

Universidad Nacional de Ingeniería
Programa Académico de Ingeniería Sanitaria



“ CANALES DE
ASBESTO - CEMENTO ”

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Sanitario

Carlos Manuel Barahona Camacho

PROMOCION 1971 - I

LIMA • PERU • 1977

A mis padres y hermanas.

A Luzmila.

razón principal de mis esfuerzos.

AGRADECIMIENTO

**Al Ing. Carlos Ruiz Altuna
Asesor del presente trabajo.**

**A Fábrica Peruana Eternit S.A.
División Comercial (Dpto. Asist. Técnica)
División de Manufactura (Secc. Pzs. Moldeadas)
Por su colaboración en la proporción de datos y
guía respecto al asbesto-cemento**

**A Todas aquellas personas que de una u otra forma
colaboraron en la culminación de este pequeño trabajo.**

P R O G R A M A
P R O Y E C T O D E G R A D O
" CANALES DE ASBESTO CEMENTO "

CAPITULO I

Introducción.

CAPITULO II

Aspectos considerados en el diseño

2.1. *Aspecto constructivo*

- 2.1.1. *Material a Emplear*
- 2.1.2. *Características del material*
- 2.1.3. *Composición del material*
- 2.1.4. *Moldeo del canal*
- 2.1.5. *Limitaciones de pasta*
- 2.1.6. *Moldeo*
- 2.1.7. *Conclusiones*

2.2. *Aspecto Hidráulico*

- 2.2.1. *Secciones hidráulicas moldeables.*
- 2.2.2. *Otras secciones Hid. moldeables*
- 2.2.3. *Análisis de las Sec. Hid. Moldeables.*
- 2.2.4. *Dimensionamiento*

- a.- *Sección semicircular*
- b.- *Sección Parabólica*
- c.- *Sección Ovoidea*

- 2.2.5. *Comportamiento Hidráulico de los canales*
- 2.2.6. *Conclusiones.*

2.3. *Aspecto Estructural.*

- 2.3.1. *Análisis estructural teórico de la sección:*
- 2.3.2. *Análisis estructural de la viga canal:*

Sección semicircular
Sección Ovoidea
Sección parabólica

- 2.3.3. *Prueba de carga del canal de secc. Ov.*
- 2.3.4. *Comentarios finales*

2.4. - Aspecto: Sistema de ensamble.

- 2.4.1. Tipos de Empalme Normalmente Empleados en elementos de asbesto cemento.
- 2.4.2. Características y fabricación de las tapajuntas.
- 2.4.3. Prueba de los Sistemas de Ensamble
- 2.4.4. Evaluación del sistema de ensamble
- 2.4.5. Comentarios Finales.

2.5. Aspecto: Almacenaje y transporte.

- 2.5.1. Almacenaje
- 2.5.2. Transporte

CAPITULO III

Consideraciones Económicas- Costos

3.1. Consideraciones Previas.

3.2. Análisis de Costos

- 3.2.1. Canal de Concreto
- 3.2.2. Tubo de Concreto
- 3.2.3. Canal de asbesto-cemento
- 3.2.4. Comparación de costos.

3.3. Análisis Cualitativo

CAPITULO IV

Demanda de los canales de asbesto-cemento-mercado

4.1. Consideraciones generales

4.2. Tipo de consumidores o usuarios

4.3. Mercado nacional estimado.

Capacidades instaladas.

CAPITULO V

Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

5.2. Recomendaciones.

APENDICE

- 1.- *Secuencia fotográfica*
Proceso de fabricación- Prueba de carga- Prueba de ensamble- Almacenaje
- 2.- *Tablas y gráficas*
- 3.- *Planos de fabricación.*

C A P I T U L O I

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

Manifestábamos en la Primera Parte de este tema, que fue motivo de nuestra Tesis de Bachiller, que por medio de este trabajo se pretendía realizar el diseño de canales pre-fabricados de asbesto cemento, en los cuales se combinaran los elementos hidráulicos y las características propias del material; se plantearon todos los elementos de juicio necesarios para poder llevar adelante el desarrollo de este trabajo, y ahora, en esta Segunda Parte se enfoca el tema desde el punto de vista de seleccionar y diseñar el mejor elemento de "canal pre-fabricado" que pueda lograrse tomando en cuenta una serie de factores limitantes, que de ninguna manera podían dejarse de lado puesto que se pretende poner a consideración un producto que reúna todas las garantías.

Por tratarse de un elemento prácticamente nuevo, no había antecedentes respecto a pautas a seguir para llegar a la meta propuesta, ha sido necesario entonces adoptar métodos, que pensamos, han sido seleccionados de acuerdo a criterios lógicos. Por otro lado, la Fábrica de productos de asbesto cemento (Eternit Peruana S.A.) de donde se obtuvo la información relacionada con el mate-

rial, sugirió diseñar un solo tipo de canal que reúna todas las buenas características que requiere un elemento de este tipo para su buen funcionamiento y que sea, a la vez, competitivo en el mercado, comparado con elementos similares a los que puede reemplazar con ventaja.

Sin embargo, con todas estas dificultades, superables al fin, se ha desarrollado esta Segunda Parte donde presentamos un Canal Pre-fabricado de Asbesto Cemento logrado luego de evaluar los diversos aspectos considerados en su diseño.

Se ha pretendido hacer una especie de pequeña investigación encuadrada dentro de las facilidades recibidas, pues ha sido necesario efectuar algunas pruebas y experiencias relacionada con las resistencias y uniones de los canales, llevándolos a cabo con los elementos con que se contaba a mano; incluso las pruebas de uniones se han desarrollado en nuestra casa con las dificultades de suponer.

Pensamos que este elemento ha de contribuir a solucionar en parte el problema del revestimiento de canales enterrados o al empleo de costosas estructuras en el caso de requerir acueductos o "flumes", con el consiguiente ahorro de tiempo y en consecuen-

cia la economía que esto significa; nuestro país actualmente desarrolla extensamente el aspecto del riego y de conducción de agua, con este nuestro pequeño esfuerzo queremos pasar a formar parte de quienes contribuyen a mejorar la ingeniería en el Perú y por ende a solucionar nuestras dificultades.

C A P I T U L O I I

ASPECTOS CONSIDERADOS EN EL DISEÑO

En un diseño normal de canales, conocemos de antemano el gasto que pretendemos transportar, el tipo y pendientes del terreno, calidad del revestimiento a emplear y desarrollamos finalmente la mejor sección transversal, que puede ser hidráulicamente eficiente o no, dependiendo esto de su practicidad constructiva o tomando en cuenta reglas empíricas o experiencias anteriores.

Pero a diferencia de este "diseño normal de canales" como lo hemos denominado, el caso del diseño de canales pre-fabricados de asbesto-cemento es muy especial, pues no conocemos ningún detalle relacionado con gastos ni pendientes, únicamente tenemos conciencia de conocer las características del material y de su factibilidad de empleo como canal, existen sí otros factores, algo determinantes, que harán que nuestro trabajo se limite a tratar de encontrar un tipo de canal de sección y dimensiones únicas, de tal manera que el elemento que ha de ponerse a consideración de los proyectistas, es el mejor, obtenido a través de este estudio y que pa-

ra cualquier proyecto puede ser adoptado como solución inmediata; previo conocimiento de sus características y de las recomendaciones de empleo que se indicarán finalmente.

Las principales aspectos tomados en cuenta para desarrollar el canal son los siguientes:

- 1.- Aspecto Constructivo ó de fabricación.
- 2.- Aspecto Hidráulico
- 3.- ASpecto Estructural
- 4.- Aspecto de Unión, juntos o empalmes
- 5.- Aspecto de Almacenaje y Transporte.

Cada uno de estos aspectos está ampliamente detallado en las páginas siguientes, habiéndose hecho su desarrollo de tal manera que a medida que se estudiaba cada aspecto se iban obteniendo conclusiones respecto a cual sería la forma de canal más conveniente; en otras palabras, cada aspecto desarrollado excluía ciertos tipos de canal originalmente propuestos.

2.1. ASPECTO CONSTRUCTIVO

En esta parte desarrollaremos el tema relacionado

con los aspectos constructivos del canal pre-fabricado, haciendo un análisis detallado del material asbesto-cemento a emplear, sus cualidades como elemento trabajable y las facilidades con que - cuenta la Fábrica Peruana Eternit S.A. para la elaboración de este producto.

2.1.1. Material a emplear

Como ya se indicó en la Primera Parte de este trabajo (Tesis de Bachiller) el material a emplearse corresponde al elaborado por la máquina N°1, en Fábrica, la encargada de producir las denominadas Planchas Corrugadas Grises, material que es el mismo al empleado para la elaboración de todos los productos moldeados que comercializa Eternit.

2.1.2. Características del material

La pasta fresca, como se muestra en la figura N° 1, se elabora en forma de faja continua, orientándose en el sentido longitudinal las fibras de asbesto que finalmente desempeñarán su

función de resistir a los esfuerzos de flexión de las planchas corrugadas.

Sin embargo tal faja continua ha de ser cortada en dimensiones fijas; variables de acuerdo a la programación de producción que se tenga en Fábrica en esos momentos.

Normalmente las dimensiones usuales son:

<i>largo</i>	6'	(1.83 mts)
	8'	(2.44 mts)
	10'	(3.05 mts)
	12'	(3.66 mts)

ancho 1.25 mt (estandar para cualquier longitud)

espesor: 5 mm

10 mm

Como se indicó, la pasta fresca de asbesto-cemento se retira de la máquina, inmediatamente después del corte y antes de que se produzca su ondulación o conversión en plancha corruga-

da; el material se enrolla en tubos plásticos de 3" ó 4" y se le lleva a la zona donde se ha de proceder al moldeado.

2.1.3. Composición del material

La dosificación en peso comumente empleada es la siguiente:

Cemento Portland	:	80%-90% del Peso total
Asbesto	:	20%- 10% del Peso Total
Agua	:	Acostumbra a ser unas 10 veces el peso total de la mezcla anterior.

2.1.4. Moldeo del Canal

Para efectos de considerar la fabricación de los canales es necesario tomar en cuenta todos los aspectos que influyen en la mejor presentación del producto, tales como aquellos que permitan el mejor aprovechamiento del material con el menor costo posible.

A continuación se explican los factores tomados en cuenta:

a) Se pretende desarrollar una pieza estandar, es decir un tipo de canal de sección única, de tal manera que, una vez desarrollado, pueda ser adoptado para diversas soluciones.

b) El material a emplear en su fabricación, la pasta fresca retirada de la máquina productora, ha de ser utilizada de la manera mas racional posible, es decir evitando desperdicios

c) La mano de obra a emplear debe ser la menor posible, es decir que el canal sea diseñado de tal manera que durante su fabricación intervenga la menor cantidad de operarios.

d) El tiempo de fabricación habrá de reducirse a lo mínimo, diseñando un elemento fácilmente "producible", es decir que no posea dificultades de moldeo que demandarían mayor empleo de tiempo.

e) Debe considerarse un tipo de molde que dé facilidad de trabajo y que permita realizar con facilidad la operación

del desmoldaje del producto luego de 24 hrs. de su producción.

En base a estas consideraciones es que se ha llegado a determinar ciertos límites que harán mas eficiente el diseño final al que queremos llegar.

2.1.5. Limitaciones de Pasta (limitaciones de material)

a) La pasta fresca que se retira de la máquina productora y se le coloca en la mesa de trabajo de la sección Piezas Moldeadas de Fábrica Eternit, tiene una fragua inicial a los 45' y la fragua final al cabo de 2.5 hrs. en que ya es imposible trabajarla. En "Eternit" se considera que el tiempo trabajable es de una hora .

b) Así mismo, "Eternit" tiene determinado que los operarios de Piezas Moldeadas realizan mejor su labor, en cuanto a efectividad y menor tiempo, cuando manipulan pasta fresca de las siguientes dimensiones:

Largo : 8' (2.44 mts)

anchó : 1.25 mts.

espesor: 5-10 mm.

peso aproximado = 32 kp. - 66 kp (peso húmedo)
según los espesores.

c) Antes de proceder al moldeo propiamente dicho, se efectúa el denominado refino de la pasta, consistente en cortar los extremos que generalmente no conservan el espesor requerido.

La pasta refinada, lista para ser retaceada y moldeada, tiene las siguientes medidas.

largo : 2.44 mts.

ancho : 1.15 mts.

espesor : 5- 10 mm.

En este caso las fibras de asbesto están orientadas en forma paralela a la dimensión mayor, 2.44 mts.

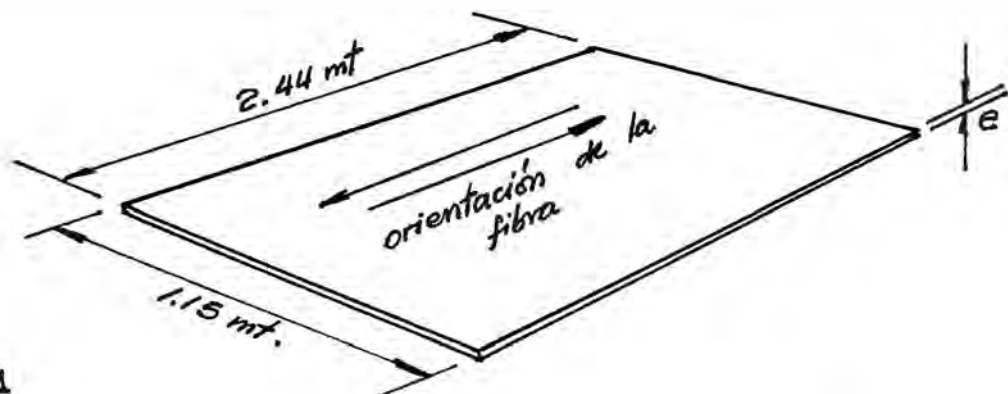
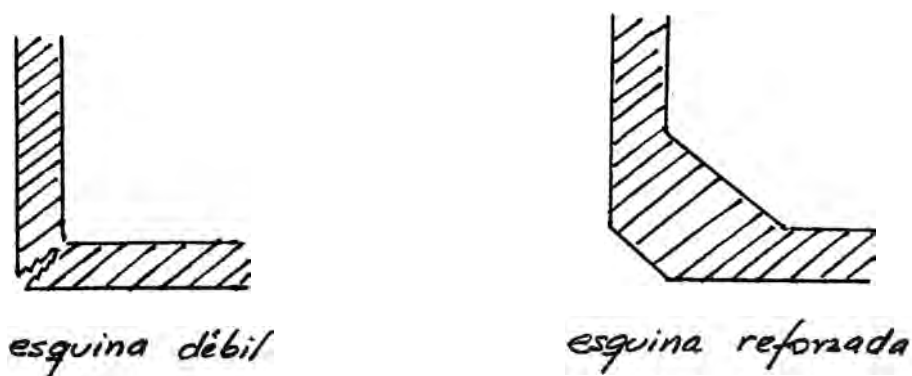


fig.1

d) El asbesto-cemento no permite su moldeo en ángulos perfectos, por lo general, cuando se requiere moldear algún producto que demande esta labor, se refuerza la zona con mayor cantidad de pasta tratando de suavizar las curvas, de lo contrario esta será la parte más débil del producto ya que la zona se torna quebradiza y pierde continuidad (homogeneidad de mezcla). Es obvio que reforzar los ángulos, demanda tiempo y mayor empleo de material.

fig. 2



e) De preferencia al asbesto-cemento se le emplea de tal manera que se aproveche al máximo la resistencia a los esfuerzos de flexión que le da las fibras de asbesto.

2.1.6.

Moldes

Estos se preparan generalmente de madera y el mismo

asbesto-cemento, de preferencia se han de emplear los moldes que permitan la facilidad de trabajo con la pasta fresca y que sea factible retirarlo al cabo de 24 hrs.

Para efecto de la fabricación de canales es factible preparar dos tipos de molde, tal explicación se hizo en la Primera Parte.

2.1.7. Conclusiones

Para efectos de preparar el diseño de un canal prefabricado de asbesto cemento se han de tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1.- En la medida que sea posible se evitará hacer el diseño de secciones de canal que tengan ángulos.
- 2.- Se ha de aprovechar al máximo la lámina de pasta fresca que tiene las dimensiones "límite" ya indicadas, sin retacearla ni recortarla para ahorrar tiempo de fabricación.
- 3.- Como los canales a fabricar eventualmente podrán

trabajar como "Flumes" donde deberán resistir esfuerzos a la flexión, se aprovechará en el diseño, la orientación de las fibras de asbesto de la pasta.

4.- Finalmente, puede afirmarse que el canal a diseñar ha de prepararse de una sola pieza y que el perímetro de la sección a escoger ha de corresponder al ancho de la pasta, es decir 1.15 mts.

2.2.

ASPECTO HIDRAULICO

Todo diseño de canales considera el aspecto hidráulico como esencial y como ya se tiene estudiado e indicado en todos los tratados de Hidráulica, existen las denominadas "Secciones Hidráulicas Eficientes" practicables en cuanto a la construcción del canal en el caso de contar con material no erosionable; en la Primera Parte ya se ha considerado este aspecto, en esta ocasión se hará un estudio de las secciones hidráulicas más factibles de elaborar como canales pre-fabricados de asbesto cemento.

2.2.1. Secciones hidráulicas moldeables

Tomando en cuenta las Conclusiones del Aspecto Constructivo, las únicas secciones hidráulicas eficientes moldeables serían:

- a) Sección Semicircular
- b) Sección Parabólica

Las demás secciones han de descontarse por estar conformadas en su perímetro por ángulos, dificultosos de moldear.

2.2.2. Otras secciones hidráulicas moldeables

Además de las "secciones hidráulicas eficientes" existen otros tipos de canales, cuyas secciones son una combinación de las conocidas y que han sido desarrolladas por criterios de mejor uso o facilidad de construcción. Podemos citar las siguientes (Ref. A. Schoklitsch "Arquitectura Hidráulica").

- 1.- Ovoide puntiagudo
- 2.- Ovoide normal
- 3.- Ovoide normal invertido
- 4.- Ovoide ancho
- 5.- Ovalo vertical

- 6.- Capacete
- 7.- Círculo con canal
- 8.- Capacete con cuneta
- 9.- Capacete
- 10.-Círculo
- 11- Arco de círculo
- 12- Ovalo apaisado

Algunas redes de alcantarillado están diseñadas en base a la Sección Ovoidea normal por reunir características especiales tales como las que indica el autor A. Schoklitsch en su obra "Arquitectura Hidráulica" 1er. Tomo.

"En alcantarillas de igual caudal máximo, para pequeños caudales la sección ovoidea resulta preferible a la circular, porque en aquella son mayores la velocidad media y la fuerza de arrastre"

Por otro lado en el "Manual general URALITA" (de Eternit Española) Edición 1956-1957, en la Sección correspondiente a "Abastecimiento de Aguas" (Pag. 487) se hace referencia a la Sección Ovoide ú Oval.

"La sección oval clásica se traza, generalmente, con cuatro centros: uno, en el cruce del eje de simetría con la línea de arranque de la bóveda de radio r ; otro, sobre el mismo eje a distancia $\frac{3}{4}r$ del anterior, que es el de la curva del fondo (con radio $\frac{r}{2}$), y otros dos, prolongando la línea de arranque describiendo arcos de radio $3r$, que enlazan tangencialmente con los arcos de bóveda y solera.

La ventaja única que presentan las secciones ovales sobre las circulares es su mejor sección hidráulica para pequeños caudales, dado el estrechamiento de su base".

En consecuencia, dados estos antecedentes, hemos de considerar esta sección como la mas adaptable a ser pre-fabricada en asbesto-cemento.

2.2.3.

Análisis de las Secciones Hidráulica Moldeables

De acuerdo a lo indicado en los párrafos anteriores las secciones de canales que podrían pre-fabricarse con asbesto-cemento son:

- a) Sección Semicircular
- b) Sección Parabólica
- c) Sección Ovoidea

Características comunes de las canales de diversas secciones:

Largo : 2.44 mts.

Perímetro de

la sección : 1.15 mts.

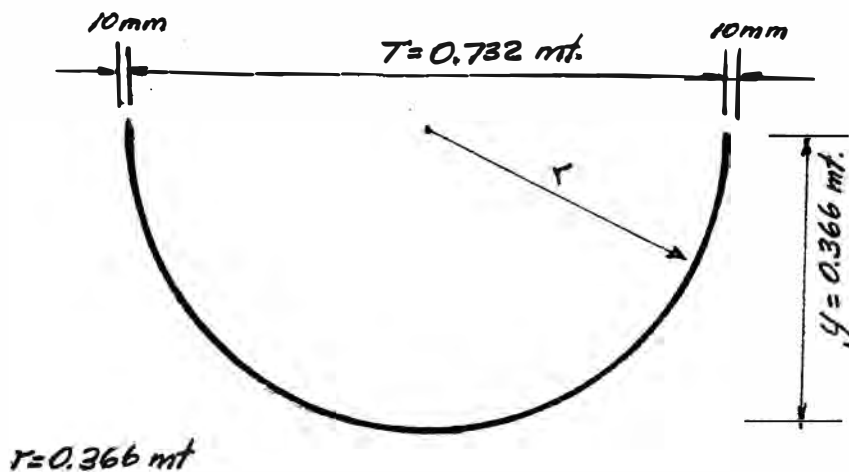
Espesor : 10 mm.

Peso aproximado = 60 kgs.

2.2.4.

Dimensionamientos:

a) Sección Semicircular



Elementos de la sección;

$$T = 0.732 \text{ m}$$

$$y = 0.366 \text{ m.}$$

$$\text{Area de A} = 0.210 \text{ m}^2$$

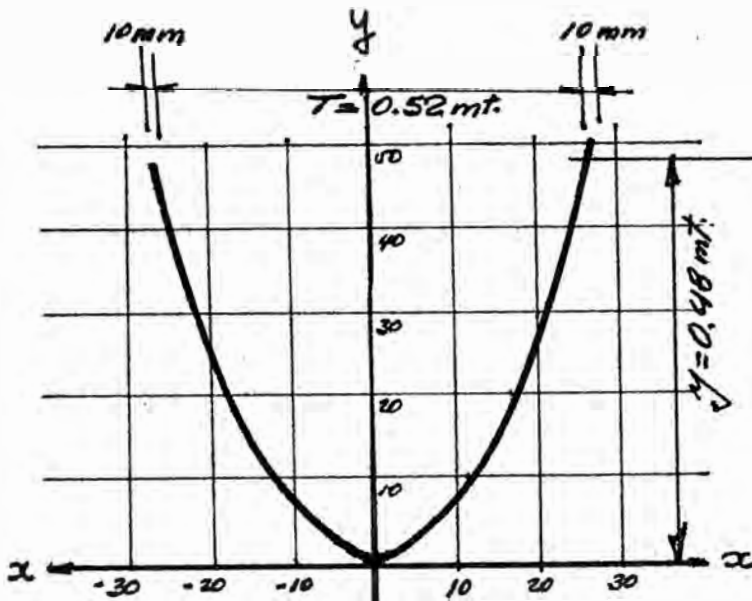
la sección

$$\text{Radio Hidráulico } R = 0.183 \text{ m}$$

Perímetro de la
sección

$$D = 1.15 \text{ mts.}$$

b) Sección Parabólica



Ecuación....

$$x^2 = ky$$

$$x = \frac{T}{2} \quad y = h$$

$$x^2 = 0.133y$$

Puntos de la Parábola

y	x
0	0
0.05	±0.07
0.10	±0.11
0.20	±0.16
0.30	±0.20
0.40	±0.23
0.48	±0.26

Elementos de la Sección:

$$T = 0.52 \text{ m}$$

$$y = 0.48 \text{ m.}$$

$$\text{Area } A = \frac{2}{3} (0.52) (0.48) = 0.166 \text{ m}^2.$$

Para la relación $\frac{y}{T} = \frac{0.48 \text{ m}}{0.52 \text{ m}} = 0.923$ le corresponde

un factor $c = 0.30$ (Tabla 86. Factor para determinar el radio hidráulico, R , de la sección transversal de un canal parabólico- del "Manual de Hidráulica" de H. King).

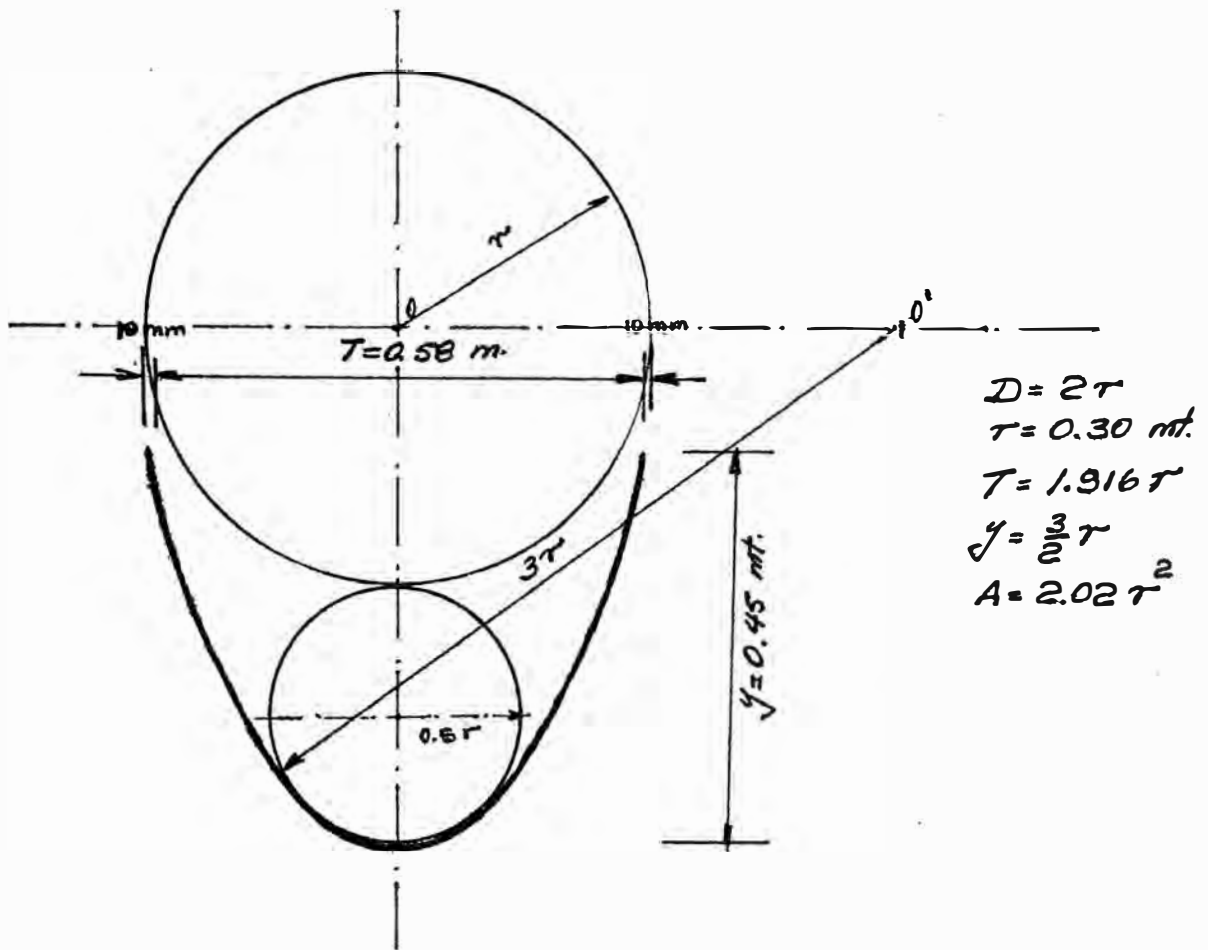
$$R = c.y. = (0.30) (0.48 \text{ m}) = 0.144 \text{ m.}$$

$$\text{Radio Hidráulico } R = 0.144 \text{ m.}$$

$$\begin{array}{l} \text{Perímetro de } P = \frac{A}{R} = \frac{0.166 \text{ m}^2}{0.144} = 1.15 \text{ m.} \\ \text{la sección} \end{array}$$

Nota: Para efectos de ajustar la dimensión del perímetro del canal a 1.15 mt (límite de pasta) se determinó la ecuación de la parábola que corresponde a la expresión $x^2 = 0.133 y$ donde encuadran perfectamente los valores dados como elementos de la sección.

c) Sección Ovoidea



Para efectos de determinar los elementos de la sección ovoidea se ha procedido de la siguiente manera:

En vista que tenemos el valor limitante del perímetro igual a 1.15 mts. no podía haberse construido un canal ovoide

perfecto (ovoide normal-"Arquitectura Hidráulica" de A. Schoklitch) cuyo perímetro de 1.15 mt abarcará la parte inferior de la sección a partir del diámetro del círculo mayor; en base a tanteos se determinó que el canal cuyas dimensiones que mas se adaptan al perímetro límite corresponden a aquel presentado en la figura.

Elementos de la sección:

$$T = 0.58 \text{ m.}$$

$$y = 0.45 \text{ m.}$$

$$\text{Area } A = 0.181 \text{ m}^2$$

$$R = 0.164 \text{ m.}$$

2.2.5. Comportamiento Hidráulico de los canales

Teniendo las características de las secciones propuestas para diseñar en definitiva el canal, podemos analizar cual sería su comportamiento hidráulico en caso que estuvieran en funcionamiento .

Como todos los canales deben trabajar con bordes libres, entonces podemos considerar una comparación entre los 3 tipos de canales escogidos, tal comparación la haremos tomando en cuenta lo siguiente:

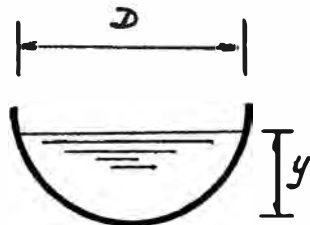
a) La sección de canal que nos ha de satisfacer será aquella que no disminuye significativamente su gasto ni las velocidades a medida que descienda el tirante.

b) Consideraremos los tres tipos de secciones trabajando con la pendiente común de 1‰ y con tirantes del 90-80-75-70-60-50-40-30-20-y 10% del tirante total (y)

c) Se ha de emplear la fórmula de Manning. por ser la mas usual en el cálculo de canales.

Cuadros de Valores

Sección: Semicircular



$$Q = \frac{K}{n} y^{8/3} S^{1/2}$$

y = tirante (mts).

S = 1‰ = 0.001

n = 0.012

K = factor de gasto (Tabla 96. Horace King)

Q = m³/seg.

CUADRO N°1

y/D	y	K	$y^{8/3}$	Q	A	v
%	mt			m ³ /seg	m ²	m/seg
100	0.366	0.989	0.069	0.179	0.208	0.860
90	0.33	1.090	0.052	0.149	0.180	0.827
80	0.29	1.22	0.037	0.118	0.152	0.776
75	0.27	1.30	0.030	0.102	0.135	0.755
70	0.25	1.35	0.025	0.088	0.123	0.715
60	0.22	1.51	0.018	0.071	0.103	0.689
50	0.18	1.75	0.010	0.046	0.074	0.620
40	0.15	1.99	0.006	0.031	0.058	0.540
30	0.10	2.55	0.002	0.013	0.033	0.393
20	0.07	3.11	0.0008	0.006	0.018	0.330

Sección: Parabólica

$$Q = \frac{k}{n} y^{8/3} S^{1/2} \quad A = \frac{2}{3} Ty$$

y = tirante (mts)

S = 1‰ = 0.001

n = 0.012

K = Factor de gasto

Q = m³/seg

A = área (m²)

CUADRO N° 3

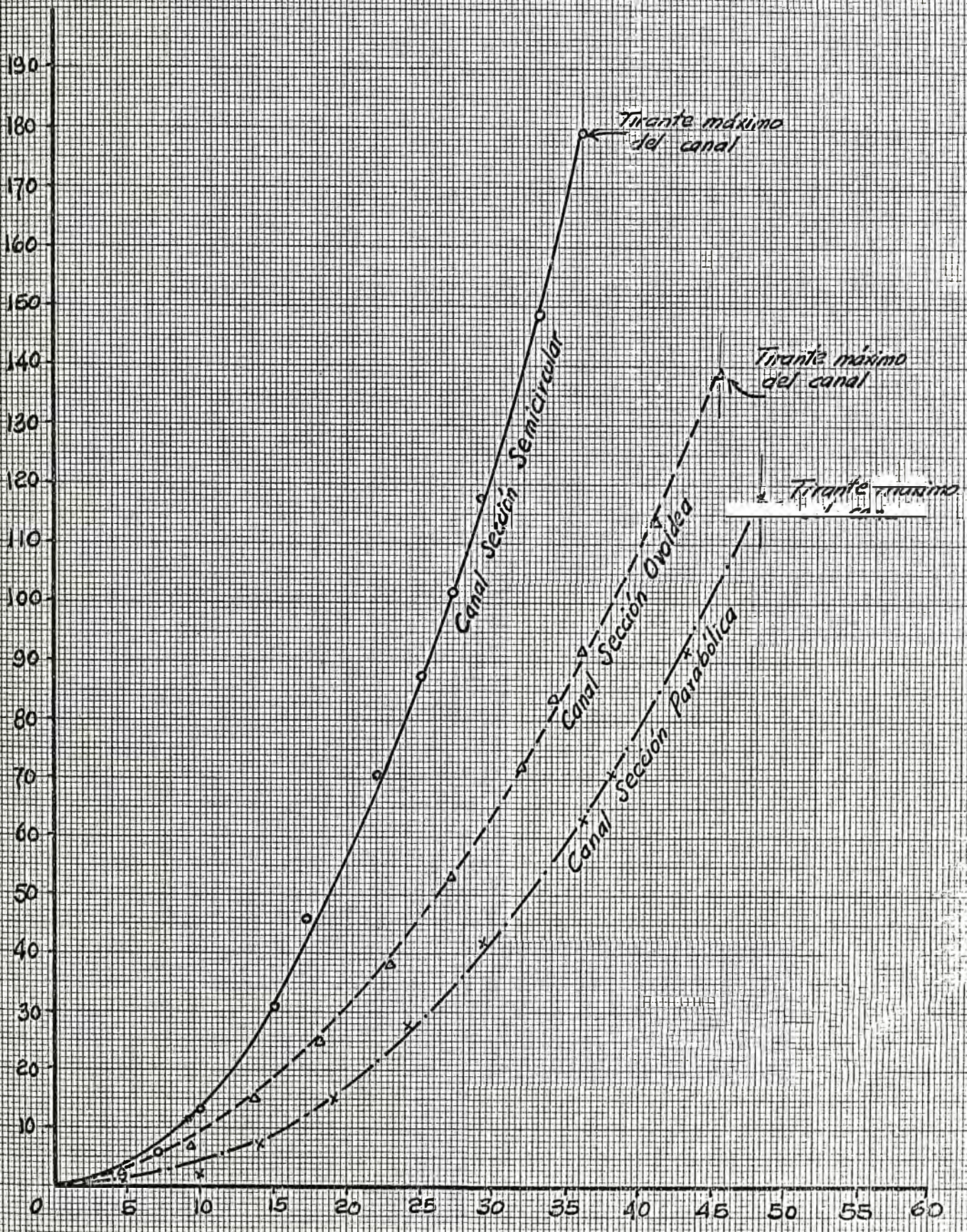
y/T	y	$y^{8/3}$	K	$(y)^{8/3}K$	Q	A	V
%	mt				m ³ /seg	m ²	m/seg
100	0.48	0.141	0.320	0.045	0.118	0.166	0.710
90	0.43	0.105	0.334	0.035	0.092	0.134	0.686
80	0.38	0.076	0.357	0.027	0.071	0.111	0.639
75	0.36	0.066	0.370	0.024	0.063	0.102	0.617
70	0.34	0.056	0.390	0.021	0.055	0.094	0.585
60	0.29	0.037	0.436	0.016	0.042	0.074	0.567
50	0.24	0.022	0.512	0.011	0.028	0.056	0.500
40	0.19	0.012	0.583	0.006	0.015	0.038	0.394
30	0.14	0.005	0.743	0.003	0.007	0.024	0.290
20	0.10	0.002	0.928	0.001	0.002	0.014	0.142
10	0.048	0.00034	1.440	0.0004	0.001	0.004	

En base a los cuadros 1, 2 y 3 podemos elaborar el cuadro N° 4 que reúne los valores que nos interesa graficar.

CUADRO N° 4

y/T	SECCION SEMICIRCULAR			SECCION OVOIDEA			SECCION PARABOLICA		
	y	Q	v	y	Q	v	y	Q	v
%	mt	m3/seg	m/seg	mt	m3/seg	m/seg	mt	m3/seg	m/seg
100	0.366	0.179	0.860	0.456	0.139	0.766	0.48	0.118	0.710
90	0.33	0.149	0.827	0.410	0.114	0.732	0.43	0.092	0.686
80	0.29	0.118	0.776	0.364	0.092	0.698	0.38	0.071	0.639
75	0.27	0.102	0.755	0.342	0.082	0.682	0.36	0.063	0.617
70	0.25	0.088	0.715	0.319	0.072	0.664	0.34	0.055	0.585
60	0.22	0.071	0.689	0.273	0.053	0.613	0.29	0.042	0.567
50-	0.18	0.046	0.620	0.228	0.038	0.566	0.24	0.028	0.500
40	0.15	0.031	0.540	0.182	0.025	0.500	0.19	0.015	0.394
30	0.10	0.013	0.393	0.136	0.015	0.456	0.14	0.007	0.290
20	0.07	0.06	0.330	0.091	0.007	0.371	0.10	0.002	0.142
10	0.003			0.045	0.003	0.324	0.048	0.001	

Con el cuadro N° 4 elaboramos los gráficos N° 1 y N° 2.



TIRANTE (cms.)

GRAFICO N° 1
 Relación:
 TIRANTE vs. GASTO
 Para diversas secciones de

Comentarios respecto al gráfico Comparativo N°1

Observando las curvas que se forman al plotear los puntos de las ordenadas Gasto (lps) vs. tirante de agua (cms) podemos interpretar fácilmente que las curvas de mas pendiente son las correspondientes a los canales de sección parabólica y sección ovoídea, esto significa que la disminución del tirante de agua en el canal no necesariamente indica gran disminución de gasto, para demostrar esto elaboraremos el Cuadro N°5 que implica los diversos gastos a conducir en cada canal con relación a sus tirantes de agua disminuidos de 5 en 5 cms.

CUADRO N° 5

TIPO DE CANAL	y Q	Δy y' Q'	Δy y'' Q''	Δy y''' Q'''	Δy y^{IV} Q^{IV}	Δy y^V Q^V
SEMICIRCULAR	36 179	5 31 133	10 26 96	15 21 63	20 16 36	25 11 16
OVOIDE	45 139	5 40 109	10 35 86	15 30 65	20 25 47	25 20 31
PARABOLICO	48 118	5 43 94	10 38 74	15 33 55	20 28 38	25 23 24

y = tirante a sección llena (cms)

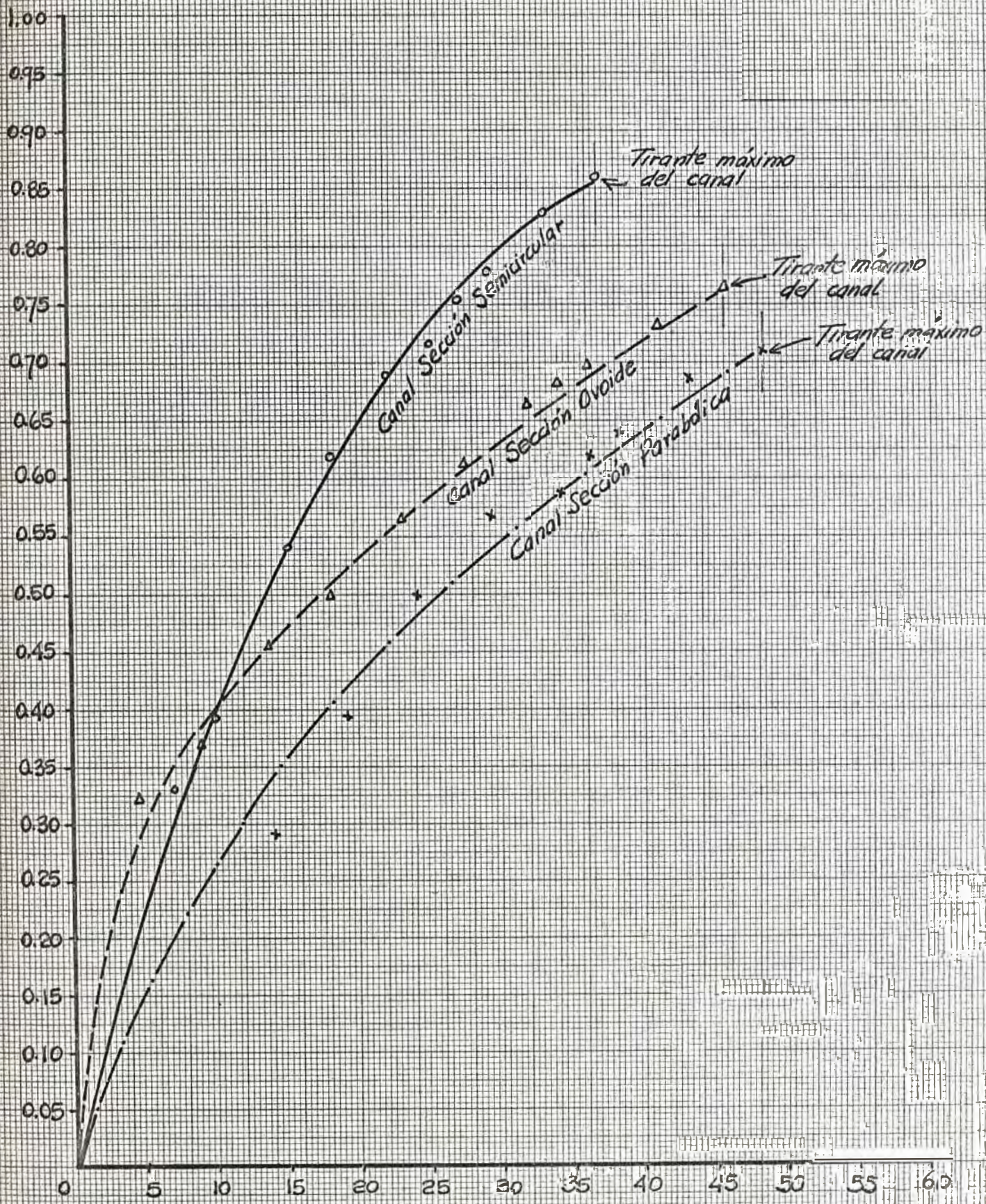
Q = Gasto a sección llene (l.p.s.)

Δy = disminución del tirante con respecto al de sección llena (cms)

$y', y'', y''' \dots$ = nuevos tirantes (cms)

$Q', Q'', Q''' \dots$ = gastos correspondientes a los nuevos tirantes (lps.)

De acuerdo al Cuadro N°5 puede afirmarse que a medida que disminuye el tirante el canal que mas caudal conduce es el de sección ovoídea.



TIRANTE (cm)

GRATIFICIO N.º 2
 Relación
 TIRANTE vs VELOCIDAD
 para diversas Secciones

CUADRO N° 6

TIPO DE CANAL	y	V	Δy	y'	V'	Δy	y''	V''	Δy	y'''	V'''	Δy	y^{IV}	V^{IV}	Δy	y^V	V^V
SEMICIRCULAR	36	0.86	5	31	0.79	10	26	0.73	15	21	0.66	10	16	0.57	25	11	0.44
OVOIDE	45	0.76	5	40	0.72	10	35	0.69	15	30	0.64	20	25	0.59	25	20	0.53
PARABOLICO	48	0.71	5	43	0.68	10	38	0.64	15	33	0.58	20	28	0.54	25	23	0.47

y = tirante a sección llena (cms)

V = Velocidad a sección llena (m/seg)

Δy = disminución del tirante con respecto
al de sección llena (cms)

$y', y'', y''' \dots$ = nuevos tirantes (cms)

$V', V'', V''' \dots$ = velocidades correspondientes a los nuevos tirantes (m/seg)

Otros aspectos a considerar

1.- En base a la gráfica N° 1, si nos propusiéramos llenar un caudal de 100 lps con una $S=1\%$ por cada uno de los tres tipos de canal, los bordes libres que se tendrán serían los siguientes:

CANAL	GASTO	TIRANTE	BORDE LIBRE
SEMICIRCULAR	100 lps	25.4 cm.	11.2 cms.
OVOIDE	100 lps	37.8 cm.	7.2 cm.
PARABOLICO	100 lps	44.0 cm.	4.0 cm

2.- Pero debe considerarse el caso de pérdidas por evaporación, es obvio que esta será mayor cuanto mas superficie de exposición del líquido haya; en nuestro caso no nos convendría un canal de sección muy amplio en la parte superior, podría deschecharse la sección semicircular de abertura 73.2 cms. y considerar las secciones ovoidea y parabólica con aberturas 58 cms. y 52 cms respectivamente.

Expresando en porcentajes las superficies expuestas, la sección semicircular es un 26% y un 40% mayor que las secciones ovoidea y parabólica.

2.2.6. Conclusiones

Habiéndose hecho las comparaciones de las tres secciones de canal que pueden fabricarse con asbesto-cemento; suponiéndolos en funcionamiento con una sola pendiente y empleando las fórmulas de Manning puede indicarse lo siguiente:

a) Por ser importante el asunto del tirante de agua y la seguridad de tener un borde libre en el canal sin desmedro de perder el gasto a conducir, la sección que mas nos satisface es la ovoidea.

b) Tal como indican diversos autores en sus libros de Hidráulica es preferible contar con velocidades mas o menos altas en el fondo del canal para efectos de arrastrar con seguridad algunas partículas sólidas que podrían depositarse. Esto ocurre con la sección ovoidea.

2.3. ASPECTO ESTRUCTURAL

A fin de determinar la mejor sección que ha de ser la mas eficiente desde el punto de vista de resistencia se hace necesario efectuar análisis estructurales de las secciones hidráulicas propuestas.

2.3.1. Análisis estructural teórico de la sección:

Este análisis tiene por finalidad evaluar los valores de los módulos resistentes y los esfuerzos del canal suponiéndolo en servicio, para compararlos con los valores resistentes del asbesto cemento y poder conocer así cual sería el grado de confiabilidad del diseño .

Para el efecto, todos los tipos de canal considerados tendrán la característica común de estar compuestos por unidades pre-fabricadas de los siguientes dimensiones

perímetro de la sección	: 1.15 mts
largo	: 2.44 mts
espesor	: 10 mm
peso	: 45 kg

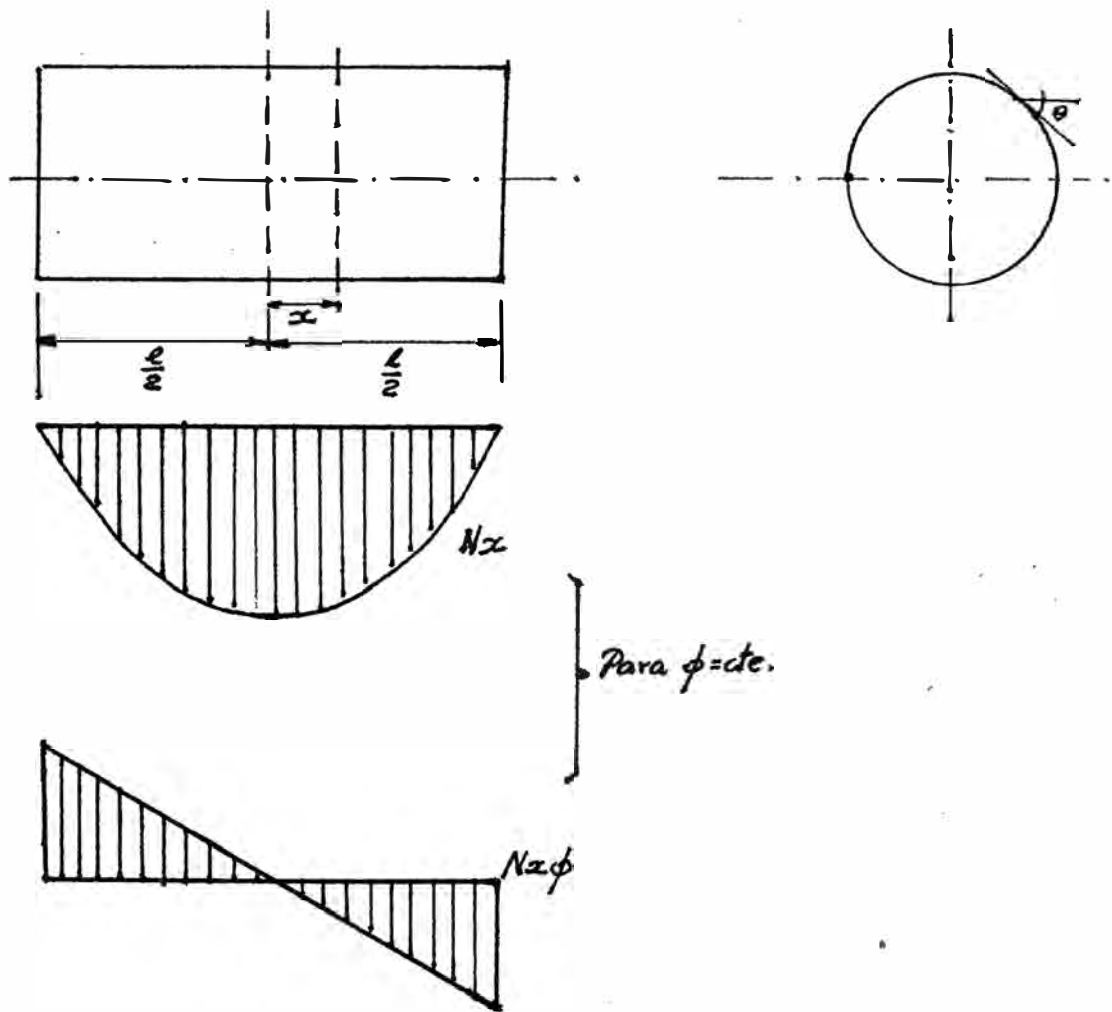
Los canales analizados se han considerado, que al funcionar como "Flumes", aspecto mas desfavorable de su uso, se comportan como vigas simplemente apoyadas en sus extremos.

Al respecto, los autores Linsley y Franzini en su obra "Ingeniería de los Recursos Hidráulicos" del año 1972 Editorial CECSA en el Capítulo relacionado a los canales a Cielo Abierto indican lo siguiente:

"Un acueducto o puente-canal (flumes) es un conducto de madera, de madera o metálico que generalmente va apoyado arriba del terreno. El conducto del puente-canal, debe diseñarse para que soporte a su propio peso y el del agua, y que trabaje como una viga entre los apoyos".

La consideración del canal apoyado en sus extremos como viga se sustenta con la "Teoría de esfuerzos en membranas cilíndricas" expuesta por el autor Flugge-Wilhelm en la obra "Stress in Shells (1962) .

En tal obra se indica que las estructuras propuestas pueden considerarse como membranas, estas pueden ser anillos, arcos, tabiques delgados, etc. El caso mas simple e importante (caso de frontera) es el de una membrana de longitud "l" soportada en sus extremos.



Tenemos como consideraciones de frontera:

$$N_x = 0 \text{ cuando } x = \frac{\pm l}{2}$$

Tomando en cuenta las ecuaciones

$$N_{x\phi} = - \left(p\phi + \frac{\delta}{r} \frac{dN\phi}{d\phi} \right) x + \delta I(\phi)$$

$$= -x F(\phi) + \delta_1(\phi)$$

$$N_x = \frac{x^2}{2r} \frac{dF(\phi)}{d\phi} - \frac{x}{r} \frac{d\delta_1(\phi)}{d\phi} + \delta_2(\phi)$$

$$\delta_1(\phi) = 0 \qquad \delta_2(\phi) = - \frac{\ell^2}{8r} \frac{dF(\phi)}{d\phi}$$

introduciendo el valor N_x en las ecuaciones anteriores tenemos:

$$N_{x\phi} = - x F(\phi)$$

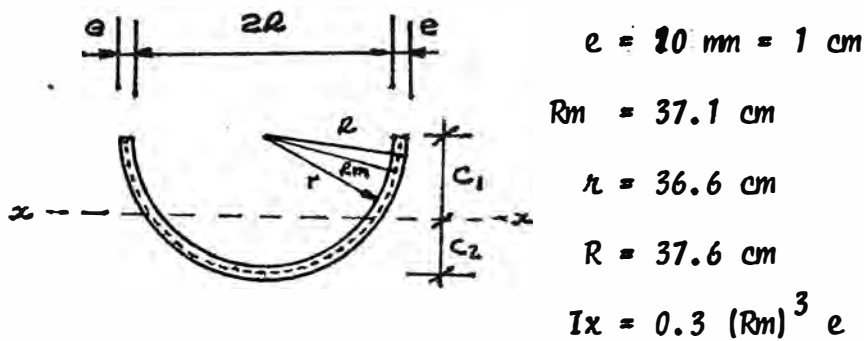
$$N_x = - \frac{1}{8r} \frac{(\ell^2 - 4x^2) dF(\phi)}{d\phi}$$

Si se emplearon estas fórmulas para hacer los gráficos de distribución de esfuerzos (figura anterior) se nota que esta distribución es semejante al de los esfuerzos de una viga simplemente apoyada de longitud ℓ con carga uniformemente repartida.

Correspondientemente, las fuerzas N_x se distribuyen en la dirección x tal como las fuerzas cortantes en una viga. Esto indica que ~~una~~ cuerpo cilíndrico (membrana) en estas condiciones, se comporta como una viga.

2.3.2. Análisis estructural de la viga-canal
Sección semicircular

a) Momento de Inercia de la sección



$$I_x = 0.3 (37.1)^3 \cdot 1$$

$$\underline{I_x = 15,319.4 \text{ cm}^3}$$

b) Distancias de la fibra neutra a los fibras extremas.

$$C_1 = \frac{4}{3\pi} \frac{(R^2 + Rr + r^2)}{R + r}$$

$$C_1 = \frac{4}{3\pi} \frac{(37.6^2 + 37.6 \times 36.6 + 36.6^2)}{37.6 + 36.6}$$

$$\underline{C_1 = 23.6 \text{ cm}}$$

$$C_2 = R - C_1$$

$$C_2 = 36.6 - 23.6$$

$$\underline{C_2 = 13 \text{ cm}}$$

c) Determinación de los Momentos Resistentes

De la relación:

$$Z = \frac{I}{C}$$

obtenemos los momentos resistentes de la sección:

$$Z_1 = \frac{I}{C_1} \quad Z_1 = \frac{15,319.4 \text{ cm}^4}{23.6 \text{ cm}} = 649.1 \text{ cm}^3$$

$$Z_1 = \underline{649.1 \text{ cm}^3}$$

$$Z_2 = \frac{I}{C_2}$$

$$Z_2 = \frac{15,319.4 \text{ cm}^4}{13 \text{ cm}} = 1178.4 \text{ cm}^3$$

$$Z_2 = \underline{1178.4 \text{ cm}^3}$$

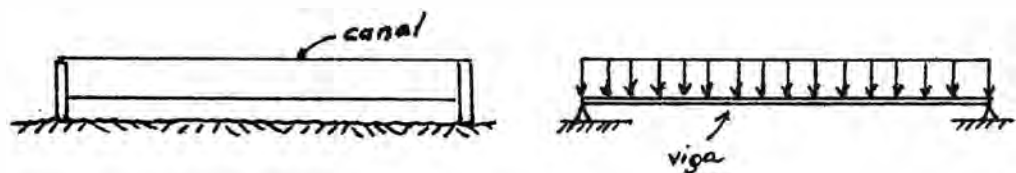
d) Cargas y esfuerzos en el canal

Cargas a considerar

P_1 = peso propio del canal

P_2 = peso del agua (al tope)

Analogía del canal apoyado, con una viga:



1) peso propio del canal

$$\rho_{\text{asbesto cemento}} = 1600 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen de pasta} &= 2.44 \text{ m} \times 1.15 \text{ m} \times 0.01 \text{ m} \\ &= 0.028 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$P_1 = \rho V = (1,600 \text{ kp/m}^3) (0.028 \text{ m}^3)$$

$$\underline{P_1 = 45. \text{ kg}}$$

II) peso del agua:

Volumen que ocupa = largo del canal \times área de la sección

$$V = 2.44 \text{ m} \times 0.208 \text{ m}^2$$

$$V = 0.507 \text{ m}^3$$

$$\rho_{\text{agua}} = 1000 \text{ kp/m}^3$$

$$P_2 = \rho \cdot V = (1000 \text{ kp/m}^3) (0.507 \text{ m}^3)$$

$$\underline{P_2 = 507 \text{ Kp}}$$

$$\text{Peso total } P_T = P_1 + P_2$$

$$\underline{P_T = 552 \text{ Kp}}$$

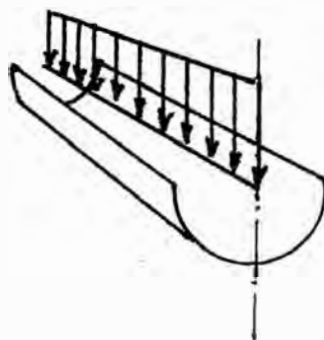
e) Repartición lineal del peso en el canal

empleando la relación

$$w = \frac{P_T}{L}$$

para repartir la carga

$$\underline{w = 552 \text{ Kg}}$$



$$w = \underline{226.23 \text{ Kp/ml}}$$

f) Cálculo del momento flector máximo

$$M = \frac{wL^2}{8}$$

$$M = \frac{(226.23 \text{ Kg/ml}) (2.44 \text{ m})^2}{8} = 168.17 \text{ kpf-m}$$

$$M = \underline{16,817 \text{ Kp - cm}}$$

g) Esfuerzos en la viga canal

Se ha de emplear la relación.

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

donde: σ = esfuerzo (tensión) Kp/cm^2

M = momento de flexión Kp-cm

Z = momento resistente cm^3

Esfuerzos totales; debidos al peso propio y al peso del agua.

$$\sigma_1 = \frac{M}{Z_1}$$

$$\sigma_1 = \frac{16,817. \text{ Kp} - \text{cm}}{649.1 \text{ cm}^3} = 25.90 \text{ Kp/cm}^2$$

$$\sigma_1 = 25.90 \text{ Kp/cm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{M}{Z_2}$$

$$\sigma_2 = \frac{16,817 \text{ Kp} - \text{cm}}{1178.4} = 14.28 \text{ Kp/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 14.28 \text{ Kp/cm}^2$$

h) Flecha probable (Δ)

$$\Delta = \frac{5}{384} \frac{(q + w) L^4}{E.I}$$

donde:

Δ = cms.

q = peso del canal por cm. (0.24 Kp/cm)

w = peso del agua por cm. de canal (2.07 Kp/cm)

L = largo del canal (2.44 cm)

* E = módulo de elasticidad = 120,000 Kp/cm²

I = momento de inercia de la sección del canal, cm⁴

$$\Delta = \frac{5 (2.31 \text{ kg/cm}) (2.44 \text{ cm})^4}{384 (120,000 \text{ kg/cm}^2) (15,319.4 \text{ cm}^4)}$$

$$\Delta = \underline{0.057 \text{ cm}}$$

i) Factores de seguridad (f) a los esfuerzos de flexión .

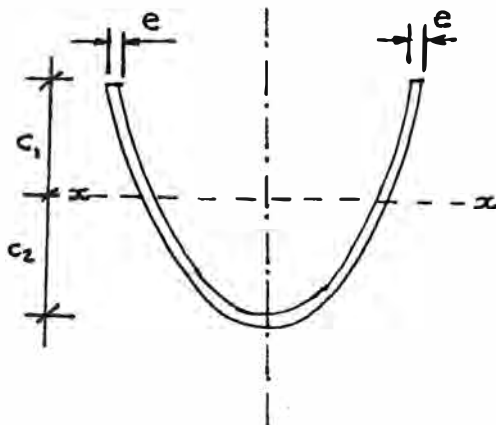
Considerando el $\sigma = 60 \text{ kg/cm}^2$ para el asbesto cemento, los valores de " f " serían.

$$f_1 = \frac{\sigma}{\sigma_1} = \frac{60 \text{ kg/cm}^2}{25.90 \text{ kg/cm}^2} = 2.3$$

$$f_2 = \frac{\sigma}{\sigma_2} = \frac{60 \text{ kg/cm}^2}{14.28 \text{ kg/cm}^2} = 4.2$$

Sección Ovoidea

a) Momento de Inercia de la sección



$$e = 10 \text{ mm} = 1 \text{ cm}$$

$$c_1 = 25.7 \text{ cm}$$

$$r = 30 \text{ cm}$$

$$c_2 = 19.3 \text{ cm}$$

$$I_{xx} = (1.056) r^3 \cdot e$$

$$I = \underline{28,512 \text{ cm}^4}$$

b) Determinación de los momentos resistentes. (2)

$$Z_1 = \frac{I}{C_1} = \frac{28,512 \text{ cm}^4}{25.7 \text{ cm}} = 1,109.4 \text{ cm}^3$$

$$\underline{Z_1 = 1,109.4 \text{ cm}^3}$$

$$Z_2 = \frac{I}{C_2} = \frac{28,512 \text{ cm}^4}{19.3 \text{ cm}} = 1,477.3 \text{ cm}^3$$

$$\underline{Z_2 = 1,477.3 \text{ cm}^3}$$

c) Pesos del canal.

$$P_1 = \text{Peso propio} = 45.000 \text{ kg}$$

$$P_2 = \text{Peso del agua} = \text{Area sección} \times L \times \rho$$

$$= 0.181 \text{ m}^2 \times 2.44 \text{ m} \times 1,000 \text{ kg/m}^3$$

$$= 441 \text{ kg}$$

$$P_2 = 441 \text{ kg}$$

= Peso total

$$P_T = P_1 + P_2 = 45 \text{ Kg} + 441 \text{ kg}$$

$$\underline{P_T = 486 \text{ Kg}}$$

d.- Repartición lineal del peso en el canal (w)

$$w = \frac{P_T}{L}$$

$$w = \frac{441 \text{ Kg}}{2.44 \text{ m}} =$$

$$w = \underline{199.20 \text{ Kg/ml}}$$

d).- Cálculo del momento flector máximo

$$M_j = \frac{wL^2}{8}$$

$$M_j = \frac{(199.20 \text{ Kg/ml}) (2.44 \text{ m})^2}{8} = 148.2 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

$$\underline{M = 14,820 \text{ Kg} \cdot \text{cm}}$$

f) Esfuerzos en la viga canal

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_1 = \frac{M}{Z_1} = \frac{14,820 \text{ Kg} \cdot \text{cm}}{1,109.4 \text{ cm}^3} = 13.35 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\underline{\sigma_1 = 13.35 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{M}{Z_2} = \frac{14,820 \text{ Kg} \cdot \text{cm}}{1,477.3 \text{ cm}^3} = 10.03 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\underline{\sigma_2 = 10.03 \text{ Kg/cm}^2}$$

h) Flecha probable

$$\Delta = \frac{5}{384} \frac{(q + w) L^4}{E.I.}$$

$$\Delta = \frac{5}{384} \frac{(2.05 \text{ Kg/cm}) (2.44 \text{ cm})^4}{(120,000 \text{ Kg/cm}^2) (28,512 \text{ cm}^4)}$$

$$\underline{\Delta = 0.027 \text{ cm}}$$

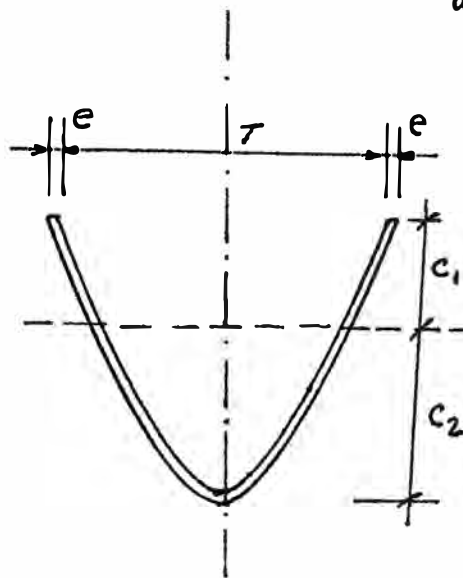
i) Factores de seguridad (f) a los esfuerzos de flexión.

$$\sigma = 60 \text{ Kp/cm}^2 \text{ (asbesto-cemento)}$$

$$f_1 = \frac{\sigma}{\sigma_1} = \frac{60 \text{ Kp/cm}^2}{13.35 \text{ Kp/cm}^2} = 4.50$$

$$f_2 = \frac{\sigma}{\sigma_2} = \frac{60 \text{ Kp/cm}^2}{10.03 \text{ Kp/cm}^2} = 6.00$$

Sección Parabólica



a) Momento de Inercia de la Sección.

$$e = 10 \text{ mm} = 1 \text{ cm}$$

$$c_1 = 22.6 \text{ cm}$$

$$c_2 = 25.4 \text{ cm}$$

$$I = 31,103 \text{ cm}^4$$

b) Determinación de los momentos resistentes

$$Z = \frac{I}{C}$$

$$Z_1 = \frac{I}{C_1} = \frac{31,103 \text{ cm}^4}{22.6 \text{ cm}} = 1,376.2 \text{ cm}^3$$

$$\underline{Z_1 = 1376.20 \text{ cm}^3}$$

$$Z_2 = \frac{I}{C_2} = \frac{31,103 \text{ cm}^4}{25.4 \text{ cm}} = 1,224.5 \text{ cm}^3$$

$$\underline{Z_2 = 1,224.5 \text{ cm}^3}$$

c) Pesos del canal.

$$P_1 = \text{peso del canal} = 45.000 \text{ Kp}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= \text{peso del agua} = \text{area sección} \times L \times \rho \\ &= 0.166 \text{ m}^2 \times 2.44 \text{ m} \times 1000 \text{ Kp/m}^3 \\ &= 405 \text{ Kp} \end{aligned}$$

$$\underline{P_2 = 405 \text{ Kp}}$$

Peso total

$$P_T = P_1 + P_2 = 45 \text{ Kp} + 405 \text{ Kp}$$

$$\underline{P_T = 450 \text{ Kp}}$$

d) Repartición lineal del peso en el canal

$$w = \frac{P_T}{L}$$

$$w = \frac{450 \text{ Kp}}{2.44 \text{ ml}}$$

$$2.44 \text{ ml}$$

$$w = \underline{184.40 \text{ Kp/ml}}$$

e) Cálculo del momento flector máximo

$$M = \frac{wL^2}{8}$$

$$M = \frac{(184.40 \text{ Kp/ml}) (2.44 \text{ m})^2}{8} = 137.21 \text{ Kp-mt}$$

$$\underline{M = 13,721 \text{ kp-cm}}$$

f) Esfuerzos en la viga canal

$$\sigma = \frac{M}{Z}$$

$$\sigma_1 = \frac{M}{Z_1} = \frac{13,721 \text{ kg-cm}}{1,376.2 \text{ cm}^3} = 9.97 \text{ kg/cm}^2$$

$$\underline{\sigma_1 = 9.97 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\sigma_2 = \frac{M}{Z_2} = \frac{13,721 \text{ kg-cm}}{1,244.5 \text{ cm}^3} = 11.02 \text{ kg/cm}^2$$

$$\underline{\sigma_2 = 11.02 \text{ kg/cm}^2}$$

h) Flecha probable

$$\Delta = \frac{5 (q + w) L^4}{384 \text{ E.I.}}$$

$$\Delta = \frac{5 (1.90 \text{ kg/cm}) (244 \text{ cm})^4}{384 (120,000 \text{ kg/cm}^2) (31,103 \text{ cm}^4)}$$

$$\Delta = \underline{0.023 \text{ cm}}$$


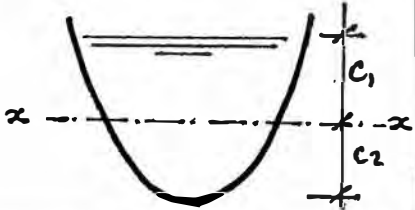
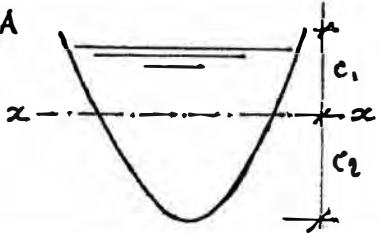
i) Factores de seguridad (f) a los esfuerzos de flexión.

$$\sigma = 60 \text{ kg/cm}^2 \text{ (asbesto-cemento)}$$

$$b_1 = \frac{\sigma}{\sigma_1} = \frac{60 \text{ kg/cm}^2}{9.97 \text{ kg/cm}^2} = 6$$

$$b_2 = \frac{\sigma}{\sigma_2} = \frac{60 \text{ kg/cm}^2}{11.02 \text{ kg/cm}^2} = 5.5$$

CUADRO RESUMEN DE LOS ESFUERZOS RESISTENTES A LA
FLEXION DE LAS SECCIONES DE CANAL

SECCION	PERIMETRO (cm)	AREA DE LA SECCION (m ²)	I (cm ⁴)	MOMENTO RE- SISTENTE DE (Z) (cm ³)	ESFUERZOS σ (kg/cm ²)	FLECHA PROBABLE Δ (cms)	FACTOR DE SEGURIDAD (f)
<u>SEMICIRCULAR</u> 	115	0.210	15,319.4	$Z_1 = 649.1$ $Z_2 = 1,178.4$	$\sigma_1 = 25.90$ $\sigma_2 = 14.28$	0.057	4.2
<u>OVOIDEA</u> 	115	0.181	28,512	$Z_1 = 1,109.4$ $Z_2 = 1,477.3$	$\sigma_1 = 13.35$ $\sigma_2 = 10.03$	0.027	6.0
<u>PARABOLICA</u> 	115	0.166	31,103	$Z_1 = 1,376.2$ $Z_2 = 1,224.5$	$\sigma_1 = 9.97$ $\sigma_2 = 11.02$	0.023	5.5

2.3.3. Prueba de carga del canal de sección ovoídea

Motivo de la Prueba

Esta prueba se realizó con el fin de conocer el comportamiento del canal cuando trabaje simplemente apoyado en sus extremos y se le apliquen cargas excepcionales. Además sirve para poder medir algún tipo de deformaciones tales como deflexión y desplazamiento o abertura de las paredes del canal.

Normalmente los canales solo transportarán agua con un tirante determinado, dejando un borde libre; el peso que ha de soportar el canal será el propio y el del agua y se supone que no han de ocurrir cargas excepcionales. Sin embargo, previendo que esto pudiese ocurrir, se preparó una Prueba de Cargas consistente en llenar con arena húmeda toda la capacidad del canal. Con esto nos daríamos una idea de lo que le podría suceder al elemento así cargado, sabiendo que soportaba un peso de aproximadamente 1.6 veces mayor que si tuviera agua solamente.

Condiciones de Evaluación

1.- La condición de evaluación parte de la base que el canal deberá resistir las condiciones de carga con seguridad adecuada.

2) Se llama seguridad adecuada a la condición de asegurar un factor de carga adecuado para condiciones de uso normal y condiciones excepcionales.

3) La condición normal se define como aquella en que el canal deberá resistir su peso propio (pp) mas el peso del agua (pw).

$$pp = 60.000 \text{ kg.}$$

$$pw = 442,000 \text{ kg.}$$

4) La condición excepcional se define como aquella en que el canal deberá resistir su peso propio (pp) mas una carga aumentada, superior a la del peso del agua (pw). Este aumento podría deberse a peso de un hombre, algún otro peso colocado sobre el canal, etc.

Elementos y Aparatos Empleados

1º Un elemento de canal de asbesto-cemento de sección ovoidea, con las dimensiones standard posibles de fabricar. A este canal fue necesario acondicionarlo de tal manera que se cubrieron sus extremos con planchas lisas de 5 mm. de espesor, de 4.5 kg. de

peso cada una, también de asbesto-cemento y pegadas con soldadura en frío.

2° Dos caballetes pre-fabricados en madera, de 3" de espesor, especialmente preparados para la prueba, de sección tal que abarca todo el perfil externo del canal. Estos caballetes permiten mantener el canal elevado a una altura de 0.35 mts. del suelo, suficiente como para poder instalar elementos de medición de deflexiones, etc.

3° Arena de construcción, que sirvió como elemento de carga.

4° Un depósito de dimensiones y capacidad conocidos que sirvió para cargar la arena de su depósito al canal.

5° Un instrumento de medición denominado "comparador standard de precisión", marca "Mauser" con alcance de medición de 11 mm. y lectura de 0.01 mm. de precisión según Normas DIN 878/1.

Procedimiento

Previamente a la prueba propiamente dicha se deter-

mi-nó la densidad de la arena empleada.

El canal se colocó sobre los 2 apoyos a caballetes instalados en un piso firme y nivelado disponiendo en la parte baja del canal y en el punto medio de la luz libre, el instrumento de medición con sus agujas de lectura en cero.

Inmediatamente después se procedió a cargar el canal, colocando la arena en su interior, con ayuda del depósito de capacidad conocida. La arena se vertió cuidadosamente, repartiéndola a lo largo del canal y distribuyéndola en forma pareja; se siguió así con esta operación hasta llenar al tope el canal. Es necesario anotar que entre cada operación de carga del canal o de vertido de arena, se efectuaba la lectura del instrumento, en este caso la deflexión; realizando las anotaciones respectivas.

Resultados

a) Canal

Dimensiones:

Largo : 2.44 m.

Ancho en la parte superior : 0.58 m.

Profundidad : 0.45 m.

Peso : 60.000 kg.
Espesor : 10 mm
Sección : Ovoide

b) Placas Planas

Dimensiones:

Largo : 0.70 m.
Ancho : 0.60 m.
Espesor : 5 mm.
Peso : 4.60 kg c/u.

c) Depósito

Sección (largo x ancho) : 0.235 x 0.235 m²
Profundidad : 0.34 m.
Volumen : 0.019 m³
Peso : 0.900 kg.

d) Arena

Cálculo de la Densidad:

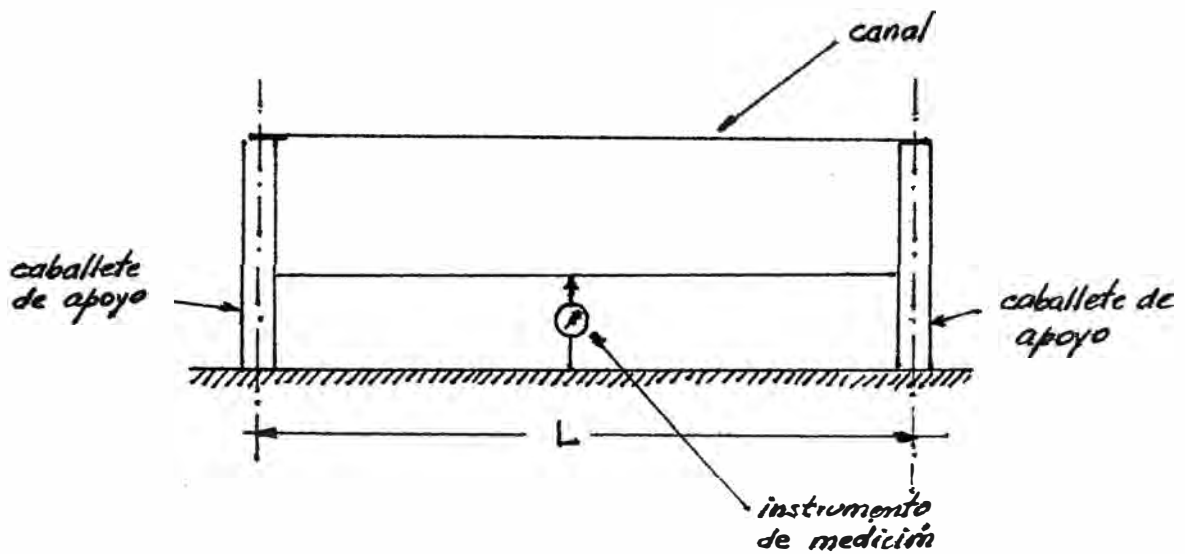
Peso de Arena y el depósito : 30.900 kg.
Peso de arena : 30,000 kg.

$$(\rho) \text{ Densidad} = \frac{P. \text{arena}}{\text{Volúmen}} = \frac{30,000 \text{ kg}}{0.019 \text{ m}^3} = 1,578 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho = 1.6 \text{ kg/dm}^3$$

e) Deflexión - Abertura de las paredes

Disposición para la Prueba de Carga.



RESULTADOS DEL ENSAYO

Lugar de la Prueba : Fábrica Peruana Eternit S.A.

Día : 6.8.76.

Hora : 2.45 pm.

Hecho por : C. Manuel Barahona C.

Cargas	Flecha en el Punto medio de la luz de apoyo	Desplazamiento (abertura) de las paredes
	kg	MM.
0	0.00	0.00
30	0.00	0.00
60	0.00	0.00
90	0.16	0.00
120	0.24	0.00
150	0.35	0.00
180	0.42	0.00
210	0.50	0.00
240	0.60	0.00
270	0.66	0.00
300	0.72	0.00
330	0.77	0.00
360	0.84	0.00
390	0.90	0.00
420	0.96	0.00
450	1.01	0.00
480	1.03	0.20
510	1.08	0.20
540	1.14	0.20
570	1.18	0.40
600	1.23	0.40
630	1.25	0.40
660	1.28	0.40
lle no 690	1.29	0.60

Esfuerzos en el canal de acuerdo a los valores de la Prueba de carga con arena

- Momento flector máximo

$$M = \frac{q l^2}{8}$$

q : peso del canal + tapas.....	0.38 kg/cm
carga.....	<u>2.82 kg/cm</u>
	3.10 kg/cm

$$l = 237.5 \text{ cm}$$

$$M = \frac{(3.10 \text{ kg/cm}) (237.5 \text{ cm})^2}{8}$$

$$M = 21,857 \text{ kg} - \text{cm}$$

- Momentos resistentes de la sección (Z)

$$Z_1 = 1,109.4 \text{ cm}^3$$

$$Z_2 = 1,477.3 \text{ cm}^3$$

- Esfuerzos (σ)

$$\sigma_1 = \frac{M}{Z_1} = \frac{21,857 \text{ kg} - \text{cm}}{1,109. \text{ cm}^3} = 19.70 \text{ kg/cm}^2$$

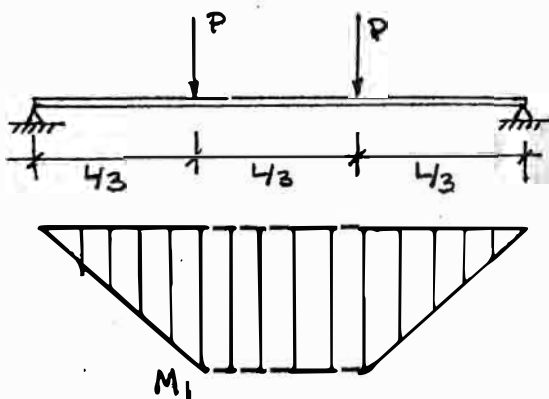
$$\sigma_2 = \frac{M}{Z_2} = \frac{21,857 \text{ kg-cm}}{1,477.3 \text{ cm}^3} = 14.80 \text{ kg/cm}^2$$

Comportamiento del canal con cargas concentradas

(Peso de 2 hombres)

Probablemente, por alguna circunstancia, podrá ocurrir que los canales estando instalados como "flumes" deban resistir el peso de 2 personas que ejecutan algún trabajo de limpieza, vamos a comprobar teóricamente el comportamiento de nuestro canal de sección ovoide y determinar los esfuerzos del material.

- Analogía con una viga apoyada.



$$P = 70 \text{ kg}$$

$$L = 244 \text{ cms.}$$

$$M_1 = P \left(\frac{L}{3} \right)$$

$$M_1 = 5,694 \text{ kg-cm}$$

M_2 = momento debido al peso del canal

$$M_2 = 2,828 \text{ kg-cm}$$

- Los momentos resistentes de la sección son los mismos.

$$Z_1 = 1109.4 \text{ cm}^3$$

$$Z_2 = 1477.3 \text{ cm}^3$$

- Los esfuerzos en la sección serían (σ)

$$\sigma_1 = \frac{(M_1 + M_2)}{Z_1} = \frac{8,522 \text{ kg-cm}}{1,109.4 \text{ cm}^3} = 7.70 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{(M_1 + M_2)}{Z_2} = \frac{8,522 \text{ kg-cm}}{1,477.3 \text{ cm}^3} = 5.80 \text{ kg/cm}^2$$

2.3.4.

Comentarios Finales

A) Respecto a la flecha o deflexión

Como se ha hecho analogía entre el canal apoyado en sus extremos con una viga uniformemente cargada puede muy bien adaptarse la fórmula que de la flecha máxima.

$$\delta = \frac{5}{384} \frac{(g + q) L^4}{E. I.}$$

donde:

$$g = \text{peso canal} + \text{peso tapas} = 69.200 \text{ kg} \dots 0.38 \text{ kg/cm}$$

$$q = \text{carga} : 690 \text{ kg} \dots \dots \dots 2.82 \text{ kg/cm}$$

$$3.10 \text{ ''}$$

$$L = 2,375 \text{ m} = 237.50 \text{ cm}$$

$$*E = 120,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 28,512 \text{ cm}^4$$

$$f = \frac{5}{384} \frac{(3.10 \text{ kg/cm}) (237.5 \text{ cm})^4}{(120,000 \text{ kg/cm}^2) (28,512 \text{ cm}^4)}$$

$$f = \underline{0.0375 \text{ cm} = 0.375 \text{ mm}}$$

Resulta que el valor obtenido en la prueba es de 1.29 mm. Sin embargo, puede considerarse que es una deflexión poco apreciable y excepcional en todo caso, desde el momento que hemos utilizado arena sabiendo que los canales han de conducir agua. Por

* Se ha considerado el valor $E = 120,000 \text{ kg/cm}^2$ como promedio, para el caso de productos de asbesto-cemento sometidos a flexión.

Ref: "Informe final del Proyecto de Investigación Eternit-ITINTEC, Nuevos Perfiles de asbesto-cemento" de Gallegos- Ríos-Cassabonne-Ucelli - Ings.

otro lado el elemento tal como ha sido probado, no es en realidad una viga de ahí que es probable que en este estén convergiendo otro tipo de esfuerzos pero que para nuestro caso no son de gran importancia, por lo que podemos considerar que los valores obtenidos en la prueba, son aceptables.

B) Respecto a los esfuerzos en el canal

- Los valores obtenidos $\sigma_1 = 19.70 \text{ kg/cm}^2$ y $\sigma_2 = 14.80 \text{ kg/cm}^2$ cargando el canal con arena son mucho menores al valor $\sigma = 60 \text{ kg/cm}^2$ usual en el material asbesto-cemento, de ahí que podría determinarse que estamos trabajando con factores de seguridad bastante holgados.

- Lo mismo podría afirmarse con los esfuerzos que existen en el canal si se les supone cargados con 2 cargas concentradas (ejm. 2 hombres durante la limpieza) Los valores obtenidos son mucho menores que en el caso anterior.

2.4.

ASPECTO: SISTEMA DE ENSAMBLE

Además de los aspectos hidráulicos y resistentes, im-

portantes para el diseño de este tipo de canales, no puede dejarse de analizar los tipos de "juntas" o "sistemas de ensamble" de los elementos pre-fabricados, pues de la perfección de estos dependerá también la eficacia del uso de los canales desde el punto de vista en cuanto a filtración se refiere.

El desarrollo del sistema de empalme se detalla a continuación, habiéndose tomado en cuenta la "sección ovoidea" considerada como la más eficiente.

2.4.1. Tipos de empalme normalmente empleados en elementos de asbesto-cemento o semejantes

a) Canaletas de asbesto-cemento para desague de agua de lluvia: (de 4" - 5" y 6", semicirculares)

Tipo de ensamble: espiga-campana (enchufe)

Elementos ajustador: ganchos

Elemento sellante : masilla plástica, asfaltos, brea, TI-PLAS, etc.

Referencia : Catálogos de los fabricantes.

Comentario : no es práctica la fabricación de enchufes en elementos grandes.

b) *Tubería de asbesto-cemento para agua:*

Tipo de ensamble : unión o manguito de asbesto-cemento.

Elemento ajustador:

Elemento sellante: anillos de jebe, dentro de la unión.

Referencia : catálogos de los fabricantes

Comentario : El principio del uso de empaquetaduras (anillos) es aprovechable para unir los canales.

c) *Placas pre-fabricadas de concreto para canaletas de riego.*

Tipo de ensamble: a tope

Elemento ajustador: Apoyado sobre el terreno.

Elemento sellante : asfalto RC-250 entre las juntas de dilatación

Comentario : Es un sistema que motiva fugas a través de las juntas.

De los tres tipos de empalme indicados se ha de to-

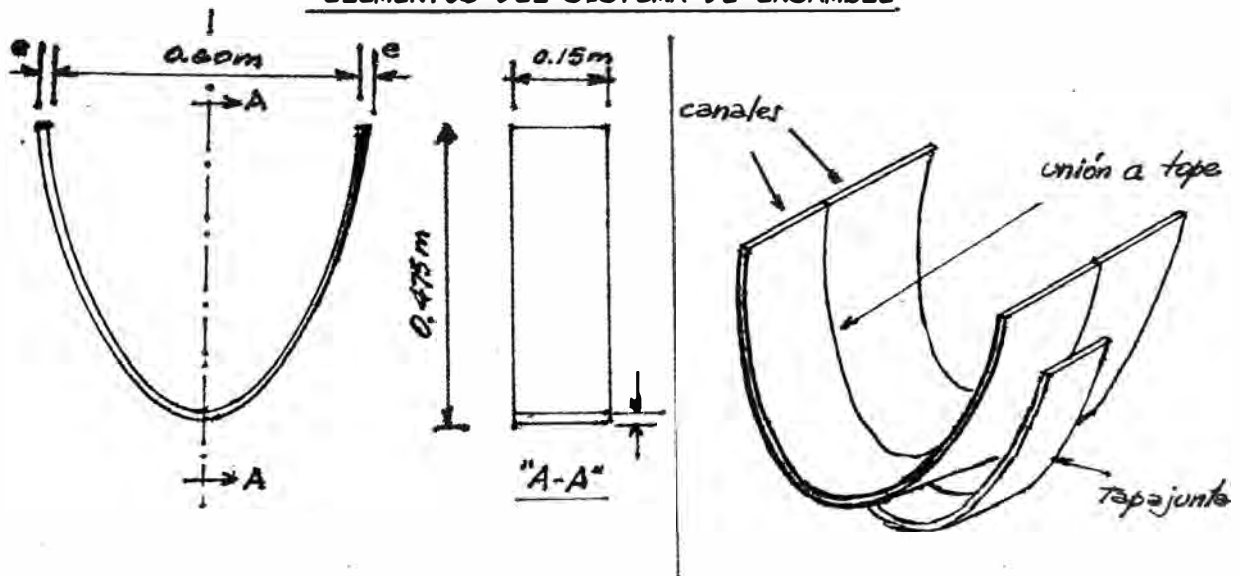
mar en cuenta las ventajas y sistemas de aquellos factibles a utilizar en nuestro diseño, en consecuencia lo mas práctico resulta ser:

"Canales unidos a tope, con el empleo de un tapajunta o unión que haga las veces de un falso enchufe y con el uso de un elemento sellante especial"

2.4.2. Características y fabricación de los tapajuntas:

El elemento de unión de los canales ha de fabricarse en asbesto-cemento, de una manera semejante al canal, teniendo en cuenta que los tapajuntas han de ser de una sección tal que rodee exactamente todo el contorno externo de los canales y de un ancho y espesor apropiados que lo hagan resistente y fácil de manipular. (Se ha estimado un ancho de 0.15 mt y un espesor "e" de 10 mm)

ELEMENTOS DEL SISTEMA DE ENSAMBLE



CONDICIONES DEL SISTEMA DE ENSAMBLE EN BASE A
TAPAJUNTAS.

- 1) Hermeticidad: Se debe evitar la fuga del agua.

- 2) Flexibilidad: Para aboserver las contracciones o dilataciones del material y posibles movimientos del sistema instalado

- 3) Facilidad de instalación o ensamble

2.4.3.

Prueba de los sistemas de ensamble

Las juntas se han probado tomando en cuenta las condiciones que deben reunir y de acuerdo a las siguientes consideraciones:

- 1.- Las pruebas se efectuaran con elementos a escala natural, especialmente preparados para este efecto.

- 2.- Los elementos de sellado utilizados se han escogido de entre los que recomienda Fábrica Peruana Eternit S.A. para el sellado de uniones para sus pro-

ductos de asbesto-cemento.

3.- Se consideró la posibilidad del empleo de otros elementos (pernos) que garanticen la unión de los canales con sus respectivos tapajuntas.

Procedimiento

1º Fábrica Peruana Eternit facilitó los canales de sección a escala natural y de 0.30 m. de longitud (en lugar de los 2.44 propuestos para el elemento completo). Además se fabricó, un juego de tapajuntas del mismo material, de dimensiones semejantes a las indicadas en el croquis anterior.

2º Se dispusieron 4 juegos de unión o 4 juntas, en los cuales se combinaron los elementos de sellado de acuerdo a lo indicado a continuación (tal como se muestra en la página N° 70a).

Sistemas de Ensamble

Tipo N° 1

Elemento de sellado: masilla plástica (jebe no vulcanizado).*

Elemento de ajuste : 4 pernos de $\varnothing 1/4''$ x $2 1/2''$
con sus respectivas huachas.

- 2 por cada canal

Tipo N° 2

Elemento de sellado: masilla plástica y jebe

Elemento de ajuste : 4 pernos de $\varnothing 1/4''$ x $2 1/2''$
con sus respectivas huachas.

- 2 por cada canal.

Tipo N° 3

Elemento de sellado : espuma plástica y asfalto

- TI- PLAS**

Elemento de ajuste : 4 pernos de $\varnothing 1/4''$ x $2 1/2''$
con sus respectivas huachas.

- 2 por cada canal.

Tipo N° 4

Elemento de sellado : estopa alquitranada

Elemento de ajuste : 4 pernos de $\varnothing 1/4''$ x $2 1/2''$
con sus respectivas huachas

- 2 por cada canal.

* La Cia. que fabrica esta masilla es la YALE-AUSACO S.A.

** Marca de fábrica, consiste en una cinta de espuma plástica de 20 mm x 20 .
cubierta con una sustancia bituminosa, comprimible y elástica.

3° Las secciones de canal sellados y unidos, fueron cerrados en sus extremos con planchas planas de asbesto-cemento, para poderlos llenar con agua y evaluar su eficacia.

4° Los depósitos se llenaron con agua hasta una altura de 0.35 mt (se considera que ese tirante puede ser el promedio para el funcionamiento normal de los canales) y se evaluaron los resultados de hermeticidad, midiendo el descenso del nivel de agua cada cierto tiempo, llevando para el efecto un registro especial para las anotaciones respectivas.

Condiciones en que se llevaron a cabo las pruebas

Las depósitos representativos de los sistemas de empalme en evaluación, se colocaron a la intemperie, lo que podría significar posibles variaciones del nivel del líquido debido a precipitaciones fluviales o a la evaporación. Este problema se solucionó cubriendo los elementos con planchas planas de asbesto-cemento que solo se retiraban al momento de las mediciones.

Por otro lado, el material asbesto-cemento, absorbe

cierta cantidad de agua durante las primeras horas de estar en contacto con el líquido elemento, en consecuencia fue necesario iniciar la evaluación a partir del tercer día de llenados los depósitos.

Sin embargo, de haber ocurrido algunas variaciones, estas se han considerado despreciables estimando que no han de influir en la obtención de los resultados finales.

2.4.4. Evaluación del sistema de ensamble

Para efectos de realizar la evaluación de los "Sistemas de Ensamble", se considerará que estos deben reunir las siguientes condiciones.

a) Menor pérdida de agua a través de la junta y que se cumpla por lo menos con las condiciones explicadas mas adelante.

b") Facilidad de trabajo, obtención de elementos sellantes, costos, etc.

Condiciones de estanqueidad- puntos de referencia

La mayor parte de textos consultados, dan como valores máximos de pérdida por filtración a cantidades expresadas en m^3 por área de canal por día ($m^3/m^2/día$ o $pie^3/pie^2/día$). Sucede, que se considera mucho más práctico el estimar las pérdidas por filtración expresadas en lts/seg por kilómetro de canal ya que es más fácil estimar entonces el caudal que se espera lograr al cabo de cierta longitud de canal. En este caso había que obtener un "punto de referencia" a fin de estimar el estado de las juntas en prueba. Puede considerarse un buen punto de partida el valor permisible de penetración del agua del subsuelo por las juntas de las tuberías de los alcantarillados (1) ó la cantidad de infiltración que puede presentarse en tuberías de desague (2) .

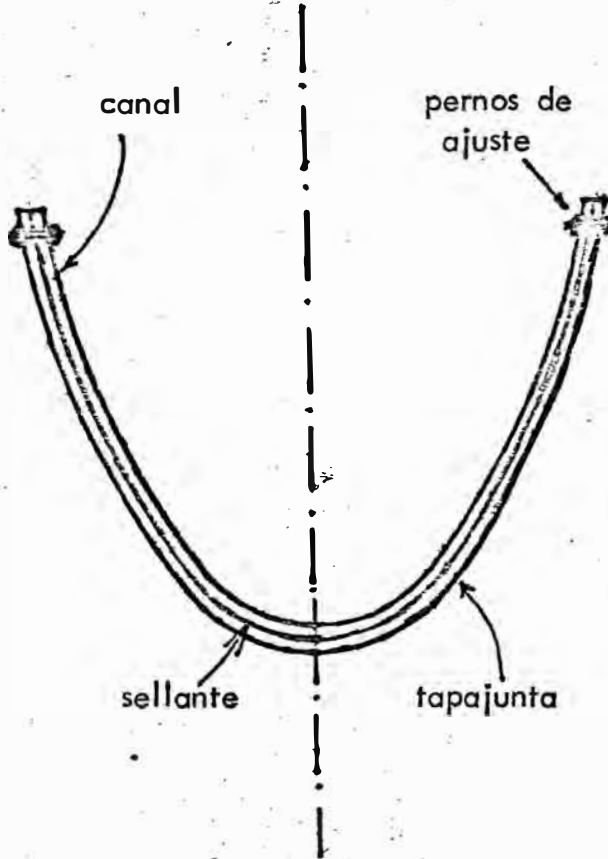
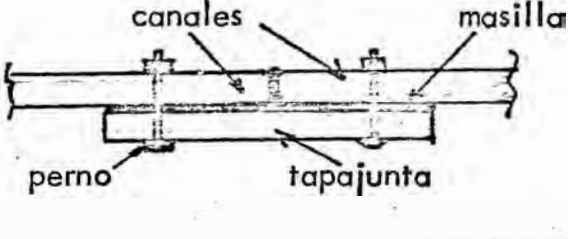
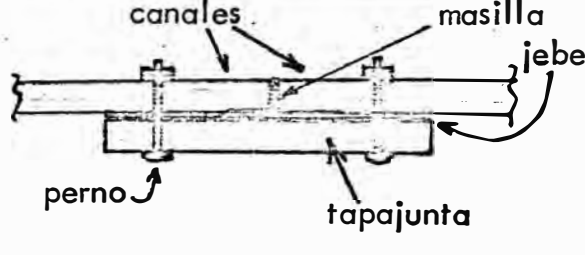
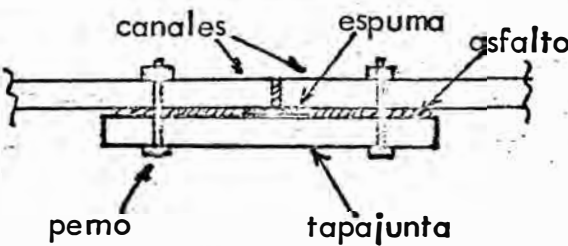
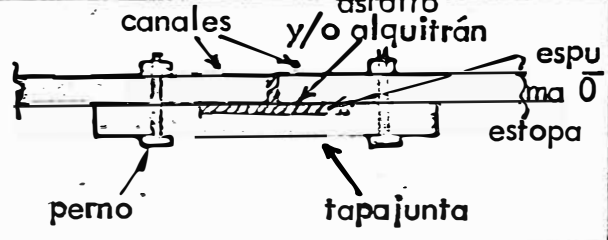
Ese valor, según ESAL es;

1.5 lts/seg por km. de tubería

estimando que esa infiltración ocurre por las juntas y haciendo una analogía con nuestro canal habremos de considerar ese valor como el máximo de caudal permisible a perderse en un kilómetro.

1.5 lts/seg/Km de canal

SISTEMAS DE ENSAMBLES PARA CANALES DE ASBESTO - CEMENTO

TIPO DE JUNTA	SECCION TRANSVERSAL	DETALLE DEL EMPALME
<p>(1) <u>Elemento de Sellado:</u> masilla</p> <p><u>Elemento de Ajuste:</u> 4 pernos de $\varnothing 1/4'' \times 2 1/2''$</p>	 <p>canal</p> <p>pernos de ajuste</p> <p>sellante</p> <p>tapajunta</p>	 <p>canales</p> <p>masilla</p> <p>perno</p> <p>tapajunta</p>
<p>(2) <u>Elemento de Sellado:</u> jebe-masilla</p> <p><u>Elemento de Ajuste:</u> 4 pernos de $\varnothing 1/4'' \times 2.1/2''$</p>		 <p>canales</p> <p>masilla</p> <p>jebe</p> <p>perno</p> <p>tapajunta</p>
<p>(3) <u>Elemento de Sellado:</u> espuma-asfalto(TI-PLAS)</p> <p><u>Elemento de Ajuste:</u> 4 pernos de $\varnothing 1/4'' \times 2.1/2''$</p>		 <p>canales</p> <p>espuma</p> <p>asfalto</p> <p>perno</p> <p>tapajunta</p>
<p>(4) <u>Elemento de Sellado:</u> espuma-asfalto(TI-PLAS)</p> <p>o estopa alquitranada</p> <p><u>Elemento de Ajuste:</u> 4 pernos de $\varnothing 1/4'' \times 2.1/2''$</p>		 <p>canales</p> <p>asfalto y/o alquitrán</p> <p>espuma o estopa</p> <p>perno</p> <p>tapajunta</p>

Resultados obtenidos

Tipo de junta N°1

Tirante inicial : 0.30 m. Volumen inicial : 0.058 m³

Tirante final : 0.21 m. Volumen final : 0.034 m³

Diferencia de Volumen : 0.024 m³

Tiempo de Prueba : 24 hrs.

Pérdida en litros por segundo por junta

$$\frac{24 \text{ lts}}{86,400 \text{ seg}} = 0.000277 \text{ lts/seg/junta}$$

Pérdida en lts/seg/Km

$$1 \text{ Km} = 416 \text{ juntas}$$

$$0.000277 \text{ lts/seg/junta} \times 416 \text{ junta/km} = \underline{0.115 \text{ lts/seg/Km}}$$

- (1) "Ingeniería de los Recursos Hidráulicos" de Linsley-Franzini Editorial CECSA, año 1972, Cap. "Control de aguas Negras-Infiltración"
- (2) Empresa de Saneamiento de Lima-ESAL; "Normas Técnicas para instalación de redes de agua y desagüe"

Tipo de Junta N° 2

Tirante inicial : 0.350 m. Volumen inicial : 0.124 m³

Tirante final : 0.342 m Volumen final : 0.119 m³

Diferencia de volumen : 0.005 m³

Tiempo de Prueba : 24 hrs.

Pérdida en litros por segundo por junta

$$\frac{5 \text{ lts}}{86,400 \text{ seg.}} = 0.000058 \text{ lts/seg/junta}$$

Pérdida en lts/seg/Km

$$0.000058 \text{ lts/seg/junta} \times 416 \text{ junta/Km} = \underline{0.024 \text{ lts/seg/Km}}$$

Tipo de Junta n° 3

Tirante inicial : 0.300 m. Volumen inicial = 0.029 m³

Tirante final : 0.150 m. Volumen final : 0.010 m³

Diferencia de Volumen : 0.019 m³

Tiempo de Prueba : 24 hrs.

Pérdida en litros, por segundo por junta:

$$\frac{19 \text{ lts}}{86,400 \text{ seg}} = 0.00022 \text{ lts/seg/junta.}$$

Pérdida en lts/seg/Km.

$$0.00022 \text{ lts/seg/junta} \times 416 \text{ juntas/Km} = \underline{0.092 \text{ lts/seg/km}}$$

Tipo de Junta N° 4

Tirante inicial : 0.350 m. Volumen inicial : 0.124 m³

Tirante final : 0.305 m Volumen final : 0.100 m³

Diferencia de Volumen : 0.024 m³

Tiempo de Prueba : 24 hrs.

Pérdida en litros por segundo por junta

$$\frac{24 \text{ lts}}{86,400 \text{ seg}} = 0.000277 \text{ lts/seg/junta}$$

Pérdida en lts/seg/Km

$$0.000277 \text{ lts/seg/junta} \times 416 \text{ juntas /Km} = \underline{0.115 \text{ lts/seg/Km.}}$$

EVALUACION DEL SISTEMA DE ENSAMBLE

CUADRO RESUMEN

TIPO DE JUNTA	PERDIDA EVALUADA (lts/seg/km)	COSTO DE MATERIALES POR JUNTA	TIEMPO DE PREPARACION * POR JUNTA	ORDEN DE ACEPTACION
Nº 1	0.115	S/.122.75	20'	3º
Nº 2	0.024	77.50	18'	1º
Nº 3	0.092	113.00	15'	2º
Nº 4	0.115	41.00	15'	1º

*Incluye elemento sellante y pernos de sujeción.

2.4.5. Comentarios Finales- Selección de la Junta

En realidad los cuatro tipos de junta evaluados están dentro del valor permisible adoptado, incluso en todos los casos no se llega ni al 10% de este valor, podría pensarse entonces que todos los sistemas son aptos para su empleo, sin embargo si se toma en cuenta consideraciones económicas cabría recomendar el em-

pleo de las juntas N°2 y N°4.

Ambas, indudablemente tienen sus ventajas, sin embargo la N°4 por emplear estopa alquitranada, fácil de obtener y trabajar es de nuestra preferencia con respecto a la N°2 que empleará jebe de neumático en desuso, no siempre a la mano y masilla plástica de jebe no vulcanizado difícil de obtener en lugares apartados. Por otro lado, hay diferencia en cuanto a los costos y al tiempo de preparación o ejecución de los ensambles.

2.5.

ASPECTO: ALMACENAJE Y TRANSPORTE

De acuerdo a indicaciones de los fabricantes y en base a observaciones realizados tanto en sus almacenes como en los sistemas de transporte, ha sido necesario tomar en cuenta ciertas consideraciones que influyeron necesariamente en la elaboración del diseño final de los canales de riego. No significando esto, variación alguna del diseño desde el punto de vista hidráulico, (modificación de la sección) sino que se varió en cierto modo la presentación física del canal prefabricado.

2.5.1. Almacenaje

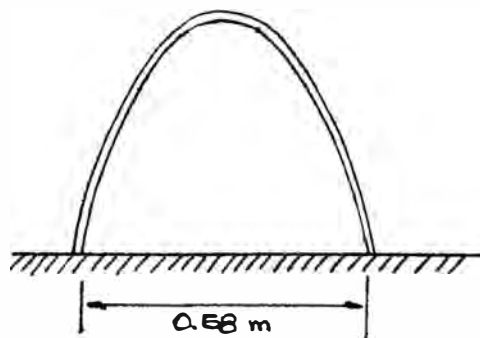
Consideraciones tomadas en cuenta:

a) Los elementos han de ser de poco peso para facilitar su manipuleo y traslado.

Solución- Cada canal de sección ovoidea tal como originalmente ha sido concebido pesa aproximadamente 60.00 kg. lo que lo hace un elemento practicamente liviano y manipulable por 2 hombres.

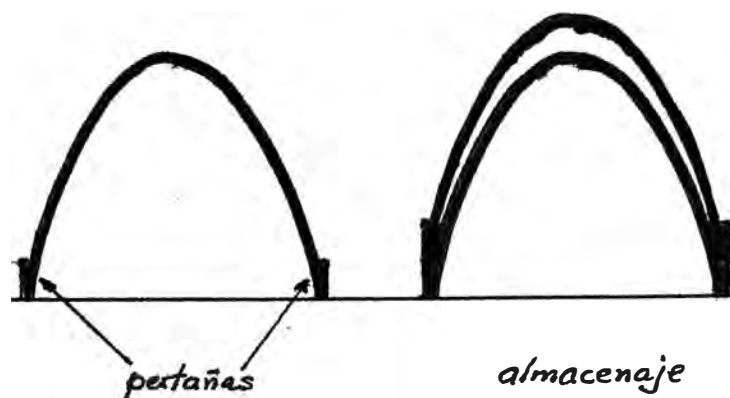
b) El material almacenado debe acomodarse de la manera mas estable y ocupar la menor área posible.

Solución .- Para cumplir esta condición será necesario acomodar el canal de cabeza, pues esa es la forma mas estable y ocupa un área de 1.50 m^2 de área aproximadamente.



c) El material no debe deteriorarse durante su almacenaje, de tal manera que no se alteren sus formas.

Solución .- Consistió en agregar una pestaña o refuerzo a todo lo largo de ambos lados del canal, de tal manera que se forme un refuerzo plano que permita introducir un elemento dentro de otro pudiendo apoyarse los canales perfectamente en sus pestañas sin variar su forma ni comprometer su estructura.



De este modo se logra almacenar "n" elementos uno encima de otro, sin embargo en los almacenes de fábrica solamente

se ubicarán 27 unidades en esa forma hasta una altura de 2.02 mts. aproximadamente, tomemos en cuenta que en fábricas se cuenta con la posibilidad de uso de equipo mecánico.

En obra, esa altura de almacenaje definitivamente ha de variar considerando que los elementos deben estar más dispuestos para su uso y los movimientos serán manuales.

2.5.2. Transporte

Consideraciones tomadas en cuenta:

a) Los elementos han de ser de poco peso y ocupar el menor volumen posible.

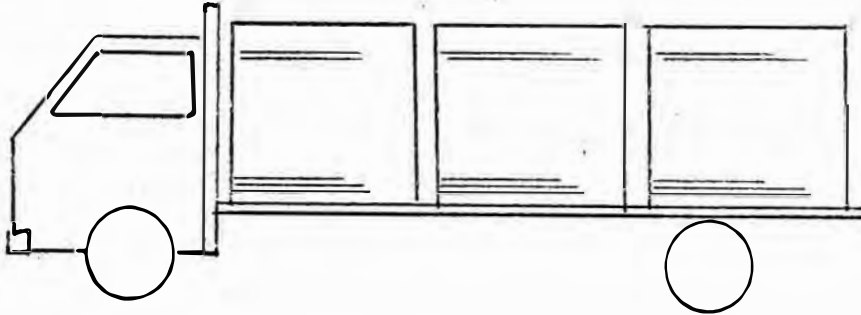
Solución.- El acomodo de los canales en un vehículo de transporte se hará de tal manera que se asemeje a su almacenaje, de este modo se ahorra espacio y se concentra mejor el peso.

b) Que los elementos tengan dimensiones aparentes.

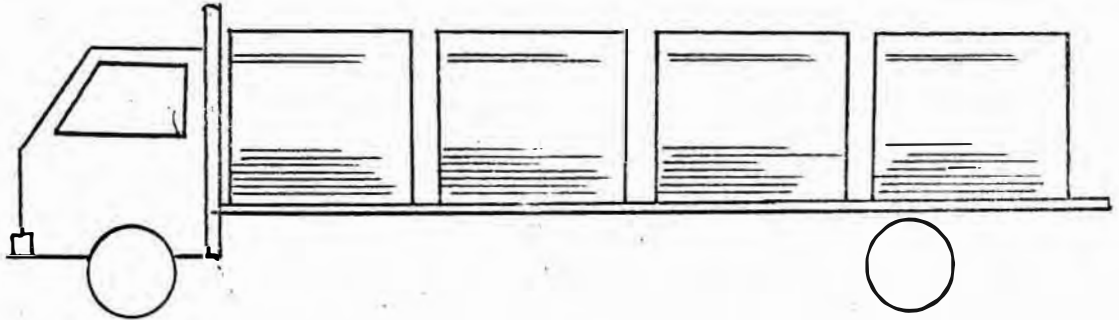
Solución .- Cada elemento de 2.44 mts. de largo y 0.62 mt. de ancho puede muy bien acomodarse en las plataformas de los vehículos de acuerdo a los esquemas siguientes:

ESQUEMAS DE CARGA

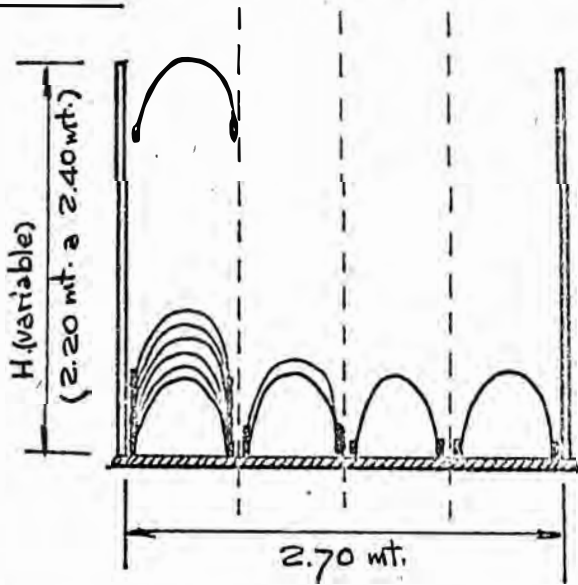
camión de plataforma mediana (6.70m. - 9.00m.)



camión de plataforma larga (12m.)

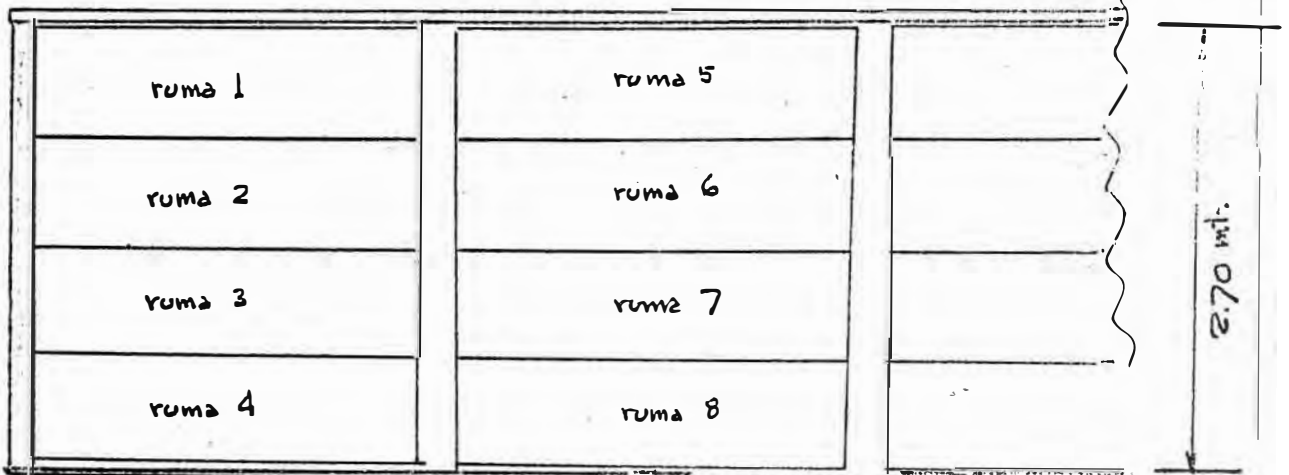


plataforma



disposición de las rumas
(esquema transversal)

disposición de las rumas
(planta)



TIPO DE CAMION			CANTIDAD DE RUMAS POR PLATAFORMA	CANTIDAD DE CANALES POR RUMA	ALTURA DE LAS RUMAS	CANTIDAD TOTAL DE CANALES	PESO TOTAL DE LA CARGA
CAPACIDAD DE CARGA	LARGO DE BARANDA	ANCHO DE BARANDA					
<i>Toneladas</i>							
5							
8	6.00	2.70 m	8	16	1.25m	128	7,680
10	6.00 m	2.70 m.	8	20	1.45 m	160	9,600
15	6.00	2.70 m.	8	30	1.95 m.	240	14,400
18	9.00 m.	2.70 m.	12	25	1.70 m.	300	18,000
20	9.00 m.	2.70 m.	12	27	1.80 m.	324	19,400
30	12.00 m	2.70 m.	16	31	2.00 m.	496	29,760

NOTA: En realidad no hay una clasificación estandar de largos de plataformas y capacidades de carga, depende esto de la marca del vehículo, estado de conservación, etc, sin embargo el cuadro se ha preparado en base a una corta evaluación de los vehículos transportistas de materiales de Fábrica Peruana Eternit.

C A P I T U L O I I I

CONSIDERACIONES ECONOMICAS -COSTOS

Habiendo definido el tipo de canal de asbesto cemento de sección ovoide factible de fabricar, es necesario asignarle un precio o valor de venta, sin embargo, por no contar con la información suficiente para establecer los costos de fabricación, solamente nos limitaremos a sugerir ciertos márgenes de valores de venta, haciendo para el efecto, comparaciones con los costos de canales construidos por otros sistemas.

3.1. Consideraciones previas a la comparación de costos

Se ha desarrollado este proyecto con el propósito de ofrecer un canal que pueda instalarse en cualquier zona o tipo de terreno; en este caso de comparación de costos habremos de hacer la evaluación tomando en cuenta que las condiciones bajo las cuales se trabaje, son las normales y en los lugares frecuentes.

Vamos a considerar la posibilidad de transportar

un caudal de 85 lts/seg con una pendiente $S = 1\%$ en un canal de concreto, en tubería de concreto normalizado y en un canal de asbesto-cemento.

a) Características comunes de las canalizaciones de riego

Ubicación: Dpto. de Tacna (Valle de Tacna)

Longitud : 1,000 mts.

Terreno : arcilloso, atravesando zona de sembríos

Facilidad de

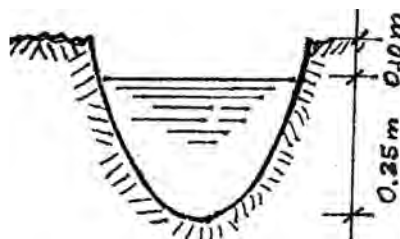
tránsito vehicular : ninguna

b) Condiciones de Igualdad

$$Q = 0.085 \text{ m}^3 / \text{seg.}$$

$$S = 1 \%$$

Canal Ovoide



borde libre = 0.10 m.

$$n = 0.012$$

Canal de Concreto

Deben determinarse las dimensiones del canal de concreto equivalente.

Empleando el nomograma para el Cálculo de Canales (Fórmula de Manning y Monomía de Bazin) del Ing. Carlos Ruiz Altuna, y de acuerdo a las relaciones.

$$K_1 = \frac{b}{h}$$

$$K_4 = \frac{K_2}{K_3}$$

$$K_2 = K_1 + tg \alpha$$

$$K_3 = K_1 + 2\sqrt{1 + tg^2 \alpha}$$

$$Q = \frac{K_2 (K_4)^{2/3} h^{8/3} S^{1/2}}{n}$$

se han obtenido las siguientes características de sección:

Tirante de agua $h = 0.30 \text{ mt}$

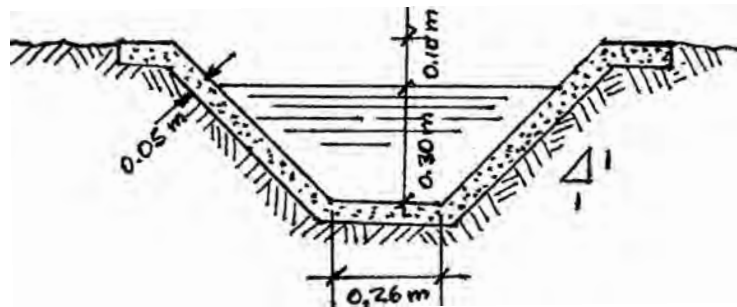
Base $b = 0.26 \text{ mts}$

Área de la sección $A = 0.166 \text{ m}^2$

Perímetro mojado $P = 1.10 \text{ mt}$

Radio Hidráulico	$R = 0.150 \text{ m}$
Caudal	$Q = 0.085 \text{ m}^3/\text{seg}$
Velocidad	$V = 0.524 \text{ m/seg}$
Taludes	45°

Rugosidad estimada $n = 0.017$



Nota .- Para efectos de determinar el canal trapezoidal equivalente pudo haberse considerado el de sección transversal hidráulicamente mas eficiente (1/2 de un exágono) con taludes de 60° , sin embargo debe tenerse en cuenta que con taludes de 45° se efectúan mejor las labores del vaciado de mezcla sin necesidad de encofrado.

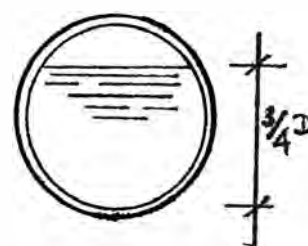
Tubo de concreto

Determinando el ϕ del tubo de concreto necesarios, y llevando el caudal a $3/4$ del tirante total tendremos

con: $Q = 85 \text{ lps}$
 $S = 1\%0\%$
 $n = 0.013$

} $\phi = 18''$

$v = 0.67 \text{ m/seg}$



Costos unitarios de mano de obra y materiales en la zona de la obra

a) Jornales para Construcción Civil en el Dpto. de Tacna

Ocupación	Jornal /día	Jornal/hora
Peón	S/. 387.57	S/. 48.00
Oficial	408.17	51.00
Operario	442.96	55.37
Capataz	560.00	70.00

Fuente : "Anuarium" de CAPECO 1976

b) Costo de Materiales puestos en Obras. (estimado)

<i>Material</i>	<i>Unidad</i>	<i>Costo unitario</i>
Cemento	bolsa	S6. 177.05
Arena	m ³	180.00
Piedra mediana	m ³	275.00
Grava	m ³	180.00
Madera Pino 0.	pie	40.00
Clavos	kg	70.00
Agua	m ³	120.00

Operaciones comunes d llevarse a cabo

- Trazo de la línea del canal
- Excavación y compactación de la zanja
- Distribución de los materiales de construcción
- Revestimiento o instalación
- Otras actividades.

3.2. Análisis de Costos

3.2.1. Canal de Concreto

a) Excavación

- Volumen de excavación = Area sección x Longitud = $0.315 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ mt} = 315 \text{ m}^3$

- Rendimiento : $3.5 \text{ m}^3/\text{día/hombre}$

- Días-Hombre necesarios: $\frac{315}{3.5} = 90 \text{ d-h}$

- Tomando en cuenta el trabajo de 6 peones, el tiempo necesario para la excavación será: $\frac{90 \text{ d-h}}{6 \text{ h}} = 15 \text{ días}$

- Costo de Mano de Obra:

			-90
	Día-hombre	Jornal Diario	Total
Peón	90	S/. 387.57	S/. 34,881.30
Capataz	15	560.00	8,400.00
			S/. 43,281.30

Costo por m³ excavado : S/. $\frac{43,281.30}{315} =$ S/. 137.40

b) Distribución del Material a lo largo del canal

Es necesario acondicionar el camino a lo largo del canal y preparar cada 100 mts. una base para mezclar el material de revestimiento.

Camino:

Considerando que solo es transitable con carretillas el 20% del camino, en los 800 mts restantes será necesario emplear tablonés para permitir el paso de carretillas con el material.

La adquisición de los tablonés es una inversión inicial que debe amortizarse el tiempo que dure la obra.

Tendremos en cuenta que el uso de los tablonos será tal que solo habrá una recuperación final del 40% del costo inicial.

- Costo inicial de la madera (P)

Considerando tablonos de 2" x 8" x 10' (13.3 pie²)

Colocando 2 tablonos paralelos, el costo por m.l. será:

$$\frac{2 (13.3 \text{ pie}^2) (S/. 40.00 / \text{pie}^2)}{3 \text{ m.l.}} = S/. 354.67 / \text{m.l.}$$

$$\text{El costo será: } (S/. 354.67 / \text{m.l.}) (800 \text{ m.l.}) = \underline{S/. 283,736.00}$$

- Amortización:

Con un interés $i = 2\%$ mensual y un tiempo de duración de la obra de $n = 3$ meses, los valores de los factores de actualización y recuperación serán:

$$[FSA] \text{ Factor simple de Actualización} = 0.942$$

$$[FRC] \text{ Factor de Recuperación} = 0.347$$

El valor de amortización mensual (A) será igual a:

$$A = [P - L (FSA)] \times (FRC)$$

donde $L = \text{Valor residual} = 40\% \text{ de } P = 0.40 P$

reemplazando valores en la fórmula, tendremos finalmente.

$$A = [P - 0.40 P (0.942)] \times (0.347)$$

$$= P [1 - 0.40(0.942)] \times (0.347)$$

$$A = P (0.216)$$

$$A = (S/. 283,736.00) (0.216) = \underline{S/. 61,286.97}$$

Luego: en los tres meses de obra habrá que cancelar:

$$\underline{S/. 183,860.93}$$

Bases para el preparado de la mezcla

Se ha considerado 10 bases, una cada 100 mts a lo largo del canal. Corresponden exactamente a la ubicación de los centros de almacenaje y distribución del material necesario para el avence diario (35 mts aprox).

Considerando la construcción de las bases con suelo -cemento 1: 10, espesor de 3 cms y un área de 10 m^2 , tendríamos:

* Volúmen de mezcla: $10 \text{ m}^2 \times 0.03 \text{ m} = 0.3 \text{ m}^3$

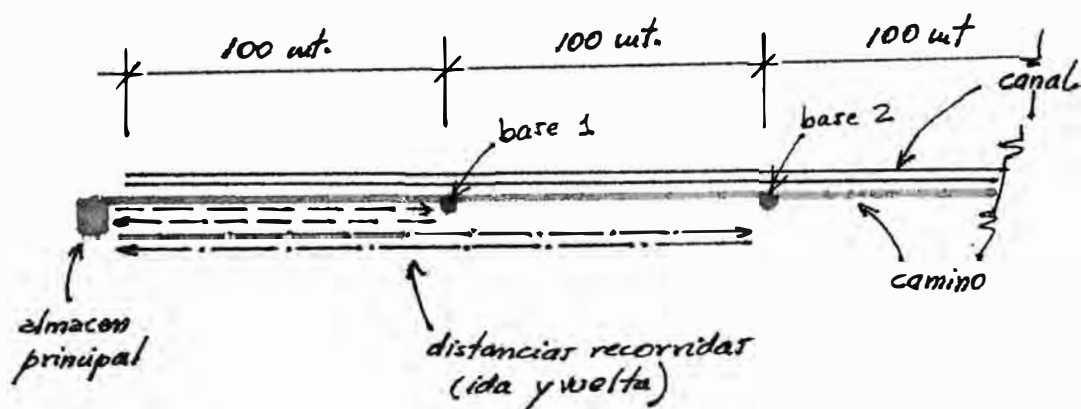
- Costo por el total de la labor: 10 bases (3 m^3)

	<u>Unid.</u>	<u>Cantidad</u>	<u>P. Unit.</u>	<u>P. Total</u>
Cemento	Bolsa	11.04	S/. 177.05	S/. 1,954.63
Suelo	m^3	3.78	20.00	75.60
Operario	h - h	18.00	55.38	996.66
Peón	h - h	54.00	48.00	2,592.00
				S/. 5,618.29

Carguo del material a las bases- distribución

Consideraciones tomadas en cuenta:

- Una base cada 100 mts.
 - El avance diario será aproximadamente 35 mts. de canal revestido, los 100 mts. se harían en 3 días, entonces habrá que almacenar en cada base material suficiente para 3 días de trabajo (8 m^3 de mezcla).
 - El carguío de las bolsas de cemento será a mano, la arena y piedra en carretillas de 2 pie^3 de capacidad (0.060 m^3), el agua se trasladará en latas.
 - El punto de partida es el extremo inicial de construcción del canal.
 - La velocidad de transporte se ha estimado en 0.5 m/seg . (1.18 km/hr).
 - Para la labor total se empleará 6 peones.
- Esquema de la distribución por analizar:



Material a distribuir cada 100 mts.

Para 8 m³ de mezcla se requiere:

	<u>mat/m³</u>	<u>m³</u>	<u>mat</u>
Cemento	5.4 bolsa	8	44 bdsas
Arena	0.48 m ³	8	4 m ³
Piedra	0.81 m ³	8	6.5 m ³
Agua	0.17 m ³	8	1.4 m ³

La cantidad de viajes necesarios para la operación serán

Cemento	22 viajes
Arena	66 viajes
Piedra	108 viajes
Agua	1 viaje

Análisis del tiempo empleado para la distribución en la Primera

Base:

Tiempo empleado en recorrer los primeros 100 mts.

$$\begin{aligned} \text{velocidad} &= 0.5 \text{ m/seg} \\ \text{espacio} &= 100 \text{ mts} \\ \text{tiempo} &= \frac{100 \text{ mt}}{0.5 \text{ m/seg}} = 200 \text{ seg} = 3.3' \end{aligned}$$

Cemento:	Nº viajes	Tiempo/viaje min.	T. Tot. min.	Operación
	22	3.3	72.6	ida
	22	3.3	72.6	vuelta
	22	1.0	<u>22.0</u>	carguío
			167.2'	

Considerando la labor simultánea de 6 peones

el tiempo será: $\frac{167.2'}{6} = 27.8'$

6

Area:	Nº viajes	Tiempo/viaje min	T. Total min	Operación
	66	3.3	217.8	ida
	66	3.3	<u>217.8</u>	vuelta
	66	1.5	<u>99.0</u>	carguío
			534.6'	

Considerando la labor simultánea de 6 peones el tiempo será: $\frac{534.6'}{6} = 89.1'$

Piedra:	<u>Nº Viajes</u>	<u>Tiempo/viaje</u>	<u>T.Total</u>	<u>Operación</u>
		min.	min.	
	108	3.3	356.4	ida
	108	3.3	356.4	vuelta
	108	1.75	<u>189.8'</u>	carguío
			901.8'	

Considerando la labor simultánea de 6 peones el tiempo será: $\frac{901.8}{6} = 150.3'$

Agua: estimado: 0.5 hrs. (30')

Tiempo Total : 297.2' = 5 horas

Prosiguiendo con el análisis en forma semejante para la distribución de los materiales a lo largo de los 1000 mts, los tiempos totales empleados serán:

Base N°	Distancia del Almacén Principal	Tiempo empleado
1	100 mts	5 hrs.
2	200 mts	8.6
3	300 "	12.4
4	400 "	16.1
5	500 "	19.8
6	600 "	23.5
7	700 "	29
8	800 "	31
9	900 "	35
10	1000 "	<u>38.6</u>
TOTAL :		219 horas (27 días)

Costo:

Considerando el trabajo de 6 peones , 1 oficial y 1 capatáz durante el tiempo de distribución, tendremos:

	<u>Día-hombre</u>	<u>Jornal</u>	<u>Costo total</u>
Peón	162	S/. 387.57	S/. 62,786.34
Oficial	27	408.17	11,020.59
Capataz	27	560.00	<u>15,120.00</u>
			S/. 88,926.93

c) Revestimiento

Mezcla a emplear: Concreto 1:3:5

Material necesario para preparar 1 m³ de mezcla

	<u>Unidad</u>	<u>Cant.</u>	<u>S/. Unid.</u>	<u>S/= parcial</u>
Cemento	bolsa	5.400	S/. 177.05	S/. 956.07
Arena	m ³	0.484	180.00	87.12
Piedra	m ³	0.814	275.00	223.85
Agua	m ³	0.175	120.00	<u>21.00</u>
				<u>TOTAL: S/1,288.04</u>

Mano de obra para preparar 1 m³ de mezcla

	<u>Hora-hombre</u>	<u>Jornal/hora</u>	<u>S/. parcial</u>
Peón	18	S/. 48.00	S/. 864.00
Oficial	1.2	51.00	61.20
Operario	6	55.37	332.00
Capataz	1.2	70.00	<u>84.00</u>
			<u>TOTAL S/. 1,341.42</u>

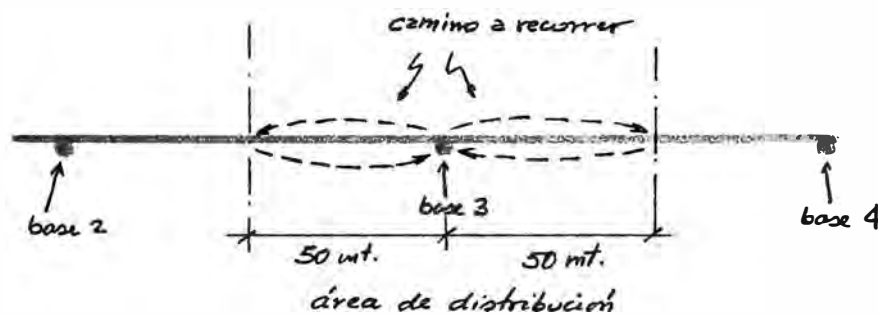
-100

El tiempo necesario para preparar los 80 m^3
sería: (considerando el trabajo de 6 peones)

$$\frac{18 \text{ h-h/ m}^3 \times 80 \text{ m}^3}{8 \text{ hr/día} \times 6 \text{ h.}} = 30 \text{ días}$$

Traslado de mezcla

Esta operación demanda cierto tiempo que puede
estimarse de la siguiente manera.



Total de mezcla a preparar: 8 m^3

Nº viajes en carretilla: $\frac{8 \text{ m}^3}{0.06 \text{ m}^3} = 134$ (22 viajes por carretilla)

Distancia promedio a recorrer: 40 mts (ida y vuelta)

Velocidad de traslado : 0.5 m/seg.

Tiempo empleado : $40 \text{ m} / 0.5 \text{ m/seg} = 80 \text{ seg} = 1.3'$

tiempos totales de traslado:

<u>Nº viaje</u>	<u>tiempo/viaje</u>	<u>tiempo/parcial</u>	<u>Operación</u>
22	1.8'	28.6'	ida
22	1.3'	28.6'	vuelta
22	1.0'	22.0	carguío
22	1.0'	<u>22.0</u>	vaciado
TOTAL:		101.2'	(1.7 hrs)

Costo de la mano de obra:

	<u>Hora-hombre</u>	<u>jornal/hora</u>	<u>S/. parcial</u>
Peón (6)	10.2	S/. 48.00	S/. 489.60
Oficial (1)	1.7	51.00	86.70
Operario (2)	3.4	55.37	188.26
Capatáz (1)	1.7	70.00	<u>119.00</u>
			<u>S/. 883.56</u>

c) Plantillas

De madera, para el reglado durante el revestimiento:

Madera :	1.7 pie ²	x	S/. 40.00 /pie ²	=	S/. 68.00
Clavos :	0.25 kgr.	x	70.00/Kgr	=	17.50
M. de Obra:	0.5 hrs.	x	55.37/hrs.	=	<u>27.68</u>
				TOTAL =	<u>S/. 113.18 c/u</u>

d) Juntas de Dilatación

Estimado por metro lineal : S/. 15.00

e) Herramientas (vida útil 1 año)

	<u>Cantidad</u>	<u>S/. Unidad</u>	<u>S/. parcial</u>
Lampas	6	S/. 400.00	S/. 2,400.00
Picotas	6	420.00	2,520.00
Badilejos	4	180.00	720.00
Comba 6 lbs	2	255.00	510.00
Cilindros	5	200.00	1,000.00
Caretillas	6	2,600.00	<u>15,600.00</u>
TOTAL:			<u>S/. 22,750.00</u>

Duración aproximada de la obra: 3.5 meses

Depreciación de Herramientas.

$$S/. 22,750.00 \times \frac{3.5 \text{ meses}}{12 \text{ meses}} = S/. 6,635.40$$

Pino Oregón de 2" x 4" x 10' = 6.6 pie²

Cantidad estimada = 20 reglas = 132 pie²

Costo de cada regla = (S/. 40.00/pie²)(6.6 pie²) =

$$(S/. 40.00/pie^2) = \underline{S/. 264.00}$$

RESUMEN DE COSTOS DEL CANAL DE CONCRETO

ARTICULOS	CANT.	UNID	P. UNIT.	PARCIAL	P. TOTAL
11- Trazo					
12- Excavación	315	m ³	S/. 137.40	S/. 43,281.30	S/. 43,281.30
13- Distrib. Material					
Camino	1	Un.	S/. 183,860.93	S/. 183,860.93	
Bases	10	Un	561.89	561.89	
Distribución				88,926.93	S/. 273,349.75
4.- Revestimiento					
Materiales	80	m ³	S/. 1,288.04	S/. 103,043.20	
Mano de obra (prep)	80	m ³	1,341.42	107,313.60	
M. de O. (transp. y vaciado)	10	un	883.56	8,835.60	
Herramientas				8,635.40	225,827.80
5.- Varios					
Plantillas	25	Un	S/. 113.18	S/. 2,829.50	
Reglas	20	Un	264.00	5,280.00	
Juntas Dilatación	544	ml	15.00	8,160.00	16,269.50
				TOTAL:	S/. 558,728.35

3.2.2. Tubo de Concreto (18")a) Excavación

$$\begin{aligned}
 \text{Volumen de excavación} &= \text{Ancho zanja} \times \text{alto zanja} \times \text{Longitud} \\
 &= 0.60 \text{ m} \times 1.40 \text{ m.} \times 100 \text{ mts.} = \\
 &= 840 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Días- hombre necesarios} = \frac{840 \text{ m}^3}{3.5 \text{ m}^3} = 240 \text{ D-h}$$

Considerando el trabajo de ⁶hombres, el tiempo empleado será:

$$\frac{240 \text{ D-h}}{6 \text{ h}} = 40 \text{ días}$$

Costo mano de obra

	<u>Día-hombre</u>	<u>Jornal diario</u>	<u>Total</u>
Peón	240	S/. 387.57	S/. 93,016.80
Capatáz	40	560.00	<u>22,400.00</u>
			S/. 115,416.80

$$\text{Costo por m}^3: \frac{\text{S/. } 115,416.80}{840 \text{ m}^3} = \underline{\text{S/. } 137.40}$$

b) Instalación

Avance promedio diario: 12 m.l./día

Mano de Obra por m.l.

	<u>h.h.</u>	<u>Jornal/hora</u>	<u>Total</u>
Operario	1.60	S/. 55.37	S/. 88.60
Peón	6.40	48.00	<u>307.20</u>
			S/. 395.80

Materiales:

	<u>S/.ml</u>	
Tubo 18" + 3% rotura:	S/. 1,177.00	
Transporte (287 Kp/ml Ø 18")	506.60	(S/. 1.90/Kg)
Manipuleo (almacen a zanja)	267.00	(S/. 1.00/Kg)
Estopa por junta (250 grs)	20.00	(S/. 80.00/Kg)
Calafateo junta		
a) Cemento: 0.25 bolsa/ml	29.26	(S/. 117.05/bolsa)
b) Arena: 0.025 m ³ /ml	<u>4.50</u>	(S/. 180.00 /m ³)
	S/. 2,004.36	

c) Prueba-relleno y compactación

Estimativamente : S/. 57.00 /m.l.

RESUMEN DE COSTOS DEL TUBO DE CONCRETO (18")

PARTIDAS	CANT.	UNID.	P.UNIT.	P. PARCIAL	P.TOTAL
1.- <u>Trazo</u>					
2.- <u>Excavación</u>	840	m ³	S/. 137.40	S/. 115,416.80	S/. 115,416.80
3.- <u>Instalación</u>					
Mano Obra	1000	mℓ	395.80	395,800.00	
Materiales	1000	mℓ	2,004.36	2'004,360.00	2'400,160.00
4.- <u>Varios</u>					
Prueba y relleno	1000	mℓ	57.00	57,000.00	57,000.00

TOTAL: S/. 2'176,776.80

3.2.3. Canal de Asbesto -Cemento

a) Excavación

$$\begin{aligned} \text{Volumen de excavación} &= \text{Area sección} \times \text{Longitud} \\ &= 0.185 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ m} = 185 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Días- hombre necesarios} = \frac{185}{3.5} = 52.85$$

Considerando el trabajo de 6 hombres el tiempo necesario para la excavación será: $\frac{52.85 \text{ D-h}}{6 \text{ h}} = 9 \text{ días}$

Costo de Mano de Obra

	<u>Día-hombre</u>	<u>Jornal Diario</u>	<u>Total</u>
Peón	52.85	S/. 387.57	S/. 20,483.07
Capataz	9.00	560.00	<u>5,040.00</u>
			S/. 25,523.07
Costo por m ³ :	$\frac{S/. 25,523.07}{185 \text{ m}^3}$	=	$\frac{S/. 137.96}{185 \text{ m}^3}$

b) Instalación

Considerando la labor de : 4 peones

Rendimiento : 180 m.l./día

Tiempo de trabajo para el tendido= $\frac{1000 \text{ ml}}{180 \text{ ml/día}} = 6 \text{ días}$

<u>Costo de Mano de Obra</u>			
	<u>Días-hombre</u>	<u>Jornal Diario</u>	<u>Total</u>
Peón	24	S/. 387.57	S/. 9,301.68
Capataz	6	560.00	<u>3,360.00</u>
			S/.12,661.68

Costo por metro lineal: S/. 12.66

c) Plantillas

De madera, para el refino de la caja(zoanja) del canal. Estimado en valor semejante a las del canal de concreto.

S/. 113.18 cYu

d) Juntas de Ensamble

Precio estimado, comprende estopa alquitranada y 4 pernos de 1 3/4" x 1/2" con sus respectivas arandelas

S/. 41.00 c/u

e) Herramientas (vida útil: 1 año)

	<u>Cant.</u>	<u>S/. Unid.</u>	<u>S/. parcial</u>
Lampas	6	S/. 400.00	S/. 2,400.00
Picotas	6	420.00	2,520.00
Carretillas	3	2,600.00	<u>7,800.00</u>
		TOTAL:	S/. 12,720.00

- Duración aproximada de la obra: 15 días (0.5 mes)

- Depreciación de herramientas: $S/. 12,720. \times 0.5 = \underline{S/. 530.00}$

12

f) Transporte

- Los canales pre-fabricados en Lima deben trasladarse a Tacna.

- Flete Lima-Tacna : S/. 1.90/Kg (aproximadamente)
- Peso de cada canal : 50 Kg.
- Costo por unidad: (S/. 1.90/Kg) (50 Kg) = S/. 95.00

RESUMEN DE COSTOS: CANAL DE ASBESTO-CEMENTO

PARTIDAS	CANT.	UNID.	P.UNIT.	P. PARCIAL	P. TOTAL
1.- <u>Trazo</u>					
2.- <u>Excavación</u>	185	m ³	S/. 137.96	S/. 25,522.60	S/. 25,522.60
3.- <u>Instalación</u>					
Materiales	-	-	-	-	-
Mano de Obra	1000	ml	S/. 12.66	S/. 12,660.00	-
Herramientas				530.00	S/. 13,190.00
4.- <u>Varios</u>					
Juntas de Ensamble	416	Un	41.00	17,056.00	
Plantillas	20	Un	113.18	2,263.60	
Transporte	416	Un	95.00	39,520.00	58,839.60
TOTAL:					S/. 97,552.20

3.2.4.

Comparación de Costos

Haciendo una comparación de los presupuestos para tener una idea mal clara en cuanto a diferencia de costos.

PARTIDA	Canal de concreto	Tubería de 18"	Canal de asbesto-cemento
1.- Trazo	*	*	*
2.- Excavación	S/. 42,281.30	S/. 115,416.80	S/. 25,522.60
3.- Distrib. Mat.	273,349.75		
4.- Instalación			
Mano de Obra	122,784.60	395,800.00	13,190.00
Material	103,043.20	2'004,360.00	***
5.- Varios	16,269.50	57,000.00	58,839.60
TOTAL:	S/. 558,728.35	S/. 2'176,776.80	S/. 97,552.20

De acuerdo a los valores totales de los presupuestos analizados, cabría hacer la comparación de costos únicamente

entre los 2 tipos de canalización, descontando el costo de la instalación con tubería que es muy elevado.

La diferencia de costo en presupuestos nos dará idea del precio que queremos determinar:

Dif. de presupuestos S/. 558,728.35- S/. 97,552.20 = S/. 461,176.15

Es decir que el metro lineal de canal de asbesto cemento podría

ofertarse en : $\frac{S/. 461,176.15}{1000 \text{ ml.}} = S/. 462.00$

Sin embargo los fabricantes tendrán que adaptarse al valor recomendado o al menos, mantener sus precios de venta dentro de unos márgenes tales que puedan hacer de las candletas de asbesto cemento un producto atractivo en cuanto al precio.

3.3. Análisis Cualitativo:

Además del tipo de análisis de costos efectuado,

cabe la posibilidad de efectuar un análisis del tipo cualitativo, con la búsqueda de ideas que habrán de derivar en recomendaciones que pueden ser tomadas en cuenta para efectos del establecimiento de los costos de fabricación y posteriormente cuando se trate de comparar posibilidades de empleo de canaletas de asbesto-cemento o canales de otro tipo.

Tipos de análisis cualitativos que pueden estimarse.

Cabe la posibilidad de instalar 2 canales de asbesto-cemento paralelos, el canal equivalente en gasto, construido por otros sistema, ocupará mayor espacio (área de terreno y volumen de excavación) lo que aumentará el costo

- Debe considerarse que en una instalación con canales de asbesto-cemento es factible realizar trabajos de obras de arte prefabricados en el mismo material, esto indudablemente disminuirá aún más el costo de la instalación si se la compara con una canalización construida por los métodos convencionales.
- Cabe la completa seguridad que las canaletas de asbesto-cemento

pueden instalarse en forma elevada, con solo apoyarla en sus extremos, esta ventaja nos permite salvar depresiones naturales del terreno donde en otras circunstancias habría que utilizar elementos especiales con estructuras resistentes e incremento en los costos.

C A P I T U L O I V

DEMANDA DE LOS CANALES DE ASBESTO-CEMENTO -MERCADO

4.1. Consideraciones Generales

Los canales de asbesto cemento tienen su campo de uso practicamente definido, desde que su empleo está destinado específicamente para el transporte de agua, puede muy bien utilizarse en:

Sistemas de distribución de aguas de riego

Transporte de agua para su tratamiento

Sistemas de drenaje superficial, en minas, carreteras, industrias etc.

Es probable que desde el punto de vista comercial, se prefiera ofertar tubos en lugar de canales, pero debe tenerse en cuenta que, en algunas ocasiones por ser el terreno muy abrupto

y rocoso, o haya necesidad de atravesar zonas de piedra extensas, no resulta viable y si muy penoso y costoso el poder hacer zanjas para enterrar las tuberías ó cavar para construir canales, y resulta entonces más fácil y económico colocar una serie de soportes de obra convenientemente nivelados para ir apoyando los canales sobre ellos.

Finalmente, hay que tener en cuenta que la tendencia al empleo de materiales pre-fabricados se va extendiendo mucho y máxime en regiones accidentadas, donde el acarreo de materiales hace muy difícil y costosa, tanto la fabricación "in situ" de los canales de riego, como su posterior mantenimiento para evitar pérdidas de agua, cosa que se reduce con los canales de asbesto-cemento.

4.2.

Tipo de Consumidores o Usuarios:

Consideramos que no es muy necesario abundar en detalles en lo que respecta al tipo de consumidor hacia los cuales va destinado nuestro canal pre-fabricado de asbesto-cemento, puesto

que la finalidad para el que ha sido concebido está completamente definida y encuadrada dentro de lo que significa el empleo de los canales. En consecuencia, tomando en cuenta lo dicho, podemos clasificar a los usuarios (mercado) en los siguientes rubros:

- 1.- Usuarios del Sector Agricultura
- 2.- Usuarios de los sectores privados o particulares.
- 3.- Otro tipo de usuarios.

4.3. Mercado Nacional Estimado

Para efectos de poder tener una idea del mercado nacional en lo que respecta a la necesidad de contar con sistemas de canales de Riego, se han seguido ciertas pautas, aquellas normalmente recomendadas por quienes efectúan labores de investigación de mercado propiamente dichas. Lo que en realidad se trata de exponer es lo relacionado específicamente a la cantidad de canalizaciones de todo tipo por *construir* o revestir.

La labor ha consistido en efectuar visitas a las entidades encargadas de los Proyectos de Riego, y en buscar información en Informes Estadísticos y Planes de Gobierno en los

que se consignan datos importantes y metas a alcanzar en lo que a irrigación o conducción de agua se refiere.

En estas labores se ha tropezado con ciertos dificultades pues, una vez hecha la presentación teórica de nuestro canal a los proyectistas, eramos consultados por el precio por metro lineal del elemento; esto nos hace pensar que el conocer el precio constituye de primera intención, un termómetro que nos dará idea de la medida de su empleo; por otro lado, todos los grandes Proyectos, están aún en etapa de desarrollo y sus necesidades no están cien por ciento definidas.

En cuanto a la información estadística o de Planes, no se define la cantidad de canales de riego en alguna unidad de longitud, ni mucho menos capacidades a conducir. Sin embargo se detallan Hectáreas (Ha) de terreno por incorporar en la agricultura, en consecuencia son Has por regar.

Si hacemos una relación entre la longitud total de canales con respecto a Ha regadas podremos definir la necesidad o el "mercado nacional estimado".

CONSTRUCCION DE CANALES DE RIEGO

NECESIDADES-CUADRO N° 1

Principales Proyectos de Irrigación	Has. por irrigar	Kms. de canales por construir o revestir	Kms. de ca- les de dis- tribución
Proyectos Especiales			
Proyecto Tinajones	100,000	1,070	749
" Olmos	111,220	1,190	833
" Chira-Piura	150,000	1,605	1124
" La Joya	22,150	237	166
" Majer	60,000	642	450
" Jequetepeque-Zaña	66,000	706	494
" Chimbote	25,000	268	188
b) Proyectos a cargo del Ministerio de Agricultura.			
Proyecto El Paraíso (Huacho-Chancay)	30,000	285	195
Irrigación San Lorenzo (Piura)	40,000	428	300
Línea Global de P. y M. Irrigaciones	70,000	755	528
Proyectos Particulares			
Cooperativas, fundos pequeños, Varios	40,000	428	300
TOTALES:	714,370	7,614	5,327

Del total de "canales de distribución" necesarios puede estimarse que un 40% corresponde a canales con caudales o capacidades comprendidas dentro de los límites que nuestro canal puede conducir * Solo un 60% de estos se reviste por los sistemas convencionales, el resto de canales es construido por diversos métodos, en esta parte es donde debemos procurar la instalación de nuestros canales; el siguiente cuadro nos da una idea de las cantidades estimadas requeridas.

CONSTRUCCION DE CANALES DE RIEGO

Necesidades - Cuadro N° 2

(A) Canales de Distrib.	(B=0.40xA) Canales de Distrib. Q < 130 lps	(C=0.60xB) Canales de Distb. Q < 130 lps revestidos	(D=0.40xB) Canales de Dist. Q < 130 lps sin revestir
Kms	Kms	Kms	Kms
5,327	2,130	1,278	852

Si se estima que con nuestros canales de asbesto cemento solo podríamos reemplazar el 50% del total de canales con caudales menores a 130 lps sin revestir, el mercado potencial sería de: $0.5 \times 852 \text{ kms} = 426 \text{ kms}$.

* Hemos estimado este límite como un caudal de 100 a 130 lps transportados en un canal de asbesto cemento instalado con una pendiente de 1.5% y con bordes libres de 10 a 5 cms.

Es decir 426,000 m.l. de canal por reemplazar, esto equivale a 174,590 unidades de canaletas de asbesto cemento

Capacidades instaladas

Concretamente hablando no se ha podido obtener en cifras exactas la capacidad de los fabricantes nacionales de productos de asbesto cemento, en lo relacionado a su producción mensual ó anual de piezas moldeadas (de la cual forma parte nuestros canales), sin embargo de acuerdo a conversaciones sostenidas con funcionarios de la Fábrica (Eternit) y haciendo comparaciones con fábricas similares de otros países puede estimarse que el volumen de pasta de asbesto-cemento destinada a piezas moldeadas, (destinada mensualmente) es del orden de 7,100 planchas de 8' (2.44 mts de largo x 1.15 mts de ancho x 5 mm. de espesor), como nuestro canal requiere de 2 planchas de 8' para conformar los 10 mm. de espesor requeridos, podríamos considerar que si se usara todo ese material en fabricar canales, la capacidad mensual sería de 3,550 unidades.

Entonces el detalle final sería:

capacidad mensual : 3,550 unidades

capacidad anual : 42,600 unidades

Con respecto al mercado potencial de 174,590 unidades, se requerirían 4 años para cubrir el mercado con un sistema de producción continuo y exclusivo. Quiere decir que el mercado es grande y su captación queda a criterio de los fabricantes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1

CONCLUSIONES

Siendo el objetivo de este Proyecto, diseñar un canal de asbesto-cemento que aproveche las propiedades del material para su pre-fabricación y posterior uso, y que además sea funcional y económico, podemos considerar que hemos logrado un elemento que satisface dichos requerimientos, es decir:

a.- Aprovecha las propiedades del material porque:

- Se ha diseñado un canal de sección ovoide, factible de fabricar en el menor tiempo posible y que reúne ventajas desde el punto de vista hidráulico y de resistencia.
- La forma del canal permite resistir su peso propio mas sobre cargas normales, sin que el elemento sufra alteraciones en su conformación.
- Se ha logrado obtener una sección hidráulica, cuyo perímetro total corresponde exactamente al ancho útil de la pasta fresca del asbesto-cemento, además con esta condición se aprovecha mejor la orientación de las fibras de asbesto resistentes a los esfuerzos de flexión.

b.- Es funcional porque:

- Nos pone a mano una solución, fácil de aceptar y adoptar en los casos específicos para el que ha sido diseñado.
- El sistema de ensamble o unión escogido, nos permite asegurar que se ha logrado apropiadas condiciones de impermeabilidad .
- Mantiene en condiciones normales, las operaciones de almacenaje, manipuleo y transporte, debido a su forma y peso.
- En un sistema en funcionamiento existe la posibilidad de hacer reparaciones rápidas en caso necesario.
- Existe la posibilidad de hacer ^{tomadas} derivaciones (tomadas, curvas, caídas, medidores de caudal, etc) con el empleo del mismo material.

c.- Es económico porque:

- Permite emplear para su instalación mano de obra no especializada.

- Es factible reducir costos de movimiento de tierras por su facilidad de instalarlo elevado, ó en todo caso apoyarlo sobre el terreno.
- Se logra reducir los costos de mantenimiento y transporte.
- Son elementos recuperables que pueden utilizarse en otras instalaciones.

5.2.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones y en base a las experiencias adquiridas durante el desarrollo de este Proyecto, podemos sugerir las siguientes recomendaciones:

- 1.- Que los fabricantes del producto, (Fábrica Peruana Eternit S.A.) prosigan con las investigaciones de este tipo de canales, sugiriendo la instalación de una línea en la cual puedan efectuarse experiencias de diversa índole con la finalidad de ampliar y mejorar su utilidad.

Tales experiencias podrían coordinarse con alguna Universidad, Instituto o alguna entidad estatal.

- 2.- Que se contemple la posibilidad de fabricar canales de mayor sección, considerando la adopción de distintos espesores de material.
- 3.- Se debe estudiar la posibilidad de completar la línea de fabricación de canales de asbesto cemento con el empleo de piezas complementarias (desviaciones, curvas, medidores de caudal, caídas, etc) construidos del mismo material.
- 4.- De acuerdo a la futura demanda y en base a su aceptación, se debe estimar la fabricación de estos canales por sistemas mecanizados.
- 5.- Que el precio de venta de estos elementos sea competitivo con canales de otro tipo.

Para el efecto, los fabricantes deben hacer una promoción de introducción y venta de este producto, considerando que esta habrá de ser complementada con la mayor información técnica posible.

A P E N D I C E

- 1.- Secuencia Fotográfica.**
Proceso de Fabricación - Prueba de Carga.
Prueba de Ensamble - Almacenaje.



PROCESO DE FABRICACION

- 1) Molde del Canal.
- 2) Rolos de pasta fresca de asbesto - cemento.
- 3) Recorte de la pasta para la fabricación del Canal.
- 4) Fabricación del canal. (2 operarios alisando la pasta sobre el molde).

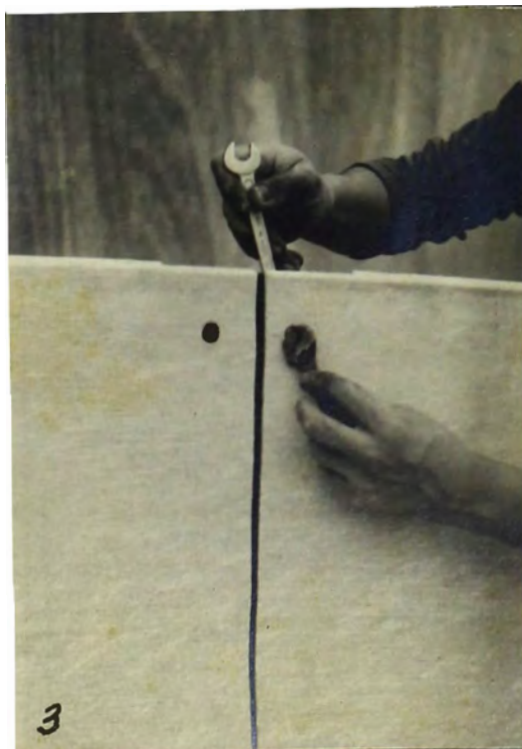
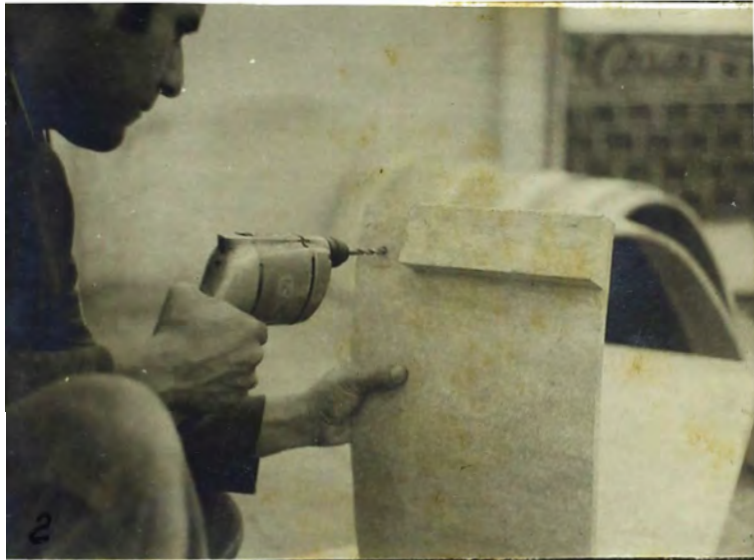




PRUEBA DE CARGA

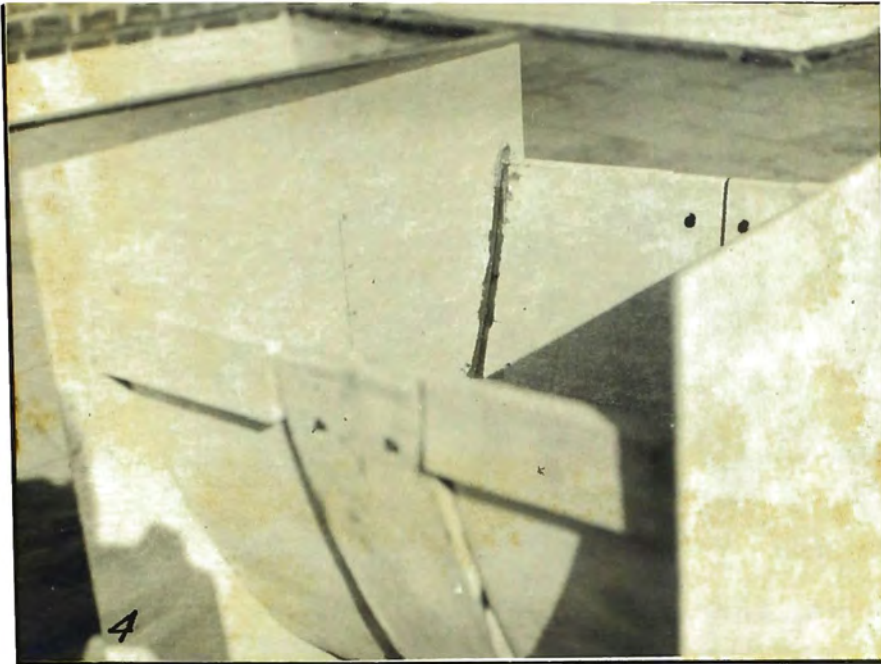
- 1) Canal apoyado en sus extremos sobre caballetes y acondicionado para la prueba de carga.
- 2) Acondicionamiento del instrumento de medición de deflexiones.
- 3) Llenado del canal con arena y evaluación de la deflexión.
- 4) Canal completamente lleno con arena.





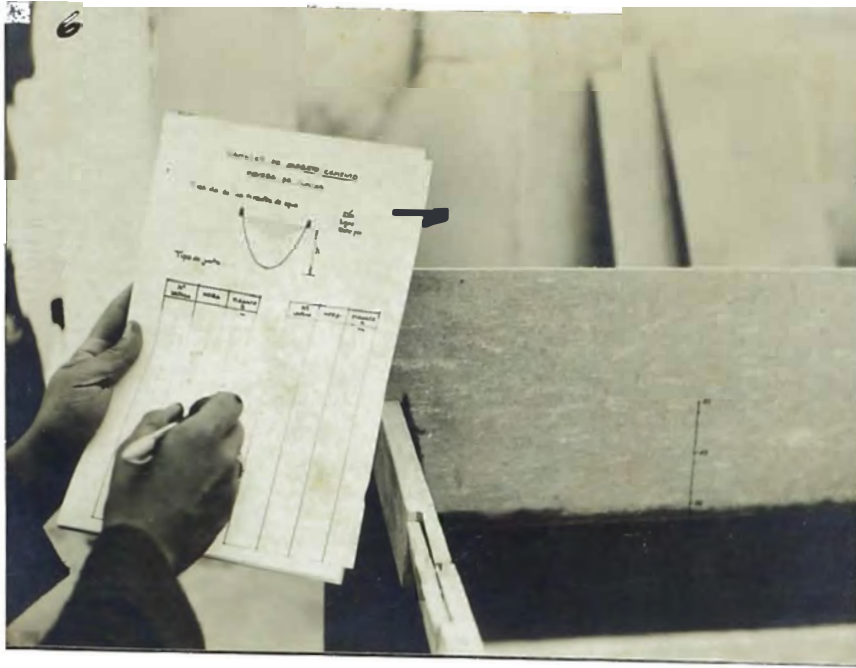
PRUEBA DE LOS SISTEMAS DE ENSAMBLE

- 1) Detalle del sistema de ensamble. Obsérvese el tapajunta y los topos del refuerzo de los canales.
- 2) Preparación de los ensambles, perforación para su fijación con pernos.
- 3) Proceso de fijación del tapajunta del canal por medio de pernos.



- 4) Elemento preparado, listo para la evaluación del ensamble. Observe las tapas planas laterales y los pernos de fijación en su lugar.
- 5) Dos sistemas de ensamble en prueba.
- 6) Evaluación de la pérdida de agua. Disminución de los tirantes.





ASPECTO DEL ALMACENAJE

1) Detalle del sistema de almacenaje a emplearse en los canales. En la vista puede apreciarse un grupo de secciones almacenadas de manera correcta.



B I B L I O G R A F I A

LIBROS Y MANUALES

- Manual de Hidráulica* H.W. King.
"U.T.E.H.A."
- Open Channel Hydraulics* Ven Te Chow
"International Student
Edition"
- Principios y aplicaciones del Riego* Israelsen- Hansen
"Editorial Reverte S.A."
- Manual General "Uralite"*
Manuales Técnicos Eternit Española
"Uralite"
- Manual de Hidráulica* Acevedo Netto
- El Riego* M. Bólee- Ch. Ollier "ETA"
Aquitectura Hidráulica (Tomo I) Sr. Armin Schoklitsch
"Edit. G. Gili"
- Irrigation, Practice and Engineering* B.A. Etcheverry
"Mc Graw - Hill"

Ingeniería de los Recursos Hidráulicos

Linsley- Franzini

"CECSA"

*Normas Técnicas para instalación de
redes de agua y desague*

ESAL

Emp. Saneamiento de Lima

Handbook of Applied Hydraulics

Davis- Sorensen

"International Student
Edition"

Stress in Shells

Flugge- Wilhelm

1962

Resistencia de Materiales

S. Timoshenko

"Espasa- Calpe S.A."

*Manual del Arquitecto y
del Constructor*

Kidder- Parker

"U.TEH.A."

Asbesto- Cemento

Nicolás Waganoff

Argentina

BOLETINES Y REVISTAS

Boletín Ministerio de Agricultura

Marzo 1971

Plan Nacional de Desarrollo

1971- 1975 (Tomo II)

Anuario 1976 de la Construcción

Guía de Materiales y Servicios

Aprovechamiento de los Bofedales

de Patapujo

Análisis de Precios Unitarios

REndimientos Mínimos en

Construcción Civil

Catálogos Eternit, (extranjeros)

Dirección Gral. de Aguas

Instituto Nacional de Planificación.

Cámara Peruana de la Construcción - CAPECO.

Edición 22a.

1976- 1977

Ministerio de Agricultura

Direcc. Gral de Irrigaciones

Zona VII- Tacna

Cámara Peruana de la Construcción.

Bélgica, Chile, Colombia, Brasil, Italia.
