

anteriormente, no escapan a las críticas y ataques del Sr. Lorenzo Pardo, generalmente mucho más duros que razonables, aunque casi siempre envueltos en correcta y limpia literatura, buena parte de lo hecho en esa materia, con excepción, naturalmente, de la labor propia. Esta, por otra parte, ha sido objeto de intensas campañas laudatorias de publicidad en libros, revistas, periódicos, conferencias, etc., que yo estimo en parte dignas de encomio, realizadas por el propio interesado y por otros panegiristas, a alguno de los cuales, según las trazas, sólo guiaba un puro idealismo. Semejante método, que, por lo menos, merece ser calificado de poco elegante, ha sido seguido muchas veces por quienes no tienen escrúpulos en realizar su propia personalidad tratando de rebajar las ajenas; pero me parece que el Sr. Lorenzo Pardo no tenía necesidad de recurrir a él, ni aun en pequeña parte, porque no tengo noticia de que nadie, apartándose de la razón, haya desconocido sus méritos verdaderos.

Una segunda observación me sugiere la conclusión, en verdad inesperada, a que aquel ingeniero llega al enfrentarse con los problemas más reconocidamente arduos y fundamentales que plantean las dificultades de índole diversa, la mayor parte gravísimas, que suelen oponerse casi siempre al establecimiento de nuevos regadíos, y que hay que temer alcancen gran intensidad al pretender casi duplicar en un plazo de veinticinco años la extensión de los actuales, que absorbieron la labor más que milenaria de los pobladores de España. Para el Sr. Lorenzo Pardo no será obstáculo en ningún caso a la implantación fructuosa de los regadíos o a la mejora de los existentes la falta de recursos hidráulicos suficientes, ni la de tierras aptas para ellos allí donde por otros conceptos sería fácil o ventajoso llevarlos, ni la falta, por todos tan temida, de población agrícola con preparación y condiciones adecuadas, ni la de recursos y créditos suficientes, que no cabe admitir se encontrarán con seguridad cuando se requieran, al considerar que ello supone reclamar del ahorro español en un plazo relativamente corto la suma, calculada con grande y

notoria deficiencia, en 5 000 millones de pesetas, para esa sola finalidad, enorme ciertamente para una economía pobre como la nuestra, que, además, pasa ahora por una profunda crisis, cuyo término, por desgracia, no se vislumbra, y, finalmente, la falta, hoy más probable que otras veces, de mercados remuneradores para la colocación de productos. Nada de eso ni otros altos obstáculos a que no alude amedrenta al Sr. Lorenzo Pardo: sólo la falta de organización y la incapacidad constructiva en que, según asegura, nadie o muy pocos, salvo él, se han fijado, constituye a su juicio la clave de todo y sería capaz de engendrar limitaciones a la empresa planeada. No cabe engaño, dice; "la esencia del problema está en el instrumento. Lo es todo o casi todo".

Por mi parte me atrevo a poner muy en duda la legitimidad de esa conclusión, pues no se deduce necesariamente de las enseñanzas que la experiencia viene suministrando en España y fuera de ella.

Admítase de buen grado que la empresa requiere una organización muy apta, con perfección y eficacia tan grandes como las que alcancen las mejores de su clase; pero no puede suponerse que ella por sí sola, quienquiera que sea el que la idee y dirija, haya de bastar siempre para vencer satisfactoriamente todo linaje de dificultades. No es posible, en efecto, montar y sostener organizaciones tan perfectas, tan previsoras, tan sabias y tan afortunadas, exentas de vicios y constantemente eficientes, que por su sola virtualidad sean prenda suficiente y segura del éxito en todos los casos. Por el contrario, no habrá seguramente error al aconsejar en esto la mayor cautela, precaución y aun desconfianza y contar con la necesidad de recurrir a cuantos medios y colaboraciones más o menos indirectos tiendan a hacer posible y venturosa empresa de tal complicación y magnitud, empezando por la aprobación de las fórmulas jurídicas y financieras, que la experiencia viene demostrando han de ser, más que necesarias, esenciales, y que ya se ha visto que no es llano arbitrarlas con oportunidad ni llevarlas a la realidad sin grandes esfuerzos.

José NICOLAU
Ingeniero de Caminos

Presa de bóvedas múltiples

Desde la publicación del primer artículo ¹ hemos podido conversar con bastantes ingenieros sobre el tipo de presa propuesto, y, aunque ya lo hemos hecho particularmente, pensamos, al finalizar la publicación del artículo, contestar a las principales observaciones.

Mucho agradeceremos a los compañeros interesados en el problema de las presas que nos presenten las objeciones que crean interesantes, aprovechando la oportunidad que ofrece la primera presa a construir de este tipo en España, y con ello querríamos que en la REVISTA se inaugurase una sección permanente de polémicas técnicas, tan fructuosas en muchas revistas profesionales extranjeras.

Método de cálculo

Vamos a abordar el cálculo de presas de bóvedas de un modo general, exponiendo a continuación la aplicación a la presa del Piscárdanos.

Estudiaremos primero las bóvedas, y, después, el contrafuerte.

Cálculo de las bóvedas

Seguimos, paso a paso, el desarrollo de cálculo expuesto en el libro de Gómez Navarro (tomo II, página 1144), que es el empleado por Kelen en su obra *Die Staumauern*.

En el número de marzo de 1932 de los *Proceedings*

¹ REVISTA del 15 de diciembre de 1933, pág. 534.

of the American Society of Civil Engineers publicaron, siguiendo también los trabajos de Kelen, G. E. Goodall e I. M. Nelidov una Memoria titulada "Stresses in inclined arches of multiple arch dams", muy interesante, por tener en cuenta el efecto del esfuerzo cortante en el cálculo del arco, y mucho más por la serie de ábacos que ilustran el trabajo, que facilitan enormemente el tanteo de una presa de bóvedas múltiples, trabajo, de otro modo, abrumador.

Hemos comprobado bastantes veces las fórmulas y ábacos de Goodall y Nelidov, convenciéndonos de su gran exactitud, por lo que los incluimos en este trabajo, en el que daremos a conocer algunas comprobaciones.

Entremos en materia. Sabemos que en el cálculo de las presas de bóvedas múltiples se estudia la sección de bóveda de un metro de anchura, comprendida entre dos secciones normales a las generatrices, y hay que tener en cuenta en su cálculo:

1.º La presión hidrostática creciente de la clave a arranques. Podemos dividir ésta en dos partes: una, constante de cota, la de la clave del anillo, y otra, variable desde cero en la clave a una carga en los arranques igual a la diferencia de cotas entre la clave y arranques.

2.º La componente del peso propio normal a la inclinación, pues puede prescindirse de la componen-

Acción de la carga variable del agua.—Sea la figura 1.

La carga p variable vale

$$p = p_0 \frac{y}{h} = p_0 \frac{z}{f_e} \quad p_0 = w h_0$$

w = peso específico del agua, y como

$$f_e = \frac{h_0}{\cos \psi} \quad z = r_e - r_e \cos \varphi' = r_e (1 - \cos \varphi')$$

tendremos

$$p = p_0 \frac{r_e (1 - \cos \varphi')}{h_0} \cos \psi = r_e (1 - \cos \varphi') w \cos \psi$$

y llamando

$$w \cos \psi = w' \quad p = w' r_e (1 - \cos \varphi')$$

pero

$$\frac{ds_e}{ds} = \frac{r_e}{r} \quad y \quad ds_e = \frac{r_e}{r} ds$$

luego, referido a la línea media,

$$dP = w' \frac{r_e^2}{r} (1 - \cos \varphi') ds$$

y como

$$ds = r d\varphi' \quad dP = w' r_e^2 (1 - \cos \varphi') d\varphi'$$

El momento en un punto D de coordenadas (r, φ) será

$$M = M_0 - P_0 r (1 - \cos \varphi) + \int_0^\varphi dP \cdot \overline{DL}$$

$$\int_0^\varphi dP \cdot \overline{DL} = \int_0^\varphi dP \cdot r \sin (\varphi - \varphi') =$$

$$= w' r_e^2 r \left(1 - \sin \varphi - \frac{\varphi}{2} \sin \varphi \right)$$

luego

$$M = M_0 - P_0 r (1 - \cos \varphi) + w' r_e^2 r \left(1 - \cos \varphi - \frac{\varphi}{2} \sin \varphi \right) \quad [1]$$

La carga normal P será

$$p = P_0 \cos \varphi + \int_0^\varphi dP \sin (\varphi - \varphi') =$$

$$= P_0 \cos \varphi + w' r_e^2 \left(1 - \cos \varphi - \frac{\varphi}{2} \sin \varphi \right) \quad [2]$$

El esfuerzo tangencial será

$$S = -P_0 \sin \varphi + \int_0^\varphi dP \cos (\varphi - \varphi') =$$

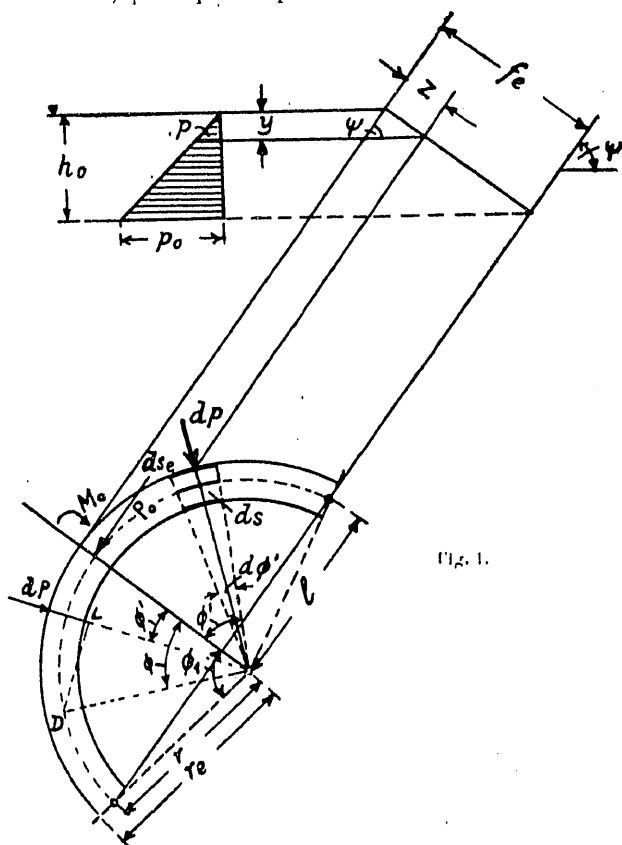
$$= -P_0 \sin \varphi + w' r_e^2 \left(\frac{\sin \varphi}{2} - \frac{\varphi}{2} \cos \varphi \right) \quad [3]$$

Por la simetría de la carga, la clave ni se desplaza en el sentido de P_0 , ni gira, y, además, en ella $S=0$.

Como la expresión del trabajo elástico en el semi-arco es

$$L = \frac{r}{2EI} \int_0^{\varphi_1} M^2 d\varphi + \frac{r}{2Et} \int_0^{\varphi_1} P_0^2 d\varphi + \frac{2,88r}{2Et} \int_0^{\varphi_1} S^2 d\varphi \quad [4]$$

Aplicando el teorema de Castigliano, y expresando que son nulos el desplazamiento en la dirección



te, según la dirección, cuyo efecto es favorable a la estabilidad del anillo.

3.º Variación térmica.

Vamos a estudiar cada una de las partes ¹.

¹ En cuanto a signos de momentos consideraremos como positivos los que producen un giro en el sentido de las agujas de un reloj o en forma más comprensible mecánicamente, los que producen tensiones en el trasdós. En cuanto a empujes, los de compresión positivos, y en cuanto a esfuerzos cortantes, los dirigidos hacia el centro.

de P y el giro en la clave, tendremos:

$$\begin{aligned}\frac{dL}{dM_o} = 0 &= \frac{r}{EI} \int_0^{\varphi_1} M \frac{dM}{dM_o} d\varphi + \frac{r}{Et} \int_0^{\varphi_1} P \frac{dP}{dM_o} d\varphi + \\ &+ \frac{2,88r}{Et} \int_0^{\varphi_1} S \frac{dS}{dM_o} d\varphi \\ \frac{dL}{dP_o} = 0 &= \frac{r}{EI} \int_0^{\varphi_1} M \frac{dM}{dP_o} d\varphi + \frac{r}{Et} \int_0^{\varphi_1} P \frac{dP}{dP_o} d\varphi + \\ &+ \frac{2,88r}{Et} \int_0^{\varphi_1} S \frac{dS}{dP_o} d\varphi\end{aligned}$$

Los valores de M , P y S los conocemos, y los de las derivadas son

$$\begin{aligned}\frac{dM}{dM_o} &= 1 & \frac{dM}{dP_o} &= -r(1 - \cos \varphi) \\ \frac{dP}{dM_o} &= 0 & \frac{dP}{dP_o} &= \cos \varphi \\ \frac{dS}{dM_o} &= 0 & \frac{dS}{dP_o} &= -\sin \varphi\end{aligned}$$

Sustituyendo estos valores tenemos un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas, para deducir P_o y M_o , que resuelto da, llamando

$$\begin{aligned}A &= 2 \sin \varphi_1 - \frac{3 \sin^2 \varphi_1}{\varphi_1} + \frac{\sin 2\varphi_1}{2} \\ B &= 2 \sin \varphi_1 - \frac{5}{8} \sin 2\varphi_1 - \varphi_1 + \frac{\varphi_1 \cos 2\varphi_1}{4} \\ C &= -\frac{3}{4} \sin 2\varphi_1 + \varphi_1 + \frac{\varphi_1 \cos 2\varphi_1}{2} \\ \frac{I}{t} &= K^2 \\ P_o &= w' r_e^2 \frac{A - \left(1 + \frac{K^2}{r^2}\right) B +}{\left(1 + \frac{K^2}{r^2}\right) \left(\varphi_1 + \frac{\sin 2\varphi_1}{2}\right) - \frac{2 \sin^2 \varphi_1}{\varphi_1} +} \\ &+ 5,76 \frac{t^2}{r^2} \frac{1}{4} C \\ &+ 2,88 \frac{K^2}{r^2} \left(\varphi_1 - \frac{\sin 2\varphi_1}{2}\right)\end{aligned}$$

Llamando a toda la fracción Z

$$P_o = w' r_e^2 \cdot Z$$

Como se ve, Z es función de φ_1 y de $\frac{t}{r}$; su valor nos lo da el ábaco I.

El valor de P_1 de la ecuación [2] es

$$P_1 = w' r_e^2 \left(Z \cos \varphi_1 + 1 - \cos \varphi_1 - \frac{1}{2} \varphi_1 \sin \varphi_1 \right) = w' r_e^2 Z_1$$

El valor de Z_1 nos lo da el ábaco II.

El valor de M_o deducido del sistema de dos ecuaciones antes resuelto es

$$M_o = w' r_e^2 r \left[\left(1 - \frac{\sin \varphi_1}{\varphi_1}\right) Z - \left(1 - \frac{5 \sin \varphi_1}{2\varphi_1} + \frac{1}{2} \cos \varphi_1\right) \right]$$

$$M_o = w' r_e^2 r Z_2$$

El valor de Z_2 nos lo da el ábaco III.

El valor de M_1 de la ecuación [1] es

$$\begin{aligned}M_1 &= -w' r_e^2 r \left[Z \left(\frac{\sin \varphi_1}{\varphi_1} - \cos \varphi_1 \right) + \right. \\ &+ \left. \frac{3}{2} \left(\cos \varphi_1 + \frac{\varphi_1 \sin \varphi_1}{3} - \frac{\sin \varphi_1}{\varphi_1} \right) \right] = -w' r_e^2 r Z_3\end{aligned}$$

El valor de Z_3 lo da el ábaco IV.

El valor de S , de la ecuación [3]

$$S = w' r_e^2 \left[\frac{1}{2} (\sin \varphi_1 - \varphi_1 \cos \varphi_1) - Z \sin \varphi_1 \right] = w' r_e^2 Z_4$$

El valor de Z_4 lo da el ábaco V.

Acción del peso propio (fig. 2).—Seguimos paso

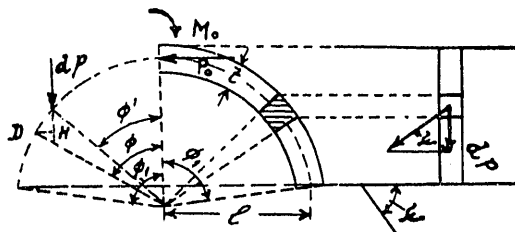


Fig. 2.

a paso el procedimiento expuesto en el libro de Gómez Navarro (tomo II, pág. 1149).

$$dP = 1 \cdot t \cdot w_e \cos \psi \cdot ds$$

siendo w_e el peso específico del hormigón.

Por la simetría de la carga, en la clave el esfuerzo cortante es cero; existe sólo un momento flector M , y una carga normal P_o . Considerando sólo un semi-arco, y sustituyendo la acción del suprimido por M_o y P_o podemos hallar M , P y S en un punto cualquiera D del arco.

$$\begin{aligned}M &= M_o - P_o r (1 - \cos \varphi) + \int_0^{\varphi} dP \cdot DH \\ \int_0^{\varphi} dP \cdot DH &= t w_e' r^2 (\varphi \sin \varphi + \cos \varphi - 1)\end{aligned}$$

siendo

$$w_e' = w_e \cos \psi$$

luego

$$M = M_o - P_o r (1 - \cos \varphi) + t w_e' r^2 (\varphi \sin \varphi + \cos \varphi - 1) \quad [5]$$

$$P = P_o \cos \varphi + w_e' t r \varphi \sin \varphi \quad [6]$$

$$S = w_e' t r \varphi \cos \varphi - P_o \sin \varphi \quad [7]$$

La expresión del trabajo elástico lo da la fórmula [4]. Aplicando el teorema de Castigliano, dada la nulidad del giro y desplazamiento en la dirección P_o de la clave, tendremos

$$\frac{dL}{dM_o} = 0 \quad \frac{dL}{dP_o} = 0$$

sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas M_o y P_o que resuelto da

$$\begin{aligned}P_o &= w_e' t r \frac{\left(\frac{4 \sin^3 \varphi_1}{\varphi_1} - \frac{7}{4} \sin 2\varphi_1 + \frac{\varphi_1 \cos 2\varphi_1}{2} - \varphi_1 \right) +}{\left(1 + \frac{K^2}{r^2} \right) \left(\varphi_1 + \frac{\sin 2\varphi_1}{2} \right) - \frac{2 \sin^2 \varphi_1}{\varphi_1} +} \\ &+ 1,88 \frac{K^2}{r^2} \left(\frac{1}{4} \sin 2\varphi_1 - \frac{\varphi_1 \cos 2\varphi_1}{2} \right) \\ &+ 2,88 \frac{K^2}{r^2} \left(\varphi_1 - \frac{\sin 2\varphi_1}{2} \right)\end{aligned}$$

y llamando a la fracción Z'

$$P_o = w_e' t r Z'$$

El valor de Z' lo da el ábaco VI.
La segunda ecuación del sistema da

$$M_o = w_c' t r^2 \left[Z' \left(1 - \frac{\sin \varphi_1}{\varphi_1} \right) - \left(\frac{2 \sin \varphi_1}{\varphi_1} - \cos \varphi_1 - 1 \right) \right] = w_c' t r Z'_2$$

El valor de Z'_2 lo da el ábaco VII.
De la ecuación [6] deducimos

$$P_1 = w_c' t r [Z' \cos \varphi_1 + \varphi_1 \sin \varphi_1] = w_c' t r Z'_1$$

El valor de Z'_1 lo da el ábaco VIII.
De la ecuación [5] deducimos

$$M_1 = -w_c' t r^2 \left[Z' \left(\frac{\sin \varphi_1}{\varphi_1} - \cos \varphi_1 \right) + \left(\frac{2 \sin \varphi_1}{\varphi_1} - 2 \cos \varphi_1 - \varphi_1 \sin \varphi_1 \right) \right] = -w_c' t r^2 Z'_3$$

El valor de Z'_3 lo da el ábaco IX.
Y de la ecuación [7] deducimos

$$S_1 = w_c' t r (\varphi_1 \cos \varphi_1 - Z' \sin \varphi_1) = w_c' t r Z'_4$$

El valor de Z'_4 lo da el ábaco X.

Acción de la carga uniforme de agua.—Continuando el desarrollo de cálculo del Gómez Navarro (tomo II, pág. 1070), pero añadiendo en la expresión del trabajo elástico el término correspondiente al esfuerzo cortante, es decir, empleando la expresión dada por la fórmula [4], obtenemos la fórmula

$$P \cdot r - P_o = P_r \cdot \frac{2\varphi_1 \sin \varphi_1}{D_s} \cdot \frac{K^2}{r^3}$$

en la cual¹

$$D_s = \left(1 + \frac{K^2}{r^2} \right) \varphi_1 \left(\varphi_1 + \frac{1}{2} \sin 2\varphi_1 \right) - 2 \sin^2 \varphi_1 + 2,88 \frac{K^2}{r^2} \varphi_1 \left(\varphi_1 - \frac{1}{2} \sin 2\varphi_1 \right)$$

como

$$P_r = P_e' r \quad r_e = r + \frac{t}{2} = r \left(1 + \frac{t}{2r} \right) \quad K^2 = \frac{t^2}{12}$$

luego

$$P_r - P_o = P_e' r \left(1 + \frac{t}{2r} \right) \frac{2\varphi_1 \sin \varphi_1 \cdot t^2}{12 D_s r^2} = P_e' Q_o$$

en la que

$$Q_o = \left(1 + \frac{t}{2r} \right) \frac{2\varphi_1 \sin \varphi_1 \cdot t^2}{12 D_s r^2}$$

El empuje en la clave es

$$P_o = \left[\left(1 + \frac{t}{2r} \right) - Q_o \right] P_e'$$

el valor del paréntesis lo da el ábaco XI.

El momento en la clave es

$$M_o = -P_e' r^2 \left(1 - \frac{\sin \varphi_1}{\varphi_1} \right) Q_o$$

El valor de

$$\left(1 - \frac{\sin \varphi_1}{\varphi_1} \right) Q_o$$

lo da el ábaco XII.

El empuje en arranques vale

$$P_1 = P_e' r \left[\left(1 + \frac{t}{2r} \right) - Q_o \cos \varphi_1 \right]$$

el valor del paréntesis lo da el ábaco XIII.

El momento en arranques vale

$$M_1 = P_e' r^2 \left(\frac{\sin \varphi_1}{\varphi_1} - \cos \varphi_1 \right) Q_o$$

y el valor de

$$\left(\frac{\sin \varphi_1}{\varphi_1} - \cos \varphi_1 \right) Q_o$$

lo da el ábaco XIV.

El esfuerzo cortante en arranques es

$$S = P_e' Q_o \cos \varphi_1$$

El valor de Q_o lo da el ábaco XV.

Como el arco es circular y de espesor constante, el centro elástico dista del centro del arco

$$r \cdot \frac{\sin \varphi_1}{\varphi_1}$$

y puede verse —como en el Gómez Navarro (página 1073, tomo II)— que la ley de momentos flectores en el arco es la producida por una fuerza $P_e' r Q_o$ actuando en el centro elástico y con la dirección de P_o .

Efecto de temperatura.—Por efecto de un descenso o elevación uniforme de temperatura en el arco, la clave ni gira ni se desplaza en el sentido de P ; luego, siguiendo la misma norma de cálculo que antes,

$$M = M_o - P_o r (1 - \cos \varphi)$$

$$P = P_o \cos \varphi \quad S = -P_o \sin \varphi$$

y como la expresión del trabajo elástico, incluyendo el término del efecto térmico, es

$$L = \frac{r}{2} \int_0^{\varphi_1} \frac{M^2 d\varphi}{EI} + \frac{r}{2} \int_0^{\varphi_1} \frac{P^2 d\varphi}{Et} + \frac{2,88 r}{2E} \int_0^{\varphi_1} \frac{S^2}{t} d\varphi + \int_0^{\varphi_1} r P d\varphi$$

aplicando el teorema de Castigliano tendremos

$$\frac{dL}{dM_o} = 0 \quad \frac{dL}{dP_o} = 0$$

un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas M_o y P_o .

La primera queda reducida a

$$\int_0^{\varphi_1} M d\varphi = 0$$

que resuelta da

$$M_o = P_e' r \left(1 - \frac{\sin \varphi_1}{\varphi_1} \right)$$

¹ Puede encontrarse esta expresión en el Wegmann 1927, página 444.

y de la segunda, eliminando M_o , sale

$$P_o = l \cdot t \cdot E \cdot I \frac{2\varphi_1 \operatorname{sen} \varphi_1}{r^2 J_s}$$

el cual puede ponerse bajo la forma

$$P_o = l \cdot E \cdot t \cdot \frac{2\varphi_1 \operatorname{sen} \varphi_1 t^2}{12r^2 J_s}$$

El valor de la fracción lo da el ábaco XVI.

$l = \varepsilon \cdot t_o$, siendo ε el coeficiente de dilatación del hormigón y t_o la variación de temperatura considerada.

El valor de

$$P_1 = P_o \cos \varphi_1$$

El de

$$S_1 = - P_o \operatorname{sen} \varphi_1$$

y el de

$$M_1 = - P_o r \left(\frac{\operatorname{sen} \varphi_1}{\varphi_1} - \cos \varphi_1 \right)$$

El valor de

$$\left(1 - \frac{\operatorname{sen} \varphi_1}{\varphi_1} \right) \quad \text{y} \quad \left(\frac{\operatorname{sen} \varphi_1}{\varphi_1} - \cos \varphi_1 \right)$$

los da el ábaco XVII.

Fácilmente se ve que el efecto de temperatura es equivalente al de una fuerza P_o colocada en el centro elástico, como se indica en el Gómez Navarro (tomo II, pág. 1075).

Para un descenso de temperatura, el momento en la clave es negativo; en arranques, positivo; el empuje es negativo y el esfuerzo cortante es positivo. Para una elevación, lo contrario.

Comprobación de los ábacos

Nada más que como una muestra de la bondad de los ábacos exponemos a continuación una de las muchas comprobaciones que con los mismos hemos realizado, calculando numéricamente y con los ábacos los mismos valores; como se ve las diferencias son inapreciables.

Carga variable de agua

Arco bajo nivel agua <i>a</i>	P_o en kg		P_1 en kg		M_o en m kg		M_1 en m kg		S_1 en kg	
	Abaco	Directamente	Abaco	Directamente	Abaco	Directamente	Abaco	Directamente	Abaco	Directamente
0 m	5 175	5 150	5 700	5 696	3 170	3 062	8 560	8 686	7 175	7 238
10 m	4 825	4 827	5 350	5 362	2 790	2 692	7 850	7 826	6 820	6 821
20 m	4 600	4 608	5 110	5 150	2 790	2 396	7 340	7 373	6 620	6 634
33 m	4 250	4 209	4 840	4 807	1 993	1 870	6 840	6 993	6 350	6 409

Aplicación a la presa de Piscárdanos

El cuadro da las características de las bóvedas a 0, 10, 20 y 33 m bajo el nivel del máximo embalse, y los valores de P_o , P_1 , M_o , M_1 y S_1 encontrados en cada hipótesis de carga. De la combinación de estos valores en el caso que se quiera obtendremos el régimen de trabajo de las bóvedas en dicho caso.

Hemos supuesto una variación de temperatura de $\pm 20^\circ$ a ± 10 , según la altura. El Código de Presas de Arizona exige de ± 20 a ± 8 . Noetzli, en el capítulo del Wegmann de presas de bóvedas múltiples, indica sólo una variación de ± 15 a ± 6 . Hemos creído conveniente pecar por exceso, para englobar en dicha variación el efecto de retracción de fraguado.

Arco <i>a</i>	Hipótesis de carga	r_e M	t M	$\frac{t}{r}$	$2\varphi_1$	P_o Kg	P_1 Kg	M_o M kg	M_1 M kg	S_1 Kg
0 m	Uniforme de agua.....	10,25	0,5	0,05	130°	0	0	0	0	0
	Variable de agua.....					5 150	5 696	3 062	8 686	7 238
	Peso propio.....					5 143	8 713	— 852	— 1 823	— 1 612
	Descenso 20°.....					— 807	— 341	— 1 614	3 040	731
10 m	Uniforme de agua.....	9,95	0,9	0,095	130°	93 214	94 240	— 3 398	6 707	1 615
	Variable de agua.....					4 827	5 362	2 692	7 826	6 821
	Peso propio.....					8 635	14 822	— 1 694	— 2 392	— 2 610
	Descenso 17°.....					— 4 321	— 1 830	— 8 210	15 500	3 920
20 m	Uniforme de agua.....	9,775	1,35	0,1485	130°	174 064	178 651	— 14 442	27 244	7 189
	Variable de agua.....					4 608	5 150	2 396	7 373	6 634
	Peso propio.....					11 991	21 134	— 3 086	— 1 865	— 3 375
	Descenso 14°.....					— 12 360	— 5 210	— 22 495	42 400	11 200
33 m	Uniforme de agua.....	9,5	2	0,236	130°	253 235	268 971	— 46 349	87 454	24 684
	Variable de agua.....					4 209	4 807	1 870	6 993	6 409
	Peso propio.....					15 348	28 716	— 6 102	+ 1 573	— 3 542
	Descenso 10°.....					— 29 160	— 12 300	— 49 572	93 100	26 400

La tabla II nos da las cargas en los arcos sin armar y sin considerar el efecto de temperatura, para el embalse vacío, el embalse lleno y el embalse a nivel de la clave del arco.

Se ve que, salvo el trasdós de los arcos superiores,

no necesitarían armarse los arcos para estos efectos, ya que el Reglamento Italiano permite cargas de tensión de 5 kg/m², y el Código de Presas de Arizona, de 7 kg/m².

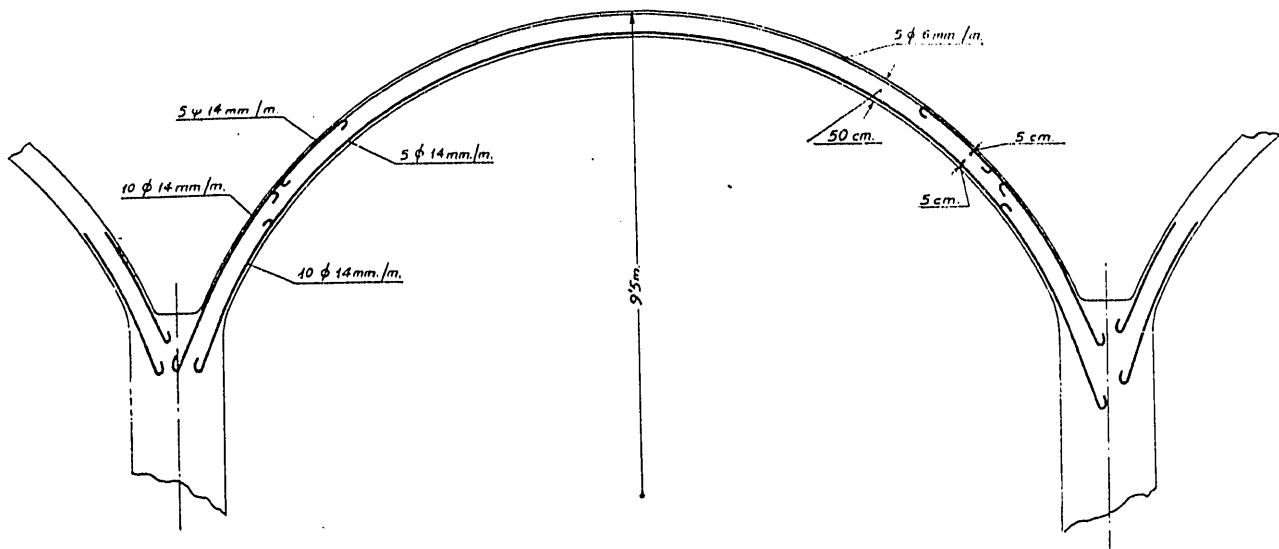
Cargas en los arcos sin armar

Arco a	Peso propio				Agua y peso propio				Peso propio y carga variable agua			
	Clave		Arranques		Clave		Arranques		Clave		Arranques	
	Intradós	Trasdós	Intradós	Trasdós	Intradós	Trasdós	Intradós	Trasdós	Intradós	Trasdós	Intradós	Trasdós
0 m	— 1,01	3,07	— 2,63	6,11	7,35	— 3,25	19,35	— 13,59	7,35	— 3,25	19,35	— 13,59
10 m	— 0,29	2,21	— 0,12	3,42	10,08	13,64	21,49	— 3,95	2,10	0,87	6,27	— 1,79
20 m	— 0,126	1,904	0,948	2,17	9,14	19,10	25,28	5,12	1,46	1	3,75	0,13
33 m	— 0,14	1,68	1,67	1,2	6,05	21,22	29,02	1,22	1,61	0,34	2,96	0,39

Las hipótesis a estudiar en el cálculo de las bóvedas son:

- 1.ª Embalse lleno y descenso de temperatura.
- 2.ª Embalse vacío y elevación de temperatura.

Arco a nivel de agua



Arco a 10 m. de profundidad.

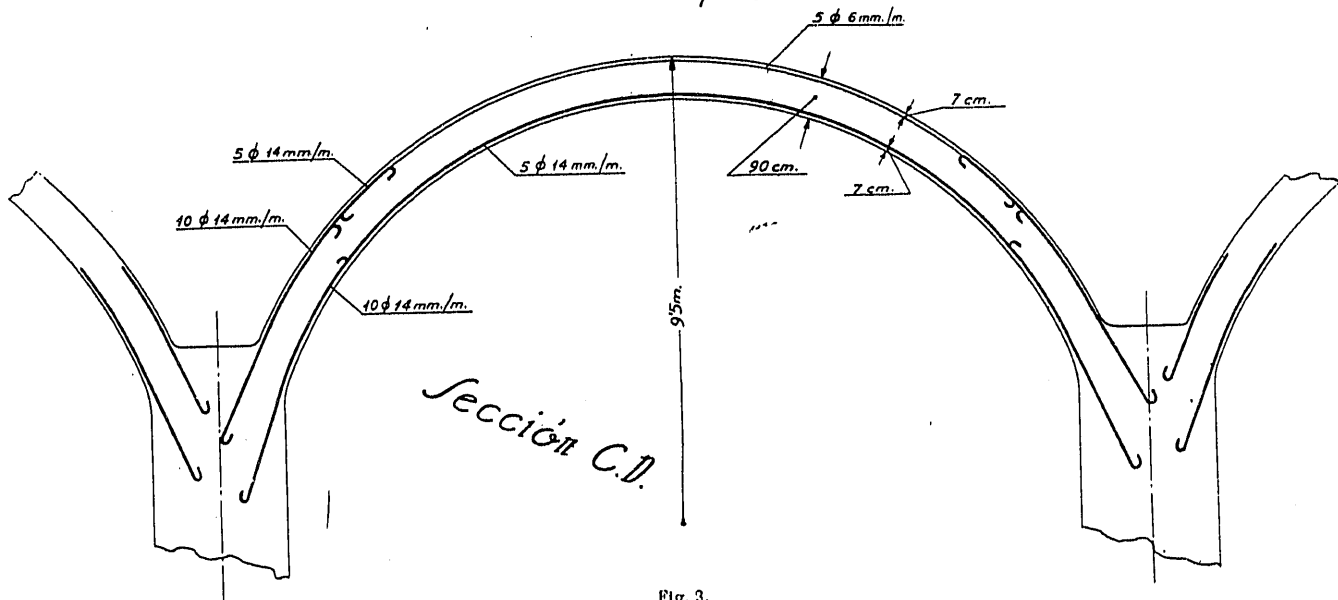


Fig. 3.

- 3.ª Embalse vacío y descenso de temperatura.
- 4.ª Embalse a nivel de la clave y descenso de temperatura.
- 5.ª Embalse a nivel de la clave y elevación de temperatura.

Arco a nivel de agua

La hipótesis más desfavorable para la sección de arranques es la 1.ª, y con el armado que indican las

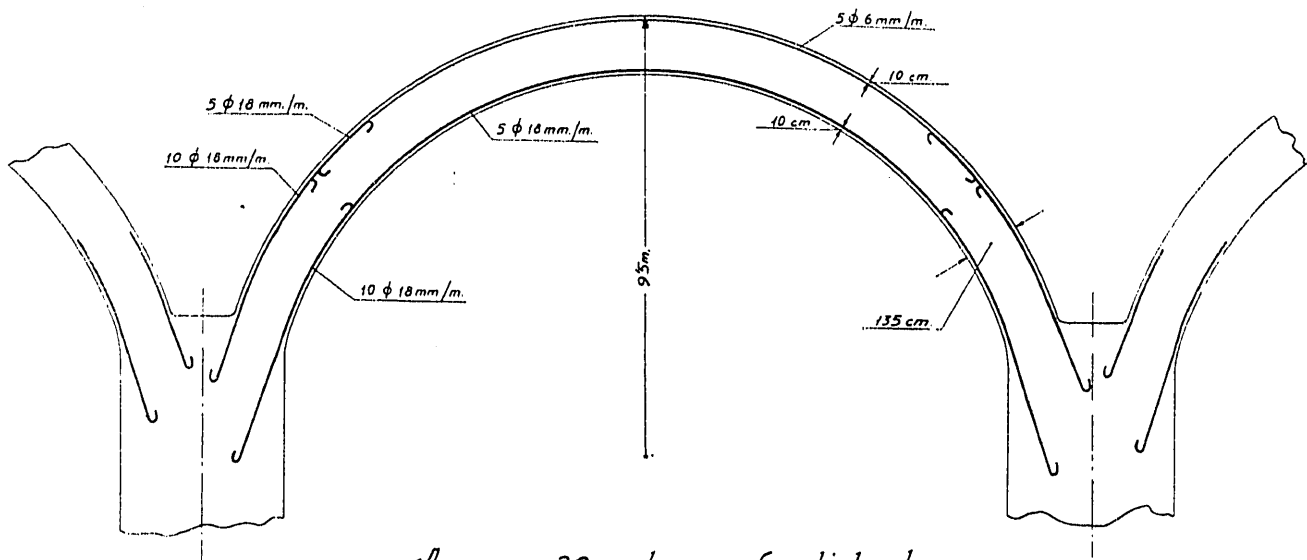
Arco a 10 m de profundidad

Sección de la clave.—Para el intradós, la hipótesis más desfavorable es la 3.ª, y con un armado de 5 b. de 14 mm da cargas de hormigón de 13,6 kg/cm², y hierro, 855 kg/cm².

Para el trasdós, la más desfavorable es la 5.ª, y aun suponiendo la sección sin armar, la tensión es de — 3,5 kg/cm².

Sección de arranques.—La hipótesis más desfavorable

Arco a 20 m. de profundidad.



Arco a 33 m. de profundidad.

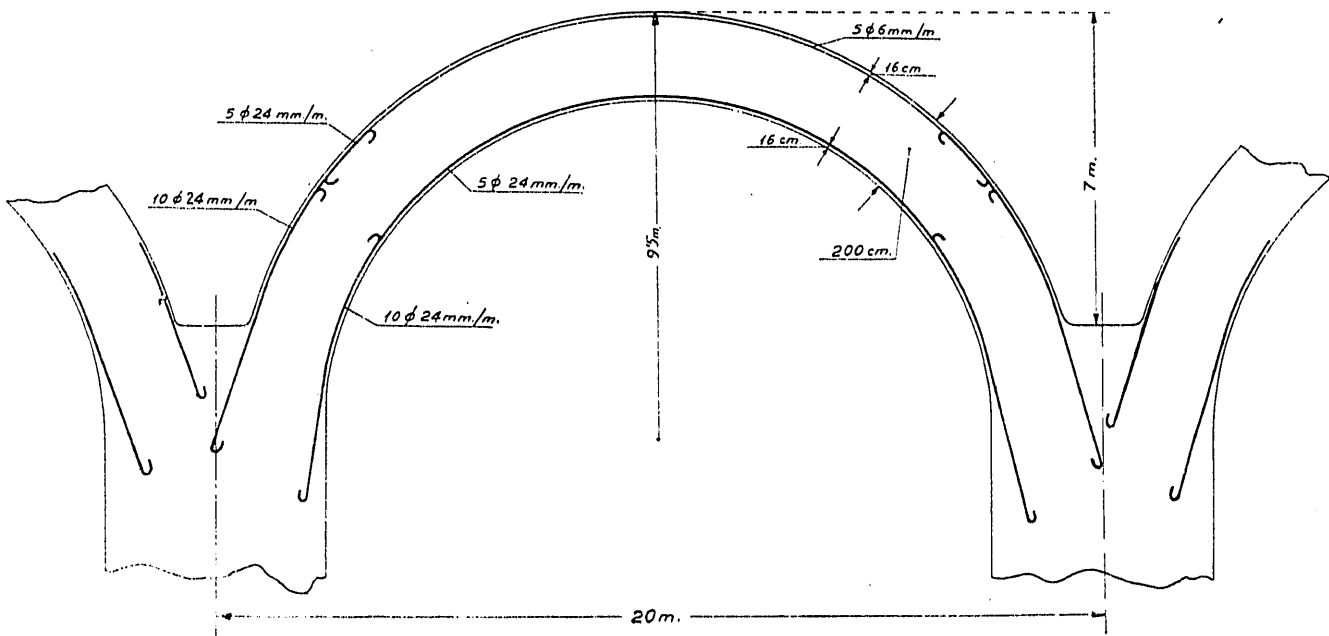


Fig. 4.

figuras (10 b. de 14 mm, simétrica), las cargas de trabajo son 35 kg/cm² y 1 100 kg/cm².

Para la sección de la clave la hipótesis más desfavorable para el intradós es la 3.ª, y aun suponiéndola sin armar, la carga de tensión es de 5,14 kg/cm². Para el trasdós la más desfavorable es la 5.ª, y suponiendo la sección sin hierro, la carga de tensión es sólo de — 0,55 kg/cm².

able es la 4.ª, y con el armado de 10 b. de 14 mm, simétrica, da cargas de hormigón de 31,5 kg/cm², y de hierro de 1 100 kg/cm².

Arco a 20 m de profundidad

Sección de la clave.—Para el intradós, la hipótesis más desfavorable es la 3.ª, y las cargas son 16,8

kilogramos por cm^2 , y $1\,000\text{ kg/cm}^2$ con el armado de 5 b. de 18 por metro.

Para el trasdós, la hipótesis más desfavorable es la 5.^a, y aun suponiendo el arco sin armar, la carga de tensión es de $4,87\text{ kg/cm}^2$.

Sección de arranques.—La hipótesis más desfavorable es la 4.^a, y con el armado de 10 b. de 18 simétricos, las cargas son 30 kg/cm^2 y $1\,100\text{ kg/cm}^2$.

Arco a 33 m de profundidad

Sección de la clave.—Para el intradós, la hipótesis más desfavorable es la 3.^a, y con el armado de 5 b. de 24 da cargas de $16,6\text{ kg/cm}^2$ y 630 kg/cm^2 .

Para el trasdós, la más desfavorable es la 5.^a hipótesis, y aun suponiendo la sección sin armar, da cargas de $5,2\text{ kg/cm}^2$.

Sección de arranques.—La hipótesis más desfavorable es la 4.^a, y con el armado de 10 b. de 24, simétrica, da cargas de 22 y $1\,000\text{ kg/cm}^2$.

La distancia mínima de la armadura al paramento varía de 5 cm a 16 cm. Las armaduras se limitan en la sección de la bóveda, donde la paralela a la cuerda por el centro elástico corta a la fibra media, pues en ese punto el momento por efecto de temperatura y carga de agua uniforme es cero.

Se colocan varillas de repartición (5 b. de 6 mm por metro) con objeto de, con las armaduras del trasdós de las bóvedas, formar la malla recomendada como impermeabilizante en tantas presas, en donde se empleó con *cement-gun*.

En otro artículo estudiaremos el efecto de empotramiento del fondo y el contrafuerte.

José JUAN ARACIL
Ramón RÍOS GARCÍA
Ingenieros de Caminos

C r ó n i c a

El problema de nuestros ferrocarriles

Con este título ha publicado en el periódico *El Sol* dos interesantes artículos el que fué durante varios años redactor de esta REVISTA, y después director general de Ferrocarriles, D. Antonio Velao.

Sostiene en el primero que la solución a que se llegue ha de serlo sobre fórmulas propuestas de acuerdo con las Compañías, que tienen establecido un pacto bilateral con el Estado, en virtud de sus concesiones y del Estatuto de 1924, cuya vigencia le parece indiscutible, pese a todas las divergencias.

No ha fracasado, como muchos creen, el ferrocarril, que sigue siendo el medio más poderoso y económico de transporte terrestre. Lo que está en crisis es el régimen de empresa privada en la construcción y explotación de los ferrocarriles, pues han dejado de ser éstos negocio industrial, por lo que deben organizarse como Empresas de carácter público.

Actualmente los ferrocarriles están desarticulados por la falta de conexión de las Empresas concesionarias; porque, aunque agrupadas la mayoría de las líneas en las dos grandes Compañías del Norte y M. Z. A., existen más de 80 con cuatro anchos distintos, que, por conveniencias propias, someten a veces al tráfico a recorridos inútiles y costosos, en competencias anti-económicas.

Las Empresas, por sí solas, son impotentes para hacer lo que se ha llamado una completa estructuración de la red, que responda a las conveniencias nacionales, y, además, tampoco pueden, por sus propios medios, atender a la constante mejora y ampliación de sus líneas, para lo que era preciso emitir nuevas obligaciones, lo que imposibilita el agotamiento de la prenda hipotecaria, por estar ya cerca el término de las concesiones. El Estado se ha visto obligado a suplir con su garantía estas deficiencias, haciendo anticipos y aportaciones a las Compañías mediante la emisión de Deuda pública.

El primer intento de resolver a fondo el problema ferroviario se hizo por el Gobierno de la Dictadura militar, concretado en el Estatuto de 1924, que tenía dos condiciones básicas: la de convertir al Estado en consocio de las Empresas, por aportaciones metálicas para obras de mejora y adquisición de material, y la de que la explotación de las líneas férreas se bastase a sí misma, mediante sus propios recursos, para lo cual se im-

ponía la modificación de las tarifas en los períodos provisional y definitivo, establecidos en dicho régimen.

El santo temor al aumento de tarifas hizo que a partir de este momento el Estatuto quedara incumplido; y como el tráfico ferroviario, con la crisis mundial, se contrajo, y la competencia del transporte por carretera se intensificó, las Compañías, aun las más fuertes, han llegado a una situación difícil, y hasta desesperada, y piden con apremio, como medida primera y salvadora, el aumento de tarifas; y como éste, si se otorga con la libertad que requiere una explotación suficientemente elástica, es incompatible con el régimen de concesión, llega el Sr. Velao a la consecuencia final de que se impone la estatificación de los ferrocarriles; pero, como el Estado español no está preparado para tamaña empresa, propone un rescate escalonado, intensificando previamente la intervención del Estado, graduando el rescate, mediante fórmulas previamente acordadas entre las Compañías y el Estado, y aprobadas por las Cortes, para arrendar las líneas rescatadas a una sola Empresa, que explote las líneas con gestión autónoma, excepto en lo relativo a la formación y articulación de tarifas, de lo que se encargará a una Comisión especial, que tenga este único cometido.

Resume su pensamiento el Sr. Velao en las siguientes

CONCLUSIONES

a) Reconocimiento previo del régimen jurídico implantado por el Decreto-ley de 12 de julio de 1924, como pacto bilateral entre las Compañías y el Estado, carácter que deben tener cuantas propuestas de modificación se eleven a las Cortes.

b) Reajuste de la tarificación, acompañado de una rectificación de las corrientes de tráfico, con mira a los intereses generales del país.

c) Rescate escalonado de las líneas, mediante indemnización, cuando las necesidades del país lo reclamen, con arreglo a fórmulas propuestas, de acuerdo entre Compañías y Estado, y aprobadas por las Cortes, con anterioridad al rescate de cada una de las líneas, decretado por el Estado en el momento más conveniente a los intereses públicos.

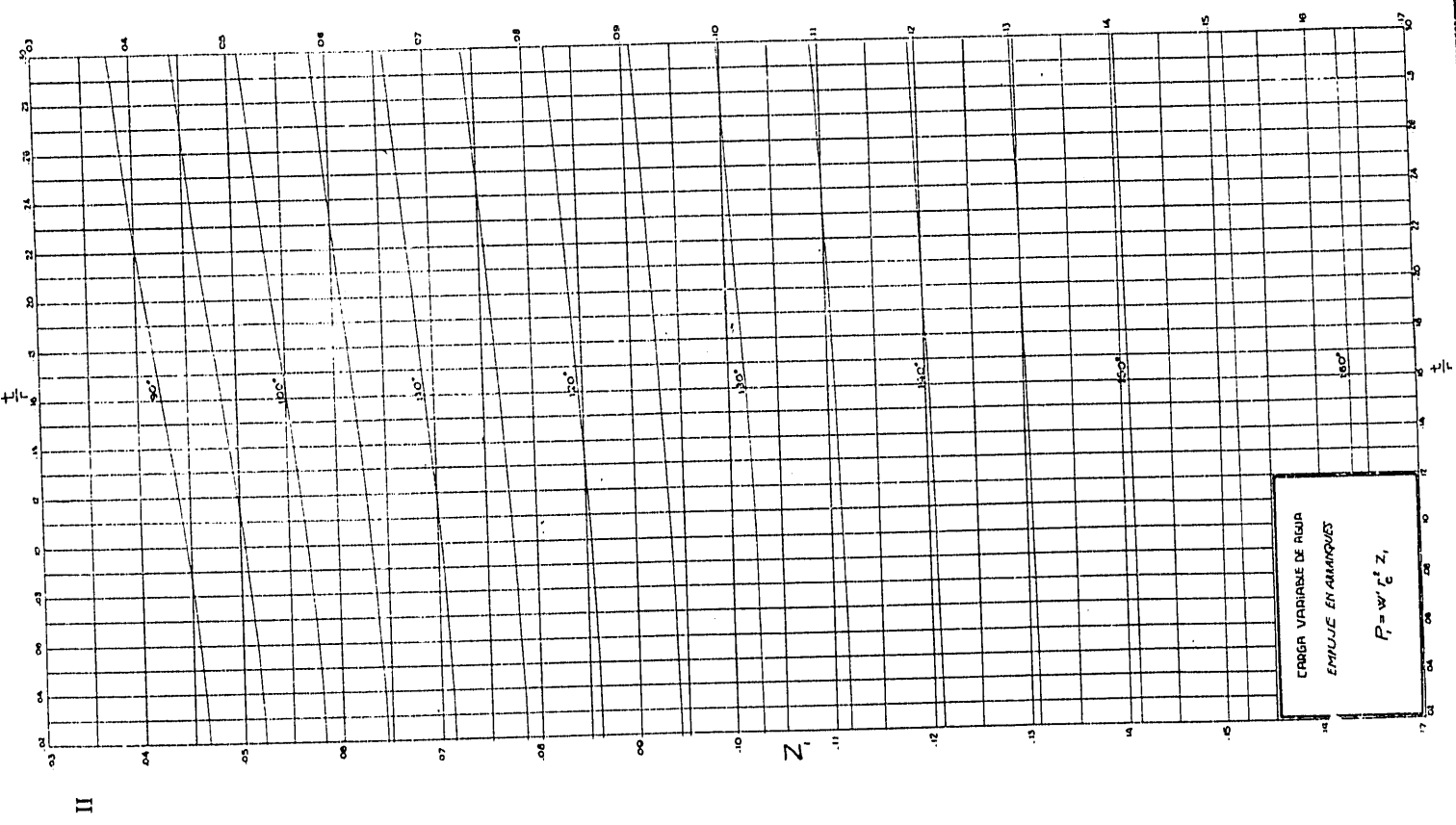
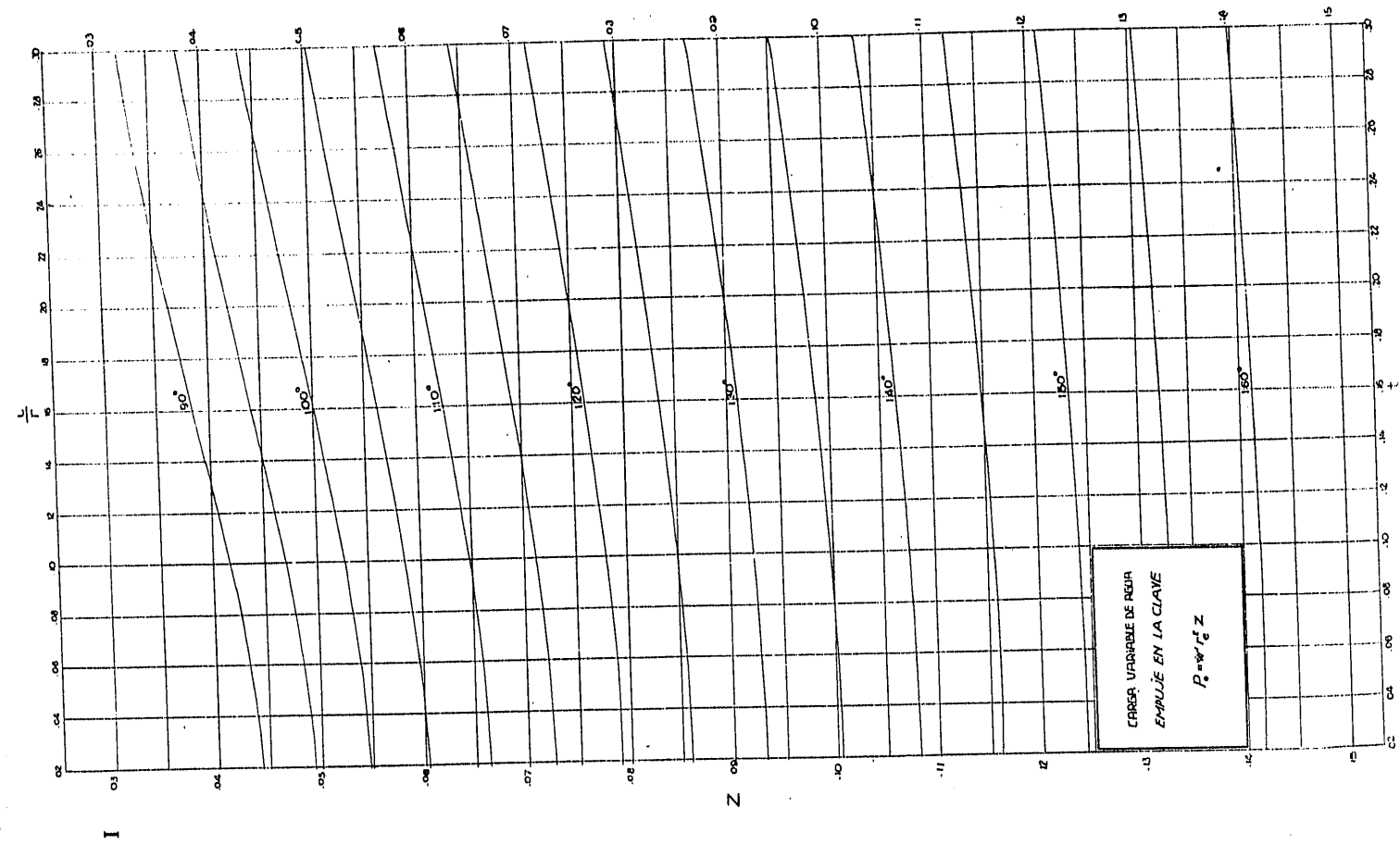
d) Establecimiento de una intervención del Estado (con caracteres de coadministración) en la explotación de las líneas, hasta tanto que sean decretados los rescates

Presa de bóvedas múltiples

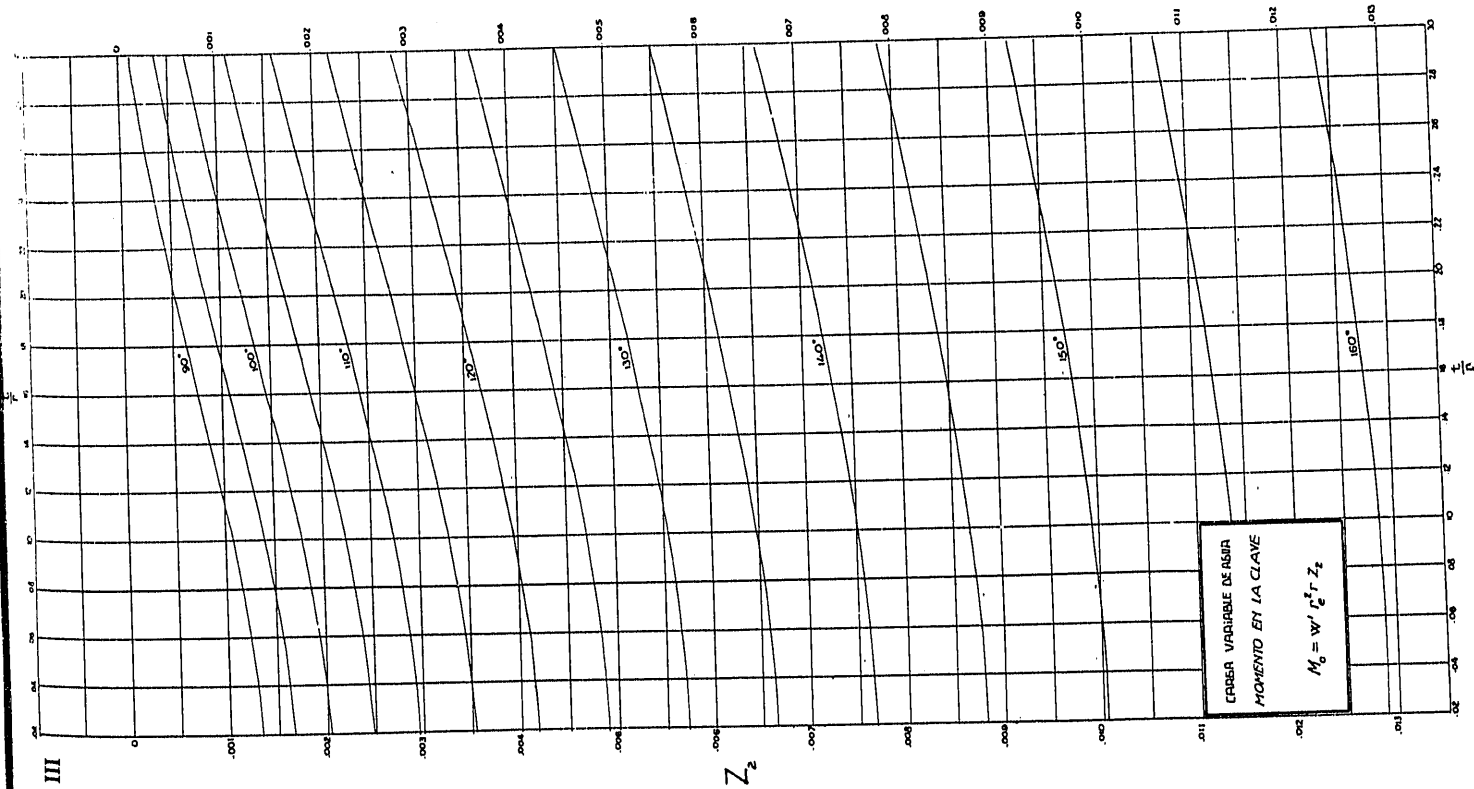
POR

D. José Juan Aracil y D. Ramón Ríos García

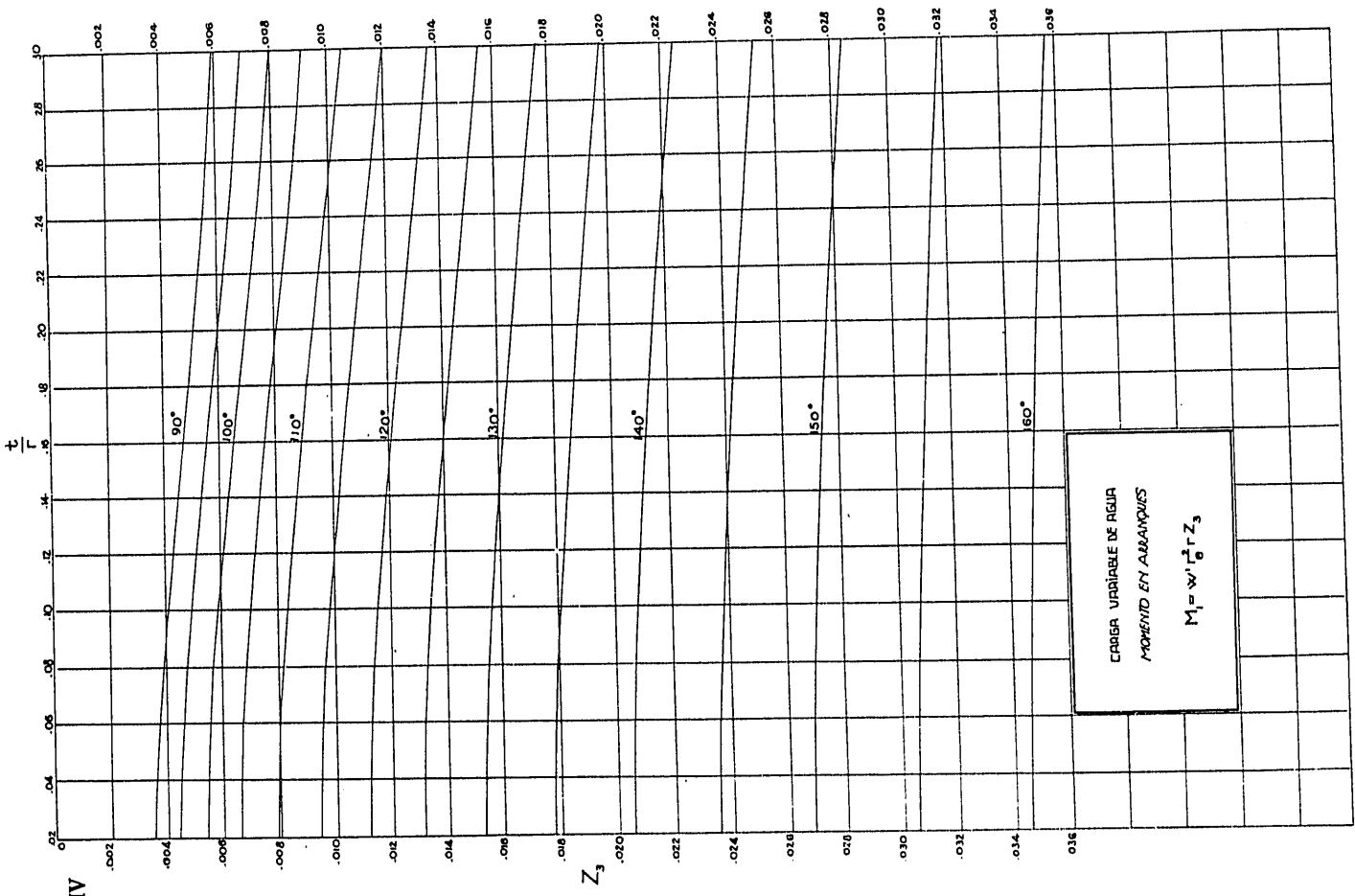
ABACOS DE GOODALL Y NELIDOR

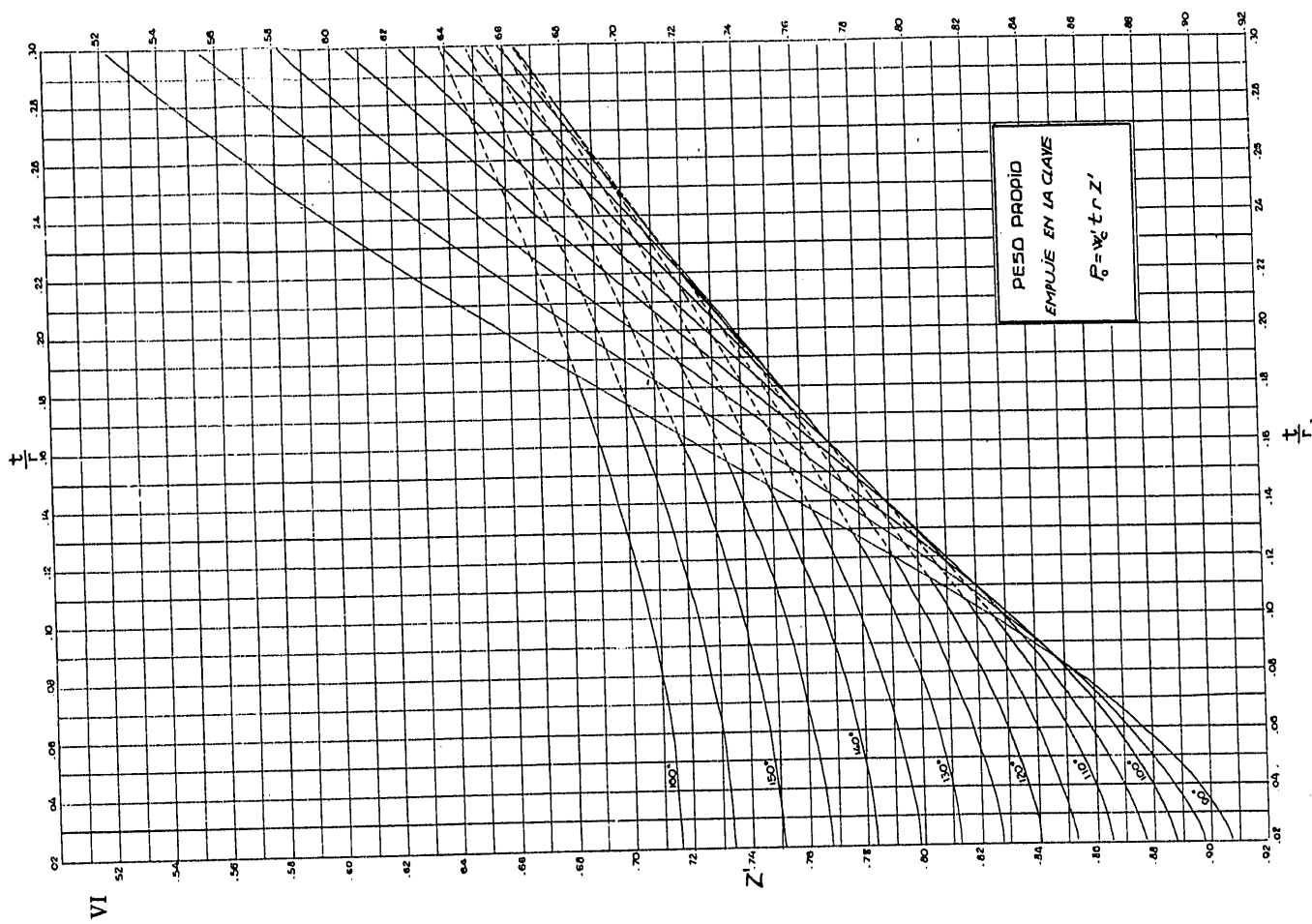
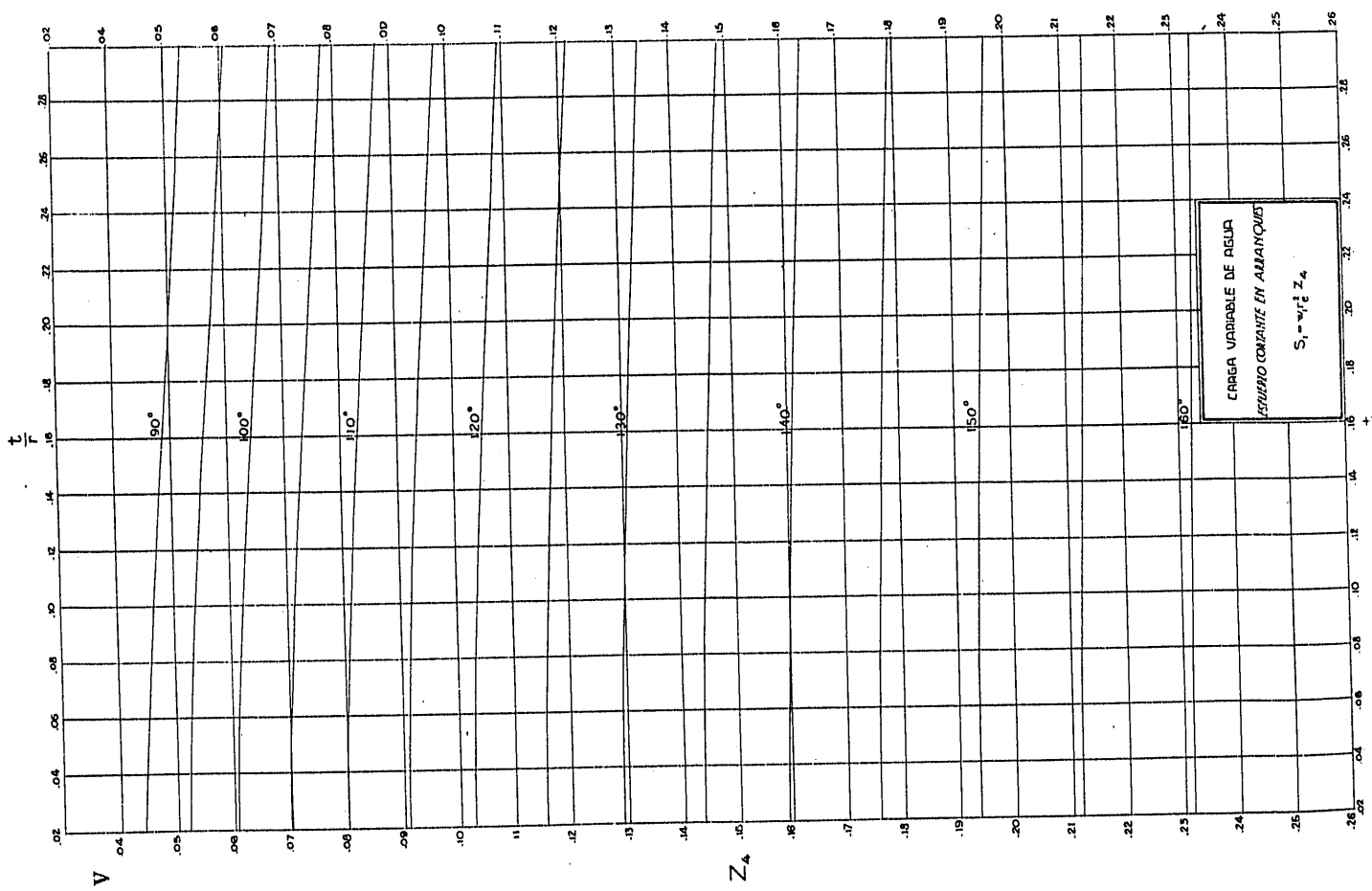


III

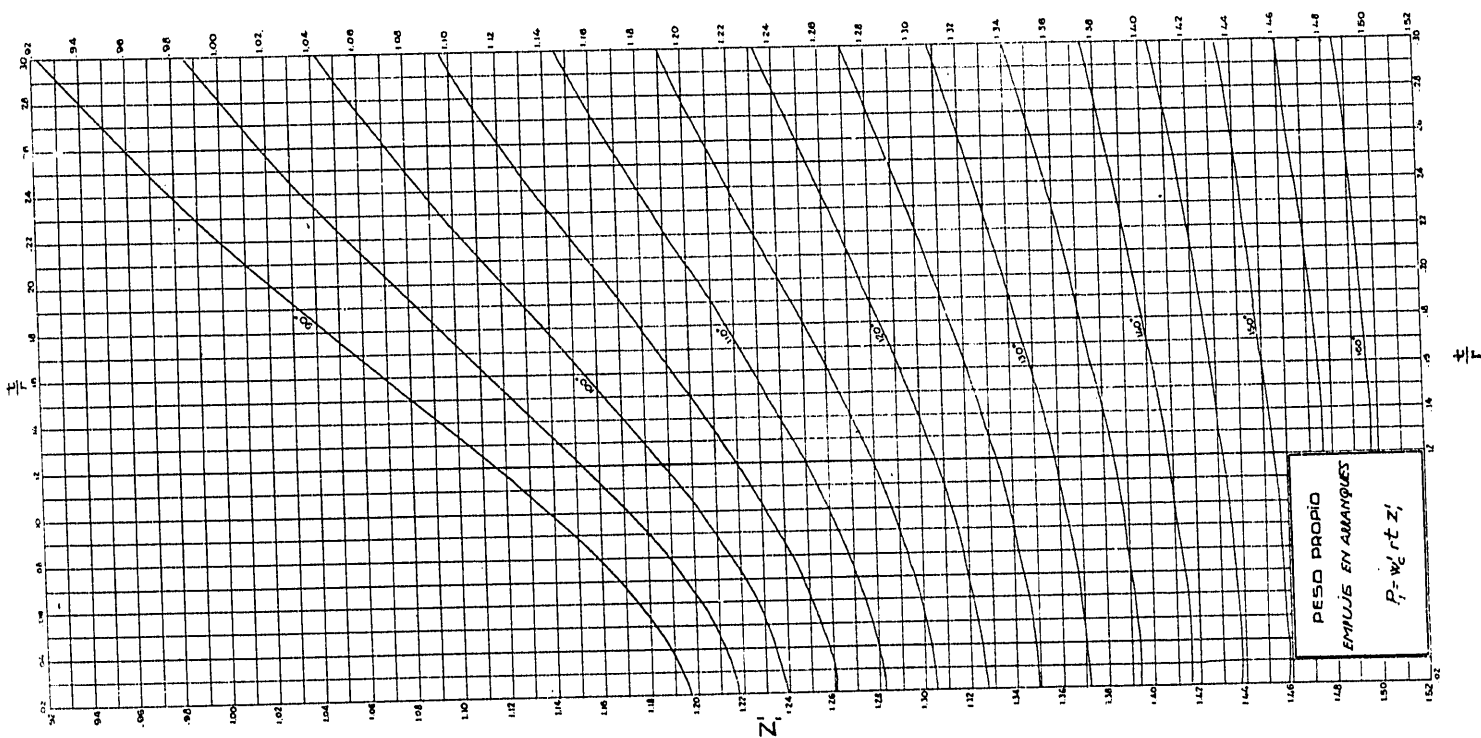


IV

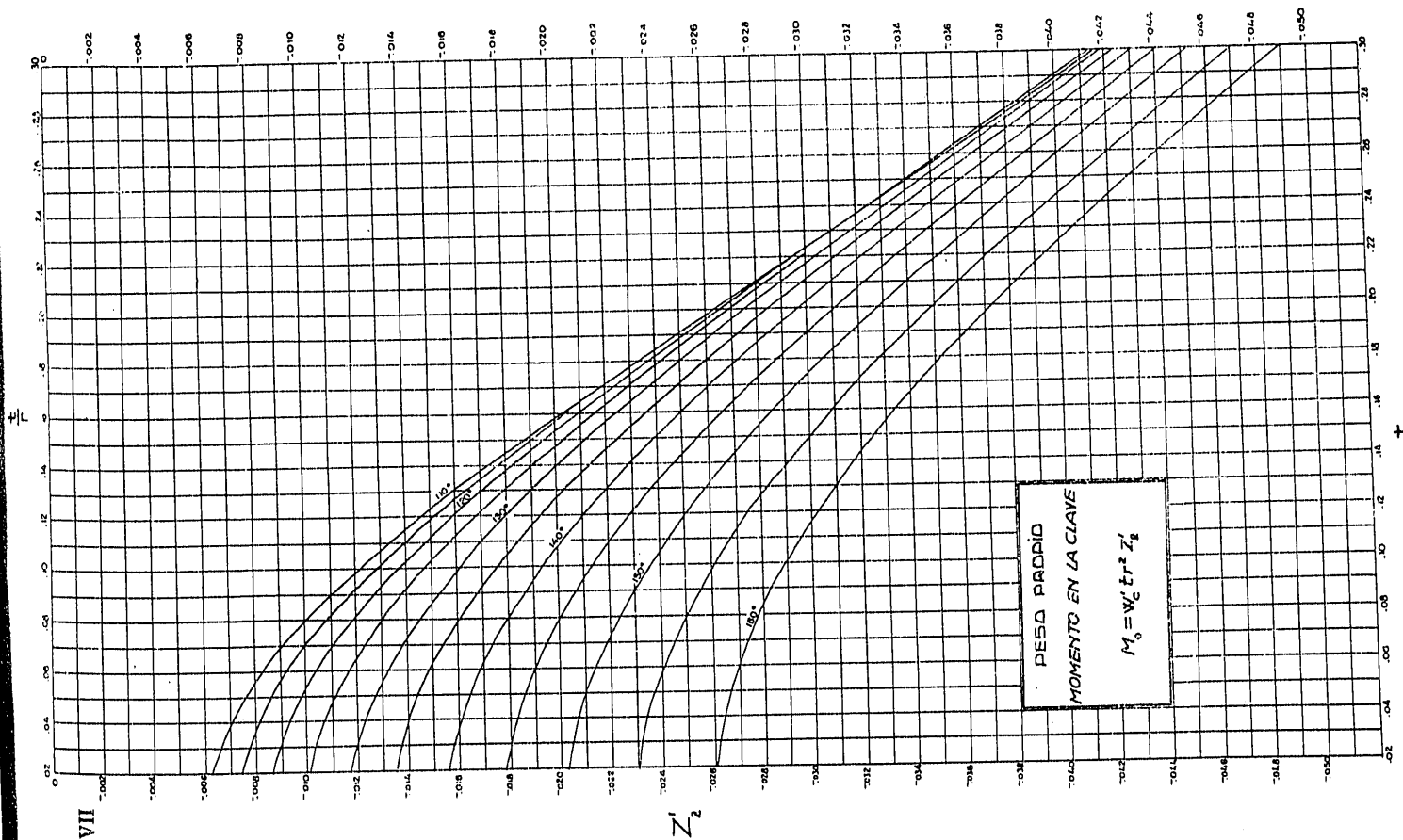


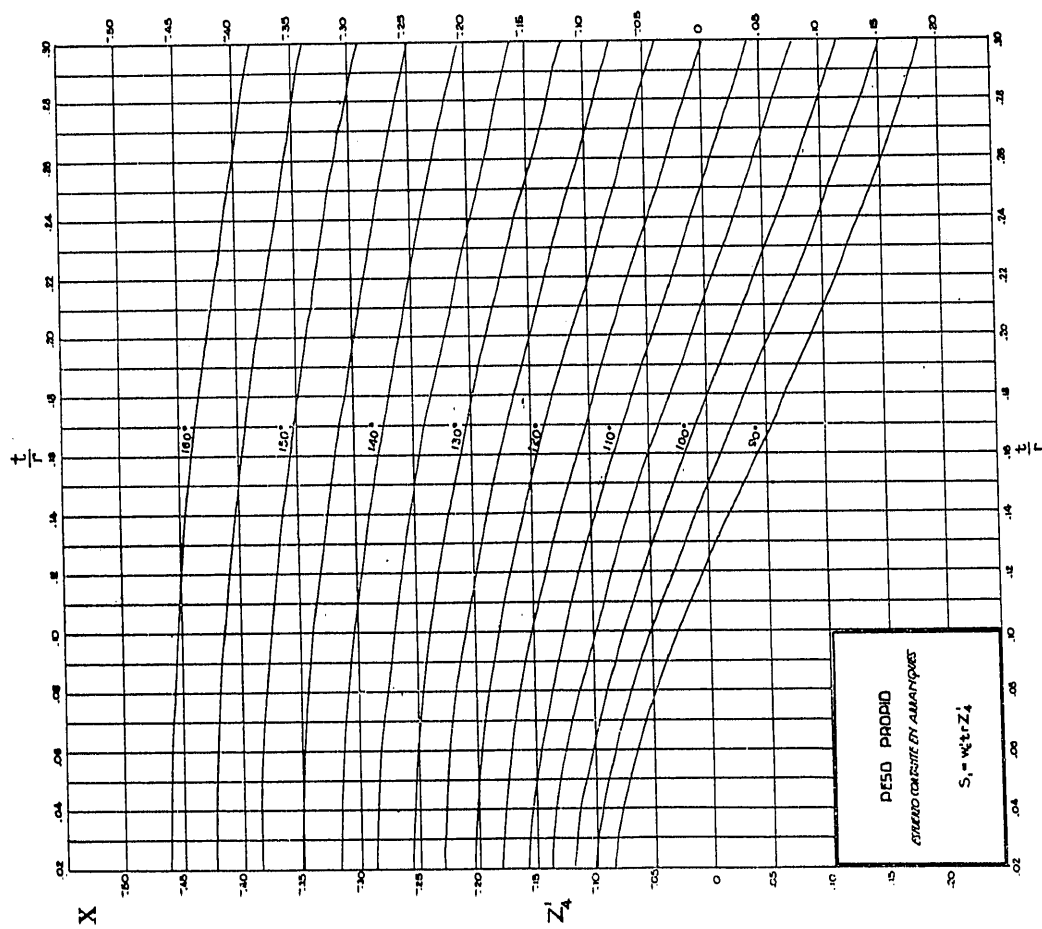
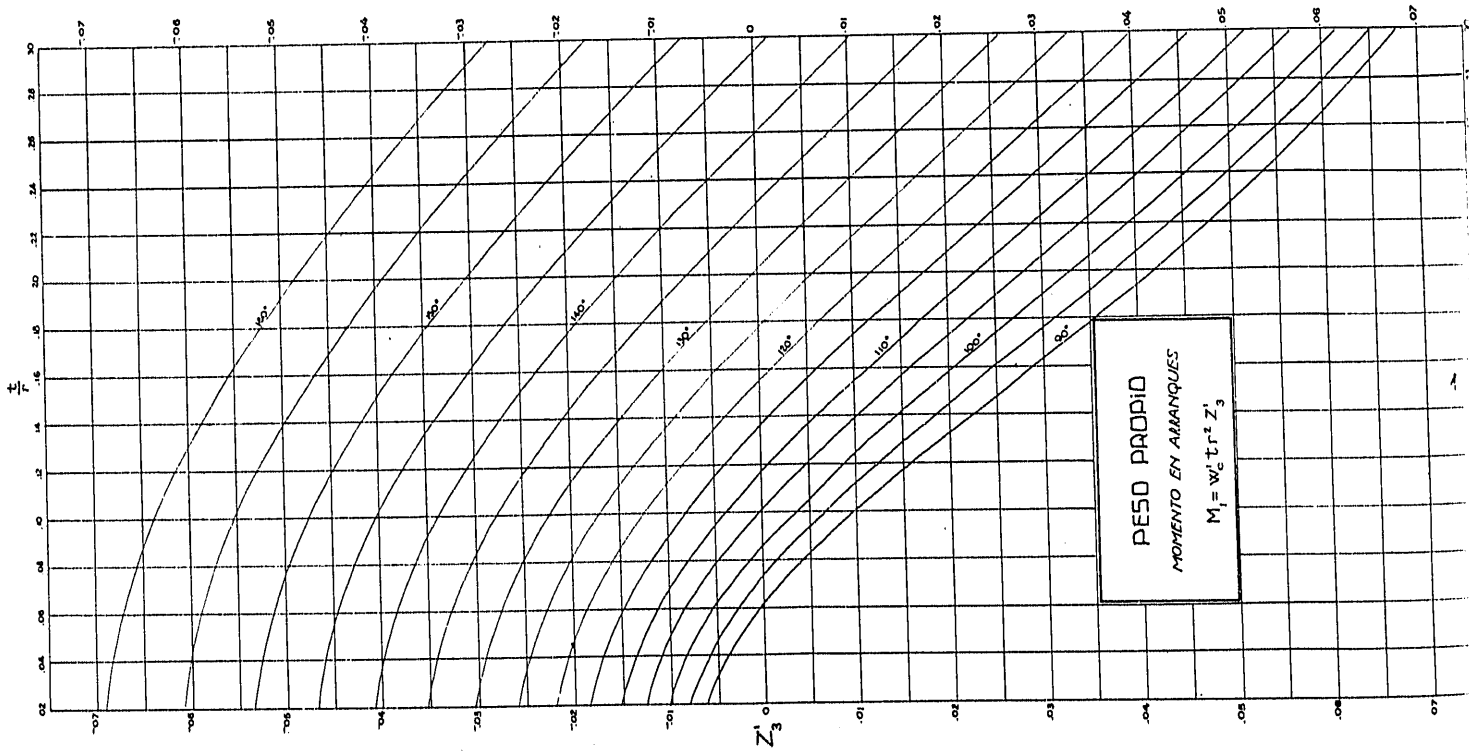


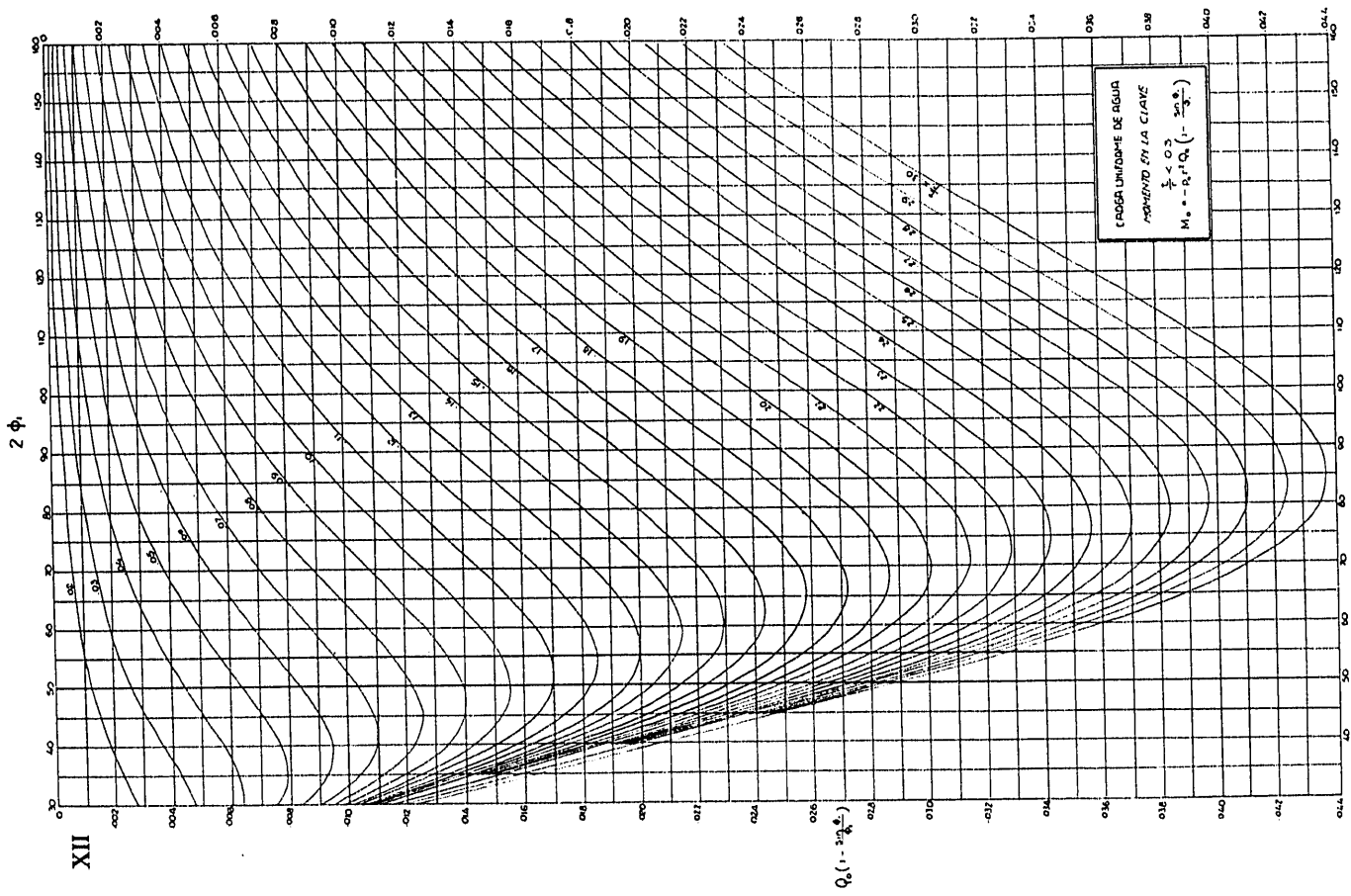
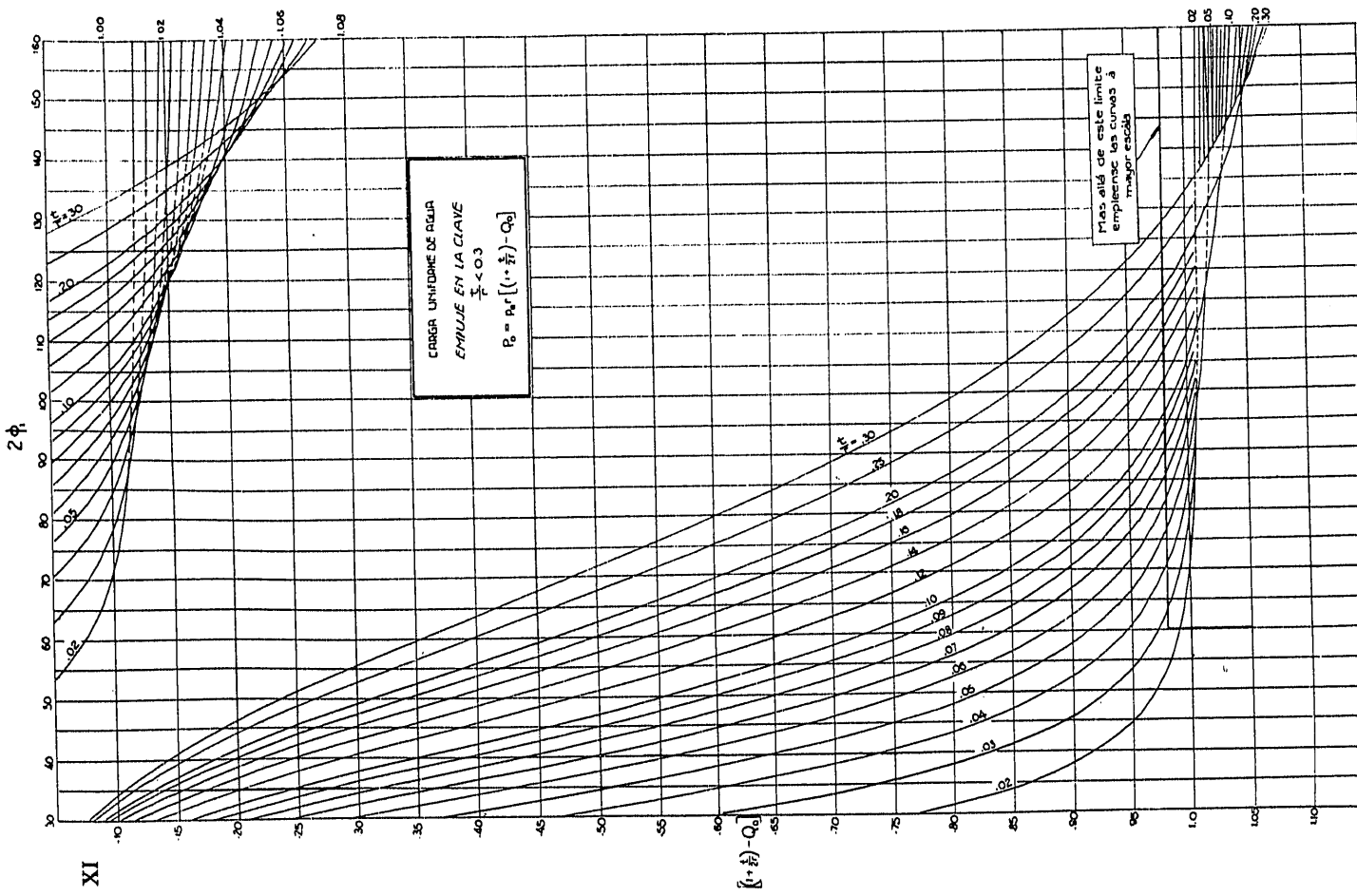
VIII

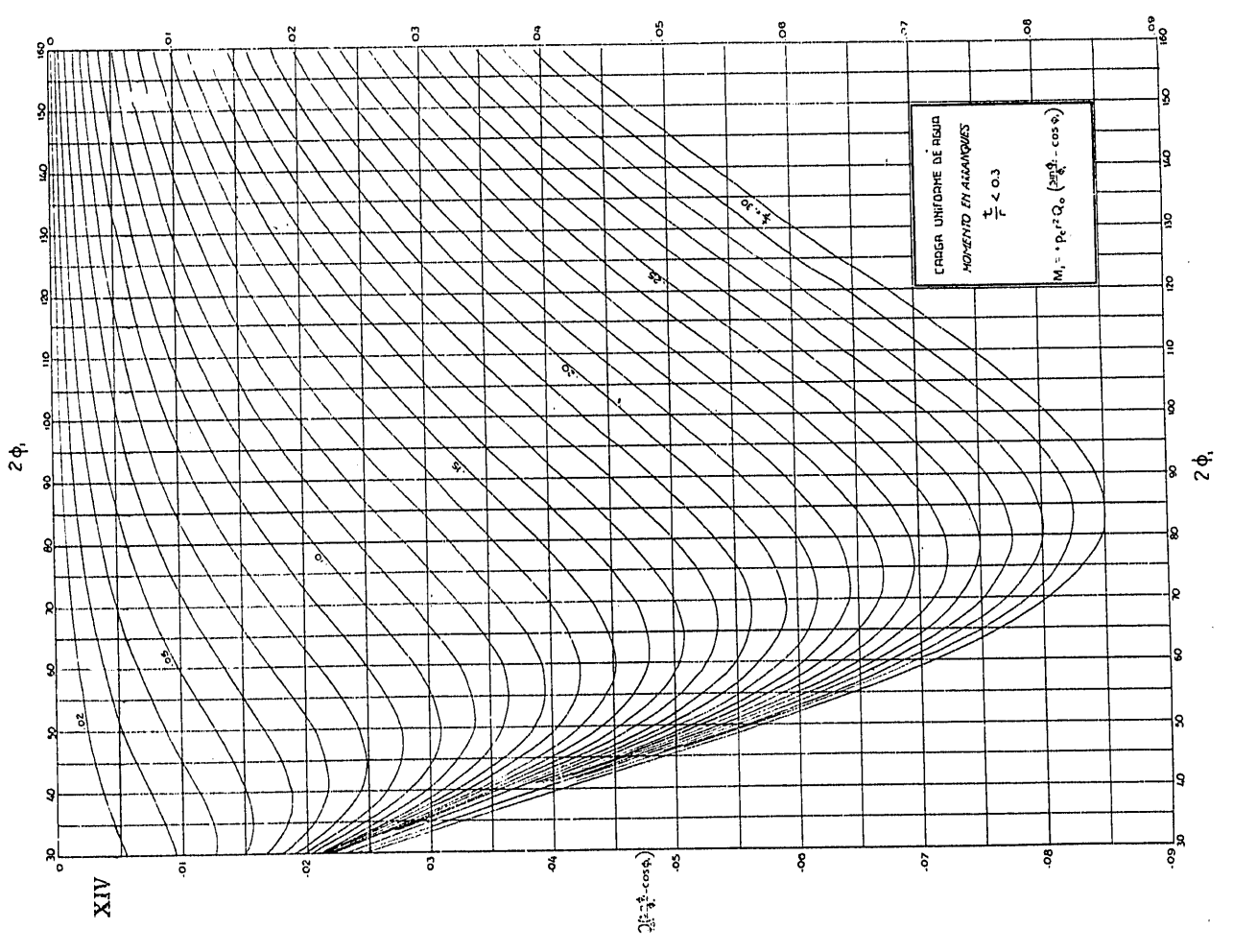
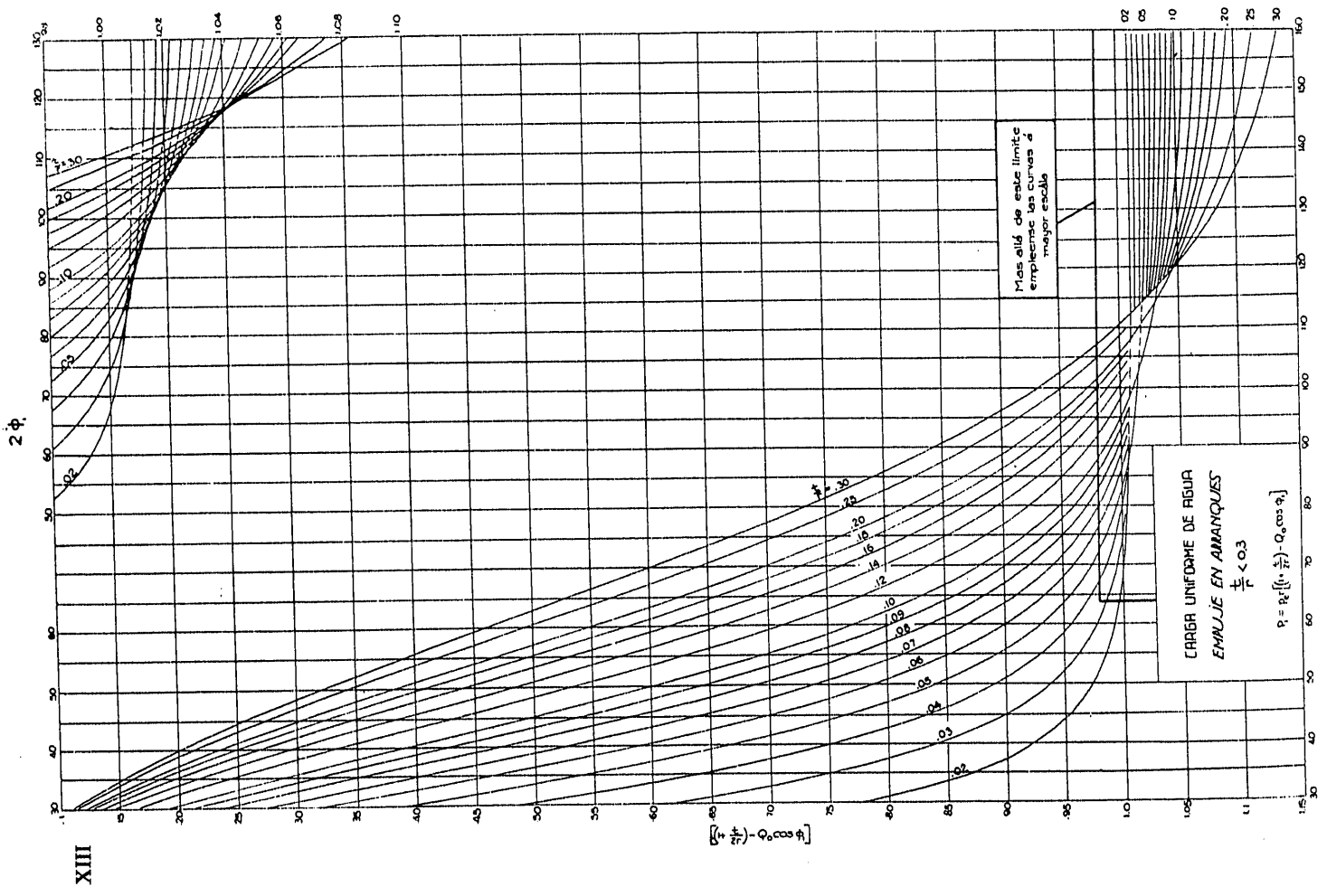


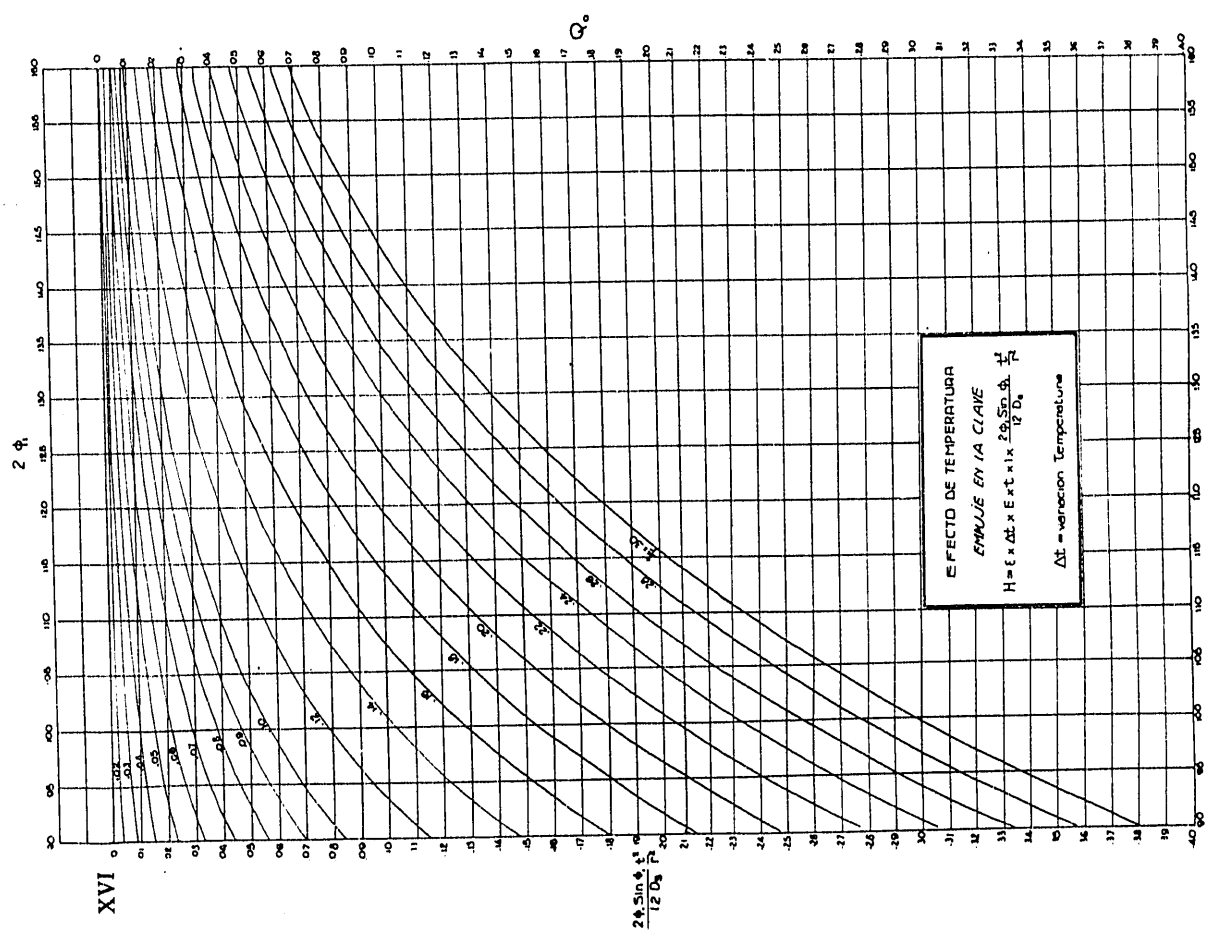
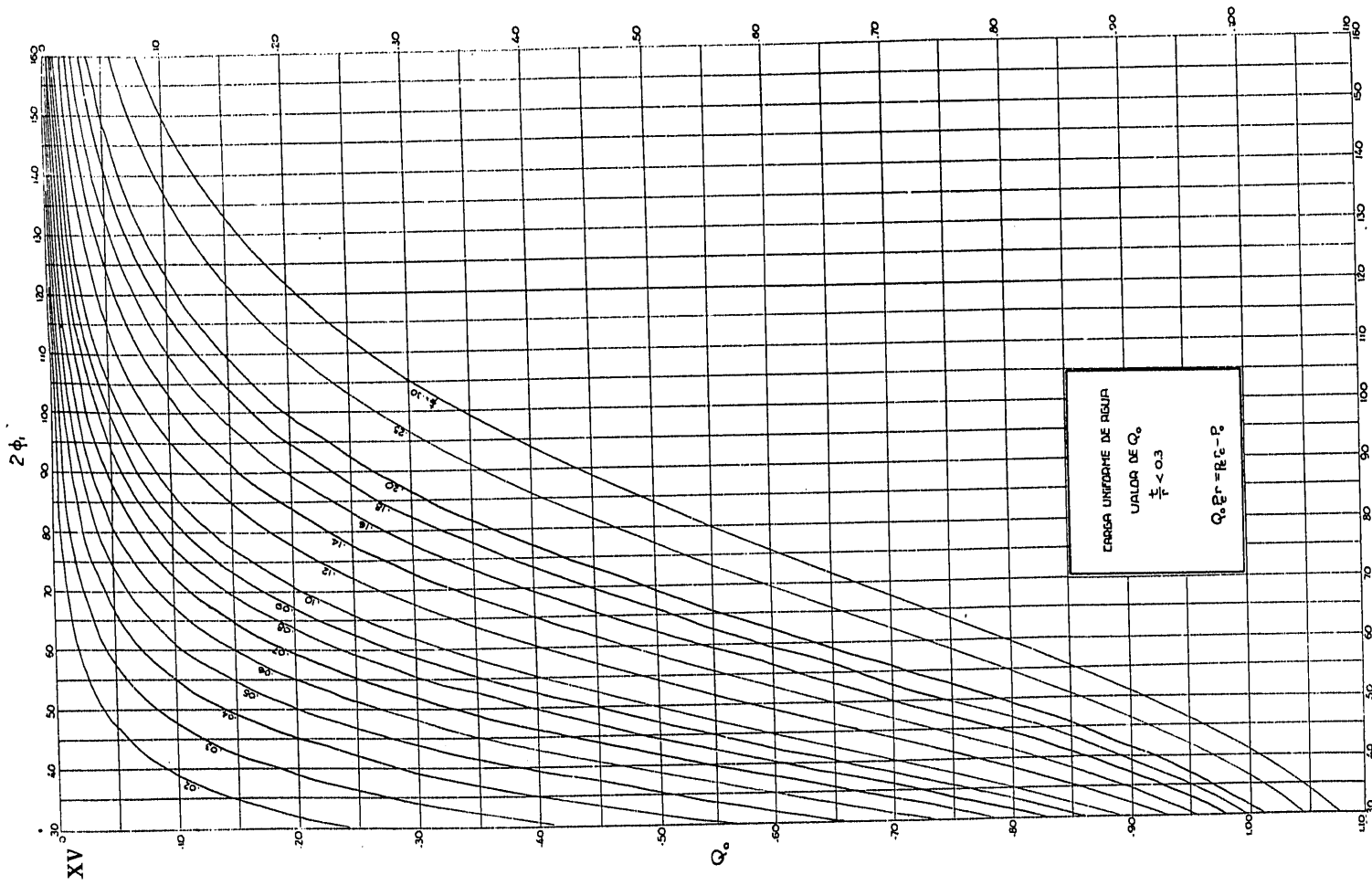
VII











XVII

