

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



**"ANALISIS HIDRO-AGRICOLA DE LA PRESA
ZANATEPEC, OAX."**

**TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

INGENIERO AGRONOMO

PRESENTA:

JORGE ACOSTA SOLORZANO

GUADALAJARA, JAL., 1979

A MIS PADRES:

Con admiración y reconocim
miento.

A MIS HERMANOS:

Con cariño.

A MIS MAESTROS:

Con todo respeto y
cariño.

A MIS COMPANEROS Y

AMIGOS:

Con afecto.

AGRADECIMIENTO.

A ADEODATO RUIZ ALCANTARA,
EDUARDO GOMEZ VILLARUEL Y
AL ING. J. JESUS SEPULVEDA MEJIA.

Por su acertada dirección y consejos
para la elaboración de este -
trabajo.

A la Comisión del Plan Nacional
Hidráulico.

Por las facilidades en el proce-
samiento de datos del presente-
trabajo.

A todas las personas que de
alguna manera colaboraron -
para la realización de este
trabajo.

I N D I C E

CAPITULO:	C O N T E N I D O :	PAGINA:
	INTRODUCCION.	1
I	ANTECEDENTES.	4
II	GENERALIDADES.	24
III	DEMANDAS DE RIEGO.	34
IV	FUNCIONAMIENTO ANALITICO DE UN VASO	88
V	CONTROL DE AVENIDAS.	98
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	112
VII	RESUMEN.	117
	BIBLIOGRAFIA.	120
	GUIAS DE TABLAS Y CUADROS.	123

I N T R O D U C C I O N .

En los proyectos de construcción de cualquier género, la Ingeniería busca siempre cumplir con los requisitos de seguridad, economía y eficiencia.

Para poder llenar estos requisitos es necesario efectuar una serie de estudios previos que nos lleven a la solución adecuada de cualquier problema.

En la planeación y diseño de las obras hidráulicas, los estudios hidrológicos son parte importante dentro de la determinación de la magnitud de dichas obras; así como para su planeación y operación, con el fin de obtener los beneficios máximos de una región por medio del aprovechamiento integral de sus corrientes.

Con el estudio de las corrientes, vemos cómo pueden ser aprovechados en sus máximas posibilidades, ya sea para riego, control de avenidas, generación de energía eléctrica, abastecimiento de agua potable, navegación, recreación o acuacultura.

Para los estudios hidrológicos que requieren las-

obras hidráulicas, importa la veracidad de los datos y es fundamental, a fin de ser más exactos, que se tenga el mayor número de ellos que sea posible.

Dichos datos están constituidos por el régimen de la corriente, precipitación, evaporación, temperatura, etc., que dependen de fuerzas que el hombre no puede controlar, que sólo mediante la observación podrá obtenerlos y utilizarlos en los cálculos.

El dato de mayor importancia es el régimen de la corriente (variación del gasto con respecto al tiempo), ya que conociéndola sabremos de antemano, mediante estudios, cómo y cuándo la podemos aprovechar.

En la república mexicana, en donde se han llevado a cabo construcciones hidráulicas de gran importancia, se ha visto la eficiencia de los estudios hidrológicos y la necesidad de establecer un mayor número de estaciones hidrométricas y climatológicas, que nos proporcionen datos en cantidad suficiente para el conocimiento del régimen de nuestros ríos y poder llegar a la obtención de resultados que se aproximen más a la realidad.

Ya que por medio de los estudios hidrológicos podemos determinar si tal o cual obra es factible o no realizarse, al mismo tiempo sirven de base para los estudios de producción agrícola y con ello los económicos, - que indicarán si la obra resulta costeable o no.

Las obras hidráulicas son de gran importancia no sólo para una determinada región, sino para todo un país ya que por medio de ellas podemos aprovechar los recursos que nos brinda la naturaleza; un ejemplo de esta lo tenemos en nuestra república, en la que hemos visto cómo algunas regiones despobladas y abandonadas, se han transformado en regiones agrícolas e industriales, gracias a tal o cual presa que han hecho posible regar tierras que se consideraban imposible de cultivarse.

Por lo anteriormente expuesto vemos que mediante las obras hidráulicas podemos obtener beneficios incalculables del agua y estudiando su comportamiento logramos una mejor planeación y aprovechamiento de los mismos.

CAPITULO I

A N T E C E D E N T E S .

- 1.1. Ubicación.
- 1.2. Clima.
- 1.3. Temperatura.
- 1.4. Precipitación.
- 1.5. Vientos.
- 1.6. Recursos hidráulicos.
 - 1.6.1. Rlo Ostuta.
 - 1.6.2. Rlo Nilttepec.
- 1.7. Relieve.
- 1.8. Suelos.
- 1.9. Génesis y características de las series de suelos.
- 1.10. Tenencia.
- 1.11. Uso del suelo en la planicie.
- 1.12. Centros de población y vías de comunicación.
 - 1.12.1. Terrestres.
 - 1.12.2. Férreas.

1.12.3. *Fluviales.*

1.12.4. *Aereas.*

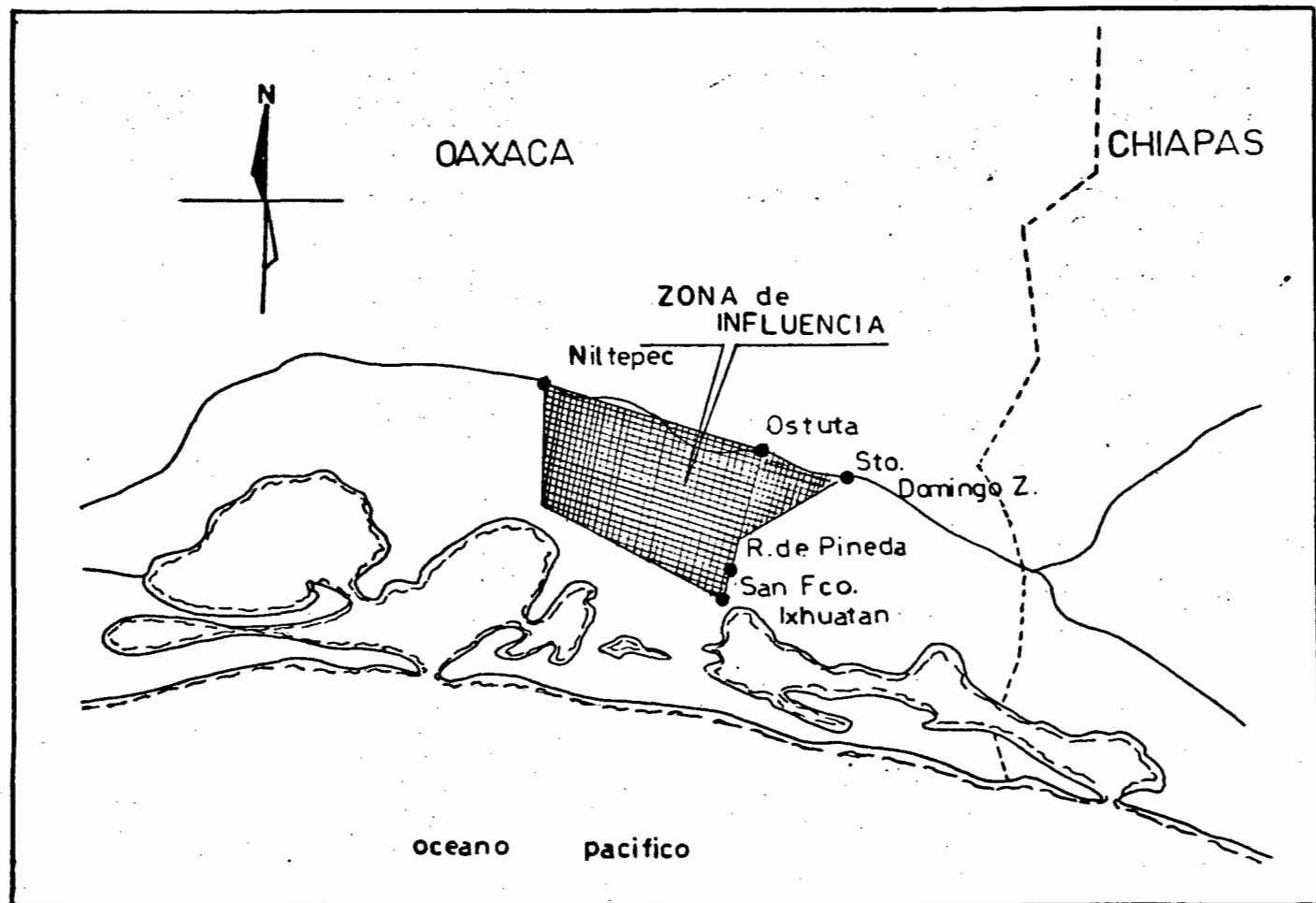
1.1. UBICACION.

El sitio de análisis se localiza a unos 100 kms. al Oeste de la población de Tehuantepec, Oax., entre los ríos Nilotepic y Ostuta; corresponde a una porción localizada al Suroeste del Estado de Oaxaca, en la planicie costera del Golfo de Tehuantepec; queda comprendida entre los municipios de San Francisco del Mar, Reforma de Pineda, San Francisco Ixhuatan, Santo Domingo Zanatepec, todos ellos con cabecera de distrito a Juchitán de Zaragoza.

El área forma parte de la región conocida como Istmo de Tehuantepec; comprende las estribaciones de la Sierra Madre del Sur y el inicio de la Sierra Madre de Chiapas; se extiende a lo largo del litoral del Pacífico entre el río Tehuantepec y el río Las Arenas; que le sirve de colindancia con el Estado de Chiapas.

La superficie es de forma irregular al Sur de la Carretera Panamericana 190; el límite aproximado por la parte Oriental, corresponde a una línea imaginaria con dirección SW, que va de las poblaciones de Santo Domingo Zanatepec, a la de Reforma de Pineda; por el lado Sur, -

*otra línea imaginaria SW que va de Reforma de Pineda a -
la ranchería de Aguas Blancas y por el Oeste, la línea -
que une esta ranchería con la población Niltepec, Oax.*



1.2. CLIMA.

Para el desarrollo de la climatología se ha tomado como base los datos correspondientes a dos estaciones climatológicas, que son: La estación de Ostuta y Tapanatepec; las dos dentro del Estado de Oaxaca, quedando la estación de Ostuta dentro del área y la Tapanatepec muy cercana al área de estudio, considerando a esta última como representativa de la zona de influencia, con lo cual se cubre toda la superficie en estudio. Las estaciones de referencia tienen la siguiente localización y altitud.

	LATITUD NORTE.	LON. W.	ELEV.
			M S N M
Ostuta	16° 15'	94° 30'	33
Tapanatepec.	16° 22'	94° 12'	280

Según el sistema de clasificación climática de Koeppen, modificado por E. García, en 1964, para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana, en el área de estudio se encuentran dos tipos de clima, que son: AW1" (W) i g y el AW2" (W) i g y quedando divididos por una línea diagonal que parte a la altura de la población de Reforma de Pineda, la que cruza toda-

el área en sentido Sureste, uniéndose con la Laguna Inferior y al Sur de la población de Tapanatepec.

El clima AW1" (W) i g, corresponde a los datos - de la estación de Ostuta, Oax., y es representativa esta de la porción Noroeste y Sur, correspondiendo la fórmula a la expresión siguiente: Cálido subhúmedo, siendo intermedio en cuanto al grado de humedad, con lluvias en verano y un cociente de precipitación sobre temperatura 43.2 y 55.3.

El tipo AW2" (W) i g, se encuentra representado - por la estación Tapanatepec, Oax., y es representativo - para la porción Noreste y Sureste, correspondiendo la - fórmula a la siguiente expresión: El más húmedo de los - cálidos subhúmedos, con lluvias en verano y un cociente - de precipitación sobre temperatura mayor de 55.3, siendo el mes más caliente del año antes de junio.

1.3. TEMPERATURA.

En las gráficas 1 y 2, se puede observar la marcha de la temperatura a través del año, en la estación - de Ostuta la temperatura máxima MAXIMORUM observada el -

13 de mayo de 1958, es de 41.0° C y la mínima MINIMORUM-observada el 31 de enero de 1960 es de 5° C.

En la estación de Tapanatepec, la temperatura máxima MAXIMORUM observada el 3 de mayo de 1964, es de 41.5° C y la temperatura mínima MINIMORUM es de 5° C, observada el 22 de diciembre de 1957.

La temperatura media presenta una oscilación que varía entre 17.6 y 30.6° C; esta variación no es muy fuerte, sin embargo, como se puede notar, las temperaturas extremas alcanzan fuertes variaciones.

1.4. PRECIPITACION.

Los valores de la precipitación total anual son bastante considerables y su distribución a través del año está concentrada en un lapso comprendido entre los meses de mayo a octubre; siendo la distribución suficiente para considerar bueno el temporal.

La precipitación media anual en estas dos estaciones de las cuales se pudo tener registro, varían de $1,359.62$ mm. en la estación de Ostuta y $1,781.00$ mm. en-

la estación de Tapanatepec; de los registros y gráficas elaboradas se desprende que durante los meses de mayo a octubre, se presentan las máximas precipitaciones, que han llegado a alcanzar hasta 280.7 mm. en un sólo día. En los meses de julio y agosto se presentan periodos de secas conocidos como sequías intraestival o canícula. El número de días despejados al año es de 180.

1.5. VIENTOS.

Los vientos dominantes en esta zona son en sentido Sureste a Noroeste, llegando a alcanzar velocidades considerables, como lo es el caso de la población conocida como La Ventosa, llegando a causar graves daños a la agricultura.

1.6. RECURSOS HIDRAULICOS.

Las corrientes principales que se encuentran en esta zona son: el río Ostuta y el Río Niltpec.

1.6.1. RIO OSTUTA. El río Ostuta nace en la Sierra Madre de Chiapas, a una altitud de 2,300 m.s.n.m. y tiene un desarrollo de 65 kms., hasta su desembocadura -

en la Laguna Oriental, siendo su principal afluente el río Zanatepec. Presenta gastos máximos de 2,068 m³/seg. y gastos mínimos de 0.452 m³/seg., drenando una superficie de 357 km².

El río Zanatepec es una afluente importante del río Ostuta, nace como éste en la Sierra Madre de Chiapas y baja con dirección Sureste, la que más adelante cambia hacia el Poniente para unirse al Ostuta, después de cruzar la carretera internacional Cristobal Colón. Presenta gastos máximos de 513 m³/seg. y gastos mínimos de 0.10 m³/seg., drenando un área de 264 km². Los tipos de corriente de estos ríos se consideran consecuentes; ya que siguen la pendiente inicial de la zona costera; presentan el tipo de corrientes superpuestas, ya que se forman sobre acumulaciones sedimentarias o aluviales que ocultan estratos de rocas cristalinas o sedimentarias.

1.6.2. RIO NILTEPEC. Nace al Noreste de la población de Niltepec en las estribaciones de la Sierra Madre de Chiapas; se desaloja siguiendo una dirección Norte-Sur, a lo largo de un desarrollo de 45 kms., en su cauce principal, desembocando en la parte Oriental de la Laguna Inferior, en su cruce con la carretera Cristobal Co-

lón; se tiene una estación hidrométrica para un área de 107 km².

El gasto máximo registrado ha sido de 524.4 m³/seg. llegando a tener gastos mínimos de 0.0 m³/seg. durante los estiajes.

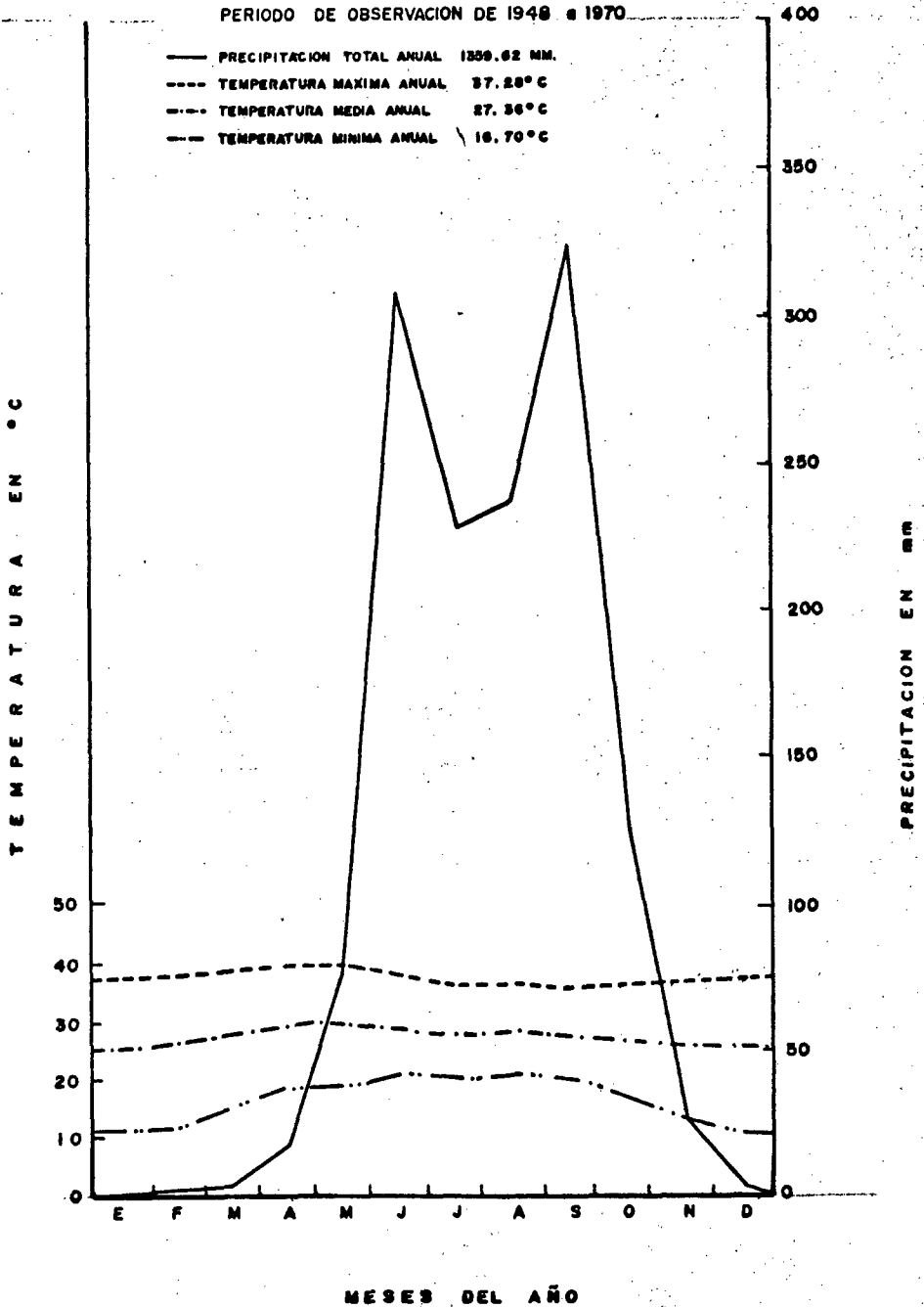
1.7. RELIEVE.

El área se caracteriza por presentar una topografía suavemente ascendente, desde las lagunas hasta el pie de la Sierra Madre del Sur, con elevaciones de 70 m. s.n.m.; en la población de Niltpec, hasta elevaciones de 2,000 mts. del Cerro Atravesado, que sirve de parteaguas con la cuenca del río Coatzacoalcos.

En la parte intermedia, entre la carretera 190 y el ferrocarril, se tienen elevaciones medias de 40 m. s.n.m., con algunos cerritos de elevaciones máximas de 90 m. s.n.m.; en la parte baja de la llanura, a partir de la línea del ferrocarril, la elevación media de los terrenos corresponde a la cota de 10 m. s.n.m. Finalmente, a partir del poblado de San Francisco Ixhuatan, se tiene la cota de 5 m. s.n.m.

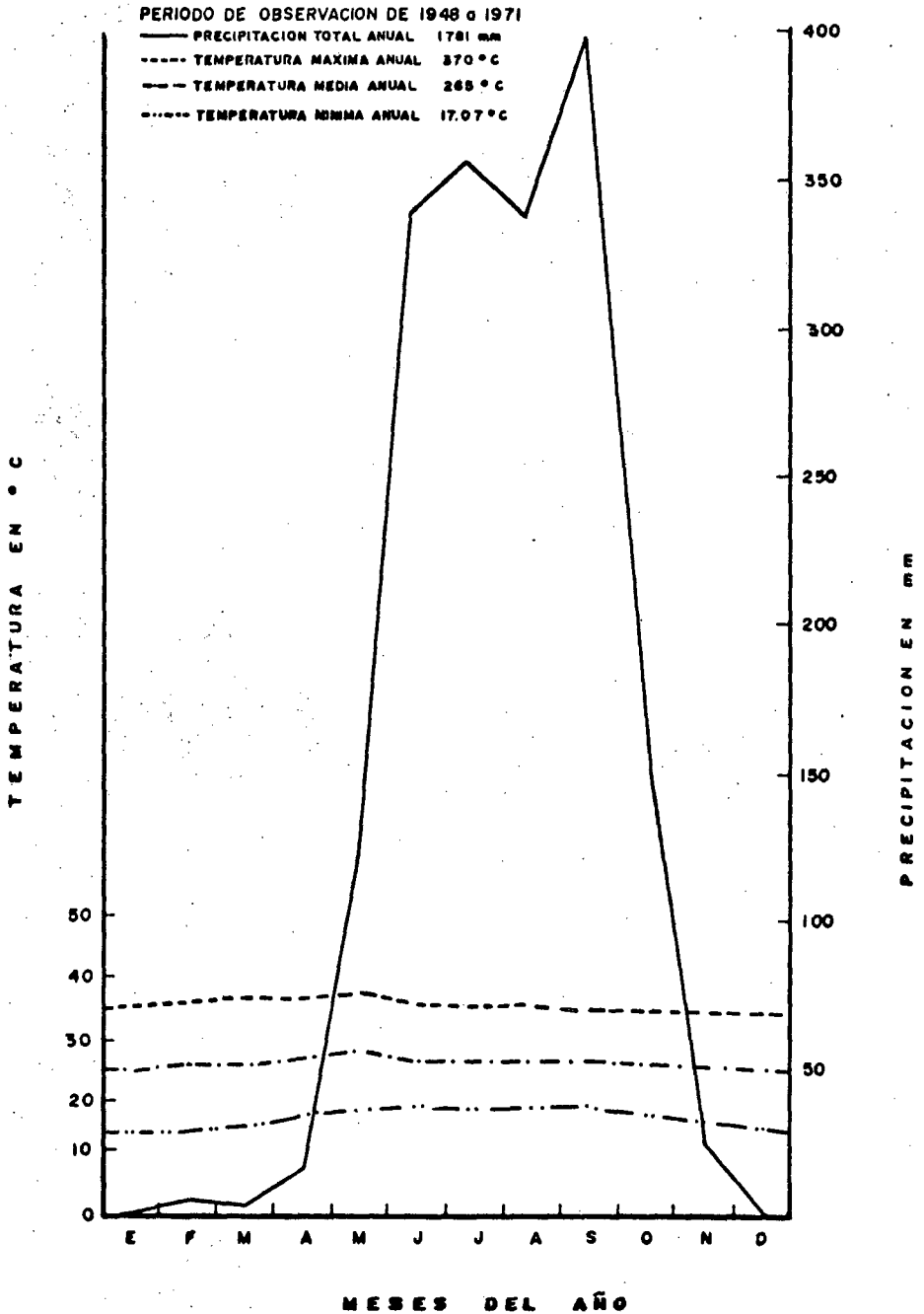
GRAFICA I

VARIACION MENSUAL DE TEMPERATURA Y PRECIPITACION
DE LA ESTACION METEOROLOGICA DE OSTUTA, OAX.



GRAFICA 2

VARIACION MENSUAL DE TEMPERATURA Y PRECIPITACION DE LA ESTACION METEOROLOGICA DE TAPANATEPEC, OAX.



1.8. SUELOS.

Los suelos de la zona de estudio son de origen aluvial, formados por detritos de diferentes rocas, que han sido acarreadas y depositadas por los ríos que bajan desde la Sierra Madre del Sur a la costa. Las series que los forman son:

SERIE 1. ALUVIAL. Suelos profundos, de color gris oscuro, desarrollados a partir de sedimentos transportados con Horizonte A subdividido.

SERIE 2. OSTUTA. Suelos profundos desarrollados a partir de sedimentos terígenos, de color café oscuro y café amarillento, con los horizontes A y B y bien diferenciados y con precipitaciones de carbonato de calcio en el horizonte B a CA.

SERIE 3. SAN FRANCISCO MIRAMAR. Son suelos profundos, desarrollados a partir de sedimentos terígenos, localizados en las cercanías del mar, con problemas de mal drenaje-

debido a fluctuaciones del nivel freático casi hasta la superficie.

SERIE 4. TAPANATEPEC. Son suelos profundos, de color café grisáceo y café amarillento, con horizontes A, B y C, bien diferenciados, desarrollados en lomeríos de pendientes variables hasta de un 10 %.

SERIE 5. REFORMA DE PINEDA. Suelos poco profundos, desarrollados en ambiente de Piedemonte a partir de sedimentos terrígenos derivados de rocas ígneas intrusivas, con horizontes A, B y C, bien diferenciados.

1.9. GENESIS Y CARACTERISTICAS DE LAS SERIES DE SUELOS.

La historia geológica y geomorfológica del área, dentro de la cual se considera al clima y demás factores de formación de los suelos, ha determinado la existencia de suelos zonales e intrazonales.

De esta manera, los suelos corresponden a las si-

guientes series: 2 Ostuta, 4 Tapanatepec y 5 Reforma de Pineda. Los suelos de la Serie 2, son considerados desde el punto de vista de las unidades de la F.A.O., como sue los castañozems.

Las series 4 y 5 corresponden a suelos de bosques café amarillentos o café grisáceo, los cuales en las uni dades de FAO se consideran cambisoles eutricos.

El proceso de formación en el caso de la serie 2, corresponde a sedimentos antiguos que se han depositado en la planicie y los que han formado los presentes sue los, los cuales por presentar precipitados de carbonato de calcio en su composición, nos indican cierta madurez del perfil.

Respecto a las series 4 y 5, éstas por su condi - ción geomorfológica en lomeríos o pies de monte, en los cuales se producen constantes degradaciones por su situa ción topográfica y la acción del agua o del viento, en los horizontes superiores, se encuentran decapitados, ra zón por la cual en la actualidad se consideran como sue los jóvenes en proceso de desarrollo.

Los suelos intrazonales corresponden a las series 1 y 3, denominados Aluvial y San Francisco del Mar, respectivamente.

La serie 1 se trata de suelos aluviales considerados en las unidades de FAO, como fluviales alúvicos, los cuales en la actualidad tiene frecuentes inundaciones por los ríos y arroyos de la zona.

En cuanto a los suelos de la serie 3, éstos por su proximidad con el mar, tienen niveles freáticos altos los cuales presentan una vegetación característica a base de manglar; esto aunado a los procesos de anaerobiosis, hace que se consideren como suelos hidromórficos con procesos Gley.

1.10. TENENCIA.

La tenencia de la tierra, de acuerdo con los datos de las unidades de riego y de los distritos de temporal de la S.A.R.H., es de 7,234 ejidatarios y 1,148 pequeños propietarios; lo cual representa un 86.3 % de tipo ejidal y un 13.7 % de pequeños propietarios.

1.11. USO DEL SUELO EN LA PLANICIE.

El uso actual del suelo en la zona está constituido principalmente por agricultura de temporal, monte bajo, algunos pastizales, frutales y manglares.

La vegetación que se encuentra en sitios donde se ha desmontado, como lugares topográficamente accidentados, en las partes altas de los lomeríos, fuera del área o bien, en los espacios existentes entre los linderos parcelarios, orillas de caminos, etc., corresponde a selva baja caducifolia, con matorral subinerme. Dicha selva se caracteriza por presentar las especies arbóreas de poca altura, de 4 a 10 m., eventualmente hasta 15 m. y casi todas las especies pierden sus hojas por períodos de 5 a 7 meses; lo cual provoca un contraste muy marcado en la fisonomía de la vegetación entre la época seca y la lluviosa.

Desde el punto de vista forestal, este tipo de vegetación es de poco interés; sin embargo, gran parte del área se ha desmontado, ya sea para incorporarla a las actividades agropecuarias, o bien, con fines de leña, desarrollándose como vegetación secundaria el matorral sub-

nerme a base de espino verde, huizache y mezquite principalmente. Esta misma vegetación secundaria, cuando se mantiene sin alteración, puede llegar a constituirse nuevamente en selva baja caducifolia.

1.12. CENTROS DE POBLACION Y VIAS DE COMUNICACION

Los principales centros de población los constituyen los poblados de Reforma de Pineda, San Francisco del Mar, San Francisco Ixhuatan, San Pedro Tapanatepec, San-to Domingo Zanatepec, Chahuities y algunas rancherías y congregaciones.

El número de habitantes en los municipios correspondientes a los poblados antes mencionados, según el censo de 1970, fue de 30,021 habitantes con una densidad promedio de 11 habitantes/km².

Las principales vías de comunicación son las si-guientes:

1.12.1. TERRESTRES. La zona tiene como principal-vía de comunicación la carretera internacional Cristobal Colón, la cual pasa por los poblados de Nilttepec, Zanate

pec y Tapanatepec, de los cuales parten brechas y caminos que comunican la zona, conectando con los principales poblados como son: Reforma de Pineda, Chahuites, San Francisco Ixhuatan, Amatitlán y Santa Cruz.

1.12.2. FERREAS. Es muy importante para la zona este tipo de servicio, ya que la zona es atravesada en sentido Este-Oeste y viceversa, por el ferrocarril interoceánico, comunicando a las poblaciones de Juchitán de Zaragoza, Oax., y Tapachula, Chis., pasando dentro del área por las poblaciones de: Reforma de Pineda, Chauites y Tembladeras.

1.12.3. FLUVIALES. Hay comunicación al poblado de San Francisco del Mar por medio de Chalán y Lancha, así como también a varios poblados pequeños localizados a lo largo de la barra.

1.12.4. AEREAS. Existe un aeropuerto civil y uno militar en Ixtepec, poblado cercano a la cabecera del distrito de la cual queda a 130 kms. aproximadamente de la zona.

Otros servicios como correo, telégrafo, teléfono y médico, se proporcionan en las cabeceras municipales.

CAPITULO II

GENERALIDADES.

- 2.1. Hidrología.
- 2.2. Capacidad útil.
- 2.3. Capacidad de Avenidas.
- 3.4. Capacidad de Azolves.

El objetivo de este análisis hidro-agrícola es -
ver la relación que existe entre el volúmen de agua con-
respecto a la disponibilidad de tierras susceptibles de
riego.

Con este objetivo nos es preciso estudiar el ci-
clo hidrológico y algunos términos que se toman en cuen-
ta para obtener mejores resultados y así poder comparar-
o proponer alternativas y recomendaciones que nos permi-
tan lograr alcanzar el objetivo, por lo que es importan-
te describir lo siguiente:

2.1. HIDROLOGIA.

La hidrología es la ciencia que trata sobre el -
agua, su ocurrencia, circulación y distribución sobre la
superficie terrestre.

En el ciclo hidrológico, la primera etapa es la e
vaporación del agua de los océanos; este vapor de agua -
es llevado a los continentes por masas de aire en movi-
miento. Si el vapor es enfriado hasta su punto de rocío,
este se condensa en pequeñas gotas visibles de agua, que
forman las nubes y neblinas. En condiciones meteorológi-

cas favorables, las pequeñas gotas se agrandan lo suficiente para caer a la tierra en forma de precipitación.

En la realidad sólo una porción pequeña de la humedad que pasa por cualquier punto determinado de la superficie de la tierra, se precipita. Por lo tanto, la humedad evaporada de las superficies de la tierra es sólo una parte pequeña de la humedad total atmosférica.

La evaporación neta en una superficie está sujeta a incrementos por defecto de la lluvia y la temperatura básicamente, existen varias fórmulas desarrolladas para calcular esta evaporación neta, observada a partir de la evaporación potencial como las de Rohwer y Thornthwaite, no porque sean las más aplicables, sino como referencia-teórica, ya que se ha considerado afectar a la evaporación potencial medida por un factor de .77, que da valores muy comparativos en donde se obtienen todos los datos de estas ecuaciones, tales como:

E = Evaporación en pulgadas.

B = Presión Barométrica.

V = Velocidad del viento, 6 pulgadas arriba del terreno, en millas por hora.

P_m = Presión del vapor saturado a la temperatura media del agua.

P_a = Presión media del vapor de agua en el aire, - en pulgada/mercurio.

T_m = Temperatura mensual.

b = Horas sol.

T = Temperatura media en el periodo.

(En el funcionamiento del vaso, se observan las e vaporaciones netas para cada año en particular).

En la planificación del aprovechamiento de los re cursos hidráulicos de una cuenca, en las obras, se trata de establecer seguridad, economía y eficiencia, con el fin de alcanzar la utilidad máxima para el bienestar de una comunidad, así la finalidad a la que se va a desti - nar una obra, es un factor importante y cuando son de uso múltiple como agua potable, riego, generación de e - nergía eléctrica, entarquinamiento, navegación, control de avenidas, etc., es importante hacer el establecimien - to de los conceptos de capacidad útil, capacidad para control de avenidas; estas capacidades se establecen des pués de localizar los sitios y haber propuesto:

- El vaso de almacenamiento.
- La boquilla.
- La altura de la cortina.
- La obra de toma.
- La obra de excedencia.
- Y haber funcionado en cada uno de ellos, a fin de establecer los dos conceptos, que son:

2.2. CAPACIDAD UTIL.

Es el volúmen del vaso que puede aprovecharse para satisfacer las demandas que pueden incluir riego, agua potable, energía eléctrica, etc., ya sea uno, dos o de uso múltiple; se rige por las condiciones del funcionamiento y está limitada entre la capacidad de azolves y la capacidad de control de avenidas.

2.3. CAPACIDAD DE AVENIDAS.

Es la capacidad que tiene el vaso para regular grandes masas de agua y ésta se debe calcular y asignar desde el inicio del diseño de la obra, los volúmenes que pasen de la capacidad útil siempre son derramados.

Para la determinación de la capacidad útil se requiere de la curva, áreas-capacidades y elevaciones-capacidades; estas curvas se conocen por medio de la geometría del vaso; esto es, que el área que se inunda por el volumen, a una altura de la cortina; por lo que se requiere también conocer la topografía a fin de obtener volúmenes con diferentes capacidades o almacenamientos; estas curvas son de importancia para el funcionamiento del vaso.

2.4. CAPACIDAD DE AZOLVES.

Todo material transportado por una corriente de agua, ya sea acarreado, en suspensión, disuelto en la misma o transportado como carga de fondo, se denomina "AZOLVE".

El azolve se origina por la desintegración de las rocas, la erosión de los suelos por agentes climatológicos y geofísicos, tales como la lluvia, el viento, las heladas, etc. y es transportado por el agua y el aire principalmente en épocas de creciente; los ríos erosionan y arrastran materiales sólidos que luego van depositándose en su cauce, debido a la disminución de la velo-

cidad en determinadas partes de él; estas disminuciones son causadas por decrecimientos del caudal, de la pendiente, por aumento de la rugosidad o de la sección mojada.

Al descender la corriente de las partes altas a la llanura, va disminuyendo la pendiente media y con ella, la velocidad del agua; de manera que, en el curso superior transporta los materiales más gruesos y a medida que descende, van siendo más finos hasta llegar a la llanura o desembocadura, donde sólo transporta arena fina, limo y arcilla.

El depósito no se hace uniformemente, sino que en algunos lugares es grande, en otros pequeños y en algunos no se produce.

Los ríos casi siempre acarrear en cualquier tiempo sedimentos en suspensión, en cantidades variables, siendo en épocas de avenidas cuando aumenta la erosión y son acarreados grandes volúmenes de sedimentos y toda clase de objetos flotantes; así como grandes piedras son arrastradas a lo largo del fondo del cauce.

Las cantidades de sedimentos que lleva una corriente, tanto en suspensión como de arrastre y disolución, tienen importancia en el proyecto de aprovechamiento de estructuras hidráulicas; y muy especialmente en el diseño de presas de almacenamiento y derivación, ya que del factor de azolve dependen en forma importante la vida útil de ellas; por lo que no es económicamente aconsejable construir un vaso cuya vida útil sea corta.

Al cerrar la corriente con una cortina y formar un vaso en el cual se almacena agua, se forma un verdadero tanque de sedimentación y al ingresar la corriente en la cola de la entrada del vaso, se depositan los materiales más gruesos y los más pequeños van sedimentándose sucesivamente por tamaños; esta es la razón por la cual hay que destinar una cierta capacidad del vaso para controlar los azolves que dependerá entre otras cosas de la cantidad de acarreos y del tiempo de vida útil que se le suponga a la obra.

La capacidad de azolve se calcula en base a las observaciones de los sólidos en suspensión de la corriente, en la que se observó un contenido medio de 0.15 partes por millar, por lo que para un período de 50 años, -

se tiene:

Azolves en suspensión = $0.00015 \times 843 \times 50 = 6.3$ -
millones de m³.

843 - Factor de ajuste de erosión sobre el tiempo

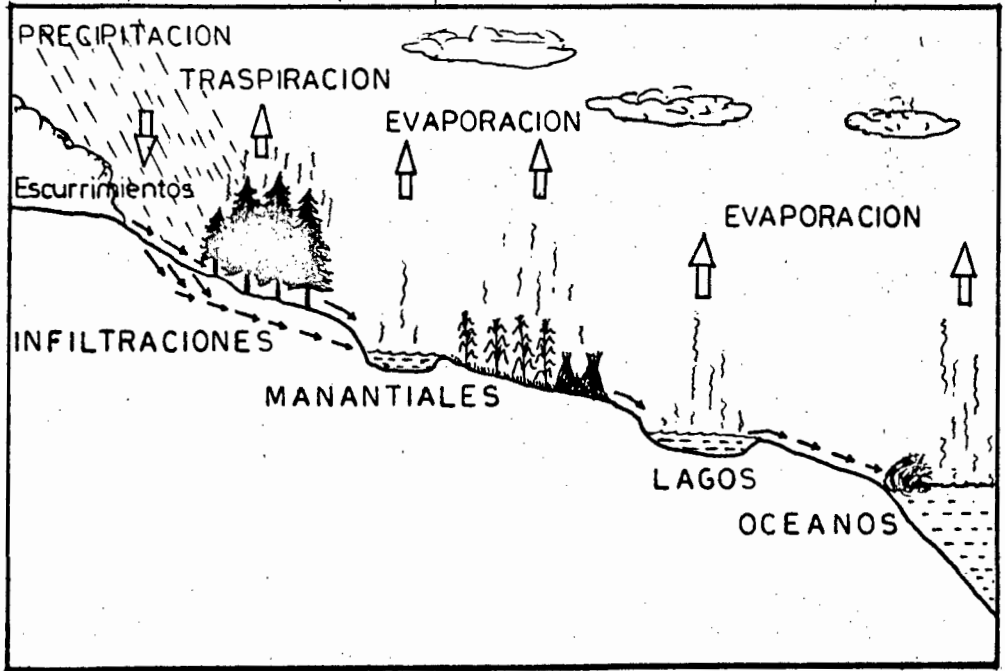
50 - Número de años de vida útil.

Incrementando en un 50 % la capacidad anterior -
por arrastre, se tiene:

Capacidad de azolves = $6.3 \times 1.5 = 9.5 \times 10^6$ m³.

Considerados 10 millones de m³ para capacidad de-
azolves.

CICLO HIDROLOGICO



CAPITULO III

DEMANDAS DE RIEGO.

- 3.1. *Coefficiente de riego.*
- 3.2. *Eficiencia en el riego.*
- 3.3. *Cálculo de las demandas.*
 - 3.3.1. *Por observación directa.*
 - 3.3.2. *Por comparación.*
 - 3.3.3. *Método analítico.*
- 3.4. *Aplicación del método.*
- 3.5. *Coefficiente de uso consuntivo global.*
- 3.6. *Uso consuntivo mensual.*
- 3.7. *Volúmenes mensuales.*
 - 3.7.1. *Precipitación efectiva.*

La demanda de riego es la cantidad de agua que de bemos extraer o derivar de la presa para satisfacer las necesidades de los cultivos, expresada ésta en volúmen.

El riego lo podemos definir como la aplicación ar tificial del agua a los suelos para satisfacer la necesidad que tienen las plantas durante su desarrollo; éste puede ser Aniego, de Auxilio o Mixto.

RIEGO DE ANIEGO. Es la aplicación de agua en cantidades fuertes; en una o más ocasiones y que los cultivos aprovechan el agua que el suelo ha almacenado.

LOS RIEGOS DE AUXILIO. Son aquellos que únicamente suplen la deficiencia de lluvia durante el desarrollo del cultivo.

LOS RIEGOS MIXTOS. Son aquellos en los que intervienen en los dos anteriores, iniciándose con un riego de Aniego y posteriormente los riegos de auxilio complementarios.

TIPOS, METODOS y TECNICAS PARA RIEGO SUPERFICIE

TIPO	METODO	CARACTERISTICAS	SUELOS APROPIADOS		CULTIVOS INDICADOS	REQUERIMIENTOS
			TEXTURA	PENDIENTE		
P O R I N D I C I O N E S D E L T E R R E N O	Curvas de nivel	Melgas sinuosas <u>transversales</u> a la pendiente.	Media y Pesada	Menor del 1%	De cobertura total: Trigo, Cebada, Avena, Alpiste, Arraz, Alfalfa, Pastos, etc. Riegos de presiembra a cultivos de escarda.	Requiere trazo topográfico.-Altura de los bordos melgueros: 20 cm.-Desnivel entre bordos hasta 5 cm.-Distancia entre bordos hasta 15 m.-Longitud de melgas hasta 200 m.
	Melgas rectas (Camelones marginales.)	Melgas rectas <u>a favor</u> de la pendiente. *	Media y Pesada	Mayor del 1% y menor del 3%	De cobertura total: Trigo, Cebada, Avena, Alpiste, Pastos, etc.-Riegos de presiembra a cultivos de escarda.	Los bordos no deben tener zanjas laterales; si las tienen deberán barrarse a contarse para obtener avances uniformes del riego.-Ancho de melgas: de 8 a 12 m. (múltiplos de 4 m.) Longitud de melgas, en función del avance.
	C u a d r o s	Bordos en cuadrícula	Cualquier textura	Suelos con micro-relieve muy irregular, faltos de nivelación.	De cobertura total: Trigo, Cebada, Avena, Alpiste, Arraz, Pastos, Almacigos, etc. También son indicados los frutales.	El "llenado" individual de los cuadros, obliga a extremar la vigilancia para poder hacer un riego uniforme.-Se recomienda en las partes muy accidentadas del terreno y previa preparación (rastreo y taboneo.)
P O R L I N E A S	Surcos anchos y profundos.	Líneas de igual pendiente y de igual desarrollo en lo posible.	T o d a s	Todos, conciliándolos con una buena dirección bajo proyecto de riego.	De escarda: Maíz, Sorgo, Frijol, Saja, Algodón, Legumbres, Caña, etc.	Limitar los surcos hasta 200 m; limitar pendientes a 40 cm. en 100 m. como máximo, dependiendo de la infiltración de cada suelo.-Dividir el campo en zonas de pendiente uniforme.-Sembrar pensando en el riego.
	Corrugaciones	Líneas superficiales y juntas, limitados por bordos melgueros.	Media y Pesada	Uniforme menor del 0.5%	De cobertura total: Trigo, Cebada, Alpiste, Avena, Alfalfa, Pastos, etc.	Vigilar la alimentación del agua a las melgas para no producir erosión ó arrostre de semilla, si es el caso.-Limitar las melgas al punto en que se tenga relativa uniformidad en la profundidad de mojado, no más de 200 m.
	Como melonero	Se forman camas entre dos surcos anchos y profundos.- Sobre la cama se siembran dos hileras de plantas ó más.	T o d a s	Muy moderada y mejores suelos planos nivelados.	Melón, Saja, Algodón, Cártamo, Sandía, Legumbres, etc.	Suelos con buenas características de infiltración.-Muy buena preparación de tierra, surcos a nivel ó mínima pendiente.-Longitud no mayor de 200 m.

* No confundir con curvas de nivel en terrenos uniformes en que resultan rectas las melgas. La diferencia está en el trazo de la melga en relación a la pendiente.

INFORMES y CONSULTAS:
JEFATURA DE UNIDADES DE RIEGO PARA EL DESARROLLO RURAL S. R. H.

3.1. COEFICIENTE DE RIEGO.

Las plantas o cultivos requieren del agua que se encuentra en el suelo, en una cantidad tal que permita - su natural desarrollo para lograr la maduración bajo las condiciones locales en que se encuentran y a esta canti-dad de agua óptima, se le llama "COEFICIENTE DE RIEGO" y puede expresarse como lámina, gasto por unidad de área, - o volúmen por unidad de área, puede ser anual, mensual, - por cultivo o por riego.

El coeficiente de riego está afectado por ciertos factores, siendo los principales los siguientes:

- a). La lluvia.
- b). La temperatura.
- c). Los vientos y otras características climáti-
cas durante el período vegetativo.
- d). El carácter del suelo, en el cual debe consi-
derarse no sólo por su constitución geológica
sino por el desarrollo físico del perfil del
suelo, su estructura y poder de retención de
agua.
- e). La clase de cultivo de que se trate.

f). La aptitud del agricultor, que se revela no sólo en la aplicación del agua, sino también por el proceso que siga en todas las operaciones propias del cultivo.

El coeficiente de riego puede ser neto o bruto, expresado generalmente en metros.

El coeficiente de riego neto se puede definir como la cantidad de agua que efectivamente es aplicada sobre el terreno para satisfacer las necesidades de los cultivos durante su desarrollo o ciclo vegetativo.

El coeficiente de riego bruto se puede definir como el total de agua que se debe derivar para poder satisfacer las demandas de riego en las zonas de aprovechamiento; siendo este igual al coeficiente de riego neto más las pérdidas que ocasionan la conducción y distribución del agua; dichas pérdidas están en función de la clase de terreno, longitud y tipo de canal, perímetro mojado, nivel del manto freático, temperatura y habilidad de los encargados para la distribución del agua en los distritos.

3.2. EFICIENCIA EN EL RIEGO.

Como se ha dicho anteriormente, el agua no puede utilizarse sin cierta pérdida independientemente del método empleado, pérdidas que pueden ser por conducción en el distrito, por infiltración profunda en la parcela y por escurrimiento superficial, debido a una mala operación o roturas de bordos y estructura. Por lo tanto, se deben tomar en consideración las eficiencias de riego al estimar la demanda de los cultivos que deberá ser surtida desde la fuente de abastecimiento, que puede ser una presa de almacenamiento, derivadora o la combinación de ambas: pozos, manantiales, etc.

En términos generales, las eficiencias totales en el riego para diferentes condiciones del suelo y sistema de conducción y distribución, varían del 40 al 70 %, pudiendo ser superior en los sistemas de riego por aspersión o por goteo.

La eficiencia del 40 % equivale a aprovechar el 40 % y perder el 60 % del agua empleada en el riego. Esta eficiencia (40 %), en un distrito de riego, es muy baja y se tiene en aquellos sistemas con canales en tierra

permeable; la eficiencia del 70 % es alta y difícilmente se puede lograr en un sistema tradicional de riego por gravedad; aún con canales revestidos, se puede lograr y también se puede superar la eficiencia en sistemas de riego por aspersión y por goteo.

Como una guía para fines de proyecto, pueden considerarse las eficiencias siguientes para condiciones normales:

CARACTERISTICAS DEL DISTRITO:	EFICIENCIA EN %		DATOS DE PROYECTO	
	CONDUCCION.	PARCELA.	MAXIMA.	MINIMA
a). Riego por gravedad, canales en tierra, distrito pequeño y compacto menor de unas 10,000 Has.	75.00	60.0 a 75.0	45.0	56.3
b). Riego por gravedad, canales en tierra, distrito mediano de 10,000 a 100,000 - Has.	72.5	60.0 a 75.0	43.5	54.4
c). Riego por gravedad, canales en tierra, distrito grande, más de 100,000 Has.	70.0	60.0 a 75.0	42.0	52.5
d). Idem que a)., pero canales revestidos.	87.5	60.0 a 75.0	52.5	65.6
e). Idem que b)., pero canales revestidos.	85.0	60.0 a 75.0	51.0	63.8
f). Idem que c)., pero canales revestidos.	82.5	60.0 a 75.0	49.5	61.9
g). Riego por aspersión, dist. pequeño.	90.0	80.0 a 85.0	72.0	76.5
h). Riego por aspersión, dist. mediano.	87.5	80.0 a 85.0	70.0	74.4
i). Riego por aspersión, dist. grande.	85.0	80.0 a 85.0	68.0	72.3
j). Riego por goteo, distrito pequeño.	92.5	90.0 a 95.0	83.3	87.0
k). Riego por goteo, distrito mediano.	90.0	90.0 a 95.0	81.0	85.5
l). Riego por goteo, distrito grande.	87.5	90.0 a 95.0	78.8	83.1

Los valores mínimos se elegirán para aquellos distritos con suelos muy permeables y pendiente de consideración y donde el agricultor tiene escasa experiencia en el riego. Los máximos para suelos de permeabilidad normal, planos y agricultores con gran experiencia en el riego.

Para cada caso es necesario analizar las condiciones particulares para poder asignar la eficiencia más adecuada.

Así, para determinar las demandas y los coeficientes de riego, se pueden emplear métodos dependiendo de los datos con que se cuente.

3.3. CALCULO DE LAS DEMANDAS.

3.3.1. POR OBSERVACION DIRECTA. Cuando se cuenta con datos observados de los volúmenes de agua derivados para regar en forma adecuada una determinada superficie de terreno, es posible hacer la determinación del coeficiente bruto y de la distribución de la demanda de riego por este método.

El coeficiente bruto de riego se obtiene al dividir el volúmen anual derivado entre el número de hectáreas efectivas regadas en dicho año y la distribución de las demandas de riego, se obtienen al dividir el volúmen promedio derivado de cada mes entre el volúmen promedio-anual derivado.

3.3.2. POR COMPARACION. Cuando existen características semejantes en las zonas por comparar, tales como tipo de terreno y clima, se puede asegurar que los cultivos, los coeficientes de riego y distribución de la demanda de agua, serán prácticamente los mismos.

3.3.3. METODO ANALITICO. Existen varios métodos y procedimientos para calcular analíticamente la cantidad de agua que consumen las plantas para su desarrollo y nutrición; tales métodos son BLANEY y CRIDDLE, THORNHWAITE PHELMAN. El método más usado actualmente es el de los doctores Blaney y Criddle.

En este método se considera que las plantas aprovechan un porcentaje del agua de riego que se extrae de la presa, pues la mayor parte se consume por diferentes causas, siendo las más importantes la infiltración super

ficial o profunda, la evaporación en el terreno que las sustenta y la transpiración a través de ellas.

En experimentos llevados a cabo para hacer posible este método, se demostró que es muy difícil separar la evaporación de la transpiración con mediciones en el campo; por lo que ambos procesos se consideran como uno sólo y se denomina evapotranspiración o uso consuntivo.

El uso consuntivo o evapotranspiración es la cantidad de agua que consumen los vegetales por concepto de evaporación, efectuada directamente del suelo adyacente, más lo que requieren para la formación de sus tejidos y para transpirar en su ciclo vegetativo.

En este método se trata de interpretar analíticamente el fenómeno natural a que se refiere, por medio del cual se puede determinar el uso consuntivo de las plantas y la demanda neta de riego.

El método de los doctores Blaney y Criddle, es aplicable especialmente a zonas donde no se dispone de observaciones directas experimentales del consumo de agua por las plantas, pero sí de observaciones climatológicas

gicas suficientes que permitan relacionar el uso consun-
tivo en dichas zonas, con el de otras, donde se cuente -
 con observaciones experimentales directas. Este método -
 se basa en temperaturas medias, pero utiliza un medio dí-
recto en el cálculo del tanto por ciento de la insola-
ción total anual, correspondiente a cada mes. Esto permi-
te acercarse a una estimación más acorde con influencia-
 en el desarrollo de las plantas, de la temperatura por -
 una parte y de la luz en otra, factor de tan decisiva in-
fluencia en la fotosíntesis, de la que tanto depende la-
 actividad fisiológica de los vegetales.

Para cada mes se calcula el factor de uso consun-
tivo que viene dando por la fórmula:

$$f = p \left(\frac{t + 17.8}{27.8} \right)$$

En la que:

t = Temperatura media mensual en grados centígra-
 dos.

p = Porcentaje de las horas de insolación anual -
 que corresponde al mes en cuestión.

f = Factor de uso consuntivo o lámina potencial de consumo de agua en centímetros.

Los valores de esta expresión $(\frac{t + 17.8}{21.8})$ se encuentran tabulados en la Tabla 3.1, el cual lo definiremos como Factor T.

Los valores de "p" que varían con respecto a las diferentes latitudes y aunque las temperaturas medias sean iguales en dos regiones distintas, se obtendrán diferentes factores de uso consuntivo; los valores se encuentran en la Tabla 3.2 en sus diferentes meses.

La temperatura media será la que se obtenga del lugar en base a observaciones hechas con anterioridad en la región del estudio.

TABLA 3.1. VALORES DE LA EXPRESION $\frac{t + 17.8}{21.8}$ EN RELACION CON TEMPERATURAS
 MEDIAS EN °C. PARA USARSE EN LA FORMULA DE BLANEY Y CRIDDLE

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.....	0.954	0.959	0.963	0.968	0.972	0.977	0.982	0.986	0.991	0.995
4.....	1.000	1.005	1.009	0.014	1.018	1.023	1.028	1.032	1.037	1.041
5.....	1.046	1.050	1.055	1.060	1.064	1.069	1.074	1.078	1.083	1.087
6.....	1.092	1.096	1.101	1.106	1.110	1.115	1.119	1.124	1.128	1.133
7.....	1.138	1.142	1.147	1.151	1.156	1.161	1.165	1.170	1.174	1.179
8.....	1.183	1.188	1.193	1.197	1.202	1.206	1.211	1.216	1.220	1.225
9.....	1.229	1.234	1.239	1.243	1.240	1.252	1.257	1.261	1.266	1.271
10.....	1.275	1.279	1.284	1.289	1.294	1.298	1.304	1.307	1.312	1.317
11.....	1.321	1.326	1.330	1.335	1.339	1.344	1.349	1.354	1.358	1.362
12.....	1.367	1.372	1.376	1.381	1.385	1.390	1.394	1.400	1.404	1.408
13.....	1.413	1.417	1.422	1.427	1.431	1.436	1.440	1.445	1.450	1.454
14.....	1.459	1.463	1.468	1.472	1.477	1.482	1.486	1.491	1.495	1.500
15.....	1.505	1.509	1.514	1.518	1.523	1.528	1.532	1.537	1.541	1.546
16.....	1.550	1.555	1.560	1.564	1.569	1.573	1.578	1.583	1.587	1.592
17.....	1.596	1.601	1.606	1.610	1.615	1.619	1.624	1.628	1.633	1.638
18.....	1.642	1.647	1.651	1.656	1.661	1.665	1.670	1.674	1.679	1.683
19.....	1.688	1.693	1.697	1.702	1.706	1.711	1.716	1.720	1.725	1.729
20.....	1.734	1.739	1.743	1.748	1.752	1.757	1.761	1.766	1.771	1.775
21.....	1.780	1.784	1.789	1.794	1.798	1.803	1.807	1.812	1.817	1.821
22.....	1.826	1.830	1.835	1.839	1.844	1.849	1.853	1.858	1.862	1.867
23.....	1.872	1.876	1.881	1.885	1.890	1.894	1.899	1.904	1.908	1.913
24.....	1.917	1.922	1.927	1.931	1.936	1.940	1.945	1.950	1.954	1.959
25.....	1.963	1.968	1.972	1.977	1.982	1.986	1.991	1.995	2.000	2.004
26.....	2.009	2.014	2.018	2.023	2.028	2.032	2.037	2.041	2.046	2.050
27.....	2.055	2.060	2.064	2.069	2.073	2.078	2.083	2.087	2.092	2.096
28.....	2.101	2.106	2.110	2.115	2.119	2.124	2.128	2.133	2.138	2.142
29.....	2.147	2.151	2.156	2.161	2.165	2.170	2.174	2.179	2.183	2.188
30.....	2.193	2.197	2.202	2.206	2.211	2.216	2.220	2.225	2.229	2.234
31.....	2.239	2.243	2.248	2.252	2.257	2.261	2.266	2.271	2.275	2.280
32.....	2.284	2.289	2.294	2.298	2.303	2.307	2.312	2.317	2.321	2.326
33.....	2.330	2.335	2.339	2.344	2.349	2.353	2.358	2.362	2.367	2.372
34.....	2.376	2.381	2.385	2.390	2.394	2.399	2.404	2.408	2.413	2.417
35.....	2.422	2.427	2.431	2.436	2.440	2.445	2.450	2.454	2.459	2.463

TABLA 3.2. TABLA DE PORCENTAJES DE HORAS LUZ O INSOLACION EN EL DIA PARA CADA MES DEL AÑO EN RELACION AL NUMERO TOTAL EN UN AÑO (P).

Lat. Nte.	M E S E S											
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
15°	7.94	7.37	8.44	8.45	8.98	8.80	9.03	8.83	8.27	8.26	7.75	7.88
16°	7.93	7.35	8.44	8.46	9.01	8.83	9.07	8.85	8.27	8.24	7.72	7.83
17°	7.86	7.32	8.43	8.48	9.04	8.87	9.11	8.87	8.27	8.22	7.69	7.80
18°	7.83	7.30	8.42	8.50	9.09	8.92	8.16	8.90	8.27	8.21	7.66	7.74
19°	7.79	7.28	8.41	8.51	9.11	8.97	9.20	8.92	8.28	8.19	7.63	7.71
20°	7.74	7.26	8.41	8.53	9.14	9.00	9.23	8.95	8.29	8.17	7.59	7.66
21°	7.71	7.24	8.40	8.54	9.18	9.05	9.29	8.98	8.29	8.15	7.54	7.62
22°	7.66	7.21	8.40	8.56	9.92	9.09	9.33	9.00	8.30	8.13	7.50	7.55
23°	7.62	7.19	8.40	8.57	9.24	9.12	9.35	9.02	8.30	8.11	7.47	7.50
24°	7.58	7.17	8.40	8.60	9.30	9.20	9.41	9.05	8.31	8.09	7.43	7.46
25°	7.53	7.13	8.39	8.61	9.32	9.22	9.43	9.08	8.30	8.08	7.40	7.41
26°	7.49	7.12	8.40	8.64	9.38	9.30	9.49	9.10	8.31	8.06	7.36	7.35
27°	7.43	7.09	8.38	8.65	9.40	9.32	9.52	9.13	8.32	8.03	7.36	7.31
28°	7.40	7.07	8.39	8.68	9.46	9.38	9.58	9.16	8.32	8.02	7.22	7.27
29°	7.35	7.04	8.37	8.70	9.49	9.43	9.61	9.19	8.32	8.00	7.24	7.20
30°	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.34	7.99	7.19	7.14
31°	7.25	7.00	8.36	8.73	9.57	9.54	9.72	9.24	8.33	7.95	7.15	7.09
32°	7.20	6.97	8.37	8.75	9.63	9.60	9.77	9.28	8.34	7.95	7.11	7.05

3.4. APLICACION DEL METODO.

Con la temperatura media mensual expresada en ° C se entra a la Tabla 3.1. y el valor obtenido se multiplica por el porcentaje de horas luz; el cual se obtiene de la Tabla 3.2., entrando con el mes y la latitud de ese lugar. Esto lo podemos definir como fi que es igual a un factor de uso consuntivo en un mes; lo que nos lleva a efectuar esto para cada mes del periodo vegetativo. El uso consuntivo real total se obtiene sumando todas las fi, de todos los meses que comprende el ciclo vegetativo del cultivo y multiplicando el total por los valores de los coeficientes globales de los cultivos que se obtiene de la Tabla 3.3. Obtenemos el uso consuntivo o evapo-transpiración real total.

En base al programa de cultivos, distribución y calendarario, es en todo el año, Cuadro 1.

Podremos obtener los factores de uso consuntivo de todos los meses, los factores se muestran en el Cua-dro 2.

TABLA 3.3. COEFICIENTES GLOBALES DE EVAPOTRANSPIRACION ESTACIONAL (Kg) para diversos cultivos, en donde los valores máximos corresponden a las zona de climas áridos y semiáridos y los valores mínimos a zonas húmedas y semihúmedas.

Cultivo	Período vegetativo	Coeficiente global Kg.	
Aguacate	Perenne	0.50	- 0.55
Ajonjolí	3 a 4 meses	0.80	
Alfalfa	Entre heladas	0.80	- 0.85
	En invierno	0.60	
Algodón	6 ó 7 meses	0.60	- 0.65
Arroz	3 a 4 meses	1.00	- 1.20
Cacahuate	5 meses	0.60	- 0.65
Cacao	Perenne	0.75	- 0.80
Café	Perenne	0.75	- 0.80
Camote	5 a 6 meses	0.60	
Caña de azúcar	Perenne	0.75	- 0.90
Cártamo	5 a 8 meses	0.55	- 0.65
Cereales de grano pequeño; (alpiste, avena, cebada, cen- teno, trigo).	3 a 6 meses	0.75	- 0.85
Cltricos	7 a 8 meses	0.50	- 0.65
Chile	3 a 4 meses	0.60	
Espárrago	6 a 7 meses	0.60	
Fresa	Perenne	0.45	- 0.60
Frijol	3 a 4 meses	0.60	- 0.70
Frutales de hueso y pepita (hoja ca- duca)	Entre heladas	0.60	- 0.70
Garbanzo	4 a 5 meses	0.60	- 0.70
Girasol	4 meses	0.50	- 0.65
Gladiolo	3 a 4 meses	0.60	
Haba	4 a 5 meses	0.60	- 0.70

Cultivo	Periodo vegetativo	Coeficiente global Kg.	
Hortalizas	2 a 4 meses	0.60	
Jitomate	4 meses	0.70	
Lechuga y col	3 meses	0.70	
Lenteja	4 meses	0.60	- 0.70
Maíz	4 meses	0.60	- 0.70
Maíz	4 a 7 meses	0.75	- 0.85
Mango	Perenne	0.75	- 0.80
Melón	3 a 4 meses	0.60	
Nogal	Entre heladas	0.70	
Papa	3 a 5 meses	0.65	- 0.75
Palma datilera	Perenne	0.65	- 0.80
Palma cocotera	Perenne	0.80	- 0.90
Papaya	Perenne	0.60	- 0.80
Platano	Perenne	0.80	- 1.00
Pastos de gramíneas	Perenne	0.75	
Remolacha	6 meses	0.65	- 0.75
Sandía	3 a 4 meses	0.60	
Sorgo	3 a 5 meses	0.70	
Soya	3 a 5 meses	0.60	- 0.70
Tabaco	4 a 5 meses	0.70	- 0.80
Tomate	4 a 5 meses	0.70	- 0.80
Trebol ladino	Perenne	0.80	- 0.85
Zanahoria	2 a 4 meses	0.60	
Henequen	Perenne	0.65	- 0.70
Linaza	7 a 8 meses	0.70	- 0.80
Semillas oleaginosas	3 a 5 meses	0.65	- 0.75
Sorgo	4 a 5 meses	0.70	- 0.80
Vid	5 a 7 meses	0.50	- 0.60
Toronja	Perenne	0.55	- 0.65

Cultivo	Periodo vegetativo	Coeficiente global Kg.	
Naranja y limón	Perenne	0.45	- 0.55
Alfalfa	Entre heladas	0.80	- 0.85
Trebol blanco	Entre heladas	0.80	- 0.90
Trigo	Entre heladas	0.75	- 0.85
Cebada	Entre heladas	0.75	
Cucurbitaceas	3 a 4 meses	0.70	

S. R. H.
 SUBSECRETARIA DE PLANEACION
 DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS
 DIRECCION DE HIDROLOGIA
 DEPTO. DE ESTUDIOS HIDROLOGICOS

CUADRO 1

VASO DE ZANATEPEC, OAX.

PROGRAMA DE CULTIVOS, DISTRIBUCION Y CALENDARIO PROPUESTO

CULTIVO	AREA	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
PASTO	50	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
ARROZ	13						////	////	////	////	////	////	////
MAIZ	10	////	////	////								////	////
SORGO P.G.	10	////	////	////								////	////
AJONJOLI	10		////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
SANDIA	2.5		////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
MANGO	2.5	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
JITOMATE	1	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
HORTALIZAS	1	////									////	////	////
FRIJOL*	5						////	////	////	////	////	////	////
ARROZ *	5	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////	////
MAIZ *	7					////	////	////	////	////	////	////	////
SORGO P.G. *	7					////	////	////	////	////	////	////	////
AJONJOLI *	7						////	////	////	////	////	////	////
JITOMATE *	1						////	////	////	////	////	////	////
HORTALIZAS *	1					////	////	////	////	////	////	////	////

* Cultivos repetidos

CUADRO 2.
FACTORES DE USO CONSUNTIVO MENSUAL.

MES:	TEMP. MEDIA °C.	PORCIENTO DE INS. (P)	FACTOR T	δi (PxT) en cms.
Enero.	25.3	7.895	1.977	15.608
Feb.	26.0	7.335	2.009	14.736
Marzo.	27.7	8.435	2.087	17.603
Abril.	29.3	8.470	2.161	18.303
Mayo.	29.9	9.025	2.188	19.745
Junio	28.2	8.850	2.110	18.673
Julio	28.0	9.090	2.101	19.098
Agosto	28.4	8.860	2.119	18.774
Sept.	27.5	8.270	2.078	17.185
Octubre	26.9	8.230	2.050	16.871
Nov.	25.9	7.705	2.004	15.440
Dic.	25.3	7.815	1.977	15.450

$$\sum \delta i = F = 207.487$$

Latitud = 16° 30' N

Longitud = 94° 30' W Gr.

3.5. COEFICIENTE DE USO CONSUNTIVO GLOBAL.

Como se mencionó anteriormente, de la columna de f_i , se obtiene la sumatoria que corresponde al ciclo del cultivo del que se trate y esta sumatoria la multiplicamos por el coeficiente global del cultivo, se obtiene el uso consuntivo total, esto es:

$$U_c = K_g F.$$

En donde:

$$F = \sum_{i=1}^n f_i$$

K_g = Coeficiente global que depende del cultivo.

f_i = Lámina potencial de consumo de agua en cms.

U_c = Uso consuntivo real total del cultivo en cms.

Así tenemos que para pastos sería:

La suma total de los valores de f_i , nos da F del cuadro 2 y la duración del cultivo es durante todo el año, obtenemos que:

$$F = 207.487$$

$Kg = .75$ coeficiente global del cultivo.

Por lo tanto:

$$Uc = Kg F$$

$$Uc = .75 (207.487).$$

$$Uc = 155.6 \text{ cms.}$$

Así, el uso consuntivo total para todos los cultivos se muestra en el Cuadro 3.

USOS CONSUNTIVOS CONFORME AL PROGRAMA
Y CALENDARIO DE LOS CULTIVOS.

CUADRO 3

CULTIVO	DURACION	F	Kg	UC TOTAL C. VEGETATI VO EN cm.
PASTO	ENE. - DIC.	207.487	.75	155.6
ARROZ	JUN. - OCT.	90.601	1.00	90.6
MAIZ	NOV. - MAY.	116.886	.75	87.6
SORGO P.G.	NOV. - MAY.	116.886	.70	81.8
AJONJOLI	FEB. - MAY.	70.388	.80	56.3
SANDIA	FEB. - MAY.	70.388	.60	42.2
MANGO	ENE. - DIC.	207.487	.75	155.6
JITOMATE	ENE. - MAY.	85.496	.70	60.1
HORTALIZAS	OCT. - ENE.	63.369	.60	38.0
FRIJOL *	JUN. - SEP.	73.730	.60	44.2
ARROZ *	DIC. - ABR.	81.700	1.00	81.7
MAIZ *	MAY. - SEP.	93.476	.75	70.1
SORGO P.G. *	MAY. - SEP.	93.476	.70	65.4
AJONJOLI *	JUL. - OCT.	71.928	.80	57.5
JITOMATE *	JUL. - OCT.	71.928	.70	50.3
HORTALIZAS*	MAY. - AGO.	76.291	.60	45.7

* Cultivos repetidos

3.6. USO CONSUNTIVO MENSUAL.

El valor obtenido es para todo el ciclo y nada puede decirse respecto a valores parciales, cuyo conocimiento es necesario para programar las láminas de riego, intervalos de riego, dando el conocimiento de las demandas mensuales de riego.

Para lograr conocer los usos consuntivos mensuales, se utilizan las gráficas de los coeficientes de desarrollo mediante el siguiente procedimiento:

$$U_{cm} = P K_t K_c$$

En donde:

U_{cm} = Uso consuntivo mensual.

P = Porcentaje de insolación mensual.

K_t = Ajuste térmico de Phelan.

K_c = Coeficiente de desarrollo del cultivo.

En la que:

$$K_t = 0.03114 t + 0.2396.$$

t = Temperatura en grados centígrados.

Los K_c se obtienen en función del desarrollo del cultivo en porcentaje desde su nacimiento hasta comple-tar su ciclo vital.

Los valores de $K_t \left(\frac{t + 17.8}{21.8} \right)$ se encuentran tabula-dos en la Tabla 3.4.

Los valores de las gráficas para diferentes culti-vos se encuentran en las Tablas 3.5, 3.6 y anexo 1, de este capítulo.

TABLA 3.4. VALORES DE LA EXPRESION $K_t \left(\frac{t + 17.8}{21.8} \right)$ EN RELACION CON LAS TEMPERATURAS MEDIAS EN °C PARA USARSE EN LA FORMULA DE BLANEY Y CRIDDLE.

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.....	0.317	0.322	0.327	0.331	0.335	0.340	0.345	0.349	0.354	0.359
4.....	0.364	0.369	0.373	0.378	0.384	0.388	0.393	0.398	0.403	0.408
5.....	0.413	0.418	0.423	0.428	0.433	0.439	0.444	0.449	0.455	0.460
6.....	0.465	0.470	0.476	0.481	0.487	0.492	0.498	0.503	0.509	0.514
7.....	0.520	0.526	0.531	0.537	0.543	0.549	0.554	0.560	0.566	0.572
8.....	0.578	0.584	0.590	0.596	0.602	0.608	0.614	0.620	0.626	0.632
9.....	0.638	0.645	0.651	0.657	0.664	0.670	0.676	0.682	0.689	0.696
10.....	0.702	0.708	0.715	0.722	0.729	0.735	0.742	0.748	0.755	0.762
11.....	0.768	0.775	0.782	0.789	0.796	0.803	0.810	0.817	0.824	0.830
12.....	0.838	0.845	0.852	0.859	0.866	0.874	0.880	0.889	0.895	0.902
13.....	0.910	0.917	0.925	0.932	0.939	0.947	0.954	0.962	0.970	0.977
14.....	0.985	0.992	1.000	1.008	1.016	1.024	1.031	1.039	1.047	1.055
15.....	1.063	1.071	1.079	1.086	1.095	1.103	1.111	1.119	1.127	1.135
16.....	1.143	1.152	1.160	1.168	1.175	1.185	1.193	1.202	1.210	1.219
17.....	1.227	1.235	1.244	1.253	1.262	1.270	1.279	1.287	1.296	1.305
18.....	1.313	1.322	1.331	1.340	1.349	1.357	1.367	1.375	1.385	1.393
19.....	1.403	1.412	1.421	1.430	1.439	1.448	1.458	1.467	1.476	1.485
20.....	1.495	1.505	1.513	1.523	1.533	1.542	1.551	1.561	1.571	1.580
21.....	1.590	1.599	1.609	1.619	1.629	1.639	1.648	1.658	1.668	1.678
22.....	1.688	1.697	1.708	1.717	1.728	1.738	1.748	1.758	1.768	1.779
23.....	1.789	1.799	1.810	1.819	1.830	1.840	1.851	1.861	1.871	1.882
24.....	1.892	1.903	1.914	1.924	1.935	1.945	1.956	1.967	1.977	1.988
25.....	1.999	2.010	2.020	2.031	2.042	2.053	2.064	2.074	2.086	2.096
26.....	2.108	2.119	2.130	2.141	2.153	2.164	2.175	2.186	2.198	2.208
27.....	2.220	2.232	2.243	2.255	2.265	2.277	2.289	2.300	2.312	2.323
28.....	2.335	2.345	2.358	3.370	2.382	2.394	2.405	2.417	2.430	2.441
29.....	2.453	2.464	2.477	2.489	2.500	2.513	2.525	2.537	2.549	2.561
30.....	2.574	2.586	2.598	2.610	2.623	2.635	2.647	2.660	2.672	2.685
31.....	2.698	2.710	2.723	2.734	2.747	2.760	2.773	2.786	2.798	2.811
32.....	2.822	2.836	2.850	2.862	2.875	2.887	2.900	2.914	2.927	2.940
33.....	2.953	2.966	2.978	2.992	3.006	3.018	3.032	3.045	3.058	3.072
34.....	3.085	3.098	3.111	3.125	3.138	3.152	3.166	3.179	3.193	3.206
35.....	3.220	3.234	3.247	3.261	3.274	3.289	3.303	3.316	3.330	3.344

TABLA 3.5. COEFICIENTE DE DESARROLLO K_c PARA USO EN EL CALCULO DE USO CONSUNTIVO.

% de desarrollo	CULTIVOS ANUALES																
	Maíz	Trigo	Algodón	Sorgo	Cebada	Soya	Añaz	Frijol	Ajonjol	Sarbanza	Cebada	Tomate	Luzerna	Chile	Papa	Cacahuete	Cucurbitáceas
0	0.42	0.15	0.20	0.30	0.14	0.51	0.45	0.50	0.30	0.30	0.15	0.43	0.30	0.48	0.30	0.15	0.45
5	0.45	0.20	0.22	0.35	0.16	0.45	0.50	0.54	0.35	0.35	0.20	0.43	0.35	0.50	0.35	0.17	0.47
10	0.48	0.30	0.25	0.40	0.18	0.41	0.55	0.60	0.40	0.40	0.30	0.43	0.40	0.55	0.40	0.20	0.50
15	0.51	0.40	0.28	0.48	0.22	0.45	0.65	0.65	0.50	0.50	0.40	0.45	0.50	0.65	0.45	0.25	0.53
20	0.60	0.55	0.32	0.60	0.27	0.51	0.72	0.73	0.60	0.55	0.55	0.45	0.55	0.75	0.50	0.29	0.55
25	0.65	0.70	0.40	0.70	0.35	0.51	0.80	0.80	0.70	0.65	0.70	0.50	0.70	0.80	0.60	0.36	0.60
30	0.70	0.90	0.50	0.80	0.44	0.51	0.85	0.90	0.80	0.70	0.90	0.55	0.90	0.90	0.70	0.43	0.65
35	0.80	1.10	0.62	0.90	0.54	0.52	0.90	0.97	0.87	0.75	1.10	0.65	1.00	0.95	0.82	0.52	0.70
40	0.90	1.25	0.89	1.00	0.64	0.55	0.92	1.05	0.95	0.78	1.25	0.75	1.10	0.93	0.97	0.61	0.75
45	1.00	1.40	0.90	1.08	0.76	0.57	0.93	1.10	1.00	1.80	1.40	0.85	1.15	0.03	1.05	0.61	0.80
50	1.05	1.50	0.98	1.07	0.88	0.60	0.93	1.12	1.10	0.82	1.50	0.95	1.20	1.05	1.16	0.30	0.81
55	1.07	1.57	1.00	1.05	0.97	0.63	0.93	1.12	1.20	0.85	1.57	1.00	1.28	1.05	1.25	0.90	0.82
60	1.08	1.62	1.02	1.00	1.07	0.66	0.92	1.10	1.28	0.85	1.62	1.03	1.30	1.05	1.30	1.00	0.80
65	1.07	1.61	1.00	0.95	1.07	0.68	0.90	1.05	1.30	0.82	1.61	1.02	1.35	1.03	1.35	1.01	0.79
70	1.05	1.55	0.95	0.90	1.08	0.70	0.85	1.02	1.32	0.80	1.55	0.98	1.30	1.00	1.38	1.02	0.77
75	1.02	1.45	0.87	0.82	1.02	0.70	0.80	0.95	1.28	0.75	1.45	0.95	1.28	0.97	1.38	0.91	0.75
80	1.00	1.30	0.80	0.75	0.96	0.69	0.68	0.87	1.25	0.70	1.30	0.90	1.25	0.90	1.35	0.80	0.72
85	0.95	1.10	0.75	0.70	0.86	0.63	0.63	0.80	1.10	0.65	1.10	0.85	1.10	0.85	1.33	0.60	0.71
90	0.90	0.95	0.65	0.65	0.76	0.56	0.58	0.72	1.00	0.60	0.95	0.80	0.95	0.80	1.30	0.41	0.70
95	0.87	0.80	0.55	0.60	0.60	0.43	0.55	0.70	0.90	0.50	0.80	0.75	0.80	0.70	1.25	0.25	0.67
100	0.85	0.62	0.50	0.55	0.45	0.31	0.47	0.62	0.80	0.40	0.62	0.70	0.60	0.60	1.20	0.11	0.65

TABLA 3.6 COEFICIENTES DE DESARROLLO Kc PARA USO EN EL CALCULO DE USOS CONSUNTIVOS.

Mes	Caña	Alfalfa	Pasto	Vid	Citricos	Frutales de hoja caduca	Frutales de hoja perenne.
1	0.30	0.65	0.48	0.20	0.65	0.20	0.60
2	0.35	0.75	0.60	0.23	0.67	0.25	0.75
3	0.50	0.85	0.75	0.30	0.69	0.35	0.85
4	0.60	1.00	0.85	0.50	0.70	0.65	1.00
5	0.77	1.10	0.87	0.70	0.71	0.85	1.10
6	0.90	1.13	0.90	0.80	0.72	0.95	1.12
7	0.98	1.12	0.90	0.80	0.72	0.98	1.12
8	1.02	1.08	0.87	0.75	0.71	0.85	1.05
9	1.02	1.00	0.85	0.67	0.70	0.50	1.00
10	0.98	0.90	0.80	0.50	0.68	0.30	0.85
11	0.90	0.80	0.65	0.35	0.67	0.20	0.75
12	0.78	0.65	0.60	0.25	0.65	0.20	0.60

PERIODO VEGET. Meses.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	CULTIVOS.
12	30	56	86	113	134	148	150	144	130	96	63	48	Frutales.
11	35	62	90	122	140	150	147	135	106	65	48		
10	36	66	98	129	146	149	140	117	70	50			
9	34	70	107	139	150	146	128	76	50				
7	88	98	126	126	131	108	46						Habas.
6	88	96	116	131	119	50							
5	89	101	126	126	58								
7	40	86	118	137	137	112	70						Hortalizas y (verduras. Chile y ejote.
6	44	96	129	138	122	71							
5	48	106	137	132	77								
4	56	122	137	85									
7	46	78	103	118	124	122	109						Jitomate.
6	48	85	111	123	123	110							
5	52	94	118	124	112								
4	58	105	123	114									
10	79	79	94	106	116	119	119	114	96	78			Limón.
9	49	62	82	104	123	131	132	123	94				Linaza.
8	49	65	90	113	129	133	125	96					
7	50	69	99	122	132	128	100						
8	20	25	50	102	171	176	160	96					Lápulo.
7	20	29	66	138	176	169	102						
6	20	34	89	174	174	109							
5	20	47	138	176	119								
7	37	100	134	143	127	94	65						Maíz.
6	43	110	140	137	103	67							
5	51	121	143	115	70								
5	60	89	109	134	108								Melón.
4	63	96	129	112									
10	79	79	94	106	116	119	119	114	96	78			Naranja.

PERIODO VEGET. (meses).	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Cultivo.
11	57	77	101	128	153	156	144	91	82	67	44		Nuez de nogal.
10	57	80	108	135	155	150	118	82	70	45			
9	59	84	116	147	155	136	85	72	46				
6	61	89	110	121	119	100							Papa (garbanzo)
5	64	96	117	121	102								
4	68	106	121	105									
12	31	64	95	116	128	136	139	136	126	106	67	46	Pasto de riego.
11	32	68	100	120	132	139	138	132	111	81	47		
10	33	75	106	125	136	139	135	117	86	48			
9	35	82	112	130	138	137	124	92	50				
12	104	103	88	106	103	104	103	94	106	104	91	94	Plátano.
12	36	57	83	106	133	138	141	138	121	109	85	53	Prado césped.
11	37	60	87	118	136	141	142	127	112	86	54		
10	38	65	92	129	139	142	134	116	91	54			
9	39	72	100	134	141	141	119	97	57				
7	42	85	108	126	131	121	87						Remolacha.
6	45	85	118	132	126	94							
5	49	97	127	130	97								
7	30	88	137	152	134	93	66						Sorgos.
6	34	102	148	145	103	68							
5	39	120	152	118	71								
7	77	105	119	122	108	89	80						Sorgo sudanensis
6	81	109	121	111	94	84							
5	84	114	122	100	80								
7	30	56	95	127	139	135	118						Tabaco.
6	32	62	113	136	137	120							
5	35	74	129	139	123								
10	79	79	94	106	116	119	119	114	96	78			Toronja.
12	66	84	103	107	123	126	123	119	112	98	96	43	Trebol.
11	68	87	107	121	126	125	123	115	103	79	46		
10	68	91	112	122	126	125	119	106	83	48			

El uso de las tablas está condicionado al porcentaje de desarrollo vegetativo, estimado por la división del número de mes correspondiente, entre el número de meses que dura el cultivo.

K_t se obtiene del mismo modo que la del factor T , o sea, entrando con las temperaturas medias mensual, el valor obtenido se multiplica por P (% de insolación), y el valor resultante se multiplica por el valor de K_c estimado en su desarrollo; obteniendo así el uso consuntivo mensual. Al efectuar la sumatoria, nos puede variar con respecto al uso consuntivo global de tal manera que habrá necesidad de aplicar un coeficiente de corrección que se obtiene de la siguiente manera:

$$K = \frac{UC}{\sum UCM}$$

Donde:

UC = El uso consuntivo global.

$\sum UCM$ = La sumatoria de los usos consuntivos mensuales correspondientes al ciclo vegetativo del cultivo.

K = Será el coeficiente de corrección.

Finalmente, multiplicando este coeficiente por cada uso consuntivo mensual, obtenemos el uso consuntivo real correspondiente al mes que se trate.

Ejemplo:

MAIZ DE MAYO A SEPTIEMBRE.

MES:	t ° C.	Kt	P	PxKt	Kc	Ucm
Mayo.	29.9	2.561	9.025	23.11	.60	13.86
Jun.	28.2	2.358	8.850	20.86	.90	18.78
Jul.	28.0	2.335	9.090	21.22	1.08	22.91
Ago.	28.4	2.388	8.860	21.15	1.00	21.15
Sept.	27.5	2.277	8.270	18.83	.85	16.00
						92.64

Aplicado el coeficiente de corrección K tenemos que:

$$K = \frac{70.1}{92.64} = .755$$

Multiplicando el coeficiente obtenido por cada uno de los usos consuntivos mensuales, obtenemos el valor real correspondiente, así:

			Ucm Real.
13.86	x	.755	10.48
18.77	x	.755	14.19
22.91	x	.755	17.32
21.10	x	.755	15.99
16.00	x	.755	<u>12.09</u>
			70.07

Con el valor obtenido total vemos que es muy semejante a 70.1 (los valores no coinciden por sólo trabajar con dos decimales).

En el Cuadro 4, se encuentran los usos consuntivos mensuales para cada cultivo.

CUADRO No. 4. VALORES DE USOS CONSUNTIVOS MENSUALES CONFORME AL PROGRAMA Y CALENDARIO DE LOS CULTIVOS.

70

CULTIVO:	M E S :											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pasto.	6.76	8.15	12.80	15.76	17.69	16.51	16.79	16.14	14.08	12.87	9.23	8.37
Arroz.						18.01	23.42	23.29	15.36	10.23		
Maíz.	20.60	18.39	19.62								11.47	17.70
Sorgo P. G.	20.50	14.83	13.31								12.39	20.31
Ajonjolí.		7.84	15.47	19.56	13.39							
Sandía.		7.00	11.87	11.95	11.35							
Mango.	7.07	8.53	12.14	15.51	18.71	18.73	17.49	16.30	13.86	11.36	8.91	6.78
Jitomate	5.84	9.38	16.20	15.38	13.11							
Hortalizas.	6.42									9.26	11.88	10.41
Frijol*						9.99	15.22	11.98	6.97			
Arroz*	18.97	18.30	16.98	12.74								14.70
Maíz*					10.48	14.19	17.32	15.99	12.09			
Sorgo P. G.					11.04	16.61	16.90	12.60	8.24			
Ajonjolí*							11.14	17.40	18.07	10.89		
Jitomate*							8.71	16.46	14.69	10.44		
Hortalizas*					10.88	14.17	12.84	7.81				
TOTAL MENSUAL.	86.16	92.42	118.39	90.90	106.65	108.21	139.85	137.97	103.36	65.05	53.88	78.27

3.7. VOLUMENES MENSUALES.

El volúmen mensual de riego se obtiene aplicando - la siguiente fórmula:

$$V = Z A (U_{cm} - P_e).$$

En donde:

V = Volúmen mensual de riego 10^3 m^3 .

Z = Factor de ajuste por duración del riego consi-
derando como unidad el mes.

A = Area cultivada en Has.

U_{cm} = Uso consuntivo mensual del cultivo en centí-
metros.

P_e = Lluvia aprovechable o precipitación efectiva-
en centímetros.

$(U_{cm} - P_e)$ = Lámina necesaria de riego en cms.

El factor de ajuste Z es tomando como la unidad el mes, en casos en que se inicie o termine el período vege-
tativo, éste deberá ser proporcional al factor sin que -
sea mayor que uno.

3.7.1. PRECIPITACION EFECTIVA. La podemos definir como "La cantidad de agua que puede llegar a estar disponible en la zona ocupada por las raíces de las plantas".

Por lo tanto, el aprovechamiento de la lluvia depende de diversos factores, tales como la intensidad de la precipitación, la velocidad de infiltración en el suelo (que a su vez, depende de otros factores, como son: sus características físicas y su contenido de humedad), la cubierta vegetal y la topografía, fundamentalmente.

En general, pocas veces contamos con esta información y en consecuencia, es muy difícil hacer estimaciones aceptables sobre la cantidad que realmente puede ser aprovechable.

Para estimar la lluvia efectiva, existen varios métodos, los cuales corresponden a la cantidad de información que se tenga y las necesidades que se requieran; como pueden ser períodos cortos, de horas, lluvias o días.

Como el caso más general, es que se dispongan únicamente de datos de precipitación mensual, el más recomendable que consiste en aplicar un coeficiente de aprovechamiento

miento diferente a cada 25 mm. (Mínima cantidad para aprovecharse de lluvia observada y que conforme la lluvia acumulada va aumentando, el coeficiente de aprovechamiento va disminuyendo, dado que se va saturando el suelo), hasta que para más de 150 mm. de lluvia, el coeficiente es de sólo un 5 %. Tabla 3.7.

Para ilustrar un ejemplo en donde se desea saber la precipitación efectiva de una lluvia de 100 mm.; así tenemos que:

$$25 \times 0.95 + 25 \times 0.90 + 25 \times 0.82 + 25 \times 0.65 = 83$$

mm.

83 mm. será la cantidad de lluvia efectiva de los 100 mm. que se precipitaron.

La obtención de los coeficientes de aprovechamiento de lluvia está en función de la capacidad de almacenamiento del suelo y éstos decrecen debido a la saturación de agua en el suelo.

TABLA 3.7. COEFICIENTE DE LLUVIA EFECTIVA SEGUN BLANEY Y CRIDDLE.

lluvia total observada		lluvia considerada efectiva			
en pulgadas	en mm	Coef. de apro- vechamiento.	Acumulada total		
			Pulgadas	mm	
1	25	0.95	0.95	23.7	
2	50	0.90	1.85	46.3	
3	75	0.82	2.67	67.0	
4	100	0.65	3.32	83.0	
5	125	0.45	3.77	94.5	
6	150	0.25	4.02	100.5	
más de 6	más de 150	0.05	-	-	

Fuente: Adaptado de "Determining Consumptive Use and Irrigation Water requirements", por Blaney H.F. y W.D. Criddle, Technical - - - Bulletin No. 1257, Agricultural Research Service, 1962.

Si la evapotranspiración en el periodo fue sólo de 80 mm., entonces el requerimiento de riego será nulo en el mes o periodo considerado.

Debe definirse que el valor de la precipitación se considera de acuerdo a los datos disponibles. Generalmente se usan las medias aritméticas; sin embargo, debido a que la precipitación mensual estadísticamente no se distribuye normalmente, no se recomienda su uso. Un valor más representativo es la mediana, que es el valor situado a la mitad de los valores ordenados (crecientemente o decrecientemente), de la serie de observaciones para un periodo dado (mes). La media geométrica es todavía un mejor estimador.

En el cuadro 5, se observa la precipitación registrada en 26 años de 1951 a 1976, atendiendo el orden creciente en cada mes y obteniendo los valores de la media, mediana y media geométrica.

Para el cálculo de la P_e sólo se consideran valores por arriba de 25 mm., utilizando la media geométrica y el método de Blaney y Criddle, los valores de la precipitación efectiva son:

PRECIPITACION EFECTIVA OBTENIDA EN LA ZONA DE IN-
FLUENCIA DE ZANATEPEC. OAX.

E	0	mm.	J	102.7	mm.
F	0	mm.	A	102.4	mm.
M	0	mm.	S	108.5	mm.
A	0	mm.	O	46.2	mm.
M	46.2	mm.	N	0.0	mm.
J	108.0	mm.	D	0.00	mm.

CUADRO 5.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS
DIRECCION DE HIDROLOGIA
DEPTO. DE HIDROMETRIA - OFICINA DE CLIMATOLOGIA

ESTACION OSTUTA, OAX.
PRECIPITACION EN mm

Nº de Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	0	0	0	0	0	161	71	62	48	0	0	0
2	0	0	0	0	0	200	84	71	154	2	0	0
3	0	0	0	0	10	206	109	84	158	3	0	0
4	0	0	0	0	15	207	116	90	192	7	0	0
5	0	0	0	1	18	212	128	95	203	13	0	0
6	0	0	0	2	30	235	141	99	229	20	0	0
7	0	0	0	2	41	252	143	100	240	24	0	0
8	0	0	0	4	42	252	144	110	258	34	0	0
9	0	0	0	5	43	261	146	147	274	56	0	0
10	0	0	0	7	45	268	152	163	275	57	0	0
11	0	0	0	10	51	272	159	174	279	61	0	0
12	0	0	0	12	59	275	184	186	284	71	0	0
13	0	0	0	12	59	276	188	196	300	77	0	0
14	0	0	0	16	84	283	201	205	310	83	1	0
15	0	0	0	20	85	287	212	209	318	89	2	0
16	0	0	0	20	87	292	212	217	370	89	2	0
17	0	0	0	22	91	330	212	217	388	105	2	0
18	0	0	1	23	98	345	271	234	389	125	3	3
19	0	2	2	28	120	354	273	243	401	151	4	4
20	0	2	3	28	142	366	278	294	419	174	15	5
21	1	2	4	30	147	370	299	330	479	186	16	6
22	2	2	5	42	153	454	306	377	561	190	19	6
23	2	2	7	46	172	468	317	390	634	202	21	7
24	4	6	7	58	215	471	318	403	577	265	37	27
25	6	15	8	72	216	575	429	502	724	288	101	71
26	11	18	17	134	241	616	652	830	802	436	105	98
Σ	26	49	54	594	2270	8298	5745	6028	9266	2808	329	227
MEDIA	1.0	1.8	2.0	22.8	87.3	318.7	220.9	231.8	356.3	108.0	12.6	8.7
MEDIA	0	0	0	14	71.5	279.5	194.5	200.5	305.0	80.0	1.0	0
MEDIA	1.3	1.5	1.6	9.84	50.7	301.4	195.0	188.4	310.2	52.4	3.0	2.3

Con los usos consuntivos mensuales, los factores climáticos obtenidos y las superficies ocupadas por los diferentes cultivos, Cuadro 6, calculamos las demandas de riego mensual para cada cultivo, aplicando la fórmula ya establecida y de acuerdo con el programa de cultivos enunciados anteriormente, la distribución de las demandas de riego neta la observamos en el Cuadro 7, para obtener la lámina neta de demanda anual:

$$Ln = \frac{\text{Volúmen total}}{\text{Area.}}$$

$$Ln = \frac{326,149.6 \times 10^3 \text{ m}^3.}{350,000 \times 10^4 \text{ m}^2} = 0.93 \text{ m.}$$

Considerando que el sistema de canales será semire vestidos, se estima una eficiencia total en el sistema de 62 %; de tal manera que nuestras demandas de riego brutas deberán ser el cociente que resulte de las demandas de riego netas, sobre la eficiencia.

Obteniendo así los volúmenes de agua que deberán ser derivados por la presa. Cuadro 8. El cual, con el volúmen total derivado en el año, nos da una lámina bruta anual de:

$$L_b = \frac{L_n}{n} = \frac{\text{Volúmen bruto total.}}{\text{Área.}}$$

$$L_b = \frac{0.93}{.62} = 1.50 \text{ m.} = \frac{526047.777 \times 10^3 \text{ m}^3}{350000 \times 10^4 \text{ m}^2} = 1.50 \text{ m.}$$

CUADRO 6

Area en Ha. y [%]

Cultivo	Establecido	Repetida	Calendario Establecido.	Repetido
Pastos	17,500 (50%)		Perene	
Arroz	4,550 (13%)	1750 (5%)	Jun-Oct	Dic-Abril
Malz	3,500 (10%)	2450 (7%)	Nov-May	May-Septiembre
Sorgo P.G.	3,500 (10%)	2450 (7%)	Nov-May	May-Septiembre
Ajonjoli	3,500 (10%)	2450 (7%)	Feb-May	Jul-Octubre
Sandia	875 (2.5%)		Feb-May	
Mango	875 (2.5%)		Perene	
Jitomate	350 (1%)	350 (1%)	Ene-May	Jul-Octubre
Hortalizas	350 (1%)	350 (1%)	Oct-Ene	May-Agosto
Frijol		1750 (5%)		Jun-Septiembre

Sup total = 35 000 Has. = 100%

Sup. ocupado x cultivos perenes = 18 375 = 52.5%

Sup. ocupado x cultivos Estacionales = 16 625 = 47.5%

Sup. ocupado x cultivo repetidos = 11 550 33%

CUADRO 7.

CULTIVO:	CONCEPTO:	M E S E S :											
		ENERO.	FEBRERO.	MARZO.	ABRIL.	MAYO.	JUNIO.	JULIO.	AGOSTO.	SEPTIEMBR	OCTUBRE.	NOVIEMBRE.	DICIEMBRE.
PASTO. 17,500 Ha.	UC	6.76	8.15	12.80	15.76	17.69	16.51	16.79	16.14	14.08	12.87	9.23	8.37
	Pe	0	0	0	0	4.62	10.80	10.27	10.24	10.85	4.60	0	0
	UC - Pe	6.76	8.15	12.80	15.76	13.07	5.71	6.52	5.90	3.23	8.27	9.23	8.37
	Z	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	V	11,830.000	14,262.500	22,400.000	27,580.000	22,872.500	9,992.500	11,410.000	10,325.000	5,652.500	14,472.500	16,152.500	14,647.500
ARROZ. 4,550 Ha.	UC						18.01	23.42	23.29	15.36	10.23		
	Pe						10.80	10.27	10.24	10.85	4.60		
	UC - Pe						7.21	13.15	13.05	4.51	5.63		
	Z						1	1	1	1	1		
	V						3,280.550	5,983.250	5,937.750	2,052.050	2,561.650		
MAIZ. 3,500 Ha.	UC	20.60	18.39	19.62								11.47	17.70
	Pe	0	0	0								0	0
	UC - Pe	20.60	18.39	19.62								11.47	17.70
	Z	1	1	1								1	1
	V	7,210.000	6,436.500	6,867.000								4,014.500	6,195.000

		ENERO.	FEBRERO.	MARZO.	ABRIL.	MAYO.	JUNIO.	JULIO.	AGOSTO.	SEPTIEMBRE.	OCTUBRE.	NOVIEMBRE.	DICIEMBRE.
SORGO.	UC	20.50	14.83	13.31								12.39	20.31
	Pe	0	0	0								0	0
	UC - Pe	20.50	14.83	13.31								12.39	20.31
	3,500 Ha.	Z	1	1	1							1	1
	V	7,175.000	5,190.500	4,658.500								4,336.500	7,108.500
AJONJOLI.	UC	7.84	15.47	19.56	13.39								
	Pe	0	0	0	4.62								
	3,500 Ha.	UC-Pe	7.84	15.47	19.56	8.77							
	Z	1	1	1	1								
	V	2,744.000	5,414.500	6,846.000	3,069.500								
SANDIA.	UC		7.00	11.87	11.95	11.35							
	Pe		0	0	0	4.62							
	875 Ha.	UC - Pe		7.00	11.87	11.95	6.73						
	Z		1	1	1	1							
	V		612.500	1,038.625	1,045.625	588.875							

		ENERO.	FEBRERO.	MARZO.	ABRIL.	MAYO.	JUNIO.	JULIO.	AGOSTO.	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE.	DICIEMBRE.
MANGO.	UC	7.07	8.53	12.14	15.51	18.71	18.73	17.49	16.30	13.86	11.36	8.91	6.78
	Pe	0	0	0	0	4.62	10.80	10.27	10.24	10.85	4.60	0	0
875 Ha.	UC - Pe	7.07	8.53	12.14	15.51	14.09	7.93	7.22	6.06	3.01	6.76	8.91	6.78
	Z	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	V	612.625	746.375	1,062.250	1,357.125	1,232.875	693.875	631.750	530.250	263.375	591.500	779.625	593.250
JITOMATE.	UC	5.84	9.38	16.20	15.38	13.11							
	Pe	0	0	0	0	4.62							
350 Ha.	UC - Pe	5.84	9.38	16.20	15.38	8.49							
	Z	1	1	1	1	1							
	V	204.400	328.300	567.000	538.300	297.150							
HORTALIZAS.	UC	6.42									9.26	11.88	10.41
	Pe	0									4.60	0	0
350 Ha.	UC - Pe	4.62									4.66	11.88	10.41
	Z	1									1	1	1
	V	224.700									163.100	415.800	364.350

		ENERO.	FEBRERO.	MARZO.	ABRIL.	MAYO.	JUNIO.	JULIO.	AGOSTO.	SEPTIEMBRE.	OCTUBRE.	NOVIEMBRE.	DICIEMBRE.
SORGO*	UC					10.04	16.61	16.90	12.60	8.4			
	Pe					4.62	10.80	10.27	10.24	10.85			
	2,450 Ha. UC - Pe					5.42	5.81	6.63	2.36	0			
	Z					1	1	1	1	1			
	V					1,327.900	1,423.450	1,624.350	578.200	0			
AJONJOLI*	UC							11.14	17.40	18.07		10.89	
	Pe							10.27	10.24	10.85		4.60	
	2,450 Ha. UC - Pe							0.87	7.16	7.22		6.29	
	Z							1	1	1		1	
	V							213.500	1,754.200	1,768.900		1,541.050	
JITOMATE*	UC							8.71	16.45	14.69		10.44	
	Pe							10.27	10.24	10.85		4.60	
	UC - Pe							0	6.22	3.84		5.84	
	Z							1	1	1		1	
	V							0	217.700	134.400		204.400	

		ENERO.	FEBRERO.	MARZO.	ABRIL.	MAYO.	JUNIO.	JULIO.	AGOSTO.	SEPTIEMBRE.	OCTUBRE.	NOVIEMBRE.	DICIEMBRE.
FRIJOL*	UC						9.99	15.22	11.98	6.97			
	Pe						10.80	10.27	10.24	10.85			
	1,750 Ha. UC - Pe						0	4.95	1.74	0			
	Z						1	1	1	1			
	V						0	866.250	304.500	0			
<hr/>													
ARROZ*	UC	18.97	18.30	16.98	12.70								14.70
	1,750 Ha. Pe	0	0	0	0								0
	UC - Pe	18.97	18.30	16.98	12.74								14.70
	Z	1	1	1	1								1
	V	3,319.750	3,202.500	2,971.500	2,229.500								
<hr/>													
MAIZ*	UC					10.48	14.19	17.32	15.99	12.09			
	Pe					4.62	10.80	10.27	10.24	10.85			
	UC - Pe					5.86	3.39	7.05	5.75	1.24			
	2,450 Ha. Z					1	1	1	1	1			
	V					1,435.700	830.550	1,727.250	1,408.750	303.800			

CULTIVO:	CONCEPTO:	ENERO.	FEBRERO.	MARZO.	ABRIL.	MAYO.	JUNIO.	JULIO.	AGOSTO.	SEPTIEMBRE.	OCTUBRE.	NOVIEMBRE.	DICIEMBRE.
HORTALI	UC					10.88	14.17	12.84	7.81				
ZAS ^o .	Pe					4.62	10.80	10.27	10.24				
350 Ha.	UC - Pe					6.26	3.37	2.57	0				
	Z					1	1	1	1				
	V					219.100	17.950	89.950	0				
TOTAL:		30,576.475	33,523.175	44,979.375	39,596.550	31,043.600	16,338.875	22,545.950	21,056.350	10,175.025	19,134.200	25,698.925	31,481.100

CUADRO 8.

VOLUMEN BRUTO TOTAL DE DERIVACION MENSUAL DE LAS DEMANDAS DE RIEGO.

MES:	VOLUMEN NETO EN 10^3 m^3	EFICIENCIA n.	VOLUMEN BRUTO EN 10^3 m^3
Ero.	30,576.475	62 %	49,316.895
Feb.	33,523.175	62 %	54,069.637
Mar.	44,979.375	62 %	72,547.379
Abr.	39,596.550	62 %	63,865.403
May.	31,043.600	62 %	50,070.322
Jun.	16,338.875	62 %	26,353.024
Jul.	22,545.950	62 %	36,364.475
Ago.	21,056.350	62 %	33,961.854
Sep.	10,175.025	62 %	16,411.330
Oct.	19,134.200	62 %	30,861.612
Nov.	25,698.925	62 %	41,449.879
Dic.	31,481.100	62 %	50,775.967
TOTAL: 326,149.600			526,047.777

CAPITULO IV

FUNCIONAMIENTO ANALITICO DE UN VASO.

4.1. *Objetivo.*

4.2. *La secuela del funcionamiento
del vaso.*

4.1. OBJETIVO.

El objeto del funcionamiento de un vaso es el de establecer relaciones óptimas entre el régimen de una corriente, las condiciones pluviométricas y de evaporación en la zona de estudio, la demanda, la capacidad del vaso, los volúmenes máximos aprovechables y las restricciones - deseadas por otra parte.

El análisis de un vaso de almacenamiento se basa en la suposición de que el ciclo hidrológico observado - hasta la fecha se repetirá en el futuro; por lo cual, se efectúa el estudio para un período observado en el pasado y que se considere representativo de lo que puede acontecer en el futuro.

Los datos de partida son: volúmenes mensuales es curridos, datos pluviométricos en forma de lámina de evaporación, menos precipitación mensual, características to pográficas del vaso (curvas, áreas-capacidades contra ele vación) y distribución de la demanda a lo largo del año.

Para una capacidad total de presa, contando con la información mencionada, se observa cuál es el comporta

miento del vaso durante el periodo de análisis, sujeto a las restricciones impuestas.

El proceso del funcionamiento del vaso es el siguiente: Con la diferencia entre el escurrimiento y la de manda, se obtiene un cambio parcial en el almacenamiento, el que es modificado por el factor evaporación, obtenido en función del área correspondiente al almacenamiento, re- sultando así el almacenamiento final; se observa además, - mes a mes, año a año y al final del periodo, la cantidad de agua que falta para satisfacer la demanda establecida; o bien, la cantidad de agua que se derrama o si no hay ex ceso ni defecto; por medio del cálculo de los porcentajes de déficit, de derrames, de evaporación, se comprueba con los límites fijados (déficit permisibles), si el vaso fun ciona correctamente; si algunas de las condiciones impues tas no se cumple, querrá decir que la extracción escogida debe desecharse y analizar una nueva demanda y ver el com portamiento del vaso, repitiendo este ciclo tantas veces como sea necesario, hasta llegar a la extracción máxima - que cumpla con las restricciones impuestas.

En el cálculo anterior se parte de una demanda - inicial y se analiza si cumple con las restricciones o no y se disminuye a aumenta al doble hasta llegar a una apro

ximación deseada.

Como resultado final, se obtiene la cantidad de agua que se puede extraer del vaso, para la capacidad su-puesta, haciendo los mismos análisis para diferentes capa-cidades totales.

4.2. LA SECUENCIA DEL FUNCIONAMIENTO DEL VASO ES - LA SIGUIENTE.

1. En las columnas 1 y 2 se anotan el año y el -
mes respectivo.

2. En la columna 3 se anota el volúmen inicial, -
en el primer mes del primer año, se supone, en los meses-
subsecuentes, se toma el volúmen sobrante del mes ante -
rior.

3. En la columna 4 se anotan las entradas regis-
tradas para cada mes.

4. La columna 5 se suman los volúmenes iniciales
y el que entró como resultado del escurrimiento.

5. Con el volúmen disponible se entra en la gráfica de las curvas Areas-Capacidades, tomando la curva de las capacidades, se pivotea hacia el eje de las abscisas, obteniendo la elevación en la cortina que alcanza ese volúmen, obteniendo la columna 6.

6. La obtención del área expuesta, columna 7, se entra con la elevación en la cortina y pivoteando en la curva de las áreas, se obtiene la superficie expuesta.

7. En la columna 8 se anotan los valores de la evaporación neta que se obtiene de multiplicar las observaciones brutas por el factor de corrección (.77).

8. Multiplicando el área por la evaporación se obtienen las pérdidas por evaporación del área inundada, columna 9.

9. En la columna 10 se anotan las demandas de riego mensuales, obtenidas con anterioridad.

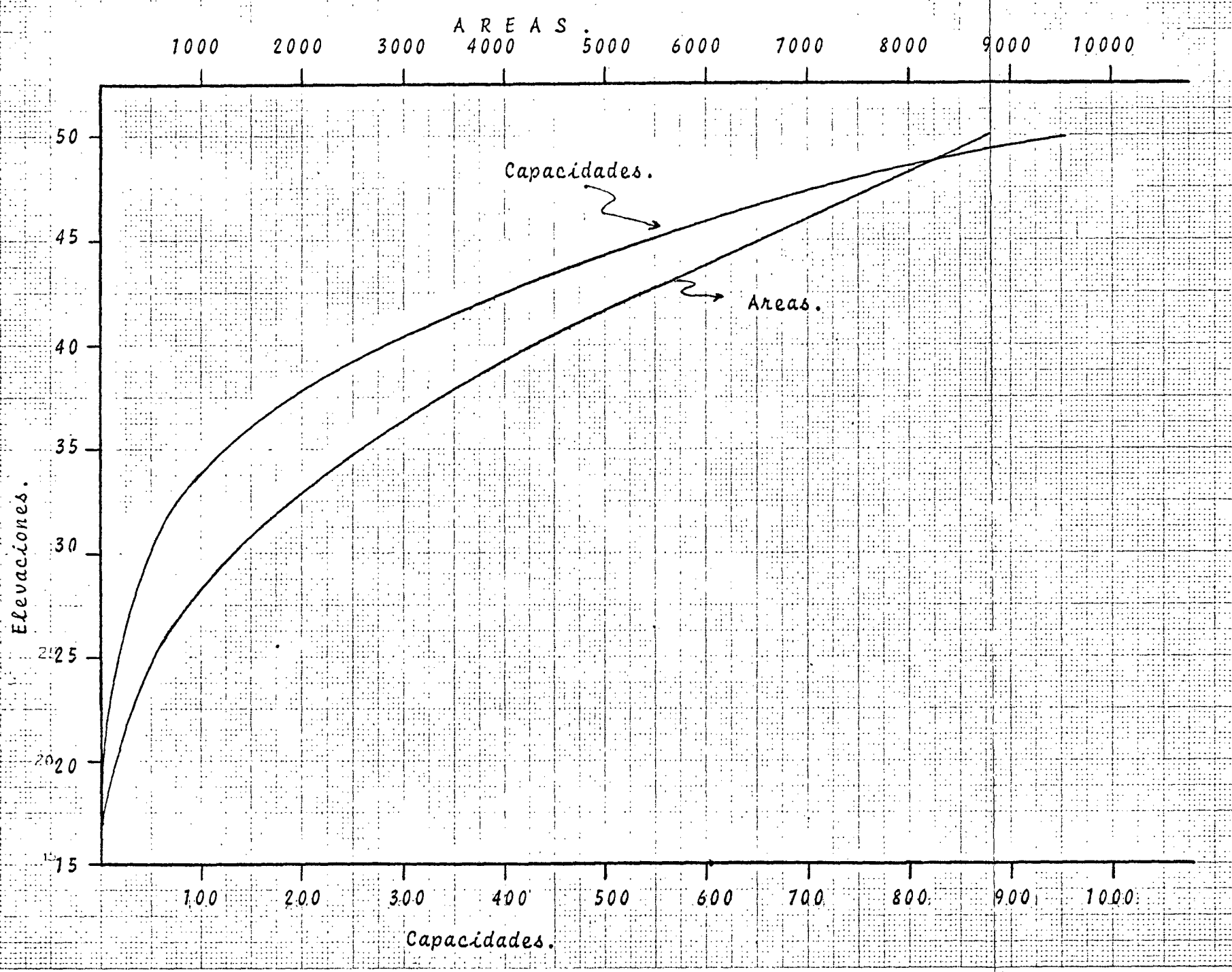
10. En la columna 11 se anotan las deficiencias que se tengan en caso de no cumplir con la demanda.

11. En la columna 12 se anotan los derrames que se ocasionan por la política de almacenamiento y previsión de la capacidad de control de avenidas. Para este caso, se tiene una capacidad de almacenamiento de 360 mm³, teniendo que derramar los volúmenes superiores a éste, a fin de controlar las grandes avenidas.

12. En la columna 13 se anotan los volúmenes sobrantes de cada mes, que en nuestro caso no podrán ser superiores de 360 millones de metros cúbicos.

Para el caso de la presa de Zanatepec. Se funcionó el vaso para 20 años, de 1957 a 1976 y se presentan los 2 primeros años en el Cuadro 9 y en el Cuadro 10 se presenta el resumen de los 20 años. Apreciándose en una forma cuantitativa los años en que no fueron cumplidas las demandas, así como los derrames totales que se presentaron en algunos años.

Como resultado del funcionamiento del vaso, podemos obtener los valores que nos permiten conocer la operación del vaso y con ello, poder determinar capacidad útil óptima, así como el establecimiento de las políticas deficitarias en base al Cuadro 11.



CUADRO 9.

FUNCIONAMIENTO ANALITICO DEL VASO

Año	Mes	Almacena- miento - inicial. (M m ³)	Entradas al vaso (M m ³)	Volumen Disponi- ble. (M m ³)	Eleva- ción. (M m ³)	Area ex- puesta. (mts)	Evapora- ción ne- ta obser- vada en (mm)	Evapora- ción -- real. (M m ³)	Deman- das de Riego. (M m ³)	Deficien- cias. (M m ³)	Derrame (M m ³)	Sobrante (M m ³)
1957	E	270.0	24.8	294.8	40.35	4430	147	.6	49.3	0	0	244.9
	F	244.9	13.5	258.4	39.50	4200	165	.7	54.1	0	0	203.6
	M	203.6	9.2	212.8	38.20	3615	173	.6	72.5	0	0	139.7
	A	139.7	2.5	142.2	35.80	2820	170	.5	63.9	0	0	77.8
	M	77.8	2.0	79.8	32.75	1980	163	.3	50.1	0	0	29.4
	J	29.4	36.5	65.9	31.75	1700	120	.2	26.3	0	0	39.4
	J	39.4	51.3	90.7	33.40	2150	130	.3	36.4	0	0	54.0
	A	54.0	36.7	90.7	33.40	2150	142	.3	34.0	0	0	56.4
	S	56.4	115.3	171.7	36.90	3145	109	.3	16.4	0	0	155.0
	O	155.0	50.3	205.3	38.00	3550	131	.5	30.9	0	0	173.9
	N	173.9	30.5	204.4	37.99	3548	136	.5	41.4	0	0	162.5
	D	162.5	26.4	188.9	37.50	3350	144	.5	50.8	0	0	137.6
			399					5.3	526.1			
1958	E	137.6	12.4	150.0	36.15	2900	167	.5	49.3	0	0	100.2
	F	100.2	2.8	103.0	34.00	2300	138	.3	54.1	0	0	48.6
	M	48.6	3.8	52.4	30.40	1400	182	.3	72.5	72.5	0	52.1
	A	52.1	2.3	54.4	30.50	1475	184	.2	63.9	63.9	0	54.1
	M	54.1	2.7	56.8	31.00	1550	170	.2	50.1	0	0	6.5
	J	6.5	17.5	24.0	26.50	725	110	.1	26.3	26.3	0	23.9
	J	23.9	14.2	38.1	26.70	1000	137	.1	36.4	0	0	1.6
	A	1.6	18.2	19.8	25.50	560	137	.1	34.0	34.0	0	19.7
	S	19.7	159.3	179.0	37.20	3250	102	.3	16.4	0	0	162.3
	O	162.3	134.4	296.7	40.40	4445	157	.7	30.9	0	0	265.1
	N	265.1	33.2	298.3	40.42	4448	136	.6	41.4	0	0	256.6
	D	256.6	14.9	271.5	39.78	4210	144	.6	50.8	0	0	220.1
			415.7					4.0	329.4	196.7		

M m³ = Millones de metros cúbicos.

CUADRO 10

RESUMEN DEL FUNCIONAMIENTO DEL VASO ZANATEPEC, OAX.

Año	Almacenamiento Inicial	Entradas	Sumas	Extracción	Evaporación	Derrames	Sobrantes
1957	270	399.0	669	526.1	5.3	0	137.6
1958	137.6	415.7	553.3	329.4	4.0	0	220.1
1959	220.1	586.8	806.9	476.0	5.0	18.9	307.0
1960	307.0	312.9	619.9	526.1	4.7	0	89.1
1961	89.1	875.0	964.1	339.6	4.0	308.7	311.8
1962	311.8	410.5	722.3	526.1	5.7	0	190.5
1963	190.5	753.4	943.9	476.0	5.2	152.6	310.1
1964	310.1	738.6	1048.7	526.1	6.8	191.7	324.1
1965	324.1	365.7	689.8	526.1	5.8	0	157.9
1966	157.9	310.5	468.4	412.1	3.0	0	53.3
1967	53.3	589.8	643.1	285.5	4.1	0	353.5
1968	353.5	521.7	875.2	526.1	7.2	6.8	335.1
1969	335.1	728.9	1064.0	526.1	6.8	185.9	345.2
1970	345.2	648.2	993.4	526.1	6.9	129	331.4
1971	331.4	439.4	770.8	526.1	6.1	0	238.6
1972	238.6	379.2	617.8	476.0	4.4	0	137.4
1973	137.4	429.4	566.8	403.5	3.8	0	159.5
1974	159.5	322.8	482.3	412.1	3.3	0	66.9
1975	66.9	734.7	801.6	462.2	4.4	6.6	328.4
1976	328.4	481.0	809.4	526.1	6.4	0	276.9
Suma Período		10,443.2		9333.4	102.9	1000.2	

CUADRO II.

 OPERACION ANALITICA DEL VASO DE LA PRESA
 " ZANATEPEC "

Deficiencia máxima mensual (Marzo)	72 500 m ³
Deficiencia máxima anual (1967)	240 600 m ³
Número de deficiencias	21
% de derrames en relación con el -- escurrimiento total.	9.57
% de evaporación con respecto al -- escurrimiento total.	0.98
% de aprovechamiento con respecto -- al escurrimiento total.	89.37
Capacidad útil asignada.	360 x 10 ⁶ m ³
Capacidad de azolves.	10 x 10 ⁶ m ³
Area beneficiada bruta.	46 550 Has.

CAPITULO V

CONTROL DE AVENIDAS.

- 5.1. *Infraestructura hidráulica.*
- 5.2. *Objetivo.*
- 5.3. *Métodos de control.*
- 5.4. *Obras.*
 - 5.4.1. *Diques o muros de pro-tección.*
 - 5.4.2. *Cauces de alivio.*
 - 5.4.3. *Bordos longitudinales.*
 - 5.4.4. *Presas.*
- 5.5. *Estructuras de control.*

5.1. INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA.

La Hidráulica Fluvial estudia los procedimientos para reducir los daños que las avenidas producen en los terrenos ribereños, ya sea por erosión o por inundación.

Para reducir las inundaciones, puede ser conveniente limitar los picos, estableciendo vasos reguladores aguas arriba o aumentar la capacidad del cauce. Esto último se puede hacer excavando un cauce artificial de mayores dimensiones que los naturales, o bien, sea reduciendo las pérdidas de carga longitudinales, rectificando el cauce, cortando curvas pronunciadas, reduciendo la vegetación, revistiendo parcial o totalmente las paredes.

Para evitar la inundación de los terrenos contiguos a los ríos, se acompañan los cauces por diques de gran longitud, que aumentan la profundidad de los cauces naturales y evitan el desbordamiento, debiéndose en este caso, disponer de cauces paralelos a los diques para dar salida a las aguas de las zonas antes inundables y a las filtraciones a través de los diques.

Otras veces se construyen muros o espigones de de-

fensa, escolleras o gaviones, que se destinan a evitar la erosión en las márgenes del río.

Debe considerarse en todo caso si la construcción de estas obras puede ocasionar daños por erosión en otras zonas no protegidas.

5.2. OBJETIVO.

El objetivo del control de avenidas, es minimizar los daños tangibles o intangibles causados por las avenidas, así como la pérdida de vidas humanas.

Las grandes avenidas tienen frecuencias muy bajas; esto hace que física y económicamente sea imposible dar toda la protección. De allí que los daños son aminorados, pero no eliminados.

5.3. METODOS DE CONTROL.

Algunos de los métodos de control de avenidas, son

- Incrementando la capacidad hidráulica.
- Rectificación del cauce.

- Diques.

Todas estas técnicas son buenas a corto plazo, pero requieren de un mantenimiento continuo generalmente costoso, pues los ríos aluviales tienden a su condición de equilibrio.

El encauzamiento de un río tiene dos objetivos fundamentales:

1. Prevenir la erosión de los taludes.
2. Mejorar la capacidad de descarga.

Protección contra la erosión, puede ser:

1. Vegetación en los taludes.
2. Enrocamiento (cuando hay piedra en abundancia).
3. Carros usados.

5.4. OBRAS.

Obras de defensa para control de avenidas:

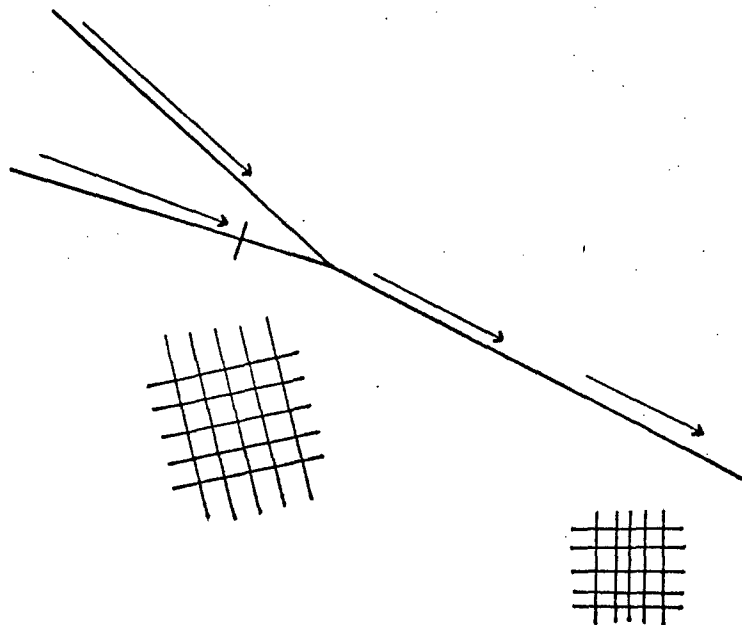
- Diques o muros de protección.

- Cauces de alivio.
- Bordos longitudinales.
- Presas.

5.4.1. DIQUES O MUROS DE PROTECCION.

Es el más común y más caro de los medios de protección contra avenidas. Dan una completa protección para determinadas avenidas, pero cuando se presenta una que sobrepasa el nivel de los diques, el peligro que se crea es mayor que el esperado en ausencia de obra y siempre hay la posibilidad de que sea rebasado.

Un problema serio es: ¿Qué frecuencia de avenida de diseño se va a aceptar? Un criterio sería hacer una obra para tal avenida y aceptar el riesgo de los mayores.



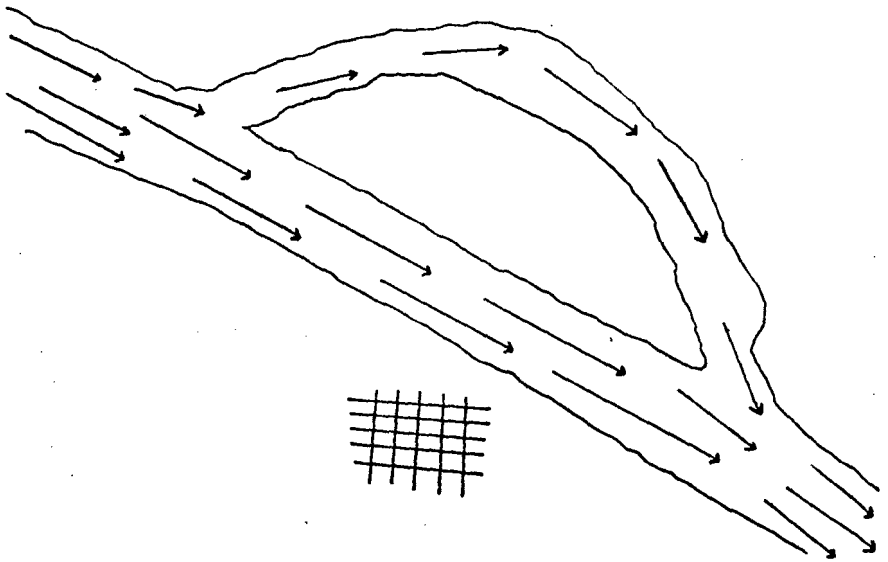
Tiene la ventaja de no alterar el hidrograma original. Pero se tiene el problema que el agua de lluvia no tiene salida.

5.4.2. CAUCES DE ALIVIO.

Los cauces de alivio son diseñados para trabajar sólo en épocas de avenidas. Generalmente son construidos-

paralelos a los cauces principales.

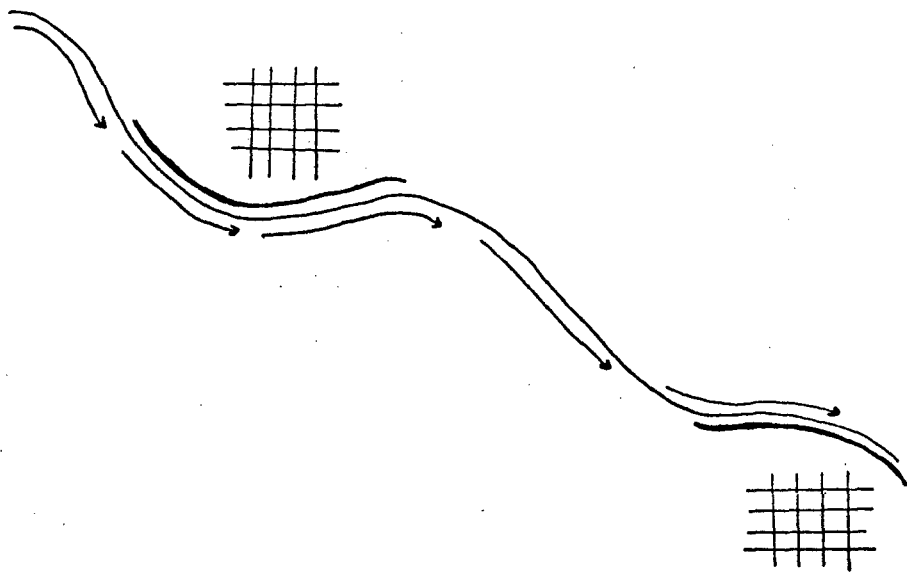
Al presentarse una creciente, una parte es conducida por la corriente principal y la otra por el cauce de alivio, buscando que se reduzcan los picos que ocasionan los daños.



Cuando el cauce de alivio se separa del cauce prin

cipal, se puede poner una estructura que puede ser controlada o no; éste es más caro, en comparación con un cauce de alivio paralelo al cauce.

5.4.3. BORDOS LONGITUDINALES.

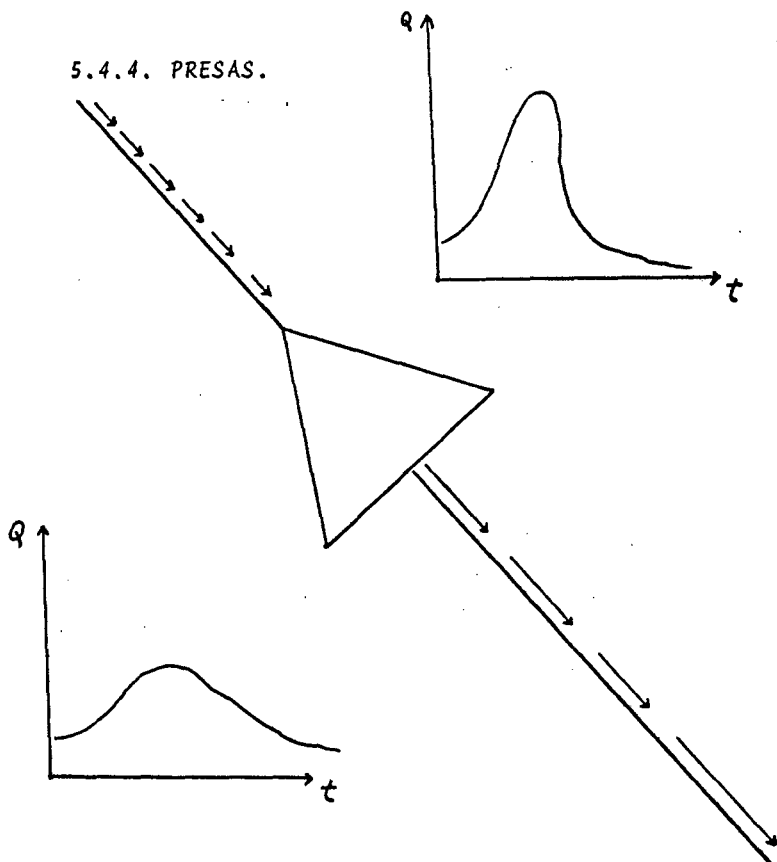


Es un problema bastante serio, ya que el mismo en-

realidad se va pasando y se debe cuidar que el proteger - un punto no cambien las condiciones aguas abajo (hidrogr \underline{m} a).

Por medio de un tránsito de avenidas, podemos de - terminar la separación de los bordos. Tienen el inconve - niente de ser muy caros.

5.4.4. PRESAS.



Las presas para control de avenidas pueden ser de propósitos simples, en cuyo caso, permanecer vacías en épocas de estiaje, lo más sensato es que sea de propósitos múltiples, donde permanecerá parcialmente llena, dejando un volumen disponible para control de avenidas.

Existe una dificultad con los volúmenes destinados a control de avenidas, es que puede obtenerse una relación Beneficio-Costo mayor con fines de riego por ejemplo. La justificación de destinar un volumen a control de avenidas, es por los beneficios intangibles al proteger la vida humana.

La solución en cada caso particular depende de la disponibilidad física del sitio de almacenaje y de un estudio económico. Tiene la desventaja del alto costo inicial y en realidad, es una solución parcial, ya que el pico del Hidrograma es el causante de los daños, no el volumen.

5.5. ESTRUCTURAS DE CONTROL.

Las dos funciones principales de una estructura de control en un río son:

- a). Incrementar el nivel del agua en el canal de desvío.
- b). Descargar los gastos de avenida con seguridad para la estructura.

Una estructura de control simple está constituida por un vertedor, que tenga la capacidad suficiente para descargar los gastos de avenida.

Por otra parte, tales estructuras requieren de un constante control, ya sea automático o manual.

Las compuertas tienen algunas ventajas más sobre los simples vertedores, tales como ofrecer una mayor flexibilidad en el control de sedimentos y el control de almacenamiento aguas arriba, que resulta útil para el caso de plantas de potencia, lo cual también es posible mediante vertedores, pero con menor flexibilidad.

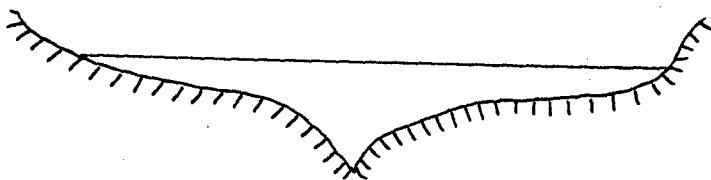
Tanto los vertedores como las compuertas, deben diseñarse de una forma adecuada, para evitar derrumbes, deslizamientos y subpresiones excesivas.

El material situado en la cimentación de vertedo -

res a compuertas, tiene un papel menos importante en la selección del lugar para la construcción de los mismos.

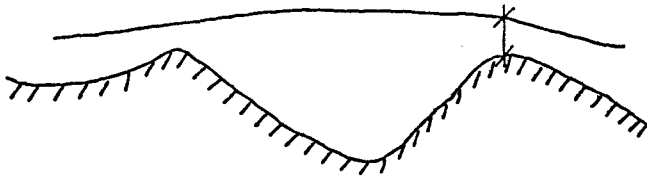
La filtración de aguas bajo estas estructuras de control, tiene importancia por la subpresión que se origina en la base de las mismas y la licuación del material - aguas abajo, ocasionado por altos gradientes hidráulicos.

En ríos de llanura, es frecuente que el cauce ma - yor ocupado por las avenidas sea mucho mayor que el cauce ordinario, ocasionando que en época de crecimientos se desborde el río inundando extensas zonas de tierras culti - vadas.



En este caso debido a la poca profundidad del agua

en la zona del cauce mayor, el agua circula a poca velocidad, contribuyendo poco en conducir caudales de inundación, reteniendo en cambio las zonas circundantes grandes volúmenes de agua, por lo que los desbordamientos contribuyen a reducir notablemente los picos de las avenidas.



Para el diseño de estas obras se requiere de conocer el hidrograma, las características del cauce para con ello poder establecer un tránsito de avenidas.

Un tránsito de avenidas nos sirve para conocer el comportamiento del hidrograma que entra en una sección, del cauce o canal y como es el hidrograma de salida de esa sección, lo que nos da un gasto máximo, o sea, el pico del hidrograma. Con este dato y siguiendo característi

cas topográficas, se diseña la obra considerando un 20 % más del valor del gasto; así pues, el tránsito de avenidas no es más que considerar que el pico del hidrograma será más bajo en una sección de salida, debido a las características del cauce; esto puede hacerse para varias secciones, a fin de conocer y localizar los sitios factibles para la construcción de la o las obras.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES
y
RECOMENDACIONES.

Las diferentes áreas de la ingeniería nos llevan a concebir estudios que nos permiten desarrollar o implementar proyectos, a fin de tener más cerca los objetivos y metas que se fijan en estos proyectos; en este caso, podemos considerar este proyecto como atributo a uno de los que más importancia tienen para el país, que es el de incorporar cinco millones de hectáreas al sistema de riego para 1980, según el Plan Nacional Hidráulico de 1975 y dado que el potencial de los recursos, tanto hidráulico como tierra, se encuentran en desajuste de distribución en el país, ya que en el Sureste nos encontramos con alta disponibilidad de agua, mientras que en el Norte del país se encuentran tierras de gran potencial agrícola, con escala disponibilidad de agua. Aunado a ello, la experiencia que se tiene en desarrollar las zonas áridas y desconociendo el comportamiento de las grandes áreas tropicales, nos es imprescindible de EXPERIMENTAR en zonas pequeñas, pero representativas; es por ello que las siguientes conclusiones del análisis Hidro-Agrícola de la PRESA ZANA TEPEC. OAX., son más de tipo técnico y analítico al estudio que se presentó originalmente, que está modificado por el presente análisis, con el fin de dar una idea más clara del punto de vista agrícola.

LAS CONCLUSIONES MAS IMPORTANTES SON:

- PRIMERA. Los diferentes métodos para el cálculo de los coeficientes de riego existentes actualmente, así como los utilizados para el cálculo de la evaporación, deben considerarse en dos formas: por la accesibilidad a los datos para trabajarlos, así como las condiciones del lugar.
- SEGUNDA. En el estudio de las demandas agrícolas, los coeficientes globales y de desarrollo de los cultivos, es importante calcularlos por las dos formas y más especialmente el coeficiente de desarrollo, a fin de que las demandas de riego sean más reales.
- TERCERA. El apego al cálculo de los requerimientos de las demandas de agua mensual, se hizo siguiendo el procedimiento del estudio original, dado que no se dispuso de los datos para calcular en base a número de riegos, intervalos de riegos, tiempo de riego; sin embargo, tratando de mediar esta falta de datos, se presenta un cálculo de la precipitación efectiva.

CUARTA. Los criterios y operación de la presa serán basados en los funcionamientos del vaso y dado que aquí es donde se analiza en forma analítica, tanto la oferta como la demanda de agua, para lograr una mejor optimización de los recursos, agua y tierra.

QUINTA. Mediante las políticas operacionales podemos trabajar con mejores índices de seguridad en el control de avenidas, ya que el propósito lo exige en la protección de bienes, tanto tangibles como intangibles.

Como recomendaciones al proyecto, estarían:

- I. Selección de cultivos especializados.
- II. Agregados de materia orgánica en general.
- III. Láminas de riego bien calculadas.
- IV. Rotación de cultivos.
- V. Empleo de fertilizantes químicos.
- VI. Construcción de drenes, desagües y selección de cultivos resistentes a condiciones de mal drenaje.
- VII. Obras de conservación, tales como represas, bor-

dos.

VIII. Diversificación de cultivos frutícolas.

IX. Aumentar la capacidad útil.

Ya que problemas técnicos pueden ser resueltos, el problema que en la actualidad tiene gran dificultad por la implementación de estos proyectos, son los de carácter social, que deben ser tratados con tacto y sentido de responsabilidad; ya que en la actualidad, se tienen problemas con proyectos como "CERRO DE ORO", en el que los sistemas impositivos y de decisión política, no permiten que grandes proyectos se puedan operar, dado los problemas que se presentan, tales como: Afectación de tierras, tanto en tipo ejidal como pequeñas propiedades, el reacomodo de los afectados en el área de inundación, los sistemas impositivos de producción. Dentro de esta recomendación, cabe señalar que lo importante es la aceptación o rechazo de la obra por parte de las personas a las que se desee mejorar con estos proyectos o programas.

CAPITULO VII

R E S U M E N .

En este trabajo se analiza el proyecto de la presa "ZANATEPEC. OAX.", desde un punto de vista Agro-Analítico ya que en su etapa de estudio se calcularon demandas de agua para riego en cantidades muy bajas; lo que nos llevó a calcular estas demandas en una forma más analítica, en la que se relacionaran tanto a las condiciones climáticas como las características de los cultivos, obteniendo como resultado nuevos volúmenes de agua para la irrigación.

El patrón de cultivos que se considera es el mismo que tradicionalmente se ha trabajado en el área; por lo que se deduce que éste cambiará en el futuro al implementarse la infraestructura requerida.

En el apartado del funcionamiento del vaso, se trata de ilustrar la manera en que se opera una presa, independientemente de su aprovechamiento, en base a las cantidades de oferta de agua que se tenga, así como la necesidad de agua que se demande; no olvidándonos de funcionar con ciertas políticas operacionales establecidas, que nos dan los alcances en eficiencia y que garantiza la recuperación de la inversión.

En el apartado de Control de Avenidas, se trata de

mostrar cómo las obras de infraestructura hidráulica están ligadas a proporcionar servicios múltiples; en este caso, sólo se trata de irrigación y control de avenidas, pero en otras presas encontramos que proporcionan servicios como agua potable, energía eléctrica, recreación, navegación, riego, acuacultura, etc. Siendo la irrigación, la generación de energía eléctrica y el control de avenidas los que más comúnmente nos encontramos en nuestro país.

B I B L I O G R A F I A .

"INGENIERIA DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS".

Ray K. Linsley y Joseph B. Franzini.

1978. C.E.C.S.A. 9a. Edición.

"EL RIEGO: DISEÑO Y PRACTICA".

Bruce Withers/Stanley Vipond.

1978. Diana.

"INTRODUCCION A LA TEORIA DE LA OPERACION DE DISTRITOS Y SISTEMAS DE RIEGO".

Enrique Palacios Avilés.

1977. Chapingo, Méx.

"HIDROLOGIA PARA INGENIEROS".

Linsley, Kohler, Paulus.

1977, Mc Graw-Hill. 2a. Edición.

"INGENIERIA DE SISTEMAS EN RECURSOS HIDRAULICOS".

Warren A. Hall y John Dracup.

1974. C.E.C.S.A.

"HIDROLOGIA".

Rolando Springall G.

1970. INSTITUTO DE INGENIERIA. UNAM.

"ESTUDIO HIDROLOGICO DEL RIO EL TUNAL. DGO.".

Tesis 1975. I.P.N. E.S.I.A.

Arduengo Arreola Guillermo.

"ESTUDIO HIDROLOGICO DEL RIO FLORIDO. DGO.".

Tesis 1974. I.P.N. E.S.I.A.

Alquisirís Palacios Felipe.

"CALCULO DE LOS USOS CONSUNTIVOS DE LOS CULTIVOS EN LOS -
DISTritos DE RIEGO DEL PAIS".

Departamento de Irrigación.

Chapingo, Méx.

"TABLAS PARA EL CALCULO DEL USO CONSUNTIVO DEL AGUA Y LA-
MINAS DE RIEGO".

Departamento de Irrigación.

Chapingo, Méx.

"DETERMINACION PRACTICA DEL USO CONSUNTIVO".

Memorandum Técnico No. 231. 1976. S.R.H.

"PEQUEÑOS ALMACENAMIENTOS".

Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1973.

"PLAN NACIONAL HIDRAULICO, 1975".

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Comisión del Plan Nacional Hidráulico.

NOTAS Y APUNTES DE LAS MATERIAS HIDROLOGIA, APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS E HIDROLOGIA SUBTERRANEA, DEL CURSO "PLANEACION Y ADMINISTRACION DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS".

1977-1978. I.P.N. U.P.I.I.C.S.A. S.E.G.I.

México, D.F.

GUIAS DE TABLAS Y CUADROS.

PAGINA:

- TABLA 3.1.- Valores de la Expresión $(\frac{t + 17.8}{21.8})$ en relación con temperaturas medias en ° C, para usarse en la fórmula de Blaney y Criddle. 47
- TABLA 3.2.- Tabla de Porcentajes de Horas luz o insolación en el día, para cada mes del año, en relación al número total en un año (P). 48
- TABLA 3.3.- Coeficientes Globales de evaporación y transpiración estacional (Kg). 50
- TABLA 3.4.- Valores de la expresión: $K_t (\frac{t + 17.8}{21.8})$ en relación con las temperaturas medias en °C para usarse en la fórmula de Blaney y Criddle. 60
- TABLA 3.5.- Coeficiente de Desarrollo Kc para uso en el cálculo de Uso Consumtivo. 61

TABLA 3.6.- Coeficiente de desarrollo Kc para uso en el cálculo de usos <u>consuntivos</u> en cultivos perennes.	61-A
ANEXO No. 1.	62
TABLA 3.7.- Coeficientes de lluvia efectiva - según Blaney y Criddle.	74
CUADRO No. 1. Programa de cultivos, <u>distribución</u> y calendario propuesto.	53
CUADRO No. 2. Factores de Uso <u>Consuntivo</u> Mensual.	54
CUADRO No. 3. Usos <u>Consuntivos</u> conforme al Programa y Calendario de los cultivos.	57
CUADRO No. 4. Valores de Usos <u>Consuntivos</u> mensuales conforme al Programa y Calendario de los cultivos.	70
CUADRO No. 5. <u>Precipitación</u> en la Estación -	

<i>Ostuta, Oax. en mm.</i>	77
CUADRO No. 6.- <i>Area en Has. y (%)</i> .	80
CUADRO No. 7.- <i>Volúmen Neto de las demandas mensuales de riego.</i>	81
CUADRO No. 8.- <i>Volúmen Bruto Total de derivación mensual de las demandas de riego.</i>	87
CUADRO No. 9.- <i>Funcionamiento Analítico del Vaso.</i>	95
CUADRO No. 10.- <i>Resumen del Funcionamiento del Vaso, Zanatepec, Oax.</i>	96
CUADRO No. 11.- <i>Operación Analítica del Vaso de la Presa Zanatepec.</i>	97