

Estudio Hidrológico de la Presa "El Balcón del Diablo" en el Río Atoyac, Pue.

POR EL ING. MANUEL ARENAS VALDEZ

DE LA SECCION DE ESTUDIOS HIDROLOGICOS DE LA COMISION NACIONAL DE IRRIGACION

GENERALIDADES (1)

a). DESCRIPCION DEL PROYECTO

1. *Situación y límites.*—La región del Valsequillo está situada en la esquina S.E. del Estado de Puebla y forma parte de los ex Distritos de Tepeaca, Tecali, Tecamachalco y Tehuacán; comprende los valles de Atoyatempan, Tecamachalco, San Jerónimo, Tlacotepec y parte del de Tehuacán. Está limitado al norte por la Serranía del Monumento, al sur por la Serranía de Zapotlán, al oeste por la Serranía de Tecali, de Tepeaca y la cordillera de Tentzo, y al este se encuentra abierto continuándose por el Valle de Tehuacán, considerándose el pueblo de Tehuacán como límite del Proyecto.

La región del Proyecto está situada geográficamente entre los meridianos 97° 45' y 98° 00' al oeste de Greenwich, y entre los paralelos 18° 30' y 18° 35' de latitud norte. (Plano 1801-6-124).

2. *Orografía.*—La topografía de la región no es tan abrupta y accidentada como el resto del Estado; el Valle de Tecamachalco orientado de N.W. a S.E. tiene un suave descenso en el mismo sentido. En general la topografía es plana descendiendo hacia el sur y sureste. Las altitudes medias sobre el nivel del mar de los valles que constituyen el Proyecto tienen diferencias notables entre sí variando desde 1.900 a 2.250 m. s. n. m., por lo cual se tiende a dividir a la región en tres zonas: Valsequillo, Alto, Medio y Bajo.

3. *Clima.*—El clima dominante en El Valsequillo puede considerarse subdesértico, siendo las causas principales las si-

guientes: Situación geográfica, regular precipitación pluvial (719 mm. al año), vientos secos dominantes del este que favorecen la evaporación, permeabilidad en el fondo del valle, falta absoluta de vegetación en la parte orográfica y, además, el gran desarrollo lineal del cauce de los arroyos con suave pendiente y fondos arenosos.

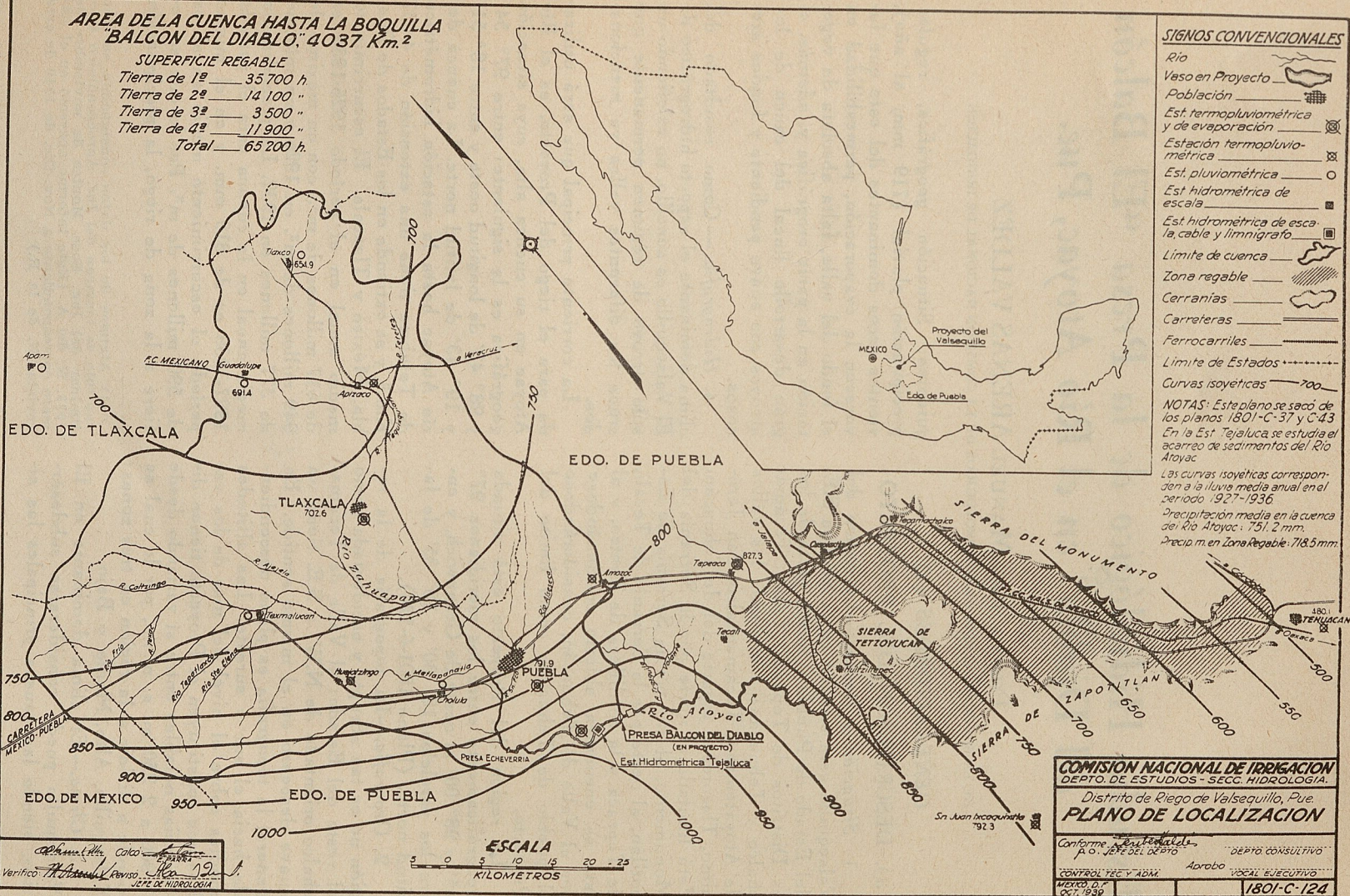
4. *Hidrografía.*—Como resultado del clima dominante el aspecto hidrográfico de El Valsequillo es sencillo, no existiendo un sólo arroyo de régimen permanente que cruce los diferentes valles ya mencionados.

La corriente principal que será utilizada para el riego del Proyecto, es el Río Atoyac en su cuenca alta, cuya situación geográfica es la siguiente: entre 97° 54' y 98° 43' de longitud oeste y entre 18° 51' y 19° 43' de latitud norte. La cuenca del río Atoyac hasta la estación hidrométrica de Tejaluca tiene una extensión de 4.037 Km.², y se extiende en los Estados de Puebla, México y Tlaxcala. El escurrimiento medio anual en el período 1926-1938 es de 617 millones de m³., con un máximo de 949 millones de m³. en 1926 y un mínimo de 377 millones en 1932. La precipitación media anual en la cuenca para el período 1927-1938 es de 819 mm. y en el mismo período el escurrimiento medio anual es de 590 millones de m³. Por lo que se refiere a la zona de riego, la precipitación

(1) Algunos de los datos consignados en este capítulo se tomaron del Inf. Agroeconómico Preliminar del Ing. Sosa Montes de noviembre de 1938. N. del A. (Este informe apareció en el número correspondiente a Nov.-Dic. de 1940 de esta revista. N. de la R.)

**AREA DE LA CUENCA HASTA LA BOQUILLA
"BALCON DEL DIABLO" 4037 Km.²**

SUPERFICIE REGABLE
 Tierra de 1ª 35 700 h
 Tierra de 2ª 14 100 "
 Tierra de 3ª 3 500 "
 Tierra de 4ª 11 900 "
 Total 65 200 h.



SIGNOS CONVENCIONALES

- Rio
- Vaso en Proyecto
- Población
- Est. termopluviométrica y de evaporación
- Estación termopluviométrica
- Est. pluviométrica
- Est. hidrométrica de escala
- Est. hidrométrica de escala, cable y limnigráfico
- Limite de cuenca
- Zona regable
- Cerranías
- Carreteras
- Ferrocarriles
- Limite de Estados
- Curvas isoyéticas 700

NOTAS: Este plano se sacó de los planos 1801-C-37 y C-43. En la Est. Tejaluca se estudia el acarreo de sedimentos del Rio Atoyac.
 Las curvas isoyéticas corresponden a la lluvia media anual en el periodo 1927-1936.
 Precipitación media en la cuenca del Rio Atoyac: 751.2 mm.
 Precip. m. en Zona Regable: 718.5 mm.

Elaborado por: *[Signature]*
 Verificado: *[Signature]*
 JEFE DE HIDROLOGIA

ESCALA
 0 5 10 15 20 25
 KILOMETROS

COMISION NACIONAL DE IRRIGACION
 DEPTO. DE ESTUDIOS - SECC. HIDROLOGIA.
 Distrito de Riego de Valsequillo, Pue.
PLANO DE LOCALIZACION
 Conforme *[Signature]* "depto. consultivo"
 A O. JEFE DEL DEPTO.
 CONTROL TEE Y ADM. Aorabo "VOCAL EJECUTIVO"
 MEXICO D.F. 1801-C-124
 OCT. 1936

media anual en el período 1927-1936, se estima de 719 mm. (2)

El recorrido del río es de noroeste a sureste aproximadamente, recibiendo sus principales afluentes por la margen derecha. Los fenómenos de intemperismo, erosión y depósito son importantes debido a las pendientes fuertes de los afluentes y escasa vegetación que determinan grandes velocidades con su correspondiente potencia de acarreo, por lo cual deberá ponerse especial cuidado en lo que respecta al capítulo de azolves.

5. *Vías de Comunicación.*—El Proyecto del Valsequillo se encuentra cruzado por numerosas carreteras: la carretera petrolizada que parte de Puebla a Tehuacán, toca las siguientes poblaciones: San Hipólito Copiaxtla., Tecamachalco, Tlacotepec, Tepanco y Tehuacán; además las carreteras petrolizadas de Tehuacán a Orizaba, y el ramal Jalapa-Veracruz, serán importantísimas en la distribución de los productos agrícolas. En cuanto a vías ferroviarias se cuenta con el Ferrocarril Central Mexicano del Sur que toca las poblaciones de Tecamachalco, Tlacotepec y Tehuacán, existiendo además, un ramal que parte de San Marcos con terminal en Ahuatempan, pero con posible prolongación hasta Chacahua en la costa de Oaxaca. En las poblaciones principales existen servicios de Correos, Telégrafo y aun Telefónico, como en Tecamachalco y Tehuacán.

6. *Aspecto Social.*—La población en El Valsequillo es alrededor de 39 000 habitantes, de los cuales 95% es población rural dedicada principalmente a la agricultura, pues dada la fertilidad de los suelos y el clima existente, pueden efectuarse numerosos cultivos de temporal, pero debido a la distribución inadecuada de la lluvia estos cultivos de temporal son problemáticos, razón por la cual es necesario contar con agua segura y suficiente para riego. Existen también algunas zonas cultivadas con agua de pozos, pero el riego es defectuoso, pues según aforos efectuados en el terreno, el volumen disponible es apenas suficiente para regar debidamente unas 1 000 hectáreas.

Los principales cultivos, son: maíz, trigo, cebada, frijol, tomate, chile, arverjón, hortaliza y alfalfa.

En lo que respecta a la ganadería y a las industrias, la primera se encuentra casi completamente abandonada y en cuanto a

las industrias, se encuentran en una etapa verdaderamente incipiente y rudimentaria.

b). CLASIFICACION DE TIERRAS

Habiéndose tomado en consideración los diferentes factores que intervienen para calificar la calidad de las tierras regables en El Valsequillo, se agruparon éstas en cuatro diferentes clases que en total son 65 200 hectáreas brutas.

1ª Clase. Tierras de topografía plana, buen drenaje, buena composición física y química, siendo además suelos profundos. Constituyen terrenos magníficos para cultivo, abarcando una extensión de 35 700 ha. (55% del total).

2ª Clase. Terrenos que carecen de cualquiera de las características anteriores. Son terrenos buenos para cultivo abarcando una extensión de 14 100 ha. (22% del total).

3ª Clase. Son tierras que para su cultivo requerirían una inversión elevada, siendo posiblemente incosteable su explotación. Comprenden 3 500 ha. (5% del total).

4ª Clase. Terrenos malos desde todo punto de vista abarcando 11 900 ha. (18% del total).

No existe en todos estos terrenos el problema de drenaje de agua superficial ni de agua freática.

c). SUPERFICIE DISPONIBLE DE RIEGO

De la clasificación anterior se deduce que se dispone de 49 800 ha. de terrenos para cultivo, de magnífica calidad, los cuales alcanzan más del 75% de los terrenos regables dominados por gravedad.

ESTUDIOS HIDROLOGICOS ANTERIORES Y OBJETO DEL NUEVO ESTUDIO

a). ESTUDIOS HIDROLOGICOS ANTERIORES

En el Estudio Hidrológico Preliminar elaborado en agosto de 1936, en la Oficina de Estudios Hidrológicos del Departamento de Estudios y Proyectos, se llegó a las siguientes conclusiones:

(2) No se tienen datos pluviométricos suficientes para determinar la precipitación media anual en el período 1926-1938.

Capacidad total de la presa.	300 millones de m ³ .
Superficie regable.....	50 000 ha.
Capacidad del vertedor.....	1 200 m ³ .

Los anteproyectos de cortina se ejecutaron con los datos anteriores, excepto el que se refiere al proyecto del Vertedor, pues se tomó un gasto igual a 2 000 m³/s.

En marzo de 1938 se elaboró el estudio hidrológico de la Obra de Desviación, con el objeto de determinar sus características fundamentales. Se llegó a la conclusión de que para desviar la creciente máxima observada en el período de estiaje ocurrida en noviembre de 1929 con un valor 76 m³/s era suficiente la construcción de un túnel de 4 m. de diámetro revestido de concreto, en la margen derecha del río. (3)

También se determinó por el método de Sección y Pendiente la curva de gastos del río Atoyac en el sitio de la presa

Posteriormente se estudió la posibilidad de derivar aguas del río Atoyac, aguas arriba de "Balcón del Diablo", hacia el río Nejapa, habiéndose encontrado muy serios inconvenientes a dicho proyecto, por lo que se desechó. (4)

b). OBJETO DEL NUEVO ESTUDIO HIDROLOGICO

Contando con un período más amplio de observaciones se ha elaborado el presente estudio con el fin de deducir conclusiones que permitan tomar los datos para el diseño de las diferentes obras que constituyen el Proyecto del Valsequillo.

DATOS DISPONIBLES (5)

a). HIDROMETRICOS

Los datos hidrométricos con que se cuenta para efectuar el Estudio Hidrológico de la Presa "Balcón del Diablo", son los registrados en la estación hidrométrica de Tejaluca desde 1926 hasta la fecha.

Dicha estación se encuentra a 4.5 Km. aguas arriba del sitio de la presa y constaba hasta diciembre de 1936, de escala, molinete, cable y canastilla. A partir de enero de 1937 se instaló un limígrafo Stevens A, que permite registrar continuamente las variaciones de la lámina de agua en el río.

Los datos disponibles son todos dignos de confianza y su utilización en el presente Estudio es correcta, porque la sección de aforo se encuentra situada a una distancia relativamente corta del sitio de la presa y, además, en este pequeño tramo no se tienen pérdidas ni aportaciones apreciables. Ya que el período de datos con que se cuenta abarca 13 años completos, se considera que las conclusiones a que se llega en la determinación de la Capacidad de Almacenamiento pueden tomarse para diseño definitivo de las obras. En lo que respecta al estudio relativo a la capacidad del vertedor de demasías, el período ya mencionado de 13 años no es suficiente para deducir conclusiones definitivas, razón por la cual se tomaron límites bastante amplios, teniendo en cuenta el tipo de cortina que se diseñe.

b). ACARREO DE AZOLVES

Las observaciones sobre acarreo de azolves por el río Atoyac hasta la estación de Tejaluca son dignos de confianza, pero son muy escasos pues se iniciaron en febrero de 1938; sin embargo, dan idea de que el acarreo de azolves es muy intenso, lo cual era fácil deducir si se tiene en cuenta la fuerte erosión en la cuenca alta del río Atoyac. (6)

c). CLIMATOLOGICOS

Los datos de evaporación y lluvia utilizados para hacer el cálculo del funcionamiento del vaso, corresponden a la estación de Tepeaca hasta 1937 y los de la estación de Tejaluca para 1938 y 1939.

d). TOPOGRAFICOS

Se cuenta con planos correspondientes a los levantamientos de la Boquilla de los terrenos regables y del vaso.

(3) Véase Informe del Ing. A. Gareta Quintero, de marzo de 1938.

(4) Véase memorándum N° 6-482 de marzo de 1939, del Ing. A. Benassini.

(5) Ver Exp. 1801-3 de la Sec. de Hidrología. En dicho expediente se consignan toda clase de datos utilizados en el presente Estudio, así como los cálculos y planos respectivos.

(6) Véase "Irrigación en México", de julio de 1934.

RESUMEN DE GASTOS Y VOLUMENES EN LA ESTACION DE TEVALUCA SOBRE EL RIO ATOYAC.

MESES	1926				1927				1928			
	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual Miles m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual Miles m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual Miles m ³ .
1	2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
Enero					6.81	15.29	1.72	18239.9	7.36	26.58	2.07	19700.9
Febrero					6.79	14.90	1.56	16416.9	4.01	8.13	1.82	10054.4
Marzo					4.83	10.86	1.40	12924.6	2.99	7.59	0.99	8013.6
Abril	4.64	13.27	0.65	6816.1	4.77	16.50	1.10	12365.6	3.80	27.65	0.99	9860.8
Mayo	7.05	14.35	1.00	18871.5	11.35	41.37	2.83	30474.1	9.22	48.06	2.07	24700.9
Junio	46.75	212.80	7.98	121180.7	42.63	181.85	5.69	110499.6	24.23	51.05	2.94	36873.8
Julio	70.60	216.20	12.90	189096.8	45.78	97.69	18.15	122608.5	22.73	48.06	9.28	60887.8
Agosto	63.69	331.8	15.8	183967.2	37.11	149.51	16.50	99391.9	22.46	67.49	8.13	60169.8
Sept.	96.66	530.7	16.6	250347.0	86.05	526.36	7.94	223000.1	42.44	189.81	11.49	109994.1
Octubre	34.59	308.0	10.30	92650.2	32.80	297.47	13.38	87808.3	19.08	51.05	8.41	51109.6
Noviembre	10.40	32.0	1.80	26963.7	13.38	22.42	2.83	34671.5	14.30	64.00	5.62	37053.5
Diciembre	6.82	22.8	1.60	18276.2	9.20	37.93	1.10	24752.7	9.11	28.75	2.07	24397.3
ANUALES	42.59	570.70	0.65	901493.3	25.15	526.36	1.10	793153.7	14.32	189.81	0.99	452802.5

MESES	1929				1930				1931			
	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual Miles m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual Miles m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual Miles m ³ .
Enero	4.40	10.45	1.80	6455.8	3.88	17.32	0.72	10384.4	3.35	8.69	1.17	8974.4
Febrero	3.80	10.45	1.51	3284.1	2.51	12.64	0.50	6069.6	2.99	7.59	1.48	7225.6
Marzo	3.36	10.45	0.95	9003.7	1.24	10.52	0.10	3326.4	2.10	6.08	1.37	5616.9
Abril	2.20	6.64	0.42	5697.2	1.64	5.65	0.05	4239.7	2.18	6.08	1.17	5659.7
Mayo	7.52	82.30	1.37	20133.8	17.86	123.41	0.50	47845.7	18.77	230.32	1.59	50271.0
Junio	26.77	103.24	3.23	69395.6	45.90	274.48	11.56	118972.8	40.02	216.70	13.96	103729.2
Julio	30.00	161.20	7.60	80357.2	62.62	293.93	15.69	167718.8	102.72	628.69	14.72	275125.2
Agosto	36.88	170.47	10.15	98786.3	26.02	60.27	14.15	69697.2	34.42	94.42	13.96	172537.3
Sept.	85.85	245.66	17.54	222528.4	24.56	112.84	9.19	63671.6	19.76	45.17	10.51	52915.7
Octubre	14.24	35.50	6.18	38152.6	22.67	70.03	7.64	60717.6	8.30	32.18	3.97	21505.8
Noviembre	11.41	75.96	4.30	29578.2	11.19	25.38	4.15	29001.0	8.38	20.63	3.43	22438.1
Diciembre	9.19	25.34	2.55	24617.1	5.85	17.32	2.25	15671.2	8.38	20.63	3.43	22438.1
ANUALES	22.63	245.66	0.42	598230.1	18.94	279.93	0.05	597314.3	27.22	628.69	1.17	858339.0

MESES	1932				1933				1934			
	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual Miles m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual Miles m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual Miles m ³ .
Enero	4.68	11.16	1.48	12538.5	2.21	7.64	0.40	5922.7	3.84	13.38	1.40	10296.3
Febrero	2.51	9.58	0.99	6277.8	1.39	5.65	0.40	3363.5	1.98	9.19	0.40	4800.4
Marzo	2.33	7.59	0.99	6242.4	0.94	6.47	0.23	2909.9	0.80	6.76	0.02	2141.9
Abril	1.51	5.18	0.82	3901.0	0.82	3.69	0.23	2115.1	4.06	11.91	0.40	10355.6
Mayo	9.10	26.58	1.59	24564.0	3.51	27.33	0.31	9393.4	10.20	39.06	4.63	27311.0
Junio	10.95	88.59	1.95	28372.0	10.08	65.00	1.72	26135.1	20.24	42.54	9.19	52869.9
Julio	25.63	189.81	9.88	68659.5	31.59	106.00	14.90	84617.6	19.72	74.39	9.19	52825.8
Agosto	24.72	203.31	9.28	66208.3	61.82	284.90	13.38	165974.4	28.47	77.35	12.64	76254.0
Sept.	25.86	78.60	13.23	67026.5	45.13	225.32	19.00	116966.6	56.52	323.24	19.00	146510.2
Octubre	18.29	115.95	9.28	48993.1	28.51	132.50	10.18	76366.4	22.69	83.41	9.19	60774.6
Noviembre	11.10	31.59	5.18	28771.2	11.22	35.70	6.20	29071.0	9.20	27.33	4.88	23842.9
Diciembre	5.73	13.96	2.07	15341.2	6.34	16.50	3.69	16969.0	5.86	14.15	2.83	15705.8
ANUALES	11.87	203.31	0.99	376695.5	16.96	284.90	0.23	539004.7	15.30	323.24	0.02	483468.4

MESES	1935				1936				1937			
	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual Miles m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual Miles m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual Miles m ³ .
Enero	3.19	10.52	0.50	8542.4	2.81	7.94	0.40	7530.6	4.23	11.72	1.78	11341.1
Febrero	1.29	5.13	0.40	3114.7	2.04	6.76	0.23	5108.0	2.78	6.44	1.13	6731.1
Marzo	2.76	16.50	0.31	7385.7	1.92	8.56	0.23	5142.5	5.08	25.78	1.13	13607.1
Abril	1.82	10.52	0.31	4704.5	4.86	24.42	0.02	12588.5	4.30	11.33	0.88	11137.1
Mayo	14.92	67.19	0.31	39969.5	12.54	35.70	0.50	33589.7	13.97	69.33	1.90	37480.1
Junio	69.57	297.47	17.32	180332.4	11.58	39.06	1.10	30009.8	42.11	267.50	7.63	109143.1
Julio	60.75	323.24	24.42	162725.8	54.26	526.36	11.56	145524.0	75.35	286.00	13.45	202501.1
Agosto	46.71	151.44	16.50	125098.6	34.23	184.50	13.10	91677.3	31.73	143.13	13.76	84074.1
Sept.	59.46	161.28	18.15	154117.7	39.06	136.20	16.80	101237.5	41.50	240.80	12.51	107557.1
Octubre	14.47	24.90	6.20	38751.3	22.32	86.93	12.23	59771.5	21.28	40.18	9.38	38238.1
Noviembre	7.65	17.32	3.69	19816.7	11.12	16.15	7.00	28812.7	9.73	24.79	4.93	25232.1
Diciembre	4.12	13.38	1.72	11042.8	6.89	16.15	4.12	18441.2	7.26	16.85	2.90	19449.1
ANUALES	23.89	323.24	0.31	755600.1	17.05	526.36	0.02	539233.3	21.17	286.00	0.88	667730.1

MESES	1938				1939							
	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual Miles m ³ .	Gasto medio en el mes m ³ /s.	Gasto máximo en el mes m ³ /s.	Gasto mínimo en el mes m ³ /s.	Volumen mensual Miles m ³ .				
Enero	4.62	8.54	1.77	12361	2.90	5.88	1.32	7760				
Febrero	3.85	9.49	1.07	9302	2.29	6.00	1.10	5530				
Marzo	2.92	6.74	0.75	7828	2.36	7.00	0.88	6309				
Abril	3.44	9.31	0.61	8928	4.55	26.30	0.21	11786				
Mayo	9.62	56.49	1.39	25765	9.24	48.47	2.95	24747				
Junio	21.17	11.04	1.81	54871	23.36	128.83	5.66	60559				
Julio	33.02	150.11	13.88	88433	19.26	97.46	5.98	51593				
Agosto	23.82	98.24	11.01	63811								
Sept.	21.73	73.03	5.10	56323								
Octubre	11.02	33.75	5.88	29503								
Noviembre	8.95	29.77	4.15	23192								
Diciembre	5.65	11.35	2.13	15145								
ANUALES	12.94	150.11	0.61	395460								

COMISION NACIONAL DE IRRIGACION
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS

División VALSEQUILLO.

Río.- ATOYAC. Estación TEJALUCA.

Estimación de las cargas de sedimentos en suspensión -
observados durante el período de 1938 - 1939.

PESO Y VOLUMEN

MESES	VOLUMENES ESCURRIDOS (Millares de m ³)	DETERMINACIONES POR PESO		PORCIENTOS POR VOLUMEN	
		PESOS (Millares de Tons)	VOLUMENES DEDUCIDOS (Millares de m ³)		
1	2	3	4	5	
1938	ENE.	12 361	5.0309	3.8026	0.0308
	FEB.	9 302	3.7859	2.8616	0.0308
	MAR.	7 828	3.1860	2.4082	0.0308
	ABR.	8 928	7.4883	5.6601	0.0634
	MAY.	25 763	85.7937	64.8478	0.2517
	JUN.	54 871	265.9205	200.9981	0.3663
	JUL.	88 433	684.7089	517.5426	0.5852
	AGO.	63 811	471.0477	356.0451	0.5580
	SEP.	56 323	364.5793	275.5701	0.4892
	OCT.	29 503	64.2900	48.5941	0.1647
	NOV.	23 192	28.6139	21.6280	0.0933
	DIC.	15 145	18.0433	13.6382	0.0901
TOTALES	395 460	2002.4882	1513.5965	0.3827	
1939	ENE.	7 760	0.8536	0.6452	0.0083
	FEB.	5 530	2.0606	1.5575	0.0281
	MAR.	6 309	3.1047	2.3467	0.0372
	ABR.	11 786	18.9606	14.3315	0.1216
	MAY.	24 747	67.5957	51.0927	0.2064
	JUN.	60 559	640.1724	483.8793	0.7990
	JUL.	51 388	572.0332	432.3758	0.8414
	AGO.				
	SEP.				
	OCT.				
	NOV.				
	DIC.				
TOTALES					

Calculó: J.P. Pérez Revisó: A. Garoía Quintero Fecha: _____
Ing. J.P. Pérez Ing. A. Garoía Quintero

Notas.- Los muestreos de azolve se iniciaron el día 7 de febrero de 1938, por lo que los porcentajes de azolve aplicados al período comprendido entre enero lo. y febrero 7 son supuestos. El peso volumétrico utilizado es 1323 Kg/m³. Los acarrees de azolve están basados en las determinaciones de porcentajes por peso.

1801-C-125

Contando con el levantamiento del vaso, se pudieron construir las curvas de áreas y capacidades, así como la tabla correspondiente.

CAPACIDAD DEL VASO PARA RIEGO

a). ENTRADAS AL VASO

Como entradas al vaso "Balcón del Diablo", se consideraron los volúmenes aforados en la Estación Hidrométrica de Tejaluca, Pue., durante el período comprendido de enero de 1926 hasta Junio de 1939.

b). COEFICIENTE DE RIEGO Y DISTRIBUCION MENSUAL DE LA DEMANDA

El problema de determinar con precisión el coeficiente de riego es complejo, y careciendo de experiencias prácticas en El Valsequillo, se adoptó el coeficiente que, para los principales cultivos posibles en El Valsequillo ha sido recomendado en lugares de clima parecido al que domina en la región. Las condiciones climáticas dominantes en el Valle del Mezquital, S. N. R. Núm. 3, se asemejan a las condiciones de El Valsequillo, por lo que en

el Informe Agroeconómico Preliminar se recomienda tomar el mismo coeficiente de riego adoptado en el ya mencionado Sistema, el cual es de 1.00 m., de lámina anual. Sin embargo, en el presente estudio se aumentó dicho coeficiente en un 10% tomándose una lámina anual de 1.10 m., procediéndose de este modo conservadoramente.

También la ley de distribución mensual de la demanda de riego se tomó igual a la del S. N. R. Núm. 3.

Enero.	6%	Julio.	7%
Febrero.	9%	Agosto.	11%
Marzo.	13%	Septiembre.	7%
Abril.	14%	Octubre.	3%
Mayo.	11%	Noviembre.	3%
Junio.	7%	Diciembre.	9%

c). DIAGRAMA DE MASAS POR DIFERENCIAS Y ANALISIS GRAFICO

Utilizando los datos de escurrimientos mensuales para el período de 1926-1937, se procedió a calcular y dibujar el diagrama de masas por diferencias, construyéndose la curva "Capacidades-Extracciones" sin admitir deficiencias suponiendo extraccio-

ESTUDIO HIDROLOGICO DEL RIO ATOYAC, PUE.
PROYECTO DE "EL VALSEQUILLO"
 Presa "Balcón del Diablo"
 Resultados obtenidos del Análisis Gráfico del funcionamiento del Vaso
 Período 1926 - 1937.

Alternativa.	Capacidad del Vaso.	Extracción Anual	Superficie Regable (lámina = 1.1m.)	Derrames con relación al escurrimiento.	Aprovechamiento del Río %	Deficiencia máxima anual.	Veces que se vacía el Vaso
	Millones m ³	Millones m ³ .	Ha.	%	%	%	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	300	500	45 500	23.0	77.0	19.2	1
2	400	550	50 000	15.3	84.7	14.5	2

■ - Considerando únicamente las pérdidas por derrames.

Analizó: Manuel Arenas V.
 Manuel Arenas V.

1801-C-122

nes medias anuales; esta curva dió la primera indicación de que la capacidad conveniente de almacenamiento para riego era aproximadamente de 350 millones de metros cúbicos.

Disponiendo ya de los datos anteriores, se procedió a efectuar el análisis gráfico del funcionamiento del vaso con capacidades para riego de 300 y 400 millones de m³, suponiendo extracciones anuales de 500 y 550 millones de m³, respectivamente, siguiendo la ley de demandas mensuales ya mencionada y adoptando el criterio de admitir deficiencias máximas anuales menores de 20%. No se consideraron pérdidas por evaporación.

Los resultados obtenidos en ambos casos, fueron satisfactorios aun cuando había que tomarlos con reserva debido a que no se consideró ni pérdida por evaporación ni capacidad para azolves.

d). ANALISIS NUMERICO

El análisis numérico del funcionamiento del vaso "Balcón del Diablo" fué el que sirvió para determinar con suficiente precisión la capacidad necesaria para riego, así como los límites en que varía la capacidad total del vaso, pues se tomaron en consideración diversas alternativas para varias capacidades de azolve.

Para los diferentes análisis se utilizaron los escurrimientos del período comprendido de junio de 1926 a mayo de 1939, lo cual hace un período completo de 13 años.

El criterio seguido en todos los análisis fué el de admitir una deficiencia máxima anual de 25% respecto a la extracción.

Se analizaron tres casos diferentes siendo uno de ellos de mero tanteo que dió los siguientes resultados:

	Metros cúbicos.
Capacidad total.....	300 millones.
Capacidad para riego.....	300 millones.
Capacidad para azolves...	0 millones.
Extracción anual	500 millones.

Este análisis fué favorable, pero no es admisible puesto que no se consideró capacidad para azolves.

Caso 1.—Consistió en analizar el mismo caso anterior considerando una capacidad de 100 millones para azolves.

Metros cúbicos.

Capacidad total.....	400 millones.
Capacidad para riego.....	300 millones.
Capacidad para azolves....	100 millones.
Extracción anual.....	500 millones.

Los resultados obtenidos fueron casi los mismos, debido principalmente a que la pérdida por evaporación es muy pequeña, pues no llega a 2.5% de la aportación total en el período. Este análisis dió resultados favorables.

Caso 2.—Se hizo con el fin de ver qué resultados se obtenían dando al vaso una capacidad para azolves de 50 millones con la misma capacidad total anterior, aumentando por consiguiente la extracción.

Metros cúbicos.

Capacidad total.....	400 millones.
Capacidad de riego.....	350 millones.
Capacidad para azolves...	50 millones.
Extracción anual.....	530 millones.

Los resultados obtenidos fueron también favorables.

Evidentemente que entre las alternativas 1 y 2 se hará la elección de las características definitivas del vaso "Balcón del Diablo" dependiendo únicamente de la capacidad que se adopte para azolve.

Los resultados de las alternativas 1 y 2 se resumieron en el plano 1801-C-120.

CAPACIDAD DEL VASO PARA AZOLVES

Basados en los datos proporcionados por la Estación de Sedimento instalada en Tejaluca, Pue., se observa que el porcentaje de azolve en volumen, respecto al escurrimiento anual para el año de 1938, alcanza un valor de 0.3827%. Aplicando este porcentaje al escurrimiento medio anual del río Atoyac en el período 1926-1938 que es de 616.64 millones de m³, se deduce que el azolve probable en un período de 50 años sería:

$$V = 0.003827 \times 616.64 \times 50 \\ = 180 \text{ millones de m}^3.$$

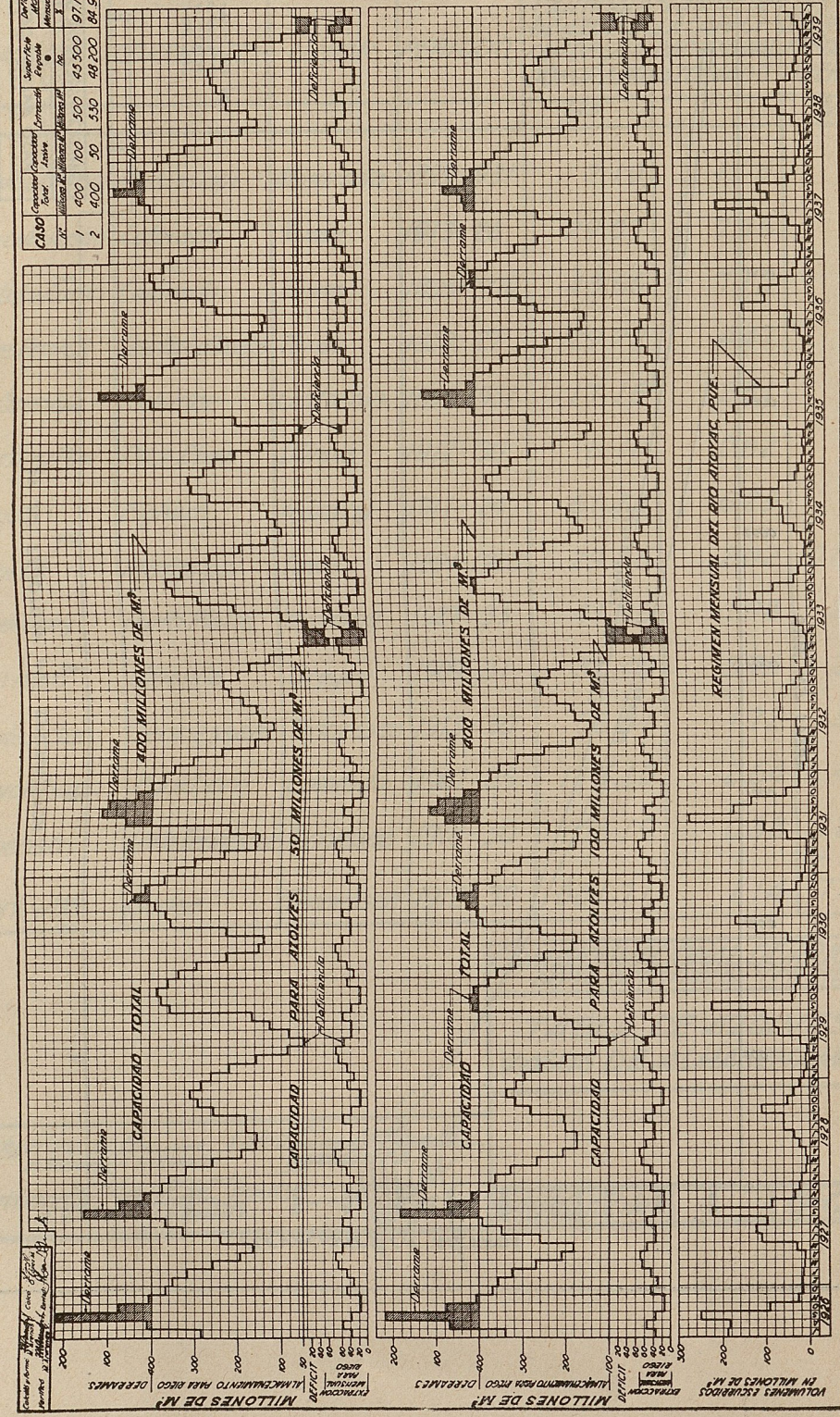
Para esta deducción se cuenta sólo con un año completo de observaciones sobre acarreo de sedimentos y los resultados obtenidos tomando como base dicho año de

CASO	Capacidad Excesiva		Excesos		Superficie Excedida		Deficit		Deficit		Deficit	
	Millones de m ³	Area	Millones de m ³	Area	Ha	Millones de m ³	Area	Millones de m ³	Area	Millones de m ³	Area	Millones de m ³
1	400	100	500	500	45,500	45,500	971,400	3	48,96	2,41	78,63	
2	400	50	550	550	48,200	48,200	84,923,94	4	44,23	2,33	83,44	

Se consideró una lámina de agua
con un espesor de 1,00 m.

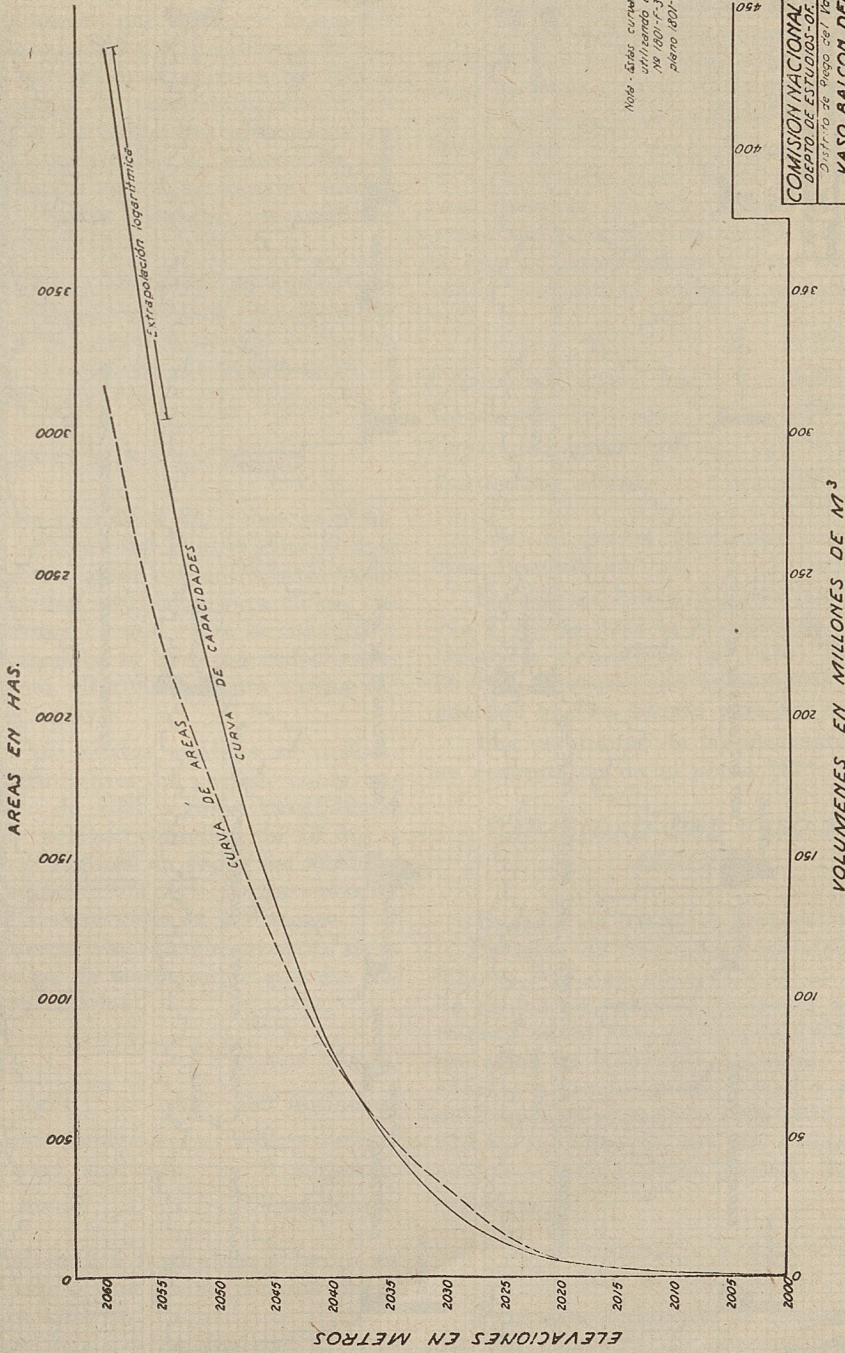
CASO 2

CASO 1



PERIODO 1926-1939
COMISION NACIONAL DE IRIGACION
PARA EL VALLE DEL RIO ATOLAC, PUE.
FUNCIONAMIENTO DE VASO
PARA DOS ALTERNATIVAS

Comisión Nacional de Irigación	1904/12/20
Comisión de Estudios	
Comisión de Ejecución	
Comisión de Vigilancia	



Nota: Estas curvas se construyeron utilizando los datos del plano No. 801-1-36 y arduan las del plano 801-1-36.

COMISION NACIONAL DE IRRIGACION
 DEPTO. DE ESTUDIOS DE HIDROLOGIA
 Distrito de riego del Interoquillo, Pinar
VASO BALCON DEL DIABLO
 CURVAS DE AREAS Y CAPACIDADES
 Conforme al *Plan* del *Distrito* de riego
 de riego constructivo
 Aprobado por el *Comité* de Riego
 No. 571 de 1919
 1800-C-133

Elaborado por *[Signature]* E. H. H. H.
 Revisado por *[Signature]* R. H. H. H.

**AZOLVES EN VASOS DE ALMACENAMIENTO
 CUYA RELACION $\frac{CAPACIDAD}{ESCURRIMIENTO}$ ES BAJA.**

Tomado de "Siltng of Reservoirs" de Henry M. Eakin.

TABLA N°7

VASOS	CORRIENTE	LUGAR	PERIODO	CANTIDAD DE AZOLVE KM ³ DRENADO POR AÑO	% ANUAL DE LA CAPACIDAD ORIGINAL AZOLVADO.	CAPACIDAD ORIGINAL POR KM ² DE AREA DRENADA.
				M ³		M ³
Coon Rapids Pond	Mississippi	Minnesota	1899-1931	2.10	1.08	2 00
New Lake Austin	Colorado	Texas	1913-26	29.07	7.35	3 96
Old Lake Austin	Colorado	Texas	1893-1900	43.66	7.10	6 15
Lake Pemick	Clear Fork of Brazos	Texas	1920-27	29.22	4.47	6 53
La Grange	Tuolumne	California	1895-1931	17.16	2.31	7 39
Sterling Pool	Rock River	Illinois	1912-30	6.10	0.82	7 43
Boysen	Bighorn	Wyoming	1911-24	61.58	6.25	9 87
Keokuk	Mississippi	Iowa	1891-1928	29.88	2.02	10 14 82
Guernsey	North Platte	Wyoming	1927-33	41.85	1.98	21 16
Furnish	Umatilla	Oregon	1909-31	81.40	3.73	21 83
Hales Bar	Tennessee	Tennessee	1913-30	58.81	1.72	34 12
Buckhorn	Buckhorn	Colorado	1907-25	115.10	2.64	43 61
Checah	Little Tennessee	Tennessee	1918-30	108.19	0.88	122 39
Parkville	Ocoee	Tennessee	1912-30	881.71	1.14	770 52

**COMISION NACIONAL DE IRRIGACION
 DEPTO. DE ESTUDIOS Y PROYECTOS.**

**TABLA DE AZOLVES EN
 VASOS DE ALMACENAMIENTO.**

Tradujeron: *M. Solano* Calco *Daniel Lopez B.*
 M. SOLANO Y A. RIEMANN DANIEL LOPEZ B.

Verificaron: *M. Solano* Revisó *[Signature]*
 M. SOLANO Y A. RIEMANN

MEXICO, D.F. 11.2 de 1
 OCT. DE 1936

G-C-712

observación, no merecen la suficiente confianza.

En vista de lo anterior, y a modo de guía para llegar a una conclusión, se hizo otra determinación tomando como base la relación Capacidad-Escurrimiento para el vaso "Balcón del Diablo", la cual es baja, puesto que alcanza un valor de 0.65. Aplicando el doble del promedio de azolve por km² por año obtenido para 14 vasos americanos (Plano G-C-712), el cual es de 216 m³ por km² de cuenca drenada, se obtiene que el azolve probable en 50 años sería:

$$V = \frac{216 \times 4037 \times 50}{106} = 41 \text{ millones de m}^3$$

La cual es bastante baja a pesar de haber considerado el doble del promedio.

Para estar de acuerdo con los datos de la primera determinación se considera conveniente proponer como capacidad para azolve en el vaso "Balcón del Diablo" 100 millones de m³.

CAPACIDAD TOTAL PARA EL VASO "BALCON DEL DIABLO"

Por lo expuesto en los dos capítulos anteriores, se llega a la conclusión de que la capacidad total que es conveniente dar al vaso "Balcón del Diablo" es de 400 millones de m³, de los cuales 300 son para riego de 45 500 Hs. y el resto de 100 millones, para azolves.

Existe la circunstancia de que no sería posible aumentar la capacidad del vaso "Balcón del Diablo" a más de 400 millones de m³ por razones topográficas ya que con una mayor capacidad se inundaría el canal de fuera que sale de la Presa de Echeverría construida aguas arriba. (7)

CAPACIDAD DE LA OBRA DE TOMA

El criterio que generalmente se sigue para determinar el gasto necesario para el diseño de la obra de Toma en una Presa, es el de tomar entre 1.20 y 1.50 del valor del gasto medio en el mes de máxima demanda.

En el presente caso dicho mes es el de abril con una demanda de 70 millones de m³ y tomando 1.70 del gasto medio (valor un poco alto) la capacidad de la Obra de Toma que se propone es:

$$Q = \frac{70\,000\,000 \times 1.70}{30 \times 86\,400} = 46 \text{ m}^3/\text{s}$$

CAPACIDAD DEL VERTEDEDOR

Para determinar el gasto máximo probable del río Atoyac a la altura de la estación hidrométrica de Tejaluca, se aplicó el método de probabilidades de Foster y Hazen, para diferentes frecuencias.

Los resultados obtenidos de las tres gráficas para las mismas frecuencias no difieren mucho entre sí, pues para una frecuencia de 1,000 años en los tres casos, el gasto es inferior a 1,100 m³.

Existe la circunstancia de que en los años de 1888 y 1919 se presentaron crecientes extraordinarias (8) de las cuales, la última se estima que alcanzó cerca de 989 m³.

En vista de que existe un gasto observado con un valor cercano al probable para 500 años de frecuencia, se recomienda que:

En caso de aceptarse para la construcción de la presa de "Balcón del Diablo" un tipo rígido de cortina, tomar como gasto máximo para el proyecto del vertedor: 1 100 m³, para una frecuencia de 1,000 años.

En caso de aprobarse la construcción de una cortina de tierra o enrocamiento, tomar como gasto máximo para el proyecto del vertedor 2,200 m³, doble del valor anterior para tener una mayor seguridad.

Se considera que al adoptar los límites anteriores se procede conservadoramente puesto que se deja como margen de seguridad además del efecto regulador del vaso y el bordo libre, la fuerte capacidad regularizadora del Valle de Puebla.

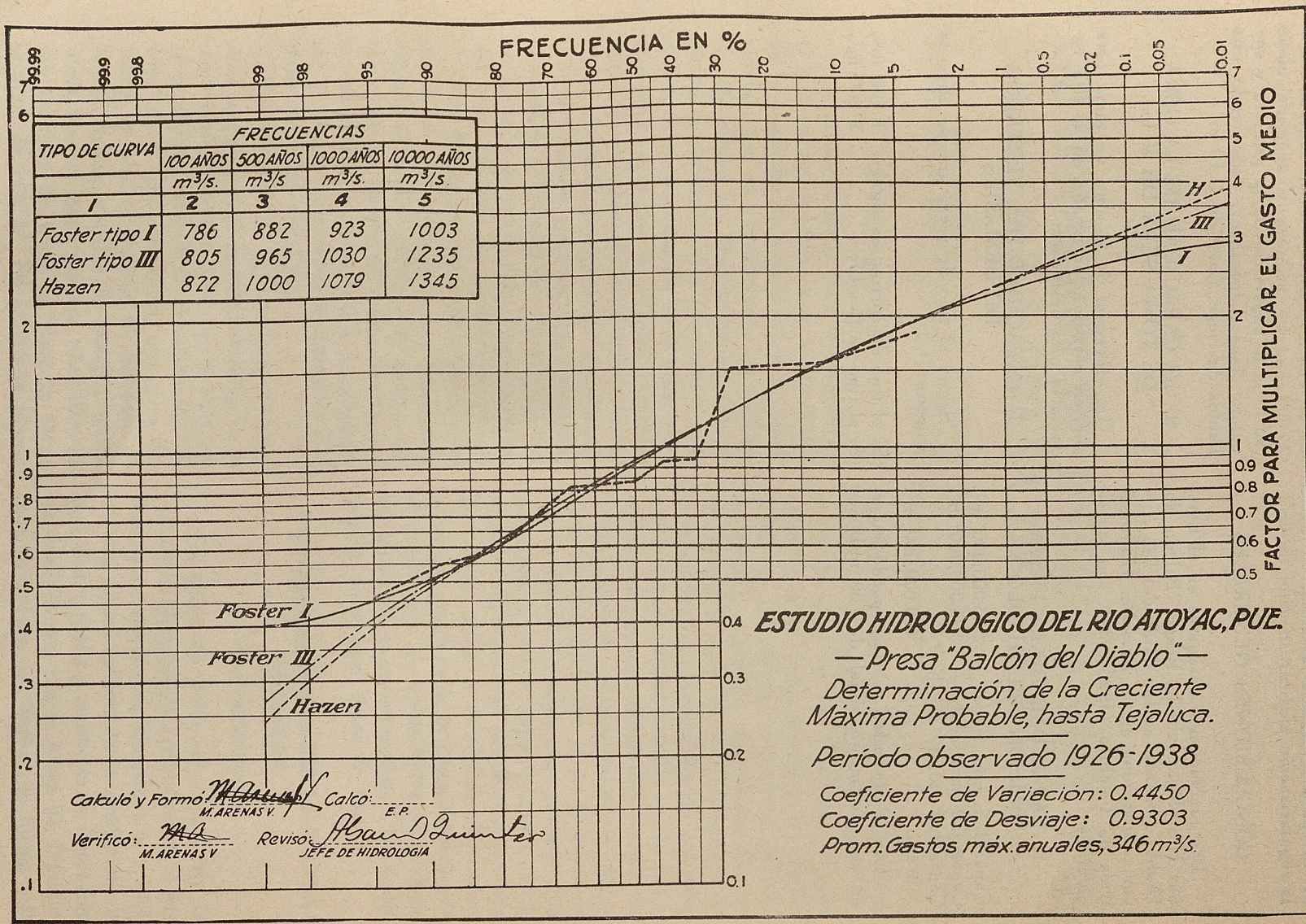
Lo último queda comprobado con la avenida presentada en el río San Francisco, afluente del Atoyac, el 17 de julio de 1939 y que produjo fuerte inundación en el barrio de San Francisco de la ciudad de Puebla; se estima que el gasto máximo de dicha avenida en el río San Francisco alcanzó 287 m³ (9) y el gasto registrado en la estación de Tejaluca apenas alcanzó

(7) Véase oficio número 22 del Ing. J. L. Alarcón, de fecha 9 de febrero de 1938.

(8) Véase memorándum del 6 de agosto de 1936 del Ing. Alarcón.

Nota: Al revisar los cálculos consignados en el memorándum anterior se encontró un error aritmético, resultando que el gasto máximo del 1 034 m³ que indica el Ing. L. Alarcón se reduce a 989 m³.

(9) Véase Expediente de cálculos del río San Francisco, Pue.



97 m³ para la misma avenida, es decir, la regularización alcanzó un valor de 66%.

CONCLUSIONES GENERALES

Las conclusiones obtenidas en el Estudio Hidrológico de la Presa "Balcón del Diablo", basado en los datos del Río Atoyac, registrados en la Estación Hidrométrica de Tejaluca (1926-1939), son los siguientes:

1ª CAPACIDAD DE LA PRESA "BALCON DEL DIABLO"

Capacidad para riego...	300.000,000 m ³ .
Capacidad para azolves.	100.000,000 m ³ .
Capacidad total de la presa.	400.000,000 m ³ .

Con la capacidad de riego puede hacerse una extracción anual de 500 millones

de m³ con los cuales pueden regarse hasta 45 500 ha., de primera y segunda clase (90% de la superficie de la primera y segunda clase disponible), suponiendo una lámina de riego anual de 1.10 m.

2ª LA CAPACIDAD DE LA OBRA DE TOMA SERA DE 46 m³.

La elevación de la obra de toma está aún en estudio, por lo que no se fija todavía la cota definitiva.

3ª CAPACIDAD DEL VERTEDOR DE DEMASIAS

Según el tipo de presa que se elija se propone:

Si el tipo de cortina es rígido:	1 100 m ³ .
Si el tipo es flexible:	2 200 m ³ .