

NACIONES UNIDAS

CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL



LIMITADO

ST/ECLA/CONF.7/L.2.3
31 de julio de 1961

ORIGINAL: ESPAÑOL
CATALOGADO

SEMINARIO LATINOAMERICANO DE ENERGIA ELECTRICA

Auspiciado por la Comisión Económica para América Latina, la Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica y la Subdirección de Recursos y Economía de los Transportes de las Naciones Unidas, conjuntamente con el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos

México D.F., 31 de julio a 12 de agosto de 1961

PLANEACION DE UN SISTEMA. ESTUDIO BASADO EN EL
DESARROLLO DEL SISTEMA SONORA-SINALOA

por

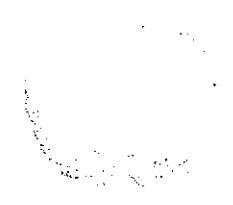
Glicerio González, Departamento de
Planeación y Estudios de la Comisión
Federal de Electricidad
México

NOTA: Este texto será revisado editorialmente.

1954

1954

1954



1954

1954

1954

1954

1954

1954

La región Noroeste de México, comprende los Estados de Nayarit, Sinaloa, Sonora, la parte de la península de la Baja California limitada entre la frontera con los Estados Unidos y el paralelo 29° aproximadamente, y las regiones occidentales de los Estados de Chihuahua y Durango, que se hallan dentro de la cuenca de los ríos que drenan esta zona.

ESTADOS DE SONORA Y SINALOA

La extensión conjunta de Sonora y Sinaloa suma 241 000 Km², lo que representa el 12.35% de la superficie total de la República Mexicana. Políticamente los Estados de Sonora y Sinaloa se hallan divididos en 72 y 16 municipios, respectivamente, cuya población se dedica fundamentalmente a la agricultura.

El crecimiento demográfico en los años 1910-1960 en los Estados de Sonora y Sinaloa ha sido el siguiente:

TABLA I

Años	Sonora	Sinaloa	Total
1900	221 682	296 701	518 383
1910	265 383	323 642	689 025
1920	275 127	341 265	616 392
1930	316 271	395 618	711 889
1940	364 176	492 821	856 997
1950	510 607	635 681	1 146 288
1960	771 663	841 679	1 613 342

Obsérvase un enorme incremento de la población en el período 1940-1960, en comparación con el de 1920-1940; en el período 1940-1960 la población se ha duplicado casi, ya que el incremento fue de 88.2%, en tanto que en el período 1920-1940, fue de 39.2%. A dicho aumento ha contribuido indudablemente, el desarrollo agrícola de la región.

OROGRAFIA

Desde el punto de vista orográfico, la región Noroeste del país, se puede dividir en tres zonas comprendidas: la 1a. entre la curva de nivel 500 m.s.n.m. y el parteaguas de la Sierra Madre Occidental, con elevaciones superiores a los 3000 m.s.n.m.; la 2a. entre las curvas de nivel 100 y 500 m.s.n.m. aproximadamente; y la 3a. que abarca desde el nivel del mar hasta la elevación 100 m.s.n.m. aproximadamente.

La primera zona se caracteriza por su configuración montañosa, con grandes cañones y fuertes pendientes, en las que no existen valles que faciliten la construcción de presas de almacenamiento en sus ríos, los cuales se presentan muy ramificados y disponen de poca agua. Las obras que pudieran construirse son por lo tanto poco atractivas vistas a corto plazo, habiéndose dado preferencia a los aprovechamientos de la zona media.

La segunda, o zona media, por sus condiciones se presta para la construcción de presas con vasos capaces de regularizar los escurrimientos de las partes altas; esta situación se puede apreciar por la localización de los proyectos de riego e hidroeléctricos existentes y en estudio.

La tercera, o zona baja, corresponde a la planicie costera y es donde se localizan grandes extensiones de tierra aptas para la agricultura y los grandes núcleos de población.

HIDROGRAFIA

Los ríos de la región Noroeste se distinguen por su régimen torrencial que comprende dos períodos típicos de lluvias: uno en invierno y otro en verano. El período de verano, que es el más importante desde el punto de vista del volumen escurrido, abarca los meses de julio a octubre; y el de invierno, en el que se observan generalmente los gastos máximos, comprende los meses de diciembre, enero y febrero.

/Son bien

Son bien conocidas las inundaciones que estas avenidas extraordinarias han provocado en las zonas agrícolas y poblaciones ribereñas; el ejemplo más reciente lo tenemos en el río Fuerte en donde se presentó una avenida de 13 000 m³/seg a principios de enero de 1960, descargando por el vertedor de la presa Miguel Hidalgo 8 300 m³/seg, causando graves daños aguas abajo.

La existencia de grandes avenidas en los ríos del Noroeste, y la experiencia que se ha tenido acerca de su control por las obras hidráulicas construídas requiere de un análisis sobre los criterios que se han considerado al proyectarlas y construirlas. Sobre este punto se insistirá más adelante en lo referente a obras de excedencias y control de avenidas.

En el siguiente cuadro se dan las características de las principales corrientes de los Estados de Sonora y Sinaloa.

TABLA II

Corriente	Lugar de observación	Area de la cuenca en Km ²	Escurr. ½ anual mill.m ³	Gasto máx.en m ³ /seg.
R. Sonoita	Sonoita, Son.	8160	80	
R. Altar	Presa Cuauhtémoc, Son.	2310	23	1280
R. Magdalena	Avituaba, Son.	6930	68	-
R. Cocospera	Comaguito, Son.	1465	15	-
R. Sonora	Hermosillo, Son.	21900	162	1130
A.de Guaymas	Guaymas, Son.	5770	32	-
R. Yaqui	Presa A.Obregón, Son.	73500	2726	9180
R. Mayo	Presa Mocúzari, Son.	9500	886	6390
R. Fuerte	El Mahone, Sin.	29930	5668	14380
R. Sinaloa	Jainas, Sin.	8860	1317	9300
A.de Ocorani	El Naranjo, Sin.	1290	117	1740
A.de Cabrera	El Zopilote, Sin.	710	78	820
R. Mocorito	Guamuchil, Sin.	1860	91	1550
A.de Pericos	Pericos, Sin.	285	32	-
R. Culiacán	Culiacán, Sin.	16340	3512	11000
R.S.Lorenzo	La Cruz, Sin.	9275	1500	2250
R. Elota	Elota, Sin.	2040	395	3340
R. Piaxtla	Pte.F.C.Pacífico, Sin.	6365	909	5550
A.de Quelite	Quelite, Sin.	700	113	970
R. Presidio	Villa Unión, Sin.	5890	747	5000
R. Baluarte	Rosario, Sin.	4500	1377	9000
A. de Canas	Pte.F.C.Pacífico, Sin.	480	78	-
TOTAL:		218060	19926	

Tomado de Ingeniería Hidráulica en México. Abril, Mayo y Junio 1954. Ing. Oscar Benassini.

Si se ordenan las corrientes por orden decreciente, con respecto al escurrimiento medio anual, puede observarse que los ríos Fuerte, Culiacán y Yaqui representan más del 50% del escurrimiento medio anual disponible en todos los demás ríos.

TABLA III

	Esc. medio anual Cn millones M ³	Medio anual acumulado	%
1.- R. Fuerte	5668		28.5
2.- R. Culiacán	3512	9180	17.7
3.- R. Yaqui	2726	11906	13.6
4.- R. San Lorenzo	1500	13406	7.5
5.- R. Baluarte	1377	14783	6.9
6.- R. Sinaloa	1317	16100	6.5
7.- R. Piaxtla	909	17009	4.6
8.- R. Mayo	886	17895	4.6
9.- R. Presidio	747	18642	3.8
10.- R. Elota	395	19037	2.0
11.- Otros	889	19926	4.8
	<hr/> 19926		<hr/> 98.4

Puede observarse también en la tabla II que en los mismos ríos se presentan avenidas máximas de gran magnitud (10000 m³/seg. ó más) que provocan frecuentes inundaciones en la planicie costera.

En otros ríos como el Piaxtla, Presidio y Baluarte también se presentan avenidas de gran magnitud, así como escurrimientos medios anuales elevados, los cuales se estudia aprovechar posteriormente.

LOCALIZACION DE AREAS REGABLES

En términos generales, las superficies regables crecen conforme se amplía la planicie costera, es decir de sur a norte; desafortunadamente, la precipitación disminuye también de sur a norte.

La región mejor dotada en cuanto a tierra regable y agua disponible se localiza en las zonas media y norte del Estado de Sinaloa, donde se conjugan los factores siguientes:

a) Una gran cuenca de captación con precipitación superior a

/la media

la media. (El río Fuerte con 29 930 Km² y el río Culiacán 16 340 Km²).

- b) Amplias zonas regables en la planicie costera.
- c) Vasos de almacenamiento con capacidad suficiente para regularizar los escurrimientos.

En el río Fuerte vaso de Mahone, presa Miguel Hidalgo con 2300 x 10⁶ m³ de capacidad.

En el río Culiacán, sobre sus dos afluentes: el Tamazula y el Humaya, las presas de Sanalona 845 x 10⁶ m³ y El Varejonal con 3150 x 10⁶ m³.

- d) Factores favorables en cuanto a calidad de tierras, clima y ausencia de heladas.

Los factores anteriores también se presentan en el río Yaqui, aunque menos favorables, ya que, aun cuando la cuenca del Yaqui es dos y media veces mayor que la del Fuerte, el escurrimiento medio anual es inferior.

Las condiciones anteriores debieron llamar la atención de la Secretaría de Recursos Hidráulicos para enfocar la solución de los problemas de riego y control de avenidas e hicieron que se orientaran las inversiones, principalmente, en la construcción de obras para el aprovechamiento de los escurrimientos en esos ríos.

Estando localizadas la mayor cantidad de tierras laborables en las zonas sur del Estado de Sonora y central y norte del Estado de Sinaloa, se hizo necesario aprovechar los escurrimientos de esos ríos, habiéndose definido estudiar y construir obras para riego, control de avenidas y generación de energía eléctrica en los siguientes:

Río Yaqui	Riego, generación y control de avenidas
Río Mayo	" " "
Río Fuerte	" " "
Río Sinaloa	" " "
Río Culiacán	" " "
Río San Lorenzo	" y control de avenidas.

En lo que sigue se tratará como ejemplo de desarrollo

/agrícola-eléctrico

agrícola-eléctrico los aprovechamientos que se han construido sobre el río Yaqui, y en lo referente a obras de excedencias y control de avenidas las obras construídas sobre el río Fuerte (presa Miguel Hidalgo) y las que se encuentran en construcción sobre el río Humaya (Presas de El Varejonal).

RIO YAQUI

ANTECEDENTES

En 1890, el Gobierno Federal otorgó una concesión a la Sonora Sinaloa Irrigation Company (SSIC) para abrir terrenos al cultivo y construir obras de riego utilizando aguas del río Yaqui. La S.S.I.C. se denominó posteriormente Constructora Richardson, S.A. (C.R.S.A.) que operaba con capital norteamericano hasta 1928; la superficie regada alcanzó en ese año 40 000 Has.

De 1928 a 1934 C.R.S.A. se modificó pasando a depender del Banco Nacional de Crédito Agrícola, S.A.

Por decreto presidencial, se creó en 1925 la Comisión Nacional de Irrigación (C.N.I.) transformada ahora en la Secretaría de Recursos Hidráulicos, que inició los estudios en todo el país para promover desarrollos agrícolas.

En 1932, la C.N.I. inició los estudios para regularizar el río Yaqui y aprovecharlo en riego; construyó la presa de La Angostura en el río Bavispe, afluente del Yaqui en los años 1935 a 1941.

En 1942 la C.N.I. inició los estudios en la zona del bajo río Yaqui en los sitios conocidos como El Aguila (cercano a la confluencia Moctezuma-Yaqui), Buenavista y Oviachic. Se decidió la construcción de Oviachic que quedó terminada en 1952.

La terminación de obras auxiliares, canales de riego, drenajes, etc. se llevó a cabo en los años siguientes abriéndose finalmente al cultivo 220 000 Has. que son las que actualmente comprenden el Distrito de Riego del Río Yaqui.

La tabla siguiente muestra el desarrollo de las obras y las superficies regadas desde 1890 a la fecha, en la zona servida por el río Yaqui.

	Has. cultivadas con riego	Obras construídas
1890	-	
1928	40 150	Derivaciones y canales de riego.
1951	131 500	En 1941. Almacenamiento en Angostura río Bavispe $865 \times 10^6 \text{ m}^3$.
1960	220 000	En 1952 presa Oviachic sobre el río Yaqui $3000 \times 10^6 \text{ m}^3$.

El desarrollo agrícola de la zona del río Yaqui promovió un auge económico acelerado, que hacía indispensable el suministro de energía eléctrica. En el capítulo Desarrollo Eléctrico del Noroeste, se hace una síntesis de la labor llevada a cabo en el período 1951 a 1960 por el Gobierno Federal a través de la C.F.E.

Estando casi terminada la presa del Oviachic, se iniciaron pláticas entre C.F.E. y S.R.H. para el aprovechamiento en generación de energía eléctrica de las aguas extraídas de la presa.

Para la instalación de la planta fue necesario hacer algunas modificaciones en la toma y conducción así como adaptaciones en la entrada de las tuberías a la casa de máquinas.

La presa de Oviachic tiene dos tomas, una alta que conecta con el canal de riego localizado en la margen izquierda, con capacidad de $115 \text{ m}^3/\text{seg.}$ y una baja, que descarga al río para ser derivada aguas abajo. El agua que se utiliza en generación es sólo la que se extrae por la toma baja.

La capacidad que se determinó instalar en la planta fue de 19 200 Kw. en dos unidades.

/Como puede

Como puede verse por todo lo antes citado, en la construcción de las obras de riego desde 1890 hasta 1950-1951 no hubo una planeación y coordinación adecuadas; no obstante lo anterior, los resultados han sido satisfactorios y el desarrollo logrado puede ponerse de ejemplo de progreso, independientemente del costo de las obras.

A partir de 1951 y para satisfacer las necesidades de energía eléctrica del Sistema Sonora-Sinaloa en formación (Véase Desarrollo Eléctrico del Noroeste) la C.F.E. inició los estudios del alto río Yaqui, desde sus primeros afluentes, Papigochic y Tomochic, hasta la presa de Oviachic.

Se instalaron estaciones hidrométricas en varios sitios, se elaboraron anteproyectos de posibles plantas, tratando, con los datos disponibles, de definir el aprovechamiento más económico; se decidió la construcción de la presa y planta hidroeléctrica El Novillo localizada a unos 110 Km. aguas arriba de Oviachic; se determinó instalar una capacidad de 90 000 Kw. en dos unidades que deberán entrar en operación en 1963-64 programadas de acuerdo con las necesidades del sistema eléctrico Sonora-Sinaloa, y se trató además de aprovechar en generación de energía eléctrica las obras construídas con fines de riego y que resultara conveniente aprovechar, construyéndose plantas hidroeléctricas al pie de las presas de Mocúzari, El Fuerte y Sanalona.

DESARROLLO ELECTRICO DEL NOROESTE

Hasta el año de 1951, el servicio de energía eléctrica en la región del Noroeste, era proporcionado por una serie de pequeñas empresas que operaban aisladamente, de preferencia en las ciudades importantes, tales como Hermosillo, Cd. Obregón, Guaymas, Navojoa, Nogales, Los Mochis, Culiacán, Mazatlán y otras.

Existían además plantas de servicio mixto y servicio privado, que abastecían de energía a las industrias para las que fueron instaladas y en mínima parte daban energía en los poblados vecinos, generalmente a los obreros de esas industrias.

La capacidad instalada y generación en el año de 1951 se muestra en la tabla siguiente:

ESTADO DE SONORA			
Tipo:	Cap. Inst. Kw	Generación KWH	No. de plantas
Serv. público (1)	16796	38.45	16
Servicio mixto y privado (2)	35420	136.93	24
			40
ESTADO DE SINALOA			
Serv. público	8204	19.75	21
Servicio mixto y privado (2)	30559	23.67	165
			186

(De las 226 plantas instaladas en los Estados de Sonora y Sinaloa, 174 eran menores de 50 Kw).

Lo anterior hace pensar que dada la ausencia de un servicio público capaz de satisfacer el mercado, cualquier persona con medios económicos instalaba su propia planta.

/Era entonces

Era entonces urgente integrar un sistema eléctrico que satisficiera las necesidades de esa época y previera el futuro desarrollo de la zona, el cual empezaba a sentirse conforme se mejoraban las condiciones agrícolas con la construcción de las obras de riego.

La integración en un solo sistema y su desarrollo en el período 1950-1960 aparece en el Cuadro I.

CUADRO I

DESARROLLO DEL SISTEMA ELÉCTRICO SONORA-SINALOA 1950-1960
ADQUISICIONES DE EMPRESAS - OBRAS CONSTRUIDAS - SERVICIOS
PROPORCIONADOS

AÑO	MES	CONCEPTO	CAPACIDAD INST. KW	AÑO, CONSUMO Y DEMANDA MAXIMA		
				AÑO	GWH	MW
1951	Ago.	Adquisición de instalaciones en Hermosillo, Guaymas, Cd. Obregón, Empalme, Huatabampo y Navojoa, Sonora, 11580 Kw instalados.	11 580	1951	37.6	8.4(1)
1951	Feb.	Entra en operación la planta térmica en Cd. Obregón, Son. C.F.E.	15 000			
1953	Mar.	Entra en operación la planta térmica de Guaymas, Son. C.F.E.	25 000	1952	49.3	12.4
	Abr.	Líneas de transmisión Obregón-Guaymas-Hermosillo (Se forma la base del sistema interconectado)				
	Oct.	Adquisición de instalaciones en poblaciones de Bacobampo y Etchojoa.				
	Nov.	Líneas de transmisión y distribución a la zona agrícola de bombeo de Siete Cerros.		1953	73.1	17.6
1954	Mar.	Líneas de interconexión al sistema a las poblaciones de Navojoa, Huatabampo, Bacobampo y Etchojoa.		1954	97.6	26.8

Con lo anterior puede considerarse que la parte correspondiente al sistema en el Estado de Sonora quedó interconectada, trabajándose en la construcción de las plantas hidroeléctricas de Oviachic, Mocúzari y El Fuerte.

- 2 -

AÑO	MES	CONCEPTO	CAPACIDAD INST. Kw	AÑO, CONSUMO Y DEMANDA MÁXIMA		
				AÑO	GWH	MW
1956	Nov.	Adquisición por C.F.E. de instalaciones en la zona de Los Mochis Sin.		1955	147.9	36.1
1957	Mar.	Se electrifica la po- blación de Guasave, Sin.		1956	200.4	43.7
		Estas poblaciones ope- raban no interconec- tadas.		1957	225.6	51.2
1957	Ago.	Entra en operación la 1a. unidad de la plan- ta hidroeléctrica Oviachic	9 600			
1958	Ene.	2a. unidad de Ovia- chic	9 600	1958	268.1	55.2
1959	Mar.	Entra en operación la planta hidroeléctrica de Mocúzari	9 600			
	Feb.	Se interconecta al Sistema Los Mochis y Guasave		1959	292.3	60.6
1960	Ago.	Entra en operación la 1a. unidad de la plan- ta hidroeléctrica El Fuerte	19 600			
1960	Nov.	El Fuerte 2a. unidad	19 600	1960	-	-
1961	Jun.	Se incorpora Culiacán al sistema Sonora-Si- naloa.				

(1) El consumo y la demanda máxima comprenden a las pobla-
ciones adquiridas en ese año.

CUADRO II
PROGRAMA 1961-1964

AÑO	MES	PLANTA	CAPACIDAD Kw	TIPO
1961	Septiembre	Guaymas 3a. unidad	33 000	Térmica
1961	Octubre	Sanalona 1a. unidad	7 000	Hidroeléctrica
1962	Enero	Sanalona 2a. unidad	7 000	Hidroeléctrica
1962	Noviembre	El Fuerte 3a. unidad	19 800	Hidroeléctrica
1963	Diciembre	Novillo 1a. unidad	45 000	Hidroeléctrica
1964	Mayo	Novillo 2a. unidad	45 000	Hidroeléctrica

Para analizar cuáles hubieran sido los resultados si en 1945 se hubiera dispuesto de la información que actualmente se tiene, se compararán las características principales de las presas del río Yaqui: Oviachic, Novillo y Algodones.

	<u>Oviachic</u> <u>En Operac.</u>	<u>Novillo</u> <u>En construc.</u>	<u>Algodones</u> <u>En estudio</u>
Río	Yaqui	Yaqui	Yaqui
Area de la cuenca hasta la presa Km ²	70 000	58 300	
Tipo de cortina	Enrocamiento	Arco	Enrocamiento
Volumen de la cortina m ³	9.756 000	380 000	
Altura en m	57.00	110	120
Capacidad útil del vaso (10 ⁶ m ³)	2 500	2 500	6 000
Tipo de vertedor	Abanico-cresta libre	De compuertas	De compuertas
Capacidad del vertedor m ³ /seg.	11 100	12000 máx. controlable	No se ha definido.
Area regada Ha.	220 000	-	-
Planta Hidroeléctrica:			
Tipo	A pie de cortina	A pie de cortina	A pie de cortina
Carga de diseño	35.50	87.00	90 aprox.
Cap. instalada Kw	19 600	90 000	100 000
Número de unidades	2	4	No definido
Generac. anual GWH	90	435	450
Costo de obra civil sin incluir planta hidroeléctrica millones de pesos	Año 160 (1952)	Año 142 (1961)	No definido
Costo de planta sin líneas ni subestaciones	20	77	No definido.

/Analizando la

Analizando la tabla que muestra las principales características de estas presas, puede observarse lo siguiente:

- 1.- Las tres presas se encuentran sobre el cauce principal en forma escalonada, localizadas de aguas arriba hacia aguas abajo: Novillo, Algodones, Oviachic.
- 2.- El almacenamiento útil es el mismo en Oviachic y Novillo.
- 3.- Sin que pueda notarse en la tabla, puede deducirse que Novillo domina cuando menos las mismas tierras cultivables que Oviachic.
- 4.- En ambas se ha proyectado planta hidroeléctrica al pie de la cortina, sólo que en Novillo podrá instalarse cuatro y media veces más capacidad, ya que dispone de más carga y de mayor cantidad de agua, debido a que la presa de Oviachic tiene una toma alta para riego que no se utiliza en generación.
- 5.- El costo de la presa, vertedor, obra de toma, desvío, sin incluir planta hidroeléctrica es: Oviachic \$ 160 000 000 en 1952 y Novillo \$ 142 000 000 en 1960.

Puede afirmarse sin gran error, que la presa El Novillo construída en 1952 hubiera costado un 25% menos, es decir \$ 106 000 000.

Se ocurre pensar: Si en 1947-1948 (fecha en que se inició la presa de Oviachic) se hubiera dispuesto de la información con que ahora se cuenta, ¿cuál se hubiera construído?

Si se hubiera decidido construir El Novillo que representaría mayores ventajas pensando en las posibilidades de generación, hubiera sido necesario construir, aguas abajo de Novillo, una presa de "cambio de régimen" generación a riego, que probablemente hubiera sido la misma de Oviachic, con la capacidad adecuada (menor que la actual). Hasta ahora casi no se ha mencionado la presa de Algodones, la cual puede regularizar totalmente el escurrimiento del río Yaqui,

/eliminando en

eliminando en forma radical las avenidas en la zona baja y aumentando probablemente el agua disponible para riego.

Otras ventajas que hubiera tenido la construcción en el orden Novillo - Algodones y Oviachic (baja), o Novillo - Oviachic (baja) y Algodones, serían la facilidad de construcción, por estar controlado el río aguas arriba para su manejo durante la construcción y necesitar vertedores cada vez más chicos y de menor costo.

Las inversiones en plantas térmicas, probablemente no se hubiera requerido (Guaymas y Obregón) si se contara con 90 000 Kw en El Novillo, ó hubieran sido necesarias 10 años después o más.

Existe una boquilla localizada dentro del actual vaso de Oviachic, que se estudió simultáneamente, pero que fué desechada por formar un vaso de poca capacidad. Es probable que ese vaso, conocido como Buenavista, hubiera sido suficiente para la presa de cambio de régimen, con lo cual se lograrían dos objetivos: dejar de inundar de 8 a 10 000 Has. en el vaso de Oviachic y disminuir el área expuesta a evaporación.

El área máxima de embalse de Oviachic es de 170 Km² y la evaporación media anual del orden de 2.50 m. Puede estimarse que la pérdida por este concepto es casi de 10 m³/seg.

Los vasos de Novillo y Algodones, por tener mayor profundidad, tienen sólo 100 Km² de área de embalse y la pérdida por evaporación sería menor.

OBRAS DE EXCEDENCIAS Y CONTROL DE AVENIDAS

Uno de los objetos principales de la construcción de presas en los ríos Fuerte, Yaqui y Culiacán, ha sido el disminuir (o anular de ser posible) los perjuicios ocasionados por las grandes avenidas que se presentan.

/La regulación

La regulación y control de una avenida depende en primer lugar de la capacidad disponible para regularizarla; y en segundo, de disponer de medios de control del agua, para usar con seguridad la capacidad de regulación disponible.

La capacidad de regulación queda limitada por las condiciones topográficas de los vasos y la altura económica de las cortinas; y la forma de usarla está supeeditada al diseño de la obra de excedencias.

En estos aspectos nos referimos en especial a las obras de excedencias de las presas de El Fuerte (en operación) y Humaya (en construcción), pudiendo aplicarse con ligeras variantes a las obras de excedencias de Oviachic, Mocúzari y Sanalona.

El criterio seguido para el diseño de las obras de excedencias de las presas citadas ha sido en síntesis el siguiente:

- 1o.- Diseñar una obra de excedencias que no requiera operación complicada, ni esté sujeta a fallas humanas ni de mecanismos.
- 2o.- Dada la magnitud de las crecientes y el alto costo por metro de altura de las cortinas, se han diseñado vertedores en forma de abanico (con gran longitud de crestas) que descargan gastos elevados con poca carga.

Los dos puntos anteriores y principalmente el segundo, han dado como resultado en las avenidas registradas, que su tránsito por los vasos se lleve a cabo con una muy pequeña disminución del gasto máximo, aún en el caso de avenidas normales y sin llegar a usar la capacidad de regulación totalmente.

Como se dijo antes, en la presa Miguel Hidalgo se presentó recientemente (enero 1960) una avenida cercana a $13\ 000\ m^3/\text{seg}$. (la avenida máxima probable prevista es de $22\ 500\ m^3/\text{seg}$), produciendo una descarga por el vertedor de

$/8300\ m^3/\text{seg}$

8 300 m³/seg que ocasionó inundaciones y cuantiosas pérdidas aguas abajo. El nivel de la presa se sobreelevó 4.20 m, disponiéndose de 7.10 que es el tirante máximo en el vertedor; si se presentara la avenida de diseño es indudable que los daños hubieran sido mucho mayores.

Con la experiencia tenida, deberán revisarse los criterios para el diseño de las obras de excedencias; si es necesario, modificar las existentes y construir las futuras con diferentes bases.

Los vertedores de cresta libre disminuyen el pico de la avenida, tanto más cuanto mayor es la carga que se presenta y por lo tanto, menor su longitud de cresta, incrementándose la altura de la cortina.

Para evitar el incremento de la altura de la cortina se propone modificar el tipo del vertedor en la siguiente forma:

- 1o.- Colocación de compuertas en número y capacidad suficiente para que con amplio margen de seguridad, se protejan las demás obras (cortina principalmente).
- 2o.- El asiento de las compuertas deberá quedar a una cota más baja que la cresta del vertedor libre, con objeto de disponer de mayor capacidad de regulación de avenidas, para lo cual deberán efectuarse extracciones por el vertedor en forma anticipada cuando se tengan noticias de crecientes en la cuenca de alimentación.
- 3o.- Instalación de estaciones de información y previsión de avenidas en los ríos tributarios, dotadas de personal y equipo adecuados.
- 4o.- Especial vigilancia y atención de los niveles en la presa, cuando durante la temporada de lluvias éstos se encuentren altos.

/5o.- Establecimiento

50.- Establecimiento de niveles índices, arriba de los cuales deberán hacerse extracciones por el vertedor, especialmente si se presumen aportaciones de consideración.

En la presa del Humaya, localizada en el afluente principal del río Culiacán, deberá aplicarse la experiencia tenida en el caso del Fuerte.

En la presa citada, se ha proyectado un vertedor en abanico y se ha procedido a fijar los niveles índices que se mencionan en el párrafo anterior, pero con una limitación de $300 \text{ m}^3/\text{seg}$ al gasto que se puede extraer.

Como ejemplo de buen funcionamiento hidráulico de una obra de excedencias, puede citarse el vertedor de Temascal (presa Presidente Alemán) en el río Tonto, afluente del Papaloapan. Este vertedor está dotado de 11 compuertas radiales que permiten desfogar un gasto máximo de $5\,500 \text{ m}^3/\text{seg}$, controlando efectivamente las avenidas. Si el vertedor de Temascal se hubiera construido similar al de la presa El Fuerte, el control hubiera sido mínimo y más de una vez se hubiera inundado la zona baja.

Actualmente, a pesar de no estar controlados todos los afluentes del Papaloapan, es posible adelantar o atrasar las crecientes del río Tonto, para evitar que se acumulen con las de otros afluentes.

La C.F.E. ha efectuado estudios que demuestran los beneficios que se obtendrán modificando los vertedores de las presas Miguel Hidalgo y Humaya.

CONCLUSIONES

Con la experiencia obtenida en el desarrollo del sistema Sonora - Sinaloa se concluye:

- 1o.- Para llevar a cabo una planeación integral de los recursos de un río es necesario:
 - a) Disponer de planos completos y analizar en conjunto desde un punto de vista múltiple todas las alternativas posibles así como los beneficios que puedan obtenerse.
 - b) Intensificar desde ahora la obtención de información topográfica, geológica e hidrológica en los ríos que actualmente no se dispone.
- 2o.- En el caso de control de avenidas es necesario revisar los criterios seguidos en el proyecto de las obras de excedencias, tomando en cuenta que la eficiencia de los vertedores controlados es siempre mayor ya que permite mayor flexibilidad en su operación.

