

2 EMPLEO DE LAS VALVULAS DE MARIPOSA PARA CONTROLAR LAS EXTRACCIONES DE LA PRESA "EL PALMITO" DGO.

POR EL ING. RAUL SANDOVAL L., DE LA OFICINA DE INGENIERIA EXPERIMENTAL DE LA C. N. I. EN SAN JACINTO, D. F.

La presa "El Palmito", Durango, se construyó para un almacenamiento de 3 mil millones de m^3 , existiendo la posibilidad de regar con ella y con los afluentes del Río Nazas aguas abajo de la Presa, una extensión de tierras de aproximadamente 120,000 hectáreas, de las cuales se encuentran 104,000 en La Laguna, y 16,000 hectáreas aguas arriba de Torreón hasta el pie de la Presa.

Para la máxima demanda de riego, se estimó necesaria una extracción de $145 m^3/seg.$, o sean aproximadamente 1.2 litros/seg. por hectárea. El gasto medio máximo del mes de mayor demanda de riego, que es generalmente el de junio, es de $72 m^3/seg.$

El caso ideal de una presa, es el de hacer las extracciones exclusivamente a través de turbinas hidráulicas, pero en el caso de El Palmito no resulta económico construir una planta hidroeléctrica para un gasto de $145 m^3/seg.$ por ser de poca duración. Se calculó para este caso una capacidad económica de las turbinas de $70 m^3/seg.$, que son capaces de producir, con la caída neta media de 46 m. una potencia de 42,000 caballos y con la caída neta mínima de 30 m. una de 20,000 caballos, siendo el gasto que puede pasar por las turbinas aproximadamente $61.5 m^3/seg.$ Con caídas netas mayores de 51 m. hasta 73 metros, se limitará la abertura de las turbinas a una potencia de 48,000, capacidad máxima de las turbinas, generadores, transformadores, etc. Al instalarse 3 unidades, cada una será de una capacidad máxima de

16,000 caballos. Con esta instalación, a la cual se añadirá posteriormente una cuarta unidad de reserva, la Planta proyectada será capaz de producir con las extracciones necesarias para el riego anual una energía de 100 millones Kw. horas.

Actualmente las circunstancias especiales motivadas por la guerra hacen imposible la inmediata adquisición de las turbinas, y aún así habrá que pensar que éstas no trabajarán todo el tiempo con plena carga o puedan encontrarse en reparación, lo que requiere que cada turbina debe ser sustituible por una válvula de extracción. De esto resulta que desde el principio se necesita un juego de 3 válvulas capaces de extraer con una carga neta de 32.6 m., aproximadamente $135 m^3/seg.$

Esta es la capacidad, que la C. N. I. se propuso, desde el principio, dar a las válvulas de extracción, sean éstas del tipo de aguja con chorro concentrado, de plato tipo Allis-Ch con chorro de anillo concentrado, de salida angular tipo Howell-Bunger con chorro cónico dispersado, o de mariposa con el chorro bipartido por la lenteja.

Las del tipo de aguja y las de plato son las más experimentadas y también las más caras, entrando en su construcción mayor cantidad de material, lo que probablemente indujo a las autoridades americanas a dar la prioridad para válvulas de mariposa.

Las válvulas de mariposa se usan con éxito desde hace más o menos 50

años, para el cierre de turbinas y bombas, en instalaciones de agua potable, etc., y su empleo a primera vista no presenta ningún problema. Efectivamente así es, mientras las válvulas trabajan totalmente abiertas o totalmente cerradas o cuando las velocidades del agua que pasa por las válvulas no sean mayores de unos 10 m/seg.; pero tratándose como en este caso de válvulas que trabajan a descarga libre, es decir, sin contrapresión y con velocidades del agua de 24 a 38 m/seg. y para cualquier posición de la lenteja, se presenta el peligro de la cavitación, que es la causa de fuertes detonaciones, vibraciones y desgastes rápidos; además, las partes integrantes de las válvulas están expuestas a grandes fuerzas axiales, laterales, de flexión, de fricción y de torsión, producidas por el flujo de agua.

Existen desde hace unos 10 años válvulas de mariposa para descarga libre en uso, pero su funcionamiento, su duración, etc., no están bien conocidos o suficientemente experimentados. La circunstancia de que algunas fábricas europeas y pocas americanas hayan hecho costosas pruebas e investigaciones para conocer la magnitud de las mencionadas fuerzas producidas por el flujo del agua, hizo comprender a la C. N. I. que era necesario hacer más investigaciones, para conocer a la vez la cantidad de aire necesario para evitar cavitaciones, dar a la lenteja una forma que reduzca a un mínimo estos peligros de cavitación y observar el comportamiento de la válvula y del túnel.

Dada la importancia del proyecto y la magnitud tanto de la carga máxima como del diámetro de la válvula, se creyó conveniente hacer estudios en modelos a escala, de las válvulas en cuestión.

Es de hacer resaltar que el estudio de grandes estructuras hidráulicas por medio de modelos ha ganado mucha importancia, y en el presente tiempo es posible afirmar que ninguna oficina de diseño hidráulico se puede considerar completa sin un laboratorio que le permita

complementar por medio de modelos el estudio de los problemas de diseño.

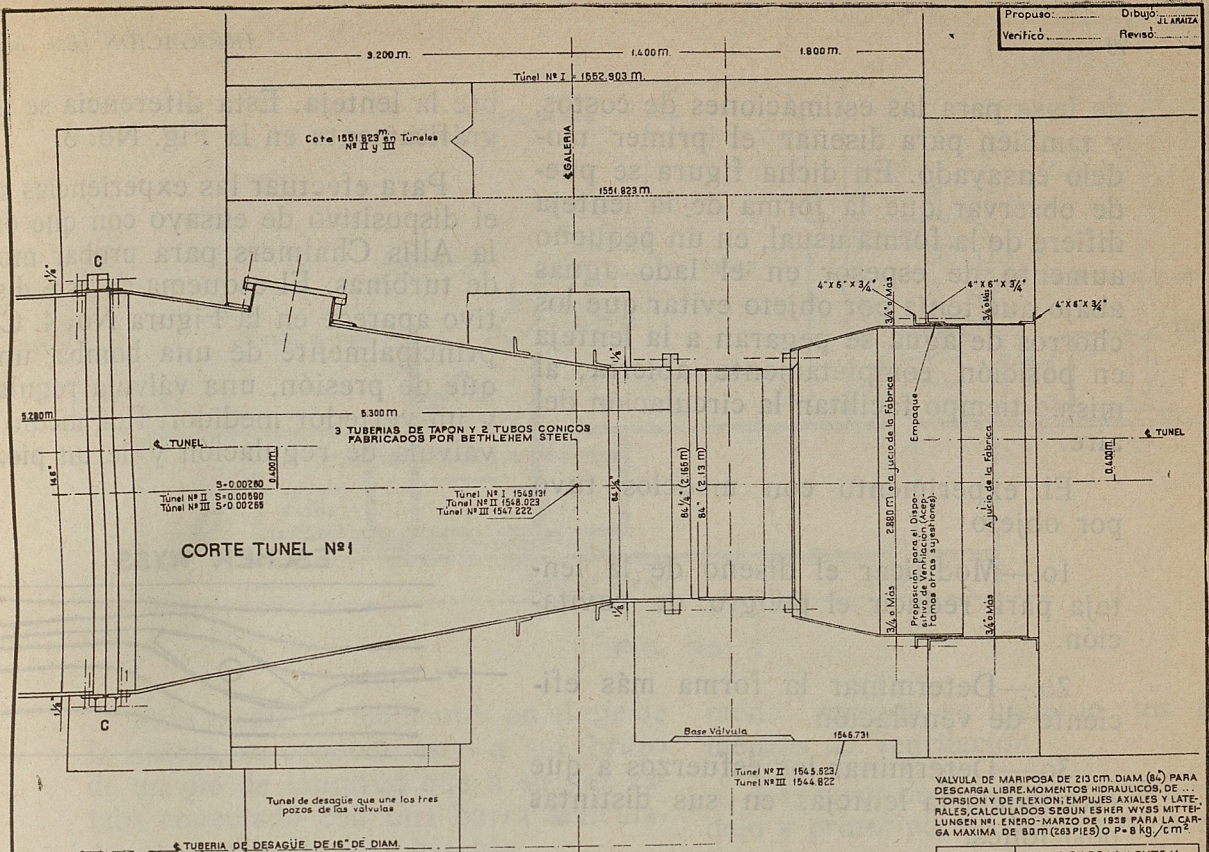
La Comisión Nacional de Irrigación cuenta desde hace siete años con un Laboratorio Hidráulico, en que se han llevado a cabo las investigaciones y estudios conducentes, a obtener diseños económicos y eficientes, de todas las grandes estructuras hidráulicas que se han construido.

La compañía Allis Chalmers sugirió la posibilidad de llevar a cabo estudios en modelos en los Laboratorios de la Fábrica de Milwaukee, Wis., y pidió que algunos ingenieros de la C. N. I. concurrieran a presenciar las pruebas. La C. N. I. tuvo a bien nombrar al señor Ing. Santiago Zolliker y al suscrito, como sus representantes. Todas las fotografías, gráficas y resultados que a continuación se exponen se obtuvieron en los Laboratorios de la Allis Chalmers, en donde contamos con todas las facilidades materiales y con la inestimable ayuda de los ingenieros del Departamento Hidráulico, muy especialmente del Sr. Frank Roberts, Manager del Departamento Hidráulico; del Sr. Ing. Arnold Pfau, Ing. Consultor; del Sr. Ing. Franz Schmidt, Ing. en Jefe del Depto. Hidráulico, y de los Sres. Ings. Gross y Frounfelker.

En la figura No. 1 se muestra el plano general de la Obra de Toma. Se puede observar que esencialmente consta de tres túneles, que servirán para conducir el agua de las Torres de toma a la galería de válvulas, y de ésta a la planta de Fuerza, el agua será conducida por medio de tubería de fierro.

Mientras se adquiere la maquinaria hidroeléctrica, las válvulas de mariposa colocadas en la galería (corte BB de la Fig. 1), descargarán libremente dentro de los túneles, y servirán para controlar las extracciones de la presa.

El primer anteproyecto de las válvulas se formuló en el Departamento Consultivo de la C. N. I. y es el que aparece en la Fig. 2. Este plano sirvió

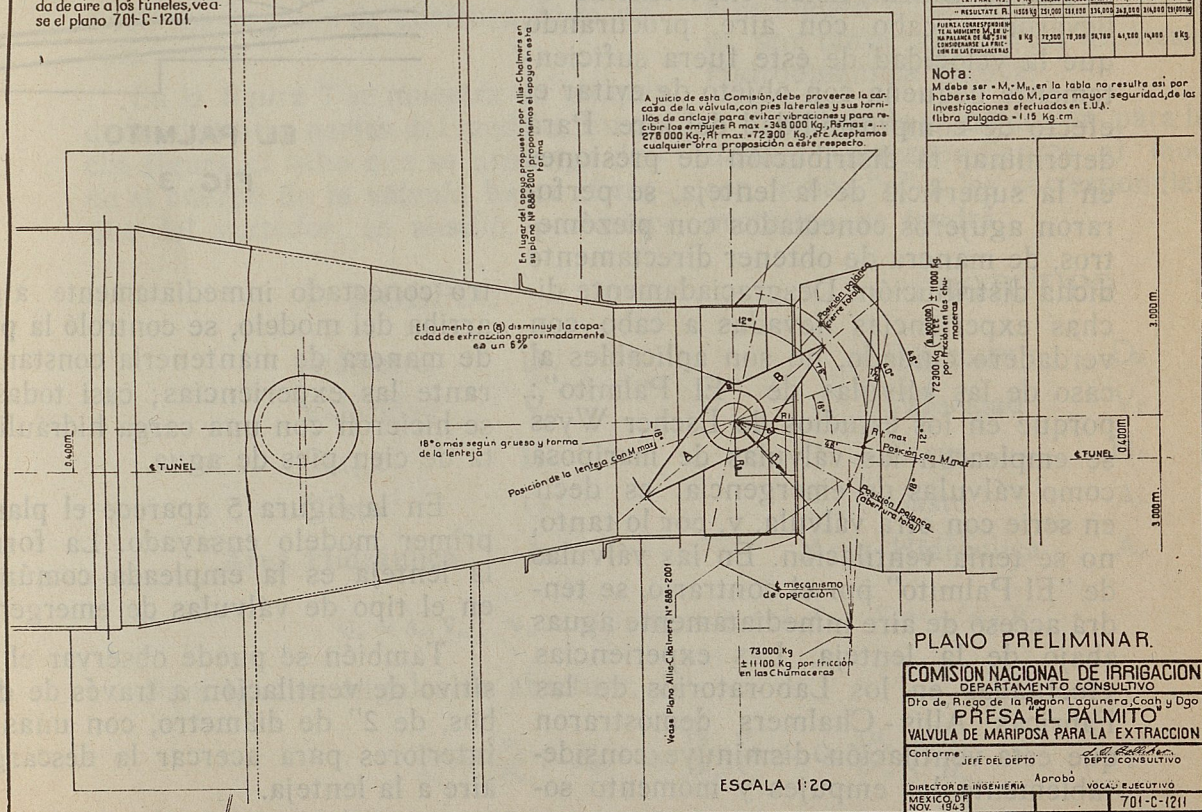


LAS 2 VALVULAS DE MARIPOSA DE 84\"/>

VALVULA DE MARIPOSA DE 213 CM. DIAM. (84\"/>

EL MOMENTO ESTABILIZANTE DEL MOMENTO DE TORSION DEBEN SER DE LA TELA EN PUNTO DE COTA	POSICION DE LA LENTEJA							
	180°	150°	120°	90°	60°	30°	0°	30°
BASES INCOMPLETAS PARA ESTRECHAS	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
LAS EMPUJAS ESTRECHAS	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
MOMENTO HIDRAULICO M. CONDENSABLE L. P. EN EL PUNTO DE COTA	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
MOMENTO ESTABILIZANTE M. L. EN EL PUNTO DE COTA	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
MOMENTO FLECCIONANTE M. L. EN EL PUNTO DE COTA	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
EMPUJE AXIAL R.	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
MOMENTO ESTABILIZANTE M. L. EN EL PUNTO DE COTA	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
MOMENTO FLECCIONANTE M. L. EN EL PUNTO DE COTA	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
EMPUJE AXIAL R.	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
MOMENTO ESTABILIZANTE M. L. EN EL PUNTO DE COTA	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
MOMENTO FLECCIONANTE M. L. EN EL PUNTO DE COTA	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
EMPUJE AXIAL R.	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000

Nota:
 En lo referente a la entrada de aire a los túneles, véase el plano 701-C-1201.



Nota:
 M debe ser +M₁-M₂ en la tabla no resulta así por haberse tomado M₁ para mayor seguridad, de las investigaciones efectuadas en U.S.A. 1 libra pulgada = 1.15 Kg. cm.

PLANO PRELIMINAR.

COMISION NACIONAL DE IRRIGACION
 DEPARTAMENTO CONSULTIVO

Dto de Riego de la Región Lagunera, Coahuila y Dgo
PRESA EL PALMITO
 VALVULA DE MARIPOSA PARA LA EXTRACCION

Conforme: JEFE DEL DEPTO. DEPTO CONSULTIVO

DIRECTOR DE INGENIERIA Aprobó: VOCAL EJECUTIVO

MEXICO D.F. NOV. 1963 701-C-1211

FIG. No. 2

de base para las estimaciones de costos, y también para diseñar el primer modelo ensayado. En dicha figura se puede observar que la forma de la lenteja difiere de la forma usual, en un pequeño aumento de espesor en el lado aguas abajo que tenía por objeto evitar que los chorros de agua se pegaran a la lenteja en posición completamente abierta; al mismo tiempo facilitan la circulación del aire.

El experimento con modelos tuvo por objeto:

1o.—Modificar el diseño de la lenteja para reducir el peligro de cavitación.

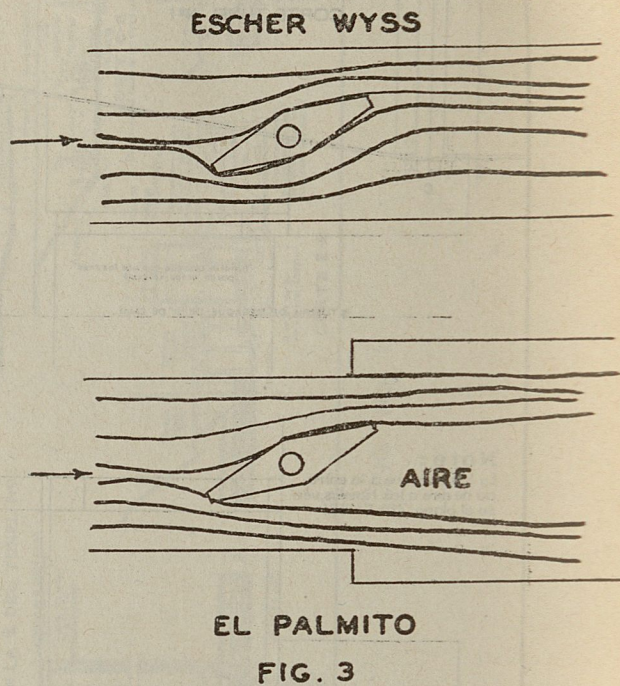
2o.—Determinar la forma más eficiente de ventilación.

3o.—Determinar los esfuerzos a que está sujeta la lenteja, en sus distintas posiciones.

Para formular los anteproyectos se emplearon los resultados de experiencias efectuadas en este tipo de válvulas, por los Laboratorios de la Casa Escher Wyss de Suiza. Estas experiencias se llevaron a cabo con aire, procurando que la velocidad de éste fuera suficientemente pequeña con objeto de evitar el efecto de compresibilidad del aire. Para determinar la distribución de presiones en la superficie de la lenteja, se perforaron agujeros conectados con piezómetros, de manera de obtener directamente dicha distribución. Desgraciadamente dichas experiencias llevadas a cabo con verdadero cuidado, no son aplicables al caso de las válvulas de "El Palmito": porque en los estudios de Escher Wyss se emplearon las válvulas de mariposa como válvulas de emergencia, es decir en serie con otra válvula, y, por lo tanto, no se tenía ventilación. En las válvulas de "El Palmito" por el contrario, se tendrá acceso de aire inmediatamente aguas abajo de la lenteja. Las experiencias efectuadas en los Laboratorios de las Fábricas Allis-Chalmers demostraron que esta ventilación disminuye considerablemente los empujes y momento so-

bre la lenteja. Esta diferencia se ilustra gráficamente en la Fig. No. 3.

Para efectuar las experiencias se usó el dispositivo de ensayo con que cuenta la Allis Chalmers para probar modelos de turbinas. El esquema de este dispositivo aparece en la Figura No. 4. Consta principalmente de una bomba, un tanque de presión, una válvula reguladora, y un vertedor medidor. Por medio de la válvula de regulación y de un piezόμε-



tro conectado inmediatamente a aguas arriba del modelo, se controló la presión de manera de mantenerla constante durante las experiencias; casi todas ellas se hicieron con una carga hidráulica neta de cien pies de agua.

En la figura 5 aparece el plano del primer modelo ensayado. La forma de la lenteja es la empleada comúnmente en el tipo de válvulas de emergencia.

También se puede observar el dispositivo de ventilación a través de dos tubos, de 2" de diámetro, con unas guías interiores para acercar la descarga del aire a la lenteja.

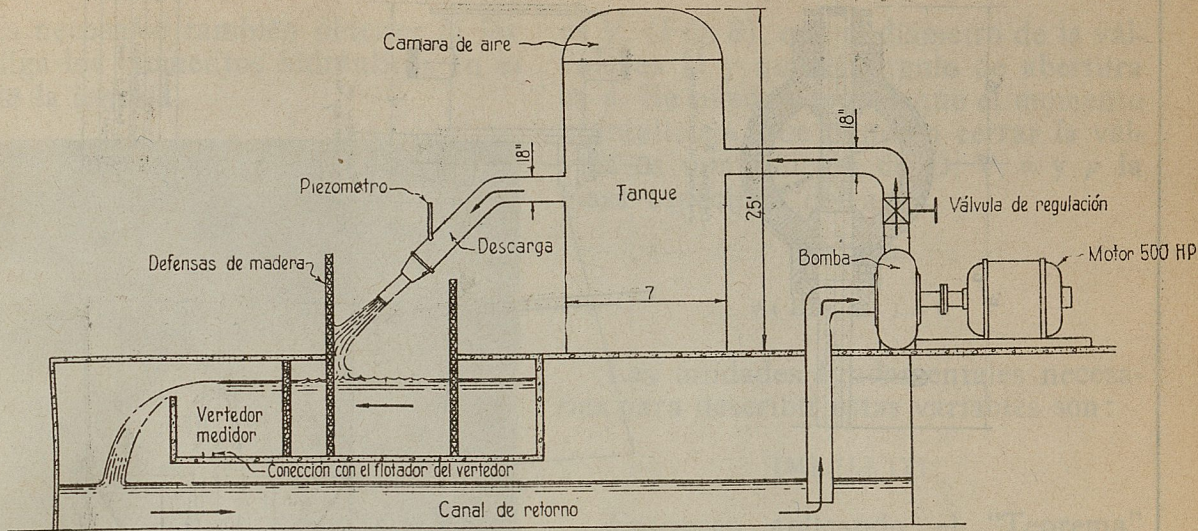


FIG. No. 4

Para medir los momentos en el eje de la lenteja, se conectó éste a un brazo de un pie de longitud que a su vez estaba conectado con una barra articulada, al platillo de una báscula.

En la figura 6 se observa esta parte del dispositivo.

También se colocó un transportador ligado al eje de la lenteja, con objeto de medir los ángulos de abertura de la válvula.

En la figura 7 se muestra un croquis de las distintas partes del modelo. En dicha figura el tubo que se prolonga desde el cuerpo de la válvula hasta el tanque del vertedor, se añadió, posterior-

mente, cuando se hicieron los experimentos de ventilación.

Las leyes de semejanza que ligan modelo y prototipo, en este caso particular, son muy sencillas, porque dada la alta velocidad del agua, y la corta longitud de la estructura, se puede despreciar sin error apreciable, los efectos de viscosidad, gravedad, tensión superficial, compresibilidad y capilaridad, considerándose, por tanto, válidas las hipótesis de la Hidrodinámica clásica.

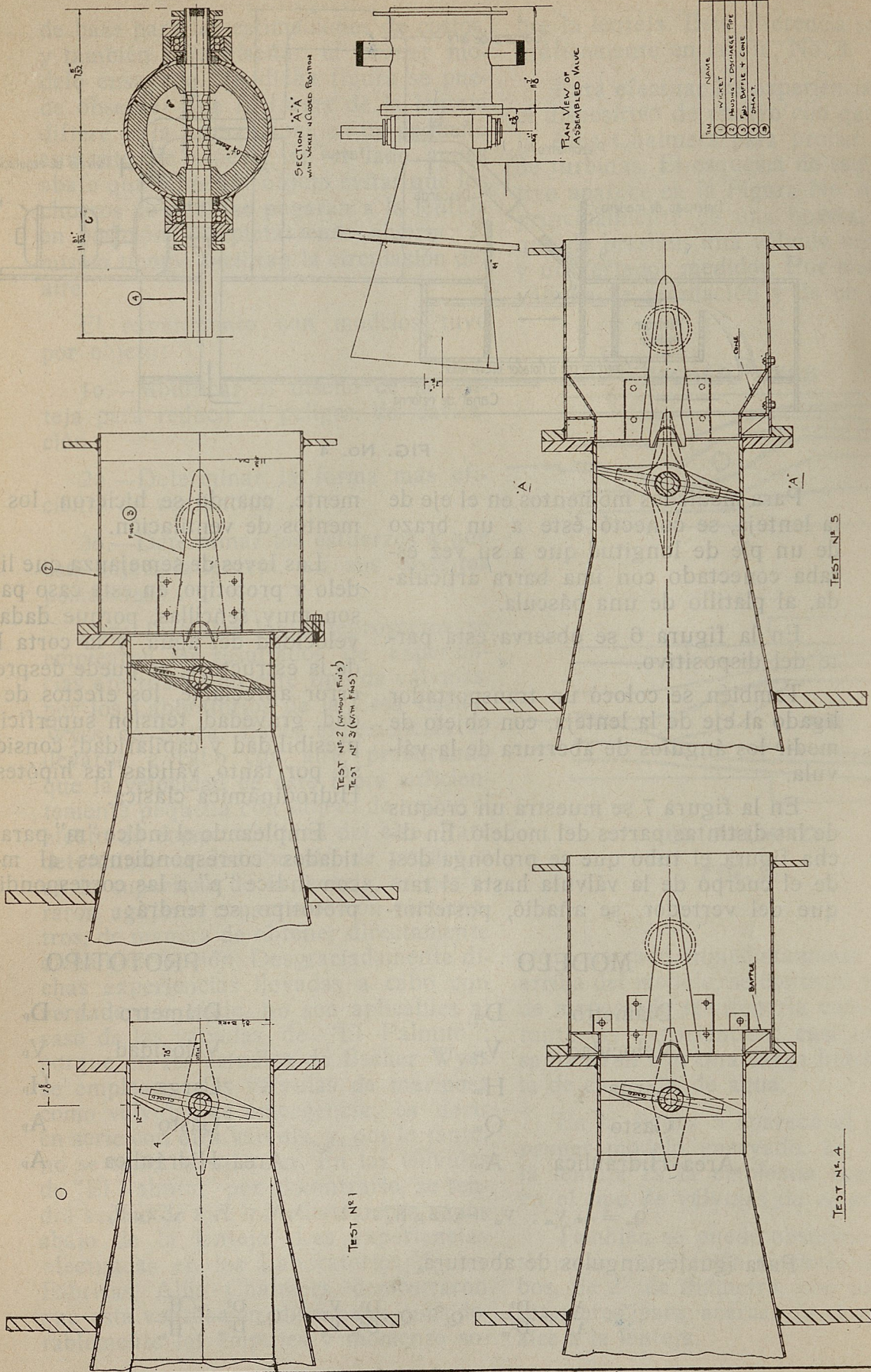
Empleando el índice "m" para las cantidades correspondientes al modelo y con índice "p" a las correspondientes al prototipo, se tendrá:

MODELO		PROTOTIPO	
Diámetro	D_m	Diámetro	D_p
Velocidad	V_m	Velocidad	V_p
Carga	H_m	Carga	H_p
Gasto	Q_m	Gasto	A_p
Area Hidráulica	A_m	Area Hidráulica	A_p

$$Q_m = A_m V_m ; V_m = \sqrt{2g H_m} ; Q_p = A_p V_p ; V_p = \sqrt{2g H_p}$$

Para iguales ángulos de abertura,

$$\frac{A_p}{A_m} = \frac{D_p^2}{D_m^2} \therefore Q_p = Q_m \frac{D_p^2}{D_m^2} \frac{V_p}{V_m} = Q_m \frac{D_p^2}{D_m^2} \frac{\sqrt{H_p}}{\sqrt{H_m}}$$



ITEM	NAME	DWG. NO.
1	VALVE	244-718
2	INDICATOR & DISCHARGE PIPE	223-694
3	VALVE DAMPER & COIL	254-686
4	DIAPHR.	288-130

FIG. No. 5

Es necesario también obtener la ley que liga los momentos hidráulicos en el eje de la lenteja.

es V . (Fig. 8), que el diámetro de la válvula es D y que el ángulo de abertura es a . Se puede suponer que el momento hidráulico μ que tiende a cerrar la válvula es una función de D , V , a y ρ la masa específica del agua.

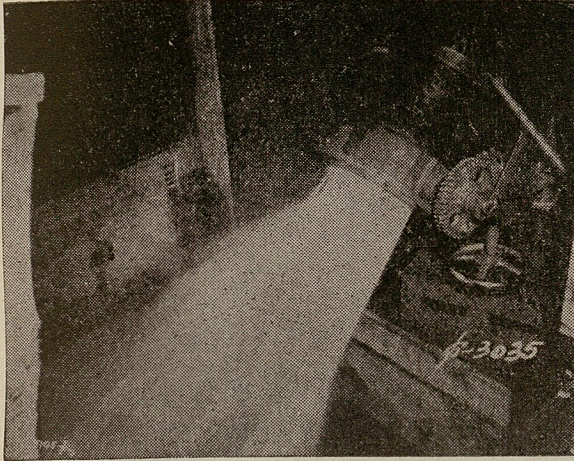


FIG. No. 6

O bien

$$\varphi (D, \mu, e, a) = 0$$

Las unidades fundamentales necesarias para describir estas variables son:

$$[M], [L], [T]$$

Entonces aplicando el "Teorema" π sabemos que se debe satisfacer otra ecuación del tipo:

$$\varphi_1 (\pi_1, \pi_2) = 0$$

Supongamos que la velocidad media del agua antes de pasar por la válvula

en que las variables π_s son sin dimensiones. Siendo:

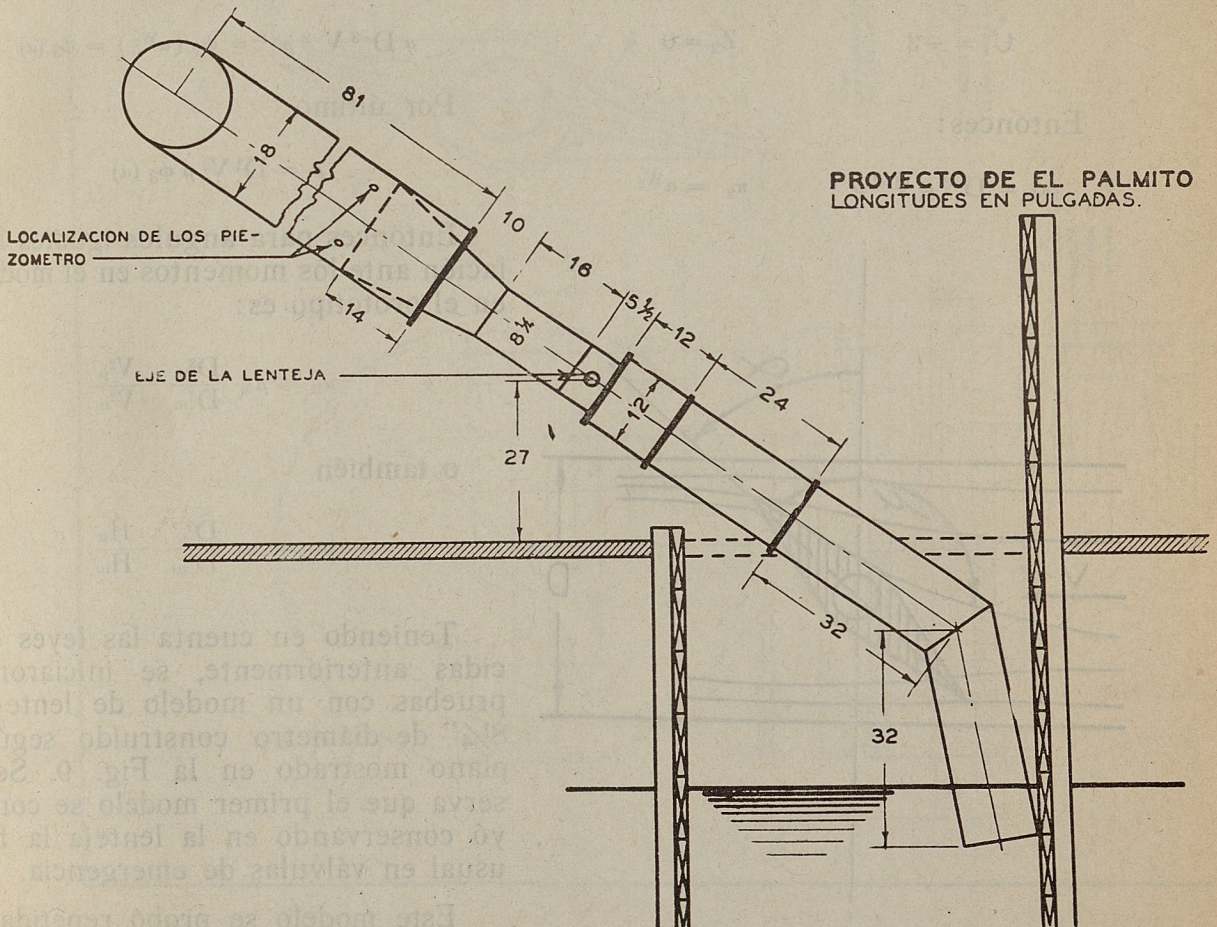


FIG. No. 7

$$\pi_1 = D^{U_1} \mu^{X_1} V^{Y_1} e^{Z_1} \quad \text{y} \quad \pi_2 = D^{U_2} V^{Y_2} e^{Z_2} a^{W_2}$$

Las dimensiones de μ, V, ρ, a son

$$[\mu] = (M L^2 T^{-2}) ; (V) = (L T^{-1}) ; (\rho) = (M L^{-3})$$

Sustituyendo estos valores en las expresiones de las π_s , se tiene:

$$\pi_1 = L^{U_1} M^{X_1} L^{2X_1} T^{-2X_1} L^{Y_1} T^{-Y_1} M^{Z_1} L^{-3Z_1}$$

$$\pi_2 = L^{U_2} L^{Y_2} T^{-Y_2} M^{Z_2} L^{-3Z_2} a^{W_2}$$

Para que las π_s sean simples números se debe tener:

UNIDAD	π_1	π_2
M	$X_1 + Z_1 = 0$	$Z_2 = 0$
L	$U_1 + 2X_1 + Y_1 - 3Z_1 = 0$	$U_2 + Y_2 - 3Z_2 = 0$
T	$-2X_1 - Y_1 = 0$	$-Y_2 = 0$

Si hacemos $X_1 = 1$ se obtiene:

se puede escribir

$$Z_1 = 1 \quad U_2 = 0$$

$$\pi_1 = \phi_2 (\pi_2)$$

$$Y_1 = -2 \quad Y_2 = 0$$

o bien:

$$U_1 = -3 \quad Z_2 = 0$$

$$\mu D^{-3} V^{-2} \rho^{-1} = \phi_2 (a^{W_2}) = \phi_3 (a)$$

Entonces:

Por último

$$\pi_1 = D^{-3} \mu V^{-2} \rho^{-1} \quad \pi_2 = a^{W_2}$$

$$\mu = D^3 V^2 \rho \phi_3 (a)$$

Entonces para ángulos iguales la relación ante los momentos en el modelo y en el prototipo es:

$$\mu_p = \mu_m \frac{D_p^3}{D_m^3} \frac{V_p^2}{V_m^2}$$

o también

$$\mu_p = \mu_m \frac{D_p^3}{D_m^3} \frac{H_p}{H_m}$$

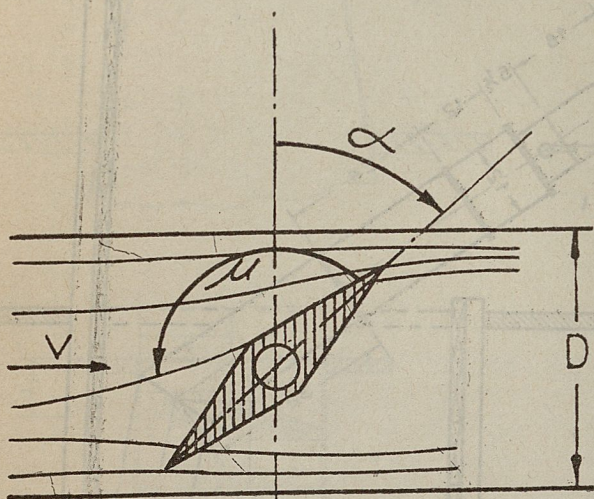


FIG. No. 8

Teniendo en cuenta las leyes deducidas anteriormente, se iniciaron las pruebas con un modelo de lenteja de 8 1/4" de diámetro construido según el plano mostrado en la Fig. 9. Se observa que el primer modelo se construyó conservando en la lenteja la forma usual en válvulas de emergencia.

Este modelo se probó repetidas veces efectuándose observaciones de des-

carga, momentos, estabilidad del chorro, vibraciones, etc. También se adoptó un tubo aguas abajo de la válvula con objeto de evitar la ventilación, pero fué imposible hacer lecturas de momento y descarga, porque el régimen se volvió sumamente inestable, produciéndose fuertes vibraciones.

Los resultados de las pruebas anteriores llevaron a la conclusión de que era conveniente modificar la forma de la lenteja, con el objeto de proporcionar mejor ventilación, y mejorar el escurrimiento del agua, a través de la válvula. Se estudiaron con detenimiento muchos perfiles hasta llegar al que se muestra en la figura 10. Las zonas aciuradas indican las modificaciones con respecto al primer perfil ensayado.

Se observa que se eliminaron los ángulos en la superficie de la lenteja y se sustituyó la forma de cuña del lado aguas arriba, por un perfil curvo aerodinámico (se empleó un perfil Joukowski) con objeto de mejorar las trayectorias del agua y de reducir las pérdidas.

En la figura 11 se muestra la comparación de los momentos y descargas con los perfiles inicial (No. 1) y final

(No. 2). Y en la figura 12 una comparación de coeficientes de gasto.

Las gráficas corresponden a descargas en pies cúbicos por segundo, y momentos en libras pies, en el modelo de $8\frac{1}{4}$ " de diámetro y por pie de carga hidráulica neta. Se observa que el momento disminuye considerablemente con el nuevo diseño y que la ley de descarga cambia, conservando el valor máximo.

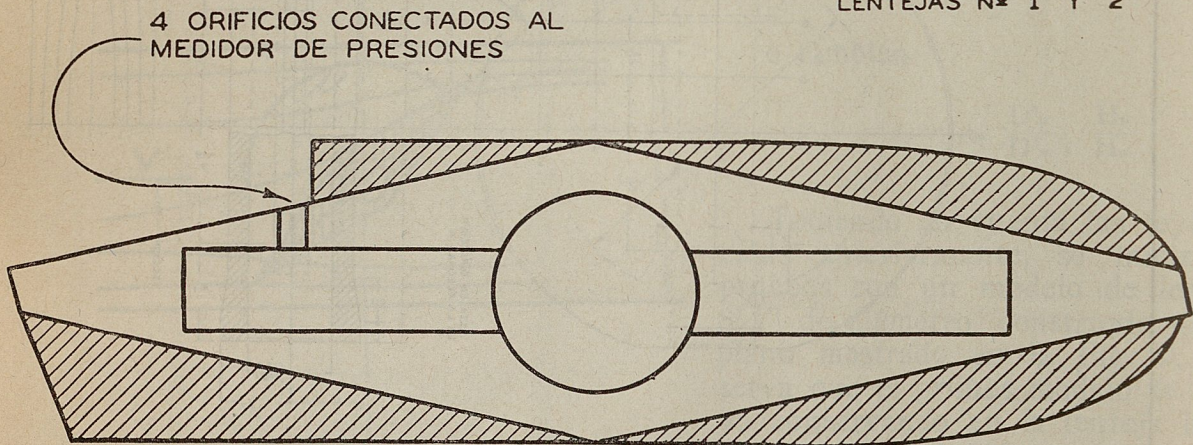
El escurrimiento con diferentes ángulos de abertura, mejoró notablemente, obteniéndose también reducción en vibraciones. Las figuras 13 y 14 muestran fotografías de los dos modelos con iguales ángulos de abertura.

Todas las ventajas observadas en el modelo No. 2 y dada la premura de tiempo con que se tuvieron que efectuar experimentos, que hizo imposible ensayar nuevos tipos de curva en el lado aguas arriba de la lenteja, indujeron a tomar el perfil del modelo No. 2 como definitivo, y pasar a estudiar el problema de distribución de presiones en la lenteja.

Como las circunstancias especiales de guerra impidieron efectuar pruebas más elaboradas, se prefirió tener una

PROYECTO DE EL PALMITO .

LENTEJAS N^o 1 Y 2



LAS ZONAS ACHURADAS SE AÑADIERON A LA FORMA 1 PARA OBTENER LA FORMA 2

FIG. No. 10

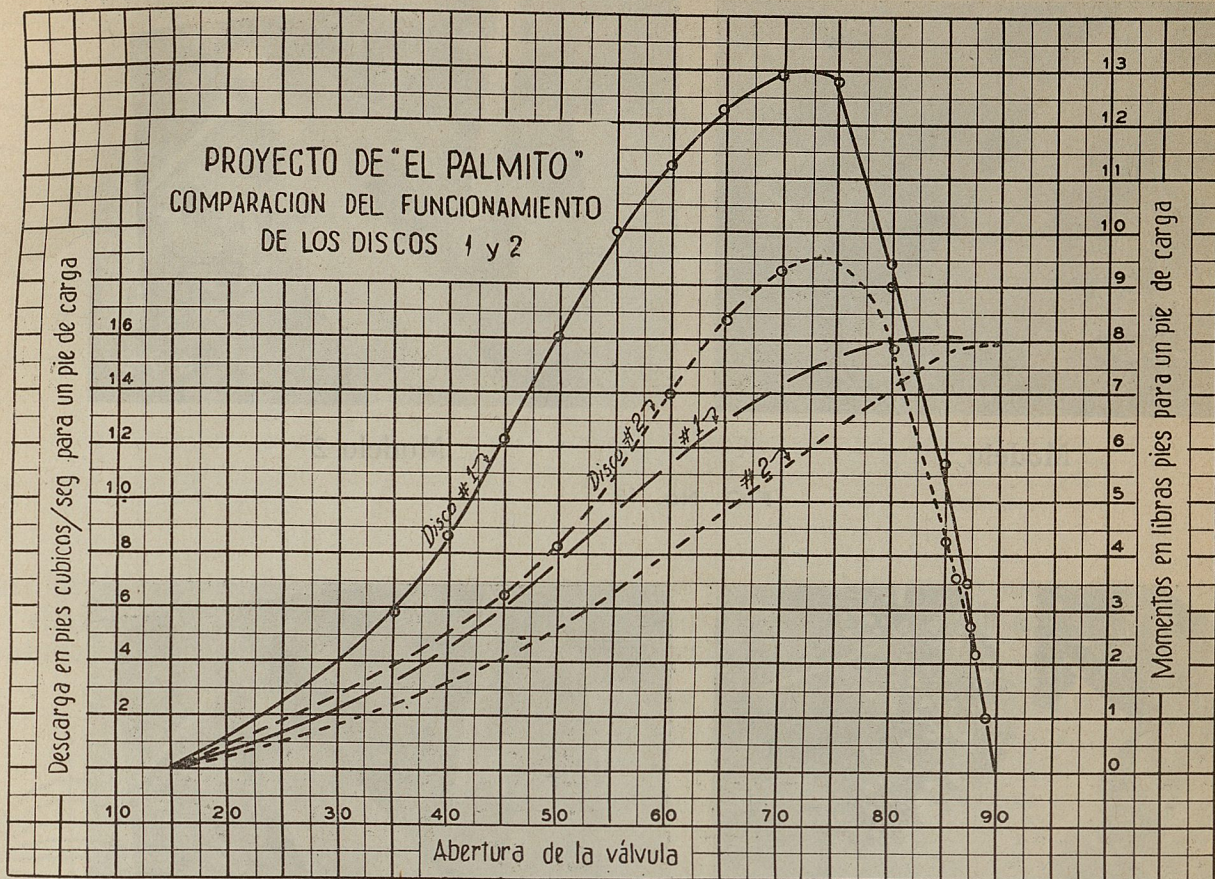


FIG. No. 11

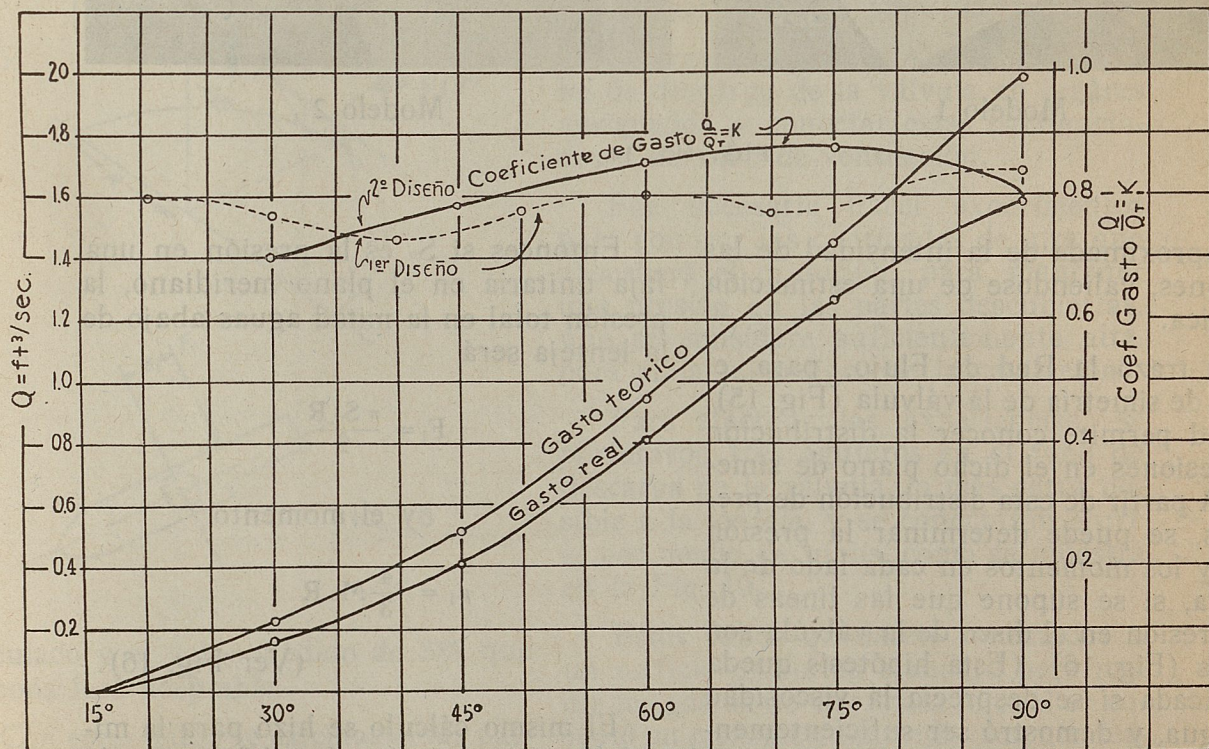
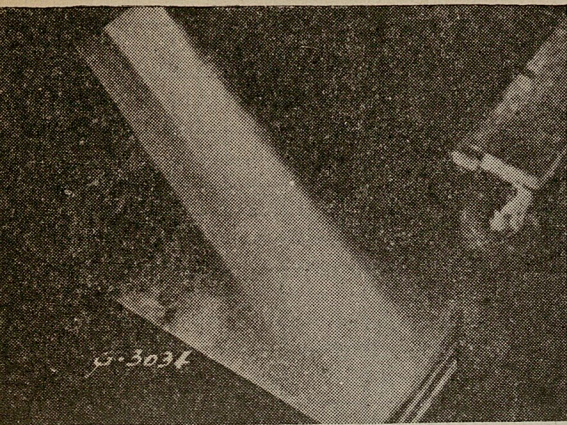
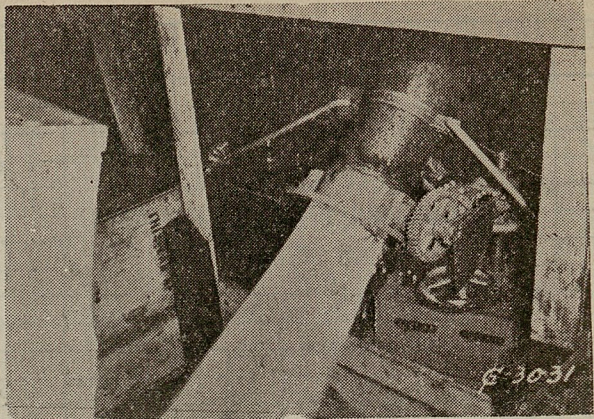


FIG. No. 12

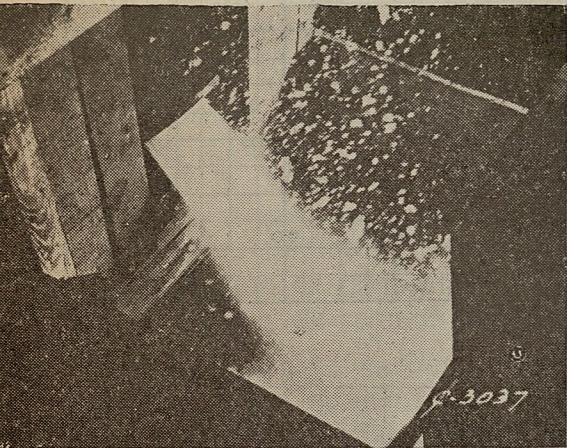


Modelo 1

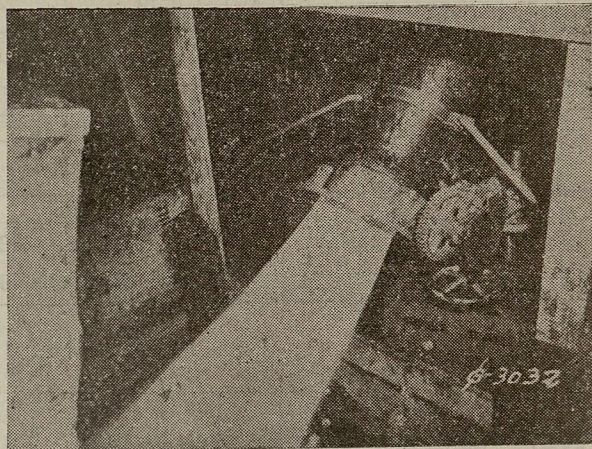


Modelo 2

FIG. No. 13



Modelo 1



Modelo 2

FIG. No. 14

idea aproximada de la intensidad de las presiones, valiéndose de una estimación analítica.

Se trazó la Red de Flujo, para el plano de simetría de la válvula (Fig. 15). La red permite conocer la distribución de presiones en el dicho plano de simetría. A partir de esta distribución de presiones, se puede determinar la presión total y los momentos en cada lado de la lenteja, si se supone que las líneas de equipresión en el disco de la válvula son elipses (Fig. 16). (Esta hipótesis queda justificada si se desprecia la viscosidad del agua, y demostró ser suficientemente aproximada).

Entonces si S_0 es la presión en una faja unitaria en el plano meridiano, la presión total en la mitad aguas abajo de la lenteja será

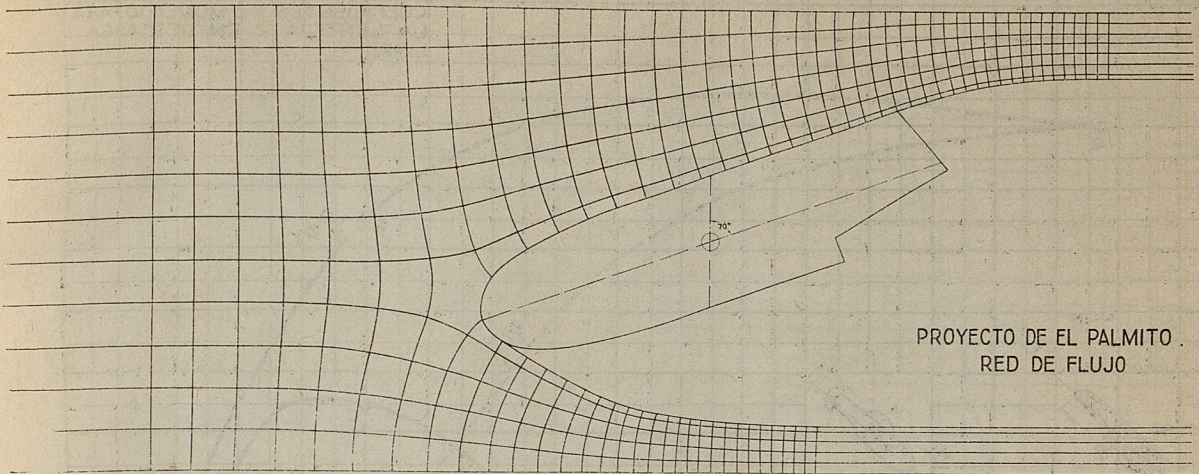
$$F_1 = \frac{\pi S_0 R}{2}$$

y el momento

$$\mu_1 = \frac{4}{3} M_0 R$$

(Ver Fig. 16).

El mismo cálculo se hizo para la mitad de aguas arriba. La diferencia de

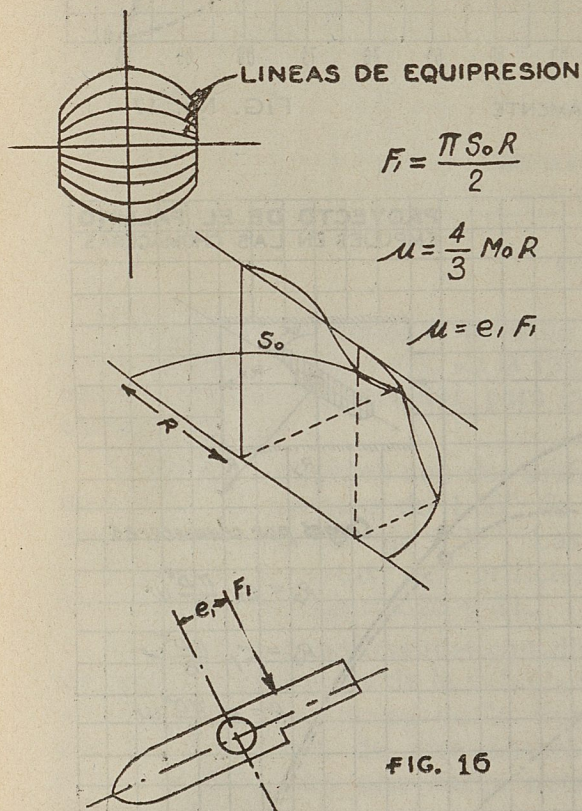


PROYECTO DE EL PALMITO
RED DE FLUJO

FIG 15

momentos debe coincidir con el momento en el eje, medido en las experiencias. Se obtuvo una diferencia entre el valor

cuales se pueden obtener los momentos y empujes en las chumaceras para este tipo de válvulas.



$$F_1 = \frac{\pi S_0 R}{2}$$

$$u = \frac{4}{3} M_0 R$$

$$u = e, F_1$$

Todos los experimentos efectuados demostraron la necesidad de buena ventilación en la descarga de las válvulas. Como éstas descargarán dentro de túneles, es poco probable que el aire pueda penetrar a través de ellos, ya que las turbulencias de la descarga, y el remanso del río harán que estos túneles trabajen prácticamente ahogados.

Se creyó conveniente perforar el tubo de descarga de la válvula en lugares apropiados, y conectar estas perforaciones a un tubo de ventilación.

Fue necesario hacer experimentos para conocer las cantidades de aire que absorberá el prototipo, para mantener una presión en las partes descubiertas, que se considere suficientemente alta, para alejar el peligro de la cavitación.

Para efectuar las experiencias, se perforaron tres agujeros en el tubo de descarga de la válvula, lo más cerca posible a la lenteja, y se conectaron entre sí por medio de tubos, como se muestra en la Fig. 19.

calculado y el valor medido de 3% que se consideró aceptable.

Con estos datos se calcularon las curvas de las Figs. 17 y 18, a partir de las

Estos tubos quedaron conectados a un orificio de forma standard para medir los gastos de aire, para lo cual se conectó un piezómetro inmediatamente después del orificio.

PROYECTO DE EL PALMITO

COEFICIENTES DE MOMENTO PARA LA LENTEJA 2 EN DESCARGA LIBRE

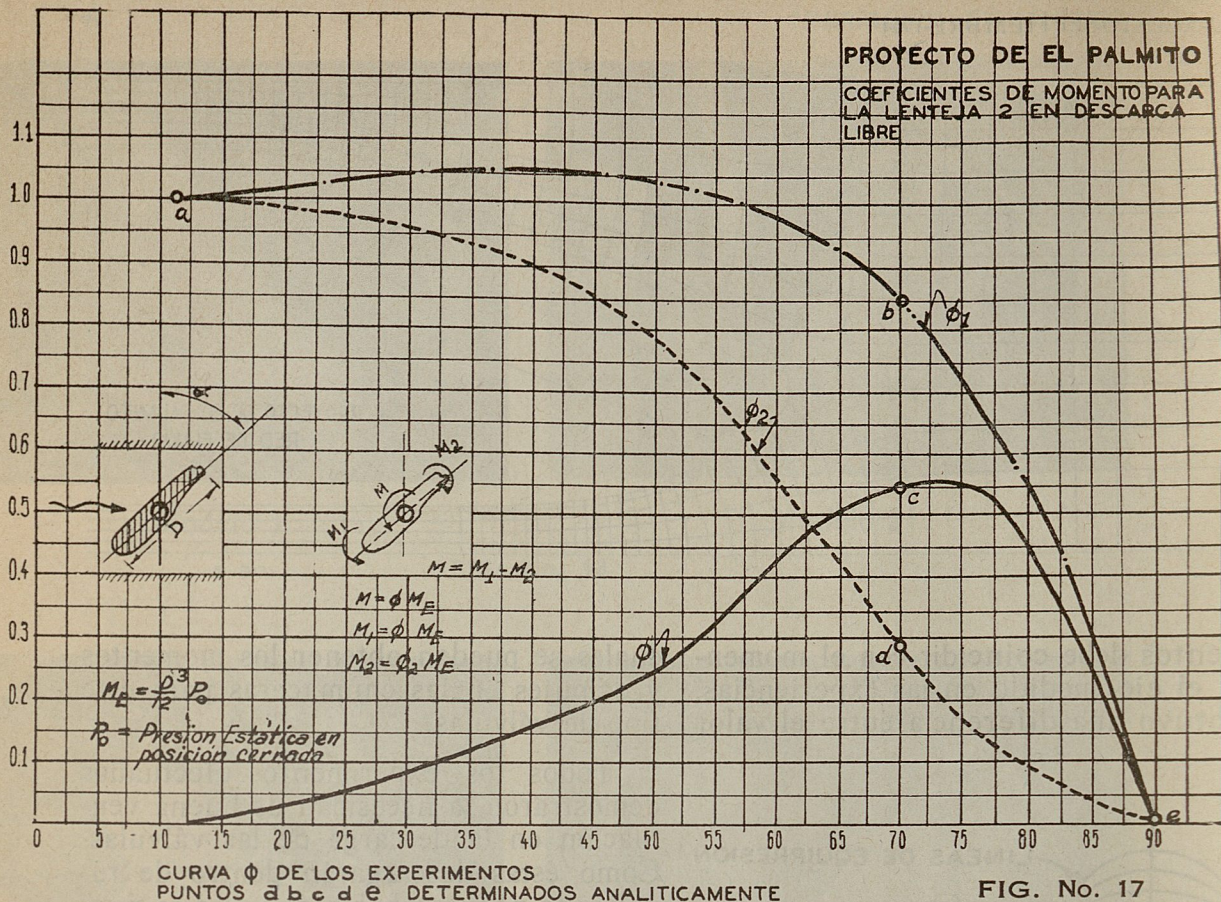


FIG. No. 17

PROYECTO DE EL PALMITO
 EMPUJES EN LAS CHUMACERAS

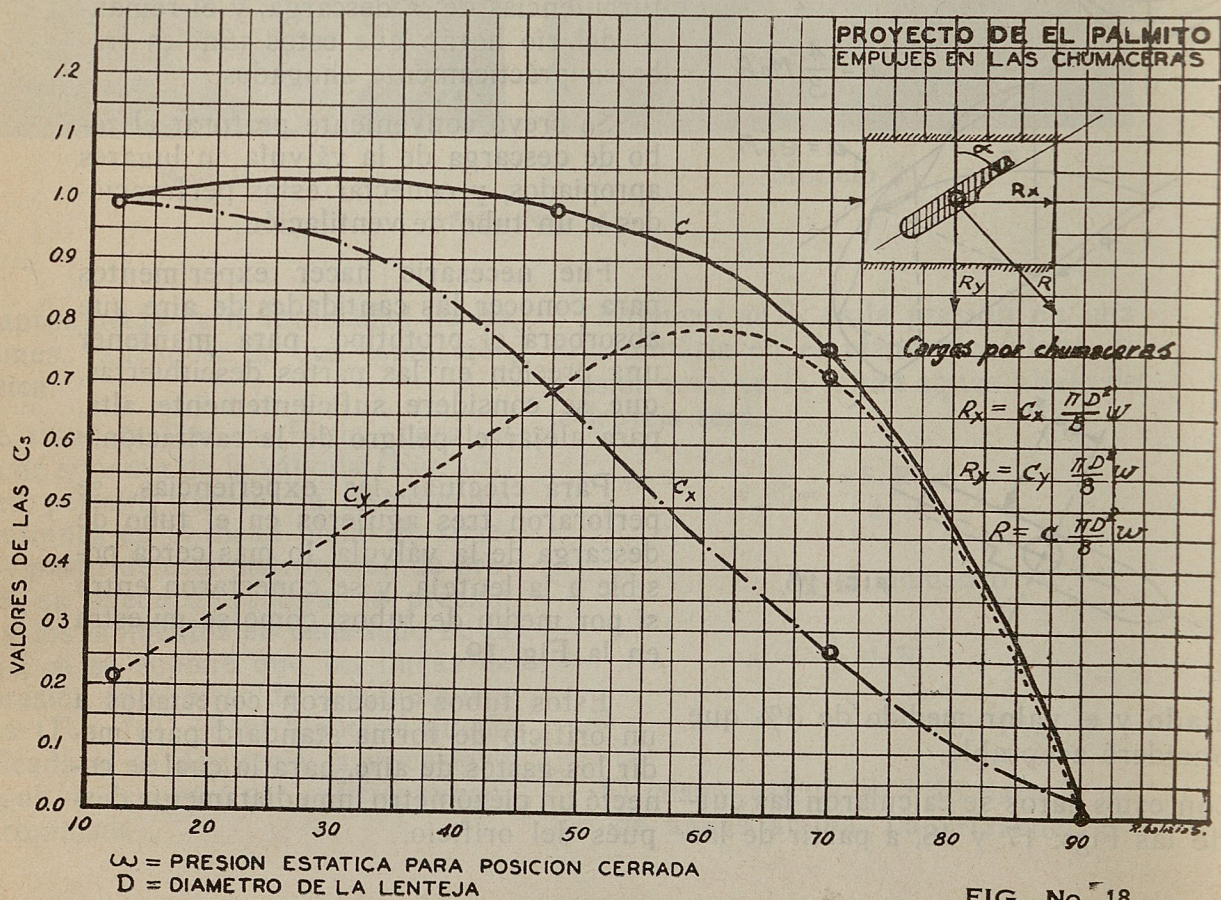


FIG. No. 18

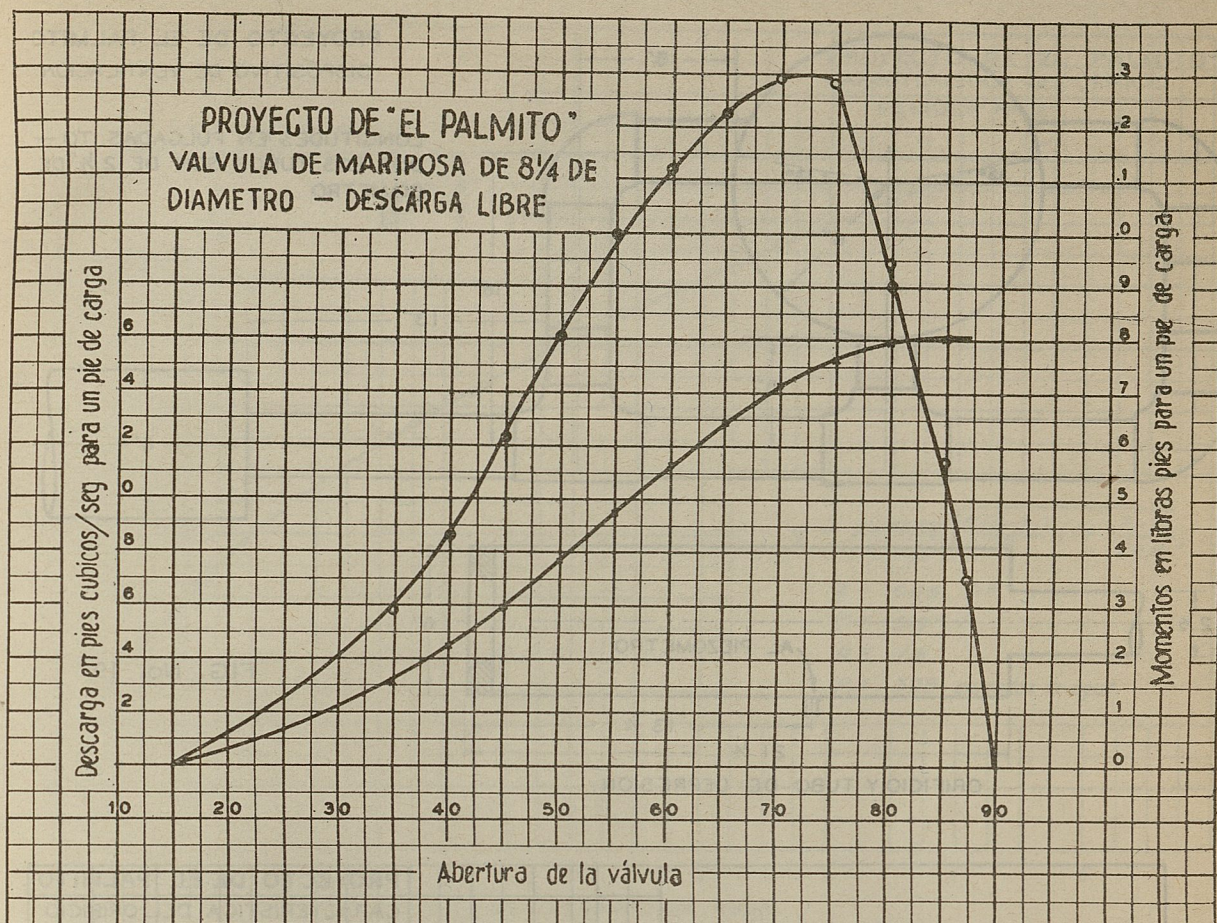


FIG. No. 18 Bis

También se prolongó el tubo de descarga (Secciones A, B y C de la Fig. 7), hasta el tanque del vertedor, para evitar entradas de aire.

Se hicieron ensayos con dos orificios medidores, el primero de 1.66" de diámetro, y el segundo de 3.32". Las características de estos dos orificios se muestran en las figuras 20 y 21.

Se hicieron experimentos con distintas cargas y aberturas de la válvula y se construyeron las curvas de la Fig. 22 que dan los gastos de aire absorbidos por el modelo, con una carga neta de 100 pies de agua.

Por medio del Análisis Dimensional se puede obtener la ley que liga las cantidades de aire absorbidas en el modelo y prototipo.

Haciendo hipótesis simplificadoras, se puede suponer que la cantidad de aire

absorbido (q), depende del ángulo de abertura (α), de la velocidad del agua (v), y del diámetro (D) de la válvula. (La presión atmosférica se supone constante). Entonces, se puede escribir,

$$f(q, D, V, \alpha) = 0$$

Las unidades fundamentales son $[L]$ y $[T]$ entonces se puede escribir

$$f_1(\pi_1, \pi_2) = 0$$

Efectuando la misma secuela de cálculos que se mostraron en los párrafos anteriores se concluye que:

$$q = D^2 V (\phi(\alpha))$$

La $\phi(\alpha)$ se determinó en las experiencias y con los resultados se construyó la gráfica de la Fig. 23, que permite calcular la cantidad de aire absorbido por una válvula de este tipo.

PROYECTO DE EL PALMITO
DISPOSITIVO DE VENTILACION

LONGITUDES EN PULGADAS. TO —
DOS LOS TUBOS SON DE 2 ½" DE
DIAMETRO

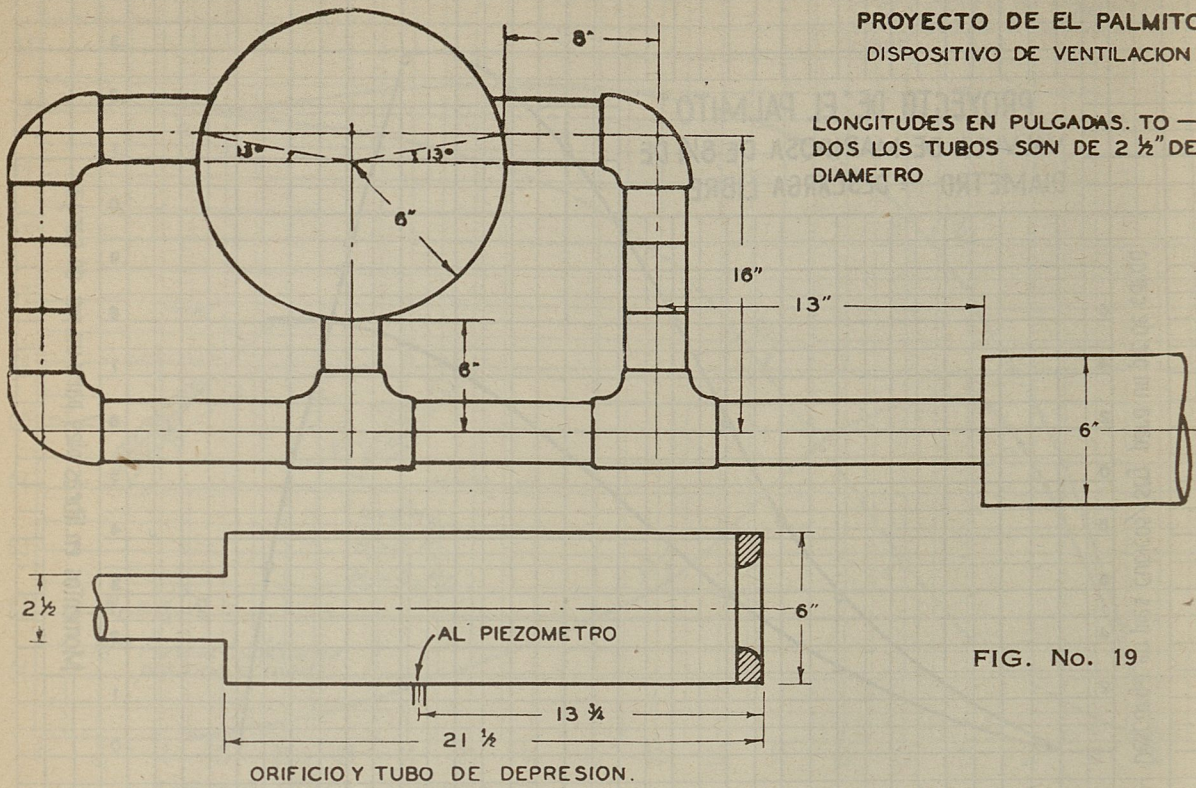


FIG. No. 19

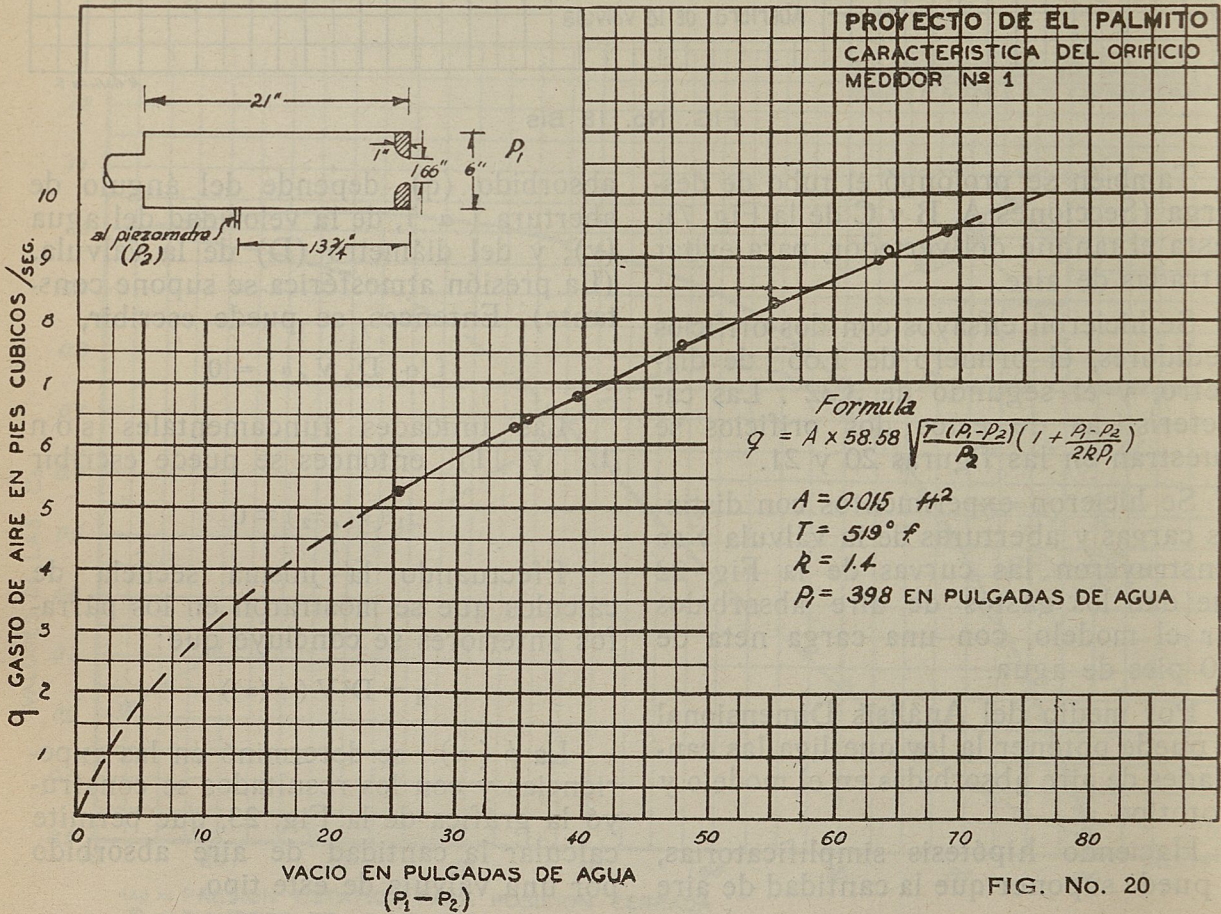


FIG. No. 20

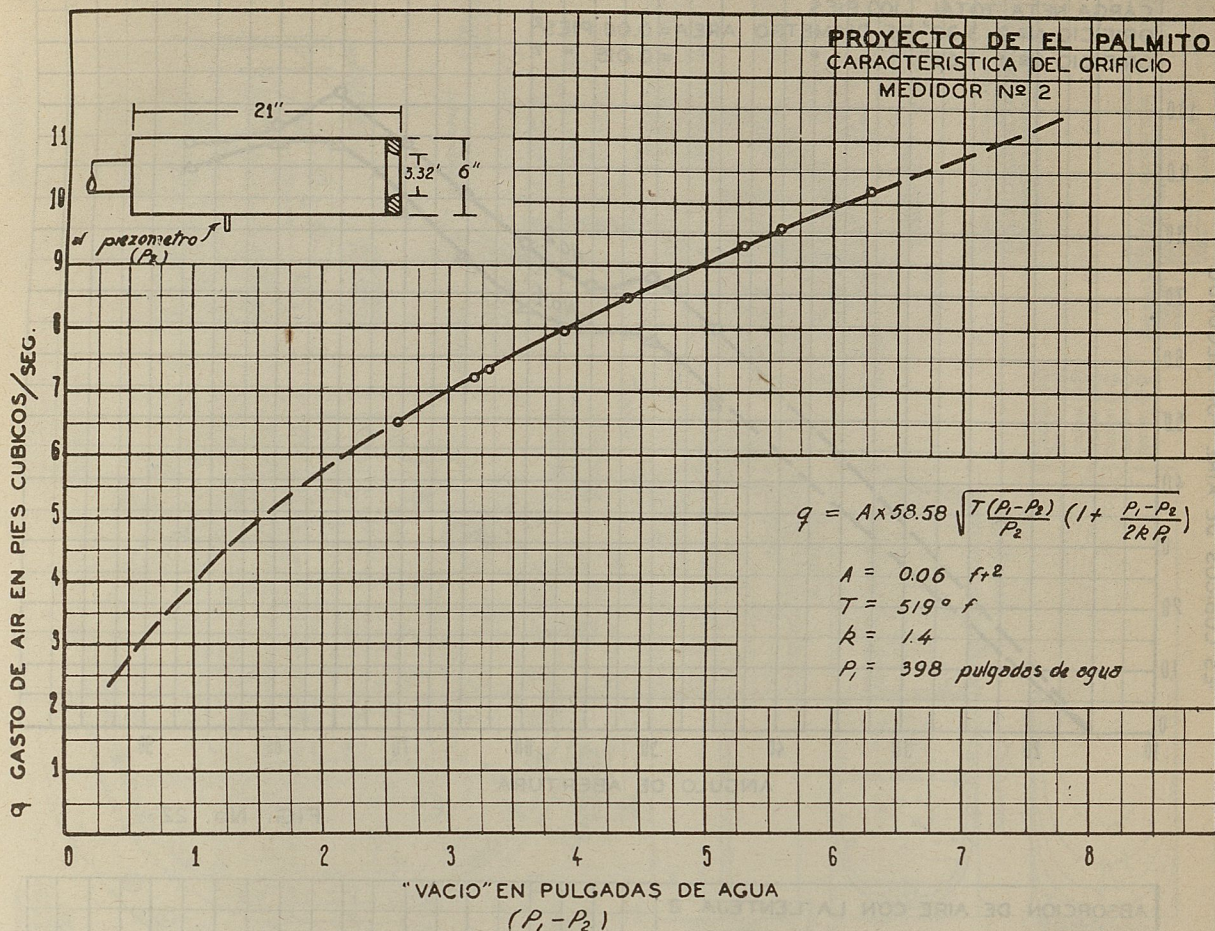


FIG. No. 21

Conocida esta cantidad de aire se estimó la diferencia de presiones admisible, y conocida ésta se determinó el diámetro necesario en los conductos de aire y en las perforaciones que lo conducirán a la zona inmediata a la lenteja.

Con los resultados de las experiencias descritas, se construyeron los planos definitivos de la válvula mostrados en la Figs. (24) y (25).

CONCLUSION

Las experiencias y estudios descritos demostraron que la nueva forma de lenteja propuesta, ofrece las ventajas siguientes sobre la forma usual:

- 10.—Disminución al mínimo del peligro de cavitación.
- 20.—Disminución de los momentos y empujes en la lenteja.

30.—Mayor estabilidad del régimen hidráulico en todas las posiciones.

Como consecuencia de lo anterior se puede disminuir el grueso de la lenteja y del eje, y por lo tanto el diámetro de la válvula.

También todo el mecanismo de operación se puede aligerar considerablemente.

De lo anterior se concluye finalmente que el diseño definitivo de las válvulas de El Palmito ofrece suficiente garantía para emplearse como válvula de control.

Con el revestimiento de algunas partes de la válvula con acero inoxidable se puede asegurar que la duración de las válvulas estará dentro de los límites tolerables.

PROYECTO DE EL PALMITO
 ABSORCION DE AIRE EN EL MODELO
 CON LA LENTEJA 2

CARGA NETA TOTAL 100 PIES
 ORIFICIO Nº 2 3.32" DE DIAMETRO AREA=0.06 PIES²
 ORIFICIO Nº 1 1.66" " " =0.015 " ²

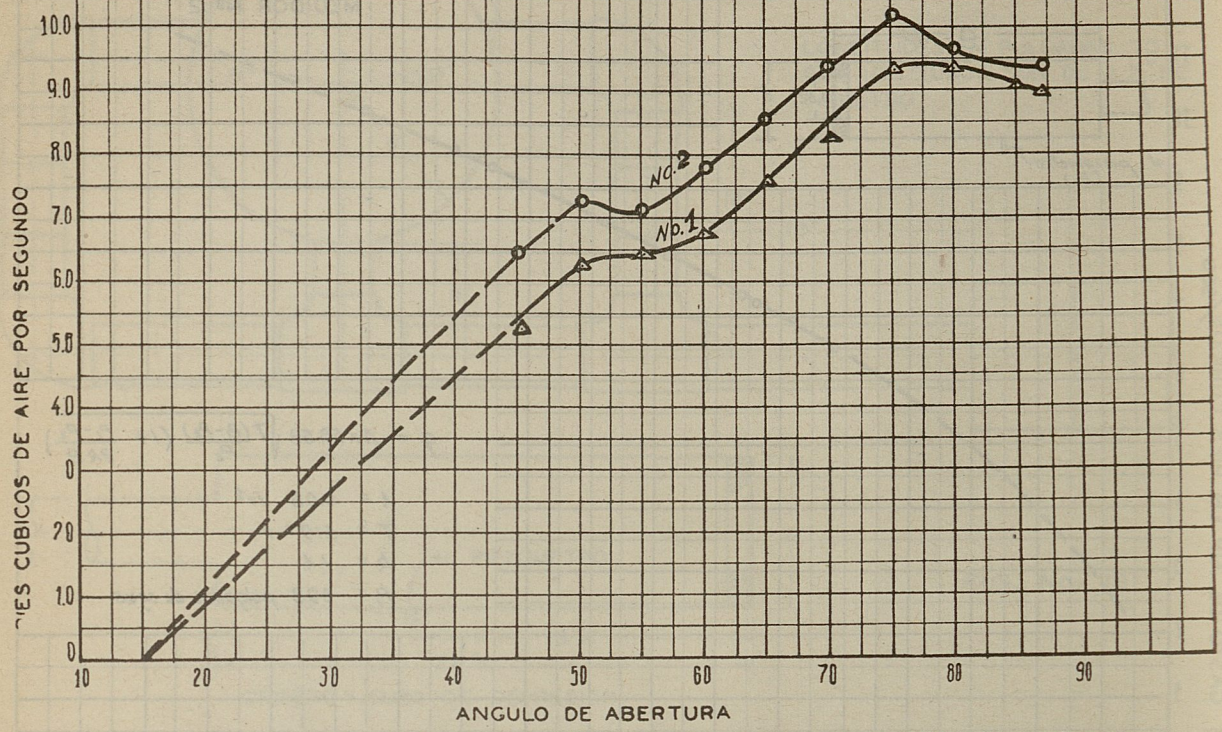


FIG. No. 22

ABSORCION DE AIRE CON LA LENTEJA 2

VALORES DE K EN LA FORMULA $q=K D^2 V$

q = CANTIDAD DE AIRE ABSORBIDA

$V = \sqrt{2gH}$ { H = CARGA NETA }

D = DIAMETRO DE LA VALVULA

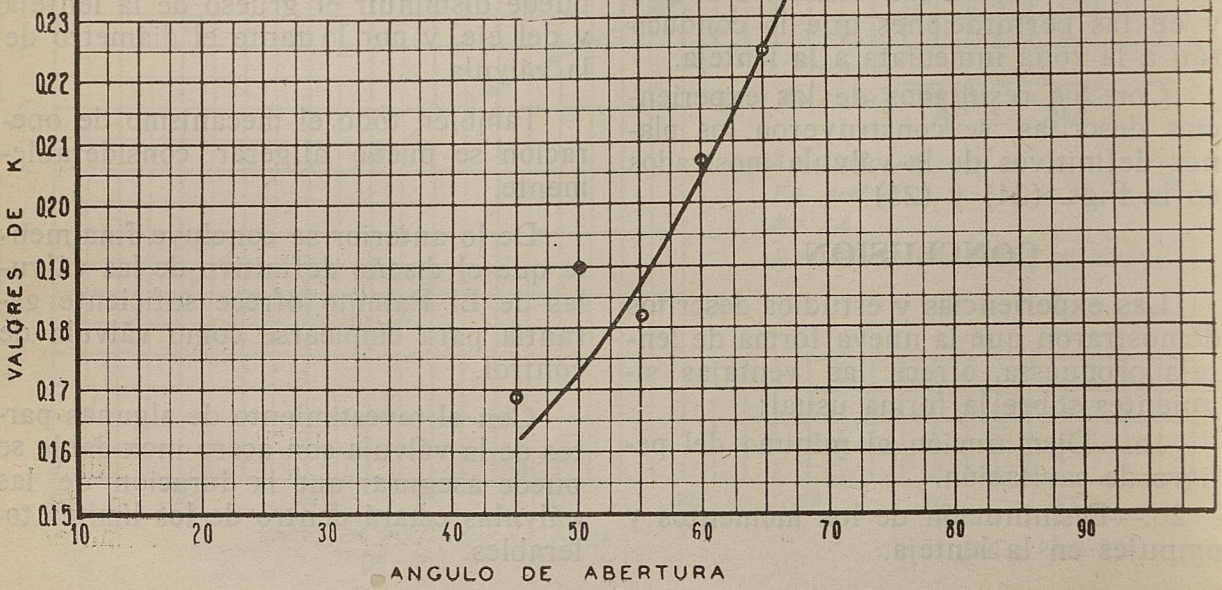
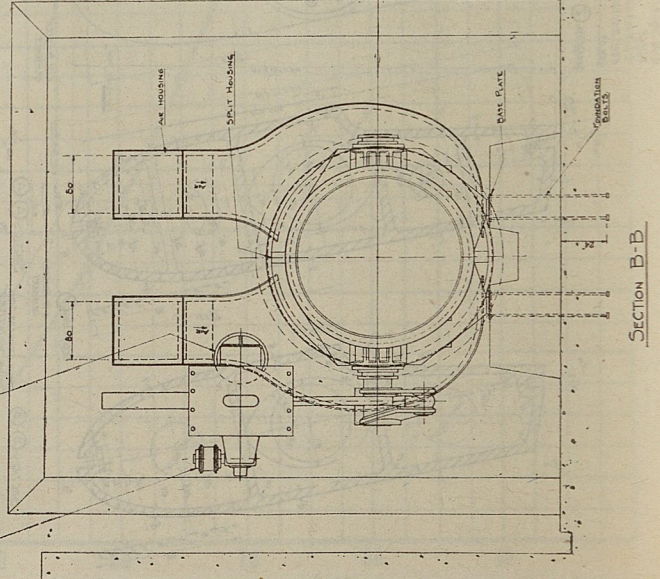


FIG. No. 23

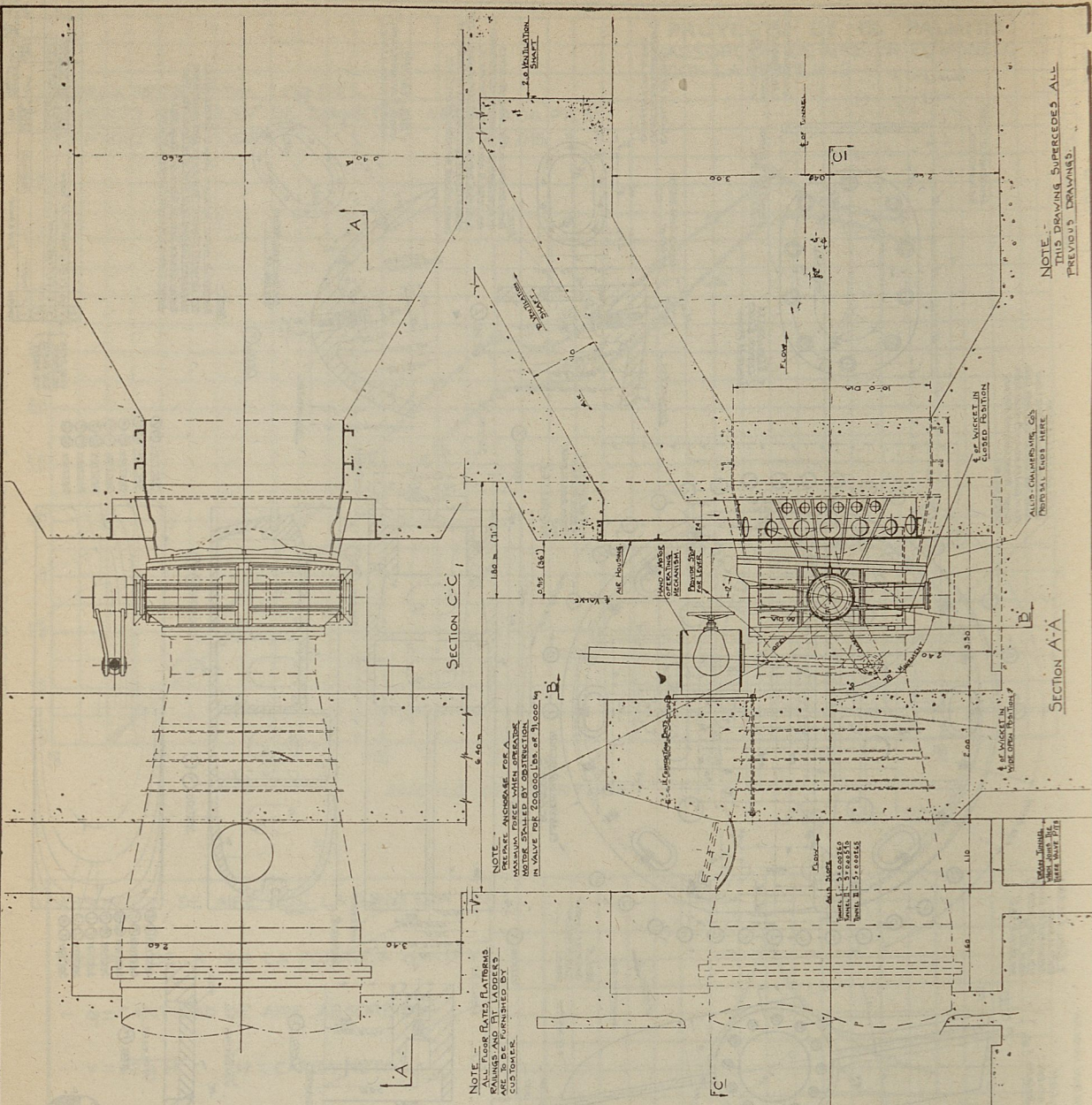
NACIONAL IRRIGACION COMISION of MEXICO DF
 EL PALMITO PROJECT
 ARRANGEMENT OF
 86" DIA FREE DISCHARGE BUTTERFLY VALVE

DATA
 MAX. STATIC HEAD = 265 FT (80 m)
 DISCHARGE = 1600 CFS AT 37.6 m
 SHOP TEST PRESSURE = 870 FT HEAD

OPERATOR'S HANDWHEEL FOR HAND OPERATION, TYPE D.C.



SECTION B-B



SECTION C-C

SECTION A-A

NOTE - MAXIMUM FORCE AT MAXIMUM FORCE WHEN OPERATOR'S MOTOR STALLS BY OBSTRUCTION IN VALVE THE FORCE WILL BE 2000 LBS. AT 1000 LB.

NOTE - ALL FLOOR RATES, PLATFORMS, RAILINGS AND STAIR LADDERS SHALL BE DESIGNED BY CUSTOMER.

NOTE - THIS DRAWING SUPERSEDES ALL PREVIOUS DRAWINGS.