

75
2 Ej.



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIO HIDROLOGICO PARA EL
DIMENSIONAMIENTO DE LA PRESA
TAMESI, TAMPS.**

T E S I S

Que para obtener el título de

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

MARINO HERNANDEZ HERNANDEZ

México, D. F.

1987



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ESTUDIO HIDROLOGICO PARA EL DIMENSIONAMIENTO
DE LA PRESA TAMESI, TAMPS.

I N D I C E

		PAG.
CAP. I	INTRODUCCION	
I.1	GENERALIDADES	1
I.2	OBJETIVO	2
I.3	ASPECTOS FISICOS	3
I.3.1	Localización	3
I.3.2	Climatología	4
I.3.3	Hidrografía	5
I.3.4	Orografía	6
I.3.5	Población y Vías de Comunicación	6
I.3.6	Infraestructura Hidráulica actual y en proyecto	8
CAP. II	ESTUDIOS PRELIMINARES	10
II.2	GEOLOGIA	10
II.2	TOPOGRAFIA	11
II.3	MECANICA DE SUELOS	12
II.4	AGROLOGIA	13
II.5	USO ACTUAL DEL SUELO EN LA ZONA DE RIEGO	15
CAP. III	ANALISIS HIDROLOGICO	
III.1	HIDROMETRIA	17
III.1.1	Ajuste de escurrimiento hasta el sitio de la presa	18
III.1.2	Volúmenes del río Tamesí utilizados por derivación	21
III.1.3	Retornos por drenaje agrícola	21
III.1.4	Entradas totales al vaso	23

III.2	CLIMA EN EL AREA DE RIEGO Y EMBALSE DEL VASO	24
III.3	DEMANDAS DE RIEGO Y USO URBANO E INDUSTRIAL	25
III.3.1	Demandas de riego	25
III.3.2	Uso Urbano e Industrial	34
III.3.3	Extracciones al vaso de almacenamiento	37
III.4	EVAPORACION NETA	37
III.5	CURVAS DE ELEVACIONES-AREAS-CAPACIDADES	39
III.6	CAPACIDAD DE AZOLVES Y MUERTA	39
III.7	LIMITES DE DEFICIENCIAS ADMISIBLES	41
III.8	SIMULACION DE FUNCIONAMIENTO DE VASO	43
III.8.1	Generalidades	43
III.8.2	Resultados	47
III.9	ESTUDIO DE AVENIDAS	49
III.9.1	Generalidades	49
III.9.2	Avenidas Máximas Observadas	50
III.9.3	Métodos para obtener el gasto de diseño	52
III.9.4	Volumen e hidrograma de la avenida máxima probable	62
III.9.5	Tránsito de avenidas	64
III.9.5.1	Generalidades	64
III.9.5.2	Resultados	70
III.10	BORDO LIBRE	72
III.11	CARACTERISTICAS GENERALES DEL PROYECTO	75
III.12	ESQUEMA GENERAL DEL TIPO DE OBRA	75
III.13	GASTO DE DESVIO	76
III.14	CAPACIDAD DE LA OBRA TOMA (RIEGO)	77
III.15	DRENAJE DE LA ZONA DE RIEGO	77
CAP. IV	RESUMEN Y CONCLUSIONES	79

CAPITULO I INTRODUCCION

I.1 GENERALIDADES

El crecimiento observado del país en sus aspectos demográfico e industrial requiere de la planificación de obras que en materia hidráulica permitan aprovechar de la manera más eficiente los recursos naturales agua-suelo disponibles a fin de alcanzar los fines siguientes.

- El incremento en la producción de alimentos a través, de la habilitación de nuevas zonas de riego.
- Apoyar el desarrollo adecuado de los centros de producción industrial, ya sea en operación o aquellos que se pretenden establecer a futuro, mediante la satisfacción de sus demandas de agua.

Dentro de este marco de actividades se incluye la construcción de la presa de almacenamiento "Tamesí" sobre el río Guayalejo (También denominado Tamesí), en el estado de Tamaulipas. El presente estudio se avoca al análisis de la factibilidad hidrológica de esta obra con fines de riego, abastecimiento urbano e industrial y control de avenidas.

La corriente de interés forma parte de la cuenca del río Pánuco, una de las regiones hidrográficas más importantes

del país tanto por su extensión que comprende una superficie de 85 000 Km² como por su escurrimiento anual del orden a los 18 millones de m³. Circunscribe a 9 entidades federativas - destacando por su superficie drenada las de Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo y Veracruz.

La cuenca del río Pánuco se divide en tres regiones - características.

a) Parte alta o región del altiplano. Se integra en los orígenes de la cuenca hidrográfica, el agua es poco abundante, y la precipitación anual oscila entre 400 y 800 mm. - En su porción sur colinda con los límites de la Cd. de México.

b) Parte media o región de la sierra. Se caracteriza por presentar una orografía muy escarpada, cauces de ríos en forma encajonada y carencia de valles propicios para el desarrollo agropecuario. La precipitación anual varía entre los 600 y 2 000 mm.

c) Planicie costera o zona de las Huastecas. En la planicie costera de la cuenca se ubica el proyecto Tamesí. - La región la integran grandes extensiones de terreno sensiblemente plano, con características de suelo, clima y agua favorables para el desarrollo de actividades agropecuarias.

I.2 OBJETIVO

La presa Tamesí contempla integrar al vaso, una parte del sistema lagunario que forma la corriente del mismo nombre en las inmediaciones de su confluencia con el colector principal constituido por el río Pánuco a fin de lograr los objetivos siguientes:

- Riego. Abrir bajo riego 50 000 ha. localizadas hacia la porción norte del área de estudio para el cultivo de oleaginosas, granos, hortalizas, etc, aprovechando de manera más óptima la disponibilidad de buenos suelos actualmente explotados en su mayor parte mediante agricultura de temporal.
- Dotación para uso Urbano e Industrial. Con esta obra se pretende dotar de agua potable a las poblaciones de los municipios de Tampico, Madero y Altamira, para evitar la escases y contaminación de agua salobre en época de estiaje de las captaciones existentes, así como garantizar el suministro del agua a la planta industrial del Puerto de Tampico-Cd. Madero y al programa contemplado para ese mismo fin en el Puerto de Altamira.
- Control de Avenidas. Regular las avenidas del río Tamésí que en diversos años han causado inundaciones en las poblaciones de Tampico y Cd. Madero.
- Acuacultura
- Fines Turísticos y Recreativos

I.3 ASPECTOS FISICOS

I.3.1 Localización

La zona de estudio se ubica dentro de la vertiente del Golfo de México, en la región denominada Huasteca Tamaulipeca. Geográficamente se delimita entre los paralelos 22°11' y 23°56' latitud norte y los meridianos 97°30' y 99°52' longitud oeste. Limita al norte con las cuencas tributarias del río Soto la Marina, al sur con la red hidrográfica del colector general constituido por el río Pánuco, al oriente con las cuencas de los ríos-

San Rafael, Tigre y Barberena y al poniente con la cuenca del río Salado.

Políticamente, se localiza en el extremo sureste del estado de Tamaulipas, abarcando los municipios de Aldama, Altamira, González, Cd. Madero y Tampico. En el plano I, se muestra la localización general.

1.3.2 Climatología

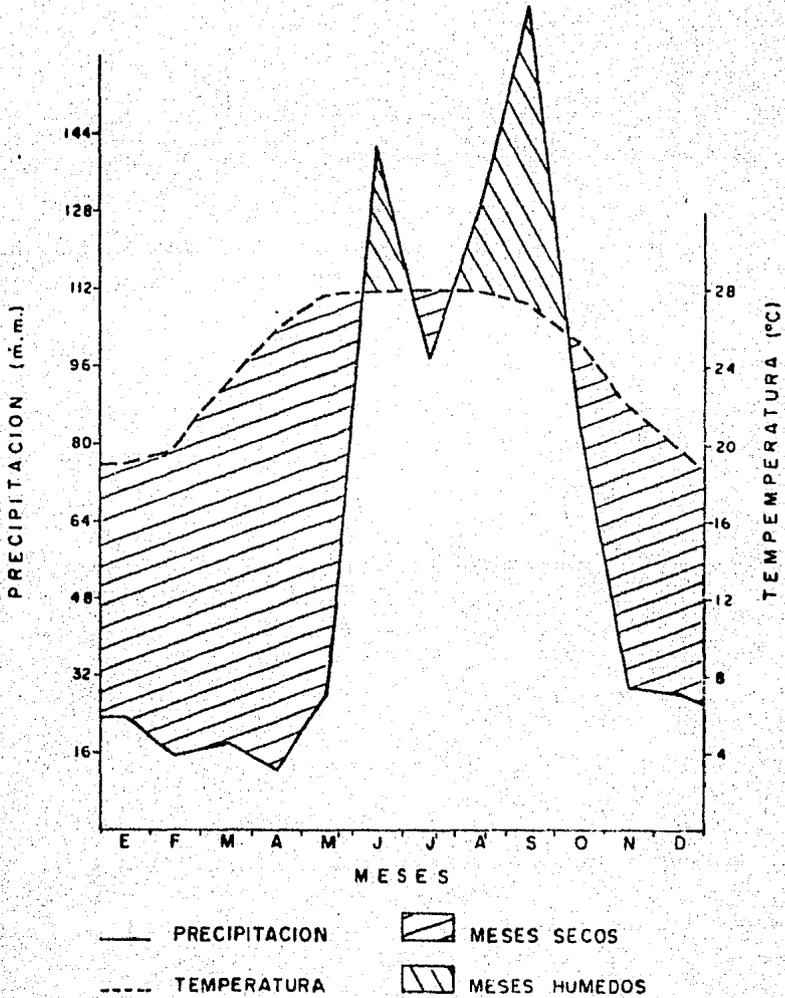
La cuenca del río Tamesí observa en su parte alta láminas anuales del orden a los 1000 mm, generadas en parte al choque de masas de aire caliente provenientes del Golfo de México con la barrera montañosa de la Sierra Madre Oriental. En su porción baja la precipitación tiende a disminuir presentándose en el área de proyecto un clima semiseco, cálido con pequeño o nulo excedente de agua a través del año.

El régimen de lluvias en la zona, concentra durante el período junio-septiembre el 80% de la precipitación anual. Este aspecto se aprecia en el climograma de Gausson (Gráfica-I) de la estación Los Tomates.

El resumen de los principales aspectos climatológicos del área es el siguiente:

Precipitación media anual	790 mm
Precipitación anual del año más húmedo	1370 mm
Precipitación anual del año más seco	609 mm
Temperatura media anual	25 °C
Temperatura máxima extrema	49.5 °C
Temperatura mínima extrema	1 °C
Evaporación media anual	1450 mm

CLIMOGRAMA DE GAUSSEN ESTACION LOS TOMATES



GRAFICA I

La vegetación predominante la conforman especies como mezquite, cadillo, huizache y matorrales.

I.3.3 Hidrografía

El río Tamesí se desarrolla en su mayor parte dentro del estado de Tamaulipas, ocupando pequeñas porciones de los estados de Nuevo León en sus orígenes y de Veracruz y San Luis Potosí en su porción sur. En sus inicios, se conoce con el nombre de río Alamar, y con un curso sureste cruza el macizo montañoso de la Sierra Madre Oriental para luego describir una amplia curva hacia el sur, en donde confluyen por margen derecha los ríos Sabinas, río Frío y Comandante. En esta zona funciona la presa derivadora El Conejo que alimenta al Distrito de Riego Xicotencatl. Ya como río Guayalejo, el colector sigue un curso este, tramo en donde después de recibir por margen derecha las aportaciones del río Mante se localiza la derivadora Saca de Agua, que envía volúmenes por margen derecha hacia el arroyo Las Animas, para ser regulados en la presa E. Ramiro Caballero con fines de riego. Aguas abajo, se ubica la estación hidrométrica Magiscatzin, la cual controla una área de cuenca de 10968 km^2 .

Posteriormente la corriente toma el nombre de río Tamesí, recibiendo sus últimas aportaciones; la de los ríos Naranjo y el Cojo por margen izquierda y Tantuán por margen derecha. 6 km aguas abajo de esta última, se localiza la estación hidrométrica Tamesí, que tiene una superficie drenada de 14923 km^2 .

En su trayecto final el cauce del río forma meandros y lagunas marginales. En este tramo se ubica el proyecto de la presa Tamesí, con una área de cuenca tributaria de 16817 km^2 .

Prosiguiendo su recorrido, el río Tamesí confluye al río Pánuco a la altura de la Ciudad de Tampico, 13 km aguas arriba de su desembocadura en el Golfo de México, habiendo drenado una área de cuenca total de 17084 km².

I.3.4 Orografía

La cuenca del río Tamesí, presenta dos características bien definidas; en su parte alta, una orografía con los cauces de los ríos labrados en forma encajonada. En esta parte los accidentes topográficos más importantes lo constituyen la Sierra de Tamaulipas, que no es sino la continuación de la Sierra Madre Oriental y el pico de Bernal con una altura del orden a los 1200 m.s.n.m.

En la zona medio-baja, la cuenca en estudio se caracteriza por tener una franja de aproximadamente 100 km a partir de la costa, terrenos planos o de escasa pendiente y algunos lomeríos de poca altura, así como elevaciones cerriles dispuestas de forma paralela a las corrientes fluviales que las cruzan, cuya proporción respecto al área general puede considerarse mínima.

I.3.5 Población y Vías de Comunicación

La población censada hasta el año de 1980 en los municipios de Altamira, Aldama, González, Tampico y Cd. Madero, fué de 500 659 habitantes, siendo el 32.6% económicamente activa con una tasa promedio de crecimiento del 4.3%.

En los tres primeros municipios mencionados que es en donde se distribuye la zona de riego en proyecto, se estimó que un 40% de la población absorbida por ellos, es rural, considerando que vive en localidades con menos de 2 500 habitantes, sin embargo se ha detectado que el crecimiento de la

población urbana tiende a incrementarse con respecto a la rural, lo que induce un problema de emigración del campo a la ciudad. En relación a su pirámide de edades, el grupo que incluye a personas hasta de 15 años representa un 55% del total de la población el cual se incrementa a un 84% para las personas con edad hasta de 40 años.

En cuanto a vías de comunicación, la zona de interés dispone de los servicios de varias carreteras federales y es tates:

Al norte, la carretera Federal No. 80 comunica con Cd. Mante que es el empalme de la carretera México-Nuevo Laredo conduciendo a las ciudades de Cd. Victoria y Monterrey. La carretera No. 110, comunica con San Luis Potosí y Guadalajara. Al sur, las carreteras Federales No. 105 y 108 conectan a la zona con la Cd. de México y Veracruz. A las anteriores vías se agrega la carretera Tampico-Pachuca-Cd. de México que acorta en aproximadamente 100 km el recorrido a la capital de la República. También se dispone de la carretera Tampico-Matamoros.

Por otra parte, la región se conecta por vías ferroviarias con Monterrey, San Luis Potosí y Veracruz, lo cual permite integrarla por sus centros de empalme con toda la red Nacional, siendo el puerto de Tampico el centro de recepción de productos de diversos renglones industriales tanto de importación como de exportación.

Este puerto, que es el más importante de la República, cuenta con 16 muelles con una extensión total superior a los 3 km, además de 3 diques flotantes para sus operaciones de carga y descarga.

En comunicación aérea, se dispone con el aeropuerto

de Tampico, conectando con la Cd. de México y otras entidades de la República.

I.3.6 Infraestructura Hidráulica Actual y en Proyecto

Agua arriba de la presa Tamesí operan cinco Distritos de Riego que abarcan una superficie total de 97600 ha. Tres de ellos, se surten mediante el aprovechamiento directo de manantiales y los restantes por el sistema de derivación-almacenamiento efectuada aquella del río Tamesí.

Sobre las presas de almacenamiento, la de San Lorenzo (en construcción) que pertenece al Distrito de Riego -- Xicotencatl se avocará al riego de 16700 ha., 6000 de ellas en rehabilitación. Se ubica sobre el arroyo el Saucito -- afluente izquierdo del río Tamesí del cual recibirá los volúmenes derivados en El Conejo.

Por otra parte la presa Estudiante Ramiro Caballero (Las Animas), funciona desde 1977 y se ubica sobre el arroyo Las Animas, afluente derecho del río Tamesí, recibiendo los volúmenes de esta última corriente para su operación a través de la derivadora Saca de Agua. Su objeto es el riego de 54700 ha. con una demanda anual estimada de $722 \bar{m} \text{ de } m^3$. El cuadro I.3.6.1 contiene las características de los Distritos de Riego.

Sistema Lagunario del Río Tamesí. Este sistema lo constituyen una serie de diques que tienen la función de resguardar una capacidad estimada del orden a $150 \bar{m} \text{ de } m^3$ para el abastecimiento de la ciudad de Tampico. Aspecto que algunas veces se ve alterado por las fugas existentes -

no contabilizadas.

Sistema de Riego Pujal-Coy. Finalmente colindante al sur con el área de estudio, en los límites de los estados de San Luis Potosí y Veracruz, se desarrolla un programa hidroagrícola parcialmente ya ejecutado, denominado Pujal-Coy. El alcance de las obras incluye la construcción de presas de almacenamiento y plantas de bombeo, para irrigar una superficie de 292 000 ha, de ellas 72 000 corresponden a la 1^a etapa y las restantes a la 2^a. Lo anterior resulta de interés en el sentido de que parte de la superficie de riego -- atendida por bombeo, pertenece a la cuenca del río Tamesí, -- por lo cual se agregan volúmenes a la presa en estudio producto del drenaje agrícola. Este aspecto se verá posteriormente.

El cuadro I.3.6.2, muestra un resumen de las características del sistema Pujal-Coy y el plano II, la localización de las obras hidráulicas ya mencionadas localizadas dentro de las cuencas de los ríos Tamesí y Pánuco.

CARACTERISTICAS DE LOS DISTRITOS DE RIEGO EN
OPERACION Y EJECUCION DENTRO DE LA CUENCA DEL
RIO TAMESI

CUADRO 1.3.6.1

DISTRITO N ^o .	NOMBRE	INICIO DE OPERACION	CORRIENTE	TIPO DE APROVECHA MIENTO	ETAPA	SUPERFICIE (Ha)	DEMANDA ANUAL ³ (mill.m ³).
039	Río Frio	1951	Río Frio	Deriv. Directa	Operación	7800	174 1 _i
055	Llera	1954	Río Guayalejo	Deriv. Directa	Operación	400	6 1.
002	Mante	1928	Manantial	Deriv. Directa	Operación	18000	226 1 _i
092	Las Animas	1977	A. Las Animas	PR.ER. Caballero	Operación	54700	722 2 _i
029	Xicotencatl	1946	A.Sn. Lorenzo	PR.SN. Lorenzo	Ejecución	16700 3	206 2 _j

1_i Demanda media histórica

2_i Demanda de proyecto

3_i Incluye 6000 Ha. en rehabilitación

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO PUJAL COY 1a. Y 2a. ETAPA
EDOS. DE S.L.P. TAMPS. Y VER.

Cuadro I.3.6.2

DISTRITO DE RIEGO (N°)	NOMBRE	ESTADO	CORRIENTE	TIPO DE APROVECHAMIENTO	ETAPA	SUPERFICIE BENEFICIADA (Ha)	VOLUMEN DE APROVECH. ANUAL (10 ⁶ m ³)	LAMINA BRUTA (m)
092	Pujal-Coy 1a. Etapa	S.L.P. y Ver.	Río Tambaón	Derivación bombeo 1)	Ejecución	72000 ³⁾	1000	1.39
-	Pujal-Coy 2a. Etapa	S.L.P. y	Río Tambaón y Coy	Presas Pujal y 2) Coy	Proyecto	220000 ⁴⁾	2277	1.23

- 1) Se abastece de las plantas de bombeo El Porvenir, con cap. de 75 m³/seg que opera desde 1977 y Chapacao con cap. de 36 m³/seg (en proyecto).
- 2) Las capacidades útiles de riego de las presas Pujal y Coy son de 2000 y 170 mill. m³ respectivamente.
- 3) Derivación del Río Tambaón y bombeo de 72000 ha. En 1982 se regaban 14500 ha.
- 4) Riego de 83100 ha por gravedad.
Riego de 102550 ha por bombeo.
Temporal Tecnificado 34350 ha.

CAPITULO II ESTUDIOS PRELIMINARES

II.1 GEOLOGIA

La zona de estudio se encuentra dentro de la provincia fisiográfica de la "llanura costera del Golfo de México" en la subprovincia "Pánuco-Tuxpan" (Ing. Manuel Alvarez Jr. 1961), la cual se ha visto afectada por cuatro grandes orogenias que han conformado su actual característica. Su nombre, edad geológica y efecto más apreciable de cada una de ellas es el siguiente:

OROGENIA	EDAD	CARACTERISTICAS
Apalachiana	Permico	Formación Horsts y Grabens
Palizada	Triásico	Fosas, mares someros, reversión-casi general de la zona
Nevadiana	Jurásico-Triásico	Levantó y erosionó grandes porciones de sedimentos marinos.
Laramida	Paleoceno	Dió lugar a los pliegues de la Sierra de Tamaulipas.

Por otra parte, las principales formaciones geológicas existentes en el área se constituyen entre otras por las siguientes:

Formación Méndez.- Son principalmente lutitas intercaladas con margas. Se localiza hacia la parte poniente de la zona de estudio.

Formación Palma Real.- Se constituye por sedimentos arcillosos y arenosos que forman lutitas de color gris-verde, así como delgadas capas de areniscas de color gris.

Formación Reciente.- La integran materiales recientes del cuaternario con suelos de diferentes granulometría, localizados a lo largo del río Tamesí, en las márgenes de la laguna de Champayán y el litoral de la costa del Golfo.

De lo anterior, se desprende que la mayor parte del área de estudio ha experimentado una elevación con respecto al nivel del mar, excepto en algunas partes localizadas en la porción sur en donde existe depresiones que forman lagunas.

II.2 TOPOGRAFIA

La presa de almacenamiento, aprovechará el vaso natural formado por las lagunas Champayán y La Culebra en su margen izquierda del río Tamesí y Camalote, Tortuga y Miradores en la margen derecha.

El eje de la boquilla más favorable se denomina 3-A y se localiza a lo largo de las márgenes del estero de Tangol y de la Laguna de la costa, con una longitud aproximada de 14 Km. A lo largo de este eje, se obtuvo la topografía a detalle escala 1:2000 y curvas de nivel a cada metro con base en secciones transversales a cada 20 m., apoyadas en el propio eje y en una superficie de 700 ha.

En las zonas previstas para las obras de excedencias, se estudió la topografía a detalle en una superficie de 600 ha.

Hacia la porción norte del vaso, se delimitó la zona para el riego agrícola con características relativamente planas, de donde se obtuvo el levantamiento topográfico escala 1:5000 en una superficie de 75 000 ha. ubicadas en los municipios de Altamira, Aldama y González.

II.3 MECANICA DE SUELOS

Sobre el eje de desplante de la presa, se realizaron pruebas de penetración estandar y recuperación de muestras inalteradas con muestreadores Shelby.

De los resultados de campo y laboratorio, se determinó que en los primeros 4 m. de profundidad se tiene una resistencia a la penetración estandar del orden de 15 golpes. A partir de esta profundidad y hasta los 15 m, el número de golpes disminuyó a 5 clasificándose como suelo de consistencia media.

Como los principales problemas que se pueden presentar por la baja resistencia al esfuerzo cortante de los materiales de cementación pueden ser deformaciones diferenciales que motiven agrietamientos transversales y longitudinales a lo largo del cuerpo de la cortina, se construyeron terraplenes de prueba con altura de 5 m y taludes de 4:1 y 2:1 respectivamente. Los inclinómetros indicaron desplazamiento del suelo de la cimentación hacia fuera del terraplen entre los 3 y 7 m. de profundidad y bufamientos del orden a los 5 cm al pie de ambos taludes.

Con las pruebas realizadas y a fin de cuidar el aspecto de las deformaciones se determinó que la sección más favorable sea homogénea con corona de 10 m y taludes 4:1 con la altura que determine el análisis hidrológico.

El estudio agrológico de un proyecto de riego constituye un inventario sobre la calidad, cantidad y distribución de los suelos, contribuyendo a conocer el grado de aprovechamiento agrícola de los cultivos más recomendables y de su dificultad para incorporarlos al mismo.

La agrología del área de interés se estudió a un nivel detallado de análisis sobre una superficie de 60 000 ha de donde se identificaron 7 series de suelos. Del total, un 90% lo integran suelos de desarrollo in-situ, derivados de la lutita, la cual es una roca sedimentaria fácilmente intemperizable, tanto física como químicamente. La superficie restante la ocupan suelos originados principalmente de materiales no consolidados, entre los que predominan la arena y que han sido depositados principalmente por efectos eólicos. Las series identificadas son las siguientes:

Serie Margosa.- Suelos de formación in-situ de textura arcillosa con un drenaje lento en las partes planas y muy lento en las depresiones. Estas últimas áreas son inundables. Presenta efectos de erosión y problemas de exceso de sales solubles.

Serie Méndez.- Suelos de formación in-situ. Su profundidad promedio es de 1.5 m., con una permeabilidad lenta por lo que son imperfectamente drenados. No presentan problemas de salinidad y el nivel freático no se encuentra a menos de 2.0 m.

Serie Velazco.- Suelos de formación in-situ con profundidad variable entre 0.8 y 2.0 m., su permeabilidad es lenta sin efectos de salinidad. El nivel freático no se encuentra a los 2.0 m.

Serie Lomas del Real.- Suelos derivados a partir de materiales de formaciones de arena de origen marino; su profundidad varía de 0.4 a 1.6 m. Presenta una permeabilidad moderadamente buena sin problemas de salinidad. El estrato impermeable está constituido por la roca, la cual se encuentra a profundidades variables, desde la superficie cuando aflora en áreas reducidas de algunas lomas, hasta 2.0 m., en la parte plana.

Serie Las Flores.- Suelos derivados a partir de depósitos de caliza y arena de origen marino. Son de formación mixta, in-situ y acumulaciones de materiales finos por acción eólica. Su profundidad oscila entre los 0.3 a 1.1 m. con permeabilidad moderadamente rápida. A medida que profundiza el perfil, su característica es rocosa con alternancia de material fácilmente desintegrable, las áreas ocupadas por estos suelos son muy reducidas.

Serie Los Planes.- Son de formación mixta con horizontes superiores donde predominan la arena. Su relieve es plano, con un drenaje superficial moderado sin presencia de áreas inundables. No presentan efectos de salinidad y el manto freático no se presenta a los 2.0 m. de profundidad.

Serie Barranco.- Se localiza principalmente al norte de la zona de riego y los suelos se han derivado de depósitos de origen marino, por lo cual presentan una permeabilidad moderadamente rápida. Tiene un relieve plano y no presenta efectos de salinidad. Su profundidad es mayor de 2.0 m.

Clasificación Agrícola de Suelos

Esta Técnica permite conocer las facilidades o problemas que presenta una área para introducirse al riego de carácter

ter intensivo. Los factores que intervienen en la clasificación del suelo son: textura, relieve, pendiente, profundidad del suelo, pedregosidad, inundación, drenaje y salinidad. En función de los factores demeritantes que presentó el área de interés se tienen las clases de suelo siguientes:

Suelos de 1^a Clase.- (Serie los Planes). No presentan ninguna limitación para el riego y generalmente los componen suelos aluviales o de vega y con un mínimo de manejo pueden producir cosechas de altos rendimientos.

Suelos de 2^a Clase.- (Series Margosa, Méndez, Velazco, Barranco). Comprenden la mayor parte del área estudiada, teniendo ligeras a moderadas limitaciones para fines de riego.- Pueden habilitarse para una amplia gama de cultivos.

Suelos de 3^a Clase.- (Serie Lomas del Real). Tienen de moderadas a severas limitaciones para fines de riego. Sus principales factores de demérito son el relieve, drenaje y espesor. Es necesario un acondicionamiento de los mismos.

Suelos de 4^a Clase.- (Serie las Flores). Por el factor topográfico presentan severas limitaciones en cultivos bajo riego. Su utilización es más recomendable en la formación de praderas o áreas forestales. El Cuadro II.4.1, muestra la distribución de las series de suelos identificadas en el área de estudio y su clasificación agrícola correspondiente.

II.5 USO ACTUAL DEL SUELO EN LA ZONA DE RIEGO

El uso del suelo en el área de proyecto es aprovechado para fines pecuarios, le sigue la práctica de la agricultura tanto de temporal como de riego y por último superficie enmontada. El uso pecuario ocupa un 50% del área y comprende las-

praderas y pastos naturales dedicados al tipo de ganadería de engorda extensiva.

La agricultura explotada de temporal ocupa una superficie del 40% del área siendo los cultivos principales el algodón, cártamo y maíz. La agricultura de riego que ocupa un 5% de área se avoca principalmente a hortalizas como cebolla, chile y tomate. La superficie enmontada corresponde al tipo de selva baja espinosa ocupando un 5% del área total.

PRESA TAMESI TAMPIS

CUADRO II.4.1

A) SERIES DE SUELOS IDENTIFICADAS EN LA ZONA DE RIEGO

SERIE	SUPERFICIE (HA)	%
Margosa	38900	64.8
Mendez	11625	19.4
Los Planes	2630	4.4
Velazco	2450	4.1
Barranco	2230	3.7
Las Flores	900	1.5
Lomas del Real	465	0.8
Zona Urbana	800	1.3

B) CLASIFICACION DEL SUELO CON FINES DE RIEGO

CLASE	SUPERFICIE (HA)	%
Primera	3900	6.5
Segunda	48800	81.3
Tercera	2660	4.5
Cuarta	3840	6.4
Zona Urbana	800	1.3

CAPITULO III ANALISIS HIDROLOGICO

III.1 HIDROMETRIA

Las entradas al vaso Tamesí se obtuvieron a un régimen futuro hasta el sitio del embalse, después de considerar la operación aguas arriba de las presas San Lorenzo y Estu -- diante Ramiro Caballero, con sus retornos de riego respectivos, así como los que parcialmente aportará la zona agrícola del sistema Pujal Coy.

Se dispone de registros sobre escurrimientos del río Tamesí en las estaciones hidrométricas Magiscatzin y Tamesí, -- con áreas de cuenca de 10968 y 14923 Km² respectivamente. -- Hasta el sitio del proyecto la superficie asciende a 16817 -- Km².

La estación Magiscatzin inició su operación a partir de enero de 1954 y Tamesí en junio de 1973. El resumen anual de sus escurrimientos se muestra en el cuadro III.1.1.

La hidrometría en Tamesí, no fué considerada para el presente estudio, debido al corto período que cubre y al hecho de localizarse prácticamente a la entrada de la zona lagunaria, por lo que sus aforos se han reportado alterados en algunas ocasiones por remanso al presentar el cauce en este tramo una pendiente muy pequeña y una sección hidráulica demasiado grande que dificulta estimar la velocidad de la corriente por los métodos tradicionales. Se adoptarán por lo consiguiente los registros de Magiscatzín con el período disponible de 30 años completos (1954 - 1983).

III.1.1 Régimen ajustado de escurrimiento hasta el sitio de proyecto.

Se integró de la siguiente forma:

- Deducción del régimen de escurrimiento ajustado de la corriente (o sin aprovechamientos) hasta la estación Magiscatzin y del aporte por tramo Magiscatzin-Presa Tamesí.
- De Magiscatzin, se restaron los volúmenes utilizados por los Dtos. de Riego Xicotécatl y Las Animas, considerando demandas teóricas de proyecto.
- A los volúmenes sobrantes en Magiscatzin se agregaron los retornos agrícolas de dichas zonas de riego; los aportes por cuenca entre la estación Magiscatzin y la presa Tamesí y por último, el drenaje agrícola del proyecto Pujal-Coy que se integra en este tramo a la corriente principal.

Escurremientos entre la estación Magiscatzin y la presa Tamesí.

La aportación por cuenca entre Magiscatzin y la presa Tamesí ($A = 5849 \text{ km}^2$) se estimó a partir de la relación lluvia-escorrimento del tramo definido entre Magiscatzin y las hidrométricas San Gabriel, Sabinas, río Frío y Mante, ubicas aguas arriba de aquella y entre las cuales se encierra una cuenca de 2707 km^2 (ver gráfica II). Dentro de éste tramo se localizan las derivadoras El Conejo y Saca de Agua que pertenecen a los Dtos. de Riego de Xicoténcatl y las Animas respectivamente. Ambos tramos presentan características topográficas y de cobertura vegetal similares por lo que su comportamiento resulta análogo. El Cuadro III.1.1.1 contiene las características de las estaciones hidrométricas consideradas.

Los escurrimientos anuales por tramo de cuenca entre Magiscatzin y las hidrométricas San Gabriel, Sabinas, río Frío y Mante, se muestra en la última columna del Cuadro III.1.1.2 para el período común observado 1960 - 1983, los cuales resultaron de sustraer a los registros anuales de Magiscatzin los correspondientes a las estaciones mencionadas posteriormente y adicionando los volúmenes derivados en El Conejo y Saca de Agua.

Volumen Llovido.- Se determinó con la precipitación-media anual de cada tramo de cuenca obtenida mediante una distribución por Thiessen de las estaciones climatológicas localizadas en el área de interés. Con las áreas de cuenca y láminas anuales se formó el Cuadro III.1.1.3 el cual contiene el volumen llovido por tramo.

Relación Lluvia-Escorrimento

Deducidos los escurrimientos en el período 1960-1983 y los volúmenes llovidos, del tramo Magiscatzin y las hidrométricas mencionadas, se determinaron los coeficientes de escu-

rrimiento anuales.

$$C_e = \frac{V_e}{VLL} =$$

C_e = Coeficiente de Escurrimiento
 V_e = Volumen escurrido
 VLL = Volumen llovido

Con la pareja de valores "Coeficientes de escurrimiento-precipitaciones anuales" se efectuó un análisis de correlación considerando al coeficiente de escurrimiento (C_e) como variable dependiente y la precipitación del tramo (hp) como variable independiente, de donde se adoptó el mejor coeficiente de correlación de las siguientes ecuaciones:

Lineal; $Y = a + bx$
 Logarítmica; $Y = a + b \ln x$
 Exponencial; $Y = a e^{bx}$
 Potencial; $Y = a x^b$

El coeficiente de correlación fué de 0.8749 con la ecuación siguiente:

$$C_e = 4.2862 (hp)^{2.5594} \times 10^{-7}$$

Sustituyendo las precipitaciones anuales del tramo Magiscatzin-presa Tamesí en la ecuación anterior, se calcularon los coeficientes de escurrimientos anuales del período 1954-1983. El producto con los volúmenes llovidos proporcionó los escurrimientos de dicho tramo que se muestran en el cuadro III.1.1.4. El escurrimiento bruto o ajustado hasta el sitio de la presa a nivel anual se muestra en la columna cuatro del cuadro III.1.1.5 el cual resulta de agregar a los escurrimientos observados en Magiscatzin el aporte por tramo Magiscatzin-Tamesí deducido anteriormente, así como las extracciones históricas de las derivadoras El Conejo y Saca de Agua (esta última desde 1977).

En el período 1954-1983 el volumen medio anual de aportaciones al vaso fué de $3536 \bar{m}$ de m^3 .

III.1.2. Volúmenes del río Tamesí utilizados por derivación.

Son los volúmenes derivados a las presas San Lorenzo y E. Ramiro Caballero en los sitios El Conejo y Saca de Agua respectivamente. La primera de ellas se encuentra en construcción y E.R. Caballero en la etapa de integración de su superficie disponible de riego, por lo cual se consideran como volúmenes derivados, aquellos que se relacionan en el Cuadro III.1.1.5 (Cols. 5 y 6) que corresponde parcialmente a hidro-metría adoptada para el diseño de dichas obras, actualizada en los últimos años en función de la capacidad de los canales alimentadores (40 y 100 m^3 /seg respectivamente) y al volumen disponible en la estación Magiscatzin.

Durante el período 1954-1983, los volúmenes medios derivados a las presas San Lorenzo y E.R. Caballero fueron de 216.8 y 746.6 \bar{m} de m^3 respectivamente.

III.1.3 Retornos por drenaje Agrícola al río Tamesí

Representan los remanentes de agua de una zona agrícola que se traducen como drenaje. Su valor depende de factores relacionados con la eficiencia en la conducción y aplicación de las láminas de riego, topografía, precipitación pluvial, permeabilidad de los suelos, etc.

De un volumen determinado para una área de riego se tiene el factor de drenaje (F.D.) correspondiente.

Factor de Drenaje = 1- Eficiencia de riego

Como apoyo para adoptar la fracción de drenaje más conveniente, se consideraron los análisis efectuados al respecto en los Distritos de riego de río Frío, Mante y Xicotencatl, en donde para un conjunto de 25 000 ha., se obtuvieron durante los meses de estiaje fracciones de drenaje variables desde 0.8 a 0.4. El promedio obtenido en tres estaciones de estiaje fué de 0.6, que implica una eficiencia total del 40%, lo cual resulta un tanto baja con relación a las eficiencias de proyecto de los desarrollos contemplados en la zona, que varían entre el 50 al 65%.

A fin de no sobrestimar el monto de los volúmenes de las áreas de riego que contribuirán con drenaje al río Tamesí, se considera una fracción uniforme de 0.3, equivalente a una eficiencia del 70%.

Las áreas aportadoras se integran por 16 700 ha del distrito de Xicotencatl y 54 700 ha de Las Animas. Se adiciona, el drenaje de fuentes externas a la cuenca del río Tamesí generados del proyecto Pujal-Coy; De la 1a. etapa con una área total de 72 000 ha, 35 600 drenarán al río Tamesí de la unidad de riego Tulillo-Chapacao. De la 2a. etapa del proyecto que se integra por 220 000 ha, producirán retornos de riego 102 550 comprendidas dentro de la unidad La Ceiba, abastecida por la planta de bombeo del mismo nombre que permitirá librar el parteaguas Pánuco-Tamesí.

Por otro lado, parte de la superficie de riego de la presa Tamesí, producirá retornos al propio vaso de almacenamiento, sin embargo no se incluyen como utilizables a fin de tener un cierto grado de seguridad.

El Cuadro III.1.3.1, contiene la relación de las -

superficies aportadoras de drenaje al río Tamesí que ascienden en conjunto a 209 550 ha, con un retorno anual de riego de $801.1 \bar{m}$ de m^3 . La gráfica III, muestra la distribución en la zona de las superficies mencionadas.

III.1.4 Entradas Totales al Vaso

Volviendo al Cuadro III.1.1.5, se muestra el resumen anual de los volúmenes que integran el volumen total disponible de la presa Tamesí: los volúmenes escurridos (cols. 1 a 4); derivados (cols. 5 y 6) y retornos de riego (cols. 8 a 10). La columna 11 contiene las entradas totales al vaso.

Durante el lapso 1954-1983 se obtuvo un volumen medio anual de $3371.5 \bar{m}$ de m^3 . El Cuadro III.1.4.1 muestra el régimen mensual de los escurrimientos hasta el sitio del proyecto.

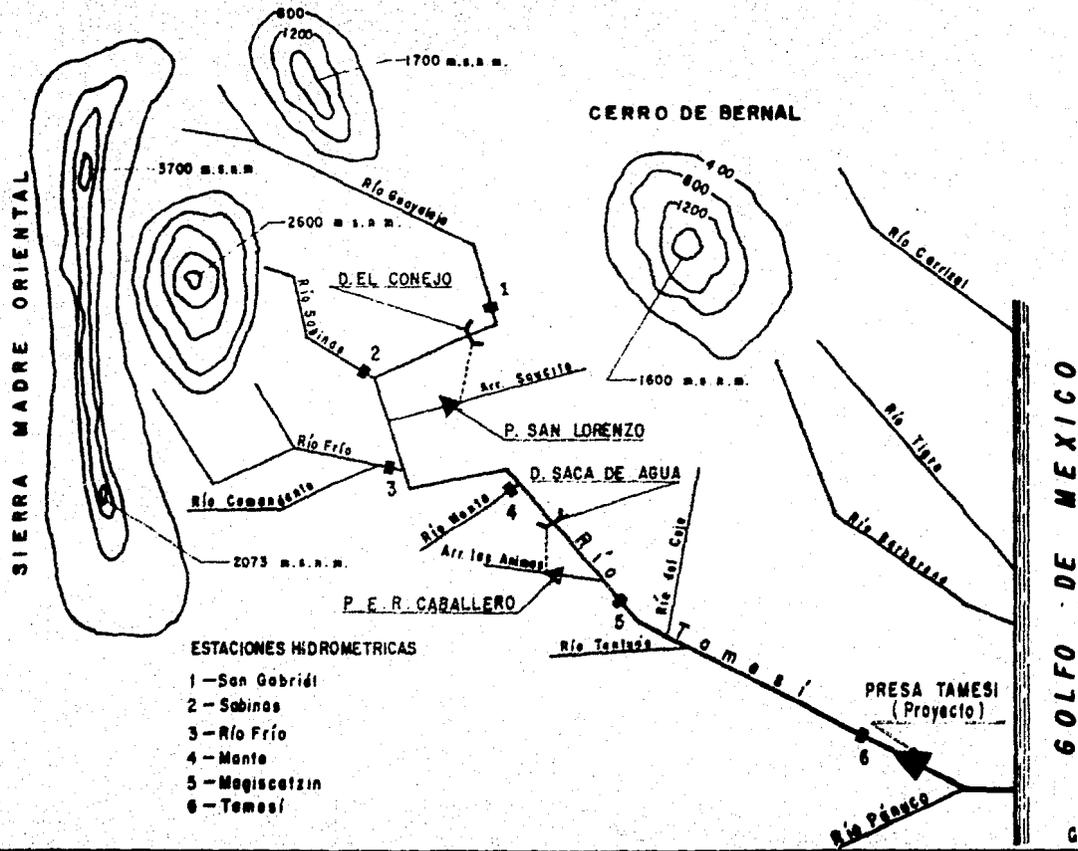
ESCURRIMIENTOS DEL RIO TAMESI

(vols. en m^3)

CUADRO III.1.1

Año	Est. Maqiscatzin	Est. Tamesí
1954	1834	
1955	4621	
1956	2406	
1957	1094	
1958	2764	
1959	2348	
1960	1375	
1961	1967	
1962	1357	
1963	1160	
1964	1389	
1965	1799	
1966	3746	
1967	2489	
1968	1828	
1969	2234	
1970	3772	
1971	3042	
1972	3657	
1973	4195	
1974	1902	3100
1975	2652	2867
1976	5539	5963
1977	2244	2738
1978	2054	2473
1979	1563	
1980	1226	
1981	2203	
1982	1981	
1983	2422	
Máximo	5539	
Medio	2429	
Mínimo	1094	

ESQUEMA HIDROGRAFICO DEL RIO TAMESI



ESTACIONES HIDROMETRICAS

- 1 - San Gabriel
- 2 - Sabinas
- 3 - Río Frío
- 4 - Monte
- 5 - Magiscetzin
- 6 - Tamesí

GOLFO DE MEXICO

CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS ESTACIONES HIDROMETRICAS QUE
OPERAN DENTRO DEL AREA DE ESTUDIO

CUADRO III.1.1.1

ESTACION	LOCALIZACION	CORRIENTE	INICIO DE OPERACION	AREA DE CUENCA (km ²)	ESC. MEDIO ANUAL (mill. m ³)
SAN GABRIEL	23°01' - 98°47'	R. Tamesí	1942	4937	317
SABINAS	23°02' - 99°05'	R. Sabinas	1960	497	520
RIO FRIO	22°50' - 99°01'	R. Frío	1960	2785	1055
MANTE	22°43' - 99°00'	R. Mante	1927	42	117
MAGISCATZIN	22°48' - 98°43'	R. Tamesí	1954	10968	2429
<u>EXTRACCION EN DERIVADORAS</u>					
EL CONEJO ¹⁾	-	Canal Ppal Xicotencatl	1948	-	96
SACA DE AGUA ²⁾	-	-	1977	-	86

¹⁾ Deriva hacia el Dto. de Riego de Xicotencatl.

²⁾ Deriva hacia la presa Estudiante R. Caballero (Las Animas)

APORTACION POR TRAMO MAGISCATZIN Y LAS HIDROMETRICAS

SAN GABRIEL, SABINAS, RIO FRIO Y MANTE

(MILLONES DE M³)

CUADRO III.1.1.2

AÑO	ESCURRIMIENTO DE SUBCUENCAS				TOTAL	EXTRACCIONES		ESTACION MAGISCATZIN	APORTE POR TRAMO
	GABRIEL	SABINAS	RIO FRIO	MANTE		SACA DE AGUA	EL CONEJO		
1960	204.1	398.7	548.1	87.7	1238.6		122.1	1375.2	258.7
1961	286.4	513.2	809.2	201.9	1810.7		116.8	1967.5	273.6
1962	258.6	357.3	570.9	104.6	1291.4		105.1	1357.3	181.0
1963	150.9	260.8	626.7	89.4	1127.8		96.6	1159.8	128.6
1964	130.0	328.2	682.8	158.4	1299.4		90.3	1389.2	180.1
1965	127.9	389.5	922.2	137.7	1577.8		69.3	1799.4	290.9
1966	607.7	810.1	1540.9	196.0	3154.7		101.1	3746.5	692.9
1967	585.8	503.2	973.5	204.8	2267.3		89.5	2489.2	311.4
1968	292.7	357.5	860.7	210.4	1721.3		108.1	1827.8	214.6
1969	364.0	463.8	1035.1	219.6	2082.5		107.2	2234.1	258.8
1970	653.2	717.8	1376.3	280.5	3027.8		93.0	3772.5	837.7
1971	429.1	561.6	1352.2	242.1	2585.0		109.3	3041.7	566.0
1972	577.5	813.5	1617.0	235.4	3243.4		103.8	3657.0	517.4
1973	581.1	803.1	1798.5	279.1	3461.8		79.9	4195.0	813.1
1974	349.2	406.3	608.1	143.2	1506.8		91.2	1901.6	486.0
1975	487.3	566.8	576.0	213.2	1843.3		77.1	2652.0	885.8
1976	847.5	1125.4	941.3	431.5	3345.7		91.9	5539.5	2285.7
1977	369.3	431.9	881.8	178.6	1861.6	92.8	90.4	2243.9	565.5
1978	578.4	473.4	767.0	114.7	1933.5	68.0	85.0	2053.8	273.3
1979	417.8	388.9	587.6	77.9	1472.2	51.0	86.8	1563.1	228.7
1980	293.4	263.2	532.1	54.8	1143.5	87.0	87.2	1226.4	257.1
1981	469.2	445.8	901.6	160.0	1976.6	98.0	91.0	2203.4	414.8
1982	439.7	392.8	958.2	170.1	1960.8	101.0	88.4	1981.2	209.8
1983	673.0	592.0	1005.0	224.0	2194.0	106.0	97.0	2422.7	431.7

PRECIPITACIONES Y VOLUMENES LLOVIDOS ANUALES EN EL TRAMO
MAGISCATZIN - SAN GABRIEL, SABINAS, RIO FRIO Y MANTE Y EL
TRAMO MAGISCATZIN - PRESA TAMESI

CUADRO III.1.1.3

AÑO	T R A M O		T R A M O	
	MAGISCATZIN-SAN GABRIEL, SABINAS, RIO FRIO Y MANTE		MAGISCATZIN - PRESA TAMESI	
	A. de Cuenca 2707 km ²		A. de Cuenca 5849 km ²	
	Precipitación media (hp) (mm)	Volumen llovido (mill.m ³)	Precipitación media (hp) (mm)	Volumen llovido (mill.m ³)
1954	881	2 384.9	840	4 913.2
55	1 010	2 734.1	1 271	7 434.1
56	1 009	2 731.4	899	5 258.2
57	713	1 930.1	645	3 772.6
58	1 066	2 885.7	1 040	6 083.0
59	1 048	2 836.9	897	5 246.5
1960	758	2 051.9	603	3 526.9
61	875	2 368.6	829	4 848.8
62	756	2 046.5	811	4 743.5
63	699	1 892.2	609	3 562.0
64	798	2 160.2	535	3 129.2
65	922	2 495.3	712	4 164.5
66	1 043	2 823.4	1 067	6 240.9
67	864	2 338.8	946	5 533.1
68	824	2 230.6	395	5 234.8
69	869	2 352.4	913	5 340.1
1970	1 146	3 102.2	1 006	5 884.1
71	950	2 571.6	896	5 240.7
72	996	2 698.2	965	5 644.3
73	1 192	3 226.7	1 370	8 013.1
74	1 010	2 734.1	1 118	6 539.2
75	948	2 566.2	927	5 422.0
76	1 373	3 716.7	1 215	7 106.5
77	900	2 436.3	794	4 644.1
78	962	2 604.1	854	4 995.0
79	930	2 517.5	880	5 147.1
1980	890	2 409.2	786	4 597.3
81	865	2 341.6	861	5 035.9
82	914	2 474.2	898	5 252.4
83	1 011	2 736.8	315	4 766.9

RELACION LLUVIA - ESCURRIMIENTO DEL TRAMO
MAGISCATZIN Y LA PRESA TAMESI

(A. cuenca 5849 km²)

CUADRO III.1.1.4

AÑO	Precipitación media (hp) (mm)	Volumen llovido (mill. m ³)	Coefficiente de Escrurrimiento (Ce)	Volumen Escrurrido (mill. m ³)
1954	840	4 913.2	13.1	643.6
55	1 271	7 434.1	37.7	2 795.1
56	899	5 258.2	15.5	815.0
57	645	3 772.6	6.6	249.0
58	1 040	6 083.0	22.6	1 374.7
59	897	5 246.5	15.5	813.2
1960	603	3 526.9	8.3	292.7
61	829	4 848.8	12.6	610.9
62	811	4 743.5	11.9	564.5
63	609	3 562.0	6.7	238.6
64	535	3 129.2	3.6	243.1
65	712	4 164.5	8.6	358.1
66	1 067	6 240.9	24.1	1 504.0
67	946	5 533.1	17.7	979.3
68	895	5 234.8	15.4	806.1
69	913	5 340.1	16.2	865.1
1970	1 006	5 884.1	20.7	1 218.0
71	896	5 240.7	15.3	806.8
72	965	5 644.3	18.6	1 049.6
73	1 370	8 013.1	45.7	3 662.0
74	1 118	6 539.2	27.2	1 778.7
75	927	5 422.0	16.8	910.9
76	1 215	7 106.5	33.6	2 387.8
77	948	5 544.8	11.3	626.9
78	854	4 995.0	13.6	679.3
79	880	5 147.1	14.7	756.0
1980	786	4 597.3	11.0	505.7
81	861	5 035.9	13.9	700.0
82	898	5 252.4	15.5	814.0
83	815	4 766.9	12.1	576.8

Promedio 988

VOLUMENES ANUALES DE EXTRACCION Y RETORNOS DE RIEGO A LA CORRIENTE DEL RIO TAMESI

(millones de m³)

CUADRO III.1.1.5

AÑO	DER. EL CONEJO	EST. MAGISCATZIN	TRAMO MAGISCATZIN TAMESI	VOLUMEN BRUTO (1+2+3)	DERIVADO		VOL. APROVECHABLE	RETORNOS DE RIEGO			VOL NETO
					SAN LORENZO	ANIMAS	(4) - (5+6)	SAN LORENZO	ANIMAS	PUJA-COY I y II	TOTAL (7+8+9+10)
					1	2	3	4	5	6	7
1954	85.2	1833.6	643.6	2562.4	255.8	759.1	1547.5	61.8	216.6	522.7	2348.6
55	72.2	4621.5	2795.1	7408.8	265.5	724.2	6499.1	61.8	216.6	522.7	7300.2
56	142.4	2406.2	815.0	3363.6	226.3	750.8	2386.5	61.8	216.6	522.7	3187.6
57	132.2	1094.5	249.0	1475.7	166.2	761.3	548.2	61.8	216.6	522.7	1349.3
58	123.5	2764.4	1374.7	4262.6	287.3	743.4	3231.9	61.8	216.6	522.7	4033.0
59	117.5	2347.6	813.2	3278.3	223.9	752.2	2302.2	61.8	216.6	522.7	4103.3
1960	122.0	1375.2	292.7	1789.9	203.2	758.8	827.9	61.8	216.6	522.7	1629.0
61	116.6	1967.5	610.9	2695.0	222.8	765.9	1706.3	61.8	216.6	522.7	2507.4
62	105.1	1357.3	564.5	2008.9	192.5	757.2	1059.7	61.8	216.6	522.7	1878.3
63	96.5	1159.8	238.6	1494.9	149.9	763.6	581.4	61.8	216.6	522.7	1382.5
64	90.2	1389.2	243.1	1722.5	129.0	766.3	827.2	61.8	216.6	522.7	1628.3
65	69.4	1799.4	358.1	2226.9	127.9	776.5	1326.5	61.8	216.6	522.7	2129.6
66	100.9	3746.2	1504.0	5351.1	337.6	766.0	4247.5	61.8	216.6	522.7	5048.6
67	89.1	2489.2	979.3	3557.6	243.2	773.8	2512.6	61.8	216.6	522.7	3341.7
68	108.1	1827.8	806.1	2742.0	223.6	757.5	1760.9	61.8	216.6	522.7	2562.0
69	107.2	2234.1	865.1	3206.4	224.2	764.8	2217.4	61.8	216.6	522.7	3018.5
1970	92.9	3772.5	1218.0	5081.4	220.9	744.0	4113.5	61.8	216.6	522.7	4914.6
71	104.2	3041.7	806.8	3957.7	225.0	760.5	2972.2	61.8	216.6	522.7	3773.4
72	103.2	3657.0	1049.8	4810.0	212.2	770.1	3827.7	61.8	216.6	522.7	4628.8
73	79.9	4195.0	3662.0	7936.9	219.9	613.3	7103.7	61.8	216.6	522.7	7904.8
74	31.1	1901.6	1778.5	3771.2	220.5	736.3	2814.4	61.8	216.6	522.7	3615.5
75	77.1	2652.0	910.9	3640.0	217.3	754.8	2668.8	61.8	216.6	522.7	3469.0
76	91.9	5539.5	2387.8	8019.3	203.3	764.4	7046.6	61.8	216.6	522.7	7847.6
77	183.2	2243.9	626.9	3054.0	221.3	767.8	2664.9	61.8	216.6	522.7	2866.0
78	153.0	2053.8	679.3	2886.1	225.3	749.4	1911.4	61.8	216.6	522.7	2712.5
79	137.8	1563.1	756.0	2456.9	205.2	722.7	1529.0	61.8	216.6	522.7	2330.1
1980	174.2	1226.3	505.6	1906.1	190.0	710.1	1006.0	61.8	216.6	522.7	1607.1
81	184.0	2293.4	700.0	3092.4	230.2	714.0	2148.2	61.8	216.6	522.7	2949.3
82	189.4	1981.2	814.0	2984.6	224.6	730.0	2030.0	61.8	216.6	522.7	2831.1
83	204.0	2422.7	576.8	3202.5	240.0	716.0	2246.5	61.8	216.6	522.7	3047.6

Nota: A partir de 1977 se adicionan las extracciones en la Derivadora Saca de Agua.

SUPERFICIES DE RIEGO QUE CONTRIBUYEN CON
DRENAJE AL RIO TAMESI.

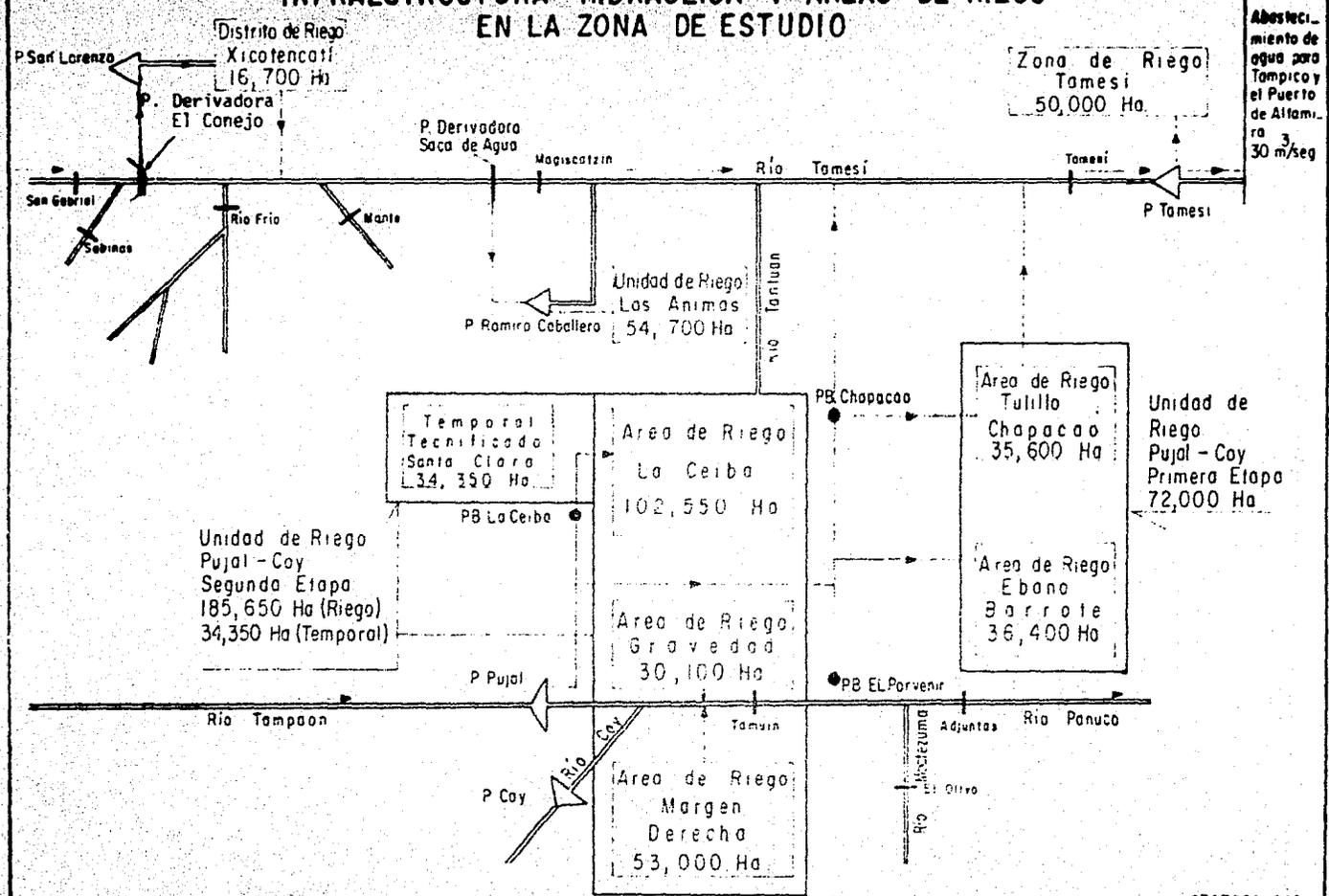
CUADRO III.1.3.1

ZONA DE RIEGO	FUENTE DE APROVECHAMIENTO	SUPERFICIE TOTAL (HA)	SUPERFICIE CON DRENAJE AL RIO TAMESI (HA)	%	DEMANDA DE RIEGO ANUAL (MILLM ³)	RETORNOS AGRICOLAS (MILLM ³)
Xicotencatl	R. Tamesi	16700	16700	100	206	61.8
Animas	R. Tamesi	54700	54700	100	722	216.6
Pujal-Coy I	R. Tampaon	72000	35600	49	1000	147.0
Pujal-Coy II	R. Tampaon y Coy	220000 *	102550	55	2277	375.7
Total		439220	209550			

* Incluye 34350 Ha de Temporal Tecnicificado que no se considera en la demanda.

Se considera un factor de drenaje (F.D) constante para todas las áreas igual a 0.3 con relación a la demanda respectiva.

INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA Y AREAS DE RIEGO EN LA ZONA DE ESTUDIO



GRAFICA III

ESCURRIMIENTOS TOTALES AL VASO TAMESE
(millones de m³)

CUADRO III.1.4.1

AÑO MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1954	72.9	75.9	63.6	55.9	100.6	117.9	221.1	280.4	213.5	843.9	196.9	106.0	2348.6
55	94.5	84.3	74.0	56.5	75.6	76.5	1004.3	795.0	2589.1	1873.3	346.6	230.5	7300.2
56	124.0	104.3	89.3	82.5	136.7	591.1	630.6	489.6	429.1	169.6	230.6	110.2	3187.6
57	89.5	103.5	71.7	56.4	92.9	108.1	100.7	127.0	224.7	262.7	82.1	90.0	1349.3
58	98.3	112.9	77.5	53.3	87.4	232.0	890.0	369.3	761.4	722.0	429.5	239.4	4033.0
59	148.5	89.9	79.2	65.1	82.1	272.8	286.1	466.9	394.0	938.4	170.6	110.4	3103.0
1960	90.5	73.5	64.5	53.7	70.4	76.6	191.3	241.4	235.6	239.4	102.7	89.4	1629.0
61	74.8	74.2	65.4	52.0	68.4	589.6	357.1	587.4	308.9	152.4	82.6	94.6	2507.4
62	87.5	74.9	64.6	54.8	71.1	468.5	256.5	121.1	277.1	176.5	103.2	111.6	1378.3
63	72.0	63.8	60.0	48.6	70.1	86.0	259.0	199.4	172.4	178.7	87.4	90.1	1382.5
64	82.4	81.8	59.4	48.8	203.4	139.6	132.5	140.9	402.5	176.8	99.8	89.5	1628.3
65	84.3	74.5	61.2	50.4	74.0	78.7	214.1	590.6	376.9	301.3	131.3	93.2	2129.6
66	95.0	97.8	92.5	63.8	79.5	1126.7	924.0	561.2	251.0	1439.2	200.1	117.8	5048.6
67	95.4	95.6	87.6	70.7	74.1	115.6	123.5	516.0	1023.2	613.5	377.3	149.2	3341.7
68	110.1	103.9	91.1	73.4	119.1	128.0	253.9	582.5	393.5	454.6	132.0	119.4	2562.0
69	92.6	82.1	76.2	64.9	84.9	159.6	336.4	351.0	985.6	558.6	113.7	112.9	3018.5
1970	90.7	85.9	79.6	58.2	69.5	664.6	1282.7	493.6	1398.1	467.4	112.9	111.4	4914.6
71	89.5	86.0	70.2	55.2	78.4	621.4	548.8	535.9	673.0	753.0	146.0	116.0	3773.8
72	100.0	84.1	90.3	70.0	205.2	852.9	1227.6	620.4	709.9	464.5	136.9	116.4	4628.8
73	178.2	127.4	124.8	92.0	104.4	1312.2	1549.9	1273.9	1115.9	1419.0	360.7	246.4	7904.8
74	146.2	117.2	138.4	99.0	127.2	249.6	871.2	332.5	825.6	378.6	183.5	143.5	3615.5
75	84.4	83.8	69.7	53.8	83.0	150.3	943.9	569.2	885.5	258.5	179.1	111.8	3469.0
76	94.9	91.5	73.4	62.4	102.7	126.0	4653.4	509.4	969.6	409.8	262.8	191.7	7847.6
77	118.3	98.5	81.6	85.7	111.5	374.4	149.5	201.3	1120.9	240.4	147.1	136.8	2866.0
78	93.2	87.9	76.6	62.2	94.7	127.1	211.6	170.1	635.9	621.3	154.3	127.7	2712.5
79	66.8	27.8	59.1	72.3	80.6	237.1	231.9	297.4	311.5	350.6	116.3	338.7	2330.1
1980	147.9	129.0	103.2	63.6	132.4	75.6	93.4	326.7	146.7	320.2	126.2	132.2	1807.1
81	161.1	142.6	94.8	86.9	169.0	694.1	485.5	393.7	272.9	170.9	160.1	117.7	2949.3
82	123.9	136.5	102.6	85.3	135.2	256.9	344.2	340.3	581.1	440.1	169.5	115.5	2831.1
83	78.5	84.9	72.4	58.5	104.4	270.0	499.2	446.3	553.7	579.1	167.5	133.1	3047.6

Promedio 3371.5

III.2 CLIMA EN EL AREA DE RIEGO Y EMBALSE DEL VASO

Se seleccionaron como representativas de las características hidroclimatológicas presentes en la zona de estudio, los datos medios de lluvia, temperatura y evaporación registrados en las estaciones Los Tomates y Esteros. Aquella enclavada actualmente dentro del área inundable por el vaso en proyecto y Esteros localizada en el límite colindante de éste y la futura zona de riego.

En una primera parte, dicha información fue utilizada para el cálculo de las demandas de riego de los cultivos y posteriormente en la determinación de las evaporaciones netas mensuales (Lluvia menos Evaporación) del vaso de almacenamiento para el período de análisis considerado de 30 años completos (1954-1983).

El resumen mensual de la lluvia, temperatura y evaporación es:

M E S	LLUVIA (mm)	TEMPERATURA (°C)	EVAPORACION (mm)
ENERO	22.6	18.8	62.1
FEBRERO	15.8	19.7	81.1
MARZO	8.7	22.8	128.8
ABRIL	12.1	25.7	154.6
MAYO	31.0	27.5	180.9
JUNIO	146.8	27.8	162.5
JULIO	97.6	27.3	172.2
AGOSTO	128.1	27.9	162.2
SEPTIEMBRE	175.8	27.1	116.6
OCTUBRE	73.9	25.1	105.8
NOVIEMBRE	25.8	22.1	76.1
DICIEMBRE	28.2	19.9	65.9
A N U A L	766	24.3 ^{1/}	1469

^{1/} Promedio mensual

III.3 DEMANDAS DE RIEGO Y USO URBANO E INDUSTRIAL

Superficie Disponible de Riego

Para estimar las demandas de riego de una zona de pro
yecto se formula un plan de cultivos adecuado a las condicio-
nes locales de suelo, clima y mercado auxiliándose con la cla-
sificación agrícola de los suelos, con objeto de definir el
área que cubre cada cultivo y el calendario agrícola.

En el presente estudio se adoptó la cédula del Cuadro
III.3.1.1 basada en los cultivos más comunes contemplados en
las zonas de Pujal-Coy y Las Animas, que guardan característi-
cas semejantes de clima y agrología con el área de interés.
Este programa se estructuró para una superficie de riego de -
50 000 ha. físicas, con 16 800 de repetición con un índice de
intensidad de cultivo de 1.34.

III.3.1 Demandas de Riego

Representan las cantidades de agua que se requieren -
dar en forma controlada a los cultivos, excluyendo la preci-
pitación aprovechable, para lograr el desarrollo de transpira-
ción de las plantas, contrarestando la evaporación en el te-
rreno irrigado y las pérdidas por infiltración profunda. Es-
tas demandas se consideran aplicadas teóricamente a nivel par-
cela por lo cual para transportarlas a nivel de la fuente de
abastecimiento es necesario incrementar en una cantidad deter-
minada para compensar las pérdidas en la conducción y red de
distribución.

Conocida esta cantidad de agua, se pueden proporcionar
los riegos en el tiempo y magnitud debidos, es decir, de manera
que no falte para el desarrollo normal de los cultivos ni se pro-

**PATRON DE CULTIVOS
DIAGRAMA DE BARRAS**

CUADRO III.3.1.1

CULTIVO	AREA	E	F	M	A	M'	J	J'	A'	S	O	N	D
OTOÑO-INV													
CARTAMO	4500	█	█	█								█	█
SORGO	12000	█	█	█								█	█
MAIZ	8000	█	█	█								█	█
TRIGO	500	█	█	█								█	█
FRIJOL	2400											█	█
GIRASOL	100	█										█	█
SANDIA	500	█										█	█
	26000												
PRIM-VER													
SOYA	4000							█	█	█			
SORGO	3500							█	█	█			
MAIZ	3000					█	█	█	█	█			
AJONJOLI	100		█	█	█	█	█	█	█	█			
ARROZ	100											█	█
ALGODON	100											█	█
CHILE	600				█	█	█	█	█	█			
TOMATE	600				█	█	█	█	█	█			
	12000												
PERENNES													
ALFALFA	2000	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
AGUACATE	7000	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
FRUTALES	1000	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
PASTOS	5000	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	10000												
2º CULTIVO													
AVENA	1500							█	█	█	█		
FRIJOL	2500							█	█	█	█		
CEBADA	2500					█	█	█	█	█	█		
CEBOLLA	2500					█	█	█	█	█	█		
MAIZ	3500					█	█	█	█	█	█		
MELON	1500							█	█	█	█		
GARBANZO	1100							█	█	█	█		
ALGODON	100											█	█
TRIGO	300											█	█
CHILE	600											█	█
TOMATE	800											█	█
	16000												

TOTAL

35 600 35 500 35 600 31 200 20 300 26 200 36 400 38 100 28 600 19 900 18 000 17 700

duzcan excesos que puedan ser perjudiciales.

Para estimar las extracciones de riego a la presa de almacenamiento se determinan los siguientes puntos:

- Uso Consuntivo
- Precipitación aprovechable o efectiva
- Eficiencia de riego
- Demandas volumétricas

USO CONSUNTIVO

Es la cantidad de agua que se consume por concepto de evaporación directa del suelo adyacente a las plantas, más la que requieren para la formación de sus tejidos y transpiración.

Algunos factores que influyen en el uso consuntivo, son:

Precipitación.- Si esta se presenta en la época de crecimiento puede parcialmente ser aprovechada y reducir las demandas de riego. Las menores de 10 mm casi no aumentan la humedad del suelo para el aprovechamiento de las plantas y se pierden por evaporación, por otra parte las precipitaciones demasiado intensas pueden perderse en gran parte al escurrir superficialmente.

Temperatura.- Es de los aspectos más importantes que intervienen en el desarrollo de los cultivos. Las temperaturas muy bajas retardan su crecimiento y las demasiado altas producen un estado latente.

Latitud.- Durante el verano, debido a la inclinación del eje terrestre, las horas de luz diurna inciden mayormente

en las latitudes norte que en el ecuador, lo cual permite que durante los días más largos la transpiración continúe por un lapso mayor cada día, con lo cual se favorece la prolongación del período de crecimiento.

Los métodos para calcular el uso consuntivo de los cultivos se pueden clasificar en directos e indirectos.

Los primeros proporcionan el consumo total de agua requerida utilizando para ello instrumentos para su medición como por ejemplo, el lisímetro. Los segundos en forma indirecta permiten conocer el consumo de agua, con base a datos climatológicos y ciertos coeficientes empíricos que relacionan el efecto agua-planta suelo.

Dentro de éste último grupo, se incluye el método propuesto por los autores Blaney y Criddle, el cual es el más aplicado en México por proporcionar resultados razonables y a la accesibilidad de la información necesaria para su aplicación.

En el presente trabajo se utilizará el método de Blaney-Criddle para el análisis de las demandas de riego.

METODO DE BLANEY-CRIDDLE

Estos autores proponen la ecuación:

$$u_c = K_g F; \quad - - - (E_c - 1)$$

EN DONDE:

u_c = Uso consuntivo del cultivo expresado como lámina en cm.

K_g = Coeficiente total de ajuste que depende del cultivo y de la ubicación de la zona.

$$F = \sum_{i=1}^n f; \text{ Factor de consumo de agua en cm.}$$

$$f = \frac{(T+17.8)}{21.8} p ; \text{ Valores mensuales en cm.}$$

T = Temperatura media mensual en °C

p = Porcentajes de horas-luz del mes con respecto al total anual en %

El método de Blaney-Criddle, fija límites probables de variación del coeficiente de uso consuntivo (Kg) para las especies más importantes, en donde dicho coeficiente es global. El Cuadro III.3.1.2, contiene una lista de los valores de Kg para diversos cultivos.

Por motivos prácticos, en un proyecto de riego la lámina de los cultivos se calcula a nivel mensual, para lo cual son utilizados los "coeficientes de desarrollo", que permiten conocer el coeficiente de uso consuntivo (Kc), en función del desarrollo de las plantas en porcentaje del ciclo total. Los coeficientes Kc se obtienen: de gráficas, en donde se relaciona sobre el eje de las abscisas el porcentaje del ciclo vegetativo del cultivo y en las ordenadas el coeficiente de desarrollo Kc (Gráfica IV). O bien, a partir del Cuadro III.3.1.3 con el producto de w (mensual) deducido de forma empírica para cada cultivo por el coeficiente total de ajuste Kg. Este segundo proceso se adopta en el presente trabajo para la obtención de los usos consuntivos.

Como una corrección propuesta por J.T. Phelan, se introduce el coeficiente térmico K_T de donde se determina un uso consuntivo modificado (UC') que se afecta por la lluvia efectiva local y la eficiencia de riego para deducir la lámina de riego total necesaria. Se desarrolla posteriormente con base al cultivo del cártamo el método de Blaney-Criddle.

Precipitación Efectiva

Nos representa aquella fracción de la precipitación pluvial que puede llegar a estar disponible en la zona ocupada por las raíces de las plantas, por lo tanto, suministra parte de las necesidades del uso consuntivo de un cultivo. Su contribución a las demandas de riego depende de varios factores, como la intensidad, duración y distribución de la lluvia; velocidad de infiltración en el suelo, cubierta vegetal, intervalo entre la precipitación y el riego, características topográficas, etc.

En términos generales no se dispone de toda la información necesaria para un análisis detallado de la precipitación efectiva. Adicionalmente tal concepto ha dado lugar a varios criterios en cuanto a la cantidad mínima y máxima de lluvia que puede ser aprovechada por cada cultivo.

Al respecto se propone adoptar el método que utiliza la Dirección de Distritos de Riego de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) que es el siguiente:

Con la estación o estaciones climatológicas representativas de la zona de estudio se ordenan de mayor a menor las lluvias mensuales del período de observación.

Una vez ordenada la lluvia mensual, se elige una probabilidad del 80% y el año que resulte proporciona la distribución mensual de la lámina efectiva buscada.

La ecuación es:

$$P = \frac{m}{n+1}$$

P = Probabilidad en %

m = Número de dato ordenado en forma progresiva de mayor a menor

n = Número total de datos (1954-1983 = 30 años)

Con el promedio de precipitación de las estaciones climatológicas Los Tomates y Esteros se ordenaron los datos de la forma descrita, de donde se obtuvo la precipitación efectiva siguiente con un 80% de probabilidad de ocurrencia.

M E S	Precipitación (mm)	
	MEDIA	EFECTIVA
Enero	22.6	0.2
Febrero	15.8	0.0
Marzo	8.7	0.0
Abril	12.1	0.0
Mayo	31.0	8.0
Junio	146.8	54.6
Julio	97.6	31.2
Agosto	128.1	56.2
Septiembre	175.8	104.5
Octubre	73.9	25.0
Noviembre	25.8	12.0
Diciembre	28.2	0.0
A n u a l	766.3	283.7

Eficiencia de Riego

De la sustracción Uso Consuntivo menos lluvia efectiva se determinan las láminas netas de riego, que deben incrementarse para compensar las pérdidas presentes en el aspecto operativo del manejo del agua desde la fuente de captación hasta el nivel de la parcela, mediante una eficiencia adecuada a las condiciones locales del aprovechamiento.

Las eficiencias para obras de riego, en términos generales varían del 40 al 80%. Las eficiencias bajas se tienen en canales de conducción y distribución en tierra permeable. Las eficiencias más altas suelen adoptarse para sistemas de riego altamente tecnificados como el de goteo, con topografía plana, suelo poco permeable, etc.

La eficiencia total del proyecto de riego se propone del 55% si se considera el aspecto operativo que incluye la conducción del agua mediante un canal revestido previo bombeo directo del propio vaso, y distribución en la zona de riego a través de canales revestidos (principales) y laterales en tierra. Las eficiencias parciales de conducción y parcelamiento son del 85 y 65% respectivamente.

Con las láminas brutas y la superficie correspondiente ocupada por cultivo, se determina el volumen parcial y acumulado de cada mes con lo que se conoce la distribución de extracciones a la presa de almacenamiento a través del año.

Con referencia al Cuadro III.3.1.4, se presenta el cálculo de las necesidades de riego del Cártamo, ler. cultivo de la cédula estructurada de proyecto.

Cultivo - Cártamo

Ciclo vegetativo - noviembre a marzo; 150 días

Columna 1 - Meses del año

Columna 2 - Temperatura media mensual

Columna 3 - Valores mensuales de (p). Representan los porcentajes de horas luz o insolación en el día - para cada mes del año en relación al número to-

tal en un año. En el Cuadro III.3.1.5, se muestran los valores de (p) en función de diversas latitudes norte. La latitud media de la zona de estudio es de 22°25'.

- Columna 4 - Valores de (f) para cada mes del año, obtenidos de la ecuación $f = \left(\frac{T+17.8}{21.8}\right)p$. Como el ciclo vegetativo comprende de noviembre a marzo se calcula la suma parcial $F = \sum_{i=1}^n f$.
- Columna 5 - Valores mensuales del coeficiente térmico K_T , obtenidos mediante la expresión $K_T = 0.03114 T + 0.2396$; T = Temperatura en °C.
- Columna 6 - Se muestran los coeficientes de desarrollo mensuales K_c . Para tal efecto el valor de (w) tabulado para el cártamo del Cuadro III.3.1.3 se multiplicó por el $K_g = 0.7$ del cultivo. Con esos productos se obtienen los K_c mensuales.
- Columna 7 - Contiene los usos consuntivos mensuales $u = (f)(K_T)(K_c)$. La suma ($\sum uc$) es de 41.34 que dividido entre $F = 67.35$ (col.4), es igual a $K = 0.61$. Diferente al $K_g = 0.7$ seleccionado, por lo cual es necesario un coeficiente de ajuste (K') que modifique los usos consuntivos ya encontrados.
- $$K' = \frac{K_g}{K} ; \quad K = \frac{\sum uc}{F}$$
- K = Coeficiente global obtenido
 K' = Coeficiente de ajuste
 K_g = Coeficiente seleccionado; 0.7
- Despejando
- $$K' = \frac{F}{\sum uc} K_g$$
- Columna 8 - Valores mensuales del uso consuntivo modifica-

do (K') (col.7) = Col. 8

- Columna 9 - Contiene las láminas de precipitación media mensual (mm).
- Columna 10 - Láminas de precipitación efectiva obtenida a un 80% de probabilidad de ocurrencia.
- Columna 11 - Láminas netas de riego (mm) = Col.8 menos Col.-10
- Columna 12 - Contiene las láminas brutas de riego.
Columna 12 = $\frac{\text{columna 11}}{\text{eficiencia}}$; Eficiencia = 55%

Con las láminas brutas (Col. 12) y la superficie ocupada (4500 ha.), se determina el volumen mensual necesario por el cultivo (col. 13).

En los Cuadros III.3.1.6, III.3.1.7 y III.3.1.8, aparecen los usos consuntivos, láminas netas y láminas brutas respectivamente de la cédula considerada, finalmente en el Cuadro III.3.1.9 se relacionan las demandas volumétricas.

La distribución mensual de las extracciones de riego, son las siguientes:

M E S	EXTRACCIONES DE RIEGO	
	Mill m ³	%
ENERO	32.4	5.1
FEBRERO	64.1	10.1
MARZO	91.2	14.3
ABRIL	69.6	11.0
MAYO	48.8	7.7
JUNIO	59.8	9.4
JULIO	95.5	15.0
AGOSTO	84.0	13.2
SEPTIEMBRE	24.8	3.9
OCTUBRE	28.6	4.5
NOVIEMBRE	18.8	3.0
DICIEMBRE	18.0	2.8
A N U A L	635.6	100.0

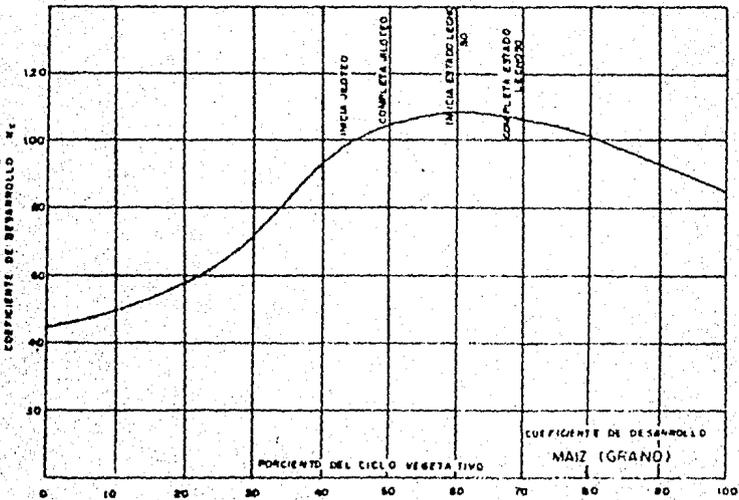
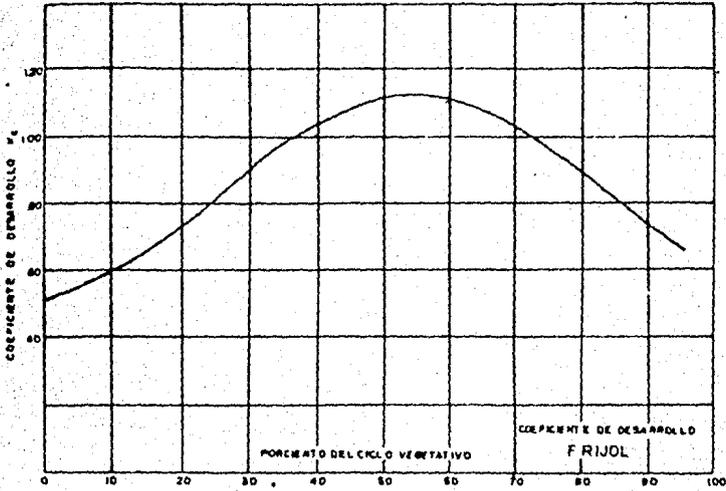
VALORES DEL COEFICIENTE K_g ESTACIONAL PARA DIVERSOS CULTIVOS.¹⁾

CUADRO III.3.1.2

CULTIVO	PERIODO VEGETATIVO	COEFICIENTE (K _g) DE USO CONSUMTIVO
Aguacate	Perenne	0.50 a 0.60
Alfalfa	Perenne	0.85 a 0.90
Algodón	6 a 8 meses	0.65 a 0.70
Arroz	5 a 7 meses	1.00 a 1.10
Caña de azúcar	Perenne	0.75 a 0.90
Cereales de grano pequeño (Alpiste, avena, trigo, centeno)	4 a 7 meses	0.75 a 0.85
Cítricos	Perenne	0.50 a 0.65
Cebolla	4 a 6 meses	0.65 a 0.70
Chile	4 a 6 meses	0.65 a 0.70
Frutales (guayabo, mamey, tamarindo)	Perenne	0.50 a 0.60
Frijol	3 a 5 meses	0.60 a 0.70
Garbanzo, haba	4 a 6 meses	0.60 a 0.70
Melón, Sandía	1 a 5 meses	0.65 a 0.70
Tomate	4 a 6 meses	0.65 a 0.75
Maíz	4 a 6 meses	0.75 a 0.85
Papa	4 a 5 meses	0.70 a 0.75
Semillas oleaginosas (ajonjolí, cacahuete, cártamo)	4 a 6 meses	0.65 a 0.75
Sorgo	4 a 6 meses	0.70 a 0.80
Soya	3 a 5 meses	0.60 a 0.70
Palma datilera	Perenne	0.65 a 0.80
Pastos	Perenne	0.80 a 0.85
Tabaco	5 a 6 meses	0.70 a 0.80
Zanahoria	3 a 5 meses	0.55 a 0.60

1) Fuente: Instructivo para la determinación de las demandas de riego en un campo de cultivo SARH. Sub. de Hidrología. 1979.

GRAFICA IV



Curvas de desarrollo del frijol y maiz para la obtención de K_c propuesta por el Dpto. de conservación de suelos de los Estados Unidos Fuente. Castilla (1965)

APLICACION DEL METODO DE BLANEY-CRIDDLE
 PARA LA OBTENCION DE LAS NECESIDADES
 DE RIEGO DE UN CULTIVO

CULTIVO Cártamo
 AREA 4500 Ha
 LATITUD 22°25'

PERIODO DE DESARROLLO (Noviembre-Marzo)
 COEFICIENTE GLOBAL DEL CULTIVO (Kg) 0.70
 EFICIENCIA 55%

CUADRO III.3.1.4

MES	T (°C)	P (%)	f	Kt	Kc	u.c (cm)	UC (cm)	Hp (cm)	Pe (cm)	L.n (cm)	L.b (cm)	Vol. (10 ³ m ³)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Enero	18.8	7.64	12.78	0.83	0.85	9.02	10.29	2.26	0.02	10.27	18.7	8415
Febrero	19.7	7.27	12.46	0.85	0.92	9.74	11.11	1.58	0.0	11.11	20.2	9090
Marzo	22.8	8.38	15.55	0.95	0.76	11.23	12.81	0.87	0.0	12.81	23.3	10485
Abril												
Mayo												
Junio												
Julio												
Agosto												
Septiembre												
Octubre												
Noviembre	22.1	7.47	13.62	0.93	0.36	4.56	5.20	2.58	1.2	4.00	7.3	3285
Diciembre	19.9	7.51	12.94	0.86	0.61	6.79	7.74	2.82	0.0	7.74	14.1	6345
TOTAL			67.35			41.34	47.15			45.93	83.6	37620

T; Temperatura
 P; Porcentaje de insolación
 f; Factor de Temperatura = $\frac{(T+17.8)P}{21.8}$
 Kt; 0.03114T+0.2396
 Kc; Coeficiente de desarrollo del cultivo
 u.c; Uso consuntivo = $f k_t k_c$

U.C; Uso consuntivo modificado = (K') (u.c)
 Hp; Precipitación
 Pe; Precipitación efectiva
 Ln; Lámina neta
 Lb; Lámina bruta
 Vol; Demanda volumétrica

$$K' = \frac{Kf}{\Sigma u.c} \text{ (Kg)}$$

**PORCENTAJES DE HORAS-LUZ O INSOLACION EN EL DIA PARA CADA MES EN EL AÑO EN
RELACION AL NUMERO TOTAL EN UN AÑO (P) Y A LA LATITUD DEL LUGAR**

CUADRO III.3.1.5

LATITUD NORTE	M E S E S											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
15°	7.89	7.41	8.38	8.46	9.03	8.79	9.11	8.79	8.30	8.22	7.73	7.89
16°	7.86	7.39	8.38	8.47	9.06	8.84	9.14	8.83	8.30	8.20	7.69	7.84
17°	7.82	7.37	8.38	8.49	9.09	8.88	9.17	8.88	8.29	8.18	7.66	7.79
18°	7.79	7.35	8.37	8.50	9.12	8.93	9.20	8.93	8.29	8.16	7.62	7.74
19°	7.75	7.33	8.37	8.52	9.15	8.98	9.23	8.97	8.28	8.14	7.59	7.69
20°	7.72	7.31	8.37	8.53	9.18	9.02	9.26	9.02	8.28	8.12	7.55	7.64
21°	7.69	7.29	8.37	8.54	9.21	9.07	9.31	9.03	8.28	8.10	7.52	7.59
22°	7.66	7.27	8.37	8.55	9.24	9.11	9.36	9.04	8.28	8.09	7.49	7.54
23°	7.62	7.26	8.36	8.57	9.27	9.16	9.41	9.06	8.38	8.07	7.45	7.49
24°	7.58	7.24	8.36	8.59	9.30	9.20	9.45	9.08	8.28	8.06	7.42	7.44
25°	7.55	7.22	8.36	8.60	9.33	9.25	9.50	9.09	8.28	8.04	7.39	7.39
26°	7.47	7.16	8.36	8.61	9.34	9.34	9.51	9.10	8.29	8.04	7.39	7.39
27°	7.46	7.14	8.35	8.68	9.41	9.33	9.57	9.16	8.27	8.03	7.30	7.30
28°	7.39	7.14	8.35	8.69	9.41	9.42	9.58	9.17	8.29	7.95	7.30	7.31
29°	7.38	7.05	8.35	8.68	9.49	9.43	9.65	9.15	8.35	7.95	7.30	7.22
30°	7.29	7.04	8.34	8.74	9.55	9.47	9.72	9.23	8.34	7.94	7.21	7.13
31°	7.28	7.04	8.33	8.74	9.55	9.55	9.71	9.22	8.33	7.93	7.20	7.12
32°	7.20	6.96	8.33	8.74	9.63	9.63	9.79	9.30	8.33	7.93	7.12	7.14

CÁLCULO DE LAS NECESIDADES DE RIEGO
 PROYECTO TAMESI
 USOS CONSUNTIVOS (cm)

CUADRO III.3.1.6

CULTIVO	AREA	E	F	M	A	M'	J	J'	A'	S	O	N	D	ANUAL
OTOÑO-INV.														
CARTAMO	4300	10.29	11.11	12.81								5.20	7.74	47.15
SORGO	12000	4.12	11.88	16.39	1.00									43.39
MAIZ	8000	5.89	12.69	17.06	2.34									47.98
TRIGO	500	11.71	12.78	14.46								6.06	8.87	53.88
FRIJOL	2400										7.37	12.12	8.05	27.54
GIRASOL	100	9.59									7.02	10.28	11.71	38.60
SANDIA	500	4.51	6.81	12.86	13.38									37.56
	26000													
PRIM.-VER.														
SOYA	4000							11.71	26.32	17.40				55.43
SORGO	3500							7.23	20.16	17.46	8.61			53.46
MAIZ	3000					11.64	25.50	25.00	14.62					76.81
AJONJOLI	100			5.08	10.11	16.81	18.38	15.54						65.92
ARROZ	100						6.60	26.68	26.76	23.57	10.30			93.91
ALGODON	100							5.00	9.23	14.81	15.57	12.34	9.56	66.51
CHILE	600				6.05	15.73	17.68	11.33						50.77
TOMATE	600					7.60	13.71	16.62	14.94					52.87
	12000													
PERENNES														
ALFALFA	2000	6.03	7.45	13.05	18.05	23.48	25.10	26.47	24.71	19.87	14.95	8.93	5.73	193.82
AGUACATE	2000	1.71	2.94	6.21	9.38	13.62	14.99	15.98	14.50	10.88	7.69	4.55	2.20	104.65
FRUTALES	1000	1.52	2.94	5.96	9.52	13.41	14.77	15.36	14.28	11.34	7.38	3.75	2.49	102.72
PASTOS	5000	2.41	5.02	10.46	15.32	20.16	21.37	22.54	21.41	17.22	12.81	6.35	3.85	158.92
	10000													
2º CULTIVO														
AVENA	1500						8.60	19.62	21.06	11.78				61.06
FRIJOL	2500								8.18	16.41	9.22			33.81
CEBADA	2500					4.54	17.10	24.79	17.17					63.60
CEBOLLA	2500						9.50	16.39	15.66	9.08				50.63
MAIZ	3500					9.70	20.99	20.78	12.13					63.60
MELON	1500							10.19	13.94	13.01				37.14
GARBANZO	1100						12.10	14.23	16.85	7.45				50.63
ALGODON	100						4.32	8.46	13.96	16.15	15.55	11.93	9.11	79.48
TRIGO	300							7.98	12.70	17.14	18.14	11.95		67.91
CHILE	600						7.23	16.23	17.58	9.59				50.63
TOMATE	800							8.19	14.24	14.71	12.04			49.18
	16800													

TOTAL

CALCULO DE LAS NECESIDADES DE RIEGO
 PROYECTO TANESI
 LAMINAS NETAS (cm)

CUADRO III.3.1.7

CULTIVO	AREA	E	F	M	A	M'	J	J'	A'	S	O	N	D	ANUAL
OTOÑO-INV.														
CARTAMO	4500	10.27	11.11	12.81								4.00	7.74	45.93
SORGO	12000	4.10	11.88	16.39	11.00									43.37
MAIZ	8000	5.87	12.69	17.06	12.34									47.96
TRIGO	500	11.69	12.78	14.46								4.86	8.87	52.66
FRIJOL	2400										4.87	10.92	8.05	23.84
GIRASOL	100	9.57									4.52	9.08	11.71	34.88
SANDIA	500	4.49	6.81	12.86	13.38									37.54
	28000													
PRIM-VER														
SOYA	4000							8.59	20.70	6.95				36.24
SORGO	3500							4.11	14.54	7.01	6.11			31.77
MAIZ	3000					10.89	20.04	21.88	9.00					61.81
AJONJOLI	100			5.08	10.11	16.01	12.90	12.42						56.52
ARROZ	100						7.14	23.56	21.14	13.12	7.70			72.66
ALGODON	100							1.88	3.61	4.36	13.07	11.14	9.56	43.62
CHILE	600				6.05	14.93	12.22	8.21						41.41
TOMATE	600					6.80	8.25	13.50	9.32					37.87
	12000													
PERENNES														
ALFALFA	2000	5.83	7.45	13.05	18.05	22.68	19.64	23.35	19.09	9.42	12.45	7.73	5.73	164.47
AGUACATE	2000	1.51	2.94	6.31	9.38	12.82	9.53	12.86	8.88	0.43	5.19	3.35	2.20	75.30
FRUTALES	1000	1.32	2.94	5.96	9.52	12.61	9.31	12.24	8.66	0.89	4.98	2.55	2.49	73.37
PASTOS	5000	2.21	5.02	10.46	15.32	19.36	15.91	19.42	15.79	6.77	10.31	5.15	3.85	129.57
	10000													
2º CULTIVO														
AVENA	1500						3.14	16.50	15.44	1.33				36.41
FRIJOL	2500								2.56	5.96	6.72			15.24
CEBADA	2500					3.74	11.64	21.67	11.55					48.60
CEBOLLA	2500						4.04	13.27	10.04	-				27.35
MAIZ	3500					8.90	15.53	17.66	6.51					48.60
MELON	1500							7.07	8.32	2.56				17.95
GARBANZO	1100						6.64	11.11	11.23	-				28.98
ALGODON	100						-	5.34	8.34	5.70	11.05	10.73	9.11	52.27
TRIGO	300							4.86	7.08	6.69	15.64	10.75		45.02
CHILE	600						1.77	13.11	11.96	-				26.84
TOMATE	800							5.07	8.62	4.36	9.54			27.59
	16800													

TOTAL

CALCULO DE LAS NECESIDADES DE RIEGO
 PROYECTO TAMESI
 LAMINAS BRUTAS (cm) EFICIENCIA 55%

CUADRO III.3.1.8

CULTIVO	AREA	E	F	M	A	M'	J	J'	A'	S	O	N	D	ANUAL
OTOÑO-INV														
CARTAMO	4500	18.7	20.2	23.3								7.3	14.1	83.6
SORGO	12000	7.4	21.6	29.8	20.0									78.8
MAIZ	8000	10.7	23.1	31.0	22.4									87.2
TRIGO	500	21.2	23.2	26.3								8.8	16.1	95.6
FRIJOL	2400										8.8	19.8	14.6	43.2
GRASOL	100	17.4									8.2	16.5	21.3	63.4
SANDIA	500	8.2	12.4	23.4	24.3									68.3
	28000													
PRIM.-VER.														
SOYA	4000							15.6	37.6	12.6				65.8
SORGO	3500							7.5	26.4	12.7	11.1			57.7
MAIZ	3000					19.8	36.4	39.8	16.4					112.4
AJONJOLI	100		9.2	18.4	29.1	23.4	22.6							102.7
ARROZ	100						35.4	76.1	71.1	46.4	14.0			243.0
ALGODON	100							3.4	6.6	7.9	23.8	20.2	17.4	79.3
CHILE	600			11.0	27.1	22.2	14.9							75.2
TOMATE	600					12.3	15.0	24.5	16.9					68.7
	12000													
PERENNES														
ALFALFA	2000	10.6	13.5	23.7	32.8	41.2	35.7	42.4	34.7	17.1	22.6	14.0	10.4	296.7
AGUACATE	2000	2.7	5.3	11.3	17.0	23.3	17.3	23.4	16.1	0.8	9.4	6.1	4.0	136.7
FRUTALES	1000	2.4	5.3	10.8	17.3	22.9	16.9	22.2	15.7	1.6	8.9	4.6	4.5	133.1
PASTOS	5000	4.0	9.1	19.0	27.8	35.2	28.9	35.3	28.7	12.3	18.7	9.4	7.0	235.4
	10000													
2º CULTIVO														
AVENA	1500						5.7	30.0	28.1	2.4				66.2
FRIJOL	2500								4.6	10.8	12.2			27.6
CEBADA	2500				6.8	21.2	39.4	21.0						88.4
CEBOLLA	2500					7.3	24.1	18.2						49.6
MAIZ	3500				16.2	28.2	32.1	11.8						88.3
MELON	1500						12.8	15.1	4.6					32.5
GARBANZO	1100						12.1	20.2	20.4					52.7
ALGODON	100							9.7	15.2	10.4	23.7	19.5	16.6	95.1
TRIGO	300							8.8	12.9	12.2	28.4	19.5		81.8
CHILE	600						3.2	23.8	21.7					48.7
TOMATE	800							9.2	15.7	7.9	17.3			50.1
	16800													

TOTAL

DEMANDAS VOLUMETRICAS DE RIEGO

(miles de m³)

CUADRO III.3.1.9

CULTIVO	AREA	E	F	M	A	M'	J	J'	A'	S	O	N	D	ANUAL
OTOÑO-INV														
CARTAMO	4500	8415	9090	10485								3285	6345	37620
SORGO	12000	8880	25920	35760	24000									94560
MAIZ	8000	8560	18480	24800	17920									69760
TRIGO	500	1660	1160	1315								440	805	4780
FRIJOL	2400										2112	4752	3504	10368
GIRASOL	100	174									82	165	213	634
SANDIA	500	410	620	1170	1215									3415
	28000													
PRIM.-VER														
SOYA	4000							6240	15144	5040				26320
SORGO	3500							7020	9240	4445	3885			20195
MAIZ	3000					5940	11520	11340	4920					33720
AJONJOLI	100			92	184	361	334	226						1027
ARROZ	100						364	761	711	464	140			2430
ALGODON	100							34	66	79	238	202	174	793
CHILE	600				660	1620	1332	894						4572
TOMATE	600					730	900	1470	1014					4122
	12000													
PERENNES														
ALFALFA	2000	3160	2700	4740	6560	8240	7140	8480	6940	3420	4520	2800	2080	59740
AGUACATE	2000	540	1060	2260	3400	4660	3460	4680	3220	160	1860	1220	800	27340
FRUTALES	1000	240	530	1080	1730	2290	1690	2220	1570	160	890	460	450	13310
PASTOS	5000	2000	4550	9500	13900	17600	14450	17650	14350	6150	9350	4700	3500	117700
	10000													
2º CULTIVO														
AVENA	1500						855	4500	4215	360				9930
FRIJOL	2500								1150	2700	3050			6900
CEBADA	2500					1700	5300	9850	5250					22100
CEBOLLA	2500						1825	6025	4550	-				12400
MAIZ	3500					5670	9870	11235	4130					30905
MELON	1500							1920	2265	690				4875
GARBANZO	1100						1331	2222	2244	-				5797
ALGODON	100						-	97	152	104	237	195	166	951
TRIGO	300							264	387	366	852	585		2454
CHILE	600						192	1428	1302	-				2922
TOMATE	800							736	1256	632	1384			4008
	16800													

TOTAL

32399 64110 91202 69560 48755 59853 95497 83972 24770 28620 18804 18037 635588

III.3.2 Uso Urbano e Industrial.

En la zona de Tampico-Madero y Altamira, la demanda de agua para uso urbano, se integra con aquella destinada a la población, servicios municipales y pérdidas en la red. La demanda para uso industrial, se considera por separado.

Para los fines que persigue este proyecto, se considera que el desarrollo de las demandas en el aspecto urbano e industrial se alcanzan al año 2010 con objeto de absorber el atraso en las obras contempladas por factores externos (recorte de presupuestos, etc.).

USO URBANO

Por las condiciones que ofrece la zona de estudio en cuanto a sus características de clima, se adoptó una dotación de 220 l/h/día al uso doméstico y de servicios municipales, este valor es semejante al que actualmente se estima como utilizable en las ciudades, aunque parte del mismo, es absorbido por extracciones conectadas a la red local destinadas principalmente al procesamiento de alimentos y bebidas.

La tasa de crecimiento de la población en la zona de Tampico-Madero fué de 4.4% en el año de 1980, estimándose que pasará de 455 000 habitantes censados en ese año a 1373000 hacia el año 2010 equivalente a una tasa de crecimiento anual del 3.75%, con un incremento en la demanda de agua que pasará a 1.15 a 3.50 m³/seg en los mismos años respectivamente. Las proyecciones de crecimiento para el puerto de Altamira, está en relación con el período en el cual la industria va alcanzando sus metas de producción contemplados por el Gobierno Federal. Si alcanza su desarrollo integral para el año 2010, se estima que la población pasará de 70 000 habitantes en el año de 1985 a 371 000 en el año 2010, con un incremento en la demanda en ese lapso de 0.15 a 0.9 m³/seg. respectivamente.

El Cuadro No. III.3.2.1, contiene la relación del crecimiento de población con las demandas de agua respectivas, y el Cuadro III.3.2.2, las proyecciones de crecimiento por quinquenio en función del tipo de industria en la zona de Altamira.

USO INDUSTRIAL - ZONA TAMPICO-MADERO

Actualmente la mayor parte de las industrias toman el agua directamente del sistema lagunario del río Tamesí, principalmente de las lagunas de Chairel, la Puerta y Champayan; aproximadamente un 5% del volumen global requerido, se efectúa de la red de agua potable local.

En el cuadro III.3.2.3, se muestra una relación de las industrias establecidas en la zona Tampico-Madero, con los requerimientos de agua más significativos hasta el año de 1980, de donde se aprecia que las actividades del sector petrolero y eléctrico (termoeléctrico) utilizaron el 75% del volumen total que fué de 137.5 millones de m^3 ($4.36 m^3/seg$).

La obtención de las demandas futuras, con un horizonte de proyecto al año 2010, se efectuó con las tasas de crecimiento para cada tipo de industria contemplado en el área, que aparecen en el Cuadro III.3.2.4 y las demandas del sector industrial del año 1980.

A partir de lo anterior, se formó el Cuadro III.3.2.5 con el resumen de las extracciones futuras por sector industrial en el periodo 1980-2010 para el cual la demanda se incrementa de 4.36 a $10.7 m^3/seg$. respectivamente.

USO INDUSTRIAL.- Puerto de Altamira.

Dispone de una superficie de 5420 ha, de donde 3370 de ellas serán ocupadas por 19 empresas registradas cuya relación se muestra en el Cuadro III.3.2.6; con los índices tentativos de extracción de agua asociados a la producción programada para el año de 1990.

Para obtener las demandas futuras, se consideraron los índices de extracción del año 1990 y las tasas de crecimiento por industria en la zona del Cuadro III.3.2.2. Como se desconoce el tipo de industria por establecerse en la superficie restante disponible, se adoptó un volumen de $49\ 000\ m^3/año/ha$ que es igual al promedio de la demanda solicitada al año de 1990 por las industrias ya registradas y su correspondiente superficie ocupada.

En el Cuadro III.3.2.7, se tiene la evolución de la demanda por sector industrial en el puerto de Altamira durante el período 1985-2010, para el cual el gasto pasa de 2.1 a $14.9\ m^3/seg$ en los mismos años respectivamente. El resumen de la demanda de agua para el uso urbano-industrial en la zona de estudio es:

Z O N A	DEMANDA DE AGUA m^3/seg		Total
	Urbano	Industrial	
Tampico-Madero	3.5	10.7	14.2
Altamira	0.9	13.5	14.4
			28.6

Se considera un gasto de $30.0\ m^3/seg$ para fines de proyecto.

PROYECCION DE DEMANDA DE AGUA
 PARA USO URBANO.
 ZONA TAMPICO-MADERO, ALTAMIRA

CUADRO III.3.2.1

ZONA	TAMPICO-MADERO		ALTAMIRA	
AÑO	DOTACION:		220 lts/hab/día	
	No.Habitantes	Extracción m ³ /seg.	No.Habitantes	Extracción m ³ /seg.
1980	455000	1.15	-	-
1985	547000	1.39	70000	0.15
1990	657500	1.67	143800	0.31
1995	790400	2.01	232500	0.53
2000	950100	2.42	338000	0.82
2005	1142100	2.21	363000	0.88
2010	1373000	3.50	371200	0.90

CRECIMIENTO DE LA INDUSTRIA
ZONA TAMPICO-MADERO

CUADRO III.3.2.4

SECTOR	QUIMICA	PETROLERA	ELECTRICA	BEBIDAS	ALIMENTOS
<u>TAMPICO-MADERO</u>					
CONSOLIDACION	1980-1990	1980-1990	1980-1995 2000-2010	-	-
CRECIMIENTO	1990-2010	2000-2010	1995-2000	1980-2010	1980-2010
	7.0%	3.8%	12.5%	5%	5%

Nota: El período de consolidación o de no crecimiento es aquel en el que la Industria permanece en la misma producción.

EXTRACCIONES PARA USO INDUSTRIAL EN EL AÑO DE 1980

ZONA TAMPICO - MADERO

CUADRO III.3.2.3

INDUSTRIA	EXTRACCION ANUAL $10^3 m^3$
QUIMICA	
Novaquim ¹	1,600
Hules Mexicanos ¹	2,600
Petrocel	15,800
Negromex	1,900
Pigmentos y Prod. Quím.	2,300
Foliquic	2,500
Prod. Lince	158
Química del Mar	2,300
SUBTOTAL	29,158
PETROLERA	
Refinería Madero	43,700
Recuperación Secundaria	23,600
SUBTOTAL	67,300
ELECTRICA	
Cd. Madero ²	100
Altamira ³	37,800
SUBTOTAL	37,900
BEBIDAS	
Embot. de Tampico	1,310
Embot. del País	110
Embot. Mexicana	630
Embot. Orange-Crush	230
Embot. Mexicana del Coleo	160
Refrescos Modernos	240
SUBTOTAL	2,680
ALIMENTICIA	
Pasteuriz. de Tampico	180
Pasteuriz. La Crema	180
Pasteuriz. Combea	20
Pasteuriz. Fenix	50
Pasteuriz. Hill Crest	50
SUBTOTAL	480
TOTAL ($10^3 m^3$)	137,528
(m^3/seg)	4.30

1 Petroquímica

2 Termoeléctrica (enfriamiento directo agua de mar)

3 Termoeléctrica (enfriamiento agua dulce)

CRECIMIENTO DE LA INDUSTRIA
EN ALTAMIRA

CUADRO III.3.2.2

	QUIMICA	SIDERURGICA	ELECTRICA	ALIMENTOS	DIVERSOS	INDUSTRIAS NO REGISTRADAS
ALTAMIRA						
Maduración	1985-1990	1985-2000	1985-1990	1985-1990	1985-1990	1990-2000
Consolidación	1990-2000	2000-2010	1990-2000	-	1990-2000	2000-2010
Crecimiento	2000-2010	-	2000-2010	1990-2010	2000-2010	-
	12%		12%	5%	5%	

NOTA. El Período de maduración es el tiempo que tarda una industria para obtener una producción acorde a su capacidad instalada.

El Período de consolidación o de no crecimiento es aquel en el cual la industria permanece en la misma producción.

EXTRACCIONES PARA USO INDUSTRIAL
(miles de m³)
ZONA TAMPICO - MADERO
PERIODO 1980 - 2010

CUADRO III.3.2.5

INDUSTRIA	AÑO	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
QUIMICA		29 158	29 158	29 158	40 896	57 358	80 448	112 832
PETROLERA		67 300	67 300	67 300	81 096	97 721	117 753	141 893
ELECTRICA		37 900	37 900	37 900	37 900	63 297	66 297	68 297
BEBIDAS		2 680	3 420	4 370	5 570	7 110	9 075	11 580
ALIMENTICIAS		490	630	800	1 020	1 300	1 660	2 120
TOTAL	10 ³ m ³	137 528	138 403	139 528	166 482	231 786	277 233	336 722
	m ³ /seg	4.4	4.4	4.4	5.3	7.3	8.8	10.7

Nota: Los volúmenes de 1985 al año 2010, fueron calculados con las tasas de crecimiento del Cuadro III.3.2.4 y las demandas del año 1980.

RELACION GENERAL SOBRE LA INDUSTRIA REGISTRADA
(1983)

PUERTO INDUSTRIAL DE ALTAMIRA

CUADRO III.3.2.6

INDUSTRIA	PRODUCTO	SUPERFICIE SOLICITADA (Ha)	PRODUCCION 1990 10 ³ Ton	INDICE DE EXTRACCION m ³ /Ton
<u>QUIMICA</u>				
1. ABRAMEX	Oxido de Aluminio	5	7.5	18
2. ALBEVA	Cloruro polivinilico	5	22.0	16
3. FISISA	Fibra Acrilica	50	40.0	120
4. HUMEX	Poliisopropeno	50	50.0	130
5. HUMEX	Kumo Negro	100	276.0	140
6. PEMEX	Acrilatos	60	31.9	70
7. PEMEX	Acrilonitrilo	350	133.5	50
8. POLIMAR	Resinas y Compuestos	20	20.0	80
9. VISA	Plásticos reforzados	100	38.0	30
10. PRIMEX	PVC	10	187.0	18
SUBTOTAL		750	306	
<u>SIDERURGICA</u>				
11. HYLSA	Acero	600	5 000	9
12. AMISA	Plancha, hojalata	1 300	4 200	5
13. PRE-MED-MEX	Pierro esponja	50	1 000	9
SUBTOTAL		1 650	10 200	
<u>ELECTRICA</u>				
14. TERMOELEC- TRICA	Generación de Electricidad		350 mw	536
<u>ALIMENTOS</u>				
15. CONASUPO	Alimentos	150	452	1.0
<u>DIVERSOS</u>				
16. ALIM Y DIET. DE LIQUIDOS		20	-	-
17. CONALUM	Aluminio	100	45	12.8
18. CE. OLES	Cemento, otros	250	4 670	3.7
19. VISA	Lingotes de aluminio	430	220	12.9
SUBTOTAL		820	5 935	
TOTAL:		3 370	17 393 ¹⁾	

EXTRACCIONES PARA USO INDUSTRIAL ALTAMIRA

(10³ m³)

PERIODO 1985 - 2010

CUADRO III.3.2.7

INDUSTRIA	1985	1990	1995	2000	2005	2010	
QUIMICA	33 702	68 125	68 125	68 125	120 059	211 586	
SIDERURGICA	24 059	75 000	75 000	75 000	75 000	75 000	
ELECTRICA (Termoeléctrica)	400	536	1 071	1 071	1 887	3 326	
ALIMENTOS	859	859	1 096	1 399	1 785	2 279	
DIVERSOS	7 311	20 671	20 671	20 671	26 382	33 671	
INDUSTRIAS NO REGISTRADAS	-	-	-	100 450	100 450	100 450	
T O T A L	10 ³ m ³ m ³ /seg	66 281 2.1	165 191 5.2	165 963 5.3	266 716 8.6	325 563 10.3	426 312 13.5

III.3.3 Extracciones al vaso de almacenamiento

La distribución mensual de las demandas para los usos múltiples en la presa Tamesí se muestra en el cuadro siguiente: (datos en millones de m³)

M E S	Riego (50 000 Ha)	Uso Urbano e Industrial	Total	%
Enero	32.4	80.3	112.7	7.1
Febrero	64.1	72.6	136.7	8.7
Marzo	91.2	80.3	171.5	10.8
Abril	69.6	77.8	147.4	9.3
Mayo	48.6	80.3	129.1	8.2
Junio	59.8	77.8	137.6	8.7
Julio	95.5	80.3	175.8	11.1
Agosto	84.0	80.3	164.3	10.4
Septiembre	24.8	77.8	102.6	6.5
Octubre	28.6	80.3	108.9	6.9
Noviembre	18.8	77.8	96.6	6.1
Diciembre	18.0	80.3	98.3	6.2
T o t a l	635.6	945.9 ¹ /	1581.5	100.0

¹/ Gasto = 30 m³/seg.

III.4 EVAPORACION NETA

Representa la sustracción de las láminas de evaporación y precipitación que influyen sobre el embalse de una presa de almacenamiento, por lo cual, su cálculo se basa sobre la información climatológica más cercana al área prevista del futuro embalse a fin de que sea representativa de las condiciones locales.

La evaporación neta, se obtuvo a partir de los datos - promedio de las estaciones Los Tomates y Esteros en el período 1954-1983. En el Cuadro III.4.1, se muestra la secuela de cálculo para los dos primeros años considerando un factor de reducción para la evaporación observada de 0.77.

Este coeficiente, tiene relación en la aproximación de los evaporómetros standar utilizados, de lámina galvanizada que dan sobrelecturas a las reales del 25 al 40%. El comportamiento observado por otra parte en los grandes embalses, combina los aspectos de saturación del ambiente y una menor temperatura del agua con respecto a la del evaporómetro, por lo cual se adopta un factor de 0.77 recomendado por trabajos experimentales.

La evaporación neta es:

$$E_n = 0.77 E_o - P$$

E_n = Evaporación neta (mm)

E_o = Evaporación observada (mm)

P = Precipitación (mm)

En el período 1954-1983 que se muestra en el Cuadro III.4.2, se obtuvo una lámina de evaporación neta media anual de 365 mm.

Cuando la evaporación neta mensual es positiva, se experimenta una pérdida de volumen en el vaso de almacenamiento. Por el contrario, se presenta un volumen llovido sobre el área del vaso que equivale a una entrada adicional al escurrimiento superficial.

CUADRO III.4.1

CALCULO DE LA EVAPORACION NETA MENSUAL

VASO Tamesí

EST. CLIMATOLOGICA Tomates-Esteros

CUENCA GENERAL Río Pánuco

CORRIENTE Río Tamesí

ESTADO Tamaulipas

PERIODO 1954-1983

ARO	MES	Precip. (mm)	Evapo. (mm)	Evapo x0.77 (mm)	Evapo.Neta (mm)	ARO	Precip. (mm)	Evapo. (mm)	Evapo x0.77 (mm)	Evapo.Neta (mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(5)-(3)	(1)	(3)	(4)	(5)	(6)=(5)-(3)
1954	Enero	0.0	68.3	52.6	52.6	1955	22.6	95.0	73.1	50.5
	Febrero	7.6	83.0	63.4	56.3		14.7	101.6	74.2	63.5
	Marzo	0.0	107.4	82.7	82.7		9.9	184.5	142.1	132.2
	Abril	17.7	166.5	128.2	110.5		11.0	168.1	129.4	118.4
	Mayo	3.4	177.1	136.2	133.0		30.3	207.7	159.9	129.6
	Junio	33.0	173.8	133.6	100.8		146.4	171.0	131.7	-14.7
	Julio	82.2	186.1	143.7	61.5		8.6	190.4	146.6	138.0
	Agosto	69.7	195.9	148.5	78.8		136.0	204.7	157.6	21.6
	Septiembre	16.2	133.1	102.5	86.3		441.9	132.7	102.2	-339.7
	Octubre	51.1	110.6	85.3	34.2		90.1	111.9	86.2	-3.7
	Noviembre	18.5	82.5	63.5	45.0		15.7	79.3	61.1	45.4
	Diciembre	0.0	72.5	55.8	55.8		8.5	70.0	53.4	44.9
ANUAL			1554.6		897.5		1716.9		385.8	

LAMINAS DE EVAPORACION NETA MENSUAL DEL VASO TAHESI

(mm)

CUADRO III.4.2

ARO MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1954	52.6	56.3	82.7	110.5	133.0	100.8	61.5	78.8	86.3	34.2	45.0	55.8	897.5
55	50.5	63.5	132.2	114.4	129.6	-14.7	148.0	21.6	-139.7	-3.9	45.4	44.2	385.8
56	50.4	50.3	109.3	100.0	129.4	-74.5	18.6	46.5	-123.6	94.1	42.1	32.5	475.1
57	55.0	16.9	126.8	131.6	109.5	75.0	-76.7	165.6	-3.9	29.8	86.8	22.3	738.3
58	17.0	33.8	97.5	135.0	93.1	-31.4	85.4	60.1	-137.6	-3.3	1.1	11.4	362.1
59	1.1	14.9	95.3	88.9	142.8	-131.9	112.3	-3.6	-41.8	-157.7	-2.8	46.4	163.9
1960	46.5	57.0	87.2	104.3	124.0	130.0	22.1	14.4	-196.0	50.1	44.4	17.5	501.5
61	22.4	65.4	101.5	126.6	132.5	-11.5	-3.9	-32.0	-71.4	45.6	37.6	59.6	472.4
62	58.3	76.6	110.5	101.3	86.7	-273.6	125.1	131.8	-53.9	12.8	-10.2	-7.1	358.3
63	35.7	59.9	100.4	94.7	19.4	-106.2	98.8	125.0	46.3	63.4	64.6	6.9	608.9
64	53.0	72.1	95.3	117.2	120.9	42.3	111.2	149.6	70.5	95.9	66.1	24.7	1018.8
65	-8.3	37.4	81.3	135.3	161.6	1.2	105.2	-168.1	-13.6	80.2	27.0	28.8	468.0
66	20.4	14.7	72.8	120.2	88.3	-74.9	45.3	-10.4	42.8	-288.6	64.2	61.4	156.1
67	13.7	55.8	67.6	111.3	111.7	100.6	145.7	-73.1	-340.6	58.8	7.7	59.8	319.0
68	-8.1	45.4	37.3	80.4	145.6	33.7	35.8	40.9	-50.3	18.1	5.5	3.3	387.6
69	-11.7	15.3	85.4	61.4	127.2	116.7	69.0	-176.7	-82.2	55.3	34.6	33.7	328.0
1970	44.1	67.2	96.2	138.1	120.2	-97.8	-52.9	-9.0	-226.8	49.0	59.3	62.8	250.4
71	57.9	70.1	96.9	112.5	123.4	-20.0	5.3	-56.6	-70.1	-5.3	48.9	60.7	423.7
72	30.7	67.5	70.4	114.3	16.8	-46.2	-177.6	16.1	62.9	16.4	32.2	49.2	252.7
73	3.1	13.6	103.4	104.3	112.3	-163.0	-46.5	-214.2	-28.8	-195.5	33.6	17.4	-260.6
74	48.4	66.2	59.0	123.6	122.7	-9.8	-323.5	31.9	-201.4	-11.8	36.3	-2.6	-61.0
75	23.4	66.0	98.8	109.8	37.9	54.1	19.2	-55.8	-294.5	34.6	60.0	41.9	195.4
76	35.7	83.2	97.1	87.5	98.5	30.1	25.8	-90.1	-36.9	15.6	-41.1	13.8	319.2
77	35.6	47.8	102.6	93.0	131.3	-111.1	88.4	103.6	-69.7	-20.9	38.0	-17.7	420.7
78	47.8	-2.4	70.3	114.3	105.5	17.6	83.0	17.3	-92.1	-17.8	30.2	45.6	419.3
79	38.6	60.5	97.8	126.3	152.8	13.1	96.4	-24.2	-105.0	99.7	20.1	-165.9	410.2
1980	-23.2	30.3	103.0	117.4	128.0	103.9	157.2	83.2	80.1	4.2	19.7	15.5	659.1
81	-67.2	35.4	72.1	27.8	21.6	-253.8	-19.3	-239.1	-45.7	46.3	30.7	20.3	-370.9
82	17.1	19.7	88.3	108.3	123.4	-9.4	73.5	15.2	-69.1	47.5	32.3	17.0	463.8
83	15.6	45.7	76.2	93.7	98.4	-40.7	26.4	-44.4	-115.2	-20.5	23.4	16.4	175.0

Promedio

364.6

III.5 CURVAS DE ELEVACIONES-AREAS-CAPACIDADES

Relacionan las características físicas de un vaso de almacenamiento, los pares de datos elevaciones-areas, limitan el área encerrada por cada curva de nivel con el eje de cierre de la presa. Las elevaciones-capacidades, los volúmenes acumulados, a partir del lecho del cauce del río.

Algunos datos del vaso de interés son:

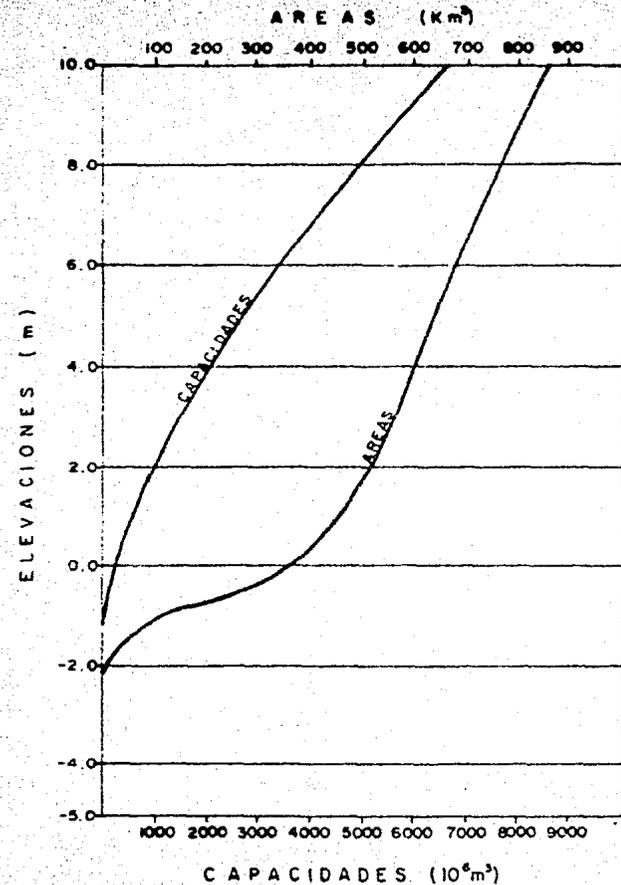
Elevación (aprox) del lecho del cauce	- 2.0 m
Elevación máxima levantada	+ 10.0 m
Area del embalse a la elevación 10.0	840 Km ²
Capacidad a la elevación 10.0	6595 m ³

Del área total de embalse, el 70% pertenece a superficie de lagunas. En la gráfica V, se muestran las curvas de elevaciones areas y capacidades del vaso Tamesí.

III.6 CAPACIDAD DE AZOLVES Y MUERTA

La capacidad de azolves se reserva para alojar en una presa de almacenamiento, los sedimentos que una corriente lleva en suspensión como producto de la erosión de la cuenca captadora.

Al perder velocidad la corriente, se deposita progresivamente parte o la totalidad del material que trae en suspensión, lo cual con el tiempo, puede llegar a obstaculizar el funcionamiento correcto de las obras de extracción. El volumen acumulado depende de la relación azolve-agua de cada corriente y del tiempo transcurrido.



GRAFICA V

ELEVACIONES (m s n m)	AREAS (K m ²)	CAPACIDADES (10 ⁶ m ³)
- 2 0	0.0	0.0
- 1.0	9 4.0	4 0.0
- 0 7	2 0 7.0	8 0.0
0 0	3 8 6.0	2 8 0.0
1 0	4 4 2.0	6 8 0.0
2 0	5 1 2.0	1 1 4 0.0
3 0	5 5 6.0	1 6 8 0.0
4 0	5 9 2.0	2 2 4 0.0
4.4	6 1 2.0	2 5 2 0.0
5.0	6 3 4.0	2 8 7 0.0
5 3	6 4 8.0	3 0 4 0.0
6 0	6 9 2.0	3 5 4 0.0
7 0	7 3 0.0	4 2 4 5.0
8 0	7 6 5.0	5 0 0 0.0
9 0	8 1 4.0	5 7 8 0.0
1 0 0	8 4 0.0	6 3 9 5.0

PROYECTO TAMESI, TAMPS.

VASO TAMESI

CURVAS DE AREAS Y CAPACIDADES

Si la presa genera un embalse de proporciones amplias, el estudio referente a la depositación de azolves y su efecto en la vida útil de las obras de extracción se ha discutido por diversos investigadores cuya opinión más generalizada es la siguiente:

-El material en suspensión se deposita en todo el vaso en capas prácticamente horizontales, con cierta tendencia a adoptar pendientes suaves de las laderas hacia el centro y de aguas arriba hacia aguas abajo.

-El material de fondo tiende a depositarse en la parte inicial del vaso, azolvando el lecho del río hacia aguas arriba, hasta una distancia igual que la longitud del remanso producido por el nivel de aguas máximas; el depósito de ese material termina dentro del vaso, con un talud inclinado, a gran distancia de la presa.

En México para proyectos de presas, se considera un proceso de acumulación de azolve de forma horizontal contado a partir del sitio de cierre, lo cual implica adoptar un cierto grado de seguridad que compensa muchas veces la falta de aforos sobre el transporte de azolves en la corriente.

Sobre el río Tamesí, se efectúan mediciones de sólidos en suspensión desde el año de 1959 en la estación hidrométrica Magiscatzin, la cual controla el 64% de la cuenca aportadora hasta el sitio de la presa. Considerando que entre ambos sitios las características de pendiente y cubierta vegetal son semejantes, se adoptó la relación azolve-agua registrado en Magiscatzin, que ascendió durante el período 1959 a 1983, a 0.316 partes por millar. En el Cuadro III.6.1, se muestra la relación de los volúmenes escurridos y de sólidos en suspensión.

La vida útil de presas destinadas a fines múltiples, se acepta fijar en 50 años, por lo que el volumen de azolves a depositarse en ese lapso es el siguiente:

$$\begin{aligned}
 & \text{Vida útil} && 50 \text{ años} \\
 & \text{Esc. medio hasta la Presa Tamesí} = 3371 \text{ m de m}^3 \\
 & \text{Relación azolve-agua} && = 0.000316 \\
 & \text{Vol. de azolve (VA)} = (\text{vida útil}) (\text{Esc. medio}) \\
 & \quad (\text{Rel. azolve/agua}) \\
 & \text{VA} = (50) (3371) (0.000319) \\
 & \text{VA} = 53.8 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Con el volumen de azolves anterior, se tiene la elevación mínima de operación de -0.9 m. Dado este valor, se propuso como un caso particular, incrementar la capacidad a fin de surtir una cierta calidad del agua potable. Esto debido al aspecto observado del actual sistema lagunario, cuyo origen orgánico de sus fondos presenta una concentración de nutrientes a medida que los tirantes disminuyen.

El namino de operación o capacidad muerta se adoptó de 300 m^3 , que corresponde a la elevación $+ 0.20$ m.

III.7 LIMITES DE DEFICIENCIAS ADMISIBLES

Para ponderar la conveniencia de un aprovechamiento hidráulico en este caso constituido por una presa de almacenamiento, se han establecido criterios de deficiencias admisibles según el tipo de demanda a que se destinen las extracciones de agua, sea para uso urbano, riego o generación hidroeléctrica.

Uso Urbano e Industrial

Este uso se considera prioritario sobre todos los demás por lo cual la satisfacción de las demandas del complejo urbano industrial de las ciudades de Tampico, Cd. Madero y Altamira, se pretende surtir a un régimen constante, sin permitir deficiencias.

Riego

En este aspecto, la SARH especifica los límites máximos de deficiencias admisibles durante un período de análisis determinado cuando se trata de una presa de almacenamiento. Estos límites máximos se muestran en el Cuadro III.7.1.

DATOS ANUALES SOBRE SEDIMENTOS
EN SUSPENSION, ESTACION HI-
DROMETRICA MAGISCATZIN

CUADRO III.6.1

AÑO	<u>VOLUMEN ESCURRIDO</u>	<u>VOLUMEN DE SEDIMENTOS</u>
	MILLONES DE M ³	
1959	2347.6	0.689
1960	1375.2	0.255
1961	1967.5	1.724
1962	1357.3	0.569
1963	1159.8	0.174
1964	1389.2	0.320
1965	1799.4	0.493
1966	3746.5	1.617
1967	2489.3	0.643
1968	1827.9	0.154
1969	2234.1	0.332
1970	3772.5	1.225
1971	3041.7	0.512
1972	3657.0	0.729
1973	4194.9	1.181
1974	1901.6	0.557
1975	2652.1	0.637
1976	5539.5	3.237
1977	2243.9	0.678
1978	2053.8	0.707
1979	1563.1	0.229
1980	1226.4	0.469
1981	2203.4	0.744
1982	1981.2	0.829
1983	2422.7	0.556
Promedio	2407.01	0.770

**CRITERIOS DE DEFICIENCIAS ADMISIBLES PARA
UN APROVECHAMIENTO DE RIEGO CON PRESA DE-
ALMACENAMIENTO, (S.A.R.H).**

CUADRO III.7.1

CONDICION	LIMITACION
Faltante máximo anual 1)	60%
Faltante máximo para dos años consecutivos, sumados 1)	90%
Faltante máximo para tres años consecutivos, sumados 1)	110%
Faltante medio máximo permisible 1)	5%
Faltante máximo anual despreciable 1)	1%
Faltante máximo para dos años consecutivos, el más seco 1)	55%
Faltante máximo para tres años consecutivos, el más seco 1)	50%
Máximo número de años con deficiencias en el período 2)	25%
Máximo número de años consecutivos con faltante	3 años
Faltante máximo mensual 3)	100%

1) Los porcentos se refieren a la demanda anual

2) Los porcentos se refieren al número de años del período.

3) Los porcentos se refieren a la demanda mensual.

III.8 SIMULACION DE FUNCIONAMIENTO DE VASO

III.8.1 Generalidades

La simulación de un funcionamiento de vaso permite determinar la capacidad más óptima de una presa de almacenamiento a partir de la interrelación de: El régimen de la corriente, las condiciones de lluvia y evaporación locales, las capacidades del vaso y las demandas que se pretenden satisfacer con sus deficiencias admisibles.

Adicionalmente se conocen las fluctuaciones que experimenta el nivel del agua en el embalse por efecto de las aportaciones, extracciones y evaporaciones, así como el monto de los volúmenes que no es posible aprovechar, traducidos en derrames.

El funcionamiento de un vaso se fundamenta en la ecuación de continuidad.

$$I - O = \Delta V$$

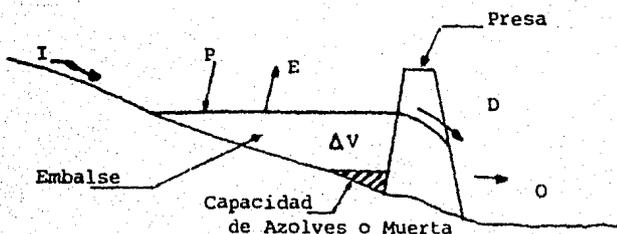
EN DONDE:

I = Entradas

O = Salidas

ΔV = Variación del volumen almacenado

De forma esquemática, la expresión involucra los siguientes parámetros



ENTRADAS

I = Esguerrimientos

P = Precipitación

SALIDAS

E = Evaporación

O = Demandas (Riego, agua potable, etc.)

D = Derrames (volúmenes no retenidos, después de satisfacer las demandas)

El análisis de simulación de una presa de almacenamiento se realiza generalmente a intervalos mensuales, con los datos sobre esguerrimientos en miles o millones de metros cúbicos y láminas de evaporación neta (evaporación menos precipitación) en milímetros.

El sentido de este análisis se basa en considerar que los índices de hidrometría y climatología, ya sea observados o deducidos hasta el sitio de interés durante un período seleccionado son representativos de lo que pueda acontecer en el futuro.

Los datos de partida para la simulación de un funcionamiento de vaso, son:

- Volúmenes escurridos hasta el sitio de la presa.
- Datos pluviométricos en forma de láminas de evaporación neta mensual
- Características topográficas del vaso, expresadas por los datos de elevaciones-áreas-capacidades
- Distribución de las demandas mensuales a lo largo del año
- Políticas establecidas sobre déficits máximos admisibles de acuerdo al uso del agua. (riego, agua potable, generación)
- Capacidad de azolves o muerta

A partir de la información anterior, el cambio de almacenamiento mensual experimentado por el vaso sería el siguiente.

$$V_{i+1} - V_i = I_i - O_i - e_i \left(\frac{A_i + A_{i+1}}{2} \right) + \text{Derrames } i$$

Si en el primer miembro se colocan los términos conocidos y en el segundo las incógnitas, se tiene.

$$I_i + V_i - O_i - \frac{e_i}{2} A_i = V_{i+1} + \frac{e_i}{2} A_{i+1} + \text{Derrames } i$$

EN DONDE:

- I_i = Entrada al vaso durante el mes i
- V_i = Capacidad del vaso al inicio del mes i
- O_i = Demanda en el mes i

FUNCIONAMIENTO DE VASO

CUADRO No. III.8.1.1

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)		(14)
ANO	MES	ALM. INI	ENTRADA AL VASO	DEMANDA	SALIDA	ALMACENAMIENTO SIN EVAP. VOL. DISP.	MEDIO	AREA MEDIA	EVAPO. (-) LLUVIA	VOL. PER- DIDO POR EVAPORA.	DERRAME	DEFICIENCIAS EN VOL.	EN POR - CIENTO	

COLUMNAS:

- (1) y (2): Año y mes del registro
- (3) : Volumen almacenado en el vaso al inicio de cada mes
- (4) : Entradas al vaso o sea las aportaciones de la cuenca
- (5) : Volúmenes solicitados al vaso o ley de demandas, etc. durante el período.
- (6) : Volumen que fué posible extraer según la magnitud de la sumatoria de las columnas (3) + (4)
- (7) : Almacenamiento existente en el vaso sin considerar pérdidas por evaporación:
(7) = (3) + (4) - (6). Representa el volumen disponible
- (8) : Almacenamiento medio durante el mes $(8) = \frac{(3) + (7)}{2}$
- (9) : Area correspondiente al almacenamiento medio deducido de la curva Areas-Capacidades
- (10) : Valor nominal de la evaporación neta
- (11) : Pérdida de volumen por evaporación que experimenta el vaso $(11) = (9) \times (10)$. Cuando la lluvia es mayor que la evaporación, la evaporación neta es negativa y representa el volumen llovido dentro del área del vaso. Al calcular las pérdidas por evaporación, se considera al promediar las áreas que el embalse máximo no puede ser mayor de la capacidad máxima, al no interesar la evaporación que se produce en el agua que no permanece en el vaso. Tampoco puede ser menor de la capacidad muerta.
- (12) : Los derrames son los excedentes de los escurrimientos que no pudieron ser retenidos en el vaso después de satisfacer las demandas de riego y las pérdidas por evaporación $(12) = (7 - 11) - \text{capacidad máxima}$
- (13) : Volumen de agua que faltó para satisfacer las demandas
- (14) : Los mismos valores de (13) pero en % con relación al total que debería ser extraído.

$\frac{eni}{2} A_i$ = Evaporación neta en el vaso al inicio del mes i

V_{i+1} = Almacenamiento del vaso al final de mes i

$\frac{eni}{2} A_i$ = Evaporación neta al final del mes i

La ecuación arriba anotada se contabiliza mes a mes, de tal forma que el valor conocido V_{i+1} , para un intervalo - corresponde a la capacidad inicial (V_i) del siguiente:

$$V_{i+1} = V_i + I_i - O_i - eni \left(\frac{A_i + A_{i+1}}{2} \right) + \text{Derrame}$$

En el Cuadro III.8.1.1, se muestra el desarrollo básico de un funcionamiento de vaso.

Desarrollando la secuencia mensual y anual de una simulación, para una cierta capacidad del vaso, se verifican los límites fijados de deficiencias admisibles. Si cualquiera de las condiciones impuestas no se satisface, el volumen de la demanda se reduce y se ensaya con otra nueva, de forma que el proceso es iterativo hasta el momento en donde la extracción satisface los límites de déficits impuestos.

De un funcionamiento de vaso, se tienen los índices siguientes, que son de interés considerar.

$$\begin{aligned} \text{Divisor} &= \text{Alm. inicial}^1 + \text{entradas totales} - \text{Alm final}^1 \\ \text{Pje. de Aprovechamiento} &= (\text{salidas totales/divisor}) \times 100 \\ \text{Pje. de derrames} &= (\text{derrames totales/divisor}) \times 100 \\ \text{Pje. de evaporación} &= (\text{evaporación total/divisor}) \times 100 \\ &\qquad\qquad\qquad \text{Total } 100\% \end{aligned}$$

La solución del funcionamiento de la presa Tamesí se efectuó a partir de un programa de computadora implementado

¹ Se refiere al inicio y final del período de análisis.

para definir las capacidades más convenientes de la presa,

III.8.2 Resultados

Se dispone de los siguientes datos necesarios:

- Volúmenes mensuales de entrada al vaso
- Demandas de agua para el riego de 50 000 ha (635.6 \bar{m}^3 /año) y del abastecimiento Uso urbano e Industrial de Tampico-Cd. Madero y Altamira (945.9 \bar{m}^3 /año).
- Láminas de evaporación neta mensual del período 1954-1983.
- Datos de elevaciones-áreas-capacidades.
- Deficiencias máximas admisibles. Para el riego se consideran las del Cuadro III.7.1. Para el Uso Urbano e Industrial no se admiten.

Durante el análisis del funcionamiento del vaso, se estableció una política de operación con objeto de dar prioridad a partir de determinadas capacidades "índice", a las extracciones de volúmenes para uso urbano sobre el riego.

Se obtuvo por aproximaciones, una capacidad necesaria del vaso de 2 500 \bar{m}^3 para satisfacer las necesidades del proyecto así como una capacidad "índice" de 700 \bar{m}^3 que fija un límite hasta donde pueden extraerse simultáneamente volúmenes de agua potable y riego; abajo de esta capacidad se suspende la extracción del riego y solo se continúa la del agua potable (hasta la capacidad muerta).

En el Cuadro III.8.2.1 se muestran los resultados obtenidos del funcionamiento del vaso para usos múltiples, considerando la capacidad índice de 700 m^3 y la de conservación variable de $1\ 800$ a $2\ 700 \text{ m}^3$. Para cada capacidad de presa, se relaciona el volumen y superficie de riego atendida con las deficiencias ajustadas a las máximas admisibles; en todos los casos se satisface la demanda para uso urbano e industrial sin deficiencias. La gráfica VI representa los resultados anteriores.

Las características del vaso con la alternativa adoptada es:

Capacidad muerta	300	m^3
Capacidad índice de riego	700	m^3
Capacidad de conservación	2500	m^3
Demanda anual para usos múltiples	1581.2	m^3

SIMULACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL VASO TAMESI, TAMPE. PARA FINES
DE RIEGO Y USO URBANO E INDUSTRIAL (1954 - 1983)

CUADRO No. III.8.2.1

C O N C E P T O	UNIDAD	R E S U L T A D O S									
		1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700
Cap. de Conservación	Mill.M ³	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700
Cap. Muerta	" "	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Cap. Inicial	" "	1350	1425	1500	1525	1650	1725	1800	1875	1950	2025
Demanda Anual (Uso Urbano e Ind)	" "	945.9	945.9	945.9	945.9	945.9	945.9	945.9	945.9	945.9	945.9
Demanda Anual de Riego	" "	405.1	448.6	492.3	529.3	558.3	587.2	616.2	645.3	674.2	703.2
Demanda Anual Total	" "	1351.0	1394.5	1438.2	1475.2	1504.2	1533.1	1562.1	1591.2	1620.1	1649.1
Lámina Bruta	m	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
Superficie Regada	Ha.	31898	35323	38764	41677	43961	46236	48520	50811	53087	55378
Aprovechamiento	%	40.2	41.5	42.8	43.9	44.8	45.6	46.5	47.3	48.2	49.1
Derrames	%	54.4	53.0	51.7	50.5	49.6	48.7	47.8	46.9	46.0	45.1
Evaporación	%	5.4	5.5	5.5	5.6	5.6	5.6	5.7	5.7	5.8	5.8
Años con Def.	No.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Def.Máxima Anual	%	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60

NOTA: La capacidad índice para la cual se suspenden las extracciones de riego es de 700 Mill. m³.

La demanda para uso urbano e industrial, se abastece sin deficiencias

III.9 ESTUDIO DE AVENIDAS

III.9.1 Generalidades

La cuenca del río Tamesí, está expuesta a las perturbaciones meteorológicas generadas en el Golfo de México, las cuales en algunas ocasiones, afectan grandes áreas mediante precipitaciones de origen convectivo generalmente en el período junio-octubre.

Por consecuencia, los ríos alimentados por volúmenes extraordinarios, ocasionan daños en sus partes bajas a poblados y vías de comunicación como los ocurridos a la ciudad de Tampico por el ciclón Hilda en el año de 1955. Por tal razón, resulta necesario, determinar la magnitud de la avenida máxima que puede presentarse y su efecto en las obras destinadas a dar salida al agua en la presa de almacenamiento durante la vida útil de la misma.

La avenida de diseño, está en función del período de retorno que se le asigne, entendiéndose como tal a un intervalo de recurrencia promedio para que esa avenida sea igualada o superada en ese lapso de tiempo propuesto. Cuando no existe información relativa a los gastos máximos presentados, se utilizan métodos indirectos basados en relaciones de lluvia y aspectos físicos de la cuenca. Por otra parte, si se cuenta con el registro histórico de dichas avenidas, resulta adecuado utilizar métodos cuyos fundamentos teóricos están basados sobre distribuciones estadísticas de valores extremos, con lo cual se logran resultados confiables.

Entre estos métodos estadísticos se encuentran el de

Gumbel, Nash, Levediev y Foster los cuales se relacionan a un período de retorno acorde al interés que exista para proteger los intereses humanos o socioeconómicos que pudieran resultar afectados con la obra ya en funcionamiento. Al respecto, es práctica común en México, adoptar para grandes presas de almacenamiento, un período de retorno de 10 000 años, en la avenida de diseño que para este caso corresponde al de la avenida máxima probable.

III.9.2 Avenidas Máximas Observadas

Del río Tamesí, se dispone de información de gastos máximos en las estaciones hidrométricas Magiscatzin y Tamesí. De aquella durante el período 1954-1981, o sea un lapso de 28 años que resulta ser bastante confiable. Con respecto a la estación Tamesí se cuenta con información de 1974 a 1979.

Por lo anterior se consideró a Magiscatzin como la estación más conveniente para el análisis de los gastos máximos de la corriente en estudio, al cubrir un período más amplio de información.

El Cuadro III.9.2.1, contiene los valores de los gastos máximos observados sobre el río en las estaciones Magiscatzin y Tamesí. Como se observa, el gasto máximo aforado en Magiscatzin es de $5550 \text{ m}^3/\text{seg}$, presentado en el mes de julio de 1976.

El cálculo del gasto de diseño hasta el sitio de la presa Tamesí, fué el siguiente:

Se aplicaron los métodos estadísticos mencionados anteriormente, con lo que se determinó la magnitud del gasto

máximo probable asociado a un período de retorno de 10 000 - años referido a Magiscatzin.

Posteriormente, para trasladarlo hasta el sitio en - donde se localiza el eje de la presa se utilizó la curva en - volvente de Creager.

Para el cálculo del gasto máximo mediante los métodos de Gumbel, Levediev y Foster, se formó el Cuadro III.9.3.1, - para el método de Nash, se utiliza el Cuadro III.9.3.2.

III.9.3 Métodos para obtener el gasto de diseño

METODO DE GUMBEL

Para calcular el gasto máximo para un período de retorno dado, se aplica la ecuación siguiente:

$$Q_{\text{máx}} = Q_m - \frac{\sqrt{Q}}{\sqrt{n}} (\bar{Y}_n - \text{Loge Tr}) \quad \text{--- (G1)}$$

EN DONDE:

N = Número de años de registro

\sqrt{Q} = Desviación estandar de los gastos = $\sqrt{\frac{\sum Qi^2 - NQ_m^2}{N-1}}$

Q_m = Gasto medio de los datos Q_i observados en el período

Tr = Período de retorno

\sqrt{n}, \bar{Y}_n = Constantes función del número de eventos (N)

Del Cuadro III.9.3.1 (Col. 2)

$$\sum_{i=1}^n Qi = 45241 \quad N = 28 \quad Q_m = 1615.7$$

Sustituyendo valores

$$\sqrt{Q} = \sqrt{\frac{12310 \times 10^4 - 28(1615.7)^2}{27}}; \quad \sqrt{Q} = 1361.0$$

Del Cuadro III.9.3.3, con N = 28, se obtiene

$$Y_n = 0.5343$$

$$\sqrt{n} = 1.1047$$

Sustituyendo en la ecuación G1

$$Q_{\text{máx}} = 1615.7 - \frac{1361.0}{1.1047} (0.5343 - \text{loge Tr})$$

Para un $Tr = 10\ 000$ años, el gasto máximo es de $12\ 305\ m^3/seg.$

Se determina un intervalo de confianza, o sea aquel dentro del cual puede variar el gasto máximo anterior.

Si $\phi = 1 - \frac{1}{Tr} > 0.9$ el intervalo se determina con la ecuación $\Delta Q = \pm \frac{1.14 Q}{\gamma^n} \dots \dots \dots (G2)$

$$\text{Por lo cual } \Delta Q = + \frac{1.14 (1361.0)}{1.1047}$$

$$\Delta Q = 1404\ m^3/seg.$$

El gasto total es: (Ecuación G1 + Ecuación G2)

Período de Retorno (Tr)	$Q_{\text{máx}}$ ($m^3/seg.$)
10 000 años	13 709

METODO DE LEVEDIEV

El gasto máximo, se obtiene a partir de la fórmula:

$$Q_{\text{máx}} = Q_p + \Delta Q$$

EN DONDE:

$$Q_p = Q_m (K C_v + 1) \text{ --- (L1)}$$

$$\Delta Q = \pm \frac{A E_r Q_p}{\sqrt{N}} \text{ --- (L2) (Intervalo de confianza)}$$

Q_m = Gasto medio en m^3/seg .

K = Coeficiente que depende de la probabilidad p , expresada en por ciento y del coeficiente de asimetría C_s . (Cuadro III.9.3.4)

Para avenidas producidas por tormentas, se adopta un coeficiente de asimetría $C_s = 3 C_v$; siendo C_v el coeficiente de variación que se expresa con la ecuación:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i}{Q_m} - 1 \right)^2}{N}}$$

Del Cuadro III.9.3.1 (Col. 7) $\sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i}{Q_m} - 1 \right)^2 = 19.19$

$$C_v = \sqrt{\frac{19.19}{28}} = 0.83$$

$$C_s = (3) (0.83) = 2.49$$

Obtención K

Para el período de retorno considerado, se obtiene la probabilidad siguiente expresada en %. ($P = \frac{1}{T_r}$).

$$Tr \text{ (años)} = 10\ 000$$

$$P \text{ (\%)} = 0.01$$

Con el valor de P y $Cs = 2.49$ del Cuadro III.9.3.4, se obtiene:

$$Tr = 10\ 000 \text{ años}$$

$$K = 9.33$$

Sustituyendo en la ecuación $Q_p = Q_m (K C_v + 1)$, se tiene:

$$Q_p = 1615.7 (9.33 \times 0.83 + 1)$$

$$Q_p = 14121 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Intervalo de Confianza (ΔQ)

$$\Delta Q = \pm \frac{A E_r Q_p}{\sqrt{N}}$$

A = Varía de 0.7 a 1.5, dependiendo del número de años de registro. Se considera un valor de $A = 1$

E_r = Coeficiente que depende de los valores C_v y de la probabilidad p . Se encuentran relacionados en la Gráfica VII

Obtención de E_r

Con $p = 0.01$, correspondiente al período de retorno considerado y $C_v = 0.83$, de la gráfica VII se obtiene el valor de $E_r = 1.45$.

Sustituyendo valores en la expresión del intervalo de confianza (ΔQ) se obtiene un gasto de $3\ 870 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Finalmente el gasto máximo ($Q + \Delta Q$), para un período de retorno de 10 000 años es de: $17\ 991 \text{ m}^3/\text{seg}$.

METODO DE FOSTER

El valor del gasto máximo para un período de retorno determinado, se obtiene con la ecuación siguiente:

$$Q_{\text{máx}} = Q_m (F_c C_d + 1)$$

EN DONDE:

Q_m = Gasto medio; 1615.2 m³/seg

F_c = Coeficiente que depende de la probabilidad p expresada en % y el coeficiente de desviación ajustado C_{sa} .

$C_{sa} = (C_s) (F)$

C_s = Coeficiente de Desviación; $C_s = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i}{Q_m} - 1\right)^3}{(N-1) (C_d)^3}$

F = Constante para Foster; $F = 1 + \frac{8.5}{N}$

C_d = Coeficiente de dispersión; $C_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i}{Q_m} - 1\right)^2}{N - 1}}$

N = Número de años; $N = 28$

Coeficiente de dispersión C_d :

Del Cuadro III.9.3.1 (Col. 7) = $\sum \left(\frac{Q_i}{Q_m} - 1\right)^2 = 19.19$

$$C_d = \sqrt{\frac{19.19}{28-1}} = 0.84$$

Coeficiente de desviación C_s

Del Cuadro III.9.3.1 (Col. 8) = $\sum \left(\frac{Q_i}{Q_m} - 1\right)^3 = 21.30$

Si; $N - 1 = 27$ y $(C_d)^3 = 0.59$

Sustituyendo; $C_s = \frac{21.30}{(27)(0.59)}$; $C_s = 1.34$

Coefficiente de desviación ajustado (Csa)

$$Csa = (Cs) (F); \quad \Gamma = 1 + \frac{8.5}{K}; \quad F = 1.30$$

$$Csa = (1.34) (1.30) = 1.74$$

Cálculo de Fc.

$$\text{Si } Tr = 10\ 000 \text{ años; } p = 0.01\%$$

Con $p = 0.01$ y $Csa = 1.74$ del Cuadro III.9.3.5, se obtiene $Fc = 10.7$

Sustituyendo valores en la ecuación general

$Q_{max} = Q_m(Fc C_d + 1)$, se tiene:

Período de Retorno (Tr)	Gasto máximo (m ³ /seg)
10 000 años	16 138

METODO DE NASH

El gasto máximo, se obtiene a partir de la fórmula

$$Q_{\text{máx}} = a + c \log \log \frac{Tr}{Tr-1} \text{ --- (N1)}$$

Tr = Período de retorno

a, c = Constantes función del registro de gastos máximos

$$a = Q_m - c X_m$$

$$c = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Q_i - N X_m Q_m}{\sum_{i=1}^n X_i^2 - N X_m^2}$$

N = Número de años de registros

Q_m = Gasto medio en m³/seg.

X_i = Constante para cada gasto registrado, función de su período de retorno correspondiente

$$X_i = \log \log \frac{Tr}{Tr-1}$$

X_m = Valor medio de las X_i

Cálculo de a

Del Cuadro III.9.3.2 formado a partir de la muestra de gastos observados, se tiene lo siguiente:

$$\text{Col. 6; } X_m = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{N} = \frac{-16.55}{28} = -0.59$$

$$\text{Col. 7; } \sum_{i=1}^n X_i^2 = 16.25$$

$$\text{Col. 8; } \sum_{i=1}^n Q_i X_i = -44146.6$$

Siendo N = 28 y Q_m = 1615.7, se obtiene

$$c = -2685.4$$

$$a = 1615.7 - (-2685.4) (-0.59)$$

$$a = 31.3$$

Sustituyendo a, c en N1

$$Q_{\text{máx}} = 31.3 + (-2685.4) \log \log \frac{Tr}{Tr-1}$$

Valor de Tr	$Q_{\text{máx}}$ (m ³ /seg.)
-------------	---

10 000

11 739

Intervalo de confianza ΔQ .

Está dado por la expresión:

$$\Delta Q = 2 \sqrt{\frac{Sqg}{N^2(N-1)} + (X-\lambda_m)^2 \frac{1}{N-2} \frac{1}{S_{xx}} (Sqg - \frac{S^2_{xq}}{S_{xx}})} \quad \text{--- (N2)}$$

DONDE:

$$S_{xx} = N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2$$

$$Sqg = N \sum Q_i^2 - (\sum Q_i)^2$$

$$S_{xq} = N \sum Q_i X_i - (\sum Q_i)(\sum X_i)$$

A partir del Cuadro III.9.3.2, se obtiene lo siguiente:

$$\sum X_i^2 = 16.25; \quad Q_i^2 = 12310.6 \times 10^4;$$

$$\sum Q_i X_i = -44146.4; \quad (\sum X_i)^2 = 273.9$$

$$S_{xx} = 181.1; \quad Sqg = 14021.0 \times 10^4; \quad S_{xq} = -487360.6$$

El valor de X, se calcula en función del período de retorno analizado con la expresión:

$$X = \log \log \frac{Tr}{Tr-1} ; \quad X = -4.362$$

Sustituyendo valores en la Ecuación N2 y agregando los resultados al obtenido anteriormente (Ec. N1), se tiene el gasto total siguiente:

Período de Retorno (Tr)	Gasto Máximo (m ³ /seg.)	Intervalo de Confianza (Δ Q)	Total m ³ /seg
10 000 Años	11 739	1 157	12 896

En resumen, los gastos máximos obtenidos para un período de retorno de 10 000 años, hasta la estación hidrométrica Magiscatzin, son los siguientes:

M E T O D O	GASTO (m ³ /seg)
Gumbel	13 709
Levediev	17 991
Foster	16 138
Nash	12 896
PROMEDIO	15 183

GASTOS MAXIMOS ANUALES OBSERVADOS SOBRE EL RIO TAMESI EN LAS ESTACIONES MAGISCATZIN Y TAMESI

CUADRO III.9.2.1

AÑO	MAGISCATZIN			TAMESI		
	MES	DIA	GASTO (m ³ /seg)	MES	DIA	GASTO (m ³ /seg)
1954	OCT	17	524.0			
1955	SEP	21	4500.0			
1956	JUL	28	1150.0			
1957	SEP	23	261.6 ¹			
1958	JUL	11	491.3			
1959	OCT	4	1384.0			
1960	OCT	17	509.9			
1961	JUN	18	1239.9			
1962	JUN	28	1589.0			
1963	JUL	4	363.6			
1964	MAY	24	513.8			
1965	AGO	7	851.5			
1966	OCT	12	3737.5			
1967	SEP	24	2124.2			
1968	AGO	17	908.0			
1969	JUL	8	633.0			
1970	JUL	18	3403.6			
1971	JUN	27	2311.6			
1972	JUL	22	2286.0			
1973	JUN	26	2997.4	JUN	28	2700.0
1974	JUL	12	796.0	JUL	13	1710.0
1975	JUL	16	1460.3	JUL	18	1122.0 ¹
1976	JUL	13	5550.0 ²	JUL	14	4240.0 ²
1977	SEP	3	2576.0	SEP	4	2093.0
1978	SEP	10	958.1	AGO	2	1156.0
1979	AGO	30	778.3	AGO	30	1148.8
1980	AGO	12	417.2			
1981	JUN	20	924.5			

1 Mínimo

2 Máximo

APLICACION DE LOS METODOS ESTADISTICOS DE GUMBEL, LEVEDIEV Y FOSTER
A LOS GASTOS MAXIMOS ANUALES DE MAGISCATZIN

CUADRO III.9.3.1

AÑO	Gasto (Qi) m ³ /seg	Qi ² x 10 ⁴	Gasto (Qi) de Mayor a Menor	Qi Qm	Qi Qm - 1	(Qi Qm - 1) ²	(Qi Qm - 1) ³
1	2	3	4	5	6	7	8
1954	524.0	27.4	5550.0	3.44	2.44	5.95	14.530
1955	4500.0	2025.0	4500.0	2.79	1.79	3.20	5.730
1956	1150.6	132.4	3737.5	2.31	1.31	1.72	2.260
1957	261.6	6.8	3403.6	2.11	1.11	1.23	1.370
1958	491.3	24.1	2997.4	1.80	0.36	0.73	3.630
1959	1364.0	191.5	2576.0	1.60	0.60	0.36	0.220
1960	509.9	26.0	2311.6	1.43	0.43	0.19	0.080
1961	1239.9	153.7	2286.0	1.42	0.42	0.18	0.070
1962	1589.0	252.5	2124.2	1.32	0.32	0.10	0.030
1963	363.6	13.2	1589.0	0.98	-0.02	0.004	-
1964	513.8	26.4	1460.3	0.90	-0.10	0.01	-
1965	851.5	72.5	1384.0	0.86	-0.14	0.02	-0.003
1966	3737.5	1390.0	1239.9	0.77	-0.23	0.05	-0.012
1967	2124.2	451.2	1150.6	0.71	-0.29	0.08	-0.024
1968	908.0	82.4	958.1	0.59	-0.41	0.17	-0.069
1969	633.0	40.1	924.5	0.57	-0.43	0.18	-0.080
1970	3403.6	1158.4	908.0	0.56	-0.44	0.19	-0.085
1971	2311.6	534.3	851.5	0.53	-0.47	0.22	-0.104
1972	2286.0	522.6	796.0	0.49	-0.51	0.26	-0.133
1973	2997.4	898.4	778.4	0.48	-0.52	0.27	-0.141
1974	796.0	63.4	633.0	0.39	-0.61	0.37	-0.227
1975	1460.3	213.2	524.0	0.32	-0.68	0.46	-0.314
1976	5550.0	3080.2	513.0	0.32	-0.68	0.49	-0.314
1977	2576.0	663.6	509.9	0.32	-0.68	0.46	-0.343
1978	958.1	91.8	491.3	0.30	-0.70	0.49	-0.343
1979	778.4	60.6	417.2	0.26	-0.74	0.54	-0.405
1980	417.2	17.4	363.6	0.23	-0.77	0.59	-0.457
1981	924.5	35.5	261.6	0.16	-0.84	0.71	-0.593

SUMA 45241.0 12310.6x10⁴ 19.19 21.301

CASTO MEDIO $Q_m = \frac{Q_i}{N}$; $Q_m = 1615.2$

APLICACION DEL METODO ESTADISTICO DE NASH A LOS GASTOS MAXIMOS ANUALES DE
MAGISCATZIN

CUADRO III.9.3.2

N° de Orden	Gasto (Qi) de Mayor a Menor	$Qi^2 \times 10^4$	$\frac{N+1}{Mi} = Tr$	$\frac{Tr}{Tr-1}$	$\log \log \frac{Tr}{Tr-1}$ (xi)	$(xi)^2$	$(Qi)(xi)$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	5550.0	3080.2	29.00	1.04	-1.81	3.28	-10045.5
2	4500.0	2025.0	14.50	1.07	-1.51	2.28	-6795.0
3	3737.5	1396.0	9.66	1.11	-1.32	1.74	-4933.5
4	3403.6	1158.4	7.25	1.16	-1.19	1.42	-4050.3
5	2997.4	898.4	5.80	1.21	-1.08	1.17	-3237.2
6	2576.0	663.6	4.83	1.26	-0.99	0.98	-2550.2
7	2311.6	534.3	4.14	1.32	-0.92	0.85	-2126.7
8	2286.0	522.6	3.62	1.38	-0.85	0.72	-1943.1
9	2124.2	451.2	3.22	1.45	-0.79	0.62	-1678.1
10	1589.0	252.1	2.90	1.53	-0.74	0.55	-1175.9
11	1460.3	213.2	2.64	1.61	-0.68	0.46	-933.0
12	1384.0	191.5	2.42	1.70	-0.63	0.40	-871.9
13	1239.9	153.7	2.23	1.81	-0.59	0.35	-731.5
14	1150.6	132.4	2.07	1.93	-0.54	0.29	-621.3
15	958.1	91.8	1.93	2.07	-0.50	0.25	-479.0
16	924.5	85.5	1.81	2.23	-0.46	0.21	-425.3
17	908.0	82.4	1.70	2.43	-0.41	0.17	-372.3
18	851.5	72.5	1.61	2.64	-0.37	0.14	-315.0
19	796.0	63.4	1.53	2.88	-0.34	0.11	-270.8
20	778.4	60.6	1.45	3.22	-0.29	0.08	-225.7
21	633.0	40.1	1.38	3.63	-0.25	0.06	-158.2
22	524.0	27.4	1.32	4.12	-0.21	0.04	-110.0
23	513.8	26.4	1.26	4.85	-0.16	0.02	-82.2
24	509.9	26.0	1.21	5.76	-0.12	0.01	-61.2
25	491.3	24.1	1.16	7.25	-0.06	-	-29.5
26	417.2	17.4	1.11	10.09	0.002	-	-0.7
27	363.6	13.2	1.07	15.29	0.07	0.01	26.5
28	261.6	6.8	1.03	34.33	0.19	0.03	48.6
SUMA	45241.0	12310.6x10 ⁴			-16.55	16.25	-44146.6

METODO DE GUMBEL

CUADRO III.9.3.3

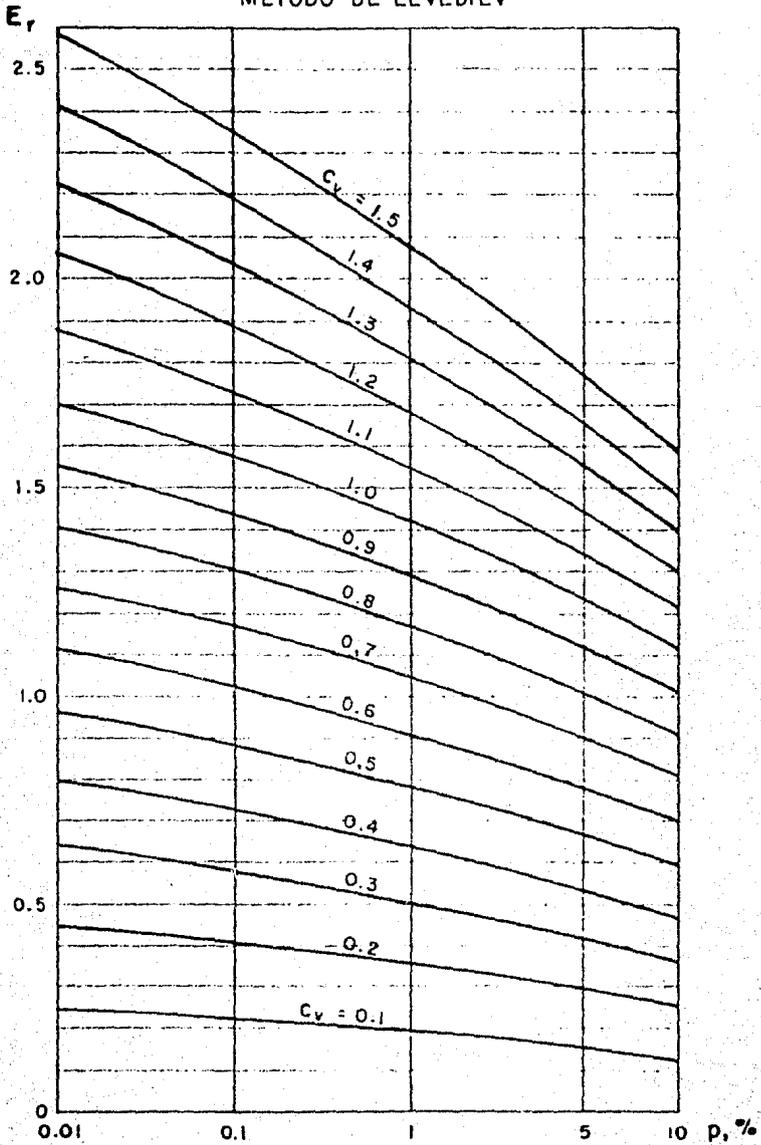
N	Y_n	\bar{r}_n
15	0.5128	1.0206
16	0.5157	1.0316
17	0.5181	1.0411
18	0.5202	1.0493
19	0.5220	1.0566
20	0.5235	1.0628
21	0.5252	1.0696
22	0.5268	1.0754
23	0.5283	1.0811
24	0.5296	1.0864
25	0.5309	1.0914
26	0.5320	1.0961
27	0.5332	1.1004
28	0.5343	1.1047
29	0.5353	1.1086
30	0.5362	1.1124
31	0.5371	1.1159
32	0.5380	1.1193
33	0.5388	1.1226
34	0.5396	1.1255
35	0.5403	1.1285
36	0.5410	1.1313
37	0.5418	1.1339
38	0.5424	1.1363
39	0.5430	1.1388
40	0.5436	1.1413

METODO DE LEVEDIEV

CUADRO III.9.3.4

Cs	VALORES DE K					
	P en %					
	0.01	0.1	0.5	1	5	10
0.6	5.05	3.90	3.13	2.75	1.80	1.33
0.7	5.28	4.10	3.22	2.82	1.92	1.33
0.8	5.50	4.24	3.31	2.89	1.84	1.34
0.9	5.73	4.38	3.40	2.96	1.86	1.34
1.0	5.96	4.52	3.49	3.02	1.88	1.34
1.1	6.18	4.67	3.58	3.09	1.89	1.34
1.2	6.41	4.81	3.66	3.15	1.92	1.34
1.3	6.64	4.95	3.74	3.21	1.94	1.34
1.4	6.87	5.09	3.83	3.27	1.95	1.34
1.5	7.09	5.28	3.91	3.33	1.96	1.33
1.6	7.31	5.37	3.99	3.39	1.97	1.33
1.7	7.54	5.50	4.07	3.44	1.98	1.32
1.8	7.76	5.64	4.15	3.50	1.99	1.32
1.9	7.98	5.77	4.23	3.55	2.00	1.31
2.0	8.21	5.91	4.30	3.60	2.00	1.30
2.1	8.43	6.04	4.38	3.65	2.01	1.29
2.2	8.66	6.14	4.46	3.68	2.02	1.27
2.3	8.89	6.26	4.52	3.73	2.01	1.26
2.4	9.11	6.37	4.59	3.78	2.00	1.25
2.5	9.33	6.50	4.65	3.82	2.00	1.23
2.6	9.55	6.54	4.71	3.86	2.00	1.21
2.7	9.77	6.75	4.80	3.92	2.00	1.10
2.8	9.99	6.86	4.85	3.96	2.00	1.18
2.9	10.21	7.00	4.91	4.01	1.99	1.15
3.0	10.43	7.10	4.95	4.05	1.97	1.13
3.1	10.64	7.23	5.01	4.09	1.97	1.11
3.2	10.93	7.35	5.08	4.11	1.96	1.09
3.3	11.02	7.44	5.14	4.15	1.95	1.08

METODO DE LEVEDIEV



VALORES DE E_r EN FUNCION DE C_v Y p EN PORCENTAJE

FACTORES DE LA CURVA DE DISTRIBUCION DE FOSTER

Cuadro III.9.3.5

Coeficiente de Desviación (Cs)	Períodos de Retorno En %				
	50	5	1	0.1	0.01
0.1	0.02	1.67	2.40	3.24	3.96
0.2	0.03	1.71	2.48	3.39	4.20
0.3	0.05	1.74	2.56	3.55	4.45
0.4	0.06	1.76	2.64	3.72	4.72
0.5	0.08	1.79	2.72	3.90	5.00
0.6	0.09	1.81	2.80	4.08	5.30
0.7	0.11	1.84	2.89	4.28	5.64
0.8	0.12	1.86	2.97	4.48	6.00
0.9	0.14	1.88	3.06	4.69	6.37
1.0	0.15	1.90	3.15	4.92	6.77
1.1	0.17	1.92	3.24	5.16	7.23
1.2	0.18	1.94	3.33	5.40	7.66
1.3	0.19	1.96	3.41	5.64	8.16
1.4	0.20	1.98	3.50	5.91	8.66
1.5	0.22	1.99	3.59	6.18	9.16
1.6	0.23	2.01	3.69	6.48	9.79
1.7	0.24	2.02	3.78	6.77	10.40
1.8	0.25	2.03	3.88	7.09	11.67
1.9	0.26	2.04	3.96	7.42	11.83
2.0	0.27	2.05	4.07	7.78	12.60
2.1	0.28	2.06	4.17	8.13	13.35
2.2	0.29	2.07	4.27	8.54	14.30
2.3	0.30	2.07	4.37	8.95	15.25
2.4	0.31	2.08	4.48	9.35	15.75
2.5	0.32	2.08	4.58	9.75	-

El resultado anterior calculado hasta la estación - Magiscatzin (A. cuenca = 10968 Km²), ha de transferirse al sitio de proyecto localizado aguas abajo (A. cuenca = 16817 Km²); - para lo cual se utilizó la envolvente de gastos máximos de W.P - Creager.

CURVAS ENVOLVENTES DE GASTOS

Creager al estudiar gran cantidad de datos de gastos máximos registrados en las corrientes de Estados Unidos y de otros países, encontró que con pocas excepciones, al dibujar todos los datos en papel logarítmico contra sus áreas de cuenca correspondientes, estos seguían una cierta tendencia, pudiendo trazar una curva envolvente de dichos puntos, representados por la ecuación general siguiente:

$$Q = C A^n$$

o su equivalente, dividiendo entre A

$$q = C A^{n-1}$$

SIENDO:

Q = Gasto m³/seg.

q = Gasto unitario (m³/seg/Km²)

A = Superficie de la cuenca (Km²)

C = Coeficiente de avenida, que depende de la cuenca drenada.

n = Exponente, menor que la unidad.

La ecuación anterior deducida empíricamente por Creager en el sistema métrico, es:

$$q = 0.503 C \left[0.386 A \right]^{\left(\frac{0.894}{(0.386 A)^{0.048}} \right) - 1}$$

Con esta fórmula, la envolvente de gastos máximos tiene un valor de $C = 100$ y puede transferirse un gasto a otro sitio que guarde condiciones semejantes de aquel en donde se conozca el gasto unitario (q) y el área de cuenca (A).

La transferencia del gasto de Magiscatzin a Tamesí fué:

Se substituyó en la ecuación general de Creager el gasto unitario hasta Magiscatzin y su área de cuenca correspondiente, con lo que se obtuvo el coeficiente C . Con este coeficiente y el área de cuenca de Tamesí substituyendo nuevamente en dicha fórmula, se obtuvo el gasto unitario hasta este sitio, cuyo producto con el área de cuenca proporcionó el valor del gasto de diseño referido al sitio de la presa Tamesí.

El cuadro III.9.2.6 presenta el resumen anterior.

III.9.4 Volumen e Hidrograma de la Avenida de diseño.

Para conocer el volumen de la avenida de diseño de la presa Tamesí, se analizó por métodos estadísticos la muestra de los volúmenes anuales hasta la estación Magiscatzin, co -

TRANSPORTE DEL GASTO MAXIMO EN MAGISCATZIN AL SITIO DEL PROYECTO TAMESI PARA
UN PERIODO DE RETORNO DE 10 000 AÑOS.

Cuadro III.9.3.6

Período de Retorno Tr. (años)	Gasto máximo en Magiscatzin (m ³ /seg)	Gasto específico en Magiscatzin (m ³ /seg/Km ²)	Coefficiente C de Creager	Gasto específico en Tamesí (m ³ /seg/Km ²)	Gasto máximo en Tamesí (m ³ /seg) ¹⁾
10 000	15 183	1.38	78.22	1.04	17 500

Area cuenca Magiscatzin 10 968 Km²

Area cuenca Proyecto Tamesí 16 817 Km²

¹⁾ Se aproximó a valores cerrados inmediatos.

respondientes al periodo en que ocurrieron las crecientes máximas de cada año, los cuales se muestran a continuación:

AÑO	VOLUMEN (MILL.M3)	PERIODO	AÑO	VOLUMEN (MILL.M3)	PERIODO
1954	259	12-19 OCT.	1968	231	16-24 AGO.
1955	1036	19-29 SEP.	1969	180	7-14 JUL.
1956	283	27 JUL.-4 AGO.	1970	713	16-23 JUL.
1957	87	21-25 SEP.	1971	705	25 JUN.-5 JUL.
1958	201	8-14 JUL.	1972	623	17-27 JUL.
1959	484	30 SEP-9 OCT.	1973	639	24-30 JUN.
1960	93	17-22 OCT.	1974	158	11-16 JUL.
1961	449	16-24 JUN.	1975	423	13-23 JUL.
1962	420	26 JUN-4 JUL.	1976	2070	5-20 JUL.
1963	142	19-27 JUL.	1977	747	31 AGO-6 SEP.
1964	195	21-29 MAY.	1978	278	6-14 SEP.
1965	356	4-12 AGO.	1979	226	28 JUL-5 AGO.
1966	888	11-21 OCT.	1980	121	10-15 AGO.
1967	499	23 SEP-2 OCT.	1981	268	18-25 JUN.

Para una frecuencia de 10 000 años de periodo de retorno obtuvieron los siguientes resultados:

M E T O D O	VOLUMEN (MILL. M3)
Gumbel	4 055
Nash	3 825
Levediev	4 246
PROMEDIO	4 042

Considerando que el volumen hasta el sitio de Tamesí, es un 35% que el correspondiente a Magiscatzin, se obtuvo hasta -- aquel sitio un volumen de 5457 \bar{m} de m^3 por lo cual se aproxima a

un volumen de $5\,500 \bar{m}$ de m^3 para fines de análisis.

HIDROGRAMA

Entre las crecientes estudiadas destacan las ocurridas - en septiembre de 1955 y julio de 1976 adoptándose la forma de la avenida igual a la observada en 1955, mayorada a un gasto máximo de $17\,500 m^3/seg$. Dicha avenida se considera precedida por la - de julio de 1976 con gasto máximo de $5\,550 m^3/seg$. de tal forma, su duración oscila en el rango de las principales crecientes observadas en la zona que varían de 8 - 11 días.

En la Gráfica VIII se muestra el hidrograma de la avenida adoptada.

III.9.5 Tránsito de Avenidas

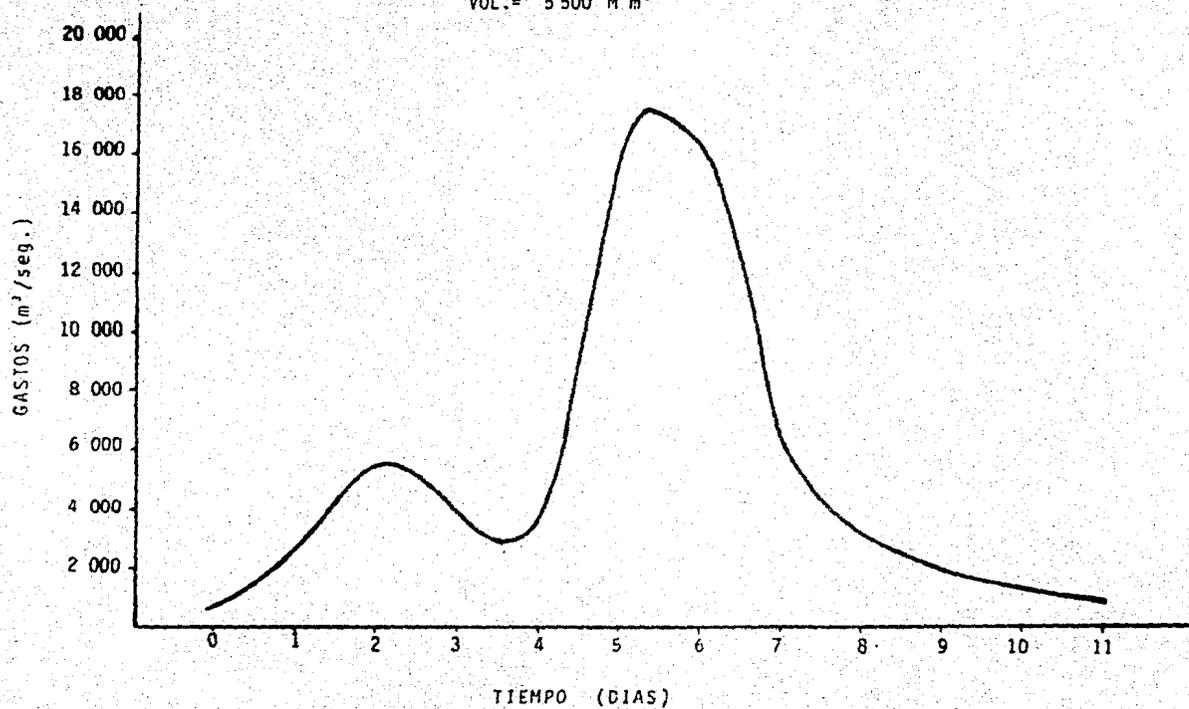
III.9.5.1 Generalidades

Constituye un proceso analítico para determinar las características de la obra de excedencias de una presa de almacenamiento. El problema surge de la necesidad de abatir los picos de las crecientes, a fin de disminuir el riesgo por inundaciones aguas abajo de la presa, garantizando la seguridad de la obra mediante el conocimiento de los niveles del agua en el vaso y de las descargas por el vertedor.

Para situarse del lado de la seguridad, el criterio adoptado al aplicar esta técnica supone la ocurrencia de la avenida cuando el vaso se encuentra lleno, de tal forma que al entrar la creciente, el agua se va almacenando temporalmente llenando el-

PRESA TAMESI, TAMPS.
HIDROGRAMA DE LA AVENIDA MAXIMA PROBABLE

$T_r = 10\ 000$ AÑOS
 $VOL. = 5\ 500$ M³



GRAFICA VIII

espacio entre la cresta del vertedor y su carga máxima, dando como resultado una disminución del gasto descargado en relación con aquel que entra al vaso, además de retardarlo.

La información necesaria, es:

- a) Hidrograma de la avenida de entrada al vaso
- b) Curva de elevaciones-capacidades del vaso, con lo que se están tomando en cuenta sus características físicas.
- c) Ley de descargas del vertedor en función del nivel del agua en el vaso.

El retardo de la avenida como consecuencia del almacenamiento sobre el nivel del vertedor, es función del gasto de entrada al vaso (I), del almacenamiento (ΔV) y del gasto que sale (O). Para un intervalo de tiempo (ΔT), se establece la ecuación de continuidad.

$$I \Delta T - O \Delta T = \Delta V$$

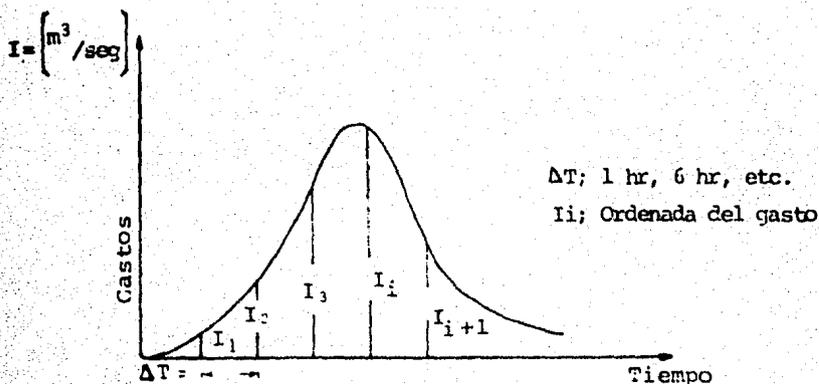
DONDE:

I = Gasto medio de entrada durante Δt ; $I = \frac{I_i + I_{i+1}}{2}$

O = Gasto medio de descarga durante Δt ; $O = \frac{O_i + O_{i+1}}{2}$

ΔV = Incremento de volumen acumulado durante ΔT

i = Número de orden del intervalo considerado. Para un hidrograma Tipo se ilustra lo siguiente:



Reemplazando los incrementos en la ecuación de continuidad y agrupando las cantidades conocidas del lado izquierdo y las incógnitas del lado derecho, se tiene:

$$\left(\frac{I_i + I_{i+1}}{2}\right) \Delta t + V_i + \frac{O_i}{2} \Delta t = V_{i+1} + \frac{O_{i+1}}{2} \Delta t$$

Lo anterior implica resolver para cada ΔT una ecuación con dos incógnitas ya sea por tanteos u otros procedimientos conocidos.

Para el presente estudio, se utilizó el método llamado de Puls, el cual consiste en resolver a partir de un arreglo de forma tabular, la ecuación de continuidad para cada ΔT . Para el caso en donde el tránsito de la avenida es mediante un vertedor libre, el procedimiento es el siguiente:

- De la ecuación de continuidad si se considera como unidad de tiempo la magnitud T y agrupando los términos convenientemente, se obtiene la expresión.

$$(2V + O)_{i+1} = I_i + I_{i+1} + (2V - O)_i$$

- Elegido un intervalo de tiempo T, se construye la curva auxiliar $2V + 0$ contra $2V - 0$, tabulando para distintas elevaciones del agua en el vaso a partir de la cresta del vertedor, los valores del volumen retenido en el, obtenidos de la curva elevaciones-capacidades y los valores del gasto de salida correspondiente. (Si es vertedor rectangular) = $CLH^{3/2}$ C = Coeficiente de descarga, L = Longitud (m); H = Carga Hidráulica .
- Se construye el Cuadro III.9.5.1.1, para llevar el tránsito en forma ordenada, en donde por columnas -- comprende lo siguiente:

En la columna (1), se especifica el intervalo de tiempo (T)

En la columna (2) y (3), se tienen los valores conocidos de los gastos de entrada al inicio y final del intervalo correspondiente (I_i, I_{i+1})

La columna (4), se obtiene sumando los renglones correspondientes de las columnas (2) y (3); ($I_i + I_{i+1}$). Hasta la columna (4), la información es conocida. El cálculo se inicia de la columna (5) en adelante, obteniéndose de la forma siguiente:

El valor del renglón "i" de la columna (6); ($2V_i + O_i$), es igual a la suma del renglón (i) de la columna (4), más el renglón (i-1) de la columna (5), ($2V_i - O_i$).

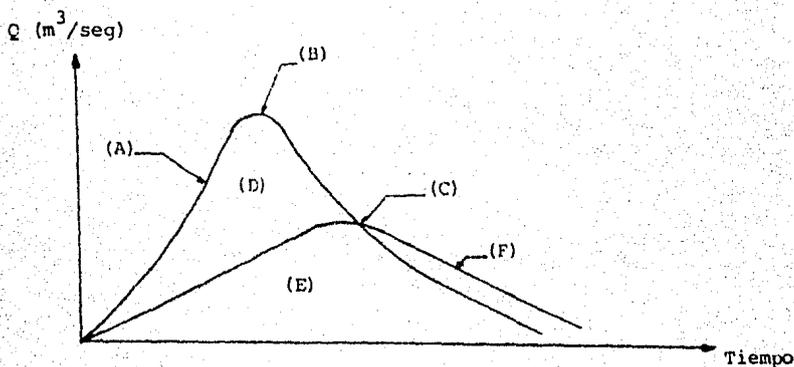
Con el renglón (i) de la columna (6), se obtiene de la curva auxiliar, el correspondiente valor del renglón (i) de la columna (5).

La columna (7), (O_i) se obtiene restando la (5) ue (6) y dividiendo entre 2, que representa el gasto regularizado que está saliendo del vaso. $(7) = \frac{(2V_i + O_i) - (2V_i - O_i)}{2}$

= O_i . La columna (9), se obtiene sumando la (5) y la (6) y dividiendo entre 4. Representa los volúmenes retenidos por el vaso. (8) $\frac{(2V_i + O_i) + (2V_i - O_i)}{4} = V_i$

Con el valor calculado de la columna (8), que representa el volumen máximo retenido sobre la cresta del vertedor, se determina con la curva elevaciones-capacidades, la altura correspondiente o nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME).

Los resultados del tránsito de avenidas, llevado a una gráfica, son los siguientes:



DONDE:

- (A) = Hidrograma de entrada (Col.5)
- (B) = Gasto máximo de entrada
- (c) = Gasto máximo de salida (Col.7)
- (D) = Volumen regularizado
- (E) = Volumen retenido (Col.8)
- (F) = Hidrograma de salidas regularizado.

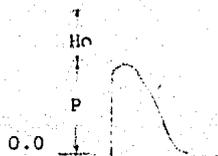
c) Ley de Descargas por el vertedor

Se integra por dos vertedores libres trabajando conjuntamente. Uno de ellos con descarga al Golfo de México y el otro con descarga al río Pánuco. Las descargas directas hacia el mar se conducirán a través de un cauce de alivio que desarrolla una longitud de 5775 m pasando por el corredor Tampico-Altamira, aspecto que limita su ancho máximo a 450 m, con el fin de no afectar industrias ya establecidas. Con su operación se reducirá parcialmente las descargas hacia Tampico-Cd. Madero.

El vertedor con descarga al río Pánuco, se aloja sobre el eje de la cortina, su longitud va a depender de la necesidad de no rebasar al paso de la avenida máxima, la elevación (NAME) 7.2 m, con objeto de no afectar infraestructura importante aledaña al vaso.

De lo anterior, se tiene un margen de variación en el nivel del agua para el tránsito de la avenida máxima de 2.8 m considerando que al paso de la misma, la presa se encuentra llena o a su capacidad de conservación que es de 2500 millones de m^3 (elev. 4.4 m). Por lo cual no se trata en este análisis una obra de excedencias con control de descargas.

Las características de los vertedores propuestos son de tipo Creager con un nivel del canal de acceso a la 0.0 m y cresta a la 4.4 m.



En este caso $P = 4.4$ m

$H_o = 2.8$ m (si NAME = 7.2 m)

Se tiene entonces $\frac{P}{H_0} = 1.57$, valor con el cual recurriendo a la gráfica que proporciona los coeficientes de descarga (ref. 6) da $C = 2.14$ por lo cual se acepta $C_0 = 2.1$ para la carga de diseño.

Para una longitud unitaria de vertedor se determinaron con diferentes elevaciones los gastos que se muestran en el cuadro. III.9.5.1.2

III.9.5.2 RESULTADOS

Considerando como un solo vertedor la obra de excedencias, se estimó mediante varias simulaciones una longitud efectiva total de 1300 m para el tránsito de la avenida máxima por la presa de almacenamiento. Los resultados más importantes obtenidos son:

Longitud efectiva vertedora	1300 m
Elevación de la cresta	4.4 m
Gasto máximo de entrada al vaso	17500 m ³ /seg
Gasto máximo de salida	12909 m ³ /seg
Regularización de la avenida	26 %
Almacenamiento inicial del vaso	2500 m ³
Almacenamiento máximo	4425 m ³
Volumen retenido	1925 m ³
Elevación máxima del embalse	7.20 m
Carga en el vertedor	2.80 m

De la longitud efectiva de la cresta vertedora determinada en el tránsito de avenidas, 450 m son para las descargas directas al mar la cual se debe incrementar debido a las contracciones provocadas por las pilas en las que se apoya el puente por el cual cruza la carretera y ferrocarril que va a Altamira.

Para pilas de 1 m de ancho y claros del orden de 10 m, se obtiene una longitud neta de:

$$L' = 450 + 2 (N K_p + K_a) H_o$$

Siendo:

K_p y K_a , coeficientes con valores de 0.01 y 0.1 para pilas con tajamar y muros extremos redondeados respectivamente.

N = Número de pilas (44); H_o = 2.8 m

$$L' = 453.0 \text{ m}$$

La longitud total del vertedor incluyendo las pilas en el sitio del puente es de 497.0m.

Los gastos de descarga por los vertedores considerados son:

Gasto máximo de entrada	17500 m ³ /seg
Gasto máximo de salida	
Con descarga al mar (L=497 m)	4469 m ³ /seg
Con descarga al río Pánuco (L=650 m)	8440 m ³ /seg
T o t a l	12909 m ³ /seg

El cuadro III.9.5.2.1 contiene el cálculo del tránsito de la avenida de diseño mediante el método de Puls y la gráfica IX, los hidrogramas de entrada y salida por el vaso.

DESCARGAS POR EL VERTEDOR DE LA PRESA TAMESI
PARA CARGAS DIFERENTES A LAS DE PROYECTO

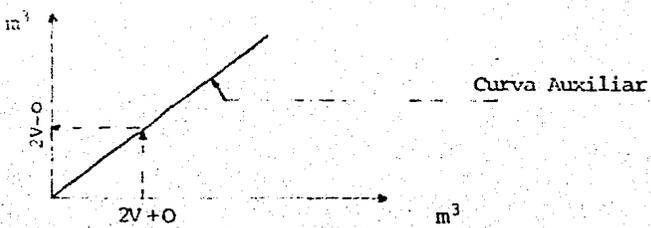
Elevación (m)	He	He/Ho	C/Co	C	C He ^{3/2}
4.4	0.0	-	-	-	-
4.5	0.1	0.036	0.800	1.69	0.054
4.6	0.2	0.071	0.800	1.69	0.150
4.7	0.3	0.107	0.822	1.74	0.285
4.8	0.4	0.143	0.838	1.77	0.448
4.9	0.5	0.178	0.853	1.80	0.636
5.0	0.6	0.214	0.860	1.81	0.841
5.1	0.7	0.250	0.869	1.83	1.072
5.2	0.8	0.285	0.878	1.85	1.324
5.3	0.9	0.321	0.887	1.87	1.597
5.4	1.0	0.357	0.896	1.89	1.890
5.5	1.1	0.393	0.903	1.90	2.192
5.6	1.2	0.428	0.910	1.92	2.524
5.7	1.3	0.464	0.918	1.94	2.875
5.8	1.4	0.500	0.927	1.96	3.846
5.9	1.5	0.536	0.933	1.97	3.619
6.0	1.6	0.571	0.940	1.98	4.607
6.1	1.7	0.607	0.949	2.00	4.433
6.2	1.8	0.643	0.958	2.02	5.078
6.3	1.9	0.679	0.964	2.03	5.316
6.4	2.0	0.714	0.970	2.05	5.797
6.5	2.1	0.750	0.975	2.06	6.268
6.6	2.2	0.785	0.980	2.07	6.755
6.7	2.3	0.821	0.986	2.08	7.255
6.8	2.4	0.857	0.992	2.09	7.771
6.9	2.5	0.893	0.996	2.10	8.301
7.0	2.6	0.928	0.997	2.10	8.803
7.1	2.7	0.964	0.998	2.11	9.361
7.2	2.8	1.00	1.00	2.11	9.886

PROCESO DE CALCULO PARA EL TRANSITO DE UNA AVENIDA POR UN VASO DE ALMACENAMIENTO
POR EL METODO DE PULS

CUADRO III.9.5.i.1

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(i)	I_i	I_{i+1}	$I_i + I_{i+1}$	$2V_i - O_i$	$2V_i + O_i$	S_i	Vol. Ret
ΔT	$m^3/\Delta T$	$m^3/\Delta T$	$m^3/\Delta T$	$m^3/\Delta T$	$m^3/\Delta T$	$m^3/\Delta T$	m^3
0	0	2	= 2	0		$(7) = \frac{(5) - (6)}{(2)}$	$(8) = \frac{(5) + (6)}{4}$
1	2	4	= 6				
2	4	6	= 10				
3	6						
.	.						
.	.						
.	.						
hrs	n						

Gráfica

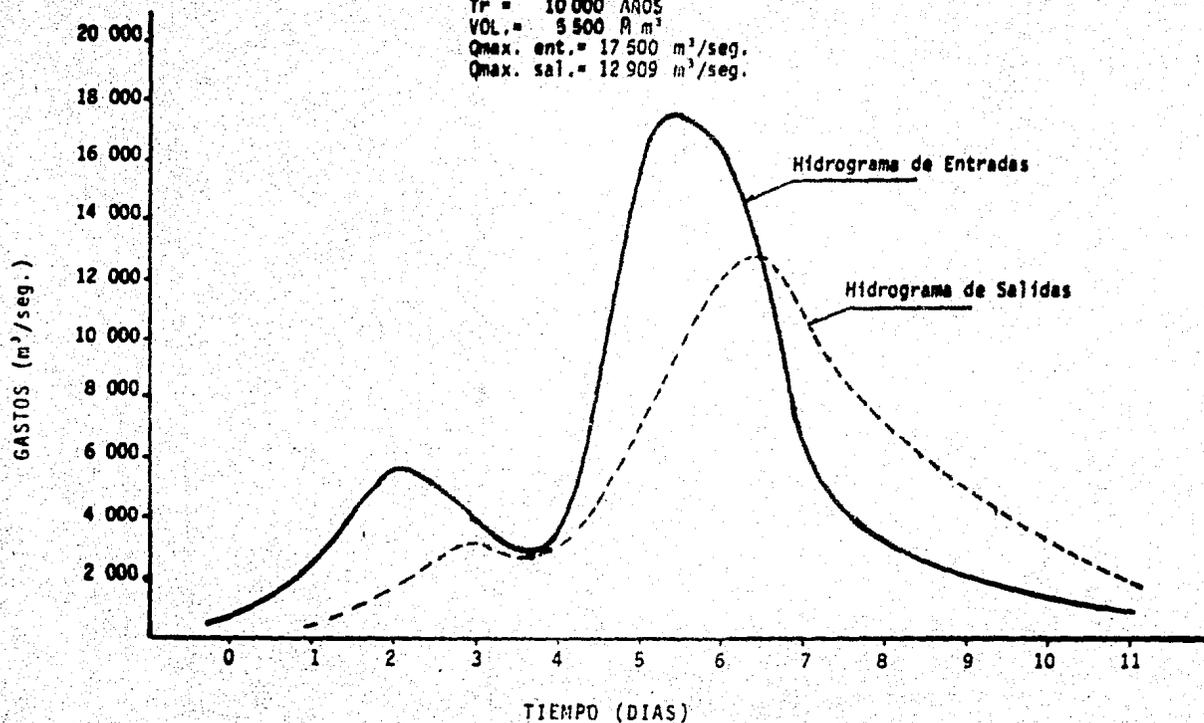


I_i = Gastos de entrada

i	I _i	I _{i-1}	I _i	I _{i-1} +I _i	2V _{i-0}	2V _{i+0}	O _i	Volumen retenido
hrs	m ³	mm ³ /3hrs	mm ³ /3hrs		mm ³ /3hrs	mm ³ /3hrs	m ³ /seg	mm ³
0	530	5.724	6.566	12.290	6.0	0.0	-	-
3	608	6.566	8.532	15.090	14.06	15.10	11	7
6	790	8.532	11.232	19.764	34.09	34.63	25	17
9	1040	11.232	13.716	24.948	58.11	59.03	43	29
12	1270	13.716	16.308	30.024	86.76	88.14	63	44
15	1510	16.308	19.224	35.532	120.39	122.29	88	61
18	1780	19.224	22.140	41.364	159.23	161.75	116	80
21	2050	22.140	26.244	48.384	205.67	207.61	90	103
24	2430	26.244	30.326	56.570	258.95	262.24	152	130
27	2808	30.326	36.720	67.046	321.51	326.00	208	162
30	3400	36.720	43.200	79.920	396.17	401.43	243	199
33	4000	43.200	44.388	87.588	476.21	483.76	488	240
36	4110	44.388	40.384	92.772	555.34	568.98	631	281
39	4480	40.384	53.092	102.276	638.35	657.61	891	324
42	4990	53.092	59.400	113.292	729.48	751.64	1025	370
45	5500	59.400	59.724	119.124	819.39	848.61	1352	417
48	5530	59.724	59.086	119.610	905.58	939.01	1547	461
51	5545	59.086	50.320	118.206	986.45	1023.79	1729	503
54	5400	50.320	56.484	114.804	1059.87	1101.25	1915	540
57	5230	56.484	55.728	112.212	1126.02	1172.09	2133	574
60	5160	55.728	54.864	110.592	1186.19	1236.62	2334	606
63	5080	54.864	54.486	109.350	1242.04	1295.54	2477	634
66	5045	54.486	46.829	101.315	1287.37	1343.36	2592	658
69	4336	46.829	44.334	91.163	1320.71	1378.53	2677	675
72	4105	44.334	37.346	81.680	1343.32	1402.39	2734	686
75	3458	37.346	34.128	71.474	1355.09	1414.80	2764	692
78	3160	34.128	30.996	65.124	1360.22	1420.21	2777	695
81	2870	30.996	30.996	61.992	1362.11	1422.21	2782	696
84	2870	30.996	31.212	62.208	1364.11	1424.32	2787	697
87	2890	31.212	33.156	64.364	1368.05	1428.48	2797	699
90	3076	33.156	33.696	66.852	1374.15	1434.91	2813	702
93	3120	33.696	34.560	68.256	1381.25	1442.40	2830	706
96	3200	34.560	48.060	82.620	1401.11	1463.07	2905	716
99	4450	40.060	62.640	110.700	1446.54	1511.80	3021	740
102	5800	62.640	80.136	142.776	1520.91	1589.31	3208	777
105	7420	80.136	98.604	178.740	1624.53	1698.75	3436	831
108	9136	98.604	135.648	234.252	1776.94	1858.79	3789	909
111	12560	135.648	141.444	277.096	1953.62	2054.04	4640	1002
114	13097	141.446	166.072	307.520	2139.62	2261.34	5635	1100
117	15377	166.072	171.072	337.144	2330.84	2476.77	6385	1204
120	15840	171.072	179.820	350.892	2533.01	2689.73	7219	1306
123	16650	179.820	189.000	368.820	2732.71	2902.03	7866	1409
126	17500	189.000	186.970	375.970	2915.39	3108.68	8948	1506
129	17312	186.970	184.660	371.650	3074.84	3257.04	9824	1590
132	17100	184.680	183.060	367.740	3213.50	3422.56	10605	1664
135	16950	183.060	180.900	363.960	3337.35	3577.46	11116	1729
138	16750	180.900	179.550	360.450	3446.95	3697.80	11613	1766
141	16625	179.550	177.930	357.480	3544.56	3804.43	12029	1837
144	16475	177.930	176.040	353.970	3630.60	3898.55	12405	1882
147	16306	176.040	163.620	339.660	3694.11	3970.26	12784	1916
150	15150	163.620	131.436	295.056	3710.33	3989.17	12909	1925
153	12170	131.436	133.596	265.032	3697.95	3975.36	12847	1918
156	12370	133.596	106.326	239.922	3666.52	3937.77	12550	1901
159	9845	106.326	95.256	201.582	3602.07	3866.11	12316	1867
162	8820	95.256	73.548	168.804	3513.51	3770.87	11915	1821
165	6810	73.548	65.750	139.298	3405.98	3652.81	11427	1765
168	6088	65.750	52.459	118.249	3280.87	3524.23	10896	1703
171	4861	52.499	50.866	103.367	3166.65	3392.23	10351	1640
174	4710	50.866	45.738	96.606	3055.99	3265.52	9750	1580
177	4235	45.738	41.796	87.534	2947.12	3143.53	9093	1522
180	3870	41.796	41.792	83.588	2843.83	3030.32	8428	1468
183	3815	41.202	37.368	78.570	2750.73	2922.40	7946	1418
186	3460	37.368	35.424	72.792	2657.66	2821.52	7479	1370
189	3200	35.424	33.588	69.012	2566.45	2726.67	7417	1323
192	3110	33.588	30.240	63.828	2479.66	2630.28	6973	1277
195	2800	30.240	29.020	56.730	2394.14	2536.39	6585	1233
198	2687	29.020	27.799	54.400	2312.13	2448.54	6315	1190
201	2574	27.799	26.579	54.691	2236.70	2366.82	6024	1151
204	2461	26.579	25.358	52.013	2164.56	2280.72	5748	1113
207	2348	25.358	24.138	49.496	2098.57	2214.06	5347	1078
210	2235	24.138	23.004	47.142	2038.31	2145.71	4972	1046
213	2130	23.004	22.010	45.014	1980.49	2083.32	4761	1016
216	2038	22.010	20.412	40.420	1923.65	2020.91	4503	986
219	1890	20.412	19.008	39.420	1876.79	1963.07	3994	960
222	1760	19.008	18.457	37.465	1830.52	1914.26	3877	936
225	1709	18.457	17.712	36.169	1785.94	1866.69	3739	913
228	1640	17.712	17.442	35.154	1743.21	1821.09	3605	891
231	1615	17.442	17.118	34.560	1700.65	1777.77	3570	870
234	1585	17.118	15.228	32.346	1658.21	1633.80	3472	854
237	1410	15.228	13.414	28.642	1613.97	1606.85	3374	825
240	1242	13.414	12.420	25.834	1568.37	1599.80	3307	802
243	1150	12.420	11.448	23.868	1522.78	1632.23	3215	779
246	1060	11.448	10.238	21.686	1477.50	1544.47	3100	755

PRESA TAMESI, TAMPS.
TRANSITO DE LA AVENIDA MAXIMA PROBABLE

$T_r = 10\ 000$ AROS
 $VOL. = 5\ 500$ R m^3
 $Q_{max. ent.} = 17\ 500$ $m^3/seg.$
 $Q_{max. sal.} = 12\ 909$ $m^3/seg.$



GRAFICA IX

III.10 Bordo Libre

El bordo libre de una presa de almacenamiento es la diferencia de elevación entre el nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME) y la corona de la presa. Siendo el NAME la elevación máxima que tiene el agua en el vaso durante el tránsito de la avenida de diseño por el vertedor.

Para obtener la altura del bordo libre, se requiere conocer la sobrelevación que sufre el embalse con la marea producida por el viento y el ascenso de las olas sobre el dique cuando chocan contra este, lo cual conlleva relacionar aspectos topográficos del vaso, características de la cortina y la velocidad del viento en la zona.

- a) Sobrelevación del embalse producido por el viento (S)

Cuando el viento sopla sobre la superficie, se ejercen esfuerzos horizontales sobre el agua en dirección del viento. Esto ocasiona una sobrelevación del nivel del embalse en la frontera hacia la cual sopla el viento, y una depresión en la frontera donde se origina.

Para calcular esta sobrelevación, T. Saville ha propuesto la expresión siguiente:

$$S = \frac{U^2 F}{62768 D}$$

DONDE:

D = Profundidad media del embalse. Para la presa -- Tamesí se considera a la elevación 6.0 m. el cual es un valor un poco menor al nivel de conservación del vaso en su operación óptima.

F = Fetch efectivo o distancia en la cual el viento actúa sobre la masa de agua. Se obtuvo a partir del nivel topográfico delimitado por el NAME (Elev. 7.20 m), proyectando los radiales a uno central dispuesto en la dirección mayor factible de recorrer por el oleaje hacia el eje de la cortina. Cada radial está limitado por la cortina, en donde hacen un vértice común y el borde del embalse a la cota mencionada. Se obtuvo un fetch de 20.4 Km. (Gráfica X).

U = Velocidad del viento, las velocidades del viento dominante en la zona, provienen del noreste, los cuales han oscilado entre 20 y 30 m/seg. registrados en la estación Tampico, por lo cual se puede adoptar para el diseño del libre bordo una velocidad de 30 m/seg, que corresponde aproximadamente a 110 Km/hr.

Sustituyendo valores en la expresión de la sobrelevación se obtiene lo siguiente:

$$S = \frac{(110^2) (20.4)}{(62768) (6.0)} = 0.65 \text{ m.}$$

b) Ascenso del Oleaje al llegar al Dique (R)

Si una ola alcanza el pie de un dique, esta rompe y asciende sobre su pendiente. La altura dependerá de la pendiente así como de la rugosidad y permeabilidad del dique y de las características de la ola H/Ls, siendo H y Ls, la altura y la longitud de la ola respectivamente.

De acuerdo al criterio de Brasiavskov que estudió el comportamiento del oleaje cuando este ocurre en aguas poco profundas (si se cumple $D < Ls/2$, siendo D la profundidad media del embalse), se obtuvo una altura de ola (h) de 4.1 m. con una longitud (Ls) de 72.6 m.

A partir de la Gráfica 9, (Ref. 7) en donde aparecen - las relaciones entre el ascenso y altura de la ola R/H, su - esbeltez H/S y la pendiente del dique, se obtuvo el ascenso - de la ola al llegar a este.

$$\text{De tal forma } H/L = 4.1/72.6 = 0.056$$

Pendiente del dique - Se considera de enrocamiento -- permeable con pendiente 1:4.

$$\text{Se tiene entonces } R/H = 0.55; \quad R = 0.55 H$$

$$\text{Si } H = 4.1 \text{ m; } \quad R = 2.25 \text{ m.}$$

El bordo libre (BL) es la suma de S + R.

$$\text{BL} = 2.90 \text{ m}$$

Con el NAME y el BL se obtiene la elevación de la corona que es la 10.1 m.

III.11. CARACTERISTICAS GENERALES DEL PROYECTO

A continuación se presenta una lista de los principales datos para el esquema de obra de la presa Tamesí.

Elevación al fondo del cauce	- 2.00 m
Elevación de la corona	10.10 m
Elevación de la cresta vertedora	4.40 m
Elevación al Nivel de Aguas Máximo Extraordinario (NAME)	7.20 m
Bordo libre	2.90 m
Nivel Mínimo de Operación	0.20 m
Capacidad al Nivel Mínimo de Operación	300 \bar{m}^3
Capacidad Útil	2200 \bar{m}^3
Capacidad a la cresta vertedora	2500 \bar{m}^3
Superalmacenamiento	1925 \bar{m}^3
Capacidad al NAME	4425 \bar{m}^3
Longitud total de los vertedores	
1) Con descarga al mar	497 m
2) Con descarga al río Pánuco	850 m

III.12 ESQUEMA GENERAL DEL TIPO DE OBRA

El tipo de cortina, se adopta atendiendo a una evaluación de las condiciones específicas de campo que presenta cada proyecto, en donde intervienen aspectos geológicos, de disponibilidad de materiales, Topografía, etc.

De esta manera, la obra puede pertenecer a las cortinas de tipo flexible o de tipo rígido, denominadas comúnmente así de acuerdo a su capacidad de absorber o no ciertas deformaciones sin poner en peligro la estructura.

Con las características que ofrece el sitio de desplante del proyecto la solución de obra se integra básicamente por material homogéneo (arcilla) y material de transición (arena y grava) para protección de la arcilla a la tubificación y dispersión.

Por razones de estabilidad, los taludes de la cortina se han considerado con inclinación 4:1, con un ancho de corona de 10 m. Finalmente, se incluye un remate de enrocamiento con espesor mínimo de 1.5 m aguas arriba y 0.5 m para aguas abajo con fines de protección contra oleaje, lluvia y viento.

III.13 GASTO DE DESVIO

Como una medida que permita trabajar en seco durante el desplante y construcción de una cortina, se procede a desviar y manejar el escurrimiento del río el tiempo necesario que amerite dicha actividad. El gasto crítico factible de presentarse va a estar en función del tipo de régimen de la corriente, material con que se construye la obra y a los aspectos físicos que ofrece el sitio de cierre.

Dadas las condiciones de este proyecto que ofrece en el sitio de cierre una gran longitud, el proceso de desvío se propone efectuar mediante el método de Tajo o canal con los gastos máximos siguientes deducidos para los períodos de estiaje y avenidas.

Los gastos de desvío del río Tamesí, para los períodos considerados fueron:

Período	Gasto (m ³ /seg)	Período de Retorno (años)
Estiaje (Nov-May)	240	5
Avenidas (Jun-Oct)	3700	10

III.14 CAPACIDAD DE LA OBRA DE TOMA (RIEGO)

Por condiciones topográficas, el volumen de riego se surtirá mediante un bombeo directo del vaso, de su sitio de descarga se iniciarán los canales para su distribución.

La capacidad de bombeo, se va a calcular con el mes crítico por satisfacer que es el de máxima demanda (julio) con un volumen de 95.5 m de m³, el cual se recomienda incrementar en un porcentaje del 35% para cubrir aspectos relacionados a cambios de cultivos, variación horaria, etc.

La capacidad de bombeo es:

$$Q_b = \frac{(95.5) (1.35)}{(86400) (N)} ; N = \text{N}^\circ \text{ de días del mes}$$

$Q_b = 48.1 \text{ m}^3/\text{seg}$; se adopta un valor de $50^3 \text{ m}^3/\text{seg}$

Si el nivel mínimo de extracción para riego es la capacidad de 700 millones de m³, (elev. 1.0m), para no interferir con el abastecimiento de agua potable y la elevación de descarga es la + 35.6 m la carga estática a vencer es de 34.6 m.

III.15 ASPECTOS DEL DRENAJE EN LA ZONA DE RIEGO

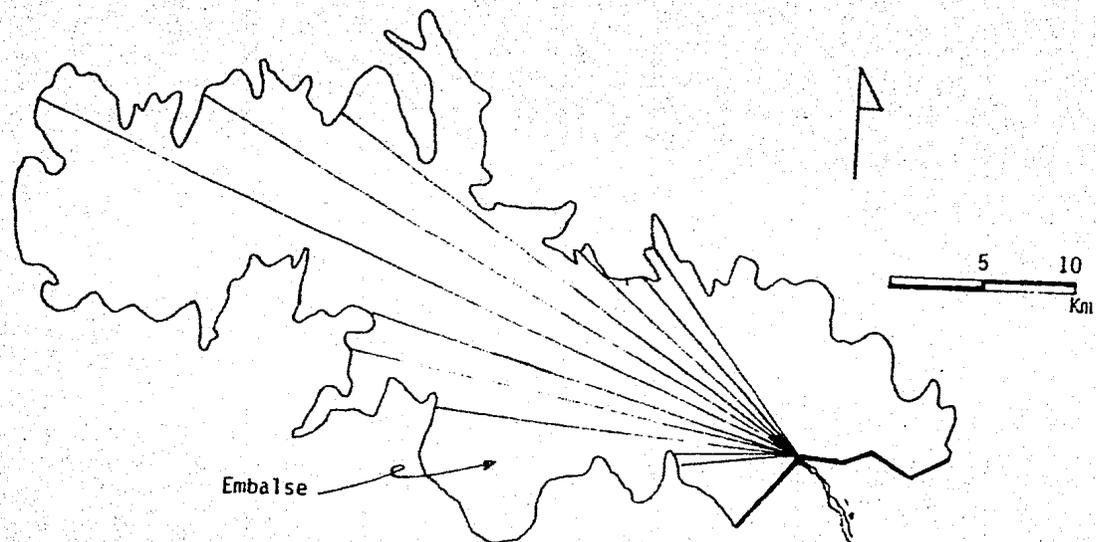
El diseño de la red de drenaje para la zona de riego debe permitir desalojar en un tiempo razonable el escurrimiento superficial producto de las tormentas de cierta magnitud así como los excedentes de agua de riego mal aplicado a fin de obtener como beneficios el incremento de la cantidad y calidad de las cosechas y la normalización del período de siembras.

Para el cálculo del drenaje se considera:

- a) Precipitación máxima
- b) Tiempo de desagüe

La precipitación máxima de diseño, se obtuvo de las láminas de lluvias máximas en 24 hrs registradas en la estación Esteros por su proximidad a la zona de riego. Para una frecuencia de 10 años, se obtiene una precipitación máxima de 191.5 mm.

El tiempo de desagüe, es el lapso máximo tolerable para drenar la zona inundada, dependiendo de las posibles pérdidas en los cultivos y del tipo de suelos existentes. De acuerdo a las características de la zona se adoptó una velocidad o índice de infiltración media de los suelos (ϕ) de 2.5 mm/hr, con un tiempo de drenaje máximo de 36 hrs. En la gráfica XI, se muestra la curva deducida de los Coeficientes Unitarios de Drenaje.



Cálculo del Fetch efectivo en el vaso de la presa Tamesí Tamps.

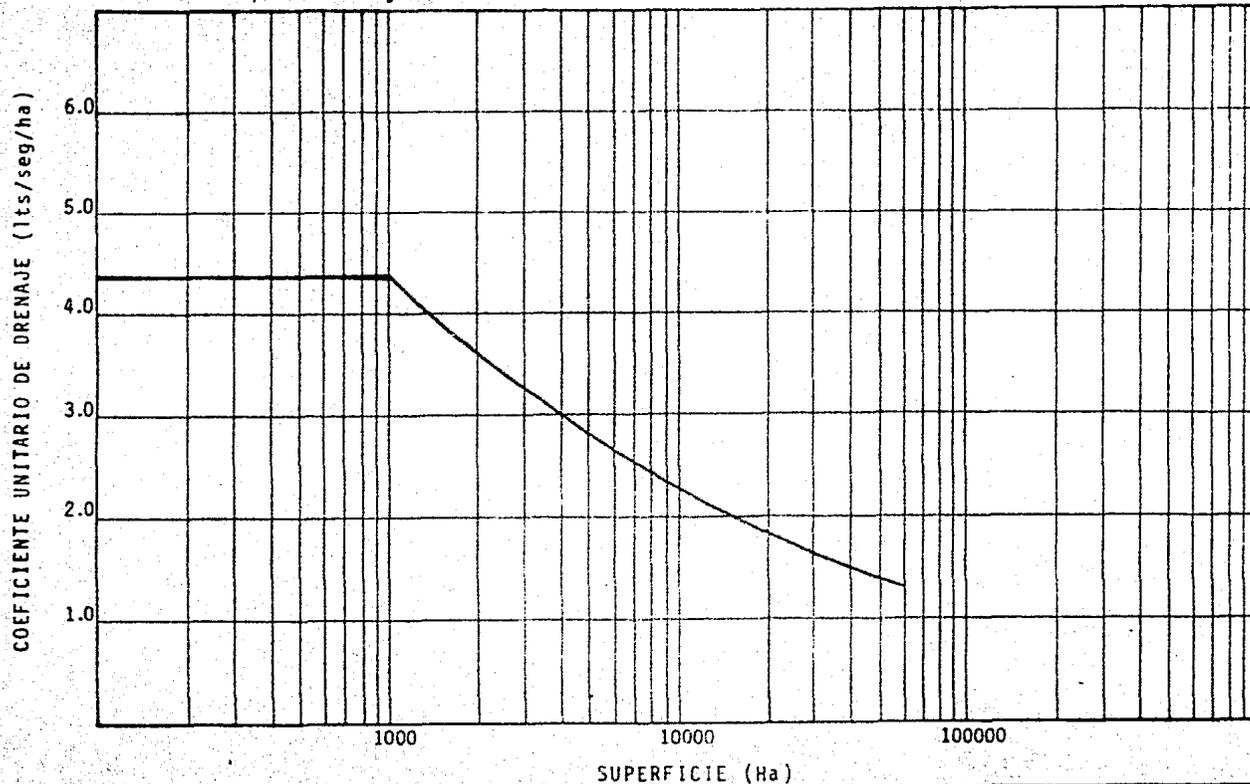
GRAFICA X

PRESA TAMESI TAMP.

COEFICIENTE UNITARIO DE DRENAJE

Precipitación máxima en 24 h; 191.5 mm
Período de retorno; 10 años
Tiempo de desegüe; 36 h.

Gráfica XI



CAPITULO IV RESUMEN Y CONCLUSIONES

La construcción de la presa de almacenamiento Tamesí - pretende lograr los beneficios siguientes:

- Abastecer de agua para uso urbano e industrial al núcleo constituido por las ciudades de Tampico-Cd. Madero y el Puerto Industrial de Altamira (en construcción).
- Abrir bajo riego una superficie de 50 000 ha disponibles en la zona.
- Atenuar las avenidas máximas del río Tamesí.

La zona de interés se encuentra dentro de la cuenca baja del río Pánuco, ocupando la porción sureste del estado de Tamaulipas. Presenta un clima cálido con una precipitación anual del orden a los 700 mm que se concentran en su mayor parte de junio a octubre y una fisiografía caracterizada por llanos y lomeríos de poca altura.

La actividad regional participa significativamente a nivel nacional en los sectores comercial e industrial al alojar dentro de ella al Puerto de Tampico, e industrias extractivas y de elaboración de productos químicos. Apoyado lo anterior en una infraestructura de comunicaciones de diverso tipo que favorece un rápido acceso a la zona.

Dentro de la planificación general de este proyecto se cuenta con estudios de Geología, Topografía, y Mecánica de Suelos de la zona del vaso, y de Agrología en el área de riego con las series y tipos de suelos existentes. Por otra parte, la zona prevista para el embalse del vaso, la ocupan en un 70% cuerpos de agua dispuestos hacia las márgenes de la corriente principal y el resto, áreas inundables y Terreno firme, el cual es un aspecto favorable en el renglón de afectaciones e indemnizaciones que habrán de tomarse en cuenta.

El análisis hidrológico de la presa Tamesí, comprendió su interrelación con los aprovechamientos hidroagrícolas que existen en diversos grados de avance tanto aguas arriba como en su porción sur, perteneciente a la cuenca vecina del río Pánuco, a fin de ajustar el tamaño de la obra, a un régimen futuro de escurrimientos representativo de esa situación, que considere los volúmenes no aprovechados y los retornos de riego disponibles.

Las demandas de riego y del abastecimiento urbano-industrial se determinaron: Para el riego, a partir de una cédula estructurada con base a los cultivos más comunes de la región, de donde se estimó una demanda anual de 635.6 m^3 para las 50 000 ha considerando una eficiencia del 55%. La demanda para el abastecimiento urbano-industrial, se obtuvo a partir de los planes de desarrollo propuestos por el Gobierno Federal en esa zona. La demanda considerada al año 2010 fue de 945.9 m^3 , equivalente a un gasto de $30 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Para conocer la capacidad más óptima de la presa se efectuaron simulaciones de funcionamiento de vaso, con lo cual se obtuvo una capacidad de conservación de 2500 m^3 . En el aspecto de avenidas, el gasto máximo de la avenida de diseño fue $17500 \text{ m}^3/\text{seg}$. con un período de retorno de 10,000 años. En un lapso de 11 días dicho evento acumula un volumen de 5500 m^3 hasta el sitio de proyecto.

Para el tránsito de la avenida por el vaso, se propusieron dos vertederos libres, uno que descarga al Golfo de México por un cauce de alivio y otro con descarga al río Pánuco con los que el nivel del NAME al paso de la avenida de diseño no afecta infraestructura ya establecida aledaña al vaso de almacenamiento.

En el cuadro siguiente se presenta un resumen de las capacidades de la obra.

C O N C E P T O	Millones de m ³		Elevación (m)	Altura de la Presa (m)
	Parcial	Acumulado		
Capacidad Muerta	300	300	0.20	2.20
Capacidad para riego y abastecimiento urbano e industrial.	2200	2500	4.40	6.40
Capacidad para el control de avenidas	1925	4425	7.20	9.20

CONCLUSIONES

Del análisis de la oferta y demanda de agua efectuada en el presente estudio, se desprende que este recurso, escaso en la mayor parte del país, existe en una cantidad suficiente para la operación de la presa Tamesí encaminada a los fines que se proponen tanto para el sector agrícola como para el industrial.

Es importante entonces plantear acciones que conduzcan a impulsar inversiones a un nivel adecuado en este tipo de infraestructura para una zona como la presente, que ofrece por su localización y actividad local, las opciones más inmediatas de alojar ciertos renglones de la planta productiva del País, beneficiando paralelamente, superficies de suelo disponibles no aprovechados todavía con sistemas de riego.

BIBLIOGRAFIA

1. González, F. "Contribución al análisis de frecuencias de valores extremos de los gastos máximos en un río". Publicación No. 277 Instituto de Ingeniería, UNAM. 1970
2. Springall, R. "Escurrimiento en cuencas grandes". Publicación No. 146. Instituto de Ingeniería, UNAM. 1967
3. Aguilera M, Martínez R. "Relaciones Agua Suelo Planta - Atmósfera". Edit. Mex. de Periódicos Libros y Revistas.- Chapingo. 1980
4. Linsley, Kohler, Paulus. "Hidrología para Ingenieros". - Mc. Graw-Hill. 1975
5. Chow V.T. "Handbook of Applied Hydrology". Mc. Graw-Hill. 1964
6. SARH. "Pequeños Almacenamientos". Dir. Gral. de Obras de Riego para el Desarrollo Rural. 1976
7. Springall R. "Libre bordo en Presas". Publicación No. - 264 Instituto de Ingeniería, UNAM. 1970
8. Alvarez Jr. Manuel. "Provincias Fisiográficas de la Republica Mexicana", México. 1961