



98
2 Ejes

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**APLICACION DEL CANAL DE PENDIENTE
VARIABLE A ALGUNAS MATERIAS DE
HIDRAULICA**

Tesis Profesional

**Que para obtener el Titulo de
INGENIERO CIVIL
Presenta**

IGNACIO LOPEZ OCHOA



México, D. F.

1985



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

	Página
I. Introducción.	1
I.1. Cobertura de la Tesis.	2
I.2. Calibración de medidor de gasto.	4
I.3. Conclusiones.	7
II. Hidráulica I.	
II.1. Compuerta.	10
II.2. Vertedor rectangular de pared delgada.	10
II.3. Vertedor de cresta ancha.	11
II.4. Conclusiones.	14
III. Hidráulica II.	15
III.1. Vertedor de cresta ancha.	16
III.2. Medidor Parshal.	17
III.3. Perfiles.	20
III.4. Conclusiones.	28
IV. Obras Hidráulicas.	42
IV.1. Perfil Creager.	43
IV.2. Conclusiones.	43
V. Marítima.	47
V.1. Onda estacionaria.	48
V.2. Conclusiones.	52

Página

Referencias.

53

Bibliografía.

53

CAPITULO PRIMERO.-

Introducción.

- I.1. Cobertura de la tesis.**
- I.2. Calibración del medidor
de gasto.**
- I.3. Conclusiones.**

I. Introducción.

I.1. Cobertura de la tesis.

El objetivo primordial de la presente tesis es el de poder implementar prácticas para algunas de las materias del área de Hidráulica que se imparten en esta Facultad. El secundario es de investigación, cuando se pudo, - como el tratar de encontrar el coeficiente de rugosidad de Manning en el canal para poder compararlo con la teoría.

El modelo cuenta con un manual de prácticas, algunas de las cuales se tratará de ver si es posible impartir, ya sea porque se cuente con todo el equipo necesario para ello o porque simplemente la práctica no resulta igual a la teoría, por efecto de dimensiones del canal o por algún otro imponderable.

Inicialmente se buscó calibrar el medidor de gasto para poder utilizar al máximo este medidor que nos da lecturas rápidas. Dicha calibración se hizo con la ayuda de una compuerta.

Para Hidráulica I se probaron dos tipos de vertedores (rectangular de pared delgada y de cresta ancha) y una compuerta rectangular.

Para Hidráulica II se probó un vertedor de cresta ancha, se vió el funcionamiento y se obtuvo la expresión para determinar el gasto en un medidor Parshal y se midieron una serie de perfiles, los cuales se ilustran con las condiciones de control y tipos de pendientes empleadas.

El vertedor de cresta ancha se incluye también en este capítulo porque para la obtención del gasto se toma la teoría de tirante crítico, que es tema de esta materia (Hidráulica II).

Para Obras Hidráulicas se vió el Perfil Creager y la diferencia de presiones que existen en su funcionamiento.

Para Marítima se vió la factibilidad de medir las presiones en una onda estacionaria.

I.2. Calibración del medidor de gasto.

El modelo de que se trata cuenta con unos medidores de presión antes y después de un orificio que se encuentra en el centro de la tubería que nos alimenta de agua a dicho modelo.

El gasto que pasa por un orificio está dado por:

$$Q = C_d A \sqrt{2 g \Delta H}$$

Donde:

Cd.- Coeficiente de descarga.

A.- Area del orificio.

ΔH .- Diferencia de presión antes y después del orificio.

Si hacemos:

$$C = C_d A \sqrt{2 g}$$

podemos expresar el gasto como:

$$Q = C \sqrt{\Delta H}$$

Donde Q está en m³/seg, y ΔH en cm de Hg.

Se tratará de encontrar el valor de la constante C para medir rápidamente el gasto con la ayuda del medidor mencionado anteriormente, calibrándose con la ayuda de una compuerta.

Nota.- Los instrumentos vienen calibrados de fábrica con un valor de C de 0.01239.

Calibración con la ayuda de una compuerta.

La expresión que nos determina el gasto que pasa por una compuerta está dada por:

$$Q = C_d b a \sqrt{2 g Y}$$

Donde:

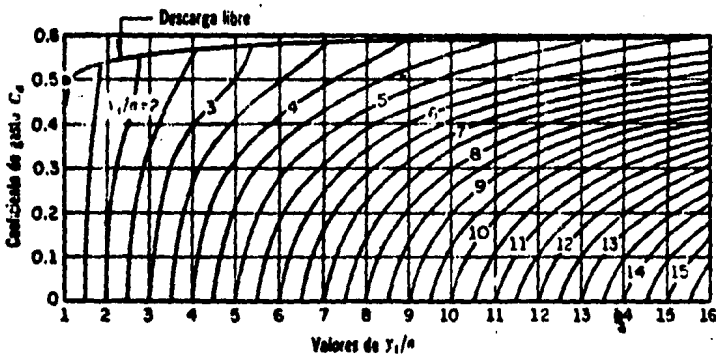
Cd.- Coeficiente de gasto.

b.- Ancho de la compuerta.

a.- Abertura de la compuerta.

Y.- Tirante del agua, aguas arriba de la compuerta.

Nota.- El valor de Cd se puede obtener de la siguiente gráfica:



Medición	Y (m)	ΔH (cm de Hg)	Y/a	Cd	Q_{calc} (m ³ /seg)	$C=Q_{calc}/\sqrt{\Delta H}$
1	0.2775	8.5	1.85	0.54	0.037	0.01269
2	0.2975	9.0	1.98	0.54	0.039	0.01300
3	0.3135	10.0	2.10	0.55	0.0409	0.01295
4	0.3220	10.3	2.15	0.55	0.0414	0.01289
5	0.3375	11.3	2.25	0.55	0.0428	0.01273
6	0.3500	11.5	2.33	0.56	0.0440	0.01297
7	0.3735	12.6	2.50	0.56	0.0457	0.01287
8	0.3875	12.9	2.58	0.56	0.0463	0.01289
9	0.4055	13.9	2.70	0.56	0.0473	0.01268
10	0.4230	14.8	2.82	0.56	0.0483	0.01255

a= 0.15 m

b= 0.20 m

I.3. Conclusiones.

Por efectos de la presión del agua sobre la compuerta, esta tiende a inclinarse un poco aumentando la abertura (a), por lo que nos dan gastos mayores que los que teóricamente deberíamos tener, provocando que el valor de C nos dé también un poco mayor que el real.

Para efectos de cálculo de gastos posteriores se trabajará con un valor de C de 0.01239, que es el que trae calibrado de fábrica, siendo un poco menor que el obtenido anteriormente por lo ya comentado.

Nota.- En la medición de la columna de mercurio del piezómetro se puede cometer un error de apreciación aproximado de hasta 0.1 cm, porque la escala en que está valuado no nos dá intervalos menores a dicha medida, y hay que redondear al entero más cercano a criterio de la persona que realice la medición.

Se recomiendan hacer lecturas en el piezómetro de gastos grandes, porque el mercurio de este está variando constantemente lo que nos puede producir un segundo error. Esta variación es más representativa en gastos pequeños.

Estos dos errores comentados justifican aún más el valor de C de 0.01239 aceptado para cálculos posteriores.

Si calculamos el error que existe entre el valor de C de 0.01239 con el más alejado, tenemos:

0.01239 vs. 0.01300 nos dá un error de 5% que podríamos justificarlo con errores de medición.

En el caso de la necesidad de gastos pequeños, se recomienda usar otros medidores, como vertedores, siempre y cuando no afecten las mediciones que se quieran hacer - porque el piezómetro no es confiable.

Ejemplo:

Si medimos 0.5 cm de Hg sería un gasto de 0.00876 m³/seg.

Si en la medición anterior tenemos un error de -- 0.2 cm, la carga sería 0.3 cm lo que nos dá un gasto de - 0.00678 m³/seg, lo que si representaría gran diferencia, de 22.5%.

CAPÍTULO SEGUNDO.-

Hidráulica I.

II.1. Compuerta.

II.2. Vertedor rectangular
de pared delgada.

II.3. Vertedor de cresta
ancha.

II.4. Conclusiones.

II. Hidráulica I.

II.1. Compuerta.

Se recomienda realizar esta práctica (explicada en la introducción) para que el alumno se vaya familiarizando con los términos usados en ella.

II.2. Vertedor rectangular de pared delgada.

La expresión que nos determina el gasto que pasa - por un vertedor de este tipo es:

$$Q = (2/3) \sqrt{2 \cdot g} \mu b h^{3/2}$$

Donde:

- μ .- Coeficiente experimental que contiene las - pérdidas de energía por la contracción de - la lámina vertiente.
- b .- Ancho del vertedor (ancho del canal en este caso).
- h .- Altura del agua sobre la cresta del vertedor.

Lecturas:

$$b = 0.20 \text{ m}$$

$$w = 0.25 \text{ m (altura del vertedor)}$$

h (m)	0.055	0.068	0.084	0.096	0.110	0.120
ΔH (cm de Hg)	0.2	0.3	0.6	0.9	1.4	1.9

De la tabla 7.1 (Referencia 1, p.246) se ve que sólo las fórmulas de Hamilton-Smith y Rehbock son aplicables para valores de μ .

$$\mu = 0.616(1-b/(10B)) \quad \text{según Hamilton-Smith}$$

b.- Ancho del vertedor.

B.- Ancho del canal ($B=b$).

$$\mu = (0.6035 + 0.0813((h+0.0011)/w))(1+0.0011/h)^{3.2}$$

según Rehbock

II.3. Vertedor de cresta ancha.

El gasto en este tipo de vertedor está dado por:

$$Q = C b h^{3/2}$$

Donde, de la referencia 1:

$$C = \frac{(1+0.26(h/(h+w))^2)\sqrt{g}}{(3/2+\lambda e/2+0.004n)^{3/2}} \quad (\text{expresión 7.39, p.268})$$

$$n = \phi e/h \quad (\text{expresión 7.42, p. 268})$$

e.- Longitud del vertedor de cresta ancha.

Nota.- El valor de $\lambda e=0$ por ser vertedor con borde redondeado (según ref. 1, p.268), y el valor de ϕ es obtenido tabularmente (ref. 1, p.269).

h (m)	ΔH (cm de Hg)	Q_{med} (m ³ /seg)	μ (H-S)	μ (R)	μ (med)	Error (%) (H-S)	Error (%) (R)
0.055	0.2	0.005541	0.55	0.64	0.72	-24	-11
0.068	0.3	0.006786	0.55	0.64	0.64	-14	0
0.084	0.6	0.009597	0.55	0.64	0.66	-17	-3
0.096	0.9	0.011754	0.55	0.64	0.66	-17	-3
0.110	1.4	0.014660	0.55	0.65	0.68	-19	-4.5
0.120	1.9	0.017078	0.55	0.65	0.69	-20	-4.5

Tabla I.1

$$Q_{med} = 0.01239 \sqrt{\Delta H}$$

$$\mu_{med} = 3 Q_{med} / (2 \sqrt{2g} b h^{3/2})$$

Mediciones:		w= 0.15 m	e= 0.399 m						
h (m)	ΔH (cm de Hg)	Q_{med} (m ³ /seg)	h/(h+w)	ϕ	n	C_{calc}	C_{med}	Error (%)	
0.047	0.07	0.003278	0.238	1.710	14.516	1.63	1.61	+1.0	
0.058	0.15	0.004798	0.278	1.710	11.763	1.66	1.71	-3.0	
0.074	0.35	0.007330	0.330	1.710	9.220	1.69	1.82	-7.0	
0.084	0.45	0.008311	0.359	1.697	8.060	1.70	1.31	-1.0	
0.087	0.55	0.009188	0.367	1.694	7.769	1.71	1.79	-4.5	
0.098	0.75	0.010730	0.395	1.682	6.848	1.72	1.75	-2.0	
0.106	0.95	0.012076	0.414	1.676	6.308	1.73	1.75	-1.0	
0.120	1.35	0.014396	0.444	1.667	5.542	1.75	1.73	+1.0	
0.135	2.00	0.017522	0.473	1.658	4.900	1.77	1.76	+0.5	
0.147	2.90	0.021099	0.495	1.651	4.481	1.78	1.87	-5.0	
0.160	3.90	0.024468	0.516	1.645	4.102	1.79	1.91	-6.0	

II.4. Conclusiones.

En la práctica del vertedor rectangular de pared -- delgada, se puede apreciar que usando la fórmula de Rehbock para el cálculo de μ nos produce errores tolerables para -- gastos mayores a 6 lt/seg, debido a que para menores es difícil medir con exactitud la lectura de la carga de mercurio en el piezómetro (ΔH) provocando errores de cálculo ya -- mencionados en la Introducción. Para las prácticas que se -- imparta es recomendable usar la fórmula de Rehbock y no la -- de Hamilton-Smith por magnitud de error mostrado.

Se puede ver en la tabla I.1 que el error máximo -- que se tiene podría incluso tomarse como aceptable ya que -- entraría en el error de apreciación por ser un gasto tan pe -- queño. El error de 4.5% también entra dentro de lo acepta -- ble por:

Error de apreciación: 2.6%

Error por movimiento de mercurio (1 mm): 2.6%

Estos dos errores absorben el que teníamos.

Nota.- Se supone algún funcionamiento raro en el -- vertedor porque todos los errores son del mismo signo.

Lo que respecta a la práctica de vertedor de cresta ancha los valores calculados y medidos son muy aproximados, lo que arroja errores mínimos en el desarrollo de la misma.

CAPITULO TERCERO.-

Hidráulica II.

**III.1. Vertedor de cresta
ancha.**

III.2. Medidor Parshal.

III.3. Perfiles.

III.4. Conclusiones.

III. Hidráulica II.

III.1. Vertedor de cresta ancha.

Se puede calcular el gasto que pasa por un vertedor de este tipo usando la expresión de gasto en una sección crítica, la cual nos queda:

$$Q = (2/3) \sqrt{2} b h \sqrt{2} g^{1/2} h^{3/2}$$

h (m)	ΔH (cm de Hg)	Q_{med} (m ³ /seg)	Q_{calc} (m ³ /seg)	Error (%)
0.047	0.07	0.003278	0.003474	-5.0
0.058	0.15	0.004798	0.004763	+1.0
0.074	0.35	0.007330	0.006864	+6.4
0.084	0.45	0.008311	0.008301	+0.1
0.087	0.55	0.009188	0.008750	+4.8
0.098	0.75	0.010730	0.010460	+2.5
0.106	0.95	0.012076	0.011767	+2.5
0.120	1.35	0.014396	0.014174	+1.5
0.135	2.00	0.017522	0.016913	+3.5
0.147	2.90	0.021099	0.019217	+9.0
0.160	3.90	0.024468	0.021822	+10.0

III.2. Medidor Parshal.

Lecturas tomadas:

B= 0.099 m (ancho del medidor)

L= 0.28 m

Ha (m)	ΔH (cm de Hg)
0.098	0.35
0.108	0.45
0.119	0.60
0.132	0.75
0.138	0.80
0.144	0.95
0.151	1.10
0.164	1.40
0.170	1.60
0.174	1.80

ΔH (cm de Hg)	Q_{med} (m ³ /seg)	Q_{med} (ft ³ /seg)	H_a (ft)
0.35	0.00733	0.25885	0.3215
0.45	0.00831	0.29350	0.3543
0.60	0.00959	0.33890	0.3904
0.75	0.01073	0.37890	0.4331
0.80	0.01108	0.39000	0.4527
0.95	0.01207	0.42640	0.4741
1.10	0.01299	0.45600	0.4954
1.40	0.01466	0.51770	0.5380
1.60	0.01577	0.55340	0.5590
1.80	0.01662	0.58700	0.5708

Una ecuación que nos determina el gasto en un medidor de este tipo es de la forma:

$$Q = A H_a^B$$

Por mínimos cuadrados se encontraran los valores de A y B con los que trabajará el medidor.

$$A = 1.221$$

$$B = 1.382$$

quedando la expresión de gasto:

$$Q_{mc} = 1.221 H_a^{1.382}$$

Según referencia 2, p. 75, los valores de A y B -- varían según el ancho del medidor.

Las ecuaciones que nos determinan el caudal para -- anchos de 3 y 6 pulgadas, que son las medidas de los cua--

les tenemos fórmulas para los anchos más cercanos (mayor y menor) que el nuestro, son:

$$Q = 0.992 Ha^{1.547} \quad \text{para ancho de 3"}$$

$$Q = 2.060 Ha^{1.580} \quad \text{para ancho de 6"}$$

Interpolando linealmente para el ancho nuestro:

$$A = 1.317$$

$$B = 1.557$$

quedando la ecuación de gasto:

$$Q_{int} = 1.317 Ha^{1.557}$$

Ha (ft)	Q_{med} (ft ³ /seg)	Q_{mc} (ft ³ /seg)	Error (%)	Q_{int} (ft ³ /seg)	Error (%)
0.3215	0.2588	0.2544	-1.7	0.2250	-13.0
0.3543	0.2935	0.2910	-0.8	0.2618	-10.8
0.3904	0.3389	0.3328	-1.8	0.3045	-10.2
0.4331	0.3789	0.3841	+1.0	0.3579	- 5.5
0.4527	0.3900	0.4083	+4.5	0.3834	- 1.7
0.4741	0.4264	0.4353	+2.0	0.4120	- 3.4
0.4954	0.4560	0.4625	+1.4	0.4412	- 3.3
0.5380	0.5177	0.5184	+0.1	0.5016	- 3.2
0.5590	0.5534	0.5465	-1.3	0.5325	- 3.8
0.5708	0.5870	0.5625	+4.2	0.5500	- 6.4

III.3. Perfiles. (Flujo Gradualmente Variado).

Se trató inicialmente de obtener un tirante normal en el canal y calcular el valor del coeficiente de rugosidad de Manning. Posteriormente se forzaron algunos perfiles moviendo pendientes del canal y con la ayuda de algunas secciones de control, como compuertas, y con estos datos se obtuvieron los respectivos coeficientes.

A continuación se muestran esquemáticamente los perfiles que se lograron (gráficas III.1 y III.2), dibujados a escala posteriormente (de gráficas III.3 a III.11) y al final una tabla con rangos para los coeficientes de rugosidad de Manning (n) óptimos (gráfica III.12) dependiendo del valor del tirante.

PERFIL S2. (gráfica III.3)

S= 0.01 Q= 0.02984 m³/seg y_c= 0.1314 m y_n= 0.093 m

Medidos: y	ΣΔX	n=0.009		n=0.0092		n=0.00903		n=0.00904	
		ΔX	ΣΔX	ΔX	ΣΔX	ΔX	ΣΔX	ΔX	ΣΔX
0.118	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.114	1	0.538	0.538	0.590	0.590	0.545	0.545	0.547	0.547
0.112	2	0.393	0.931	0.441	1.032	0.399	0.945	0.401	0.949
0.109	3	0.825	1.756	0.955	1.987	0.842	1.787	0.848	1.797
0.107	4	0.795	2.551	0.967	2.954	0.816	2.603	0.823	2.621
0.105	5	1.123	3.675	1.466	4.420	1.163	3.767	1.177	3.799
0.104	6	0.765	4.439	1.097	5.517	0.801	4.568	0.813	4.613
0.103	7	0.981	5.421	1.572	7.090	1.038	5.607	1.059	5.673
0.102	8	1.328	6.748	2.625	9.715	1.433	7.041	1.472	7.145
0.1015	9	0.882	7.631	2.469	12.185	0.975	8.017	1.011	8.157
0.101	10	1.118	8.750	5.663	17.849	1.269	9.286	1.329	9.487

nota. - las medidas están en m.

PERFIL S3.

(gráfica III.4)

S= 0.005 Q= 0.03591 m³/seg $y_c = 0.1486$ m $S_c = 0.0043$

Medidos:		n=0.009		n=0.008		n=0.0085		n=0.0083	
y	$\Sigma\Delta X$	ΔX	$\Sigma\Delta X$	ΔX	$\Sigma\Delta X$	ΔX	$\Sigma\Delta X$	ΔX	$\Sigma\Delta X$
0.094	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.098	1	1.002	1.002	1.445	1.445	1.190	1.190	1.282	1.282
0.103	2	1.240	2.243	1.841	3.286	1.491	2.681	1.616	2.898
0.106	3	0.740	2.983	1.134	4.421	0.901	3.582	0.983	3.882
0.109	4	0.136	3.719	1.161	5.582	0.906	4.489	0.995	4.878
0.111	5	0.488	4.207	0.793	6.775	0.609	5.098	0.672	5.550
0.113	6	0.486	4.694	0.812	7.187	0.613	5.711	0.681	6.231
0.116	7	0.726	5.420	1.258	8.446	0.928	6.639	1.039	7.270
0.120	8	0.959	6.380	1.782	10.228	1.259	7.898	1.430	8.700
0.123	9	0.715	7.095	1.460	11.688	0.969	8.868	1.123	9.824

nota.- las medidas están en m.

PERFIL H3.

(gráfica III.5)

$S = 0.00$

$Q = 0.04535 \text{ m}^3/\text{seg}$

$y_c = 0.173 \text{ m}$

Medidos:		n=0.0082	
y	$\Sigma \Delta X$	ΔX	$\Sigma \Delta X$
0.098	0	0.000	0.000
0.102	1	0.902	0.902
0.108	2	1.281	2.184
0.114	3	1.192	3.376
0.119	4	0.922	4.298
0.123	5	0.689	4.988
0.130	6	1.098	6.086
0.137	7	0.955	7.041
0.146	8	1.008	8.049
0.158	9	0.936	8.986

nota.- las medidas están en m.

PERFILES M1-M3.

S= 0.004 Q= 0.03460 m³/seg y_c = 0.145 m

M1 (gráfica III.6)

Medidos: n=0.009

y	ΣΔX	ΔX	ΣΔX
0.221	0.00	0.000	0.000
0.220	0.50	0.321	0.321
0.219	1.00	0.322	0.647
0.217	1.50	0.646	1.289
0.215	2.00	0.651	1.941
0.214	2.50	0.327	2.268
0.213	3.00	0.328	2.597
0.212	3.50	0.330	2.927
0.210	4.00	0.664	3.592
0.208	4.50	0.670	4.262
0.205	5.00	1.018	5.280

M3 (gráfica III.7)

0.096	0.00	0.000	0.000
0.097	0.50	0.228	0.228
0.099	1.00	0.453	0.681
0.102	1.50	0.669	1.350
0.105	2.00	0.655	2.006
0.108	2.50	0.641	2.647

nota.- las medidas están en m.

PERFIL A2.

(gráfica III.9)

$S = -0.001$

$Q = 0.03370 \text{ m}^3/\text{seg}$

$y_c = 0.142 \text{ m}$

Medidos:		n=0.010	
y	$\Sigma \Delta X$	ΔX	$\Sigma \Delta X$
0.221	0	0.000	0.000
0.225	1	0.979	0.979
0.228	2	0.765	1.745
0.233	3	1.333	3.078
0.236	4	0.835	3.914
0.239	5	0.860	4.774
0.241	6	0.587	5.362
0.244	7	0.903	6.264
0.246	8	0.616	6.879
0.252	9	1.912	8.792
0.256	10	1.329	10.122

nota.- todas las medidas están en m.

PERFIL A2.

(gráfica III.10)

$S = -0.002$

$Q = 0.02599 \text{ m}^3/\text{seg}$

$y_c = 0.119 \text{ m}$

Medidos: y	$\Sigma \Delta X$	n=0.010	
		ΔX	$\Sigma \Delta X$
0.305	0	0.000	0.000
0.308	1	1.099	1.099
0.311	2	1.107	2.207
0.314	3	1.114	3.322
0.317	4	1.121	4.443
0.320	5	1.128	5.572
0.322	6	0.756	6.328
0.324	7	0.759	7.087
0.326	8	0.762	7.850
0.328	9	0.764	8.614

nota.- las medidas están en m.

PERFIL A2. (gráfica III.11)

$S = -0.001$

$Q = 0.01837 \text{ m}^3/\text{seg}$

$y_c = 0.095 \text{ m}$

Medidos:		n=0.010	
y	$\Sigma \Delta X$	ΔX	$\Sigma \Delta X$
0.230	0	0.000	0.000
0.232	1	1.199	1.199
0.234	2	1.211	2.410
0.236	3	1.221	3.632
0.238	4	1.232	4.864
0.240	5	1.243	6.107
0.241	6	0.625	6.733
0.242	7	0.628	7.361
0.243	8	0.630	7.991
0.245	9	1.268	9.260
0.246	10	0.638	9.898

nota. - las medidas están en m.

III.4 Conclusiones.

En la práctica III.1 (vertedor de cresta ancha) se puede ver que los errores encontrados al calcular el gasto, suponiendo que por una sección a lo largo del vertedor tenemos un tirante crítico, son considerables para las dos últimas mediciones porque la carga es tal (0.147 y 0.160 m respectivamente), debido probablemente a que la longitud del vertedor no es suficiente para tener un tirante crítico en esa zona. Lo que respecta a las otras mediciones, los errores son despreciables o casi iguales a los obtenidos en la práctica II.3 en la que es encontrado mediante fórmula.

Se recomiendan usar cargas entre 0.047 y 0.160 m para poderse impartir como práctica usando esta fórmula, y así poder hacer comparaciones ilustrativas con la obtención del gasto según la práctica II.3.

La práctica del medidor Parshal (III.2), nos presenta resultados bastante buenos, pudiéndose tomar como fórmula para calcular el gasto que pasa por él la obtenida por mínimos cuadrados, pues los errores son pequeños. En ésta se puede apreciar también que los resultados usando la fórmula obtenida mediante la interpolación lineal son aceptables, pues solo los gastos demasiado pequeños nos arrojan errores considerables, debido posiblemente al error de medición de las columnas de mercurio en el piezómetro.

En la práctica de Perfiles (flujo gradualmente variable), fué imposible tener un tirante normal debido a que la longitud del canal no fué suficiente.

Una vez realizados un buen número de perfiles con

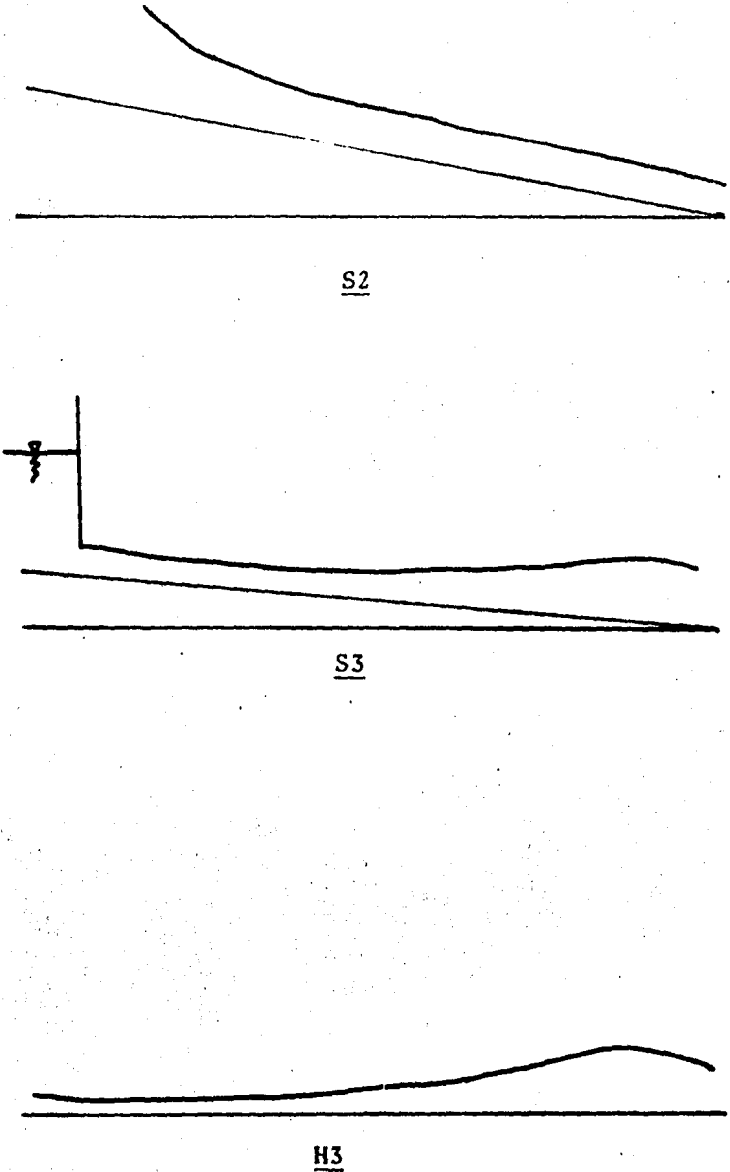
diferentes pendientes (rápida, suave, horizontal y adversa), se procedió a tratar de encontrar el Coeficiente de Rugosidad de Manning mediante la obtención por el método del paso directo en y de varios perfiles para ese gasto y esa pendiente, variando los coeficientes de rugosidad y viendo cual es el que más se le aproximaba una vez dibujados, encontrándose que para los tirantes medidos variaba mucho el coeficiente, desde 0.0082 hasta 0.010.

Para efecto de impartición de prácticas se recomienda usar la combinación de M1 y M3 con la "n" y "S" usadas, con las mismas secciones de control.

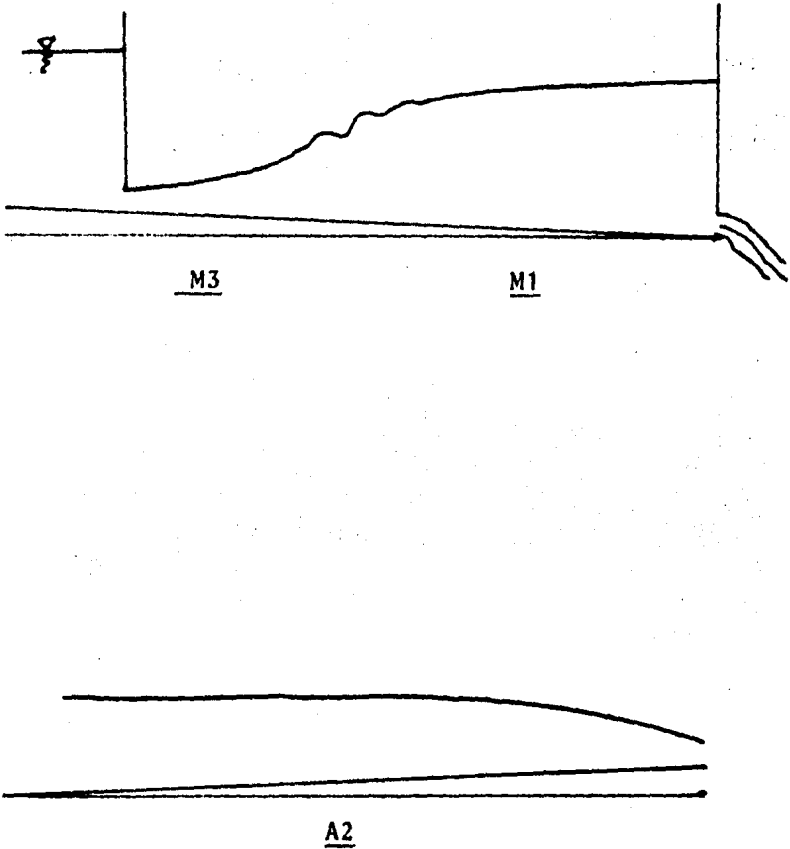
Nota.- Solo se anotaron los perfiles calculados con los valores de "n" que más se ajustaron al medido, por considerarse sin importancia para la práctica el anotar todos los estudiados.

Se estuvo variando pendientes y gastos hasta tener cambios apreciables en el valor de los tirantes en los perfiles.

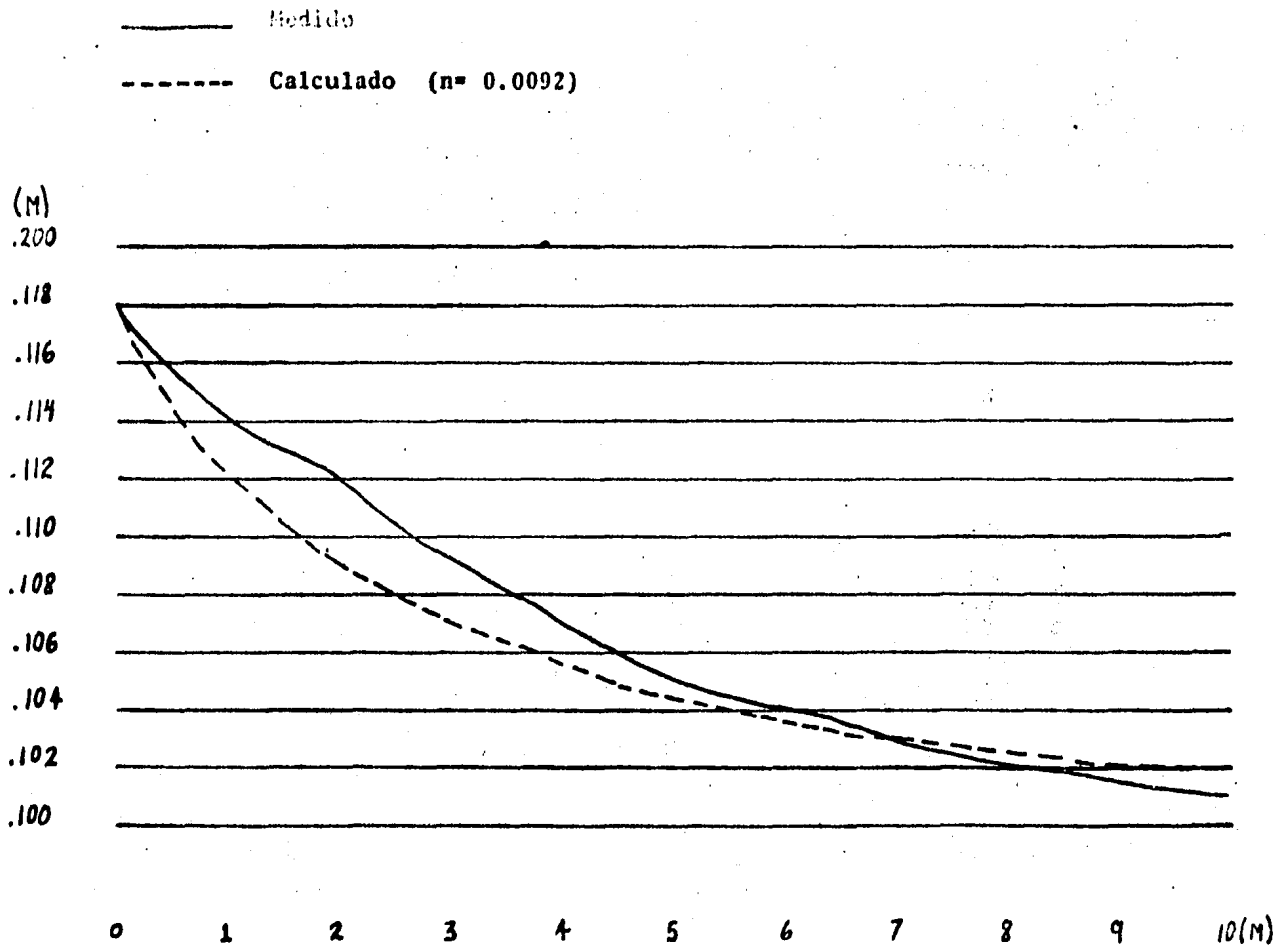
Debido a una contracción en el tanque de entrada al canal, se presenta una onda que impide, en algunos casos, el medir desde el inicio y aprovechar los 12 m de longitud total del canal.



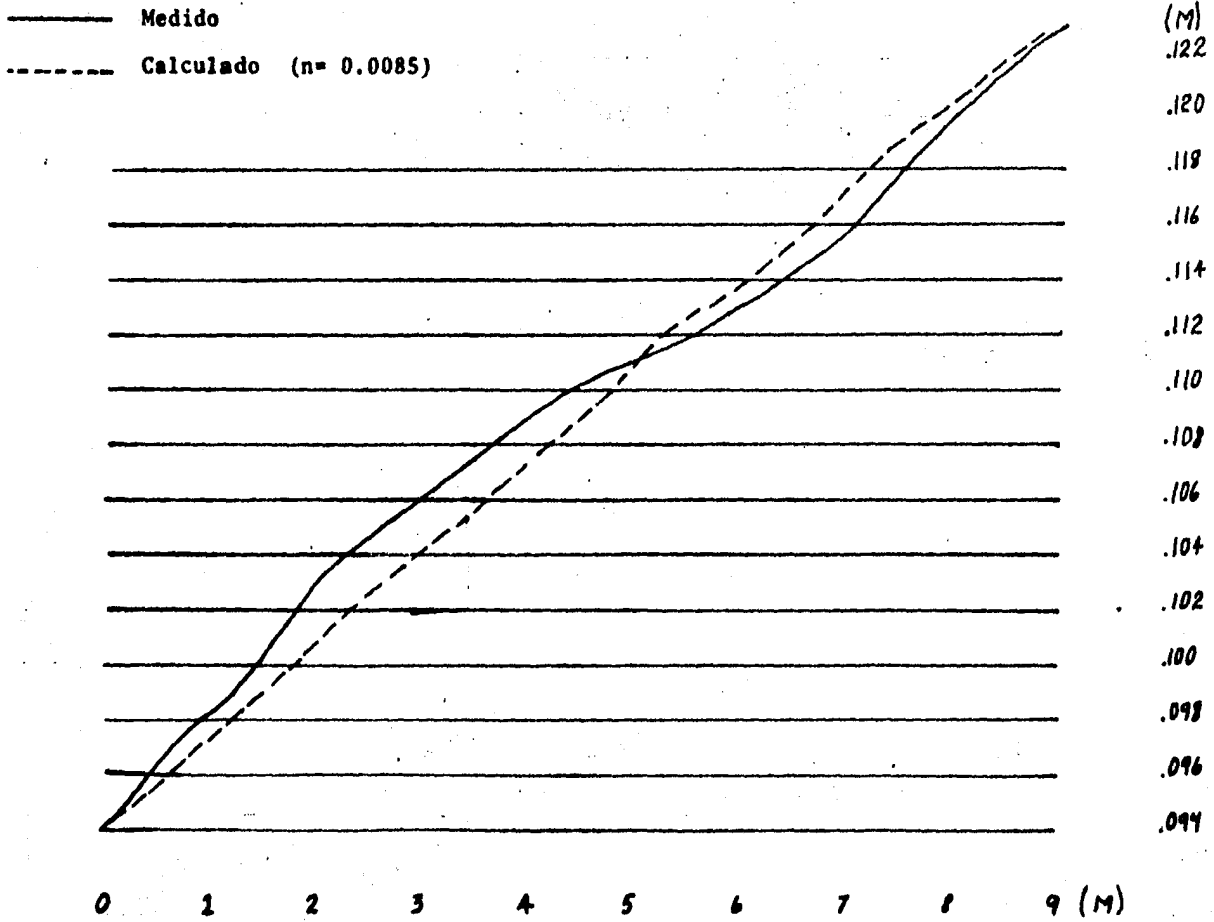
Gráfica III.1. Representación esquemática de perfiles.



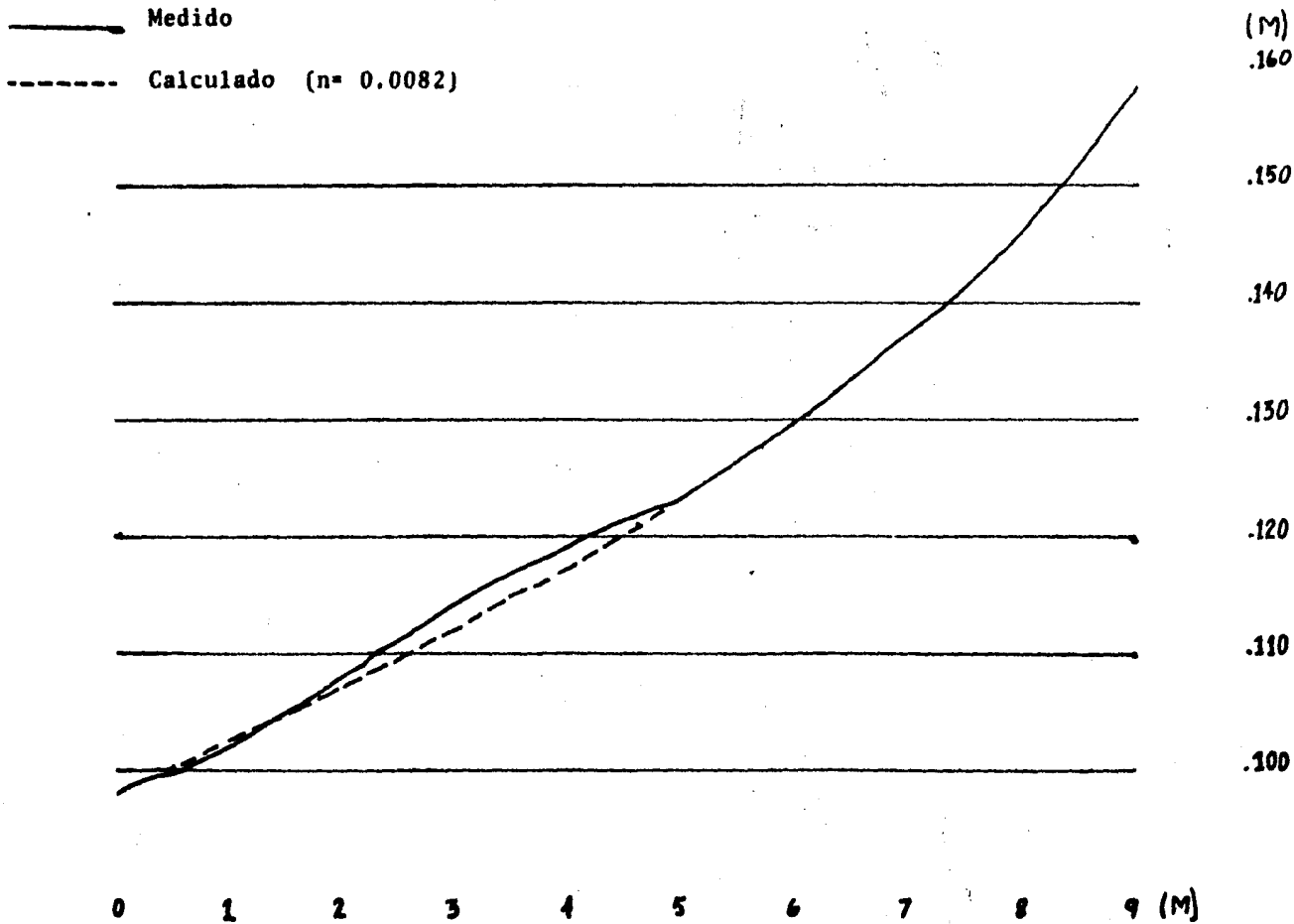
Gráfica III.2. Representación esquemática de perfiles.



Gráfica III.3. Perfil S2.

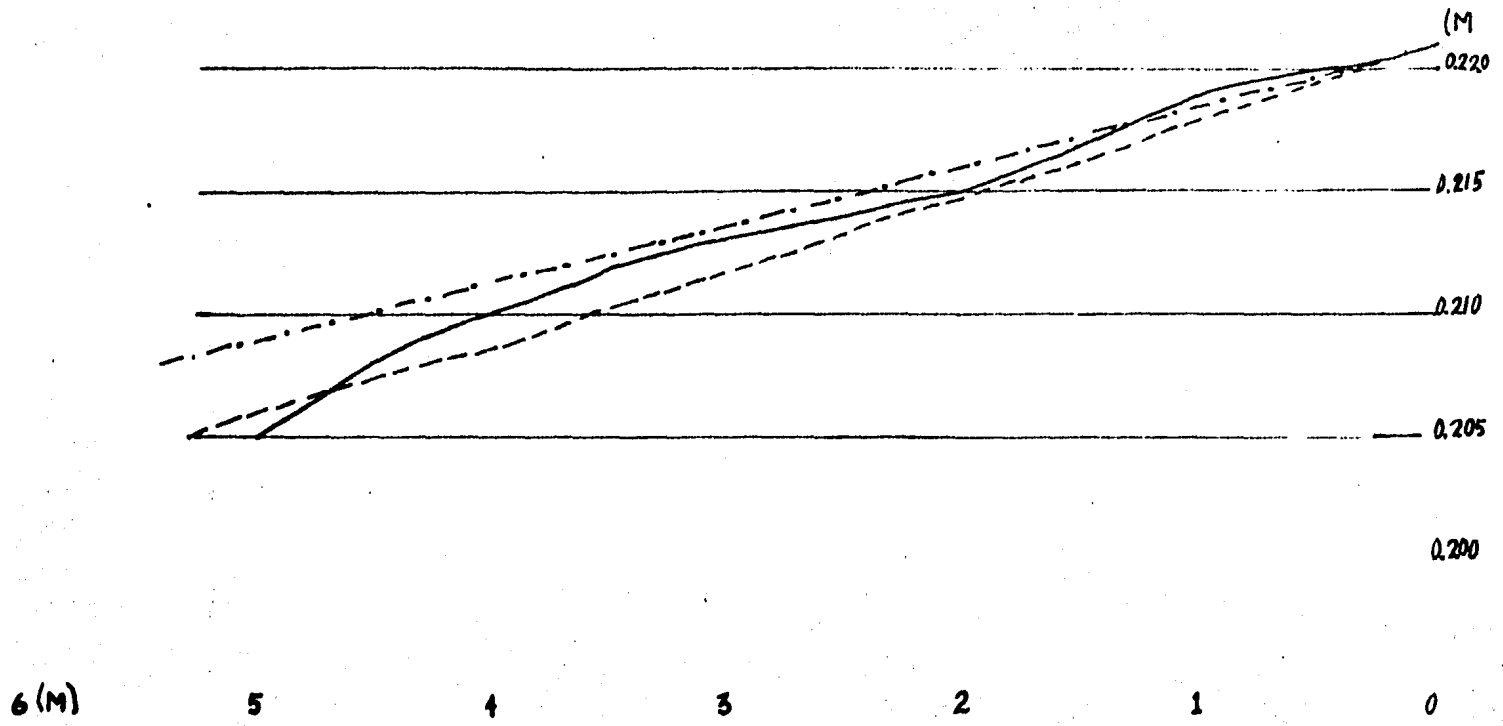


Gráfica III.4. Perfil S3.



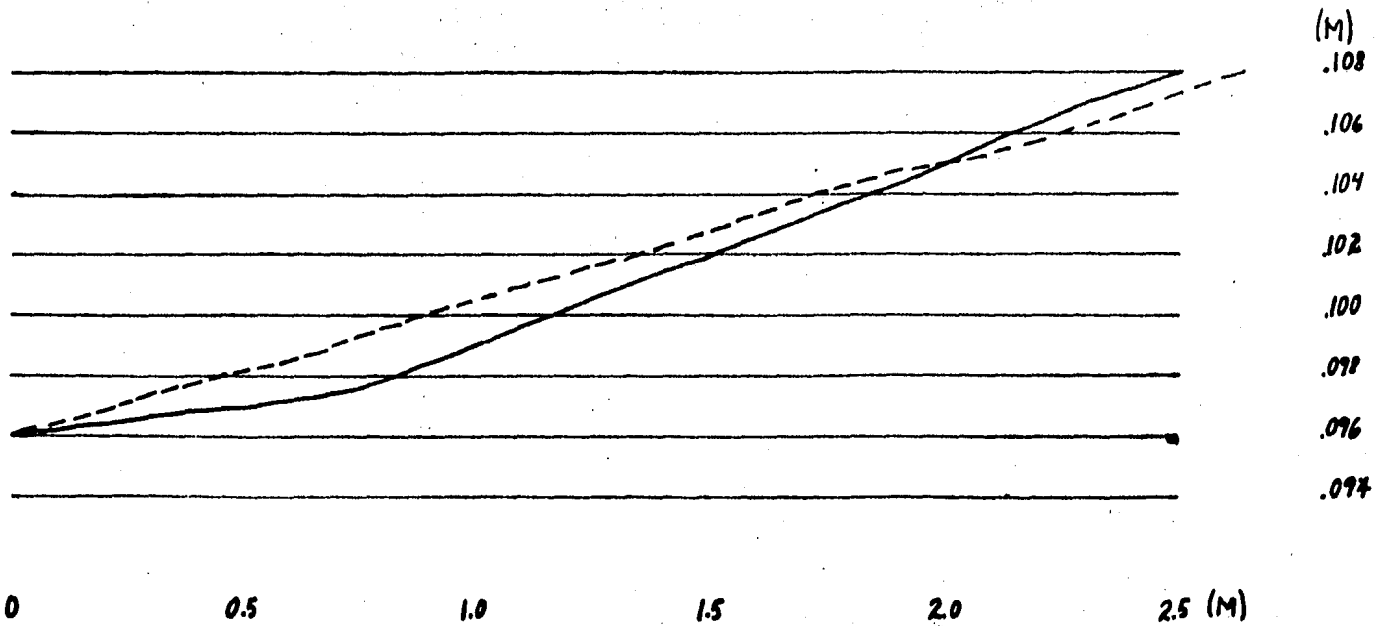
Gráfica III.5. Perfil H3.

— Medido
 - - - - - Calculado (n= 0.009)
 - · - · - · Calculado (n= 0.010)



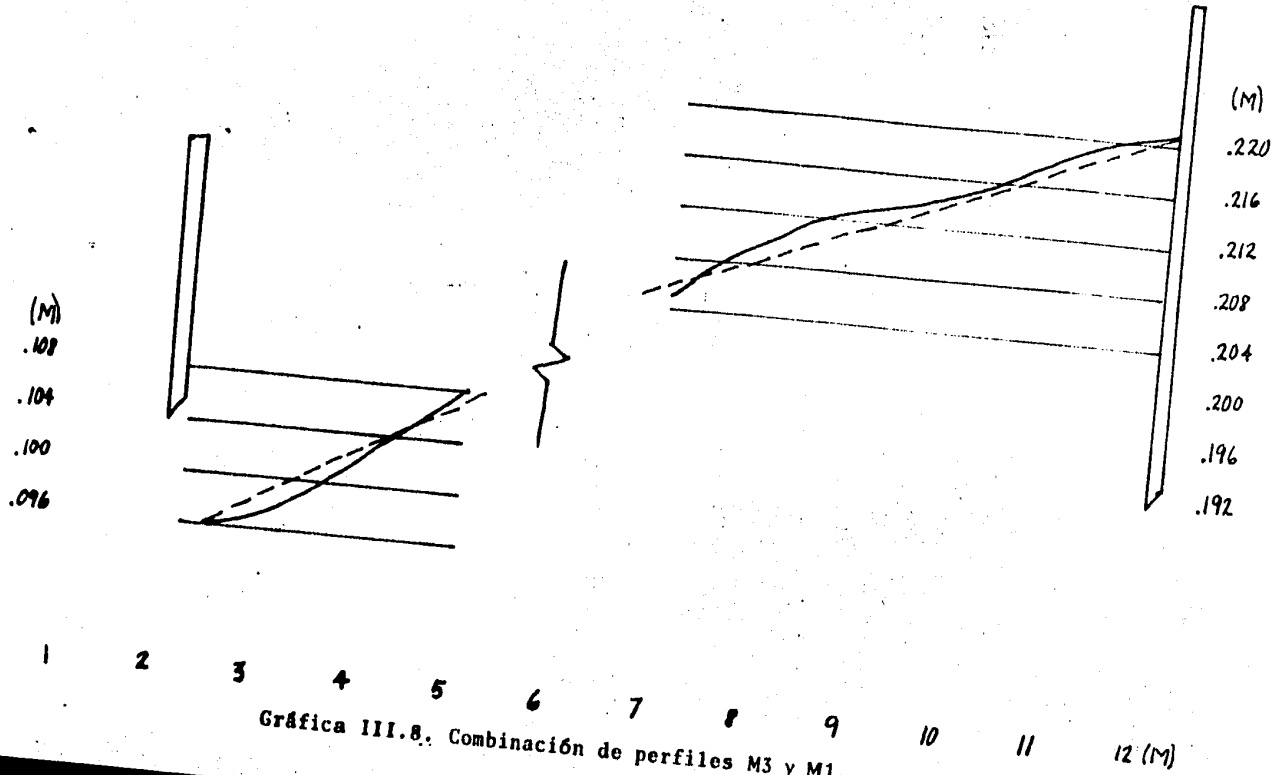
Gráfica III.6. Perfil M1.

— Medido
- - - - - Calculado (n= 0.009)



Gráfica III.7. Perfil M3.

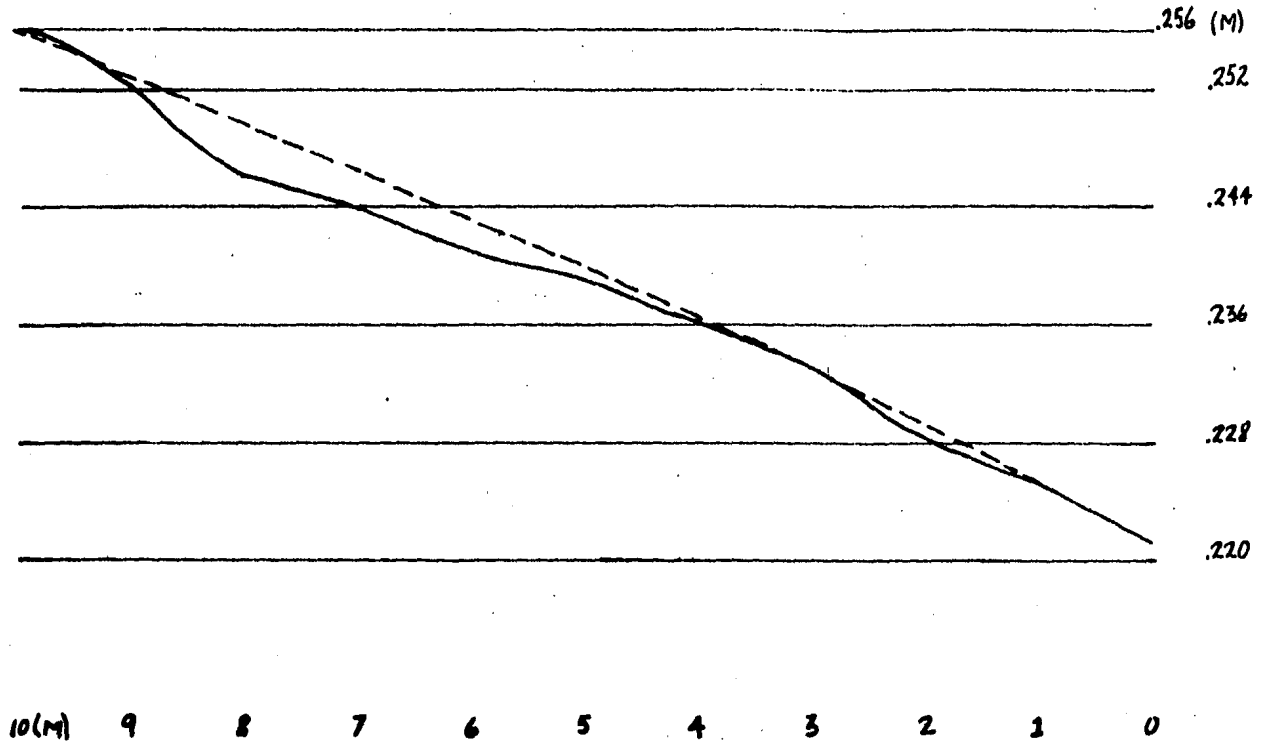
— Medido
 - - - - - Calculado (n = 0.009)



Gráfica III.8. Combinación de perfiles M3 y M1.

— Medido

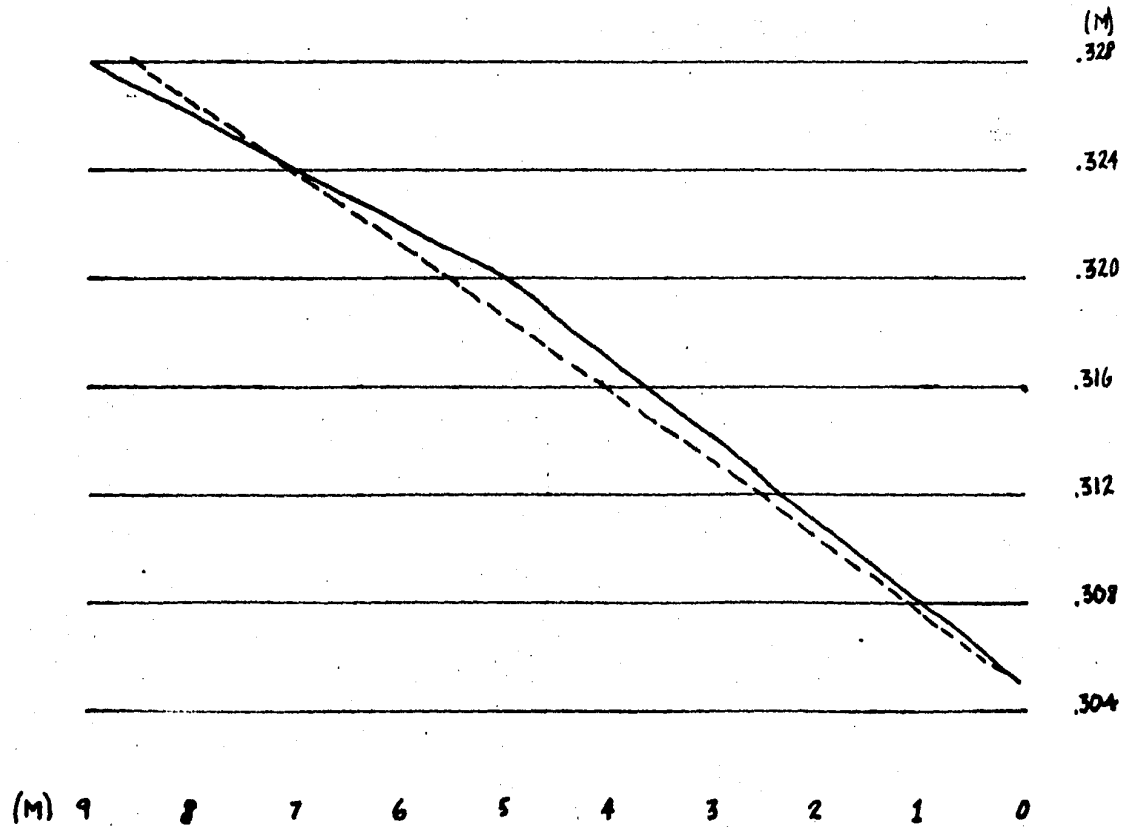
- - - - - Calculado ($n = 0.010$)



Gráfica III.9. Perfil A2.

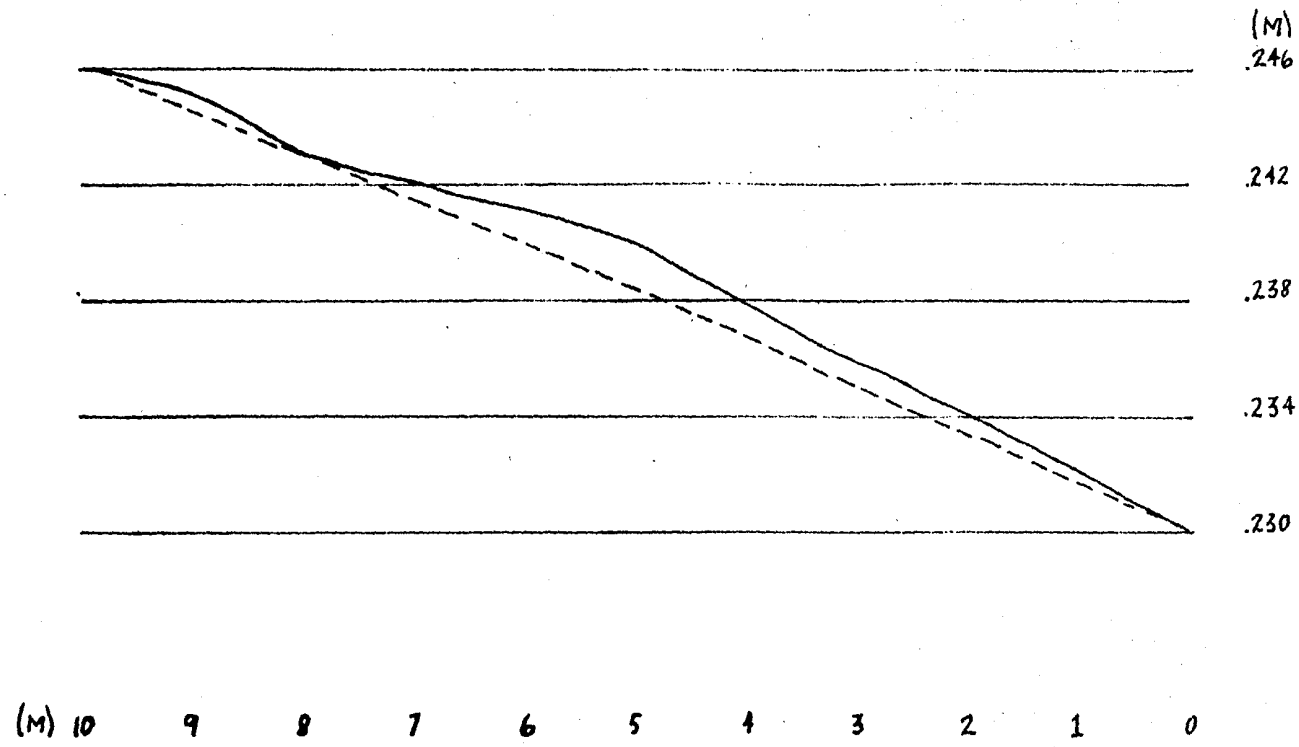
———— Medido

- - - - - Calculado (n= 0.010)

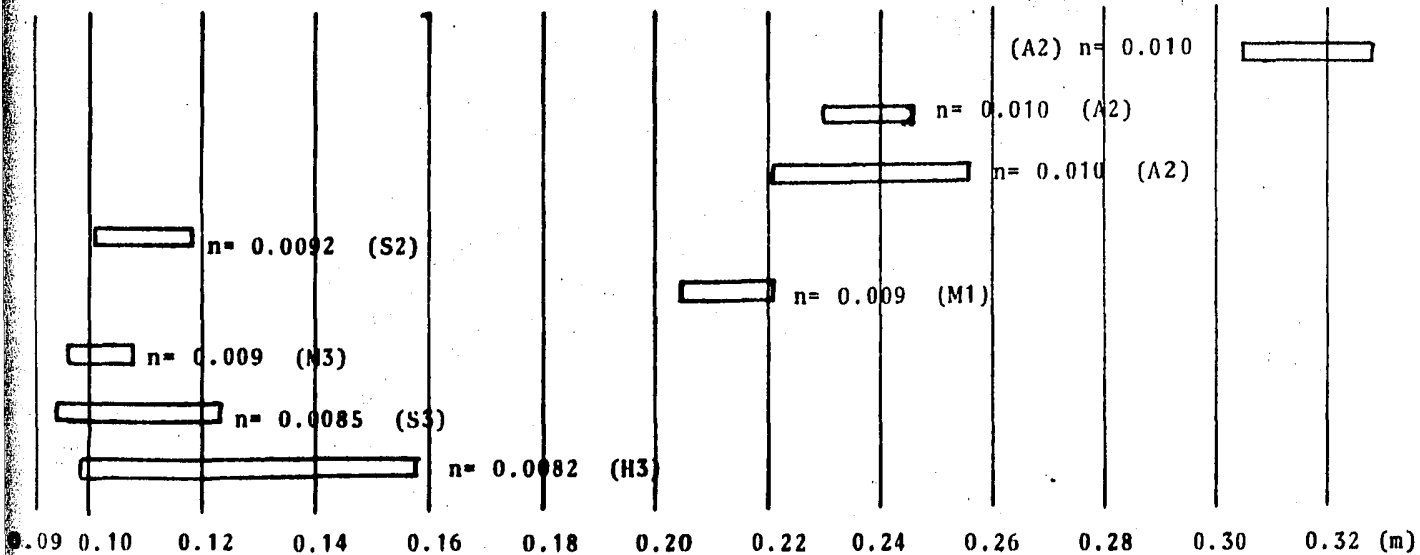


Gráfica III.10. Perfil A2.

———— Medido
----- Calculado (n= 0.010)



Gráfica III.11. Perfil A2.



Gráfica III.12. Coeficientes de rugosidad de Manning para distintos tirantes y pendientes.

CAPITULO CUARTO.-

Obras Hidráulicas.

IV.1. Perfil Creager.

IV.2. Conclusiones.

IV. Obras Hidráulicas.

IV.1. Perfil Creager.

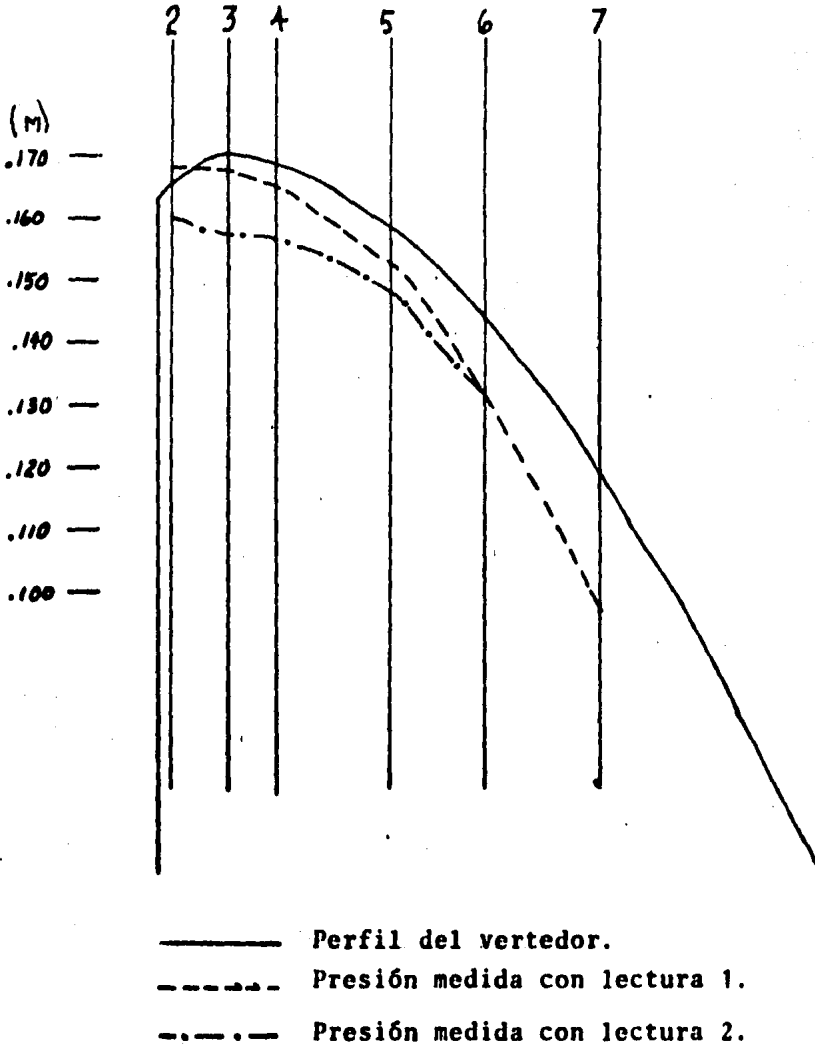
Se llevaron a cabo mediciones de presión en seis - piezómetros colocados en la superficie de un vertedor Creager.

Mediciones:

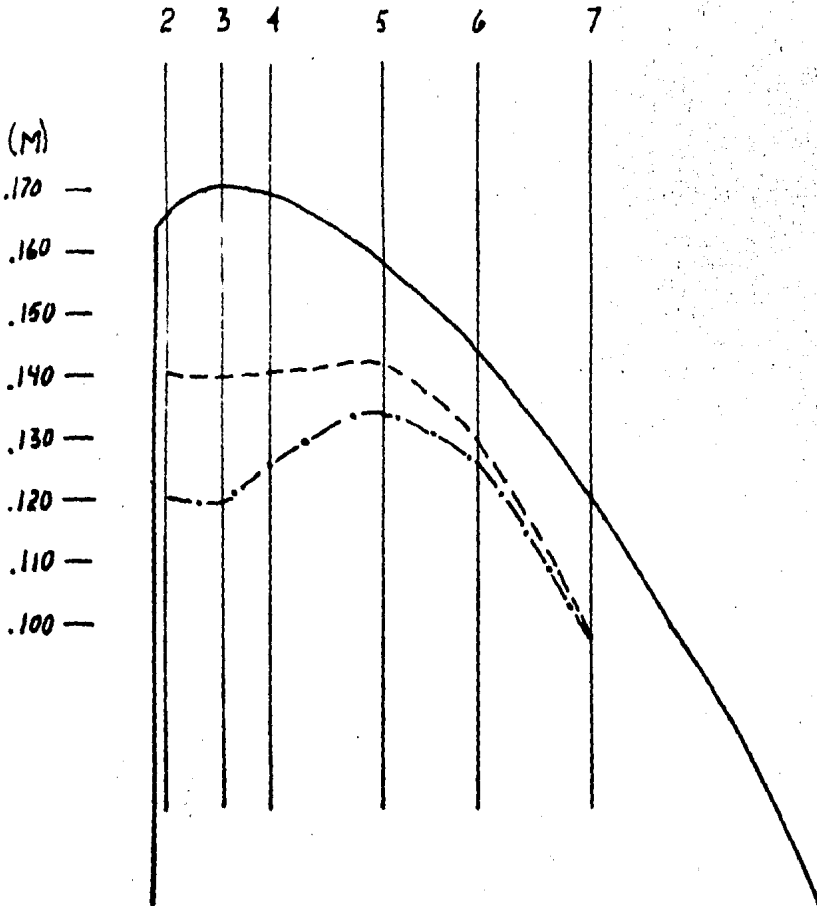
Lectura	Carga (m)	Piezómetros (m de agua)					
		2	3	4	5	6	7
1	0.018	0.167	0.166	0.164	0.152	0.131	0.097
2	0.041	0.159	0.156	0.156	0.148	0.131	0.097
3	0.151	0.140	0.139	0.140	0.141	0.129	0.097
4	0.060	0.120	0.119	0.126	0.134	0.126	0.097
5	0.072	0.084	0.086	0.104	0.121	0.121	0.096

IV.2. Conclusiones.

Se puede observar en las gráficas que se presentan - presiones de succión a lo largo del vertedor con las cargas medidas. (Gráficas IV.1, IV.2, IV.3)



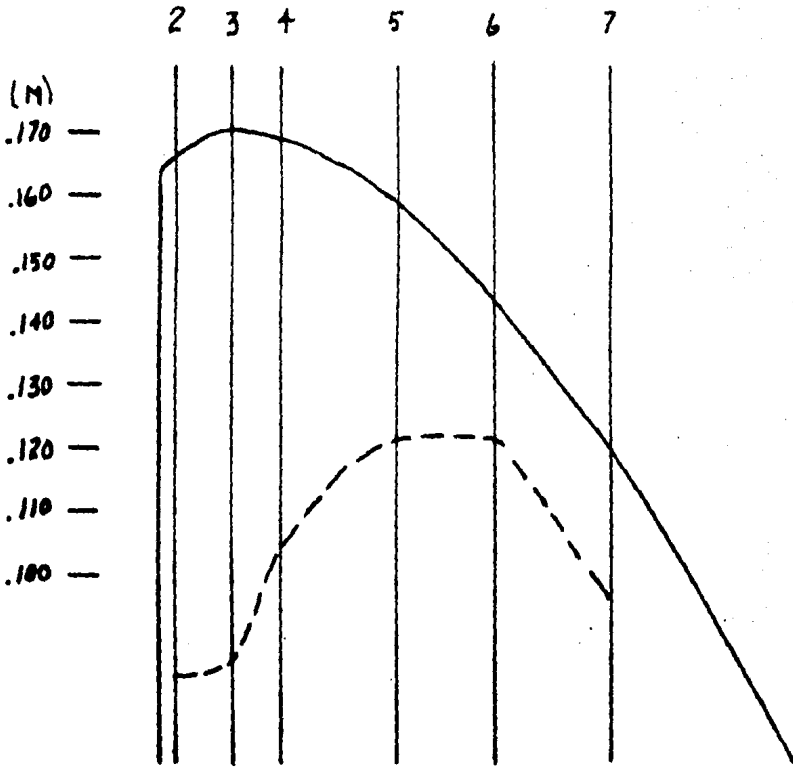
Gráfica IV.1. Distribución de presiones en un vertedor.



----- Presión medida con lectura 3.

-.-.-.-.- Presión medida con lectura 4.

Gráfica IV.2. Distribución de presiones en un vertedor.



----- Presiones medidas con lectura 5.

Gráfica IV.3. Distribución de presiones en un vertedor.

CAPITULO QUINTO.-

Marítima.

V.1. Onda estacionaria.

V.2. Conclusiones.

V. Marítima

V.1. Onda estacionaria.

Se trató de medir las presiones en dos ondas estacionarias de distintos periodos y amplitud.

Mediciones:

	ONDA 1	ONDA 2
piezómetro	H (cm de Agua)	H (cm de Agua)
1	30.80	29.80
2	30.75	29.65
3	30.65	29.50
4	- -	- -
5	30.85	29.40
6	30.75	29.50
7	30.80	29.60
8	30.90	29.65
9	30.85	29.70
10	30.80	29.85
11	30.80	30.00
12	30.70	29.80

Los doce piezómetros se encontraban dentro de la -- longitud de un metro, tratandose con esto de tomar las presiones medias de una onda.

Se contó con ocho piezómetros cuya salida era capilar lo que nos daba las presiones medias, además teníamos - cuatro que no lo eran (2,5,8,11) por lo que se trató de estrangularlos para hacer más lenta su respuesta a los cam---

bios de presión de la ola y nos midiera las presiones medias, no habiendose logrado el objetivo como se podrá apreciar en las gráficas.

El piezómetro 4 no registró presión posiblemente porque se tapó con plastilina.

(M)
30.925

— Presiones medias

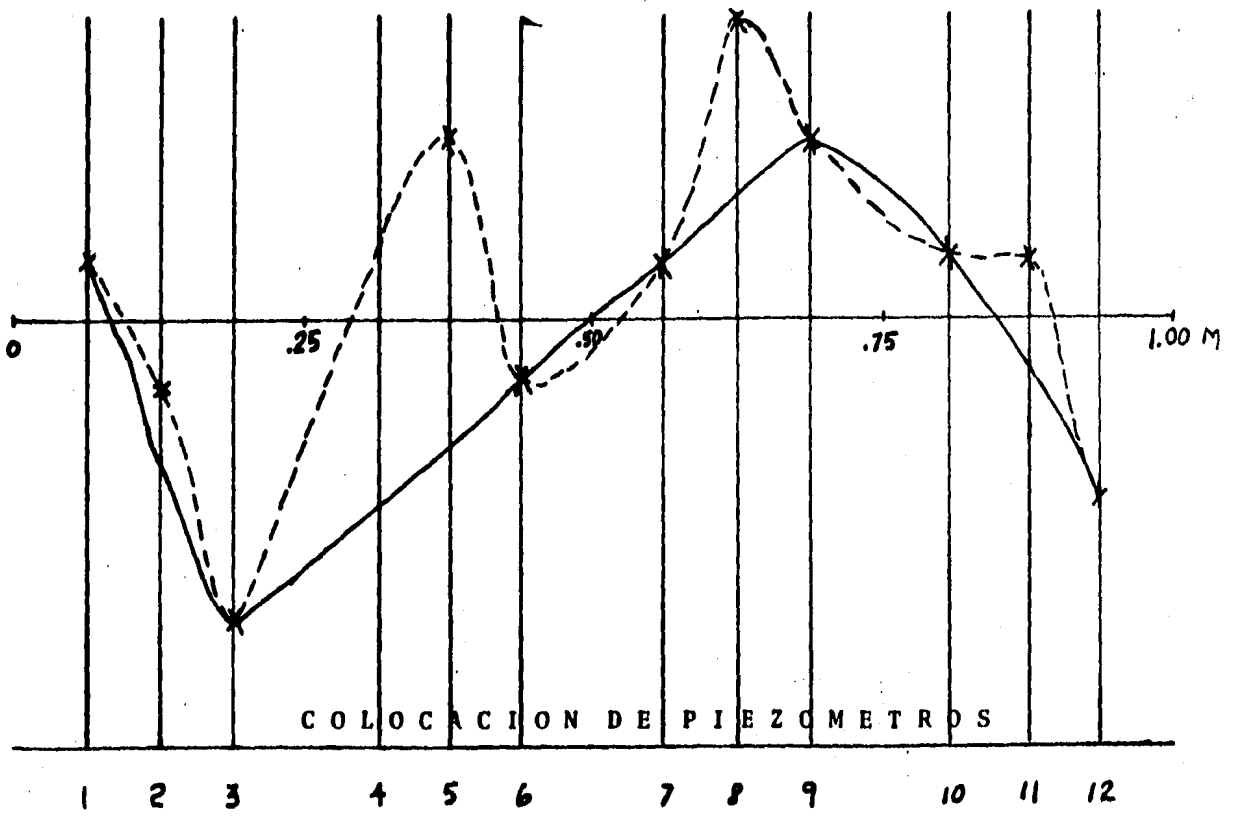
- - - - - Combinación de presiones medidas (incluyendo las no medias)

30.875

30.775

30.675

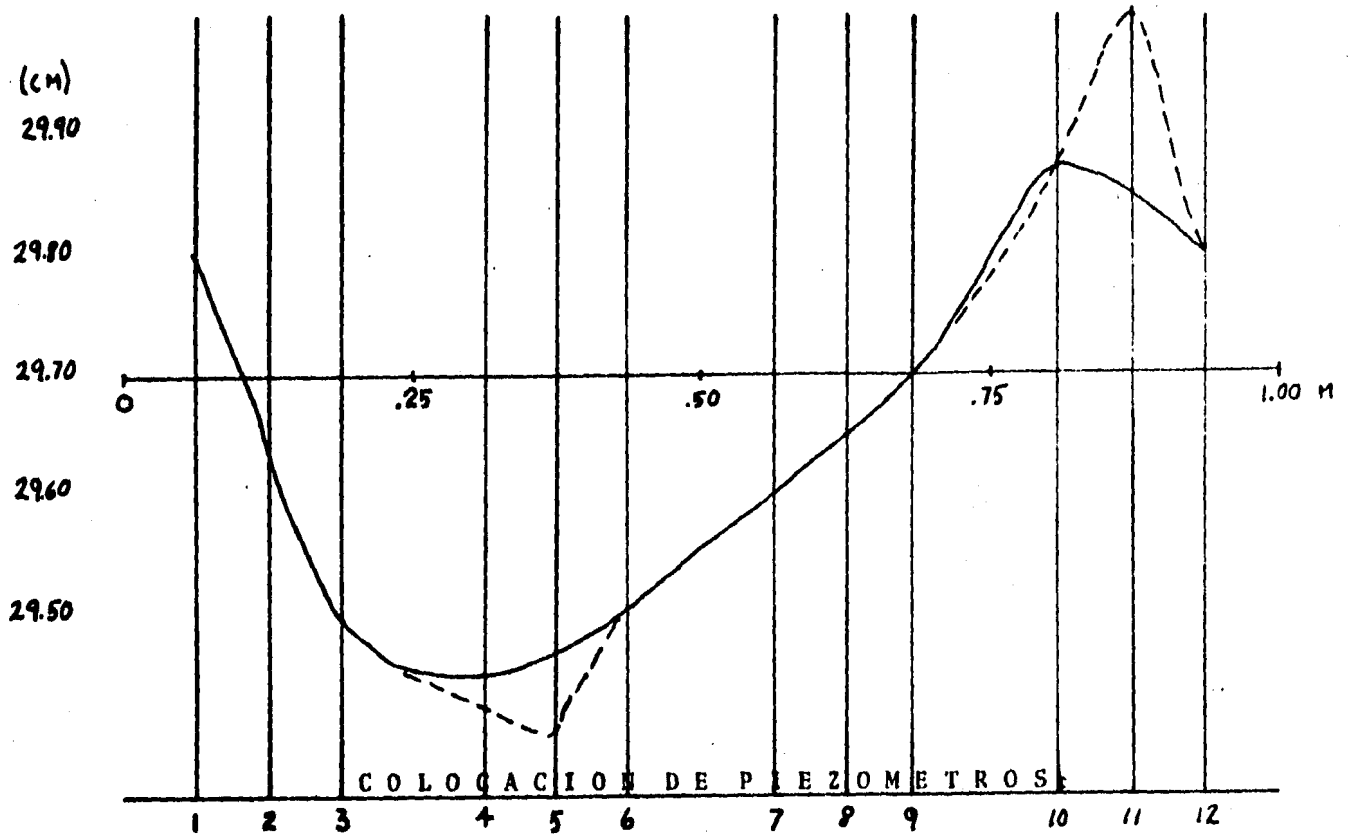
30.625



Gráfica V.1. Onda 1.

———— Presiones medias.

- - - - - Presiones medidas (incluyendo las no medias)



Gráfica V.2. Onda 2.

V.2. Conclusiones.

Por no contarse con todo el equipo necesario para la instrumentación de esta práctica, resultó un poco larga, pues se vió la necesidad de hacerse algunas adaptaciones, como en el caso de las salidas del canal al medir las presiones.

Unos piezómetros tenían mangueras capilares un poco difícil de trabajar, pues hay que revisar que no existan fugas constantemente en las uniones; y otros tenían mangueras de diámetro de 3/16" (son las salidas que trae el canal de fábrica) las cuales hubo necesidad de estrangular para tener respuesta lenta a los cambios de presión en las ondas.

Se comprobó que sí es posible realizar esta práctica por haberse obtenido buena distribución de presiones en la onda que se instrumentó. Lamentablemente no encontré la teoría para ampliar comentarios y comparaciones.

Este tema no se vé actualmente en la materia de Marítima que se imparte en la Facultad, pero el día que se vea se podrá complementar con la presente práctica.

También se puede efectuar la práctica de escolleras pero es difícil controlar el oleaje por la reflexión de energía.

Referencias.

- 1.- Sotelo Avila, Gilberto, "Hidráulica General", Limusa, 1970.
- 2.- Chow Wen-te, "Hidráulica de canales abiertos", Mc Graw Hill, 1959.

Bibliografía.

- Sotelo Avila, Gilberto, "Hidráulica General", Limusa, 1970.
- Chow Wen-te, "Hidráulica de canales abiertos", Mc Graw Hill, 1959.
- Henderson, F.M., "Open Channel Flow", Mac Millan, 1966.