciones de varios pisos, los aparatos sanitarios descargarán en colectores verticales o bajantes que a su vez, descargarán en el colector principal.

Al proyectar las instalaciones debe calcularse el volumen de agua que desalojará cada colector para que sean del diámetro adecuado para ese volumen.

Debe preverse que las descargas de agua en los colectores serán bastante rápidas y darán lugar a cambios de presión capaces de arrastrar el agua retenida en las trampas dejándolas sin efectos o bien vencer la resistencia del agua de dichas trampas introduciendo gases de las tuberías a las habitaciones. Para evitar esto, existe la necesidad de incluir tuberías de ventilación que harán el doble trabajo de equilibrar las presiones y evitar -

la corrosión al introducir aire fresco que diluya los gases de -- los ramales y colectores.

Albañal o colector principal

También en este concepto se usan las tuberías de concreto y barro; y que por cuestiones de economía no se colocan las de fierro vaciado, sobre todo en edificios donde se usan estas mismas para la conducción de las aguas pluviales. Debe estudiarse a conciencia el volumen que transportará de acuerdo con los muebles sanitarios que sirva, así como la precipitación pluvial que se estime que desalojará; para proyectar el diámetro adecuado.

Bajadas

Para las bajadas es conveniente emplear tubería de alta resistencia. Deben apoyarse firmemente su base y sujetarse a los muros y columnas por mediode abrazaderas a intervalos no mayores de tres metros. Las bajadas deben colocarse lo más recto posible y cuando necesiten cambios de dirección, éstas deben hacerse con curvas largas o ángulos muy abiertos. Todos los empalmes con los ramales de los aparatos o con el colector horizontal deben hacerse formando ángulos de 45°.

Tubo de ventilación

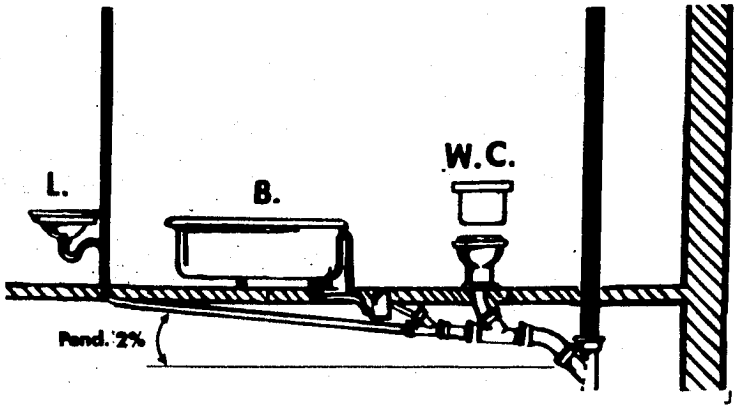
Los tubos de ventilación tienen la triple función de introducir aire fresco a la tubería para diluir los gases ofensivos, de facilitar la circulación de las descargas, igualando presiones e impedir la formación de sifones que dejarían a las trampas sin efecto.

Ramales de los aparatos sanitarios

Estos sirven de conexión entre los muebles y las bajadas

o el colector principal.

Se conectan a la trampa de cada aparato y necesitan tenderse con una pendiente de 1 a 4 por ciento.



Prueba de las instalaciones

Otro punto importante para el funcionamiento sanitario adecuado de la instalación y para la protección de pisos y muros cercanos a ella, son las juntas entre los elementos de la instalación.

Estas juntas deben ser absolutamente herméticas, a prueba de agua y gas para lo cual muchos reglamentos sanitarios exigen que la instalación sea probada antes de ser puesta en servicio.

Una instalación sanitaria puede probarse en dos maneras:

1.- Prueba hidráulica.- Una vez que se ha terminado de tender la instalación y antes de terminar pisos o muros, se cierran los extremos abiertos de las canalizaciones y ramales con tapones especiales para el caso y se llena la instalación de agua. En las construcciones grandes o elevadas, las instalaciones pueden probarse en secciones. -

Son presiones adecuadas para la prueba las siguientes: - 0.35 kg/cm2. cuando se haga prueba con aire a presión, - equivalente a una carga de 3.5 m. de agua.

2.- Prueba con humo.- Después de colocar todos los aparatos-sanitarios, se llenan de agua los sifones y se conecta a la instalación una máquina que la llena de humo a pre--- sión. Si no hay fugas de humo en las juntas, o si los -- cierres hidráulicos de los sifones retienen el agua du-- rante 15 minutos (lo cual se nota por fluctuaciones de - presión en la máquina), la instalación puede ser puesta-en se vicio. La prueba con humo básicamente indicará fa-llas considerables en las juntas, por lo que generalmen-te se usa la prueba hidráulica.

En instalaciones de drenaje sanitario basta para la --- prueba 3.5 m. de agua y para instalaciones de drenaje pluvial hay que tomar la altura del edificio más 3.5 m. de agua.

DESAGUE DE LOS ARTEFACTOS SANITARIOS

Para facilitar el estudio y estimación del gasto de los artefactos, se han establecido unidades de descarga.

Se ha tomado como unidad de descarga el gasto de un lavado normal, que es de 28 litros por minuto y las descargas de -- los demás aparatos quedan expresados en función de esta unidad.

	Unidades de Descarga
Lavabo.....	1
Fregadero de cocina.....	2
Lavadero o lavadero-fregadero....	3
Bañera.....	2
Mingitorio.....	3
Sumidero de piso o ducha.....	3
Inodoro.....	6
Cuarto de baño con:	
1 Inodoro	
1 Lavabo	
1 Bañera o ducha.....	8
Vertedero.....	4

CAPACIDAD DE LOS COLECTORES EN UNIDADES DE DESCARGA

DIAMETRO NOMINAL cm	pulg	PENDIENTE 1%	2%	4%
10	4	84	96	114
15	6	300	450	600
20	8	990	1392	2220
25	10	1800	2520	3900
30	12	3084	4320	6912

Valores mínimos en unidades de descarga.

CAPACIDADES DE LOS BAJANTES EN UNIDADES DE DESCARGA

Diámetro nominal cm	pulg	Descarga en un intervalo	Descarga en todo el bajante	Longitud máxima incluyendo el suplemento de ventilación
5	2	15	36	26 metros
7.5	3	45	72	65 "
10	4	240	384	91 "
15	6	1122	2070	188 "
20	8	3480	5400	228 "

LONGITUD Y DIAMETRO DE LOS CONDUCTOS DE VENTILACION

Diámetro cm	pulg	Capacidad - unidades de descarga	DIAMETRO DEL CONDUCTO DE VENTILACION EN PULGADAS 2	3	4	6	8
			LONGITUD MAXIMA EN METROS				
5	2	18	27				
7.5	3	18	21	65			
7.5	3	36	10	65			
7.5	3	72	7.6	65			
10	4	96	3.7	25	91		
10	4	192	2.5	19	86		
10	4	384	1.5	14	63		
15	6	1296		1.8	7.6	73	192
15	6	2070		1.2	6.4	57	192
20	8	2500			3.7	27	113
20	8	4160			2.1	19	77
20	8	5400			1.5	16	65

CAPACIDAD DE BAJADAS PARA AGUAS PLUVIALES

Diámetro Nominal		Sección	Superficie de tejado o Azotea	
			Precipitación	
cm	pulg	cm2	100 mm/h	200 mm/h
7.5	3	45	167 m2	98 m2
10	4	80	334 "	175 "
15	6	182	892 "	394 "
20	8	324	1393 "	701 "

DIAMETRO DE LAS TUBERIAS PARA RAMALES DE DESAGUE

Artefacto	Diámetro Nominal	
	cm	pulg
Hasta 4 inodoros.....	7.5	3
Más de 4 inodoros.....	10	4
Inodoros de hospital..	10	4
Vertederos.....	7.5	3
Lavaderos.....	5	2
Fregaderos.....	5	2
Mingitorios.....	5 a 7.5	2 a 3
Ducha de presión.....	7.5 a 10	3 a 4
Otros artefactos.....	5	2

DIAMETRO DE LAS TRAMPAS PARA ALGUNOS ARTEFACTOS

Artefacto	Diámetro Nominal	
	cm	pulg
Inodoro.....	7.5	3
Vertedero.....	7.5	3
Fregadero.....	5	2
Lavadero.....	5	2
Mingitorio.....	5 a 7.5	2 a 3
Duchas.....	5	2
Duchas de presión.....	7.5 a 10	3 a 4
Sumidero de patio.....	7.5	3 mín.

TUBERIA DE MADERA

GENERALIDADES

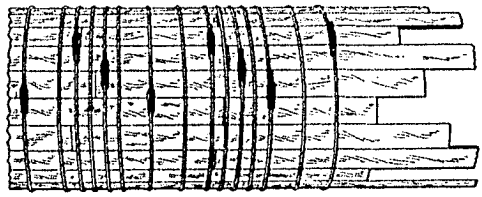
Los tubos de madera en la actualidad se construyen con duelas escogidas, labradas a máquina, yuxtapuestas a tope y mantenidas en posición y libres de fugas por medio de zunchos sujetos alrededor de la tubería.

Los zunchos absorven la carga del agua y, como se dilatan bajo la acción de la misma, se colocan con tensión inicial, al construir la tubería, para que el alargamiento en servicio no origine fugas.

Las duelas deben tener espesor suficiente para asegurar: a) la transmisión de la carga del agua a los zunchos; b) la duración; c) una resistencia al aplastamiento, suficiente para evitar-

que los zunchos se hundan en la madera cuando son apretados. Las duelas delgadas (grueso máximo 38 mm) son convenientes para asegurar una completa saturación, queproporciona una larga vida; las duelas más gruesas son necesarias para la resistencia y rigidez en las tuberías muy grandes. La impermeabilidad entre cantos de las duelas depende de la compresión inicial ejercida por los zunchos.

La tubería de duelas continuas se construye en obras con duelas largas cuyos extremos se hacen impermeables por medio de planchas metálicas, colocadas en hendiduras en forma de sierra. Las tuberías hechas en fábrica o a máquina se construyen en la factoría enrollándose en forma continua y a máquina, hélices de alambre o bandas de metal efectuándose la unión de tubo en la zanja mediante collares o uniones de caja y espiga.

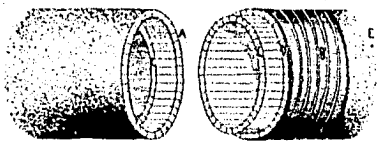


Tubos de duelas continuas. Se han colocado cintas suplementarias en las uniones extremas.

Uniones

Los tramos se unen de diversas maneras, cada una de lascuales tiene sus ventajas. La más barata, que se adapta bien a pequeñas presiones, por gravedad, es la unión insertada (también conocida como de enchufe o de caja) que se forma cortando un alojamiento en un extremo hasta la mitad del espesor de la duela y for-

mando una espiga en el otro.



— Tubería de madera zunchada a máquina con uniones machihembradas; *B*, cintas de acero en espiral; *C* y *D*, parte saliente; *E*, cubierta protectora de asfalto.

Esta unión asegura una saturación completa con presiones bajas;para altas presiones se emplean acoplamientos de hierro fundido aun cuando son caros, se les considera una buena inversión -- por el rendimiento que proporciona.

Duelas

Las duelas pueden alcanzar una anchura de 8 pulgadas --- (20.3 cm) y un espesor variable desde 1.05 hasta 3 pulgadas, con - objeto de satisfacer las necesidades de duración, resistencia y -- rigidez.

Las caras de las duelas son cilíndricas. En la tubería - continua, los extremos se cortan en ángulo recto, haciendo las juntas a tope y colocándolas al tresbolillo. La madera utilizada es - generalmente de pino o abeto. Esta madera debe de ser lisa, de grano completo y sin defectos que puedan ocasionar fugas en la línea- de conducción.

Zunchos

Los zunchos se fabrican de alambre de acero y de varilla redonda o flejes suficientemente resistentes para resistir la tensión de la presión interior y la compresión debida a la hinchazón-

de la duela. La presión entre el zuncho y las duelas no deben causar el aplastamiento progresivo de las mismas, aún cuando es inevitable que se produzcan algunas muescas. D. C. Henny ha encontrado que el cálculo da resultados seguros para zunchos redondos si la presión requerida del zuncho no excede de la carga de seguridad soportada por la madera húmeda, cuando la anchura de contacto es igual a la mitad del diámetro de la varilla. Para zunchos planos se emplea la anchura total; el autor recomienda que la carga de seguridad para el pino de Canadá debe variar de 750 lb/pulg2 a 600 lb/pulg2 (52.7 a 42.2 kg/cm2). Cuando los zunchos son redondos, y de 3/8 de pulgada y 7/8 (9.5 y 22.2 cm.) respectivamente.

Los zunchos no sólo deben resistir la presión interior del agua, sino que han de producir una compresión entre las duelas con objeto de asegurar su impermeabilidad. Por consiguiente, debe poder resistir la acción producida por la hinchazón de la misma duela, Etcheverry recomienda que la distancia entre los zunchos debe calcularse para una carga de apoyo en los zunchos igual a 125 lb/pulg2 (8.8 kg/cm2) ó a 1.5 veces la presión interna del agua, eligiendo la que dé mayor valor. Los zunchos van provistos generalmente de una parte fileteada cuya resistencia es igual a la del cuerpo de la varilla.

Los fabricantes suministran las zapatas o arandelas adecuadas para asegurar el apoyo de la madera en las juntas.

Admitiendo un diámetro dado para el acero, la separación de los zunchos según su resistencia será:

$$\text{Separación en centímetros } \frac{S}{P.R - 7.t}$$

Se considera que la superficie del zuncho en contacto -- con el tubo, tiene el mismo radio que la sección recta de aquél.

La separación de los zunchos, de acuerdo con la tensión- y aplastamiento de las duelas será:

$$\text{Separación en centímetros} = \frac{45.7\ (R + r)r}{P.R. + 7.\ R}$$

El valor menor que se obtenga para la separacion al aplicar las fórmulas, debe ser la que se adopte.

Las notaciones son las siguientes:

S = la tensión de trabajo de los zunchos en kg/cm2.

P = la presión del agua en kg/cm2

R = radio interior del tubo en centímetros

t = espesor de la duela, también en centímetros.

r = el radio del zuncho en centímetros.

Las duelas se proyectan para absorber la compresión desigual resultante de las cargas externas. Swickard desarrolla la siguiente fórmula, basada en un esfuerzo de compresión de 8.75 kg/cm2 y dice que:

$$t = \sqrt{0.179\ WD + 9r^2} + 3r$$

en donde:

D = diámetro externo del tubo en centímetros.

t = grueso de la duela en centímetros.

W = carga externa en kg/cml de tubería, por ejemplo para un relleno de 1.80 m a 1.600 kg/m3 sobre tubería de 200 mm.

$$W = \frac{1.8 \times 1600 \times 0.2}{100} = 5.76 \text{ kg.}$$

r = radio del zuncho, en centímetros.

Para tubos muy pequeños esta fórmula da un valor de t - exageradamente pequeño.

Usos

La utilización de los tubos de madera en los abasteci--- mientos de agua se ha visto desplazado por las tuberías fabricadas de otros materiales que ofrecen mayor garantía en la conducción, - así como una variedad en accesorios para las instalaciones.

No obstante, todavía tienen utilización en la conducción de los efluentes de instalaciones industriales, tales como fábri-- cas de productos químicos y tenerías que exigen una alta resistencia a la corrosión por conducir líquidos con estas característi--- cas.

Duración

La duración de una tubería de madera depende de las condiciones locales y es variable.

Si se coloca sobre un terreno que retenga la humedad y se conserva constantemente llena de agua bajo una carga de 15 m. ó más, la duración de la madera selecta, tales como el abeto y el pino, es de 40 a 50 años. Cuando las presiones interiores son meno-- res, o las condiciones del suelo menos favorables, la duración de- la tubería decrece, llegando a ser de 10 a 15 años para las made-- ras anteriores. Si la tubería no está constantemente llena, o la - presión es baja y el terreno poroso, la duración puede ser nada -- más de 4 a 5 años. La sequía y humedad alternativas, son muy per-- judiciales, pues originan pudrición de la madera.

El creosotado aumenta la duración del pino o del abeto

en las tuberías, especialmente en las condiciones más desfavora-- bles.

Ventajas

Las ventajas que ofrecen estas conducciones son:

a) la ausencia de expansión, electrolisis y peligro del hie-- lo,

b) los pequeños pesos a manejar,

c) una alta resistencia a la corrosión,

d) facilidades en la reparación.

Inconvenientes

Además de una pérdida excesiva de líquido y una vida corta, son:

a) peligro de aplastamiento en las tuberías expuestas a grandes recubrimientos de tierra,

b) pérdidas excesivas con presiones de bombeo variable,

c) un alto costo en la fabricación.

TUBERIA PLASTICA

La tubería plástica se fabrica en dos tipos:

a) Tubería rígida

b) Tubería flexible

La elección del tipo de tubería será de acuerdo con las necesidades que se susciten; la tubería plástica ha venido a reemplazar a otras de materiales que tenían ciertas inconveniencias, ya sea por su costo, dificultades en el transporte, bajos rendimientos, etc.

La Compañía Asbestos de México, S.A. fabrica dos tipos de tuberías plásticas que denomina Polyducto P.V. y Polyducto H.D.P. correspondiendo a tuberías rígidas y flexibles respectivamente.

A continuación daremos las características principales-

de cada una de ellas.

POLYDUCTO P.V.

(Tubería Plástica Rígida)

Propiedades Físicas

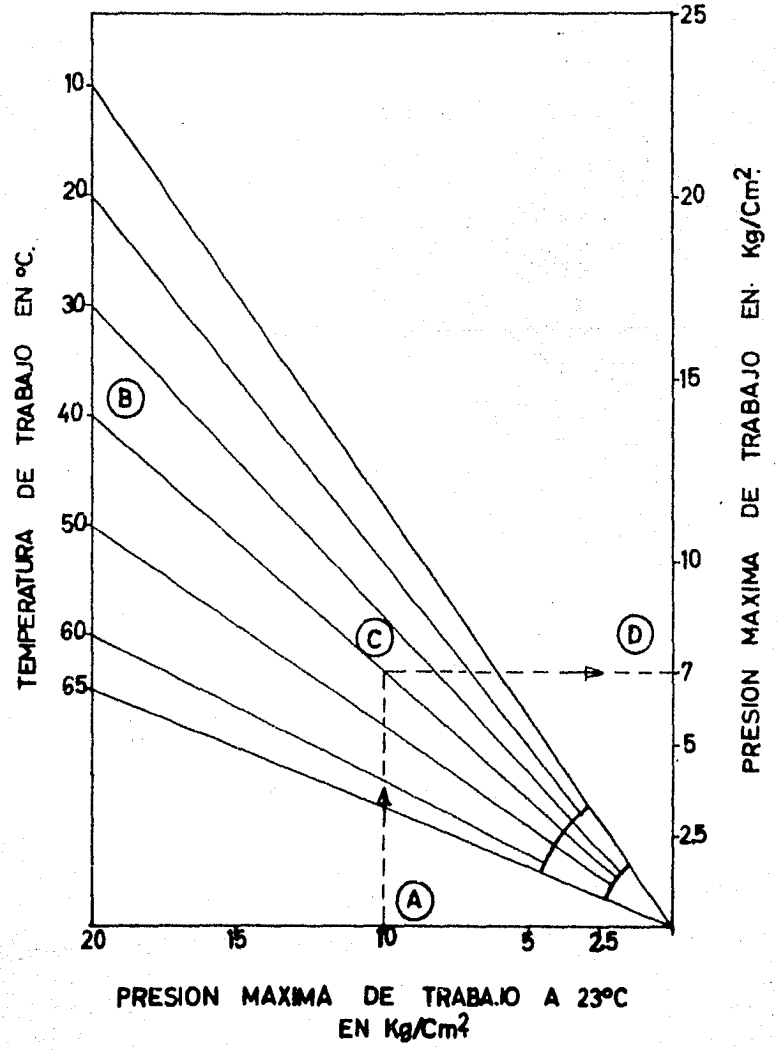
Propiedad	Unidades
Gravedad específica	1.38 gr/cm2
Resistencia a la tensión a 25.6°C	422.40 kg/cm2
Resistencia al impacto	0.179 kg/cm2
Resistencia a la flexion	774.40 kg/cm2
Resistencia a la compresión	605.44 kg/cm2
Dureza	77
Coeficiente de expansión térmica por °C	5.2 x 10 -5
Temperatura de distorsióna 18.56 kg/cm2	73.9°C
Conductividad térmica	160 BTU/hr x m2 x °C cm.
Resistencia dieléctrica	1400 Volts/mil.
Absorción de agua en 24 hs.a 23.9°C	0.12 %
Inflamabilidad	Es incombustible

Uniones

Las uniones se llevan a cabo mediante una conexión que consta de un tramo de tubo de mayor diámetro en el cual se enchufan los tubos por unir y se aplica cemento para la impermeabilización; también existe la unión similar a la de macho y campana, teniéndose que usar el cemento para la impermeabilización.

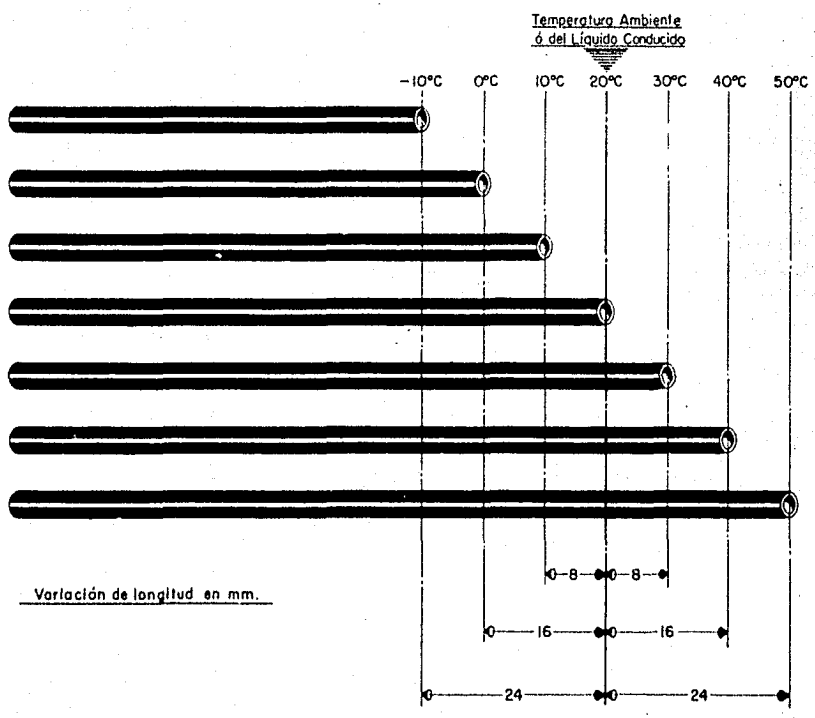
Presión

Las presiones a que se fabrican estas tuberías son de 6 tipos: 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 15.0 y 20.0 kg/cm2, teniendo en cuenta una temperatura de 20°C. A temperaturas mayores del ambiente o del líquido conducido, la resistencia a la presión varía en la forma expuesta por la gráfica siguiente:



Dilatación de tubos de Polyducto P.V. de 10 m. de longitud

A continuacion se muestra un diagrama de las dilataciones que sufre este tipo de tuberías.



COMPARACION:

El Coeficiente de Dilatación Térmica del Polyducto "PV" es aproximadamente: $80 \cdot 10^{-6}$ y el del Polietileno aproximadamente: $200 \cdot 10^{-6}$ mientras que el del Acero solo es: $11.3 \cdot 10^{-6}$

PESOS, MEDIDAS, PRESIONES DE LOS TUBOS DE PLASTICO POLYDUCTO "PV"

DIAMETRO Nominal		DIAMETRO Exterior		CLASE 2.5 DIAMETRO INTERIOR		CLASE 2.5 PESO	CLASE 5 DIAMETRO INTERIOR		CLASE 5 PESO
Pulg.	mm	Pulg.	mm	Pulg.	mm	grs/m	Pulg.	mm	grs/m
1/8	3	0.41	10.3						
1/4	6	0.54	13.7				0.46	11.7	55.9
3/8	9	0.67	17.1				0.60	15.1	70.8
1/2	13	0.84	21.3				0.76	19.3	89.3
3/4	19	1.05	26.7	0.97	24.7	113.0	0.95	24.2	138.7
1	25	1.32	33.4	1.24	31.4	142.5	1.18	29.9	243.6
1 1/4	32	1.66	42.2	1.58	40.2	181.2	1.51	38.2	353.6
1 1/2	38	1.90	48.3	1.82	46.3	208.0	1.71	43.5	484.6
2	51	2.37	60.3	2.28	57.8	324.6	2.14	54.3	760.3
2 1/2	63	2.87	73.0	2.76	70.0	471.7	2.60	66.0	1069.9
3	76	3.50	88.9	3.34	84.9	764.4	3.15	79.9	1670.4
4	102	4.50	114.3	4.30	109.3	1226.0	4.07	103.3	2623.0
5	127	5.56	141.3	5.33	135.3	1820.0	5.01	127.3	4125.5
6	152	6.63	168.3	6.37	161.7	2536.9	6.00	152.3	5629.8

DIAMETRO				CLASE 7.5			CLASE 10		
1/8	3	0.41	10.3	0.33	8.3	40.6	0.33	8.3	40.9
1/4	6	0.54	13.7	0.46	11.7	56.0	0.44	11.2	68.4
3/8	9	0.67	17.1	0.59	15.1	71.4	0.56	14.1	102.9
1/2	13	0.84	21.3	0.74	18.8	110.6	0.68	17.3	169.8
3/4	19	1.05	26.7	0.93	23.7	166.6	0.85	21.7	266.1
1	25	1.32	33.4	1.15	29.4	275.8	1.08	27.4	401.1
1 1/4	32	1.66	42.2	1.46	37.2	436.8	1.39	35.2	595.7
1 1/2	38	1.90	48.3	1.66	42.3	597.8	1.59	40.3	779.4
2	51	2.37	60.3	2.10	53.3	875.0	1.98	50.3	1216.1
2 1/2	63	2.87	73.0	2.56	65.0	1213.0	2.40	61.0	1768.1
3	76	3.50	88.9	3.07	57.9	2017.4	2.95	74.9	2521.5
4	102	4.50	114.3	3.98	101.3	3073.0	3.79	96.3	4092.9
5	127	5.56	141.3	4.93	125.3	4680.2	4.70	119.3	6289.5
6	152	6.63	168.3	5.84	148.3	6949.6	5.60	142.3	8872.4

DIAMETRO Nominal		DIAMETRO Exterior		CLASE 15 DIAMETRO INTERIOR		CLASE 15 PESO	CLASE 20 DIAMETRO INTERIOR		CLASE 20 PESO
Pulg.	mm	Pulg.	mm	Pulg.	mm	grs/m	Pulg.	mm	grs/m
1/8	3	0.41	10.3				0.29	7.3	58.1
1/4	6	0.54	13.7				0.38	9.7	102.9
3/8	9	0.67	17.1				0.48	12.1	160.5
1/2	13	0.84	21.3				0.60	15.3	241.5
3/4	19	1.05	26.7	0.78	19.7	357.1	0.74	18.7	399.4
1	25	1.32	33.4	1.00	25.4	517.8	0.92	23.4	624.5
1 1/4	32	1.66	42.2	1.27	35.2	818.1	0.19	30.2	955.3
1 1/2	38	1.90	48.3	1.43	36.3	1116.3	1.35	34.3	1271.5
2	51	2.37	60.3	1.78	45.3	1741.5	1.67	42.3	2030.7
2 1/2	63	2.87	73.0	2.17	55.0	2533.4	2.05	52.0	2886.3
3	76	3.50	88.9	2.67	67.9	3665.3	2.48	62.9	4339.7
4	102	4.50	114.3	3.44	87.3	5909.8			
5	127	5.56	141.3						
6	152	6.63	168.3						

N O T A:

El número de la clase indica presión máxima de trabajo en kilogramos por centímetro cuadrado hasta 20°C.

A temperaturas mayores del ambiente o del líquido conducido, la resistencia a la presión varía en la forma expuesta por la gráfica anterior.

Usos

Se utiliza principalmente en industrias químicas, para manejo de ácidos alcalinos y soluciones salinas, en la industria petrolera para el manejo de gases, aguas salinas y líneas de desperdicio; con gran éxito debido a que no se forman en sus interiores residuos parafínicos, lo cual constituye un problema muy común en las tuberías de hierro. No es necesario usar esta tubería con espesores mayores que los normales, ya que éste no decrece por la corrosión Esta tubería es completamente sanitaria y no imparte olores ni mal sabor a los flúidos transportados en ella. Es ideal en las instalaciones de los riegos por aspersión debido a su ligereza de peso, ya que un solo hombre puede levantar y transportar tres tramos de 6 metros cada uno de 4 pulgadas de diámetro.

También se utiliza en las instalaciones de albercas y plantas de filtración, puesto que no es atacada con el cloro que se agrega para la potabilización de las aguas. Como tubo conduit es ideal, pues no lo destruye la cal, cemento o yeso y se pueden hacer curvas cuyo radio es 6 veces el diámetro del tubo.

Ventajas

Debido a su manufactura, la pared interior es completamente tersa, lo cual hace que se reduzcan las pérdidas por fricción en un 20 por ciento menos que en las metálicas. La no tuberculización es una ventaja más de esta tubería para que se mantengan bajas las pérdidas por fricción. No siendo conductor, es inmune al ataque galvánico o electrolítico, el ahorro es considerable

comparado con tuberías de otros materiales debido a su ligereza.

Tuberías Polyducto H.D.P. (flexibles)

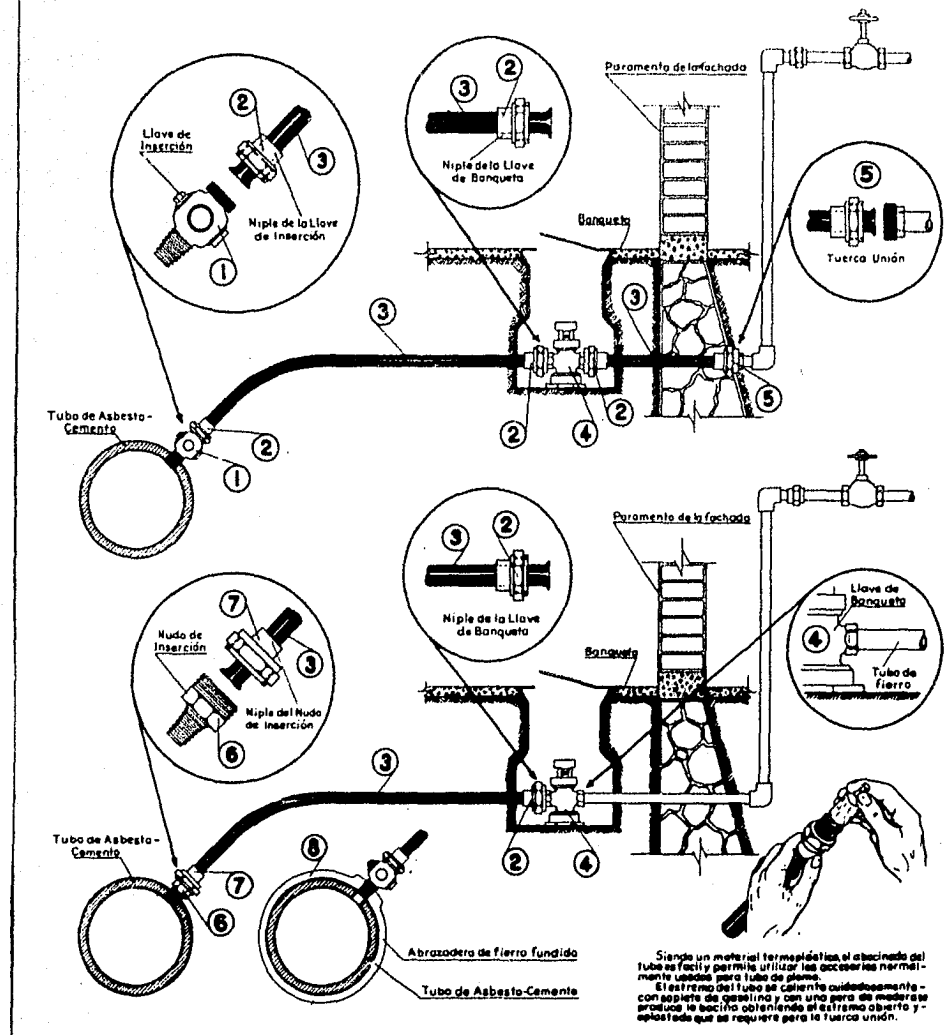
Tiene los mismos usos que la tubería rígida; claramente que se supone que su utilización es aplicable cuando la flexibilidad del tubo es un factor que determina la elección de este tipo de ducto.

Otro uso importante de esta tubería es su utilización en tomas domiciliarias; a continuación se expone un diagrama de los accesorios que se utilizan y la forma de colocarse el tubo.

TOMAS DOMICILIARIAS

CON TUBO DE PLASTICO "POLYDUCTO" "HDP".-13 mm (1/2") ó 19 mm. (3/4")

Por su resistencia a la corrosión, no tuberculización, economía, flexibilidad, resiliencia y facilidad de aplicación, Polyducto es supremo para este uso.



Siendo un material termoplástico, el abocinado del tubo es fácil y permite utilizar las accesorias normalmente usadas para tubo de plomo.

El extremo del tubo se calienta cuidadosamente con soplete de gasolina y con una pera de madera se produce la bocina obteniendo el extremo abierto y esfiestado que se requiere para la tuerca unión.

MATERIALES

1. Llave de Inserción para plástico
2. Niple de la llave de Inserción
3. Tubo de Plástico
4. Llave de Banqueta (Plástico a plástico ó Plástico a fierro)
5. Tuerca Unión
6. Nudo de Inserción
7. Niple del nudo de Inserción
8. Abrazadera de fierro fundido

Presiones máximas de trabajo

Esta tubería se fabrica en dos tipos de presiones de 5 y 10 kg/cm2. a una temperatura de 20°C.

PROPIEDADES FISICAS DE ESTE TUBO

Propiedades	Unidades
Resistencia a la tensión 70°F -23°C	47.5 kg/cm2
Resistencia a la tensión 170°F -77°C	70.3 kg/cm2
Elongación a 70°F -23°C	50 %
Módulo de elasticidad 77°F -25°C	1335 kg/cm2
Resistencia al corte	155 kg/cm2
Resistencia al impacto 40°F -5°C	0.87 kg.M/cm.
Rigidez 77°F - 25°C	915 kg/cm2
Compresión para 1 % de deformación	19.7 kg/cm2
Dureza	D 45
Temperatura de flujo	107°C
Deformación bajo cargas a 50°C y 7 kg/cm2.	0.6 %
Absorción de agua en 24 hs. a 23°C (3.18 mm de espesor)	0.01 %
Inflamabilidad	2.80 cm/minuto
Temperatura máxima de servicio	60°C

Ventajas

Es superligera, dúctil, inoxidable, no inflamable, anti corrosiva, sin problemas de fricción, no imparte olores ni mal sabor, muy económica, de gran duración y de sencilla instalación.

TUBOS DE PRESION H.D.P. POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD CLASE A.5

DIAMETROS			PRESION MAXIMA DE TRABAJO 5 kg/cm2. Temperatura 20°C.	
Interior d		Ext. D		
Real	Nom.	Real	e	Peso Nom.
mm	pulg.	mm	mm	grs/m
35.1	1 1/4	39.1	2.0	221.4
40.9	1 1/2	45.9	2.5	324.0
52.5	2	58.5	3.0	496.9
62.7	2 1/2	69.7	3.5	691.6
77.9	3	86.9	4.5	1106.8
102.3	4	113.3	5.5	1764.2

TUBOS DE PRESION H.D.P. POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD CLASE A.10

DIAMETROS			PRESION MAXIMA DE TRABAJO 10 kg/cm2 Temperatura 20°C.	
Interior d		Ext. D		
Real	Nom.	Real	e	Peso Nom.
mm	Pulg.	mm	mm	grs/m
15.8	1/4	19.8	2.0	106.4
20.9	3/4	25.9	2.5	174.8
26.6	1	32.6	3.0	265.0

Longitudes:- de 6.9 (1/8") a 52.5 (2") rollos de 100 m. de 62.7 (2 1/2") a 77.9 (3") rollos de 30 m. de 102.3 (4") tramos de 6 m. Unión de inserción.

TUBO CONDUIT POLYDUCTO

DIAMETRO			ESPESOR	PESO
NOM.	INT.	EXT.		grs.
Pulg.	mm	mm	mm	m
3/8	12.5	17.1	1.7	98.38
1/2	17.7	21.3	1.8	101.45
3/4	22.7	26.7	2.0	142.78
1	28.4	33.4	2.5	223.27
1 1/4	38.2	42.2	3.0	339.89
1 1/2	42.3	48.3	3.0	392.78
2	54.3	60.3	3.0	496.84

TUBERIAS DE MATERIALES DIVERSOS

Existe una gran variedad de tuberías que se fabrican con materiales de diferentes y variadas características, expondremos aquellas que por su utilización en el ramo de la Ingeniería interesen sus generalidades.

Tubería de acero galvanizado

Esta tubería es muy empleada en las instalaciones de agua para uso doméstico, no obstante también se utiliza en fábricas y para fines de regadío en pequeña escala, sobre todo en aquellas que se utilizan riegos por aspersión.

A continuación daremos las cualidades de los tipos de tubería que se fabrican de esta especie:

ESPECIFICACIONES ASTM-120 Y DGN-10
CEDULA 40 - TIPO "A"

DIAMETRO EXTERIOR mm	ESPESOR DE LA PARED mm	DIAMETRO INTERIOR mm	PESO Kg/m.	PRESION HIDROSTATICA Kg/cm2.
10.3	1.73	6.83	0.37	49.0
13.7	2.24	9.24	0.64	49.0
17.1	2.31	12.52	0.85	49.0
21.3	2.77	15.80	1.27	49.0
26.7	2.87	20.93	1.68	49.0
33.4	3.38	26.64	2.50	49.0
42.2	3.56	35.05	3.39	77.0
48.3	3.68	40.89	4.16	77.0
60.3	3.91	52.50	5.48	77.0
73.0	4.06	64.88	6.90	77.0
73.0	5.16	62.71	8.66	77.0
88.9	4.32	80.26	9.00	77.0
88.9	5.49	77.92	11.34	77.0
101.6	5.74	91.12	13.69	91.0
114.3	4.70	104.90	12.69	91.0
114.3	6.02	102.26	16.21	91.0
141.3	6.55	128.19	22.04	91.0
168.3	7.11	154.05	28.56	91.0

ESPECIFICACIONES ASTM-120 Y DGN-10
CEDULA 80 - TIPO "B"

DIAMETRO EXTERIOR mm	ESPESOR DE LA PARED mm	DIAMETRO INTERIOR mm	PESO Kg/m	PRESION HIDROSTATICA Kg/cm2
10.3	2.42	5.46	0.46	59.5
13.7	3.03	7.67	0.80	59.5
17.1	3.21	10.74	1.10	59.5
21.3	3.74	13.87	1.61	59.5
26.7	3.92	18.85	2.18	59.5
33.4	4.55	24.31	3.21	59.5
42.2	4.86	32.46	4.44	112.0
48.3	5.09	38.10	5.37	112.0
60.3	5.55	49.25	7.43	112.0
73.0	7.02	59.00	11.34	112.0
88.9	7.63	63.66	15.15	112.0
101.6	8.09	85.45	18.51	126.0
114.3	8.53	97.18	22.17	126.0
141.3	9.54	122.25	30.75	126.0
168.3	10.99	146.33	42.28	126.0

Tubería de cobre

Usada generalmente para conexiones de agua en servicios sanitarios.

Características de estos tubos:

TUBO DE COBRE S.P.S.

MEDIDAS NOMINAL		DIAMETROS		Peso por metro
Milímetros	Pulgadas	Interior	Exterior	
12.7	1/2	15.82	21.30	1.400 Kg
19.0	3/4	20.89	26.65	1.970 "
27.4	1	25.96	33.40	2.670 "
31.7	1 1/4	34.74	42.16	4.000 "
38.1	1 1/2	40.64	48.26	4.750 "
50.8	2	52.41	60.33	6.020 "
63.5	2 1/2	62.71	73.03	9.100 "
76.2	3	77.90	88.90	13.000 "
101.6	4	101.60	114.30	19.195 "

Tramos de 6.10 m.

TUBO DE COBRE RIGIDO

DIAMETRO EXTERIOR		GRUESO DE PARED		PESOS APROXIMADOS
mm	pulg.	mm	pulg.	m
6.4	1/4	1.24	0.49	0.190 Kg
7.9	5/16	1.24	0.49	0.250 "
9.5	3/8	1.24	0.49	0,290 "
12.7	1/2	1.24	0.49	0.400 "
15.9	5/8	1.24	0.49	0.500 "
19.0	3/4	1.24	0.49	0.640 "
25.4	1	1.65	0.65	1.100 "
31.7	1 1/4	1.65	0.65	1.400 "
38.1	1 1/2	1.65	0.65	1.680 "
44.4	1 3/4	1.65	0.65	1.950 "
50.8	2	1.65	0.65	2.300 "
63.5	2 1/2	2.76	0.109	4.070 "
76.2	3	2.76	0.109	5.600 "
101.6	4	2.76	0.109	7.700 "

Tramos de 6.10 m.

Ventajas

Su durabilidad debido a que ofrece una gran resistencia a la corrosión y tuberculización, por su flexibilidad ofrece facilidades en su colocación.

Inconvenientes

Principalmente su costo y fragilidad.

Tubería de cobre flexible

Usada principalmente para gas, tomas domiciliarias y usos generales automotrices. También en el deshidratado para refrigeración.

DIAMETRO mm	pulg
3.2	1/8
6.4	1/4
7.9	5/16
9.5	3/8
12.7	1/2
15.9	5/8

Tubos de aluminio

Tienen una gran utilización en sistemas de regadío por asperción, pues su ligereza facilita que los tubos sean removibles. Se utiliza también en medidas de agua.

MEDIDA NOMINAL mm	pulg	DIAMETROS Interior mm	Exterior mm	GRUESO DE PARED mm
3.2	1/8	7.15	10.30	2.20
6.4	1/4	9.25	13.72	2.24
9.5	3/8	12.52	17.15	2.30
12.7	1/2	15.80	21.34	2.77
19.0	3/4	20.93	26.67	2.87
25.4	1	26.64	33.40	2.87
31.7	1 1/4	33.05	42.16	3.56
38.1	1 1/2	40.89	48.26	3.68
50.8	2	52.80	60.33	3.91
63.5	2 1/2	62.71	73.03	5.16
76.2	3	77.93	88.90	5.49
88.9	3 1/2	90.12	101.60	5.74
101.6	4	102.26	114.30	6.02
152.40	6	154.05	168.28	7.11

Tramos de 6.10 y 3.05 m.

Tubos de aluminio tipo Conduit (con coples)

MEDIDA NOMINAL mm	pulg.	Interior mm	Exterior mm	GRUESO DE PARED mm
12.7	1/2	17.03	20.83	1.90
19.0	3/4	22.10	26.16	2.08
25.4	1	28.68	33.00	2.16

Tramos de 3.05 m.

C A P I T U L O III

CALCULO DE UN TRAMO DE LA TUBERIA FORZADA DE LA LINEA DE CONDUCCION DE AGUA A LA CIUDAD DE MEXICO, PROVENIENTE DEL CAMPO DE POZOS LOCALIZADOS EN CHICONAUTLA, ESTADO DE MEXICO

PROBLEMA SOBRE TUBERIA FORZADA

El problema consiste en el cálculo de la tubería forzada de la línea de conducción de agua a la Ciudad de México, proveniente del campo de pozos localizados en Chiconautla, Estado de México; esta tubería forzada tiene un gasto de 3.75 m3/seg., y el tramo que se analizará será desde el acotamiento 2+740 donde se encuentra el rebombeo, para impulsar las aguas hasta la caja de conexiones localizadas en el kilometraje 2+588 y con un desnivel de 40.8 m.

Cálculo hidráulico

Estableciendo Bernoulli entre los puntos 1 y 2 que corresponden a la salida de la planta de rebombeo y al desfogue en la caja de conexiones respectivamente:

$$Hv_1 + Hp_1 + Hz_1 = Hv_2 + Hp_2 + Hz_2 + Hk \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

se tiene que $Hz_1 = 0$, pues por ese punto se hizo coincidir el plano de comparación.

$Hp_2 = 0$, pues en ese tramo el tubo ya vierte por gravedad;- y así se tiene:

$$Hv_1 + Hp_1 = Hv_2 + Hz_2 + Hk \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

Por otra parte se tiene:

$Hz_2 = 40.80$ m.; $Hv_1 = \frac{v_1^2}{2g}$; $Hv_2 = \frac{v_2^2}{2g}$

$Hp_1 = \frac{P_1}{\gamma}$; siendo P = a la presión dentro de la tubería y γ el peso específico del agua.

Hk = a la suma de todas las pérdidas que intervienen en la- tubería: entrada, fricción, cambio de dirección, etc.

Cálculo de las pérdidas por fricción:

De Manning se tiene $v = \frac{1}{n} r^{2/3} S^{1/2}$

$$S^{1/2} = \frac{vn}{r^{2/3}}$$

$$f = \left(\frac{vn}{r^{2/3}}\right) l = \left(\frac{v \times 0.025}{r^{2/3}}\right) .159.70$$

Cálculo de las pérdidas por cambio de dirección:

De la fórmula de Hinds se tiene:

$$Hc = C \frac{v^2}{2g} \sqrt{\frac{\Delta^\circ}{90}}$$

Δ° = ángulo de deflexión del codo en grados

el valor de $c\sqrt{\frac{\Delta^\circ}{90}}$ se encuentra por medio de gráficas y así se tiene:

$H_{166^\circ} = .09$; $H_{170^\circ} = .08$

para deflexiones de 90° se utiliza la fórmula:

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

en que k 1.25; el valor de las pérdidas de carga existentes por - este concepto es igual:

$$H_{166°} = .09 \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{170°} = .08 \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{170°} = .08 \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{90°} = 1.25 \frac{v^2}{2g}$$

$$Hc = 1.50 \frac{v^2}{2g}$$

El valor de $He = 0.5 \frac{v^2}{2g}$; sustituyendo valores en la ecuación (2) se tiene:

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P1}{\gamma} = \frac{v_2^2}{2g} - 40.8 \left(\frac{0.015 v_2}{r^{2/3}}\right)^2 159.7 + \frac{1.5\ v^2}{2g} \quad .....(3)$$

Se tiene que: $Q_1 = Q_2$; por lo tanto, $A_1 v_1 = A_2 v_2$; también se puede decir que $v_1 = v_2$, puesto que la ley de continuidad se debe cumplir.

Ahora bien, el diámetro de la tubería queda supeditado - al valor que se escoja para v; la velocidad económica en tubería - forzada para obtener un diámetro económico varía entre 3.25 a - - - 6.50 m/s. Se escoge una velocidad de 4.50 m/s. El material de - - - - la tubería queda también supeditado en este caso a la velocidad - - - y se usará tubería de acero debido a que la velocidad escogida - - - - es muy alta para otro material; y si se escoge una velocidad me- - - - nor, entonces el tubo será mayor; lo que dificultaría la manejabilidad de la tubería, mayor costo en el transporte, colocación, - - - - etc. Además, para una tubería a presión el acero es el que ofrece-

mayor seguridad tanto en resistencia como en la eficiencia de la conducción.

Se puede escribir:

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

$$Q = \frac{4.5}{A}; \quad A = \frac{4.5}{Q}; \quad A = \frac{4.5}{3.75}$$

$$A = 1.20 \text{ m2}$$

$$A = \frac{D^2}{4}; \quad D^2 = \frac{4A}{}$$

$$D^2 = \frac{4 \times 1.20}{3.1416} = 1.53$$

$$D = \sqrt{1.53} = 1.23 \text{ m}$$

$$D = 1.23 \text{ m}$$

Se tomará el diámetro comercial que es de 1.22 m.

Ya encontrado este valor, el problema consistirá en calcular el espesor de la tubería, para esto, se tendrá que valuar el valor del P_1 y así se puede escribir, de (3)

$$\frac{4.5^2}{2 \times 9.81} + \frac{P}{\gamma} = \frac{4.5^2}{2 \times 9.81} + 40.8 + \left(\frac{0.015 \times 4.5}{r^{2/3}}\right)^2 159.7 + \frac{1.5v^2}{2g}$$

$$r = \frac{A}{P} = \frac{\pi R^2}{2\pi R}; \quad r = \frac{0.61}{2} = 0.305$$

$$\frac{P_1}{\gamma} = 40.8 + \left(\frac{0.015 \times 4.5}{0.305}\right)^2 159.7 + \frac{1.5v^2}{2g}$$

$$\frac{P_1}{\gamma} = 40.8 + 7.5 + 2.05$$

$$\frac{P_1}{\gamma} = 50.35 \text{ m.}$$

$$P = 5.04 \text{ kg/cm2}$$

Hasta ahorita se ha calculado el aspecto hidráulico de la tubería y se ha encontrado un valor de D 1.22 m. Para que el problema quede resuelto, tendremos que calcular el espesor de la misma. Para esto se analizarán las cargas a que están expuestas las tuberías en estas condiciones.

Cargas en la tubería

Los esfuerzos son producidos por dos grupos de carga que son:

a) permanentes, b) accidentales.

Grupo a)

1 - Presión hidrostática comprendiendo golpe de ariete.

2 - Peso del agua contenida dentro del tubo.

3 - Peso propio de la tubería.

Grupo b)

4 - Fricción en los apoyos debido a la variación de la temperatura del tubo.

5 - Fricción en las juntas de dilatación causada por lo expuesto en el párrafo anterior.

6 - Aceleración del lecho de sustentación debido a los sismos.

7 - Empuje del viento (rara vez considerado)

8 - Presión atmosférica al producirse un vaciado rápido de la tubería.

Cuando se combinan las cargas del grupo a) con las del grupo b) se incrementan los esfuerzos permisibles en 25 por ciento sin que las dimensiones sean menores que las necesarias para las cargas del grupo a) con cifras de trabajos normales.

Cálculo de los esfuerzos en la tubería

Primeramente se determinará un espesor de la tubería -- el cual se revisará, analizando cada uno de los esfuerzos a que - está sometida. Usando la fórmula:

$$t_1 = \frac{Pr}{\sigma e} + S$$

en que P es igual a la presión dentro del tubo en kg/cm2.

r = radio medio o interior del tubo.

σ = cifra de trabajo del material en tensión o compresión

e = eficiencia de la junta soldada.

S = un espesor adicional previsto para corrosión y que no interviene en los cálculos de resistencia, éste varía entre 1.5 a 2.5 mm. Por lo general se escoge el primero.

Los valores que se tomen para t en lo sucesivo, son los- que no incluyen el sobreespesor de corrosión y ya afectados por - la eficiencia de las juntas; éste será el espesor efectivo o de - cálculo.

Aplicando la fórmula antes expuesta para encontrar el espesor se tiene:

$$t = \frac{5.04 \times 61}{900 \times .90} = .38 \text{ cm.}$$

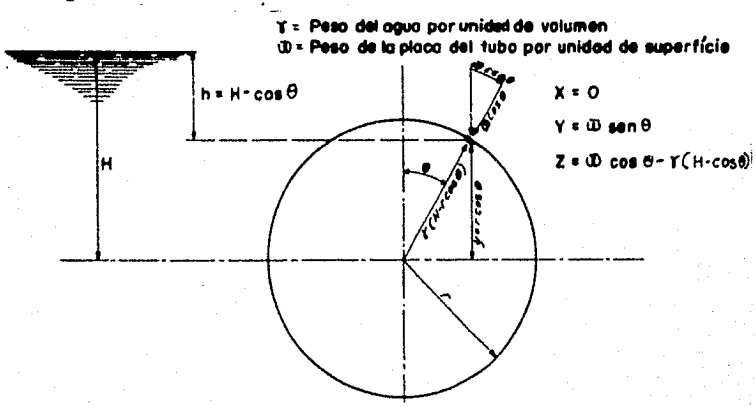
$$t = 3.8 \text{ mm.}$$

el espesor existente para el diámetro de la tubería que se ha calculado es de 3/8 de pulgada ó sea igual a 9.5 mm. Claramente que- en el espesor encontrado se tendrá que tomar en cuenta el valor - de éste para la corrosión; por lo tanto, si fijamos a t = 3/8 --- será una buena suposición.

Esfuerzos de membranas

Se designa así a los esfuerzos producidos en cualquier punto del cuerpo de la tubería, fuera de la influencia de los apoyos y donde no ocurren flexiones en la placa.

1) Esfuerzos transversales.- Es la suma de esfuerzo debido a la presión hidrostática tomada en el centro del tubo y del tubo - lleno sin presión en el centro.



$$\sigma_{1y} = \frac{Pr}{t} - \frac{Q}{\pi l t}\left(1 - \frac{Qs}{2Q}\right) \cos\theta \cos\alpha$$

Q_s = peso del tubo vacío en el tramo L.

L = longitud del tubo entre apoyos.

t = espesor

Q = Qs - Qa

Qa = peso del agua contenida en el tramo L del tubo.

θ = ángulo variable medido a partir de la vertical ascendente en la sección transversal del tubo. Para este caso se escoge -- θ = 30°.

α = ángulo que forma la tubería con la horizontal; = 13°

Se analizará el tramo comprendido entre el acotamiento - 2 + 272 y 2 + 698, por lo que L= 29 m.

Valor de Qs

Este tubo según las tablas expuestas tiene un peso unitario de 194.769 lb/foot ó sea:

194.76 x 1.48 = 288 kg/metro lineal.

Qs = 288 x 29 = 8400 kg.

$$Qa = A \times h \times \gamma = \frac{\pi \times 1.22^2}{4} \times 29 \times 1000 = 34000 \text{ kg.}$$

Q = 8400 + 34000 = 42400 kg.

$$\sigma_{1y} = \frac{50\ 350 \times 0.61}{.0095} - \frac{42400}{3.14 \times 29 \times .0095} \left(1 - \frac{8400}{2 \times 34000}\right) 0.86 \times 0.97$$

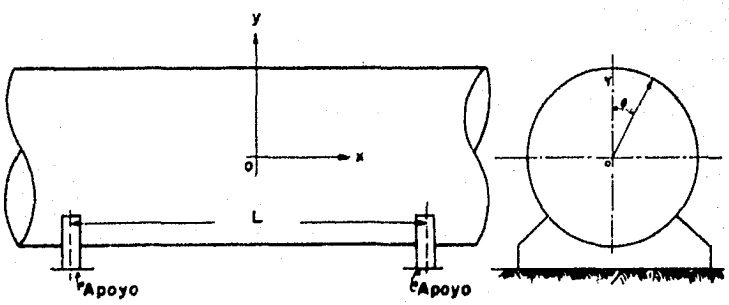
$$\sigma_{1y} = 3230000 - 49000\ (0.87 \times 0.86 \times 0.97)$$

$$\sigma_{1y} = 3230000 - 35600$$

$$\sigma_{1y} = 3194400 \text{ kg/m2}$$

$$\sigma_{1y} = 319.4 \text{ kg/cm2}$$

2) <u>Esfuerzos longitudinales</u>.-



Este esfuerzo está dado por la fórmula:

$$\sigma_{2x} = \frac{Q}{\pi L t}\left[\frac{x^2}{2r^2} - \frac{L^2}{24r^2} - \mu\left(1 - \frac{Qs}{2Q}\right)\right] \cos\theta$$

Para x = 0 se tiene:

$$\sigma_{2_x} = \frac{Q}{\pi Lt}\left[\frac{L^2}{24r^2} + \mu\left(1 - \frac{Qs}{2Q}\right)\right] \cos\theta$$

Sobre el diámetro vertical $\theta = 0$ y $\theta = \pi$; se tiene:

$$\sigma_{2x} = -\frac{Q}{\pi Lt}\left[\frac{L^2}{24r^2} + \mu\left(1 - \frac{Qs}{2Q}\right)\right] \ldots \text{ para } \theta = 0$$

$$\sigma_{2x} = +\frac{Q}{\pi Lt}\left[\frac{L^2}{24r^2} + \mu\left(1 - \frac{Qs}{2Q}\right)\right] \ldots \text{ para } \theta = \pi$$

para la sección $x = \frac{L}{2} - 0.78\sqrt{rt}$; donde termina el efecto del apoyo con refuerzo y sin él, se tiene:

$$\sigma_{2x} = \frac{Q}{\pi Lt}\left[\frac{L^2}{12r^2} + \frac{0.3t}{r} - \frac{0.39Lt}{r\sqrt{rt}} - \mu\left(\frac{1-Qs}{2Q}\right)\right] \cos\theta$$

En los apoyos el esfuerzo debido a éstos, se combina con el longitudinal, luego para $x = \frac{L}{2}$ se tiene:

$$\sigma_{2x} = \frac{Q}{\pi Lt}\left[\frac{L^2}{12r^2} - \mu\left(1 - \frac{Qs}{2Q}\right)\right] \cos\theta$$

con valores máximos para $\theta = 0$ y $\theta = \pi$ y así tenemos:

$$\sigma_{2x} = \frac{Q}{\pi Lt}\left[\frac{L^2}{12r^2} - \left(1 - \frac{Qs}{2Q}\right)\right] \text{----- para } \theta = 0$$

$$\sigma_{2x} = -\frac{Q}{\pi Lt}\left[\frac{L^2}{12r^2} - \left(1 - \frac{Qs}{2Q}\right)\right] \text{----- para } \theta = \pi$$

enel caso de tubería inclinada la ecuación anterior habrá que multiplicarse por $\cos\alpha$

En este caso, por ser la tubería de espesor uniforme el punto crítico se encuentra sobre el apoyo y para $\theta = 0$; para esta sección se tendrá:

$$\sigma_{2x} = \frac{Q}{\pi Lt}\left[\frac{L^2}{12r^2} - \mu\left(1 - \frac{Qs}{2Q}\right)\right] \cos\alpha$$

en que μ = módulo de Poesson = 0.3 para el acero.

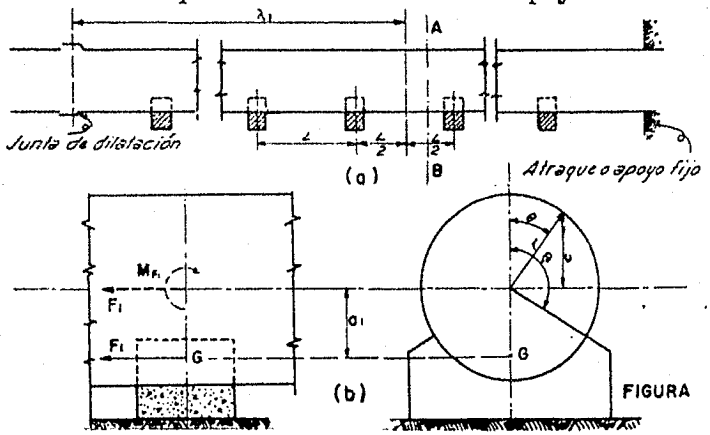
$$\sigma_{2x} = \frac{42400}{3.14x29x0.0095}\left[\frac{29^2}{12x.61^2} - .3\ \left(1 - \frac{8400}{2x42400}\right)\right]\ 0.97$$

$$\sigma_{2x} = 4900\left[188 - .2745\right]\ 0.97$$

$$\sigma_{2x} = 4900 \times 182 = 8940000\ kg/m2$$

$$\sigma_{2x} = 894\ kg/cm2$$

Esfuerzo por la fricción en los apoyos



sobre el apoyo la fuerza de fricción vale:

$$F_1 = f_1 \frac{\lambda 1}{L}\ Q.....$$

siendo $\lambda 1$ = longitud de la tubería cortada del centro del claro - considerando a la junta de expansión.

En el eje del tubo hay una fuerza F_1 y un momento F_1 x a_1 que dan un esfuerzo total:

$$3x = \pm\ f_1 \frac{\lambda 1}{L}\ \frac{Q}{A_o}\left[1 - \frac{2a_1}{r}\ \cos\theta\right]$$

El signo (+) para descenso de temperatura y (-) para aumento de temperatura

$$a_1 = \frac{r\ sen\beta}{\pi - \beta}\quad ;\quad para\ \theta = \pi$$

$$\sigma_{3x} = \pm\ f_1\ \frac{\lambda 1}{L}\ \frac{Q}{}\left[1 + \frac{4a_1}{}\right]$$

a_1 = Distancia del centro de gravedad de la superficie apoyada - del tubo en una silleta, al eje horizontal que pasa por el- centro del tubo.

Angulo que forma la vertical ascendente con el radio de la- seccion del tubo que va al principio de la silleta en este- caso; 120°

A_o = Area de la sección transversal de la placa del tubo.

f_1 = Coeficiente de fricción entre tubo y silleta = 0.25.

aplicando la fórmula para el problema en cuestión y el tramo que se analiza se tiene que multiplicar por cos ya que se trata de un tubo inclinado; y así se tiene:

$$A_o = 2\pi rt$$

$$\sigma_{3x} = \pm\ 0.25 \cdot \frac{16.50}{29} \cdot \frac{42400}{2\pi \times .61 \times 0.0095}\left[1 - \frac{2.08}{1.22}\right]$$

$$\sigma_{3x} = \pm\ 2.28 \times 116000 \times 2.705 = 71.5 \text{ kg/cm2}$$

Esfuerzos originados en las juntas de dilatación:

$$F2 = \pm\ f2 \times \pi\rho\ rb$$

que se suma algebráicamente a la debida a la presión sobre la --- placa de la sección transversal del tubo $A_o = 2\pi rt$ luego

$$\sigma_{4x} = \pm\ \frac{F2 - A_o\rho}{A_o}$$

$$\sigma_{4x} = \pm\ f2\ \frac{\rho b}{t} - \rho = \rho(\pm\ f2\ \frac{b}{t} - 1)$$

En el término de doble signo (+) es para descenso de temperatura.

en que ρ = radio de la superficie teórica en tapas ciegas - - - -

f2 = coeficiente de fricción en juntas de expansión

b = longitud del tubo que carga sobre la empaquetadura o estopa-

do en la junta de dilatación.

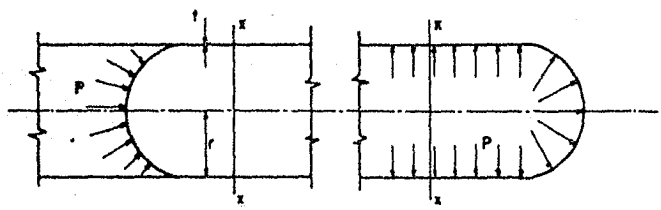
Otra forma de valuar este esfuerzo es tomando como --- fuerza longitudinal total debida a la junta de 750 a 1500 kg por metro de circunferencia del tubo; entonces:

$$\sigma_{4x} = \pm K \frac{\pi D}{Dt\pi} = \pm \frac{K}{t}$$

K = 7.5 a 15 kg; con t en cm.

$$\sigma_{4x} = \frac{15}{0.91} = 16.5 \text{ kg/cm2.}$$

Esfuerzos debidos a obturadores (tapas ciegas, compuertas, válvulas)



$$\sigma_{5x} = \pm \frac{Pr}{2t}$$

Para este caso:

$$\sigma_{5x} = \pm \frac{50350 \times .61}{2 \times 0.0095} = 163 \text{ kg/cm2}$$

$$\sigma_{5x} = 163 \text{ kg/cm2}$$

Esfuerzo originado por la componente del peso de la tubería según su propio eje:

$$\sigma_{6x} = \pm \frac{Qs}{2} \frac{\lambda^2}{rLt} \text{ sen } \alpha$$

ℓ_2 = distancia de la junta de dilatación al atraque del tramo - considerado; $\alpha = 13°$

$$\sigma_{6x} = \frac{8400 \times 31}{2 \times \pi \times 0.61 \times 29 \times 0.0095} \times 0.225 = 7.5 \text{ kg/cm2}$$

$$\sigma_{6x} = 7.5 \text{ kg/cm2}$$

Los problemas de dilatación que presentará la tubería se solucionarán poniendo juntas de dilatación entre atraques

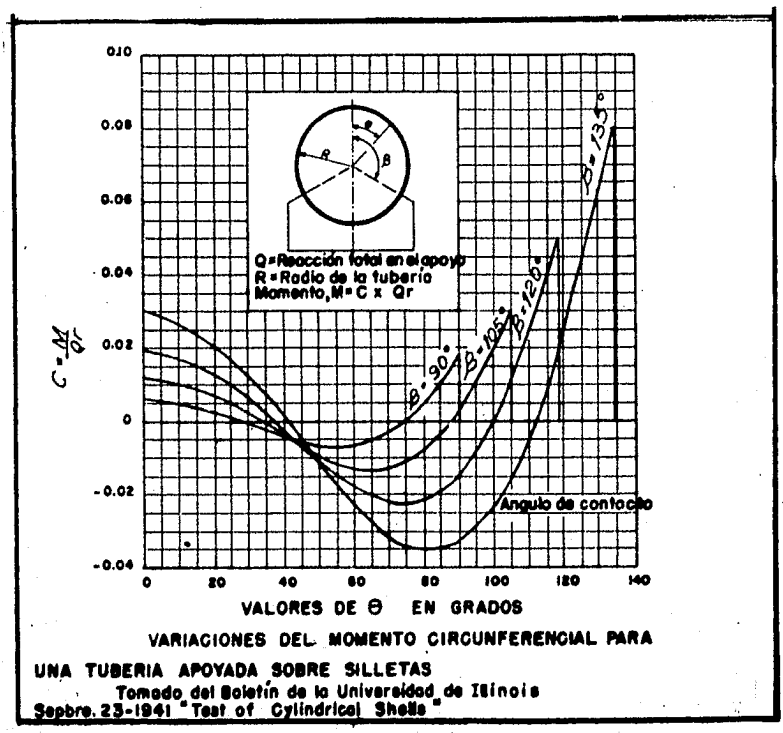
Cálculo de esfuerzos en los apoyos

1.- Momento circunferencial

Está dado por la ecuación

$$M\theta = CQr$$

donde $C = F(\beta, \theta)$ dado por la figura.



VARIACIONES DEL MOMENTO CIRCUNFERENCIAL PARA UNA TUBERIA APOYADA SOBRE SILLETAS

Tomado del Boletín de la Universidad de Illinois Sepbre. 23-1941 "Test of Cylindrical Shells"

para los diversos puntos de la sección del tubo definidos por θ, representando Mθ, el valor total y no el de la unidad de longitud de tubería. Para tenerlo por unidad de longitud de generatriz del tubo, se dividirá Mθ entre la longitud influenciada por este momento que, según experiencias es de 0.8L. Siendo L la semi suma de longitudes de claros adyacentes a la silleta.

El esfuerzo queda como sigue:

$$\sigma_{2y} = \frac{CQr}{0.8L} \frac{6}{t^2} \cos$$

$$\sigma_{2y} = \frac{0.02x42400x0.61}{0.8x30} \times \frac{6}{0.009^2} \times 0.97$$

$$\sigma_{2y} = 144 \text{ kg/cm2}$$

2.- Compresión tangencial en los apoyos bajo la carga de reacción

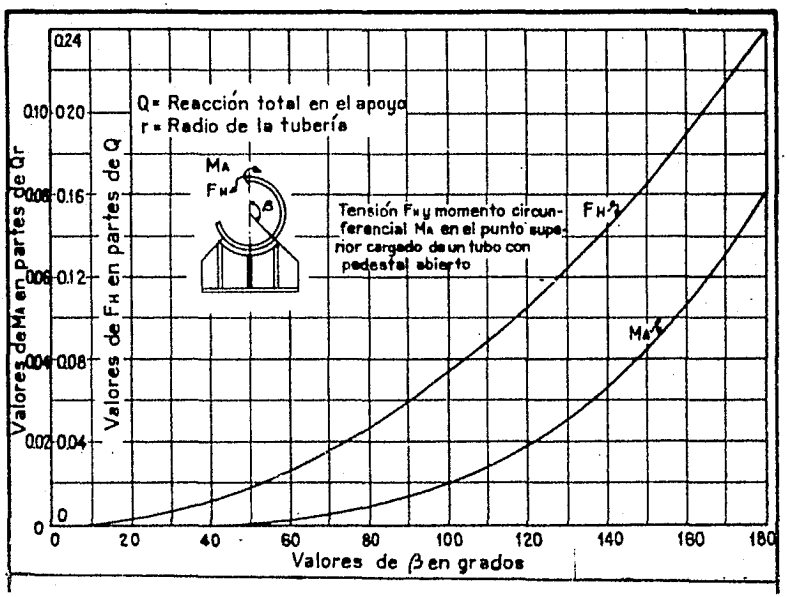
Cuando hay fricción entre el tubo y el apoyo, el valor de la fuerza tangencial por unidad de arco de la sección del tubo es:

$$T = \frac{Q}{\pi(1 + f_1^2)} (f_1 \text{ sen } \theta - \cos \theta) + QE^{f1(\beta - \theta)} \left[\frac{\beta \text{ sen } \beta}{2\pi} - \frac{F_H \cos\beta}{Q} - \frac{f_1 \text{ sen}\beta - \cos\beta}{\pi(1 + f_1^2)} \right]$$

cuando no hay fricción considerable $f_1 \neq 0$ y la fórmula se reduce a:

$$T = \frac{Q\beta \text{ sen } \beta}{2\pi} - F_H \cos\beta + \frac{Q}{\pi} (\cos\beta - \cos \theta)$$

cuyos valores están dados para cuando $\theta = \pi$ ó sea en la parte baja del tubo; los valores de F_H están dados en la siguiente gráfica:



siendo d el ancho de la silleta contado a lo largo del tubo, el área que resiste esta compresión es $A_1 = a\ t$ y el esfuerzo es igual a:

$$\sigma_{3y} = \frac{T}{A_1}$$

calculando T para el problema en cuestión

$$T = \frac{42400 \times 2.1 \times 0.866}{2\pi} - 4240 \times 0.5 + \frac{42400}{\pi}\ (0.5)$$

$$T = 1266 - 2120 + 6750 = 5896 \text{ kg}$$

$$T = 5896 \text{ kg.}$$

$$\sigma_{3y} = \frac{T}{A_1}$$

$A_1 = at = 1.30 \times 0.0095 = 0.0124$

a = ancho de la tubería en una silleta.

$$\sigma_{3y} = \frac{5896}{.0124} = 475000 \text{ kg/m2}$$

$$\sigma_{3y} = 47.5 \text{ kg/cm2}$$

Criterio sobre esfuerzos

Se necesitará de un criterio para decidir si la tubería se encuentra en condiciones aceptables de seguridad.

Este es el combinado de St. Venant-Guest, en el que se designa con el nombre de esfuerzo equivalente al mayor de los siguientes valores:

$$\sigma_{mayor} - 0.303\, \sigma_{menor}$$

$$\frac{\sigma_{mayor} - \sigma_{menor}}{1.2}$$

y se establece la condición de que este valor sea igual o menor que el esfuerzo de trabajo admisible.

En las expresiones anteriores σ_{mayor} es el mayor de los valores de $\Sigma\sigma_x$ ó $\Sigma\sigma_y$ y σ_{menor} es el otro que inclusive puede ser negativo.

En el problema que se estudia, se valuarán los valores correspondientes de σ ; para un mismo punto donde sea máximo estos valores que serán los apoyos; por haber elegido una tubería de diámetro constante.

$$\Sigma\sigma_y = \sigma_{1y} + \sigma_{2y} + \sigma_{3y}$$

$$\Sigma\sigma_x = \sigma_{2x} + \sigma_{3x} + \sigma_{5x} + \sigma_{6x}$$

$$\Sigma\sigma_y = 319.4 + 144 + 47.5 = 230.9$$

$$\Sigma\sigma_x = 894.0 + 71.15 + 163 + 7.5 = 1136.0$$

$1136 - 0.303\ (230.9) < \sigma$ admisible

$1136 - 70\ \ 1\ 056 \quad < \sigma$ admisible

$\frac{1136 - 230.9}{1.2} = 750 < \sigma$ admisible. L.Q.Q.D.

Como las sumas anteriores corresponden al mismo punto del tubo,- también deberá verificarse en el caso que haya combinaciones de- estos esfuerzos:

$\Sigma\ \sigma x = \sigma 2x + \sigma 3x + \sigma 4x + \sigma 5x + \sigma 6x \leq 1.25$

$\Sigma\ \sigma y = \sigma 1y + \sigma 2y + \sigma 3y \leq 1.25$

$\Sigma\ \sigma x = 1136 < 1.25$

$\Sigma\ \sigma y = 230.9 < 1.25$ L.Q.Q.D.

Con lo anterior se puede asegurar que esta tubería se - encuentra dentro de la seguridad, por lo que respecta a esfuerzos más comunes a que están expuestos estos ductos.

El esfuerzo debido a sismos puede considerarse que está absorbido por el sobreespesor que tiene la tubería; pues dicho -- ducto se encuentra sobre la superficie del terreno.

Golpe de Ariete

Se analiza el golpe de ariete como una de las fuerzas - eventuales a que va a estar sujeta la tubería en cuestión. Este - fenómeno es muy complicado para su cálculo, no obstante diferen-- tes autores han expuesto fórmulas que para el fin que se persigue en este problema son satisfactorias.

De la fórmula expuesta por Warren que dice:

$$h = 0.3\ \frac{Lv}{g(T - \frac{L}{S})}$$

en que h = sobrecarga en metros de columna de agua.

v = velocidad del agua en metros por segundo antes del cierre.

L = Longitud de la tubería en metros

g = aceleración de la gravedad en metros/seg2.

T = el tiempo de cierre en segundos.

S = velocidad de la onda de presión en metros por segundo; ésta se puede calcular por la fórmula.

$$S = 1.420 \sqrt{\frac{E}{E - 22.00 \frac{d}{t}}}$$

en la que E es el módulo de elasticidad.

d = diámetro en milímetros.

t = espesor en milímetros

aplicando las fórmulas en este problema:

$$S = 1.420 \sqrt{\frac{2100000}{2100000 - 22000 \frac{1220}{9}}}$$

$$S = 1350 \text{ m/seg.}$$

se tomará un valor de T = 10 segundos; que es una velocidad intermedia entre las existentes de cierre de válvulas.

$$h = 0.3 \frac{159.7 \times 4.5}{9.8 \left(10 - \frac{159.7}{1350} \right.}$$

$$h = 0.3 \frac{159.7 \times 4.5}{9.8 \times 9.8} = 2.25$$

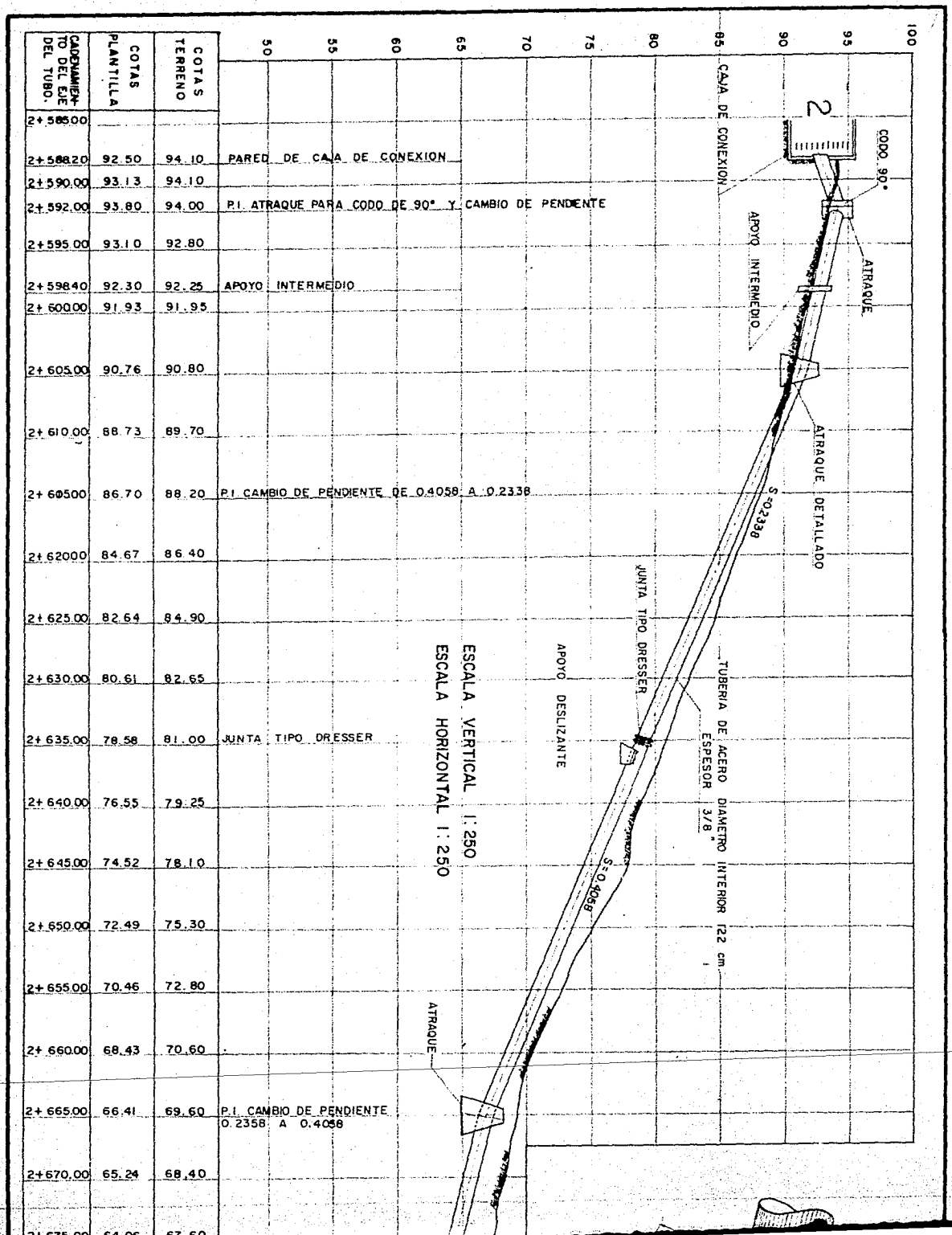
$$h = 2.25$$

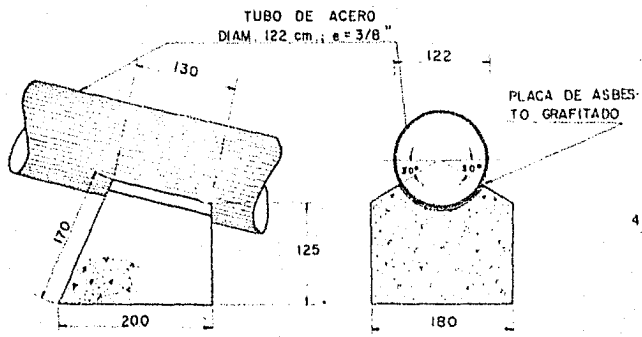
$P_t = 5.04 + 2.25 = 7.29$ kg/cm2

$$\therefore \quad t_1 = \frac{7.29 \times 61}{900 \times .90} = .55 \text{ cm} = 5.5 \text{ mm}$$

$t = 5.5 + C < 3/8"$ L.Q.Q.D.

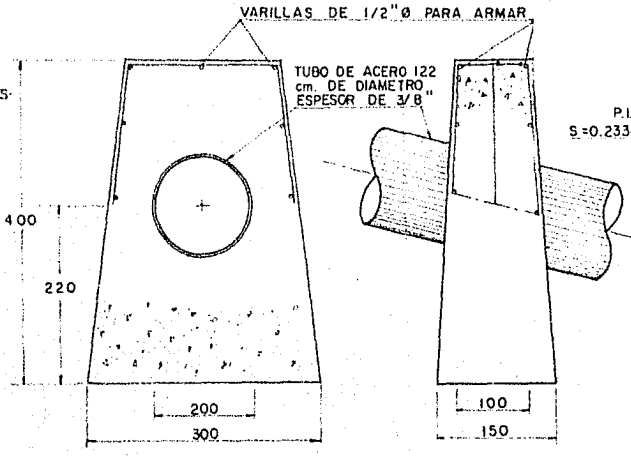
CADENAMIENTO DEL EJE DEL TUBO.	COTAS PLANTILLA	COTAS TERRENO	
2+585.00			
2+588.20	92.50	94.10	PARED DE CAJA DE CONEXION
2+590.00	93.13	94.10	
2+592.00	93.80	94.00	P.I. ATRAQUE PARA CODO DE 90° Y CAMBIO DE PENDIENTE
2+595.00	93.10	92.80	
2+598.40	92.30	92.25	APOYO INTERMEDIO
2+600.00	91.93	91.95	
2+605.00	90.76	90.80	
2+610.00	88.73	89.70	
2+605.00	86.70	88.20	P.I. CAMBIO DE PENDIENTE DE 0.4058 A 0.2338
2+620.00	84.67	86.40	
2+625.00	82.64	84.90	
2+630.00	80.61	82.65	
2+635.00	78.58	81.00	JUNTA TIPO DRESSER
2+640.00	76.55	79.25	
2+645.00	74.52	78.10	
2+650.00	72.49	75.30	
2+655.00	70.46	72.80	
2+660.00	68.43	70.60	
2+665.00	66.41	69.60	P.I. CAMBIO DE PENDIENTE 0.2358 A 0.4058
2+670.00	65.24	68.40	
2+675.00	64.06	67.60	





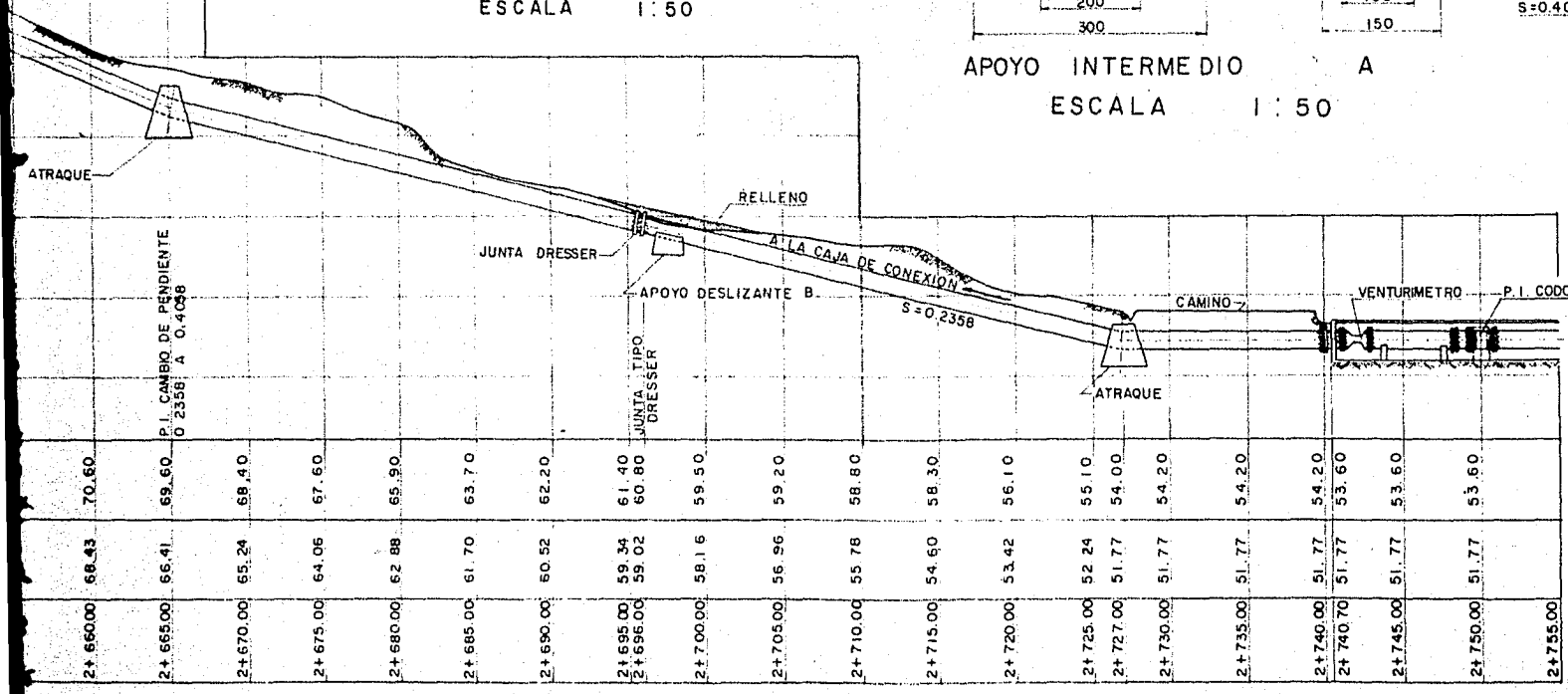
APOYO DESLIZANTE B

ESCALA 1:50



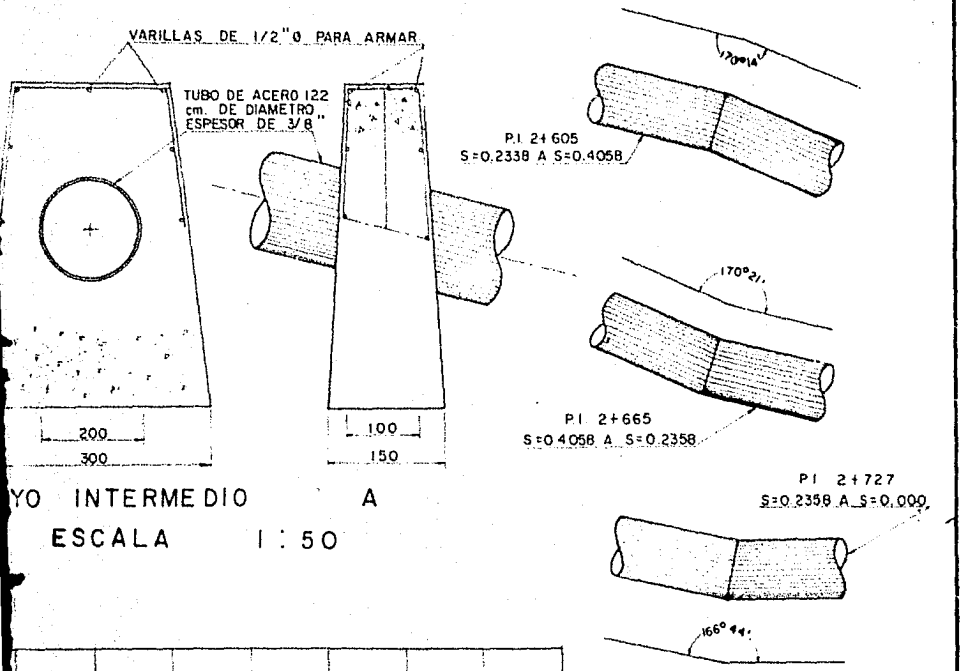
APOYO INTERMEDIO A

ESCALA 1:50



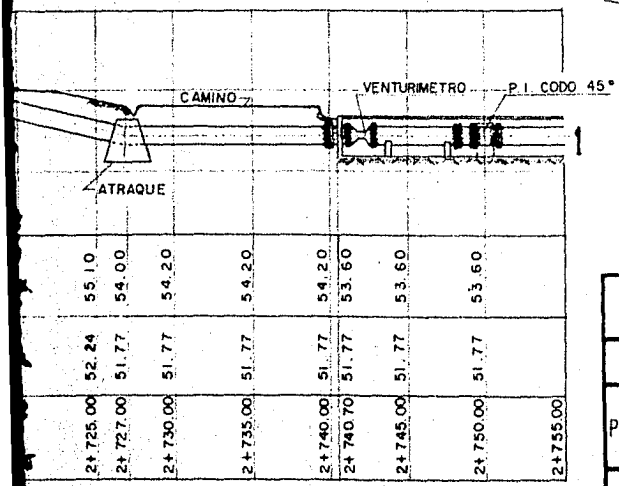
NOTA:
I.- AC
II.- EL
AL
III.- CA
DE

U
FACULT
TESIS
LINE
PERFIL TUB
Nº 1 A
JA



YO INTERMEDIO A

ESCALA 1 : 50



NOTA:

I.- ACOTACIONES EN CM.
II.- ELEVACIONES EN METROS REFERIDAS AL NIVEL DEL MAR AGREGANDO 2200
III.- CADENAMIENTO REFERIDO AL EJE DEL TUBO EN KM

U. N. A. M.
FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS PROFESIONAL
LINEA DE CONDUCCION PERFIL TUBERIA FORZADA DE BOMBAS Nº I A CAJA DE CONEXION
JAIME SOLIS G.

A P E N D I C E

GRAFICAS Y NOMOGRAMAS RELATIVAS AL CALCULO DE TÚBERIAS

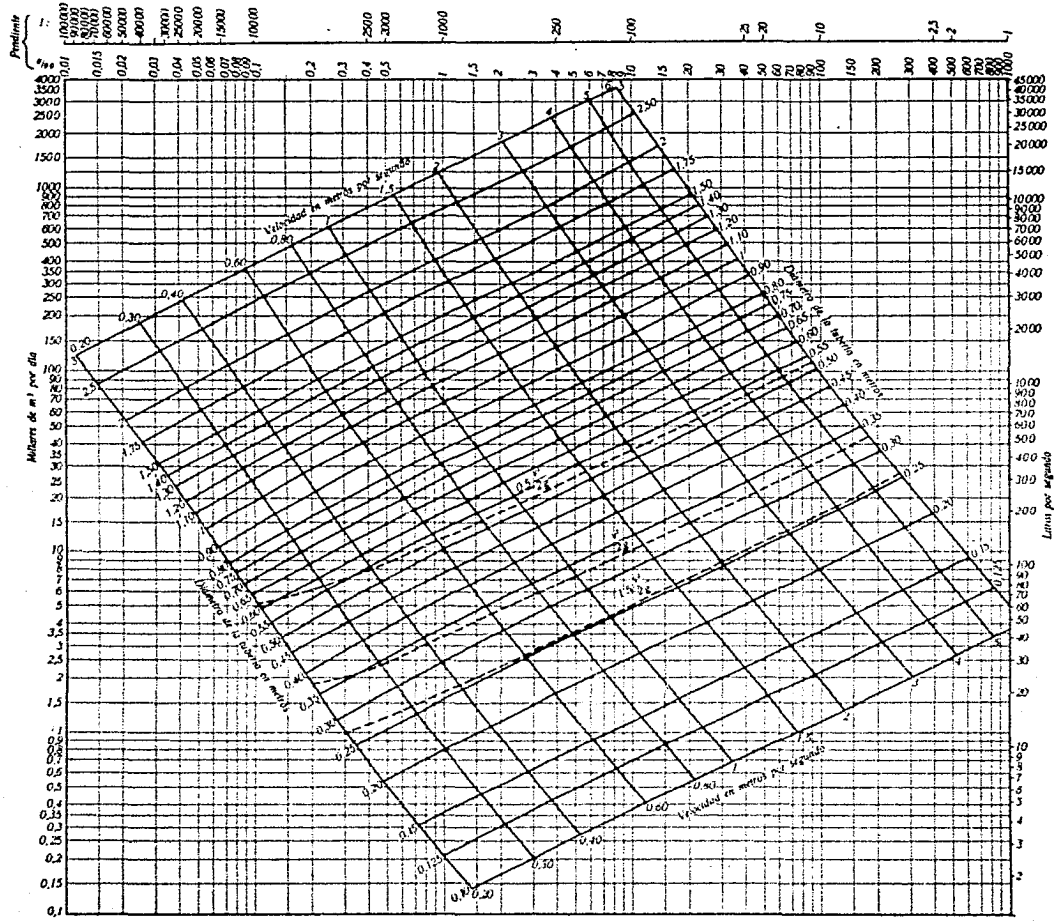


Gráfico para el cálculo del gasto en tuberías vitrificadas

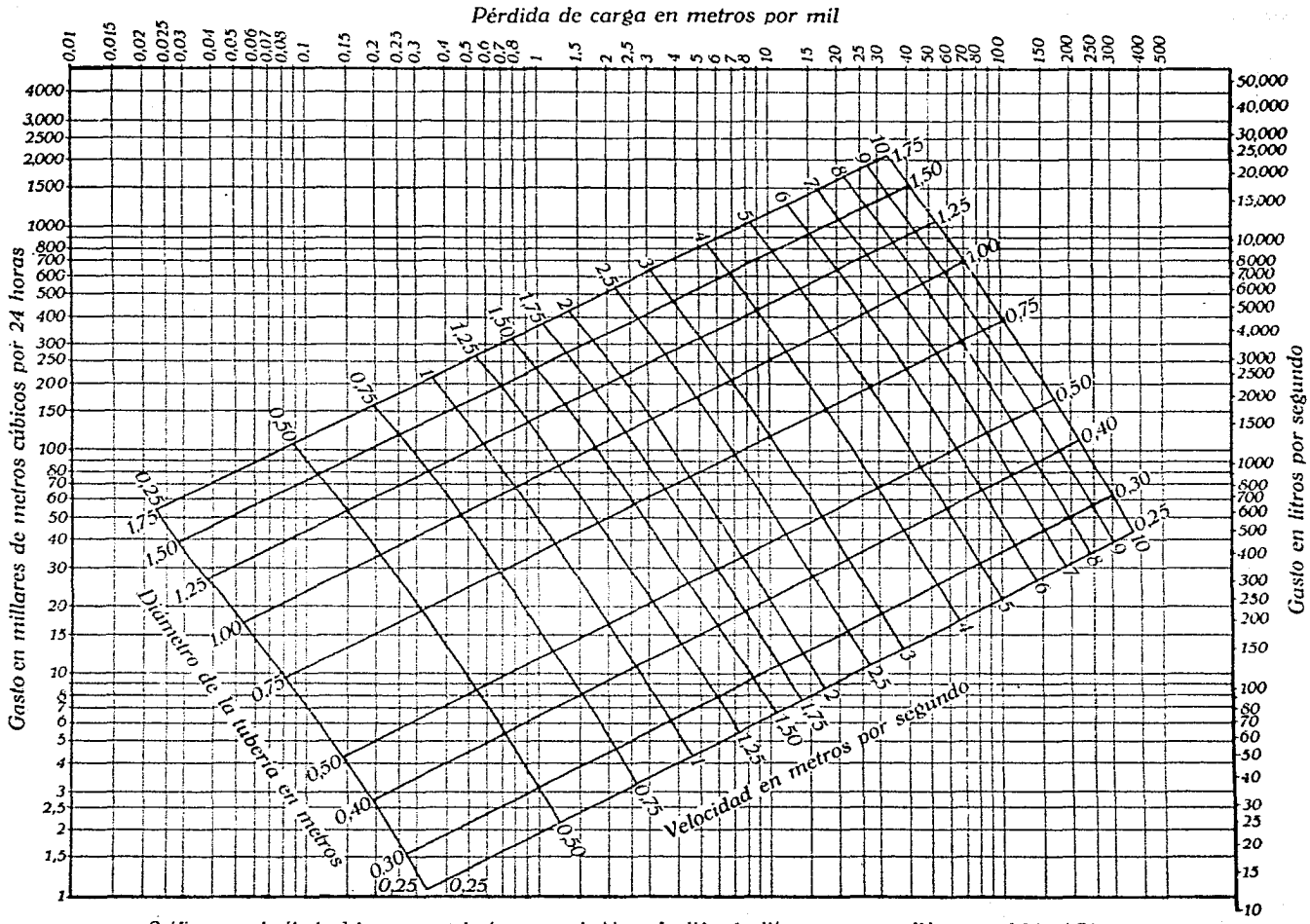


Gráfico para el cálculo del gasto en tuberías nuevas de hierro fundido, de diámetros comprendidos entre 0,25 y 1,75 metros

(Basado en la fórmula de Fanning)

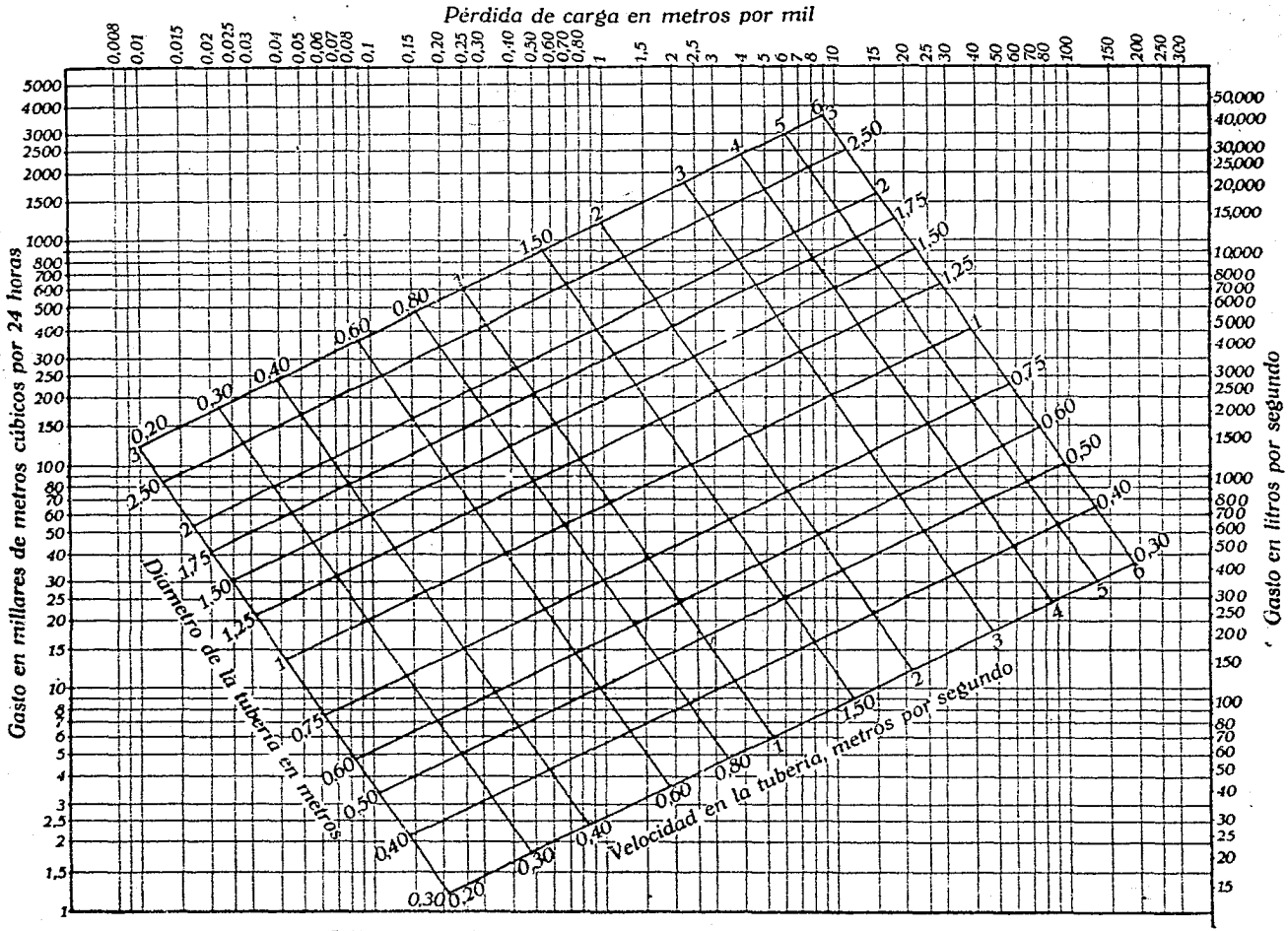


Gráfico para el cálculo del gasto en tuberías nuevas de palastro remachado

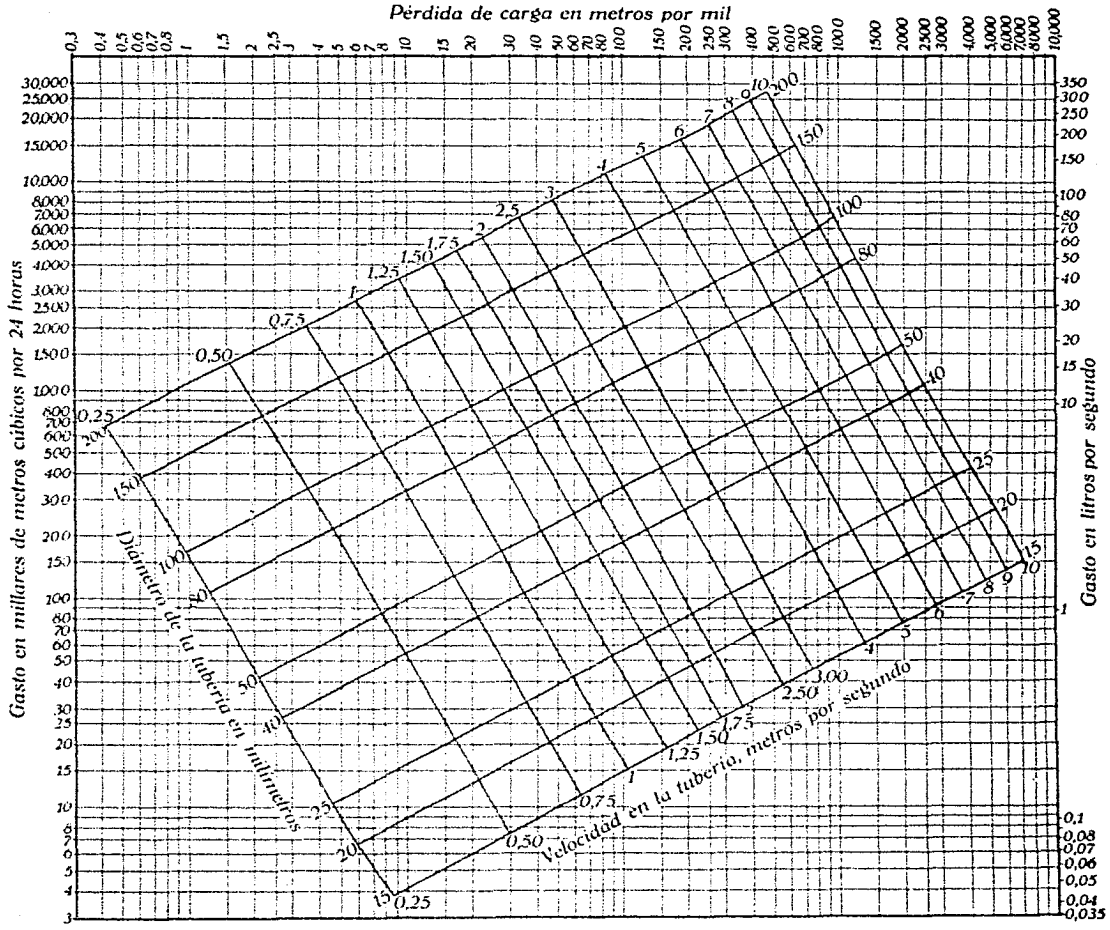
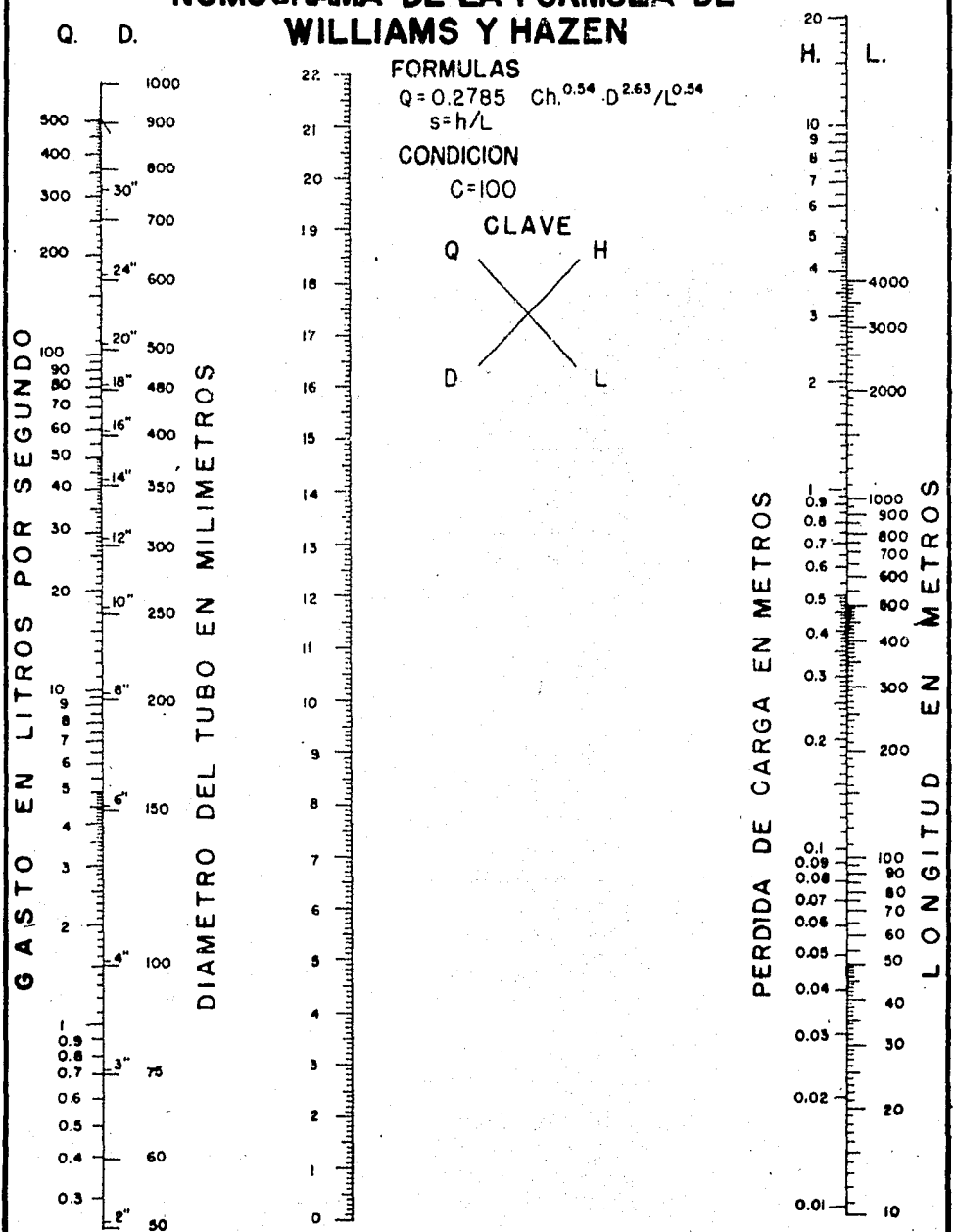


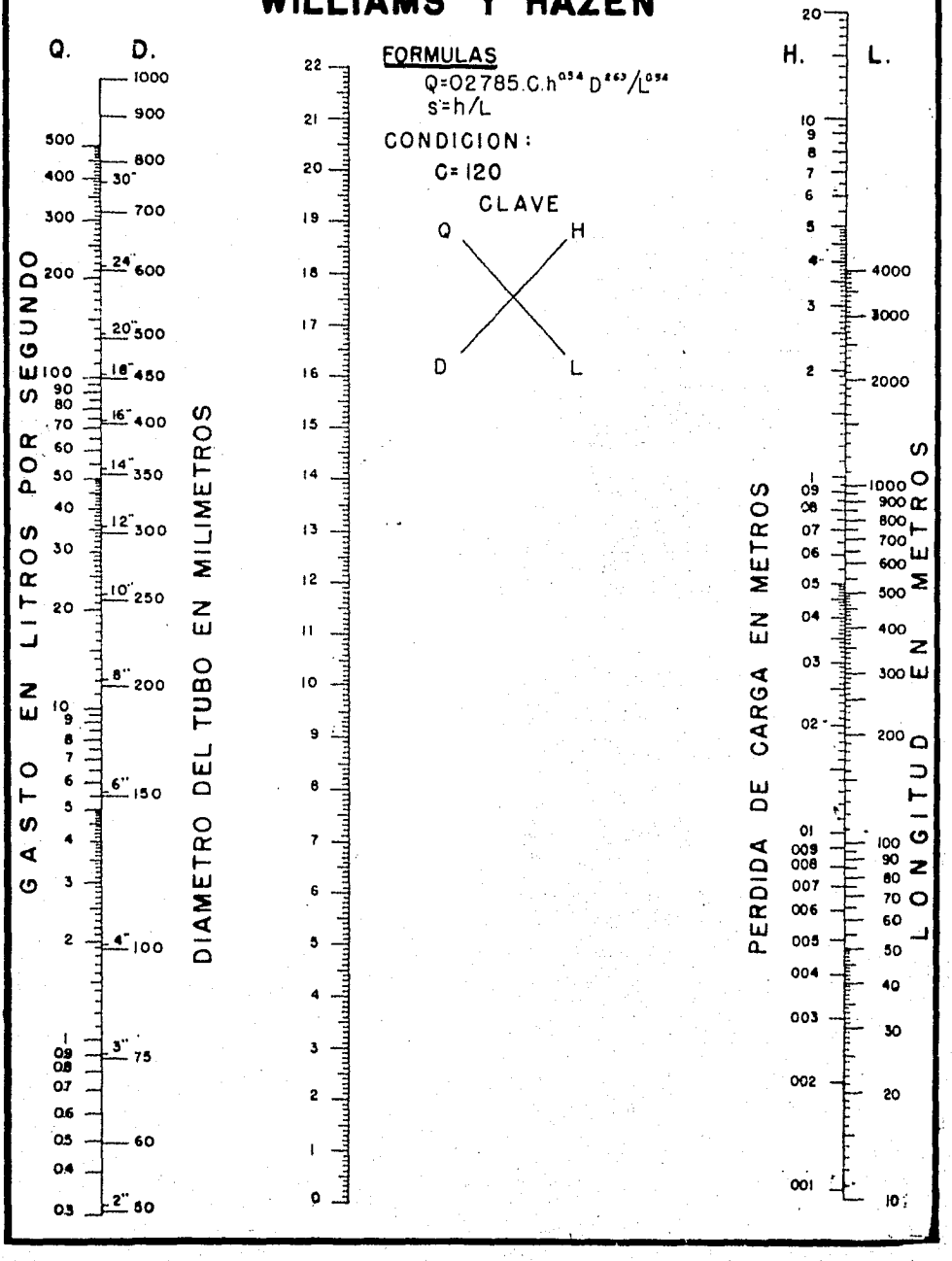
Gráfico para el cálculo del gasto en tuberías de hierro fundido o dulce, nuevas, de diámetro comprendido entre 15 y 200 milímetros

(Basado en los coeficientes de Fanning)

NOMOGRAMA DE LA FORMULA DE WILLIAMS Y HAZEN



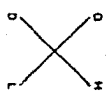
NOMOGRAMA DE LA FORMULA DE WILLIAMS Y HAZEN



NOMOGRAMA de la fórmula de R. MANNING para tubería de plástico

$$Q = \frac{0.312}{N} D^{8/3} H^{1/2} / L^{1/2}$$

CLAVE



GASTO EN LITROS POR SEGUNDO

DIAMETRO DEL TUBO EN PULGADAS Y MILIMETROS

LINEA DE BASE

PERDIDA DE CARGA EN METROS

LONGITUD EN METROS

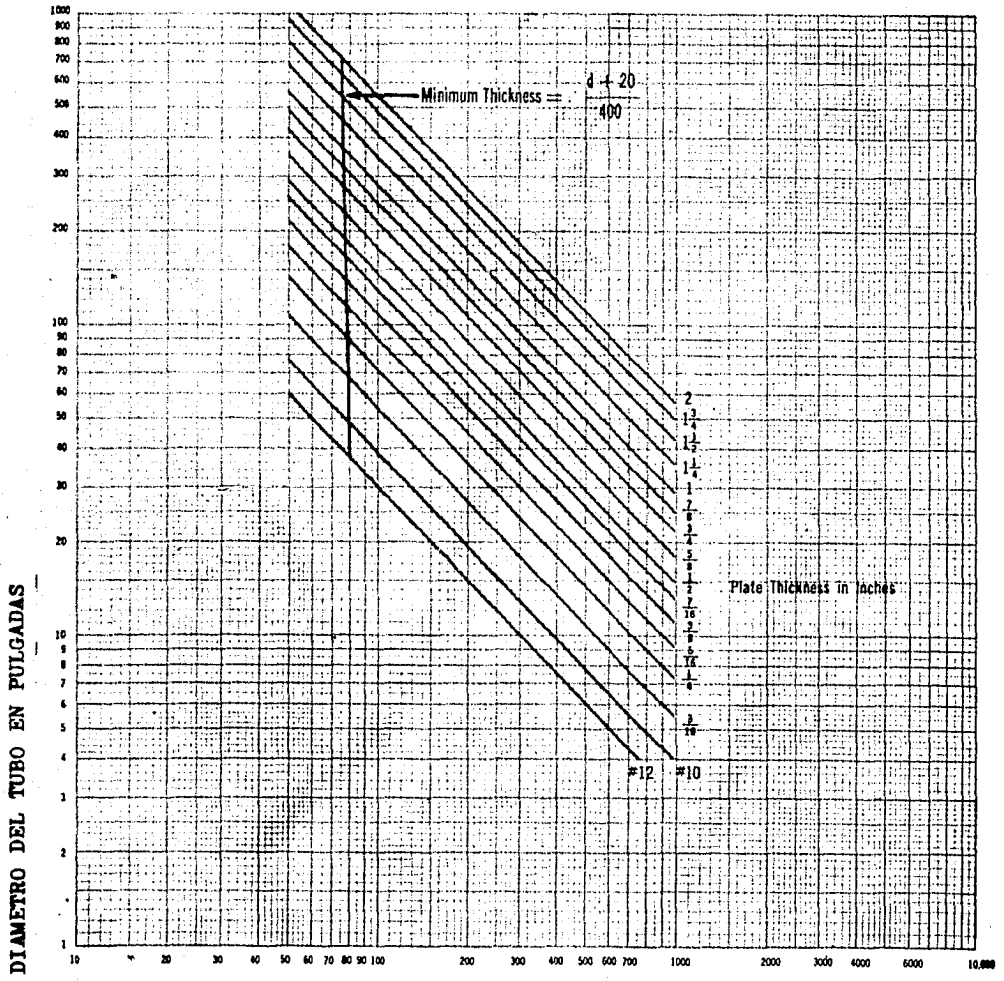
EJEMPLO:

Se desea calcular el diámetro necesario para conducir 2 litros/segundo en una línea de 900 metros lineales y se dispone de una carga de 20 metros de columna de agua.

Uniendo "Q" y "L" por medio de una recta, se tiene sobre la línea de base el punto "a"; a continuación se traza una recta que partiendo del eje "H" y pasando por "a" corta al eje "D" en 2. Este es el diámetro a emplear.

Similarmente conociendo D, L y H se encuentra Q ó conocidos Q, L y D se halla H.

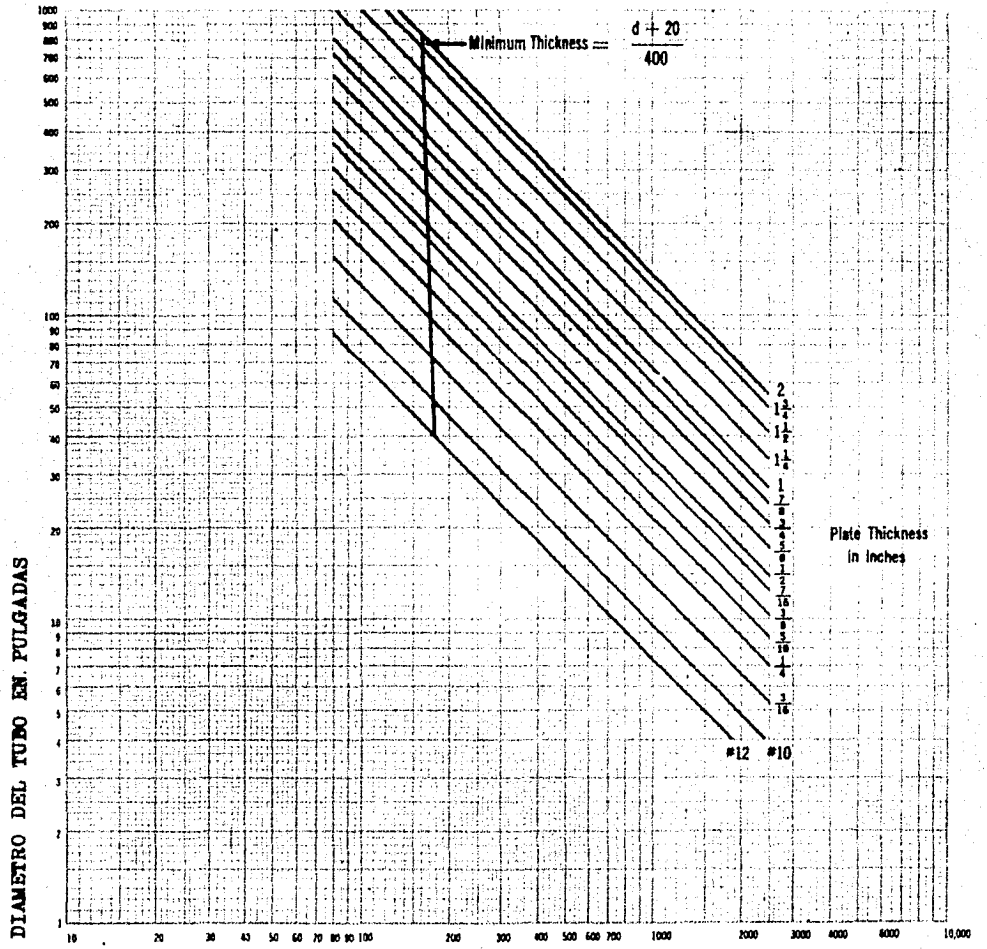
GARAFICA PARA DETERINAR EL ESPESOR DE LA TUBERIAS
DE ACERO SOMETIDAS A PRESION



PRESION INTERIOR EN LIBRAS POR PULGADA CUADRADA
BASADA EN LA FORMULA DE
BARLOW

$$P = \frac{30,000t}{D}$$

GRAFICA PARA DETERMINAR EL ESPESOR DE LAS TUBERIAS DE ACERO SOMETIDAS A PRESION



BASADO EN LA FORMULA DE BARLOW

$$H = \frac{69,300t}{D}$$