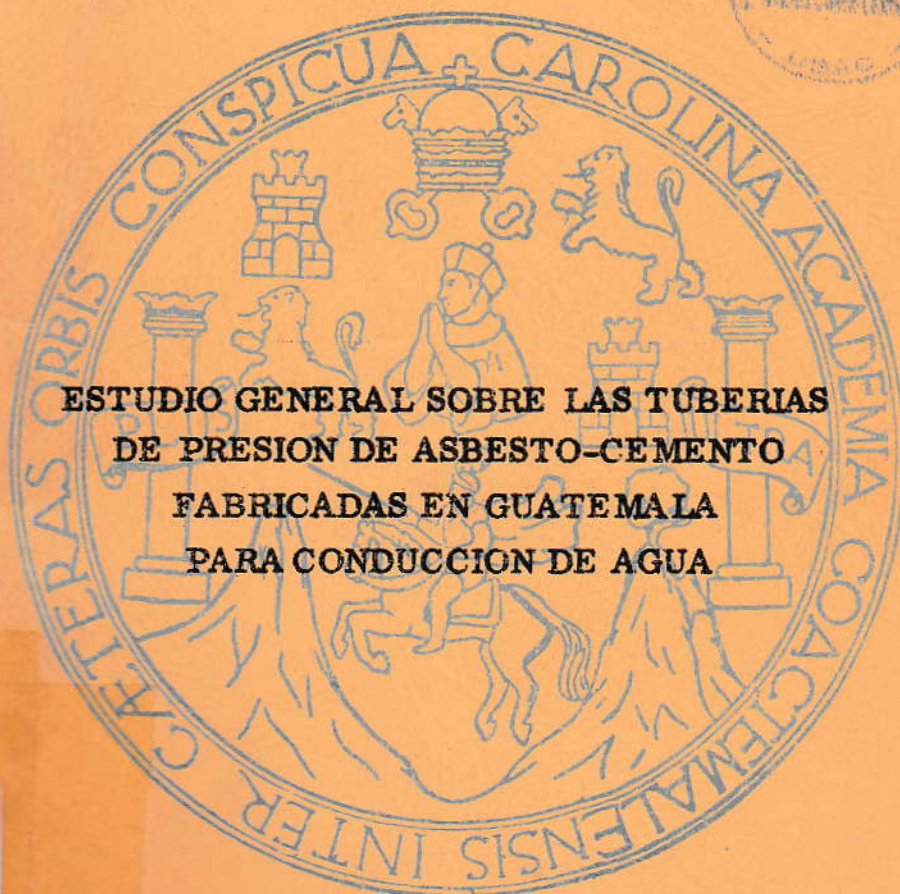


CARLOS ALFONSO ORELLANA LORENZI



**ESTUDIO GENERAL SOBRE LAS TUBERIAS
DE PRESION DE ASBESTO-CEMENTO
FABRICADAS EN GUATEMALA
PARA CONDUCCION DE AGUA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1967

08 T(50)c

MFN: 591

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO GENERAL SOBRE LAS TUBERIAS
DE PRESION DE ASBESTO-CEMENTO
FABRICADAS EN GUATEMALA
PARA CONDUCCION DE AGUA

T E S I S

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA

DE LA

FACULTAD DE INGENIERIA

DE LA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

P O R

CARLOS ALFONSO ORELLANA LORENZI

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

O < > O

NOVIEMBRE DE 1967



s Alfonso
e las tuberias...

re

fonso
s tuberias...

A
las
nto
para
agua

50/10

JUNTA DIRECTIVA
DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DECANO	ING. AMANDO VIDES T.
VOCAL 1o.	ING. OTTO BECKER M.
VOCAL 2o.	ING. FRANCISCO UBIETO
VOCAL 3o.	ING. LIONEL PINOT
VOCAL 4o.	BR. ROLANDO J. ROUSSELIN
VOCAL 5o.	BR. FRANCISCO J. GODOY
SECRETARIO	ING. JOSE MASSANET

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO:

DECANO	ING. ENRIQUE GODOY S.
VOCAL 3o.	ING. RENATO FERNANDEZ R.
EXAMINADOR	ING. GUILLERMO SOLARES E.
EXAMINADOR	ING. RODOLFO GONZALEZ M.
SECRETARIO	ING. EDUARDO MARTINEZ B.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:

Cumpliendo con lo establecido en la Ley de la Universidad de San Carlos, presento a vuestra consideración, mi trabajo de tesis titulado:

ESTUDIO GENERAL SOBRE LAS TUBERIAS DE
PRESION DE ASBESTO-CEMENTO FABRICADAS EN GUATEMALA PARA LA CONDUCCION
DE AGUA.

Tema que me fuera asignado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería.

**TESIS DE REFERENCIA
NO**

SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.

ACTO QUE DEDICO:

A mi esposa:

MARCE DE ORELLANA

A mis hijos:

ALFONSO ERNESTO, JUAN CARLOS Y
MAURICIO

A mis padres.

A mis hermanos:

EN ESPECIAL A MARIO

A la Facultad de Ingeniería.

INDICE DEL CONTENIDO:

CAPITULO I

Introducción *

CAPITULO II

Factores que deben de tomarse en cuenta para la selección de una tubería.

CAPITULO III

Estudio hidráulico de las tuberías de Asbesto-Cemento ✓

CAPITULO IV

Pruebas mecánicas e hidrostáticas de la tubería de Asbesto-Cemento. *

CAPITULO V

Consideraciones sobre el efecto de movimientos sísmicos en conducciones de Asbesto-Cemento. *

CAPITULO VI

Corrosión y tuberculación en las tuberías de Asbesto-Cemento

CAPITULO VII

Aplicación de la tubería de Asbesto-Cemento en la práctica *

CAPITULO VIII

Conclusiones.

CAPITULO I

INTRODUCCION

Las instalaciones de tuberías de presión para la conducción de agua potable, son de primordial importancia en el desarrollo de todos los países para su progreso; considero por lo tanto, la necesidad de hacer un estudio general de la tubería para conducciones forzadas que se fabrica en Guatemala, siendo ésta la de Asbesto-Cemento.

Las primeras tuberías de presión de Asbesto-Cemento se fabricaron en Italia hace 54 años, en el año 1913 y rápidamente se fueron fabricando en el resto de los países europeos. En Guatemala, esta tubería se produce desde 1953, bajo proceso llamado "Dalmine"; el cual consiste en ir arrollando helicoidalmente una pasta húmeda muy delgada de asbesto y cemento (de más o menos 0.2 mm. de espesor) sobre un mandril metálico que gira y se desplaza longitudinalmente, esta pasta es fuertemente prensada al molde y luego se le extrae éste y el tubo es inmerso en agua para su fraguado durante 28 días; seguidamente son cortados a las medidas normales y torneadas las bocas, para ser sometidos cada uno a la prueba de hermeticidad estando ya desde este momento listo para su instalación.

Actualmente se encuentran tendidos en los Departamentos más de 500,000 metros de tubería de presión de Asbesto-Cemento y en la Capital más de 90,000 metros lineales.

Los materiales del tubo de Asbesto-Cemento se componen exclusivamente de cemento portland y de fibras minerales de asbesto o amianto muy resis-

tente y flexible; su resistencia a la tracción es de 4000 a 5000 kg/cm². Químicamente es un silicato de magnesio.

Las fibras de asbesto son extraídas de las rocas y sus yacimientos principales se hallan ubicados en el Canada, Rhodesia y los Urales.

En Guatemala también hay yacimientos de asbesto, pero su calidad no es la adecuada, es decir que de los análisis efectuados, la resistencia de las fibras y el largo de éstas resultaron bajos para poder ser usados en la fabricación del Asbesto-Cemento.

Con el presente trabajo espero poder dar un conocimiento general de la tubería de presión de Asbesto-Cemento fabricada en Guatemala, para que así, al tener que efectuar cálculos de líneas de conducción forzadas para agua, podamos saber los límites dentro de los cuales tenemos que trabajar.

CAPITULO II

FACTORES QUE DEBEN DE TOMARSE EN CUENTA PARA LA SELECCION DE UNA TUBERIA DE PRESION

Para la selección de una tubería de presión se deben de tomar en cuenta los siguientes factores:

a) FACTORES PRINCIPALES:

1. - Coeficiente de fricción:

El coeficiente de fricción depende de las paredes del tubo, las cuales entre más lisas son el coeficiente es menor.

Para el cálculo de las tuberías de presión se debe de tomar un valor conservador del coeficiente de fricción, el cual debe de ser obtenido de las pruebas de tuberías usadas, variando éste según la clase de que está fabricado el tubo.

2. - Resistencia a cargas internas:

Para la tubería de presión se tiene como norma que debe de resistir una presión interna mínima de cuatro veces la presión de trabajo a que fue diseñada, esto es, que debe de tener un factor de seguridad de cuatro.

Deberá de tomarse en cuenta también la presión total máxima provocada por golpe de ariete, la cual no tendrá que ser mayor a la resistencia máxima de la tubería.

3. - Resistencia a cargas externas:

La resistencia a cargas externas depende tanto del material que está construída la tubería, así como también a la clase de trabajo a que extará expuesta y la forma de su instalación.

Las tuberías de presión son usadas en líneas de conducción a tanques de depósito, líneas de conducción a plantas de generación eléctrica, en las redes de distribución de agua potable, etc. En todos estos casos la tubería estará expuesta a determinadas presiones externas máximas, las que serán la base para la selección de las mismas, éstas cargas son:

Cargas de aplastamiento, causadas por el peso propio del relleno o por presiones negativas producidas en el interior de la tubería.

Cargas de flexión, causadas por fuerzas concentradas estáticas o dinámicas.

Cargas de impacto, éstas son causadas generalmente en las tuberías instaladas en la superficie del terreno, las que están expuestas a golpes provocados accidental o intencionalmente.

4. - Resistencia a la acción química:

Esta depende del material que está construída la tubería para que soporte la corrosión y la tuberculación.

La corrosión se debe a la acción química de agentes externos sobre los metales.

La tuberculación es la formación de costras

en el interior del tubo, reduciéndose de esta manera el diámetro interior, teniéndose por consiguiente la reducción del caudal del líquido. La tuberculación - puede ser originada por dos causas: La acción química del metal con el agua ó por la precipitación debida a la reacción de componentes químicos del agua, los cuales se depositan en las paredes interiores del tubo.

b) FACTORES SECUNDARIOS:

1. - Instalación:

Se debe de considerar la instalación de la tubería para ver si es necesario el empleo de personal especializado.

2. - El Costo:

El costo de la tubería servirá para hacer un estudio comparativo de aquellas que más o menos - muestren las mismas ventajas

CAPITULO III

ESTUDIO HIDRAULICO DE LAS TUBERIAS DE ASBESTO - CEMENTO

Se tratará el presente capítulo haciendo solamente mención de las fórmulas generales más usadas, como recordatorio, ya que en la tesis del Ing. Walter Lange F., "Determinación de las Constantes Hidráulicas de la Tubería de Asbesto-Cemento de Guatemala", trata en detalle el estudio hidráulico para tuberías de presión de Asbesto-Cemento, abarcando en ella las deducciones de las fórmulas. Considero pues, innecesario entrar en mayores detalles sobre este aspecto.

Todo líquido que se mueve en el interior de un tubo, se tiene que considerar la viscosidad y la fricción del mismo en las vecindades de las partes de la tubería, ésto da lugar a que la velocidad no sea uniforme en los puntos de una misma sección, o sea que se obtiene menor velocidad en la periferia del tubo por fricción y máxima velocidad en el filete central; es por esta razón que se toma una velocidad media del líquido la cual se deduce de la fórmula.

$$V = \frac{Q}{A} \quad (1)$$

en donde V = velocidad media

Q = caudal o gasto

A = área de la sección del tubo

siendo:

$$A = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4}$$

r = radio interior del tubo

d = diámetro interior del tubo

Tenemos también la expresión general del movimiento del líquido deducida por Prony:

$$RJ = f(V) \quad (2)$$

en la que

R = radio hidráulico

J = pendiente hidráulica

f(V) = función de la velocidad media

El radio hidráulico es la relación entre el área de la sección del tubo y el perímetro mojado, o sea

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

para tuberías a presión donde el líquido ocupa toda la sección el valor R es:

$$R = \frac{d}{4}$$

La pendiente hidráulica J es la relación entre la pérdida de carga por fricción y la longitud de la tubería

$$J = \frac{h_f}{L}$$

siendo h_f la pérdida de carga total por fricción

La pendiente hidráulica puede ser llamada también pérdida de carga unitaria por fricción.

Tenemos la fórmula de DARCY-WEISSBACK para la pérdida de carga por fricción, que es:

$$h_f = \lambda \frac{LV^2}{2gd}$$

deduciéndose de aquí que la pérdida de carga unitaria por fricción es:

$$J = \lambda \frac{V^2}{2gd}$$

en la que λ = coeficiente de rozamiento o de fricción (llamado también coeficiente de resistencia)

g = gravedad.

al valor del coeficiente λ se ha hecho función de distintos valores según los experimentos llevados a cabo en distintos diámetros y clases de tubos.

Con las fórmulas (1) y (2) tenemos las relaciones necesarias para el cálculo hidráulico de las tuberías.

Ahora bien, de la expresión general del movimiento deducida por Prony, el segundo miembro $f(V)$ no ha sido posible determinarlo por cálculo, por lo que se ha obtenido experimentalmente, razón consecuente por la que existen gran cantidad de fórmu-

las deducidas por diferentes personas, habiendo diferencias entre éstas a causa de haberse obtenido en distintas condiciones, tales como la clase del tubo y las limitaciones de los diámetros que hayan usado en sus experimentos.

Es por esta razón que al hacer mención de las fórmulas más usadas tanto en Guatemala como en otros países, está indicada su importancia y sus limitaciones en los diámetros como en las velocidades, para las cuales son más exactas.

1. - FORMULAS DE CHEZY:

Entre las fórmulas más antiguas tenemos la de Chezy, la cual da la pérdida de carga proporcional al cuadrado de la velocidad.

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

siendo C el coeficiente de rugosidad

Solamente es aplicable ésta fórmula para grandes velocidades.

2. - FORMULA DE DARCY:

$$J = n \frac{Q^2}{d^5}$$

o lo que es lo mismo

$$V = \frac{2.546}{\sqrt{n}} \sqrt{RJ}$$

en la que n está en función del coeficiente C de la ecuación general del movimiento uniforme

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

por lo tanto

$$C = \frac{2.546}{\sqrt{n}}$$

siendo el valor del coeficiente n :

$$n = \frac{64}{\pi^2 C^2} = \frac{6.485}{C^2}$$

Los límites entre los cuales la fórmula de Darcy es exacta son: para diámetros de 4 a 50 cm ($1\frac{1}{2}$ a 20") y velocidades de 0.25 a 2.50 mts./seg. Si la velocidad es mayor de un metro por segundo para diámetros pequeños da resultados por exceso y para diámetros grandes los resultados son por defecto.

Como podrá observarse la fórmula de Darcy sí es aceptable en nuestro medio para tubos de Asbesto-Cemento, por estar los diámetros de ésta tubería dentro de los límites y también las velocidades.

El valor promedio del coeficiente " n " para tubos de Asbesto-Cemento es de

$$\underline{n = 0.0016}$$

Para el cálculo de "n" en función de cada diámetro tenemos:

$$n = \alpha + \frac{\beta}{d} = 0.00126 + \frac{0.000038}{d}$$

valores que se pueden obtener de tablas.

3. - FORMULA DE BAZIN:

$$V = \frac{87 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \sqrt{RJ}$$

Con ésta fórmula y para tubos de Asbesto-Cemento el profesor Scimemi, efectuó más de 90 experimentos con tubos de fabricación normal de 50, 150, 300 y 400 milímetros de diámetro y comprobó que es bastante exacta.

El coeficiente de rugosidad "m" varía en función de la velocidad del líquido según se comprobó de los ensayos antes mencionados. Siendo sus valores los siguientes:

V = 0.50 mts./seg.	--	m = 0.080
V = 0.70 " "	--	m = 0.070
V = 0.80 " "	--	m = 0.060
V = 1.00 " "	--	m = 0.055
V = 1.50 " "	--	m = 0.050
V = 2.00 " "	--	m = 0.040

El valor medio del coeficiente "m" para tubos

de Asbesto-Cemento es de

$$\underline{m = 0.06}$$

Esta fórmula de Bazin es muy usada y aceptada por su sencillez y sus resultados muy satisfactorios.

4. - FORMULA DE MANNING:

Fórmula muy usada en nuestro medio, sobre todo para el cálculo de canales siendo ésta:

$$V = \frac{1}{n_1} R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

El valor de n_1 para tubos de Asbesto Cemento es:

$$\underline{n_1 = 0.009}$$

5. - FORMULA DE WEISSBACK:

Esta fórmula tiene el coeficiente de λ rugosidad en función de la velocidad y su valor es:

$$\lambda = 0.01439 + \frac{0.00947}{\sqrt{V}}$$

Dá buenos resultados para el cálculo de tuberías lisas.

Sus límites para que sea exacta son:

Para diámetros de 3 a 40 cm. y
para velocidades de 0.04 a 4.5 m/seg.

La fórmula está decidida de la siguiente manera:

$$RJ = \left[0.0007336 + \frac{0.0004828}{\sqrt{V}} \right] V^2$$

si hacemos

$$m = \left[0.0007336 + \frac{0.0004828}{\sqrt{V}} \right]$$

tenemos: $RJ = mV^2$

de donde se obtiene:

$$V = \sqrt{\frac{1}{m}} \sqrt{RJ}$$

Como puede observarse, debido a los límites de los diámetros y las velocidades, para el caso de las tuberías de Asbesto-Cemento fabricadas en Guatemala hasta la fecha, ésta fórmula es bastante aceptable, aunque aquí no se use aún.

6. - FORMULA DE FLAMANT:

Flamant hizo numerosos ensayos y llegó a determinar una fórmula que da buenos resultados con tu-

berías para diámetros no mayores de 1.30 mts. El coe
ficiente λ está en función del diámetro y la velocidad
media, así:

$$= \frac{m'}{dV}$$

siendo la fórmula:

$$RJ = \frac{m'}{8g} \sqrt{\frac{V'}{d}}$$

Si hacemos:

$$m = \frac{m'}{8g}$$

tenemos:

$$RJ = m \sqrt[4]{\frac{V'}{d}}$$

$$\frac{d}{4} J = m \sqrt[4]{\frac{V'}{d}}$$

$$J = 4m \frac{V^{7/4}}{d^{5/4}}$$

haciendo $4m = \alpha$

$$J = \alpha \frac{V^{7/4}}{d^{5/4}}$$

siendo el valor α para tubos de Asbesto-Cemento

$$\underline{\alpha = 0.0006}$$

7. FORMULA DE HAZEN-WILLIAMS:

Esta fórmula está basada en experiencias con tubos de 0.30 a 5.25 metros de diámetro, siendo la fórmula:

$$\underline{V = 0.85 C R^{0.63} J^{0.54}}$$

estando $V = \text{m/seg.}$

$R = \text{m.}$

$J = \text{m/m.l.}$

Para $J = \text{m/km.}$ sin variar los demás valores tenemos

$$V = 0.0204 C R^{0.63} J^{0.54}$$

El valor del coeficiente "C" para tubos de Asbes
to-Cemento es:

$$\underline{C = 140}$$

Como podrá observarse la fórmula está experimentada para tubos mayores de 30 cm. de diámetro, pero sin embargo es la más usada en nuestro medio, aún para diámetros menores.

8. - FORMULA DE LUDIN:

$$V = C, R^{0,65} J^{0,54} \quad (\text{sistema métrico})$$

Es una fórmula muy usada en Europa para tubos de Asbesto-Cemento, habiendo sido también la usada por el Ingeniero Walter Lange en su tesis.

El valor de "C," aplicado en Europa es

$$C, = 134$$

El valor deducido por el Ing. Walter Lange es

$$C, = 140$$

9. - FORMULA DE SCIMEMI:

El profesor Scimemi ha hecho un cuidadoso estudio sobre las tuberías de Asbesto-Cemento, tanto nuevas como usadas, pues realizó pruebas sobre tubos con más de 20 años de uso y pudo llegar a su fórmula final para éstos, siendo:

$$V = 158 R^{0,68} J^{0,56} \quad (\text{sistema métrico})$$

o también

$$Q = 48.3 d^{2,68} J^{0,56}$$

Los límites para los cuales ésta fórmula es válida, como ya lo explicara anteriormente, están para diámetros de 5 a 40 cm. y velocidades de 0.50 a 2.00 m/seg.

Entre las fórmulas más modernas el valor del coeficiente λ depende del número de Reynolds y de la rugosidad relativa k/d , siendo "k" la altura media de las rugosidades de la superficie interna de la tubería (altura equivalente en granos uniformes)

El número de Reynolds es:

$$N_r = \frac{dV}{\gamma}$$

siendo: γ = viscosidad cinemática.

Muchos investigadores clasifican las tuberías en tres grupos:

- a) Tuberías lisas $\lambda = f(N_r)$
- b) Tuberías rugosas $\lambda = f(k/d)$
- c) Tuberías semirugosas $\lambda = f(N_r, k/d)$

Para las tuberías hidráulicamente lisas y con corriente turbulenta, tenemos de Prandtl y Von Karman el siguiente valor para coeficiente de fricción λ :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \frac{2.51}{N_r \sqrt{\lambda}}$$

Para las tuberías hidráulicamente rugosas Nikuradse da el siguiente valor del coeficiente de fricción

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \frac{k}{3.7 d}$$

Y para tuberías hidráulicamente semirrugasas Colebrook nos da:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \frac{k}{3.7 d} + \frac{2.51}{N_r \sqrt{\lambda}}$$

Después de la exposición de las fórmulas más usadas tanto en Guatemala como en Europa y también de las deducidas, después de muchos ensayos, para las tuberías de Asbesto-Cemento, como son las de Scimemi y Ludin, considero de mucha utilidad dar los valores de los equivalentes de los coeficientes de las distintas fórmulas en función de la de HAZEN - WILLIAMS, por ser ésta la más usada en nuestro medio, para tener así una idea general de dichas fórmulas.

HAZEN WILLIAMS		DARCY		BAZIN		MANNING		LUDIN	SCI- MEMI	Valor propuesto por:
C	C ₁ =	n	C =	n	C =	n ₁	C =	C	C	
	0.85 C		$\frac{2.546}{\sqrt{n}}$		$\frac{87\sqrt{R}}{n + \sqrt{R}}$		$\frac{1}{n_1}$			
140	119	0.0018	60	0.07	60	0.009	111	128	159	A I D I S de Centroamerica
149	126	0.0016	63.65							Ingeniero A. Margaritella
147	125			0.06	63					ETERNIT Bélgica
140	119					0.009	111			URALITA España
146	124							134		LUDIN
153	130							140		Tesis Ing. W. Lange. Guate.
139	116								158	SCIMEMI

Los equivalentes del coeficiente "C" en las fórmulas de Darcy, Bazin, Manning, Ludin y Scimemi, están deducidos en base al valor promedio de "R" y "J", así: Para el radio hidráulico "R", con el diámetro de 10.16 cm., y para "J" con un valor de 0.005 metros por metro lineal de tubo. La variación que se tendría de los equivalentes para "C", si tomamos el diámetro que es de 5.08 cm. y la pendiente mínima de 0.00001 m/ml., o el diámetro máximo de 30.48 cm. y una pendiente de 1 m/m.1., es de + 2 o - 2% respectivamente para la fórmula de Ludin, variando dichos porcentajes hasta +10 ó - 15% respectivamente para las otras fórmulas.

De los equivalentes expuestos en la tabla ante

rior se podrá notar que todos los valores del coeficiente "C" son más o menos iguales, por lo que se puede deducir la veracidad de dichas fórmulas.

Según las normas acordadas para el diseño de sistemas de abastecimientos de agua potable "AIDIS", de Noviembre de 1961, da como coeficiente de fricción para las conducciones forzadas el siguiente valor para tuberías de Asbesto-Cemento:

C = 140 para fórmula de HAZEN-WILLIAMS

ó sus equivalentes en otras fórmulas.

Para facilitar el cálculo de tubería de Asbesto-Cemento se encuentran en el apéndice tablas y nomogramas para las fórmulas de HAZEN-WILLIAMS, LUDIN, así como también el diagrama universal de rozamiento en tubos, basado en las fórmulas de PRANDTL, VON KARMAN, NIKURADSE y COLEBROOK.

10. - GOLPE DE ARIETE:

Cuando hay un cierre brusco en tubería de presión, la energía cinética de la masa de agua contenida en la tubería se transformará, al quedar anulada, en trabajos elásticos y energía ondulatoria y térmica, que serán equivalentes a la semifuerza viva desaparecida; por lo tanto se originará en la conducción un golpe de ariete, que dará origen a una serie de sobrepresiones y depresiones desde el cierre hasta el principio de la tubería.

Esta sobrepresión va amortiguándose hasta quedar anulada, por consecuencia de rozamiento, tor

bellinos y cambios de dirección de los filetes líquidos.

a) Golpe de Ariete positivo:

Es el originado por un cierre en la salida de la tubería, éste provoca una sobrepresión en principio, con relación a la carga estática y luego una depresión máxima, las cuales van disminuyendo progresivamente.

b) Golpe de Ariete negativo:

Es el originado por un aumento rápido en la salida de la tubería, éste provoca una depresión con relación a la carga estática, y luego una sobrepresión máxima, las cuales también van disminuyendo progresivamente.

Por consecuencia, toda tubería de presión deberá estar calculada para que resista las sobrecargas provocadas por los golpes de ariete.

Como es conveniente en toda tubería de presión disminuir lo más que se pueda el golpe de ariete, como también es necesario que se pueda efectuar un cierre rápido en la tubería, por lo tanto, se tendrá que dotar a ésta de dispositivos de seguridad, tales como: chimeneas de equilibrio, colchones de aire, válvulas de seguridad, etc.

CALCULO DEL GOLPE DE ARIETE:

Para el cálculo del golpe de ariete se consideran la compresibilidad del agua y la elasticidad de las tuberías, también se considera en cada caso, la tubería de características únicas o sea, que el espesor,

diámetro y material de ésta, son invariables en toda su longitud; si a lo largo de la línea el espesor "e" y el diámetro "d" varían, se adoptarán para el cálculo aproximado, valores promedios, aunque existen métodos gráficos que toman en consideración estas variaciones.

La velocidad de propagación de la onda de presión, llamada también celeridad, depende la naturaleza del agua y de la naturaleza del tubo, la cuales iguala:

$$w = \sqrt{\frac{g}{\gamma \left[\frac{1}{E_w} + \frac{d}{E_r e} \right]}}$$

siendo: w = celeridad del agua (m/seg.)

γ = peso específico del agua (1000 kg/m³.)

E_w = módulo de Elasticidad del agua (207 x 10⁶ Kg/m².)

E_r = módulo de Elasticidad de la tubería (Kg/m².)

e = espesor de la tubería

d = diámetro interior de la tubería

g = aceleración de la gravedad (9.81 m/seg².)

Si hacemos:

$$k = \frac{10^{10}}{E_r}$$

y sustituimos valores conocidos, tenemos:

$$w = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \frac{d}{e}}} \quad (\text{m/seg.})$$

El coeficiente "k" tiene los siguientes valores:

para acero k = 0.5
para hierro fundido k = 1.0
para plomo, hormigón y asbesto-cemento.. k = 5.0
para madera k = 10.0

El tiempo que necesita la onda de presión para la ida y vuelta en la tubería, se denomina período y es:

$$t = \frac{2L}{w}$$

siendo: t = período

L = longitud total de la tubería, desde su origen hasta el cierre.

Para el cálculo del golpe de ariete en una tubería, hay que tener en cuenta el tiempo empleado en cerrar la válvula.

a) CIERRE BRUSCO:

condición

$$T \leq \frac{2L}{w}$$



presión Máxima en el punto de cierre:

$$h + h' = h + \frac{wV}{g}$$

siendo: T = tiempo de cierre de la válvula

V = velocidad media del agua en la tubería antes de empezar el cierre.

b) CIERRE LENTO:

$$T > \frac{2L}{w}$$

presión máxima en el punto de cierre:

$$h + h' = \frac{2L}{T} \cdot \frac{V}{g} + h$$

Esta fórmula se cumple cuando la disminución de la velocidad "V" del agua es constante durante todo el tiempo "T" de cierre de la válvula. En este caso, generalmente la velocidad de cierre de la válvula no tendrá que ser constante, siendo más rápida al inicio y más lenta al final.

c) APERTURA RAPIDA:

$$T \leq \frac{2L}{w}$$

presión mínima en la válvula:

$$h - h'' = h - \sqrt{n (2h + n) + n}$$

siendo:

$$n = \frac{w^2 V^2}{2g^2 h}$$

d) APERTURA LENTA:

$$T > \frac{2 L}{w}$$

presión mínima en la válvula

$$h - h'' = h - \sqrt{m (2h + m) + m}$$

siendo:

$$m = \frac{2V^2 L^2}{g^2 T^2 h}$$

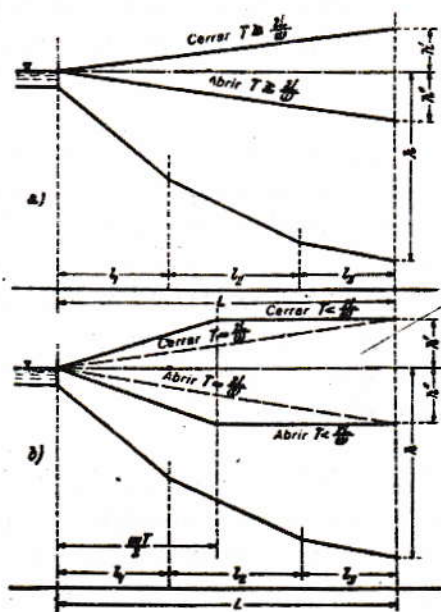


FIGURA DE LAS LINEAS DE CARGA

- a) para disminución rápida del caudal
- b) para aumento rápido del caudal.

El golpe de ariete puede llegar también a producir presiones negativas en el interior de las tuberías de conducción, dependiendo ésto del perfil del terreno - donde esté instalada.

Con respecto a la resistencia de la tubería de presión de Asbesto - Cemento a los golpes de ariete, es-

tá en condiciones favorables para resistirlos; debido a su característica del alto límite de elasticidad, es te permite absorber altos esfuerzos dinámicos sin llegar a dañar la tubería; por no tener deformaciones permanentes que la debilitarían al repetirse dichas cargas.

Estudios comparativos hechos con dos clases de tuberías en igualdad de condiciones, una de Asbesto-Cemento y la otra de Hierro Fundido, en los laboratorios de Ingenieros Constructores de Hannover por el Ing. Gaede, habiendo registrado la tubería de Asbesto-Cemento cargas por golpe de ariete 25% más bajas que las producidas en las de hierro fundido, debi do ésto a su elasticidad.

Con respecto a las presiones negativas, las tu berías de Asbesto-Cemento, no presentan ningún peligro, pues su resistencia al aplastamiento es muy elevada, como se puede observar en los ensayos de rotura por aplastamiento indicados en el capítulo siguiente.

CAPITULO IV

PRUEBAS MECANICAS E HIDROSTATICAS DE LA TUBERIA DE ASBESTO - CEMENTO

El objeto del presente capítulo está en la determinación de la resistencia de la tubería de presión de Asbesto-Cemento fabricada en Guatemala.

Las pruebas a que he sometido esta tubería son:

Pruebas de presión interna hidrostática, de hermeticidad y rotura.

Prueba de flexión.

Prueba de aplastamiento.

Las pruebas efectuadas para los ensayos de presión hidrostática fueron efectuadas en la fábrica de los tubos de Asbesto-Cemento, "Productos Duralita S.A.", habiendo sido patrocinada por la misma empresa y en presencia del asesor de esta tesis.

Las pruebas mecánicas de flexión y aplastamiento fueron efectuadas en los Laboratorios de la Facultad de Ingeniería por el personal de dichos laboratorios.

Para dar una amplia referencia sobre éstas pruebas he tabulado con cada una de ellas las cargas o esfuerzos mínimos propuestos por las principales normas tanto americanas como europeas.

Entre las normas americanas tenemos: las del ICAITI (Instituto Centroamericano de Investigación y

Tecnología Industrial), las de la ASTM (American Society for Testing and Materials).

Entre las normas europeas, las normas ISO (Organización Internacional de Normalización).

Se tomarán estas tres normas para comparación, debido a que, para tuberías de Asbesto-Cemento, las normas norteamericanas dan los mismos límites entre éstas, siendo estas la AWWA, la ASTM y la SSP, lo mismo sucede entre las normas europeas como son las DIN la BSS y la internacional ISO.

La Metodología empleada para los ensayos fué:

Para Hermeticidad, según normas ISO

Para rotura por presión Hidrostática según normas ISO.

Para las pruebas mecánicas de rotura por flexión y aplastamiento, se realizaron según las normas ASTM.

Las probetas usadas, han sido cuatro tubos de cada uno de los diámetros fabricados en Guatemala, - siendo éstos de 50.7; 63.5; 76.2; 101.6; 127.0; 152.2; 203.2; 254.0; y 305 milímetros (2, 2½, 3, 4, 5, 6, 8, 10 y 12 pulgadas).

Los tubos ensayados han sido todos de la clase 150, los cuales están fabricados para una presión de trabajo de 10.5 kg/cm² (150 lbs/pul.²)

1o.) ENSAYO DE HERMETICIDAD:

Este ensayo consiste en probar todos y cada uno

de los tubos fabricados, después de su período mínimo de fraguado (28 días) a una presión hidrostática interna determinada, durante un cierto tiempo, según las normas que se sigan. Durante esta prueba el tubo deberá permanecer sin exudaciones y no deberá haber pérdida de presión.

Los tubos fabricados en Guatemala son probados a una presión del doble de la de trabajo, o sea que tienen que soportar una presión de 21 kg/cm^2 (300 libras por pulgada cuadrada), durante 30 segundos, según normas ISO e ICAITI.

A este ensayo fueron sometidas todas las probetas, no habiéndose presentado ninguna pérdida de presión ni tampoco ninguna exudación.

2o.) ENSAYO DE ROTURA POR PRESIONES HIDROSTATICAS:

Para este ensayo se procedió en primer lugar a tener inmersas en agua durante 48 horas las probetas que se usarían cada día para saturar así los tubos tal como trabajan en la realidad, éstas son colocadas en una máquina que sella las bocas del tubo y permiten la entrada de agua por un extremo, al mismo tiempo que se va desalojando el aire del interior del tubo. Ya que se ha llenado de agua se cierran las llaves del aire y se procede a elevar la presión hasta romper el tubo a una velocidad de $2 \text{ kg/cm}^2 / \text{segundo}$.

TABLA 1

Probeta No.	Diam. cm.	Longitud cm.	Presión Rotura Kg/cm ²	Ultimo esfuerzo Kg/cm ²	Presión mínima de rotura		
					ICAIFI	ASTM	ISO
1	5.07	100	56.3*	156.9	42.2	--	42.2
2	5.07	100	56.3*	158.8	42.2	--	42.2
3	5.07	100	56.3*	153.6	42.2	--	42.2
4	5.07	100	56.3*	151.9	42.2	--	42.2
1	6.35	100	52.1	165.7	42.2	--	42.2
2	6.35	100	49.2	159.3	42.2	--	42.2
3	6.35	100	56.3	182.4	42.2	--	42.2
4	6.35	100	45.7	146.8	42.2	--	42.2
1	7.62	100	52.8	176.6	42.2	--	42.2
2	7.62	100	42.2	143.8	42.2	--	42.2
3	7.62	100	50.0	168.5	42.2	--	42.2
4	7.62	100	49.2	164.5	42.2	--	42.2
1	10.16	200	50.0	185.2	42.2	42.2	42.2
2	10.16	200	49.2	184.9	42.2	42.2	42.2
3	10.16	200	56.3	203.4	42.2	42.2	42.2
4	10.16	200	50.7	189.3	42.2	42.2	42.2
1	12.70	200	38.0	144.5	36.9	--	36.9
2	12.70	200	35.2	131.6	36.9	--	36.9
3	12.70	200	46.4	173.2	36.9	--	36.9
4	12.70	200	43.6	163.0	36.9	--	36.9
1	15.22	200	47.8	190.2	36.9	42.2	36.9
2	15.22	200	40.8	163.4	36.9	42.2	36.9
3	15.22	200	39.4	156.2	36.9	42.2	36.9
4	15.22	200	37.3	149.4	36.9	42.2	36.9
1	20.32	200	45.7	204.7	36.9	42.2	36.9
2	20.32	200	45.0	199.7	36.9	42.2	36.9
3	20.32	200	47.8	209.2	36.9	42.2	36.9
4	20.32	200	42.2	183.1	36.9	42.2	36.9
1	25.4	400	48.5	222.9	31.7	42.2	31.7
2	25.4	400	50.7	235.3	31.7	42.2	31.7
3	25.4	400	55.6	251.5	31.7	42.2	31.7
4	25.4	400	33.1	148.6	31.7	42.2	31.7
1	30.5	400	49.2	250.0	31.7	42.2	31.7
2	30.5	400	42.9	210.7	31.7	42.2	31.7
3	30.5	400	29.5	145.0	31.7	42.2	31.7
4	30.5	400	47.8	239.0	31.7	42.2	31.7

* máxima presión lograda por la máquina sin romper el tubo durante 5 minutos.

Como podrá observarse un tubo de 12.70 cm. y uno de 30.5 cm. están abajo de la presión mínima de rotura según las normas ICAITI y las ISO.

La fórmula para el cálculo del último esfuerzo es:

$$S_t = \frac{pd}{2e}$$

siento S_t = esfuerzo transversal por presión hidros-tática.

p = presión de rotura

e = espesor del tubo

3o.) ENSAYO DE ROTURA POR FLEXION:

Este ensayo se efectuó con probetas de 3 mts. de longitud total; cada probeta fué apoyada en dos bases de madera con una luz libre de 2.70 mts. la carga fué aplicada a los tercios medios de la luz, usándose también piezas de madera para dar apoyos más o menos blandos. La carga fué aplicada a una velocidad uniforme hasta romper el tubo.

Todas las probetas fueron inmergidas en agua durante 48 horas antes de la prueba.

GRAFICA DEL ENSAYO

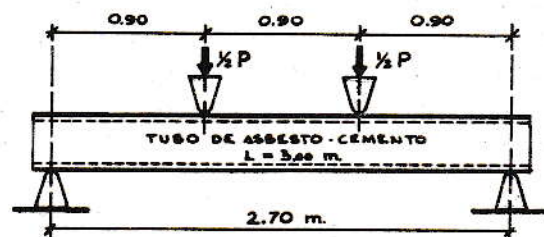


TABLA 2

Probeta	Diam.	Longitud	Carga de	esfuerzo	Carga mínima de rotura		
No.	cm.	cm.	rotura	rotura	en Kg.		
			Kg.	Kg/cm ²	ICAITI	ASTM	ISO
1	5.07	270	131	264.0	115	--	124
2	5.07	270	141	284.1	115	--	124
3	5.07	270	147	295.7	115	--	124
4	5.07	270	135	271.8	115	--	124
1	6.35	270	181	216.9	160	--	200
2	6.35	270	218	262.0	160	--	200
3	6.35	270	169	203.4	160	--	200
4	6.35	270	201	240.9	160	--	200
1	7.62	270	366	275.8	240	--	330
2	7.62	270	310	226.0	240	--	330
3	7.62	270	180	137.0	240	--	330
4	7.62	270	241	176.3	240	--	330
1	10.16	270	740	259.5	485	664	676
2	10.16	270	680	235.9	485	664	676
3	10.16	270	680	235.9	485	664	676
4	10.16	270	490	170.0	485	664	676
1	12.70	270	1020	185.7	800	--	1300
2	12.70	270	1180	210.4	800	--	1300
3	12.70	270	1030	185.0	800	--	1300
4	12.70	270	1480	264.5	800	--	1300
1	15.22	270	1420	157.9	1365	1680	2080
2	15.22	270	1690	193.0	1365	1680	2080
3	15.22	270	1520	168.9	1365	1680	2080
4	15.22	270	1710	193.3	1365	1680	2080
1	20.32	270	2700	145.1	3280	3450	4470
2	20.32	270	3550	187.0	3280	3450	4470
3	20.32	270	4000	210.8	3280	3450	4470
4	20.32	270	3660	191.1	3280	3450	4470

Las normas ISO dan como valores mínimos para este ensayo solamente un esfuerzo de 250 kg/cm², para cada uno de los diámetros, por lo tanto, los valores indicados en la tabla 2, para carga mínima de rotura de estas normas han sido deducidas de la fórmula en base a un valor promedio del espesor para cada uno de los diámetros.

La fórmula para el cálculo del último esfuerzo por flexión es:

$$S_f = 1.698 \frac{Pl (d + 2e)}{(d + 2e)^4 - d^4}$$

Siendo S_f = Esfuerzo por flexión

P = Carga total.

l = Distancia entre apoyos

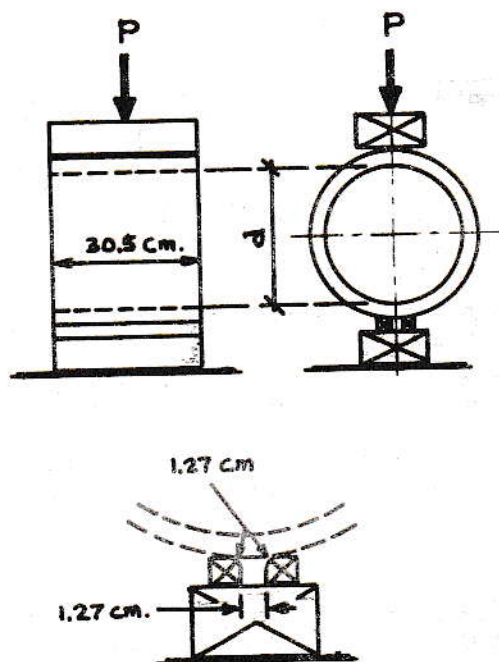
4o. -) ENSAYO DE ROTURA POR APLASTAMIENTO:

Para este ensayo se utilizaron 4 tubos de cada uno de los diámetros fabricados en Guatemala, con una longitud total de 30 cm. cada probeta.

Para la prueba se usó un apoyo corrido con dos tiras de madera dura sujetas rigidamente al apoyo, colocadas paralelas y simétricamente en relación con el eje de la probeta, teniendo las tiras sus aristas superiores interiores redondeadas, con un radio de 12.5 mm. La longitud del apoyo fue también de 30 cm., con una separación interior entre tiras de 12.5 mm.

La carga se aplicó sobre un bloque de madera del largo de la probeta, con una sección de 101.6 de ancho y una altura de 50.8 mm. Este bloque se coloca sobre la probeta longitudinalmente de modo que la carga se aplique vertical y uniformemente a todo lo largo.

GRAFICA DEL ENSAYO



Cada una de las probetas fueron inmergidas en agua, antes de efectuar el ensayo, durante 48 horas.

Las cargas indicadas para las normas ISO en la tabla 3 fueron deducidas del esfuerzo mínimo que indican éstas, el cual es de 450 kg/cm^2 , para cada uno de los diámetros del tubo de presión y tomando los espesores promedios de éstos.

Resultados de los ensayos:

TABLA 3

Probeta	Diam.	Longitud	Carga de	Esfuerzo	Carga de	Carga mínima de rotura		
No.	cm.	cm.	rotura Kg.	rotura Kg/cm ²	rotura Kg/m.l.	IGAATI	ASTM	ISO
						Kg/m.l.		
1	5.07	30.11	4060	950	13500	6600	- -	6400
2	5.07	30.31	3700	826	12210	6600	- -	6400
3	5.07	30.10	4220	912	14020	6600	- -	6400
4	5.07	30.23	4240	910	14000	6600	- -	6400
1	6.35	30.17	1870	452	6200	5650	- -	5830
2	6.35	30.19	1920	464	6365	5650	- -	5830
3	6.35	30.20	1870	435	6190	5650	- -	5830
4	6.35	30.23	1800	426	5956	5650	- -	5830
1	7.62	29.91	1890	422	6320	4650	- -	6540
2	7.62	29.79	1920	442	6445	4650	- -	6540
3	7.62	29.80	1890	408	6340	4650	- -	6540
4	7.62	29.94	1910	417	6390	4650	- -	6540
1	10.19	29.74	2740	556	9220	4650	8040	6950
2	10.19	30.36	2690	519	8870	4650	8040	6950
3	10.19	30.03	2700	535	8990	4650	8040	6950
4	10.19	29.84	2710	532	9080	4650	8040	6950
1	12.70	30.39	2160	346	7110	4400	- -	8430
2	12.70	30.35	2120	329	6990	4400	- -	8430
3	12.70	30.46	2340	366	7690	4400	- -	8430
4	12.70	30.28	2260	355	7460	4400	- -	8430
1	15.22	30.43	1750	253	5750	5200	8040	8970
2	15.22	30.21	1720	266	5690	5200	8040	8970
3	15.22	30.31	1720	249	5680	5200	8040	8970
4	15.22	30.48	1740	258	5705	5200	8040	8970
1	20.32	30.02	3460	483	11510	7050	8190	10140
2	20.32	29.92	2980	400	9970	7050	8190	10140
3	20.32	29.89	2960	398	9900	7050	8190	10140
4	20.32	30.03	3000	392	10000	7050	8190	10140
1	25.40	30.29	2910	338	9600	6450	10420	11390
2	25.40	30.40	4900	581	16120	6450	10420	11390
3	25.40	30.51	4300	481	14100	6450	10420	11390
4	25.40	30.46	4750	489	15590	6450	10420	11390
1	30.50	30.47	3730	496	12250	7850	11320	11900
2	30.50	30.57	4500	480	14720	7850	11320	11900
3	30.50	30.38	4400	481	14480	7850	11320	11900
4	30.50	30.30	3820	434	12600	7850	11320	11900

La fórmula para el cálculo del esfuerzo por aplastamiento es:

$$S_a = 0.955 \frac{p (d + e)}{le^2}$$

CAPITULO V

CONSIDERACIONES SOBRE EL EFECTO DE MOVIMIENTOS SISMICOS EN CONDUCCIONES DE ASBESTO - CEMENTO.

Las conducciones de agua en tuberías enterradas, están expuestas a daños por movimientos sísmicos; con respecto a las tuberías de Asbesto-Cemento debido a su acoplamiento flexible, sea con uniones Triplex o con Gibault, absorben gran parte de los esfuerzos reduciéndose su sección rígida solamente a la longitud del tubo. También es factor importante el colchón de arena que debe colocarse en toda instalación de tuberías de Asbesto-Cemento, éste amortigua cualquier movimiento terrestre, reduciendo considerablemente los esfuerzos en cada tubo.

Los esfuerzos a que estaría expuesta la tubería, por movimientos sísmicos, son de flexión y según se puede comprobar del capítulo anterior, en el ensayo de rotura por flexión, las tuberías de diámetros pequeños, de 2, $2\frac{1}{2}$ y 3 pulgadas, serían las más afectadas por temblores, por tener poca resistencia para dichas cargas. Las tuberías de diámetros mayores son muy resistentes a cargas de flexión, por lo que están menos afectadas a los movimientos sísmicos.

Las tuberías con uniones rígidas no están en condiciones favorables para efectos de movimientos sísmicos, pues toda la carga tiene que ser absorbida por dicha tubería.

Todo esto se ha podido comprobar en la práctica en países donde han ocurrido terremotos, habiendo grandes instalaciones con tuberías de Asbesto-Cemento y después de los siniestros, éstas siguieron intactas.

tas y trabajando normalmente, tal como sucedió en California, con la red de tubería en la Base Naval, después del terremoto de Inyokern. La tubería de Asbesto-cemento, "Transite" (marca registrada de Johns Manville), instalación consistente en más o menos 300,000 pies (91500 mts.) de tubería y cubre la mayor parte del sistema de abastecimiento de agua potable para la estación de pruebas de la Marina, ubicada en ese lugar. Se hizo inspección de todo el terreno donde estaba la tubería, no habiendo evidencia de ninguna fuga, así como también se comprobaron las presiones y se midieron los niveles de agua, los que estaban normales, comprobándose con ésto que toda la tubería permanecía intacta.

También se tiene informes de los efectos por terremotos, en las instalaciones de tuberías de Asbesto-Cemento en Santiago de Chile, los cuales coinciden con el de la Base Naval de Inyokern.

Considero, por lo antes expuesto, que las tuberías de Asbesto-Cemento, principalmente las de 4 pulgadas o más, están en perfectas condiciones para soportar movimientos sísmicos, siempre que su instalación sea efectuada en la forma correcta, según se indica en el capítulo VII

CAPITULO VI

CORROSION Y TUBERCULACION EN LAS TUBERIAS DE ASBESTO - CEMENTO

Las tuberías que se usan para la conducción de agua, están expuestas en mayor o menor grado a ser atacadas por la corrosión o la tuberculación; la primera destruye el material, la segunda congestiona el interior del tubo con incrustaciones, reduciendo así su capacidad de flujo.

I CORROSION:

Corrosión es definida generalmente como un lento o rápido desgaste de los metales, causado por varios factores.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CORROSION:

1o.) Factores Biológicos:

a) Corrosión Bacterial: Las bacterias terrestres pueden, y bastante a menudo, ser consecuencia de la corrosión de los metales. Entre las principales están las Bacterias del hierro y la Bacteria reductora del sulfato.

Bacteria del hierro: Estas Bacterias utilizan el hierro inorgánico para satisfacer sus requerimientos alimenticios. La Bacteria del hierro más común es la *Crenothrix Polyspore*, ésta acelera la reacción química en el hierro, actuando como catalizador, pues utiliza la energía producida cuando el hidróxido ferroso es oxidado y cambiado a hidróxido férrico.

Bacteria reductora del sulfato: La Bacteria

reductora del sulfato spirillum actúa en los iones del sulfato y los iones del hidrógeno presentes en el agua reduciendo los sulfatos a sulfuros de hidrógeno y agua. Este utiliza la energía generada por la reacción en su proceso metabólico. El sulfato de hidrógeno reacciona con el hierro para formar sulfuro férrico.

2o.) Factores Químicos:

a) Sales minerales: Las sales minerales disueltas en el agua, se sedimentarán bajo ciertas condiciones, cuando la concentración está arriba de los valores de saturación, formando así tuberculaciones o cuando menos una película en el rededor del tubo. Si estas sales son sulfatos o cloratos solubles provocarán corrosión en las tuberías de metal.

b) Oxígeno disuelto: El oxígeno disuelto en el agua, remueve el hidrógeno acumulado de las superficies del metal en contacto con el agua, permitiendo entonces, al oxígeno combinarse con el metal para formar óxidos, empezando así la corrosión.

c) Concentración del ION hidrógeno pH: El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de un líquido.

La corrosión es más rápida con líquidos ácidos, o sea con un pH bajo y más lenta con líquidos con pH alto.

Acidos: Son líquidos con un pH menor de 7; éstos causan corrosión en tuberías de hierro y son los ácidos los únicos que causan corrosión en las tuberías de Asbesto-Cemento, debido a que el cemento está expuesto a ser atacado por la acidez fuerte de las aguas; pero casi nunca llega a debilitar la tubería, pues esta reacción química tiene un límite aunque siga siendo ácida

el agua, debido a que por el desgaste original del cemento se forma una película de asbesto protectora de la continuación de la corrosión, ya que el asbesto no es atacado por los ácidos.

En una instalación con tubería de Asbesto-Cemento, en Alemania que conducía agua con un promedio de 55 mg/lit. de ácido carbónico (CO_2), fué descubierta después de 15 años y se comprobó que el máximo desgaste por corrosión era de 3 milímetros.

Con respecto a las tierras ácidas las cuales podrían atacar la superficie exterior de una tubería de Asbesto-Cemento, tenemos los suelos montañosos de tipo cristalino, los cuales si contienen agua es del tipo ácido, por no tener la suficiente cal para neutralizarla.

Alcalinos: Son líquidos con un pH mayor de 7, éstas aguas hacen que se forme una capa de óxido muy adherente en los tubos de metal, también provoca incrustaciones en las superficies interiores de las tuberías, por precipitación de bicarbonatos de calcio, etc.

3o.) FACTORES ELECTROQUIMICOS:

Las reacciones electroquímicas ocurren cuando en un metal se están verificando al mismo tiempo cambios químicos y de energía eléctrica; sucede cuando hay una diferencia de potencial entre dos puntos del metal. El potencial puede ser establecido por dos metales distintos, por una diferencia de temperatura, por la cantidad de oxígeno o por la concentración de electrolitos entre dos puntos de contacto del metal, el ánodo es el punto donde la corriente fluye del metal al electrolito, es aquí donde la corrosión ocurre. El cátodo que generalmente no es atacado, es el punto de la

corriente que fluye del electrolito al metal, aquí se forma acumulación o incrustaciones.

Entre las formas de corrosión electroquímicas tenemos:

a) Acción Galvánica: Cuando dos metales que no son similares están en contacto, o son puestos en contacto por un electrolito (en este caso el agua) una corriente eléctrica se forma, ésta corriente provoca un desprendimiento de iones positivos del ánodo hacia el cátodo, provocando en el primero corrosión y en el segundo incrustaciones, esto puede ocurrir tanto por el agua que corre en el interior de la tubería como también por el agua exterior que contienen los suelos.

Esto sucede también con dos tuberías de metal distintas colocadas a la par o que se crucen a cierta distancia, también con una tubería de metal y otras estructuras de metal, como torres, cables, rieles, etc.

b) Electrólisis: En el caso de la acción galvánica, no es necesario el paso de una corriente directa para que se efectúe la corrosión en los metales, pero si existen corrientes directas vagabundas, que proceden de fuentes de energía externa, éstas provocan también la corrosión en los metales, habiendo desprendimiento de iones positivos del ánodo, con una intensidad proporcional a la corriente que los atraviesa, y estos iones se depositan en el cátodo provocando también incrustaciones.

La tubería de Asbesto-Cemento es obvio que no es atacada por las reacciones electroquímicas en lo absoluto; pero los accesorios

de hierro que se usan sí están expuestos a estas reacciones tales como las coplas Gibault, las válvulas, los codos, cruces y tees.

Las coplas de metal son poco usadas, pues se disponen de las coplas Triplex, que son de Asbesto-Cemento, con esto se reduce a puntos aislados los accesorios de hierro y éstos pueden ser recubiertos con pinturas anticorrosivas para aumentar su vida útil, también se debe considerar que la corrosión a que están expuestos es generalmente en el exterior, pues interiormente el área que está expuesta al agua es de una sola clase de metal, por lo que no puede haber acción galvánica y por lo tanto la destrucción del metal es más lenta.

Hay países donde los reductores, tees, cruces y codos son fabricados de Asbesto-Cemento, reduciéndose así a hierro solamente las válvulas.

4o.) Factores Físicos y Mecánicos:

Entre los factores físicos y mecánicos que influyen en el desgaste de las tuberías, tenemos:

a) Erosión: Es el desgaste del material por la acción mecánica y lo provoca el arrastre de las arenas por el agua. Las tuberías de metal son más resistentes a esta acción abrasiva que las tuberías de Asbesto-Cemento, pero tienen la desventaja de que al empezar la erosión acelera la corrosión del metal pues los productos de corrosión son más fácilmente erosionados que el metal en sí, eliminando la película de óxido protectora de la tubería.

Para las aguas que no están bien desarenadas, no es recomendable el uso de la tubería de As

besto-Cemento.

b) Cavitación: Cuando en un líquido se aumenta la velocidad hasta cierto grado que la presión alcanza un valor menor a la tensión del vapor en cualquier punto del campo de movimiento, dará por resultado una discontinuidad de la corriente, debida a la formación y desaparición rápidas de cavidades de vapor en el seno del líquido, éstas burbujas de aire o vapor cuando se rompen causan picaduras en la superficie del material, provocando así una corrosión.

También ocurre ~~el~~ cavitación en puntos de muy baja presión, donde el agua empieza a evaporarse a la temperatura ambiente, formando también cavidades o burbujas de vapor, que son arrastradas por el líquido hacia puntos de alta presión, es aquí donde las burbujas desaparecen al retornar a líquido, dejando por lo tanto un vacío por la disminución de volumen y dando lugar a la formación de innumerables golpes de ariete que repercuten en las paredes de la tubería, afectando su estructura intermolecular y causando picaduras en su superficie; éstas secciones quedan con porosidades, las cuales debilitan la tubería. Esto debe evitarse al diseñar las tuberías, eliminando los puntos de muy baja presión, pues todos los materiales están expuestos a esta acción mecánica.

c) Porosidad del metal: Cuando las superficies interiores de una tubería no son perfectamente lisas y hay peligro de que queden cavidades o porosidades tal como en las tuberías de fundición, no solamente debilitan la estructura sino permiten una penetración más rápida de los líquidos corrosivos.

Este fenómeno está descartado en las tuberías de Asbesto-Cemento, pues su característica principal

es su lisura interior tanto nuevos como usados.

Como podrá observarse en una situación dada, pueden haber una o varias causas de corrosión para los metales, más ésto no sucede en la tubería de Asbesto-Cemento, porque sus causas están bien definidas y por lo tanto si se hace un buen diseño y se controla lo que provoca la corrosión, se podrá tener una instalación sin problemas de mantenimiento por muchísimos años, tal como se ha podido comprobar al analizar tuberías con más de 30 años de uso en países europeos, que después de levantadas se encuentran en idénticas o mejores condiciones de servicio, que cuando fueron instaladas.

II TUBERCULACION:

Se refiere a materias incrustadas en el interior de la tubería, formadas por la precipitación de minerales disueltos en el agua natural, reduciendo de esta manera el diámetro del tubo.

Tipos de tuberculación incluyen minerales puros, tales como el carbonato de calcio, sulfato de calcio, mezclas de tubérculos y productos corrosivos en combinación con minerales ligados, tal como la sílice. Bacterias y algas ayudan a la formación de incrustaciones, formando crecimientos en tubos y por consiguiente reducción en la sección de éste.

Algunas sustancias, tales como la sílice, producen un fuerte tipo de incrustaciones duras, otras producen un lodo relativamente flojo.

MATERIALES QUE INFLUYEN EN LA TUBERCULACION.

1o.) Carbonato de calcio:

El carbonato de calcio es el principal material que precipita y forma la tuberculación. El carbonato que es prácticamente insoluble al precipitar, se deposita formando incrustaciones en las paredes del tubo.

2o.-) Sulfato de Calcio:

Esta es una sal más soluble que el carbonato de calcio, pero su solubilidad disminuye al aumentar la temperatura del agua, precipitándose en las superficies de la tubería y formándose una incrustación dura.

3o.-) Magnesio y Sílice:

La sílice contenida en el agua es usualmente un factor menor en la formación de incrustaciones, excepto cuando cantidades muy altas son presentadas, o cuando el contenido del magnesio y valores del pH son altos, entonces sí hay formación de incrustaciones.

Cuando las aguas que contienen magnesio y sílice, son sometidas al calor, se forma una tuberculación de hidróxido de magnesio y sílice, reduciendo ésto la eficiencia de la transferencia de calor en los elementos de calentamiento.

Los factores importantes en la formación de incrustaciones por el magnesio y la sílice son: el período de retención del agua, la medida de calor interpuesta, la temperatura y el valor del pH.

4o.-) Hierro:

Otro tipo de incrustaciones es producida por aguas que contienen hierro, principalmente aguas de

pozos muy profundos. Cuando estas aguas que contienen hierro no están expuestas al aire, son incoloras, pero a la exposición del aire por oxígeno, se forma una suspensión lechosa y después un precipitado de color ladrillo (Hidróxido Férrico). Cuando las aguas contienen más de una parte por millón (1 ppm) de hierro, éste precipitará formando incrustaciones.

La tuberculación en las tuberías con superficies interiores muy lisas y que no están expuestas a la corrosión, es menos probable que suceda, debido a que por la velocidad del agua es arrastrado todo precipitado químico sin dificultad, cosa que no sucede cuando las paredes interiores no son lisas y principalmente si ya hay tubérculos por causas de oxidación donde se pueden adherir fácilmente los precipitados.

Donde la velocidad del agua es reducida y si hay períodos largos que no hay flujo, con aguas muy duras, considero que cualquier clase de tubería está expuesta a la formación de tubérculos por causa de precipitados, vale la pena mencionar que hasta la fecha, en Guatemala, no se ha visto ningún caso de tuberculación en tuberías de Asbesto-Cemento, aunque si bien es cierto las tuberías más viejas no pasan de 20 años de haber sido instaladas.

... ..
... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..
... ..
... ..
... ..

CAPITULO VII

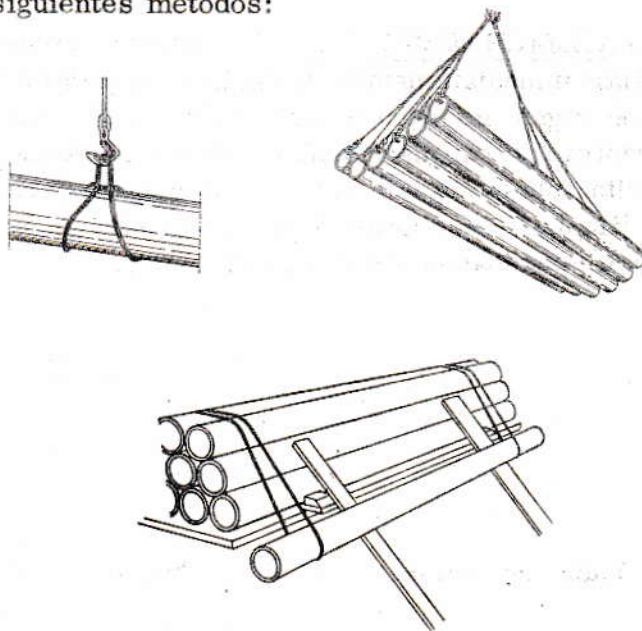
APLICACION DE LA TUBERIA DE ASBESTO-CEMENTO EN LA PRACTICA

1o.) TRANSPORTE Y MANIPULEO DE LA TUBERIA:

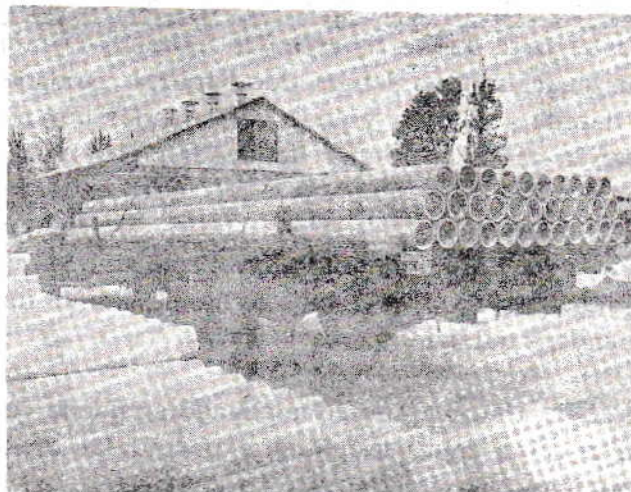
El transporte de las tuberías de Asbesto-Cemento así como su manipuleo deberán de hacerse cuidadosamente, debido a que por golpes ocasionados por no transportar la carga en forma adecuada podrá ocasionar roturas o daños imperceptibles que luego, al ser probada, después de su instalación, falle, teniendo con esto pérdidas de tiempo debido a las reparaciones que tendrían que hacerse, pudiendo evitarse con un manipuleo adecuado y cuidadoso.

Para su manipuleo adecuado se puede ver en las figuras que a continuación se exponen, las cuales son las formas más convenientes a usar.

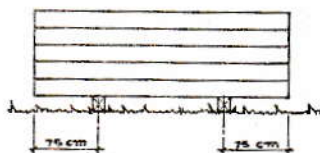
Cuando se levanta el tubo con grua se pueden usar los 2 siguientes métodos:



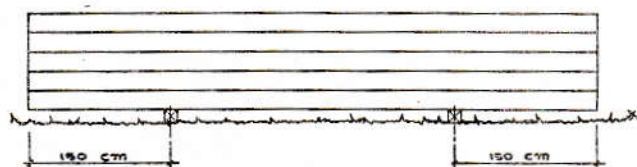
Para el transporte adecuado no es conveniente llevar, además de la tubería otros materiales que puedan dañarla, sino que solamente los tubos debidamente aperchados como se muestra en la fotografía siguiente:



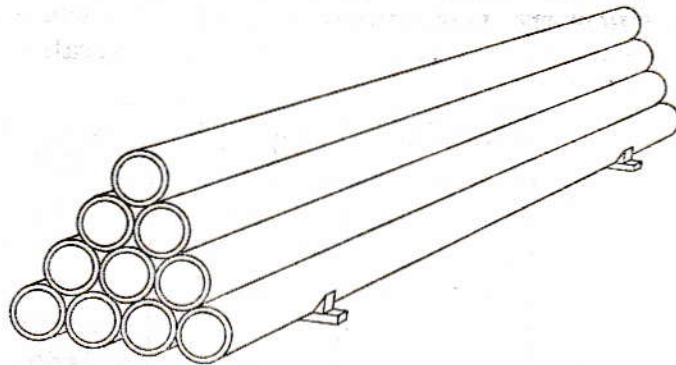
2o.-) **ALMACENAMIENTO:** Si la tubería no se va a instalar inmediatamente, se tendrá que apilarla sobre un par de vigas de madera para evitar así cargas concentradas mal distribuidas y también de ese modo se evita que se ensucie, pues de lo contrario tendrían que limpiarse las bocas al ser instaladas, provocando ésto pérdidas de tiempo innecesarias.



Tubos de 3 mts.



Tubos de 6 mts.



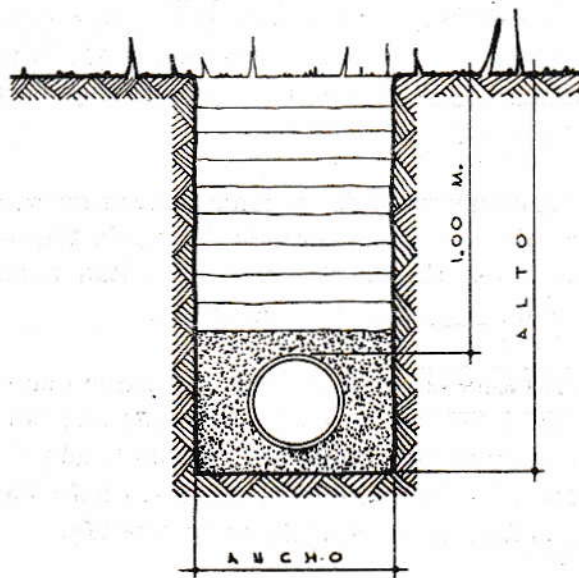
3o.) EXCAVACION DE LA ZANJA: La zanja debe tener un ancho uniforme y suficiente para que los operarios puedan trabajar libremente sin dificultad en la instalación de la tubería, debiendo ser ésta no menor de 50 cm. de ancho.

La excavación de la zanja deberá de hacerse recta, dándole en los puntos de deflexión ángulos que permitan la instalación de codos o vueltas normales, siendo de $11\frac{1}{4}$; $22\frac{1}{2}$; 45 y 90 grados.

También pueden hacerse las zanjas con vueltas amplias, las cuales son absorbidas por las coplas, pues éstas permiten deflexiones según el diámetro del tubo, lo que estará expuesto más adelante, al tratar sobre la instalación de la tubería.

VALORES DE LOS ANCHOS Y PROFUNDIDADES
DE LAS ZANJAS EN FUNCION DE LOS DIAMETROS
DE LOS TUBOS.

DIAMETROS	ANCHO MTS.	ALTO MTS.
2" A 3"	.50	1.20
4" A 6"	.60	1.30
8" A 12"	.80	1.45



Las profundidades de las zanjas para la instalación de las tuberías de Asbesto-Cemento, están regidas en función de las cargas a que va a estar expuesta dicha tubería, así: Hay que considerar si son instalaciones en las calles ó en las banquetas, el tráfico que va a estar soportando y la clase del suelo donde se va a instalar.

A continuación están expuestos los estudios realizados por el Centro Amiantus, de Suiza, para determinar espesores de las capas de tierra que cubren los tubos de Asbesto-Cemento corrientemente instalados para casos de zanjas con o sin cargas de circulación.

a) Clases de tierras;

Para este estudio se han tomado los siguientes tipos de suelos:

Tipo de suelo:	Ángulo de rozamiento contra las paredes del suelo.- °	Peso específico del suelo ton/m ³
Grava esquirolada, Canto rodado, Grava gruesa	37°	1.9
Grava, grava de río	33°	2.0
Arena	31°	1.7
Limo, marga, arcilla	22°	2.1
Suelo mezclado (suelo ideal)	22°	1.9

b) Carga de compresión del tubo:

Para la carga de compresión de los tubos de Asbesto-Cemento, se ha tomado como base la superficie de apoyo formada por el ángulo de $2 \times 45^\circ = 90^\circ$.

La carga de compresión diametral máxima, o sea la capacidad de carga admisible, tiene por valor

$$P_{\max.} = P \cdot a / n$$

Siendo: $P_{\max.}$ = carga de compresión admitida por el tubo en kg/m.

P = carga de compresión máxima admitida por el tubo en la línea inferior de apoyo en kg/m.

a = factor de lecho para $2 \alpha = 90^\circ = 1.6$

n = factor de seguridad = 3

De donde resulta que

$$P_{\max.} = P \cdot 1.6 / 3 = 0.5333 \text{ kg/m}$$

El valor de P es:

$$P = \frac{S_a \pi e^2 L}{3 (d+e)} = \frac{S_a e^2 L}{0.955 (d+e)}$$

Siendo: S_a = esfuerzo de rotura por aplastamiento aplicado al segmento de apoyo superior del tubo = 450 kg/cm^2 (máximo)

e = espesor efectivo de las paredes del tubo

L = longitud del tubo = 1 m.

d = diámetro nominal del tubo. (diámetro interior).

De lo anterior tenemos:

$$C = 0.5333 \frac{\pi S_a e^2 L}{3 (d+e)}$$

Si expresamos e, L y d en centímetros, tenemos:

$$C = 55.4 \frac{S_a e^2}{d + e}$$

Esta fórmula es válida para espesores no menores a los indicados a continuación para tubos clase 150.

Diámetro nominal d en mm	espesor mínimo e en mm	espesor tubo A.C. de Guate. e en mm
50	-	9
100	-	13
150	15	18
200	18	22
250	21	26
300	25	29

c) Cargas de tierra:

El cálculo de las cargas de tierra colocadas por encima de la tubería, está basado sobre los en

sayos y cálculos que efectuó el Dr. Welzorke de Hannover:

$$P_t = A \gamma t b$$

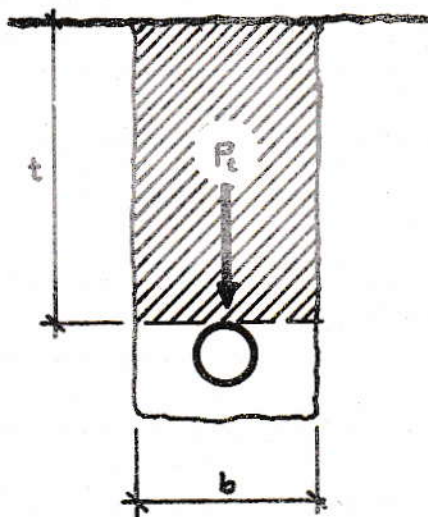
En donde: P_t = carga de tierra en Kg/m ó Ton/m

A = factor de reducción para cargas de tierra.

γ = peso específico de la tierra en Kg/m³ o Ton/m³

t = profundidad de la zanja hasta la parte superior del tubo en m.

b = ancho de la zanja en la parte superior del tubo en m.



El valor del factor de reducción A es:

$$A = \frac{1 - e^{-\left(\frac{t \operatorname{tg} \rho'}{b}\right)}}{\operatorname{tg} \rho'} \cdot \frac{b}{t}$$

$$A = \frac{1 - \frac{1}{e^{\left(\frac{t \operatorname{tg} \rho'}{b}\right)}}}{\operatorname{tg} \rho'} \cdot \frac{b}{t}$$

Siendo: ρ' = Angulo de rozamiento de la tierra contra las paredes.

$$e = 2.71828 \text{ (número "e")}$$

Por lo tanto la carga de tierra P_t es:

$$P_t = \frac{1 - \frac{1}{e^{\left(\frac{t \operatorname{tg} \rho'}{b}\right)}}}{\operatorname{tg} \rho'} b^2 \gamma$$

Despejando el valor t para determinar la máxima profundidad en función de la carga de tierra conocida, tenemos:

$$t = \frac{\log \frac{1}{1 - \frac{P_t \operatorname{tg} \rho'}{b^2 \gamma}}}{\log e^{\left(\frac{\operatorname{tg} \rho'}{b}\right)}}$$

Siendo $\log. e = 0.4343$

Con estas fórmulas podemos determinar valores de máxima profundidad de la tubería para que soporte las cargas del peso de la tierra, pero sin cargas de circulación.

Para determinar la profundidad adecuada a que se debe colocar una tubería de Asbesto-Cemento, cuando hay cargas de circulación, tenemos las siguientes fórmulas:

$$P = P_t + P_c$$

Siendo: P = Carga total en Kg/m o Ton/m

P_t = Carga de la tierra en Kg/m o Ton/m

P_c = Carga de circulación en Kg/m o Ton/m

El método seguido para el cálculo de las cargas de circulación de vehículos es el de Boussinesqué, el cual es:

$$P_c = P_{c'} \cdot D \cdot \varphi$$

Siendo: $P_{c'}$ = Carga de circulación parcial en kg/m² o Ton/m²

D = Diametro exterior del tubo

φ = Factor suplementario por choque en carreteras

$$\varphi = 1 + 0.2/t$$

$$P_{c'} = \sum \frac{3 P_r}{2 \pi} \cdot \frac{\cos^3 \beta}{R^2}$$

Siendo: P_r = Carga de las ruegas en Ton.

β = Angulo formado entre la carga más desfavorable y la de las otras ruegas en el punto de presión del tubo.

R = Distancia entre el punto de contacto de la carga P_r y el punto de presión del tubo en mts.

Para mayor claridad de la distribución de cargas en el suelo producidas por vehículos tenemos los siguientes diagramas: (ver hoja del gráfico)

Determinación de los esfuerzos por compresión o aplastamiento en las tuberías de Asbesto-Cemento para distintas profundidades.

Datos:

1.- DIAMETRO = d = 54 mm.

DIAMETRO EXTERIOR = D = 63 mm.

ESPESOR = e = 9 mm.

PRESION NOMINAL = PN = 150 lbs/pulg² = 10/Kg/cm²

PESO ESPECIFICO DE LA ARCILLA = γ = 2.1 Ton/m³

ANGULO DE ROZAMIENTO DE LA ARCILLA = ϕ' = 22°; $\tan \phi' = 0.404$

PROFUNDIDAD DEL TUBO = t = 1 m.

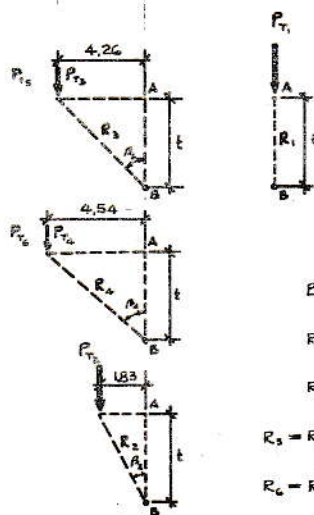
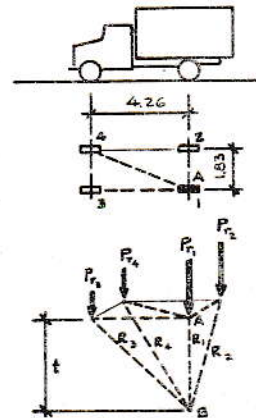
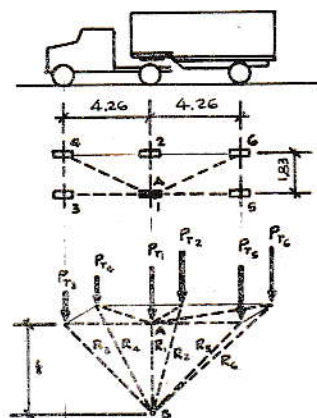
ANCHO DE LA ZANJA = b = 0.60 m.

W = 1 Ton/m³

CARGA DE CIRCULACION = H_{20} = 9.1 Ton.

$Pr_3 = Pr_4$ = 4 Kips = 1830 Kg = 1.8 Ton por rueda delantera.

$Pr_1 = Pr_2$ = 16 Kips = 7260 Kg = 7.3 Ton por rueda trasera.



B = PUNTO DE PRESIÓN EN EL TUBO.

$$R_1 = t$$

$$\cos \beta_1 = 1$$

$$R_2 = \sqrt{t^2 + 1.83^2}$$

$$\cos \beta_2 = t/R_2$$

$$R_3 = R_4 = \sqrt{t^2 + 4.26^2}$$

$$\cos \beta_3 = t/R_3$$

$$R_5 = R_6 = \sqrt{t^2 + 4.54^2}$$

$$\cos \beta_4 = t/R_4$$

2.- Peso del agua de llenado: W

$$W = \pi r^2 L w$$

$$W = \pi 0.027^2 \times 1 \times 1000 = 2.29 \text{ kg/m} = 2.3 \text{ kg/m}$$

3.- Carga de compresión del tubo: P

$$P_{\max} = 0.5333P$$

$$P = \frac{S_a \pi e^2 L}{3(d+e)} = \frac{S_a e^2 L}{0.955(d+e)}$$

$$P = \frac{450 \cdot 0.9^2 \cdot 100}{0.955(6.3)} = 6060 \text{ kg/m}$$

$$P_{\max} = 0.5333 \times 6060 = 3230 \text{ kg/m} \therefore P_{\max}^1 = 3230 - 2.3 = 3227 \text{ kg/m}$$

Esta es la carga máxima que soporta el tubo sin romper (por metro lineal)

4.- Carga de tierra: P_t

$$P_t = A \cdot \gamma \cdot t \cdot b$$

Sustituyendo valores para A, según la fórmula de la pág. 59, tenemos:

$$A = \frac{1 - \frac{1}{\left(\frac{1 + 0.404}{0.6} \right)}}{0.404} \times \frac{0.6}{1} = 0.73$$

$$P_t = 0.73 \times 2100 \times 1 \times 0.6 = 917 \text{ kg/m}$$

$$P'_{\max} = 3227 - 917 = 2310 \text{ kg/m}$$

∴ Carga máxima disponible para circulación

5.- Cargas de circulación: P_c

$$P_c = P_{c'} \cdot D \cdot \phi$$

$$\phi = 1 + 0.2/t = 1 + 0.2/1 = 1.2$$

$$P_c = 0.063 \times 1.2 P_{c'} = 0.0754 P_{c'}$$

$$P_{c'} = \frac{3 P_r}{2 \pi} \left[\frac{t^3/R_3^3}{R_3^2} + \frac{t^3/R_4^3}{R_4^2} \right] + \frac{3 P_r}{2 \pi} \left[\frac{t^3/R_1^3}{R_1^2} + \frac{t^3/R_2^3}{R_2^2} \right]$$

$$\frac{3 P_r}{2 \pi} = \frac{P_r}{2.095}$$

$$R_3 = \sqrt{1^2 + 4.26^2} = 4.38$$

$$\cos \beta_3 = \frac{1}{4.38} = 0.228$$

$$R_3^2 = 19.15$$

$$\cos^3 \beta_3 = 0.0119$$

$$R_4 = \sqrt{1^2 + 4.54^2} = 4.65$$

$$\cos \beta_4 = \frac{1}{4.65} = 0.215$$

$$R_4^2 = 21.57$$

$$\cos^3 \beta_4 = 0.00995$$

$$R_1 = t = 1 \quad \cos \beta_1 = 1$$

$$R_1^2 = 1 \quad \cos^3 \beta_1 = 1$$

$$R_2 = \sqrt{1^2 + 1.83^2} = 2.085 \quad \cos \beta_2 = \frac{1}{2.085} = 0.48$$

$$R_2^2 = 4.35 \quad \cos^3 \beta_2 = 0.1102$$

$$P_c' = \frac{1.8}{2.095} \left[\frac{0.0119}{19.15} + \frac{0.00995}{21.57} \right] + \frac{7.3}{2.095} \left[\frac{1}{1} + \frac{0.1102}{4.35} \right]$$

$$P_c' = 3.581 \text{ Ton/m}$$

$$P_c = 0.0754 \times 3.581 = 0.27 \text{ Ton/m}$$

$$P_c = 270 \text{ Kg/m.} < 2310 \text{ Kg/m.}$$

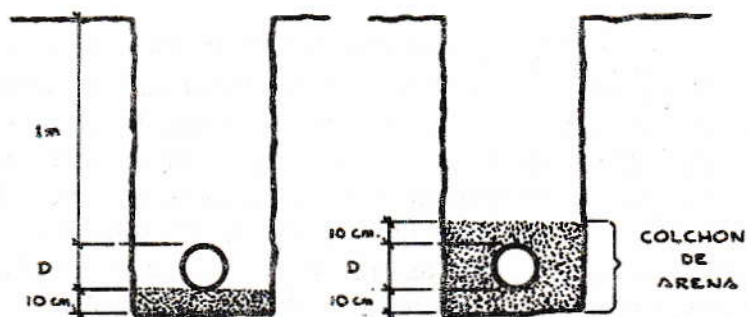
Aunque en éste estudio, sólo trata de esfuerzos por aplastamiento, o sea que consideran que la cama de la tubería no va a sufrir ningún asentamiento, o si lo sufriera, fuera parejo. Pero considero que esto no sucede así, directamente bajo la carga de las ruedas se podrá provocar un asentamiento del terreno mayor que en cualquier punto adyacente, provocando por lo tanto flexión en el tubo, siendo ésto lo más crítico, pues sería necesario poner un factor de seguridad en

los cálculos anteriores para absorber estos esfuerzos; dicho factor de seguridad dependería del diámetro del tubo, en diámetros pequeños, de 2" a 5", tendría que tomarse un factor de seguridad de por lo menos 50 %. Es por ésto, que estas tuberías se recomienda colocar en las banquetas o en calles, donde no hay peligro de paso de vehículos pesados.

Para tubería de 6" o más, es suficiente con un factor de seguridad de 25% y dicha tubería no tiene inconvenientes de su colocada en cualquier paso de calles, debido a su fuerte resistencia a la flexión.

4o.) ASIENTO DE LA TUBERIA: Previo a la instalación de cualquier tubería de Asbesto-Cemento, es indispensable colocar un colchón de arena, material no plástico, para dar así un asiento parejo y uniforme a la misma, evitando con ésto cargas concentradas.

El colchón de arena deberá tener como mínimo 10 cm. de espesor, ya colocada la tubería se recubrirá con el mismo material no plástico, 10 cm. sobre esta, quedando de esta manera la tubería totalmente recubierta con arena.

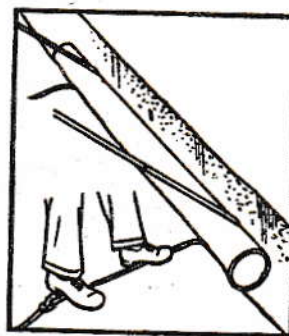
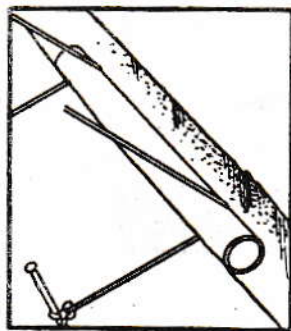


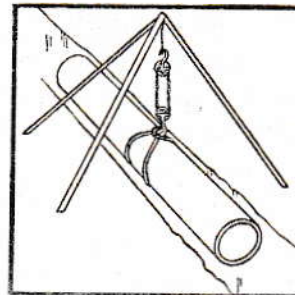
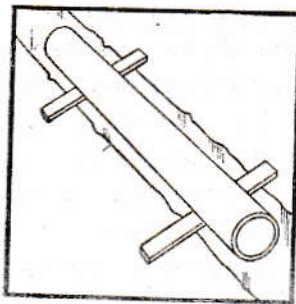
50.) INSTALACION DE LA TUBERIA DE ASBESTO-

CEMENTO: La bajada de la tubería de Asbesto-Cemento a la zanja deberá de hacerse con cuidado procurando no lastimarla; los tubos de 2 a 5 pulgadas pueden ser bajados a la zanja entre dos personas sin ningún equipo especial y también su montaje puede ser llevado a cabo por equipos de dos personas; con tubos de 6 y 8 pulgadas se necesita equipo de tres personas, la bajada de éstos a la zanja será con cuerdas (lazos) para los tubo de 10 y 12 pulgadas el equipo de operarios será como mínimo de (4) cuatro; para estos tubos de diámetros grandes se tendrán que colocar tres cuerdas fuertes tendidas perpendicularmente a la zanja, se amarra el extremo más retirado de ésta a estacas bien clavadas, colocando el tubo sobre las cuerdas y paralelo a la zanja, luego se soporta el otro extremo de la cuerda y se procede a bajar el tubo con sumo cuidado, deberán de usarse para esta operación guantes de cuero.

También se puede usar para bajar tubos de diámetros grandes, trípodes con polipastro, ésta es una operación obligada en los casos de instalar tuberías de diámetros mayores de 12 pulgadas.

Para manipular la tubería de 12 pulgadas en el interior de la zanja es indispensable el uso del polipastro, así para la instalación de las coplas.



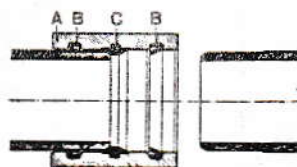


COPLAS PARA LA UNION DE LA TUBERIA

a) Coplas Triplex:

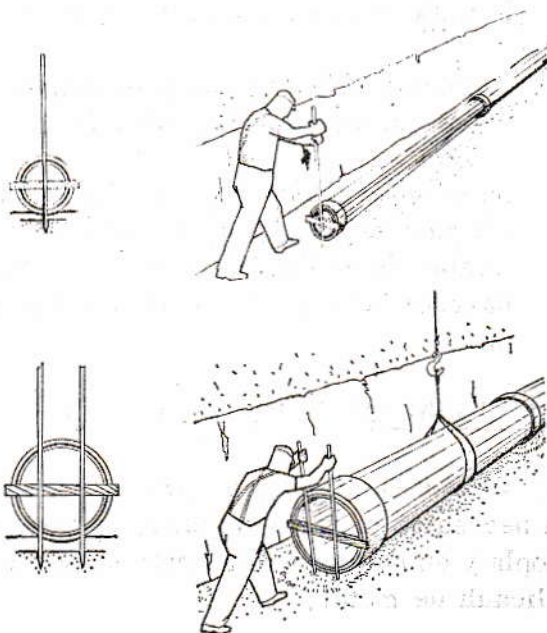
Estas coplas son de Asbesto-Cemento, teniéndose la ventaja de ser del mismo material que la tubería; cada copla triplex consta de:

- (A) La copla de Asbesto-Cemento
- (B) Dos empaques o anillos selladores de hule
- (C) Un anillo separador, de hule, en el centro de la copla



Para la instalación con coplas triplex se necesita: 1o.) agua y jabón para mojar y lubricar la boca del tubo, previamente limpia, para facilitar la colocación, se recomienda el agua de jabón, porque ésta al secar, ya no trabaja como lubricante, no permitiendo por lo tanto zafar la copla; nunca deberá de usarse grasa para facilitar la instalación. 2o.) Después de haber untado la boca del tubo con agua y jabón, se coloca la copla triplex con sus tres anillos de hule en sus respectivas ranuras y con una barreta y un trozo de madera se empuja hasta introducirla a tope con el anillo separador central.

Este método de instalación, usando una palanca, se puede hacer con tuberías de 2 a 6 pulgadas, para los tubos mayores de 8 pulgadas tendrán que ser instalados por medio de dos palancas y levantarlo ligeramente del suelo, para facilitar su instalación.



Deflexiones que permiten las coplas triplex en las tuberías:

<u>Diámetro mm.</u>	<u>Deflexión en grados</u>	<u>Deflexión %</u>
50 a 100	4	7
125 a 200	3	5
250 a 400	2	3.5

VENTAJAS DE LAS COPLAS TRIPLEX

Las instalaciones con coplas triplex permiten las siguientes ventajas:

- Primero: igual material que la tubería, prestando por lo tanto la misma duración que ésta.
- Segundo: velocidad de instalación, es lo más rápido en las instalaciones de tuberías.
- Tercero: no se tiene que marcar las bocas de la tubería para dejar la separación necesaria por dilatación de los tubos, pues el anillo separador no permite que éstos queden a tope.

DESVANTAJAS DE COPLAS TRIPLEX:

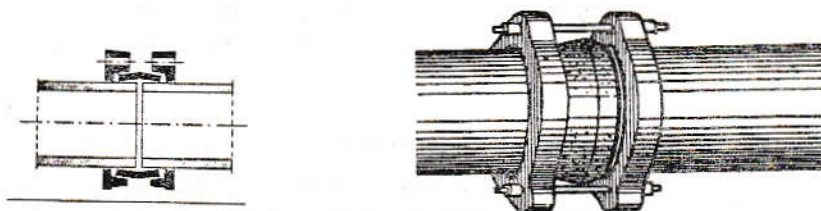
Cuando se tiene que hacer una reparación donde sea necesario cambiar un tubo, se tiene que romper una copla y en su lugar solamente se puede usar la copla Gibault de metal.

b) Coplas Gibault:

Las coplas Gibault son de hierro fundido con empaques de hule.

Cada copla Gibault consta de:

- (A) Un anillo de hierro fundido.
- (B) Dos empaques de hule de sección circular
- (C) Dos bridas de hierro fundido
- (D) Dos o más tornillos de hierro



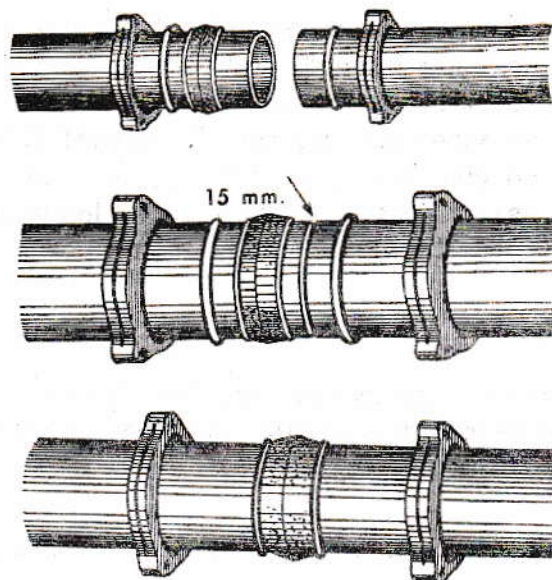
Previo a su instalación, las coplas Gibault de berán ser revisadas cuidadosamente cada una de sus piezas, golpeándolas suavemente con un pedazo de ma dera, para descubrir por el sonido si existen defectos de fundición o roturas, así como también, chequear que no estén con grasa ni suciedades.

Los empaques de hule deberán estar limpios así como la boca del tubo tendrá que estar seca y sin - tierra u otras partículas.

Pasos a seguir para la instalación de la copla Gibault:

- Primero: Colocar las bridas en posición correcta una en cada boca del tubo.
- Segundo: Colocar los empaques de hule rodándolos hacia adentro y cuidando que no queden retorcidos, uno en cada boca de los tubos.
- Tercero: En una de las bocas del tubo se coloca el anillo de hierro.
- Cuarto: Ajustar los tubos en línea recta, dejando la separación entre uno y otro de 1.5 cm. para dilatación.
- Quinto: Marca el lugar donde deben de quedar los empaques de hule y luego colocar uno de ellos sobre la marca, chequeando que que de perpendicular al tubo.
- Sexto: Colocar el anillo de hierro pagado al empaque de hule que está sobre la marca, ajustando luego el otro empaque al anillo.
- Séptimo: Ajustar las bridas contra los empaques de hule colocando así los tornillos, los cuales deben ser apretados alternativamente, chequeando con un metro, que las distancias de las bridas sean iguales en todos los lados. El ajuste de los tornillos no debe de hacerse demasiado fuerte, solo se necesita que los empaques de hule queden comprimidos para evitar la salida de agua.

En ningún caso se deben pintar las bocas de los tubos.



Deflexiones que permiten las coplas Gibault en las tuberías:

Diámetro mm.	Deflexión en grados	Deflexión %
50 a 100	14	24
125 a 200	11	19
250 a 400	7	12
450 a 600	6	10
600 a 1000	4	7

VENTAJAS DE LAS COPLAS GIBAULT:

- Primero: En diámetros grandes no se necesitan herramientas especiales para su instalación.
- Segundo: Permite mayores deflexiones entre tubo y tubo.

Tercero: Para reparaciones de la tubería se puede de sarmar la copla y volverse a usar, si se encuentra en buen estado, lo cual solo se logra si tiene poco tiempo de haber sido instalada porque de lo contrario no es recomendable usarla, debido a que provocaría fugas por no poderse ajustar debidamente.

DESVENTAJAS DE LAS COPLAS GIBAULT:

Por ser distinto material que la tubería no da el mismo tiempo de duración y su instalación es más lenta que las coplas triplex.

ACCESORIOS PARA LA TUBERIA DE ASBESTO-CE- MENTO:

Entre los accesorios de Asbesto-Cemento tenemos las vueltas o codos de $11\frac{1}{4}$, $22\frac{1}{2}$, 30 y 45 grados para diámetros de 50 a 100 mms. (2 a 4 pulgadas) El resto de accesorios son de hierro fundido o de bronce.

ACCESORIOS DE HIERRO FUNDIDO:

Codos de $11\frac{1}{4}$, $22\frac{1}{2}$, 45 y 90 grados, para diámetros de 50 a 300 mm. (2 a 12 pulgadas).

Tees, cruces, tapones, válvulas de compuerta, coplas con o sin derivación, abrazaderas, válvulas de aire, reductores en todos los diámetros.

ACCESORIOS DE BRONCE:

Abrazaderas, uniones rectas para el tubo de cobre en el principio y final, y las uniones de tres partes para unir tubo de cobre entre sí.

6o.) ANCLAJE DE LAS TUBERIAS DE PRESION DE ASBESTO-CEMENTO:

El anclaje de las tuberías de presión debe de usarse donde hay cualquier cambio de dirección, hay -reducidor o un extremo cerrado, también se debe de anclar las válvulas y la tubería, si ésta va en pendiente.

El empuje que se presente en los cambios de dirección o extremos cerrados es igual a la presión del agua por el área de la sección de la tubería.

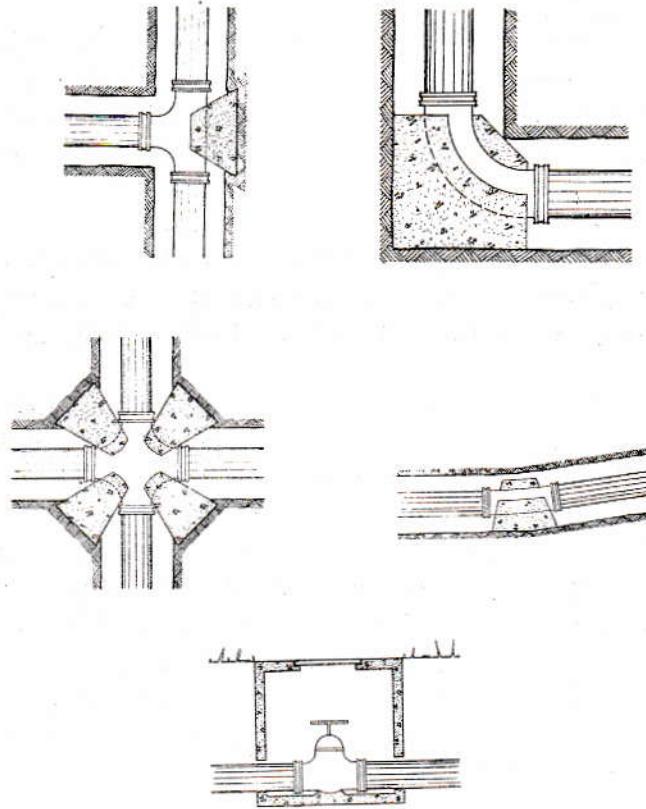
Cuando hay una reducción, el empuje podrá tomarse igual a la presión del agua por el área de la diferencia de las dos secciones.

En el caso de tener una válvula, aquí tendremos que el empuje lo recibe la tubería que no tiene presión, en este caso, es necesario anclar la base de la válvula y los dos tubos adyacentes a ésta, el empuje será igual a la presión del agua en la tubería por la sección del tubo, debiendo de estar calculado el anclaje para que soporte la fricción.

Los anclajes en la tubería de Asbesto-Cemento, no deben de ser nunca omitidos, puesto que las uniones tanto en tubos como en accesorios son todas a base de empaques por lo tanto no tienen la resistencia para absorber fricciones, zafándose al haber una fuerza de empuje, si no está anclada debidamente.

El área del bloque del anclaje deberá estar en función de la clase del terreno y del empuje máximo.

Situación de los bloques de anclaje:



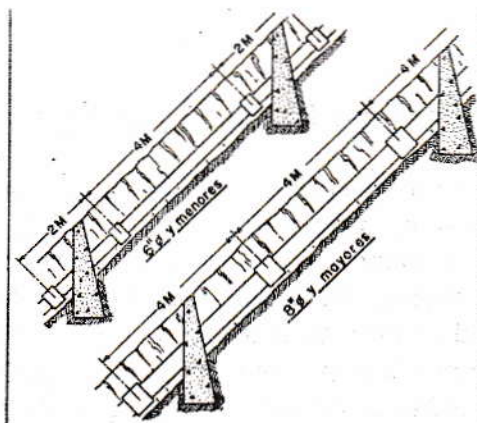
Anclaje de vueltas amplias: (Vista en planta)



Anclaje de tuberías en pendiente:

Cuando una tubería está localizada en terreno pendiente, debe de tenerse cuidado en el apisonado para evitar que el relleno recientemente colocado permita el paso del agua, constituyendo un desagüe ciego, que al arrastrar el material que soporte al tubo lo deja sin apoyo y por lo tanto, expuesto a ser arrastrado también por su propio peso, y a roturas.

En estos casos deberán construirse muros transversales de contención, anclados en los costados de la zanja y en el fondo de la misma; dependiendo éstos muros, así como la longitud del tubo, del diámetro de éste, según se muestra en las figuras siguientes



En los codos por cambio de pendiente se deben hacer anclajes de concreto reforzado, dejando dentro de la fundición, varillas de hierro, con sus extremos salientes roscados, para colocar cinchos de hierro que abracen los codos, según se muestra a continuación:



Construcción de los Bloques de Anclaje:

Los bloques de anclaje se hacen de concreto, sin refuerzo de hierro, cuando la tubería es de diámetros de 6" o menores y ésta va en terrenos mas o menos horizontales. Para tuberías de más de 6" los anclajes serán de concreto reforzado para evitar que éste se agriete por las grandes presiones, principalmente por las debidas a las pruebas de presión hidrostática, que hay que hacer en las tuberías al terminar de instalarlas, la cual, debe de ser de 200 libras por pulgada cuadrada (14 kg/cm^2), durante media hora (ver punto 7).

Los anclajes de la tubería de presión de cualquier diámetro en terrenos inclinados, es necesario hacerlos reforzados, debido a que éstos actúan como

muros de contención.

Empuje producido por las tuberías:

a) por extremo cerrado

$$E = pA$$

SIENDO: E = empuje

p = presión máxima del agua

A = área de la sección de la tubería.

b) Empuje por vueltas en los codos.

$$E = 2 p A \sin \frac{1}{2} \Delta$$

SIENDO: Δ = ángulo del codo en grados (deflexión de la tubería)

En tuberías a presión normal se desprecia el efecto dinámico por cambio de dirección, por ser pequeño en comparación al esfuerzo por la presión.

RESISTENCIA DE LOS TERRENOS

Clase de terreno	Carga de seguridad Kg/cm ²
Roca sólida	2.50
Pizarra o talpetate	1.00
Grava o arena con grava	0.75
Arenas	0.50
Arcilla	0.25

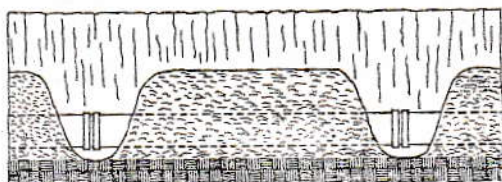
7o.) PRUEBAS DE PRESION DE LAS TUBERIAS DE ASBESTO-CEMENTO:

Toda instalación con tubería de presión de Asbesto-Cemento, debe de ser probada a una presión de 200 libras por pulgada cuadrada (1.33 veces la presión máxima de trabajo), durante media hora, no de biendo de tener una pérdida de presión durante la prueba mayor de una atmósfera, de acuerdo al reglamento vigente de la Municipalidad de Guatemala.

Esto es recomendable hacerlo en cualquier instalación, aún fuera de la ciudad, para localizar fugas debido a uniones flojas, tubos o accesorios dañados en el manipuleo o por defectos de fabricación.

Siempre se tendrá que efectuar esta prueba en cada tramo de tubería, el cual está limitado por una válvula en cada extremo, o por extremos cerrados.

Para realizar la prueba del tramo instalado se debe de colocar una carga de tierra en cada tubo, dejando las coplas descubiertas para revisarlas cada una, mientras se mantiene la presión.



La altura del relleno por encima de la tubería para efectuar la prueba, debe de ser de 40 cm. por cada 10 kg/cm^2 de la presión de prueba.

La tubería usada para las instalaciones dentro de la ciudad, es la clase 150, o sea que tiene una presión de trabajo de 10 kg/cm^2 (150 libras por pulgada cuadrada), para esta clase de tubería la prueba hidrostática de campo será de 13.3 kg/cm^2 (200 libras por pulgada cuadrada).

Las normas municipales exigen tramos entre válvula y válvula no mayores de 200 metros por tubería de 2", de 300 metros para tuberías de 4"; de 400 metros para tuberías de 6" y 8"; y de 600 metros para tuberías de 10" y 12".

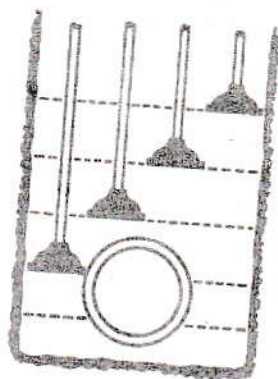
8o.) RELLENO Y APISONADO DE LA ZANJA:

El relleno y apisonado de la zanja es de suma importancia en las instalaciones con tubería de Asbesto-Cemento, pues de ello depende que la misma resista a las cargas externas a que va a estar expuesta.

Toda línea instalada y probada deberá ser rellena lo más pronto posible para evitar que sea dañada por derrumbes o intencionalmente.

El relleno deberá hacerse por medio de capas de tierra no mayores de 15 cm. las cuales se van compactando, habiéndolas regado previamente con agua.

El material de relleno deberá ser suelto, nunca debe de usarse el material en terrones y mucho menos piedras que puedan ocasionar cargas concentradas.



En los casos donde la tubería no pueda hacerse su instalación enterrada, se procederá como se indica en la tabla y figuras siguientes:

DIAMETRO	L=LONGITUD MAXIMA PERMITIDA, DE LOS TUBOS, EN METROS	FORMA DE APOYO
2" a 3"	3.00	Totalmente apoyado Fig. 1
4" a 5"	6.00	Totalmente apoyado Fig. 1
4" a 5"	3.00	2 apoyos al cuarto de la luz Fig. 2
6"	4.00	2 apoyos al cuarto de la luz Fig. 2
8" a 12"	6.00	2 apoyos al cuarto de la luz Fig. 2

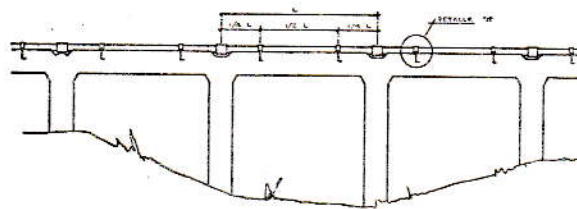


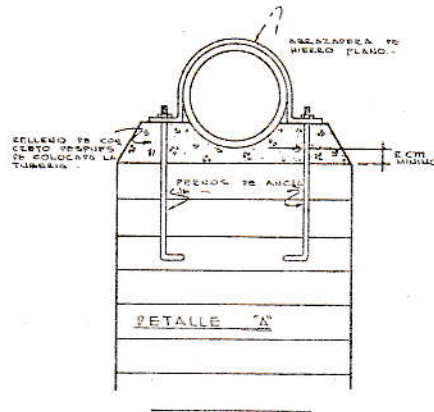
Figura No. 1

Tubería totalmente apoyada. No hay límite de altura.

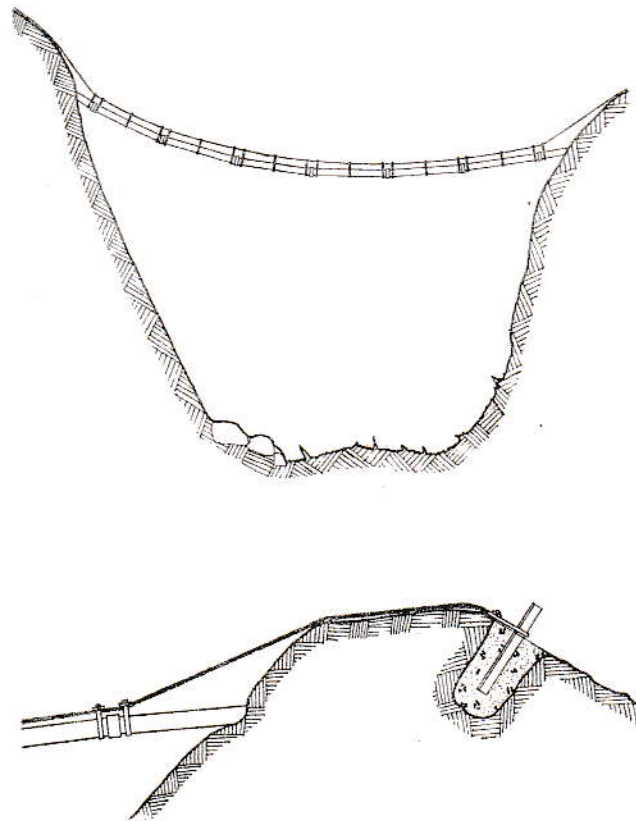


Figura No. 2

Tubería parcialmente apoyada. Para alturas de 0 a 2 m máximo.



Detalles de tubería suspendida en pasos de quebradas:



En cualquiera de estos casos, donde la tubería de Asbesto-Cemento queda en la superficie se deberá de evitar que hallan posibilidades de paso de personas por ésta.

9c. TIEMPO DE COLOCACION DE LA TUBERIA DE ASBESTO-CEMENTO:

En tiempo normal, el ritmo de avance de la colocación de la tubería de Asbesto-Cemento, según el diámetro y la cantidad mínima de operarios se indica en la tabla que a continuación se da. Esta tabla solo trata del montaje de la tubería con sus coplas, estando dicha tubería a la orilla de la zanja, lista para ser bajada e instalada, se han tomado 8 horas de trabajo y al mismo tiempo la mínima cantidad de operarios para su ejecución.

Diámetro del tubo		Colocación de la tubería en 8 h. de trabajo m.l.	Una cuadrilla compuesta de
mm.	pulg.		
50 a 76	2" a 3"	140	1 Instalador con 2 ayudantes
101 a 153	4" a 6"	120	1 Instalador con 3 ayudantes
203 a 305	8" a 12"	100	1 Instalador con 4 ayudantes

A ésto hay que agregar la colocación de anclajes, de accesorios como válvulas, tees o cruces y la prueba de la tubería.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

Primera: El coeficiente de rugosidad para las tuberías de Asbesto-Cemento se puede tomar con toda confianza el valor de $C=140$ para la fórmula de Hazen-Williams o su equivalente para las otras fórmulas.

Esto ha sido ya comprobado en Guatemala y también en Europa.

Segunda: Su resistencia al golpe de ariete es elevada, debido a su alto límite de elasticidad. También está en condiciones de resistir las presiones negativas debido a su espesor.

Tercera: En las pruebas mecánicas e hidrostáticas a la rotura, la tubería de presión está dentro de los límites de las normas Centroamericanas del ICAITI y las normas Norteamericanas ASTM por haber resistido más del 75% de las probetas, las cargas o esfuerzos mínimos de rotura.

Cuarta: Las normas Norteamericanas ASTM y AWWA para la prueba de hermeticidad exigen un valor de la presión muy elevado, siendo éste de 3.5 veces la presión de trabajo, y si consideramos que la presión mínima de rotura es de 4 veces la presión de trabajo, fácilmente con la prueba de hermeticidad en cada tubo, podríamos pasar su límite de proporcionalidad provocándose por lo tanto, en la mayoría de éstas, deformaciones permanentes que serían dañinas para la tubería ya instalada.

Son éstas normas las únicas que exigen valores elevados para dicha prueba debido a que las normas Europeas como las Centroamericanas exigen 2 veces la presión de trabajo.

En lo que respecta a las pruebas de rotura, por presión hidrostática, por flexión o por aplastamiento, todas las normas, tanto Norte y Centroamericanas como europeas, difieren relativamente poco, es por estas razones que considero que como normas en nuestro país deberían de usarse las Centroamericanas por tener valor dentro de los límites normales para la tubería de Asbesto-Cemento.

Quinta: La resistencia de la tubería de Asbesto-Cemento a los movimientos sísmicos es favorable debido a sus uniones flexibles sean de metal o de Asbesto-Cemento; también ayuda a absorber los esfuerzos provocados por temblores el colchón de arena que lleva la tubería en su instalación, además de su resistencia propia a la flexión principalmente en tubos de 4" o más.

Sexta: El factor más importante de la tubería de Asbesto-Cemento, es su resistencia a la corrosión, debido a que sus componentes, completamente inorgánicos, pueden estar expuestos a la intemperie sin que sufra ningún cambio, solamente se debe de cuidar de no conducir aguas muy ácidas, con un pH bajo, porque éstas sí atacan al cemento. Con respecto a la tuberculación la tubería de Asbesto-Cemento, por tener una

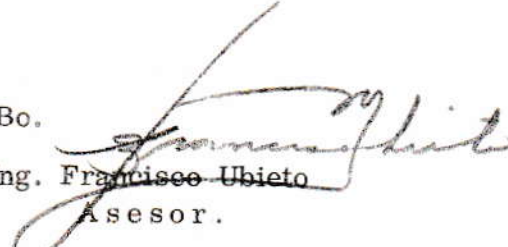
superficie muy lisa, no es fácil que se adhieran precipitados a sus paredes.

Séptima: La instalación de la tubería de Asbesto-Cemento es un poco más costosa que la de otras clases de tuberías, pero es recomendable llevarla a cabo según las normas, si se quiere tener buenos resultados después de su colocación. También deberá de hacerse, la prueba de campo de presión hidrostática, de 200 lbs/pulg. para estar seguros que la tubería no tiene falla de fabricación o de manipuleo y también que el acoplamiento está bien realizado.



Carlos Alfonso Orellana Lorenzi

Vo.Bo.



Ing. Francisco Ubieto
Asesor.

Imprimase:



Ing. Amando Vides T.

Decano

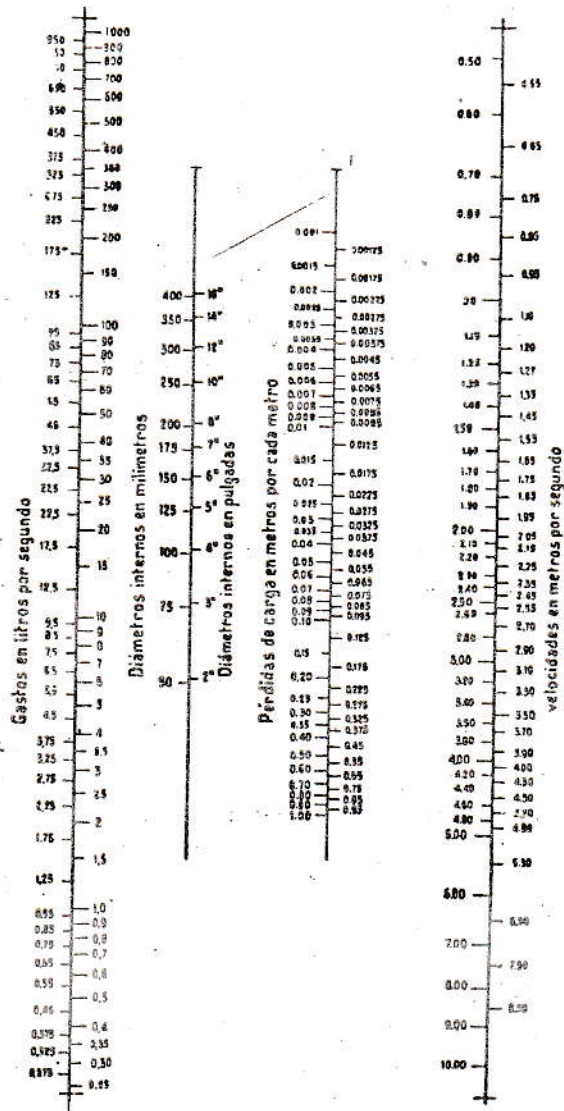
BIBLIOGRAFIA

- 1.- ARQUITECTURA HIDRAULICA
A. Schoklitsch (Tomo I)
- 2.- TRATADO DE HIDRAULICA.
Ph. Forchheimer
- 3.- MANUAL GENERAL URALITA.
Uralita S. A. España.
- 4.- WATER & SEWAGE WORKS.
Walter A. Weers and E.J. Middlebrooks
- 5.- AIR FORCE MANUAL
- 6.- VADEMECUM DE LAS TUBERIAS DE PRESION.
Eternit, Bélgica.
- 7.- DETERMINACION DE LAS CONSTANTES HIDRAU-
LICAS DE LA TUBERIA DE ASBESTO-CEMENTO
HECHA EN GUATEMALA.
Tesis Ing. Walther Lange F.
- 8.- MANUAL ETERNIT
Génova.
- 9.- MANUAL DE INSTALACION TUBERIA DE PRESION
ASBESTOLIT.
Asbestos de México, S.A.
- 10.- Manuales ASTM
AWWA
ISO
ICAITI

-93-

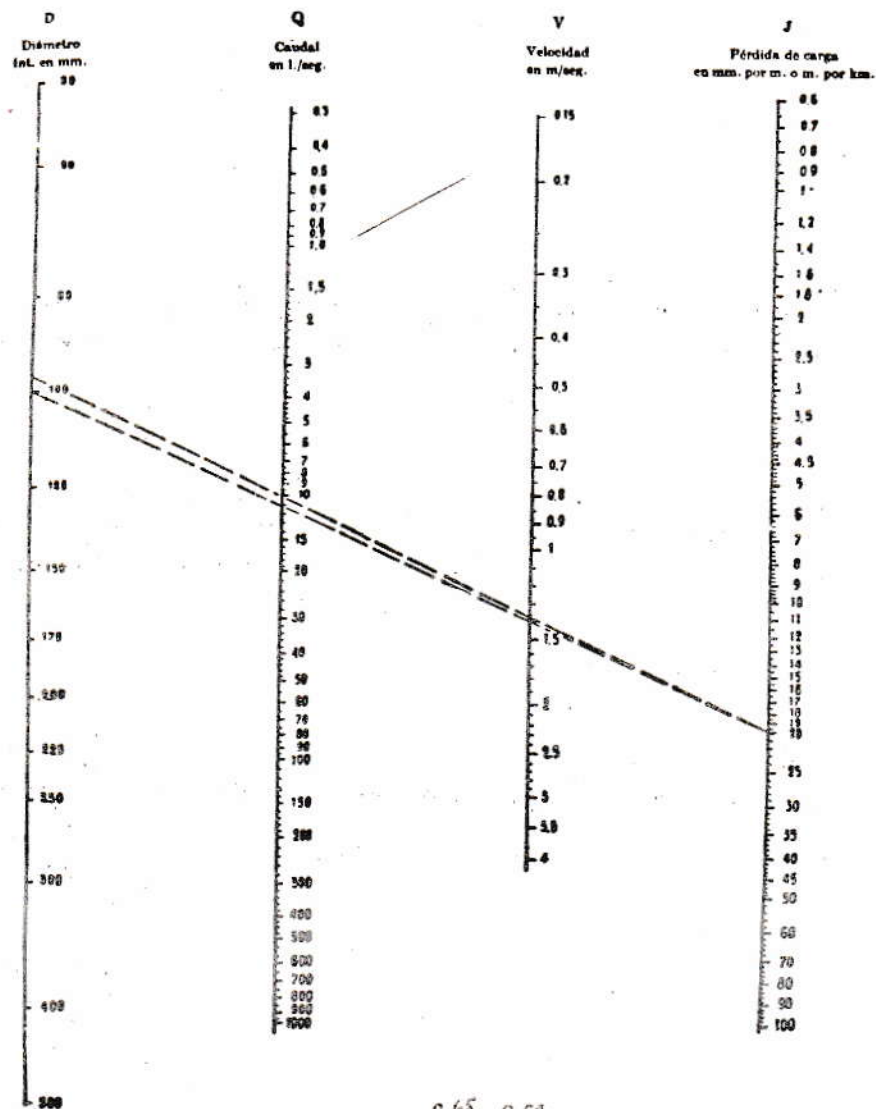
A N E X O S

FORMULA DE HAZEN WILLIAMS



$$V = 0.85 C R^{0.63} J^{0.54}$$

FORMULA DE LUDIN



$$V = C, R^{0.65} J^{0.54}$$

Passar q/x desde Bal Diagrama

(6) D

(7) K

(8) D/K

(12)



propes
Instituto de Investigaciones
Impreso en GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA, USAC



18H04037