



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
ARAGON - U.N.A.M.

INGENIERIA CIVIL



ARAGON

ANALISIS HIDROLOGICO DEL PROYECTO DE RIEGO
HULES - CALABOZO, VERACRUZ.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
José Oscar Contreras Llamas

San Juan de Aragón

Edo, de Méx. 1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Civ 26
Sgt 29475



UNITED STATES POSTAL SERVICE
FIRST CLASS

POSTAGE WILL BE PAID BY ADDRESSEE
FIRST CLASS PERMIT NO. 1000 NEW YORK, N.Y.

Post Office Box 1000 New York, N.Y.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCIÓN

JOSE OSCAR CONTRERAS LLAMAS
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 12 de mayo del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. JUVENAL CARBALLIDO CH. pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado "ANALISIS HIDROLOGICO DEL PROYECTO DE RIEGO HULES-CALABOZO, VERACRUZ", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterar a usted las bondades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., junio 24 de 1982.
EL DIRECTOR

LIC. SERGIO ROSAS ROMERO

c.c.p. Coordinación de Ingeniería.
Unidad Académica.
Departamento de Servicios Escolares.
Director de Tesis.

A mi madre....

AGRADECIMIENTOS

Con todo mi cariño:

A mis padres y hermanos que en todos los momentos de estudio me motivaron en todos los aspectos para concluir esta etapa de mi educación.

Con especial atención:

Al Ing. Juvenal Carbadillo Chavelas quien con sus conocimientos me brindó el apoyo necesario para elaborar este trabajo fungiendo como director de tesis.

Al Ing. F. Javier Ramírez Esquivel - quien sin ningún interés me proporcionó gran parte de la información que está incluida en este trabajo, además de realizar una revisión del trabajo, y hacer las correcciones que creyó pertinentes.

A todos mis profesores que en la duración de la carrera - establecieron una atmósfera de compañerismo al mismo tiempo que de aprendizaje.

A la Escuela Nacional de Estudios
Profesionales "ARAGON" y la Uni
versidad Nacional Autónoma de -
México por haberme permitido --
cursar mis estudios.

Al personal que labora en el Depar
tamento de Estudios Preliminares
dependiente de la S.A.R.H. por -
la cooperación que me prestaron
para la realización del presente
trabajo.

Con especial agradecimiento a la Sra.
Olga Vargas Hernández por su amabi-
lidad en la elaboración de toda la
mecanografía del presente trabajo.

A todos y por todo lo que me ayudaron muchas gracias.....

I N D I C E

CAPITULO		PAGINA
I	INTRODUCCION	
II	INFORMACION DISPONIBLE	
	2.1 Ubicación.....	7
	2.2 Hidrografia.....	7
	2.3 Climatologia.....	10
	2.4 Hidrometría.....	12
	2.5 Estudios Básicos.....	19
III	DETERMINACION DE LOS RECURSOS DISPONIBLES	
	3.1 Clima.....	23
	3.2 Evaporaciones Netas.....	45
	3.3 Entradas a los Vasos.....	45
	3.4 Capacidad para Azolves y Acarreo de Fondo.....	50
	3.5 Análisis de la Situación Actual.....	54
IV	DEMANDAS DE RIEGO	
	4.1 Objetivo.....	56
	4.2 Cédula de Cultivos.....	57
	4.3 Uso Consuntivo.....	57
	4.4 Demandas de Riego.....	63
	4.5 Patrón de Cultivos.....	73
V	SIMULACION DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS VASOS	
	5.1 Balance Agua-Suelo.....	83
	5.2 Funcionamiento de los Vasos.....	84
	5.3 Simulación de Alternativas.....	92
VI	DETERMINACION DE LAS AVENIDAS DE DISEÑO	
	6.1 Generalidades.....	98
	6.2 Avenida de Diseño para la Obra de Desvío.....	103

CAPITULO		PAGINA
6.3	Avenida de Diseño para la Obra de Excedencias.....	107
6.4	Tránsito de la Creciente Máxima Probable.....	108
VII	PRESUPUESTO DE LA OBRA	
7.1	Concepción General.....	111
7.2	Precios Índice.....	113
7.3	Antepresupuesto.....	114
VIII	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
	APENDICES.....	120
	BIBLIOGRAFIA.....	138

CAPITULO I
INTRODUCCION

Para entender la importancia de la realización de los Estudios Hidrológicos, es necesario comprender el significado de Hidrología, ciencia que según R. K. Linsley *

"Versa sobre el agua de la tierra, su existencia y distribución, sus propiedades físicas y químicas y su influencia sobre el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos"

En sí la Hidrología es utilizada en ingeniería principalmente en relación con el diseño y ejecución de estructuras hidráulicas. ¿Qué caudales máximos pueden esperarse en un vertedor, en una alcantarilla de carretera o en un sistema de drenaje urbano?. ¿Qué capacidad de embalse se requiere para asegurar el suministro adecuado de agua para irrigación o consumo municipal durante las sequías?. ¿Qué efecto producen los embalses, diques y otras obras de control sobre las avenidas de las corrientes?. Estas son las preguntas típicas que se espera resolver por medio del análisis hidrológico.

* Las referencias se encuentran al final de este trabajo.

Disponer de datos básicos adecuados es esencial en todas las ciencias y la Hidrología no es una excepción. De hecho, las características complejas de los procesos naturales que tienen relación con los fenómenos hidrológicos hacen difícil el tratamiento de muchos de éstos mediante un razonamiento deductivo riguroso. No siempre es posible partir de una ley básica y determinar con base en ésta el resultado hidrológico que se espera. En su lugar, es necesario partir de un conjunto de hechos observados, analizarlos, y con este análisis establecer las normas sistemáticas que gobiernan tales hechos. Así, el hidrólogo se encuentra en una difícil posición cuando no cuenta con los datos históricos adecuados para el área particular del problema.

Los problemas típicos de hidrología implican el cálculo de eventos extremos que no se observan en una muestra de datos de corta duración, definir las características hidrológicas en lugares donde no se han llevado a cabo la recolección de información (tales lugares son mucho más numerosos que aquéllos donde se dispone de datos) o estimar los efectos de la acción humana sobre las características hidrológicas de un área. Generalmente, cada problema hidrológico es único en cuanto trata con un conjunto diferente de condiciones físicas dentro de una cuenca hidrográfica específica. Por tanto, las condiciones cuantitativas de un análisis no son siempre transferibles a otros problemas. Sin embargo, la solución general a la mayoría de los problemas puede - - - -

desarrollarse a partir de la aplicación de unos pocos conceptos básicos.

Los estudios hidrológicos nacieron por la necesidad de dar una respuesta a las preguntas anteriormente formuladas. Al igual que la mayoría de las actividades de ingeniería, la Hidrología requiere de la cooperación y auxilio de otras ciencias, tales como la Geología, Topografía, Agrología y todas las ciencias - que de alguna manera se relacionan con el medio ambiente.

En cuanto al nacimiento y desarrollo de la hidráulica podemos pensar que quizá algún hombre prehistórico descubrió que una pila de rocas colocada sobre una corriente elevaba el nivel del agua lo suficiente para inundar la tierra, que era la fuente de su alimentación de plantas silvestres, y en esa forma suministraba agua durante una sequía.

Sea cual fuese la historia primitiva de la hidráulica, existe abundante evidencia para demostrar que los constructores comprendían poco la hidrología. Documentos escritos por los antiguos griegos y romanos indican que éstos aceptaban que los océanos fuesen la fuente final de toda el agua, pero no podían imaginar que la cantidad de precipitación es igual o mayor que la cantidad de escurrimiento. Típico de las ideas de la época era la concepción de que el agua de los océanos se movía subterráneamente

hasta la base de las montañas. Ahí se desalinizaba en forma natural y ascendía en forma de vapor a través de conductos hasta la cumbre de las montañas donde se condensaba y escapaba al nacimiento de las corrientes.

Marcos Vitruvio Pollio (100 A.C., aprox.) parece haber sido el primero en reconocer el papel que juega la precipitación en el ciclo hidrológico, tal como lo aceptamos en la actualidad. Leonardo da Vinci (1452-1519) fue el siguiente en sugerir -- una concepción moderna del ciclo hidrológico, pero sólo Pierre -- Ferrault (1608-1680) comparó medidas de lluvia con la descarga estimada del río Sena, demostrando que el escurrimiento era casi la sexta parte de la precipitación. El astrónomo inglés Halley -- (1656-1742) midió la precipitación con un pequeño recipiente y estimó la evaporación del mar Mediterráneo a partir de esos datos. Sin embargo, el concepto del ciclo hidrológico fue puesto en duda por algunas personas hasta 1921.

La precipitación fue medida en la India desde el -- siglo IV A.C., pero el desarrollo de métodos adecuados para la medida del escurrimiento es muy posterior. Frontino, quien fue comiisionado hidráulico de Roma en el año 97 de nuestra era, basó los -- estimativos de flujo en el área de secciones transversales sin tener en consideración la velocidad de éste.

Pero fué por el siglo XVIII cuando se llevó a cabo el primer intento de aplicación organizado de la ingeniería, aunque los diseños se basaron principalmente en reglas prácticas derivadas de la experiencia y ajustadas en factores y coeficientes de seguridad sin norma alguna. A partir de entonces la utilización de las teorías hidrológicas ha aumentado rápidamente hasta la actualidad. Se debe de considerar que las reglas prácticas no deben de eliminarse de la técnica de la ingeniería, porque ésta todavía tiene muchas facetas incomprensibles y las soluciones teóricas no se consideran factibles, porque parece existir una discrepancia entre la investigación y la aplicación de los resultados de la misma. Muchas de las soluciones y respuestas a los problemas profesionales se encuentran disponibles solamente en los registros de laboratorio, que todavía no han sido empleados ampliamente por parte de la gente que se dedica en la práctica a efectuar los trabajos, lo que contribuye a su atraso.

En conclusión, se hace palpable la necesidad de contar con toda la información hidrológica procesada que pueda requerirse para la creación de las obras hidráulicas necesarias.

Tomando en consideración lo anterior, la finalidad del presente trabajo es dar a conocer los parámetros hidrológicos que pueden aplicarse para la realización de las obras hidráulicas que satisfagan las necesidades, dentro del objetivo que se - - - -

plantea.

A continuación se describen los conceptos generales que, en mayor o menor grado, influyen en la realización del presente estudio y la obtención de los referidos parámetros, mismas que permitirán dimensionar las estructuras.

Finalmente se determina el costo que se obtendría de llevarse a cabo las obras propuestas.

CAPITULO II

INFORMACION DISPONIBLE

2.1 Ubicación

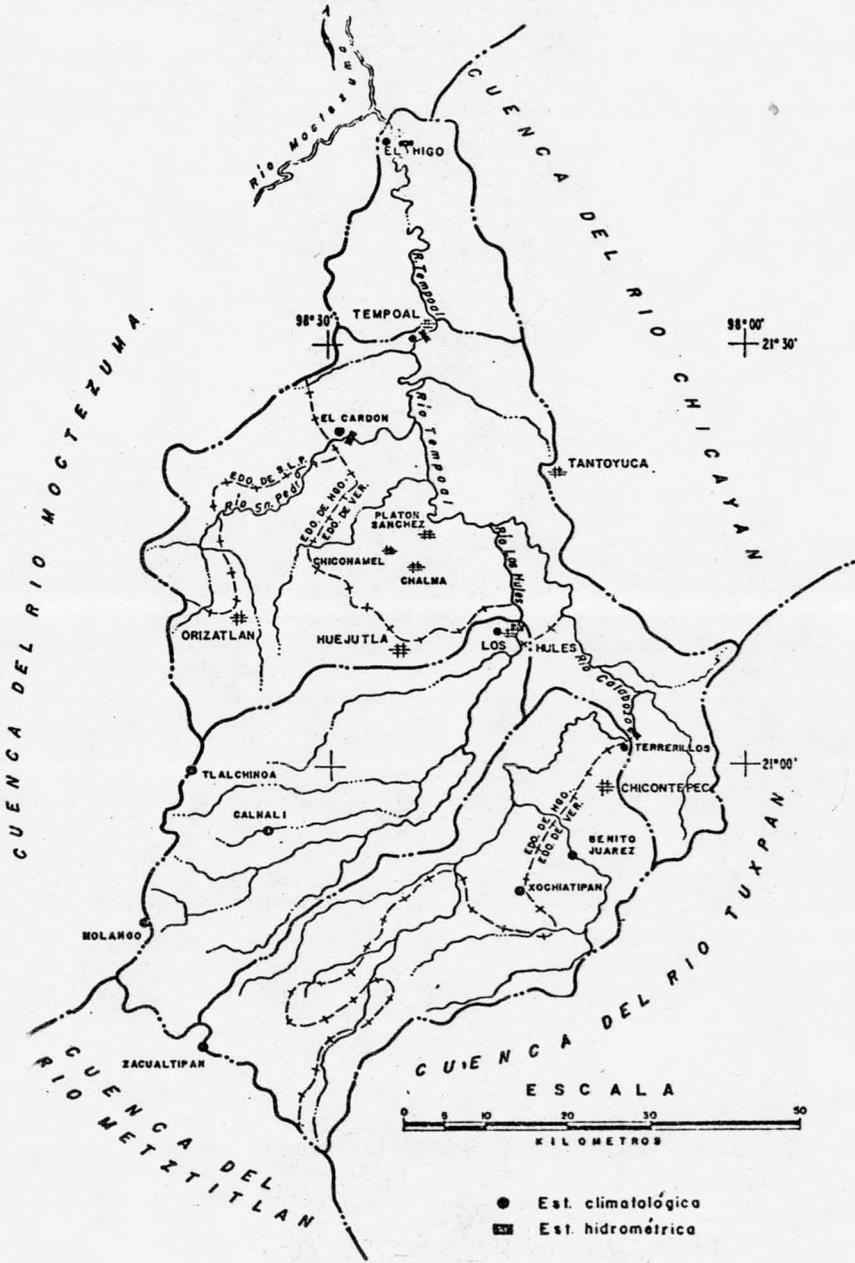
Tal como se mencionó en el capítulo anterior; el presente trabajo tiene como fin formular el análisis hidrológico para una presa que se destinaría al riego de unas 31 000 Ha de terrenos aptos para la agricultura, localizadas al noroeste del Estado de Veracruz y noreste de Hidalgo, hacia ambas márgenes de los ríos Tempoal, Hules y Calabozo, así como del arroyo Camaitlán, afluente derecho de éste último.

La zona de estudio se halla comprendida en la denominada parte media de la cuenca del río Pánuco, y limita al norte con el parteaguas del río Moctezuma; al este con el del arroyo Tamozus; al oeste con estribaciones de la Sierra Madre Oriental; al sur con las Lomas de Coyolar y la Sierra de Limontitla; y al suroeste con las cumbres de Tlacolula y la Mesa de Santa Lucía; la región puede verse en el croquis (2.1.1).

2.2 Hidrografía

Para satisfacer las necesidades de riego, se - - -

CROQUIS (2.1.1)
 CUENCAS DE LOS RIOS HULES Y CALABOZO



estudiará el comportamiento del escurrimiento de los ríos Calabozo, Los Hules y el del arroyo Camaitlán.

El río Calabozo tiene sus orígenes a unos - - - - 2 000 m.s.n.m, cerca del poblado de Huayacocotla, Ver., conociéndose en esta zona como río Hormiguero; inicialmente, sigue la dirección noreste por 80 Km. aproximadamente hasta la estación hidrométrica Terrerillos. En éste tramo, el río cambia dos veces de nombre, primero al de río Chahuatlán y después al de río Encinal. A partir de la estación mencionada, el río, cambia de rumbo al noroeste y su nombre por el de río Calabozo, mismo que conserva por unos 50 Km hasta recibir por su margen izquierda las aportaciones del río Los Hules.

El río Los Hules nace en las cercanías de Zacualtipan, Hgo., a unos 2 300.00 m.s.n.m. con el nombre de Arroyo de Malita recorriendo aproximadamente 30 Km, primero al norte y después al este y ahí cambiar de nombre por el de río Chinameca y de rumbo al noreste; después de recorrer unos 20 Km, recibe por la margen izquierda las aportaciones del arroyo Ocotitla, y unos 5 Km adelante, por la misma margen, las del río Cainali. En esta unión toma el nombre de río Atlapexco, y siguiendo la misma dirección, cerca de los primeros 10 Km aproximadamente, recibe por la margen - - - izquierda, las aportaciones del río Acoapa; recorriendo otros - - 15 Km hasta llegar a las cercanías de la estación hidrométrica Los

Hules —operada por la S.A.R.H.— donde se le une también por la margen izquierda el río Candelaria; a partir de este punto cambia de rumbo ligeramente hacia el norte y ya con el nombre de río Los Hules recorre aproximadamente 25 Km para unirse al río Calabozo.

En esta confluencia se forma el río Tempoal que sigue primeramente una dirección hacia el oeste por unos 5 Km hasta pasar por las cercanías del poblado Platón Sánchez; a partir de ahí sigue un rumbo ligeramente hacia el norte, durante unos 20 Km, hasta llegar al sitio donde se le une por la margen izquierda el río San Pedro; siguiendo la misma dirección el Tempoal todavía recorre aproximadamente unos 40 Km para unirse finalmente al río M_{oc}tezuma en las cercanías de la población el Higo, Ver.

2.3 Climatología

Para determinar el clima que impera en la zona de estudio se cuenta con tres estaciones climatológicas localizadas en las inmediaciones de la región, controladas por la S.A.R.H.

En el Cuadro (2.3.1) se muestra el resumen de las estaciones donde se puede ver su ubicación, el período de observaciones considerado y los promedios anuales de sus registros, así como las temperaturas extremas. Además en el Apéndice I se muestran las observaciones mensuales de precipitación, evaporación

CUADRO (2.3.1)

INFORMACION CLIMATOLOGICA DE LAS ESTACIONES CONSIDERADAS

ESTACION.	COORDENADAS.		PERIODO	TEMPERATURA (°C)			PROMEDIO ANUAL (mm)	
	LAT. N.	LONG. W.		MAXIMA EXT.	MEDIA.	MINIMA EXT.	PRECIPITACION.	EVAPORACION.
TEMPOAL	21°32'	98°24'	1954-1980	49.0	24.4	0.0	1 175.1	1 434.3
LOS HULES	21°09'	98°17'	1960-1980	46.5	24.0	0.0	1 413.1	1 351.1
TERRERILLOS	21°02'	98°09'	1960-1980	48.0	23.8	0.0	1 438.6	1 228.0

y temperatura media de cada una de las estaciones referidas.

2.4 Hidrometría

Los escurrimientos de los ríos Hules y Calabozo - han sido registrados en las estaciones hidrométricas Hules y Terrerillos; mientras que los escurrimientos del Arroyo Camaitlán no -- han sido registrados, pero se pueden relacionar con los registra-- dos por el río Calabozo.

La estación Los Hules se encuentra situada a unos 20 Km al sureste del poblado Platón Sánchez, Ver. En el Cuadro - (2.4.1) se consignan los volúmenes mensuales y anuales del río - Los Hules; el volumen medio anual para el periodo 1959-1979 es de 968.0 millones de m^3 , siendo 1975 el año de mayor escurrimiento - con 1 656.7 millones de m^3 y 1964 el de menor volumen con 378.2 millones de m^3 . Se observa en el Cuadro mencionado que el escurri- miento se concentra en el lapso junio-octubre, periodo en el que - escurre aproximadamente el 81% del total anual, mientras que los - meses de menor escurrimiento son de enero a mayo.

La estación Terrerillos se encuentra situada sobre el río Calabozo aproximadamente a 8 Km al noreste de Chicontepec, Ver. En el Cuadro (2.4.2) se consignan los volúmenes mensuales y anuales medidos en esta estación; el volumen medio anual para el

CUADRO (2.4.1)

VOLUMENES DE ESCURRIMIENTO

ESTACION LOS HULES

(MILLONES DE M³)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1959	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99.3	52.4	-
1960	31.1	18.2	15.0	12.2	13.5	7.9	124.7	43.2	156.7	105.3	97.7	61.6	687.1
1961	42.7	30.9	16.5	8.3	6.4	196.5	206.5	177.8	133.2	98.7	77.4	26.1	1 021.0
1962	15.5	18.4	9.6	53.4	35.6	86.2	105.4	28.1	188.0	70.5	34.4	40.7	677.8
1963	20.8	12.7	9.2	4.4	11.8	31.4	306.9	99.9	70.8	39.2	33.8	20.6	661.5
1964	16.0	11.5	10.9	30.1	10.0	39.2	33.6	14.3	51.8	57.1	33.1	70.6	378.2 *
1965	25.3	12.8	10.0	13.9	14.0	29.7	89.5	288.6	88.9	113.0	42.6	20.8	749.1 *
1966	17.7	17.4	17.4	21.1	63.2	237.0	115.6	77.9	153.7	199.6	56.9	22.6	1 011.1
1967	19.1	15.0	18.7	10.8	18.2	25.1	19.5	137.7	495.8	223.5	65.1	31.7	1 080.2
1968	21.5	16.5	15.5	22.2	54.3	67.1	141.8	110.2	247.8	139.5	45.3	63.7	945.4
1969	34.4	21.0	19.1	23.9	22.3	7.3	101.6	180.8	519.7	111.0	46.9	39.1	1 127.5
1970	19.6	18.9	15.0	8.8	6.0	163.2	143.9	93.4	315.2	112.6	29.7	15.0	941.3
1971	10.5	7.1	6.8	25.4	11.8	35.7	41.9	105.0	124.0	318.0	89.9	32.8	808.9
1972	18.3	20.5	15.9	10.2	25.0	162.6	211.4	170.7	78.6	151.4	59.4	26.8	950.8
1973	16.1	11.9	11.1	5.3	33.0	166.7	168.1	363.4	125.6	184.3	38.1	436.8	1 160.4
1974	29.9	16.2	15.9	20.3	17.4	86.7	263.7	54.6	558.8	134.9	66.9	45.7	1 311.8
1975	32.8	22.5	14.5	10.3	13.4	37.5	130.0	249.7	913.8	158.8	45.0	28.4	1 656.7 *
1976	26.1	15.3	23.0	15.7	39.5	92.3	406.2	208.5	354.3	262.7	74.1	46.9	1 564.6
1977	30.1	23.7	17.7	14.2	17.4	35.3	24.2	25.1	62.9	95.1	82.3	38.4	466.4
1978	17.6	14.8	14.2	11.9	7.2	171.6	60.2	179.0	474.9	329.0	65.8	35.6	1 381.8
1979	23.7	17.3	16.6	20.7	17.5	79.4	56.4	164.7	277.7	34.1	45.0	43.2	796.3
PROMEDIO	23.4	16.7	14.6	17.7	21.9	87.9	137.6	138.6	269.6	146.9	58.5	38.1	968.9
DESV. STD.	8.0	5.4	4.0	11.5	15.8	69.9	100.7	92.6	224.4	84.2	21.8	14.9	337.1

* VOLUMENES EXTREMOS.

CUADRO (2.4.2)

VOLUMENES DE ESCURRIMIENTO

ESTACION TERRERILLOS

(MILLONES DE M³)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1960	-	-	-	-	-	4.2	101.0	69.4	178.3	103.4	105.7	79.3	-
1961	47.4	28.0	10.9	6.0	4.7	174.6	253.4	243.9	146.9	162.2	105.7	27.6	1 211.3
1962	15.1	9.2	7.5	57.3	28.0	77.0	128.0	22.6	170.2	51.6	29.5	32.2	628.2
1963	17.2	8.8	6.4	3.7	5.0	29.1	304.7	126.2	79.9	40.8	29.3	17.7	668.8
1964	14.9	8.1	5.8	14.1	6.9	32.8	39.0	8.0	30.6	49.6	38.7	75.7	324.2 *
1965	27.9	8.7	7.0	19.8	24.2	48.5	146.7	332.8	119.1	82.5	35.0	12.8	865.0
1966	9.3	10.4	8.5	8.9	26.5	266.7	104.3	103.4	171.8	229.2	60.4	20.5	1 019.9
1967	15.6	11.4	15.3	7.2	10.8	23.9	20.8	162.0	545.2	161.3	69.9	23.8	1 067.2
1968	18.1	14.2	14.7	16.1	47.0	75.4	167.7	124.2	253.4	151.6	45.0	58.3	985.7
1969	35.0	31.9	26.2	18.8	34.1	7.8	89.9	197.6	664.5	138.1	55.8	36.4	1 336.1
1970	16.5	14.1	12.4	6.7	5.1	192.5	148.4	106.1	307.9	98.2	24.5	12.1	944.5
1971	9.4	6.9	6.8	36.6	7.9	45.5	66.9	139.1	175.8	423.0	123.1	31.5	1 072.5
1972	20.8	14.8	16.6	7.0	8.6	164.0	248.6	176.9	101.7	95.7	41.7	18.9	915.3
1973	11.1	6.8	8.5	3.6	25.8	210.2	176.8	399.8	147.9	184.5	32.2	36.3	1 243.5
1974	40.8	11.4	9.0	11.7	13.8	154.3	306.9	60.4	582.9	151.1	52.1	34.3	1 428.7
1975	21.4	16.3	8.5	4.3	8.5	28.6	112.0	267.6	769.5	154.3	40.4	23.5	1 454.8
1976	18.6	13.0	22.8	9.7	26.4	76.8	446.0	329.6	459.9	335.0	81.7	48.7	1 868.2 *
1977	29.5	23.6	13.8	7.9	8.4	35.1	40.6	37.9	75.8	145.4	77.1	28.3	523.4
1978	13.4	11.7	12.8	10.7	3.8	129.9	81.4	215.0	486.7	361.9	52.4	29.1	1 418.8
1979	16.2	12.4	11.5	11.7	10.4	55.5	46.0	197.2	333.0	36.0	52.6	42.4	824.9
1980	25.7	16.4	17.9	16.3	7.7	14.2	15.7	111.9	332.1	83.8	36.3	24.6	702.6
PROMEDIO	21.2	13.9	12.1	13.9	15.7	87.9	145.5	163.4	292.1	154.2	56.6	34.0	1 025.2
DESV. STD.	10.3	6.8	5.6	12.7	12.1	76.8	111.2	106.5	213.3	105.5	27.8	18.3	370.9

* VOLUMENES EXTREMOS.

periodo 1960-1980 es de 1 025,2 millones de m^3 siendo 1976 el año de mayor escurrimiento con 1 868,2 millones de m^3 y 1964 el de menor volumen con 324.2 millones de m^3 . En el Cuadro mencionado podemos observar que el escurrimiento se concentra en el lapso - - junio-octubre, periodo en el que se concentra aproximadamente el - 82% del total anual mientras que los meses más secos son de febrero a mayo.

Los gastos máximos instantáneos ocurridos en las - estaciones consideradas aparecen en el Cuadro (2.4.3) donde se - observa que el mayor de ellos —de 3 188 m^3 /seg— ocurrió en Terrellos en septiembre de 1974, mientras que el menor de ellos —de 258 m^3 /seg— tuvo lugar en Los Hules en noviembre de 1964.

En el Cuadro (2.4.4) se muestran los volúmenes - escurridos de material sólido en suspensión de cada una de las estaciones mencionadas.

Para determinar el porcentaje de material en suspensión que transportan los ríos considerados se emplearon los registros de volúmenes medios anuales y los volúmenes de material sólido transportado de cada una de las estaciones.

El resumen de los porcentajes se muestra en el Cuadro siguiente.

CUADRO (2.4.3)

GASTOS MAXIMOS INSTANTANEOS

m³/seg.

A Ñ O	ESTACION LOS HULES		ESTACION TERRERILLOS	
	Fecha	Gasto	Fecha	Gasto
1955	-	-	-	-
1956	-	-	-	-
1957	-	-	-	-
1958	-	-	-	-
1959	-	-	-	-
1960	20 de Oct	452.6	20 de Oct	314.0
1961	15 de Jun	434.5	15 de Jun	525.0
1962	27 de Jun	457.5	4 de Jul	565.9
1963	3 de Jul	947.4	3 de Jul	895.9
1964	30 de Nov	258.0*	1 de Dic	397.1
1965	21 de Oct	414.9	12 de Ago	659.4
1966	26 de Jun	742.2	26 de Jun	1 121.7
1967	24 de Sep	1 009.4	24 de Sep	1 153.0
1968	12 de Sep	1 096.0	12 de Sep	611.2
1969	7 de Sep	825.0	7 de Sep	2 224.2
1970	26 de Sep	800.0	28 de Jun	1 420.0
1971	10 de Oct	1 064.0	10 de Oct	1 488.5
1972	23 de Oct	1 110.0	25 de Jul	529.0
1973	27 de Jun	749.0	22 de Jun	1 740.0
1974	21 de Jun	1 950.0	23 de Sep	3 187.8*
1975	10 de Sep	2 470.0	10 de Sep	2 085.0
1976	11 de Jul	937.7	30 de Sep	1 000.5
1977	22 de Nov	559.0	22 de Nov	291.2*
1978	24 de Sep	2 874.0*	24 de Sep	2 152.3
1979	9 de Sep	1 032.0	30 de Ago	656.0
1980	-	-	26 de Sep	994.1

* Gastos extremos.

CUADRO (2.4.4)

VOLUMEN DE MATERIAL DE ACARREO EN SUSPENSION EN MILES DE M³

ESTACIÓN LOS HULES

(10³ m³)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO	
1961	-	-	-	0.0	0.0	27.77	7.27	8.25	8.42	3.52	0.78	0.0	56.01	
1962	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	3.55	0.0	21.10	1.79	0.08	0.0	26.52	
1963	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.31	74.35	1.59	5.17	0.0	0.0	0.0	84.42	
1964	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.10	2.18	1.57	2.23	12.08	
1965	0.15	0.07	0.02	0.01	0.39	2.30	0.39	21.86	0.16	7.34	0.0	0.0	32.42	
1966	0.0	0.0	0.0	2.27	7.65	45.75	0.58	1.40	11.92	21.88	0.0	0.0	91.45	
1967	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.65	103.47	0.0	0.98	0.05	148.15	
1968	0.0	0.0	0.0	0.18	4.6	5.51	8.13	2.62	63.39	3.74	0.0	0.30	88.47	
													PROMEDIO	67.44

CUADRO (2.4.4)

HOJA NUM. 2

VOLUMEN DE MATERIAL DE ACARREO EN SUSPENSIÓN

ESTACION TERRERILLOS

(10³ m³)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1962	-	-	0.0	0.0	0.59	13.45	20.67	0.01	11.28	0.20	1.69	0.05	47.94
1963	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.12	103.26	9.19	3.97	0.0	0.0	0.0	122.54
1964	0.0	0.0	0.0	2.22	0.13	0.0	0.0	0.0	1.94	0.32	0.38	4.11	9.10
1965	0.0	0.0	0.0	0.90	0.0	2.95	14.56	64.12	6.79	1.74	0.0	0.0	90.66
1966	0.0	0.0	0.0	0.0	1.07	105.92	0.78	5.14	10.12	49.17	0.0	0.0	172.20
1967	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.79	7.78	0.04	0.0	0.0	11.61
1968	-	-	-	-	-	-	3.05	2.18	10.18	1.52	0.0	0.0	16.93
												PROMEDIO	67.28

PORCIENTO DE MATERIAL SOLIDO TRANSPORTADO

ESTACION	VOLUMEN MEDIO ANUAL ESCURRIDO MILLONES DE m ³	VOLUMEN MEDIO ANUAL DE M.S.T. MILLONES DE m ³	PARTES POR MILLAR
LOS HULES	968.9	0,06744	0,07
TERRERILLOS	1 025.2	0,06728	0,07

2.5 Estudios Básicos

ESTUDIO TOPOGRAFICO,- Con el propósito de obtener la información topográfica requerida para la formulación de este trabajo, se consultaron los levantamientos fotogramétricos elaborados por la Secretaría de la Defensa Nacional a escala 1:20 000, --- cubriendo totalmente la zona en estudio, con curvas de nivel a cada 10.0 m.

Haciendo referencia a los estudios topográficos de boquillas y vasos de almacenamiento, en la corriente denominada -- arroyo Camaitlán se cuenta con levantamientos topográficos terrestres del vaso, del mismo nombre que el de la corriente, escala - - 1:2000.

Sobre el río Los Hules, se encuentra el sitio denominado Los Hules, que forma el vaso denominado del mismo nombre, - existiendo de éste, estudio topográfico terrestre escala 1:2000 - también en el río Calabozo se localizó el sitio llamado Acatepec - del que se cuenta un levantamiento topográfico terrestre con escala 1:2000.

Adicionalmente se han estudiado sitios para derivación nombrados de igual manera que los vasos de almacenamiento, sobre las corrientes correspondientes, utilizando los estudios topográficos generales de escala 1:5000.

ESTUDIO AGROLOGICO.- Para la realización de este trabajo se consideraron como suelos aptos para su uso agrícola bajo riego, sólo aquellos clasificados como de tercera clase o menor.

Las limitaciones que normaron dicha clasificación son la topografía plana o semi-plana y tierras que presentan relieve moderado o escasamente ondulado, con pendientes menores del 10%.

La zona de riego comprende aproximadamente - - - -
31 000 Ha, de las cuales, la mayor parte, unas 14 000 Ha, se ubican hacia la margen izquierda de los ríos Hules y Tempoal; otras -
6 000 Ha se encuentran comprendidas entre los ríos Hules y - - - -

Calabozo y el resto en la margen derecha de este último. Toda esta extensión de tierras es apta para actividades agropecuarias bajo riego. Esta superficie se muestra en el croquis (2.5.1).

CAPITULO III

DETERMINACION DE LOS RECURSOS DISPONIBLES

Es importante, en la formulación de un estudio hidrológico, conocer los recursos con que cuenta la zona por beneficiar, para definir su mejor aprovechamiento.

Entre los elementos más importantes que es necesario determinar están:

- a) El clima en la zona de proyecto
- b) Evaporación neta en los vasos
- c) Entradas a los vasos
- d) Capacidad de azolves en los vasos
- e) Análisis de la situación actual

3.1) Clima

Para la determinación del clima que impera en la región de estudio se empleó el método desarrollado por el Doctor C.W. Thornthwaite, por la facilidad de su aplicación y la confiabilidad de los resultados.

El método del Dr. C.W. Thornthwaite utiliza la - -

evapotranspiración potencial, la humedad almacenada y el índice de aridez. Considerando a la primera como el fenómeno inverso de la precipitación, o sea el agua transferida de la superficie terrestre a la atmósfera, en condiciones de disponibilidad tanto de agua como de superficie con cubierta vegetal; a la segunda como el agua de lluvia que se almacena en el suelo y que es aprovechable por la cubierta vegetal; y finalmente, al índice de aridez, como una función de la precipitación, la evapotranspiración potencial y el agua almacenada.

Los datos requeridos para la aplicación del método son los registros mensuales de lluvia y temperatura, además de la latitud donde se ubica la estación climatológica.

La clasificación del clima se hace calculando la categoría de humedad, el régimen de la humedad, la categoría de temperatura y el régimen de la temperatura. A continuación se describe el procedimiento a seguir.

SECUENCIA DEL CALCULO

Primer Paso. Índice de aridez anual (I).- Con los valores mensuales de temperatura (T, en °C) observados en la estación climatológica, se obtiene el índice de calor mensual (i), dado por la siguiente fórmula:

$$i = \left(\frac{T}{5} \right) 1.514$$

La suma de los 12 valores mensuales de (i) es --
igual al *Índice de calor anual* (I).

Segundo Paso. Balance hídrico.- Es necesario definir la disponibilidad mensual de agua, determinando los siguientes parámetros, en cada fase:

- a) La *evapotranspiración potencial mensual sin corregir* --
(EP', en cm), definida en función de la temperatura mensual (T) y el índice de calor anual (I). Se ob
tiene con la fórmula:

$$EP' = 1.6 \left(\frac{10T}{I} \right)^\alpha$$

$$\alpha = 6.75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7.7 \times 10^{-5} \times I^2 + 1.792 \times 10^{-2} \times I + 4.9239 \times 10^{-1}$$

Cabe señalar que, para temperaturas mayores a --
26.5 °C, no hay influencia en el índice de calor,
por lo que la evapotranspiración potencial sin co-
rregir solo es función de aquéllas. Y se obtiene
del Cuadro (3.1.1).

- b) La *evapotranspiración potencial corregida* (EP), se obtie-
ne multiplicando la Evapotranspiración --

CUADRO (3.1.1)

EVAPOTRANSPIRACION MENSUAL EN CM PARA TEMPERATURAS MAYORES A 26.5 °C

°C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
26.	*	*	*	*	*	13.50	13.59	13.68	13.77	13.86
27.	13.95	14.03	14.12	14.20	14.29	14.37	14.45	14.53	14.62	14.70
28.	14.78	14.86	14.94	15.01	15.09	15.17	15.24	15.32	15.39	15.47
29.	15.54	15.61	15.68	15.75	15.82	15.89	15.95	16.02	16.08	16.15
30.	16.21	16.27	16.33	16.40	16.46	16.52	16.58	16.63	16.69	16.74
31.	16.80	16.85	16.91	16.96	17.02	17.07	17.12	17.17	17.21	17.26
32.	17.31	17.35	17.40	17.44	17.49	17.53	17.57	17.61	17.64	17.68
33.	17.72	17.76	17.79	17.83	17.86	17.90	17.93	17.96	17.99	18.02
34.	18.05	18.08	18.10	18.13	18.15	18.18	18.20	18.22	18.25	18.27
35.	18.29	18.31	18.32	18.34	18.35	18.37	18.38	18.39	18.41	18.42
36.	18.43	18.44	18.45	18.45	18.46	18.47	18.47	18.48	18.48	18.49

* Estos valores se calculan con la fórmula correspondiente.

sin corregir (EP') por el *factor de corrección por latitud* (F), que se halla en función de los diferentes grados de iluminación que ocurren a diferentes latitudes; es decir,

$$EP_j = EP'_j \times F_j$$

En el Cuadro (3.1.2) se consignan los valores mensuales de dicho factor para la latitud norte. Para su determinación, es necesario contar con el valor de la latitud en la que se encuentra la estación climatológica en estudio.

- c) El movimiento de humedad en el suelo (MHS, en cm), definido como el agua que ingresa o es obtenida de la reserva del suelo, considerando que ésta puede llegar a almacenar una lámina aprovechable de 10 cm, y se determina en función de la humedad almacenada en el mes anterior al analizado (HA_{j-1}) y la diferencia entre la precipitación (P) y la evapotranspiración potencial corregida (EP). Presentándose como condición final.

$$CF_j = HA_{j-1} + P_j - EP_j$$

A partir de esta ecuación se determina el - - -

CUADRO (3.1.2)

FACTOR "F" DE CORRECCION POR LATITUD

LATITUD NORTE

°	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
14	0.98	0.91	1.03	1.04	1.10	1.08	1.11	1.08	1.02	1.01	0.96	0.97
15	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.96	0.97
16	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.09	1.12	1.09	1.02	1.01	0.95	0.96
17	0.96	0.91	1.03	1.05	1.12	1.09	1.13	1.09	1.02	1.00	0.94	0.96
18	0.96	0.90	1.03	1.05	1.12	1.10	1.13	1.10	1.02	1.00	0.94	0.95
19	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.10	1.14	1.10	1.02	1.00	0.93	0.95
20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.94
21	0.94	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.15	1.11	1.02	1.00	0.92	0.94
22	0.94	0.89	1.03	1.06	1.14	1.12	1.15	1.11	1.02	0.99	0.92	0.93
23	0.93	0.89	1.03	1.06	1.14	1.13	1.16	1.12	1.02	0.99	0.92	0.92
24	0.93	0.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.16	1.12	1.02	0.99	0.91	0.92
25	0.93	0.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
26	0.92	0.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
27	0.92	0.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	0.99	0.90	0.90
28	0.91	0.88	1.03	1.07	1.17	1.15	1.18	1.13	1.03	0.98	0.90	0.90
29	0.91	0.87	1.03	1.07	1.17	1.15	1.19	1.13	1.03	0.98	0.89	0.89
30	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
31	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.88	0.88
32	0.89	0.86	1.03	1.08	1.19	1.18	1.21	1.15	1.03	0.98	0.88	0.87
33	0.88	0.86	1.03	1.09	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	0.97	0.87	0.86
34	0.88	0.86	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	0.97	0.87	0.86

movimiento de humedad en el suelo (MHS), del mes en cuestión y resulta:

si $CF_j > 10$ cm entonces $MHS_j = 10 - HA_{j-1}$

Si $CF_j < 0$ entonces $MHS_j = - HA_{j-1}$

en otro caso $MHS_j = P_j - EP_j$

- d) La *humedad almacenada mensual en el suelo* (HA , en cm), considerada como el contenido de agua en el suelo al final de cada mes, que es igual a:

$$HA_j = HA_{j-1} + MHS_j$$

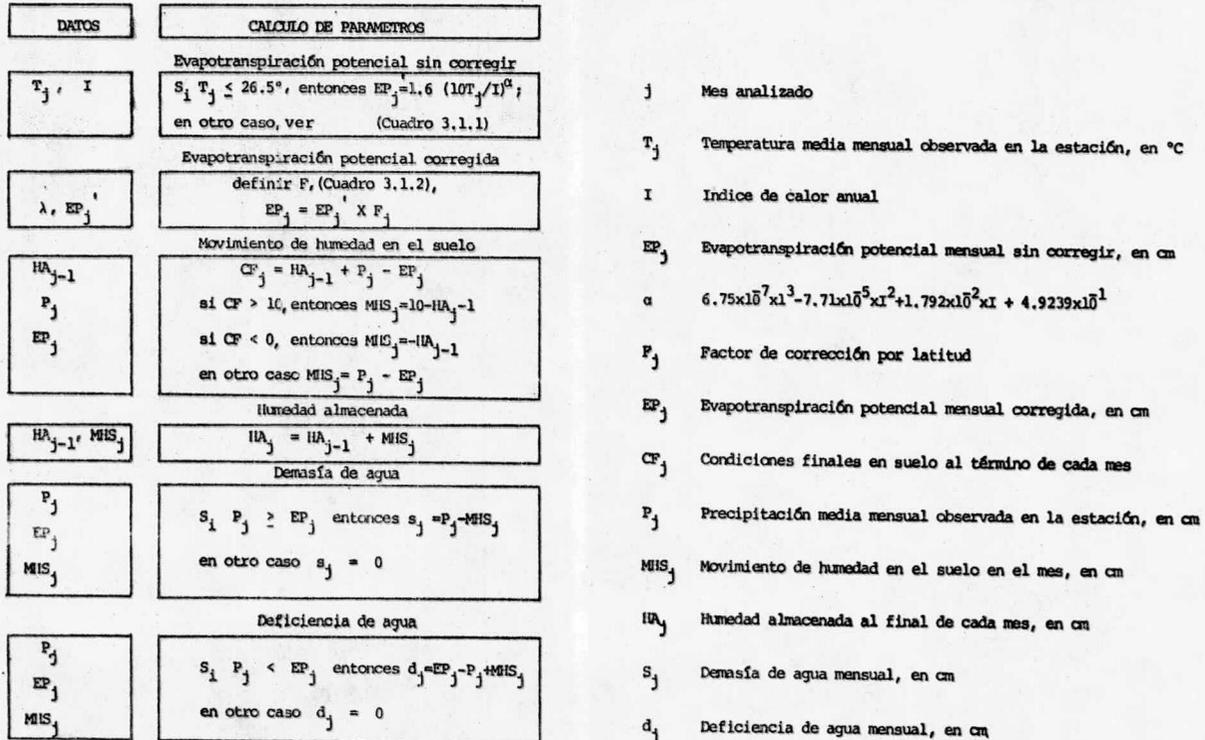
- e) Conocidos los valores mensuales de la precipitación (P), la evapotranspiración potencial corregida (EP), el movimiento de humedad en el suelo (MHS) y la humedad almacenada (HA), se determina la existencia de la *demasia de agua* (s_j) o *deficiencia de agua* (d_j) para ese mes; esto se hace de la manera siguiente:

Si $P_j \geq EP_j$ entonces $s_j = P_j - MHS_j$ y $d_j = 0$

si $P_j < EP_j$ entonces $s_j = 0$ y $d_j = EP_j - MHS_j$

Para entender mejor este paso, se muestra en la figura (3.1.3) el diagrama correspondiente.

FIGURA (3.1.3)
 DIAGRAMA DE CALCULO DEL CLIMA SEGUN EL CRITERIO DE THORNTHAITE
 -SEGUNDO PASO-



Tercer Paso. Parámetros anuales.- En esta etapa se determinan los valores anuales de los siguientes conceptos:

- a) La evapotranspiración potencial anual (EP_a, en cm). definida por

$$EP_a = \sum_{j=\text{ene}}^{\text{dic}} EP_j$$

- b) La demanda de agua anual (s_a, en cm), obtenida como

$$s_a = \sum_{j=\text{ene}}^{\text{dic}} s_j$$

- c) La deficiencia de agua anual (d_a, en cm), determinada por

$$d_a = \sum_{j=\text{ene}}^{\text{dic}} d_j$$

- d) La suma de las tres evapotranspiraciones potenciales mensuales consecutivas, con temperatura mayor que la media, es decir,

$$EP_n = \sum_{j=1}^3 EP_j$$

Cuarto Paso. Índices.- Con los valores anuales antes determinados se calculan los índices siguientes:

- a) *Concentración térmica en el verano (S, en %)*. Esta en función de la suma de la evapotranspiración potencial con temperatura mayor (EP_n) y la evapotranspiración potencial anual (EP_a) en la forma siguiente.

$$S = \left(\frac{EP_n}{EP_a} \right) 100$$

- b) *Índice pluviál (I_m , en %)*.- Se obtiene en función de la demasía de agua anual (s_a) y la deficiencia de agua anual (d_a), en relación con la evapotranspiración potencial anual (EP_a), su fórmula es.

$$I_m = \frac{100s_a - 60d_a}{EP_a}$$

- d) *Índice de aridez (I_a , en %)*.- Definida por la relación entre la deficiencia de agua anual (d_a) y la evapotranspiración potencial anual (EP_a), empleándose la siguiente fórmula.

$$I_a = \frac{100d_a}{EP_a}$$

Quinto Paso. Clasificación del Clima.- Ya determinados los valores de los índices anteriores se procede a clasificar el clima tomando como base para ello los conceptos siguientes:

Categoría de temperatura	Evapotranspiración potencial anual (EP_a)	Cuadro (3.1.4)
Régimen de la temperatura	Concentración térmica en el verano (S)	Cuadro (3.1.5)
Categoría de humedad	Índice Pluvial (I_m)	Cuadro (3.1.6)
Régimen de la humedad	Índice de aridez (I_a) Índice de humedad (I_h)	Cuadro (3.1.7)

Sexto Paso. Fórmula del clima.- Con base en las relaciones antes mencionadas se determina la fórmula correspondiente al clima de la región.

Siguiendo el método antes descrito se procedió a clasificar el clima que impera en la región, tomando como base los registros de las estaciones climatológicas que fueron descritas en el capítulo anterior.

Los resultados obtenidos se muestran en las tablas (3.1.8), (3.1.9) y (3.1.10).

De acuerdo a la clasificación de Thornthwaite el clima es, en general, cálido con concentración de calor normal en el verano (A' a'), variando su categoría de humedad desde semiseco

CUADRO (3.1.4)

CATEGORIA DE TEMPERATURA

SIMBOLOGIA	CARACTER	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL ANUAL (EP _a) EN %
A'	Cálido	> 114.00
B' ₄	Semi-cálido	99.7 - 114.00
B' ₃	Templado-cálido	85.5 - 99.7
B' ₂	Templado-frío	71.2 - 85.5
B' ₁	Semi-frío	57.0 - 71.2
C' ₂	Frío moderado	42.7 - 57.0
C' ₁	Frío acentuado	28.5 - 42.7
D'	De tundra	14.2 - 28.5
E'	Helado	< 14.2

CUADRO (3.1.5)

REGIMEN DE LA TEMPERATURA

TIPO DE CONCENTRACION DE VERANO	CONCENTRACION TERMICA EN EL VERANO (S) EN %
a'	< 48.0
b' ₄	48.0 - 51.9
b' ₃	51.9 - 56.3
b' ₂	56.3 - 61.6
b' ₁	61.6 - 68.0
c' ₂	68.0 - 76.3
c' ₁	76.3 - 98.0
d'	> 98.0

NOTA.- Si el tipo de concentración de verano, coincide con su correspondiente categoría de temperatura (el mismo signo, con letra mayúscula), - será con concentración de calor normal en el verano. Si esto no - - sucede, se describirá como un tipo de concentración más alto o más bajo que el que corresponde al clima, según ocurra.

CUADRO (3,1,6 I

CATEGORIA DE HUMEDAD

FORMULAS:

$$I_m = \frac{100s_a - 60d_a}{EPa} \quad \delta$$

$$I_m = I_h - 0.6 I_a$$

SIMBOLOGIA	CARACTER	INDICE PLUVIAL (I _m) EN %
A	Super húmedo	> 100
B ₄	Muy húmedo	80 a 100
B ₃	Húmedo	60 a 80
B ₂	Moderadamente húmedo	40 a 60
B ₁	Ligeramente húmedo	20 a 40
C ₂	Semihúmedo	0 a 20
C ₁	Semiseco	-20 a 0
D	Seco	-40 a -20
E	Arido	-60 a -40

CUADRO (3.1.7)

REGIMEN DE LA HUMEDAD

FORMULAS:

$$\text{CLIMAS HUMEDOS} \quad I_a = \frac{d_a}{EP_a} \times 100$$

$$\text{CLIMAS SECOS} \quad I_h = \frac{s_a}{EP_a} \times 100$$

SIMBOLOGIA	CARACTER	INDICE EN %
CLIMAS HUMEDOS (A, B, C ₂)		de aridez (I _a)
r	Pequeña o nula deficiencia de agua	0-16.7
s	Moderada deficiencia de agua estival	16.7-33.3
w	Moderada deficiencia de agua invernal	16.7-33.3
S ₂	Gran deficiencia de agua estival	>33.3
W ₂	Gran deficiencia de agua invernal	>33.3
CLIMAS SECOS (C ₁ , D, E)		de humedad (I _h)
d	Pequeña o nula demasía de agua	0-10
s'	Moderada demasía de agua estival	10-20
w'	Moderada demasía de agua invernal	10-20
S' ₂	Gran demasía de agua estival	>20
W' ₂	Gran demasía de agua invernal	>20

NOTA: En este concepto, para los mismos valores de índices, tanto en climas húmedos como en secos se puede ver que existen diferentes tipos; por lo que se debe analizar la tabla de cálculo del clima, para saber en que estación del año ocurre la demasía o deficiencia de agua.

TABLA (3.1.8)

CALCULO DEL CLIMA SEGUN METODO DE THORNTHWAITE

NUM.	CONCEPTO.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VALORES MEDIOS O ANUALES
1	TE (GC)	18.00	19.50	23.00	26.90	28.60	28.60	27.70	28.10	27.10	24.70	21.40	19.00	24.38
2	PR (CM)	3.06	2.90	2.22	4.37	7.01	19.22	17.15	12.65	26.59	13.45	5.29	3.93	117.84
3	IC	6.95	7.85	10.08	12.78	14.02	14.02	13.36	13.65	12.92	11.23	9.04	7.55	133.43
4	EP' (CM)	4.06	5.22	8.72	13.89	15.16	15.16	14.49	14.79	14.04	10.89	6.97	4.81	
5	FC	.94	.89	1.03	1.06	1.14	1.12	1.15	1.11	1.02	.99	.92	.93	
6	EP (CM)	3.82	4.66	8.98	14.68	17.27	16.99	16.70	16.42	14.34	10.83	6.42	4.47	135.58
7	MHS (CM)	-76	-1.76	-5.82	0.00	0.00	2.23	.45	-2.68	10.00	0.00	-1.13	-54	
8	HA (CM)	7.58	5.82	0.00	0.00	0.00	2.23	2.68	0.00	10.00	10.00	8.87	8.33	
9	S (CM)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.25	2.62	0.00	0.00	4.86
10	EPR (CM)	3.82	4.66	8.04	4.37	7.01	16.99	16.70	15.33	14.34	10.83	6.42	4.47	
11	D (CM)	0.00	0.00	.95	10.31	10.26	0.00	0.00	1.09	0.00	0.00	0.00	0.00	22.61
	12 LH =	3.6	%											
	13 IA =	16.7	%											
									14 IM =	-6.4	%			
									15 SC =	37.6	%			
ESTACION: TEMPOAL, VER														
LATITUD: 22. NORTE														
PERIODO DE OBSERVACION: 1954-1980														
PROYECTO: HULES-CALABOZO, VER														
FORMULA DEL CLIMA:														
C1 SEMISECO														
D PEQUEÑA O NULA DEMASIA DE AGUA														
A* CALIDO														
A* CONCENTRACION NORMAL DE CALOR EN EL VERANO														

TABLA (3.1.10)

CALCULO DEL CLIMA SEGUN METODO DE THORNTHWAITE

NUM.	CONCEPTO.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VALORES MEDIOS O ANUALES
1	TE (GC)	17.90	19.10	22.60	26.10	27.70	27.70	26.80	26.90	26.20	24.10	21.20	18.90	23.77
2	PR (CM)	3.70	3.41	3.71	6.83	9.30	25.55	19.87	21.04	24.82	13.20	8.43	4.79	144.65
3	IC	6.90	7.61	9.81	12.21	13.36	13.36	12.70	12.78	12.28	10.82	8.91	7.49	128.21
4	EP' (CM)	4.28	5.18	8.50	12.98	14.49	14.49	13.81	13.89	13.13	10.27	7.04	5.02	
5	FC	.94	.90	1.03	1.05	1.13	1.12	1.15	1.11	1.02	1.00	.93	.93	
6	EP (CM)	4.03	4.64	8.75	13.69	16.43	16.16	15.85	15.37	13.41	10.23	6.52	4.69	129.77
7	MHS (CM)	-.33	-1.23	-5.04	-3.40	0.00	9.39	.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
8	HA (CN)	9.67	8.44	3.40	0.00	0.00	9.39	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	
9	S (CM)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.42	5.67	11.41	2.97	1.91	.10	25.48
10	EPR (CM)	4.03	4.64	8.75	10.23	9.30	16.16	15.85	15.37	13.41	10.23	6.52	4.69	
11	D (CM)	0.00	0.00	0.00	3.46	7.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.60
12	IH =	19.6	%											
13	IA =	8.2	%											
14	IM =	14.7	%											
15	SC =	37.3	%											

ESTACION: TERRERILLOS, VER
 LATITUD: 21. NORTE
 PERIODO DE OBSERVACION: 1960-1980
 PROYECTO: HULES-CALABOZO, VER

FORMULA DEL CLIMA:
 C2 SEMIHUMEDO
 R PEQUEÑA O NULA DEFICIENCIA DE AGUA
 A* CALIDO
 A* CONCENTRACION NORMAL DE CALOR EN EL VERANO

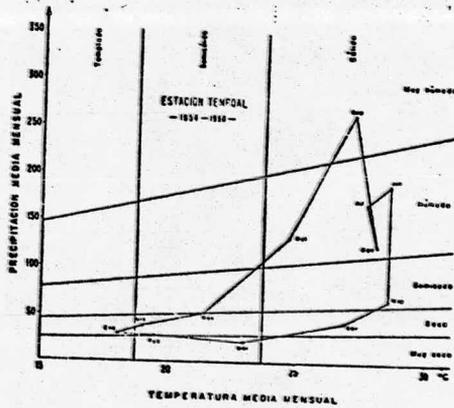
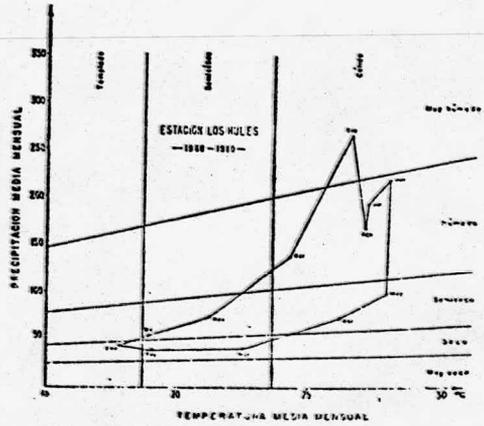
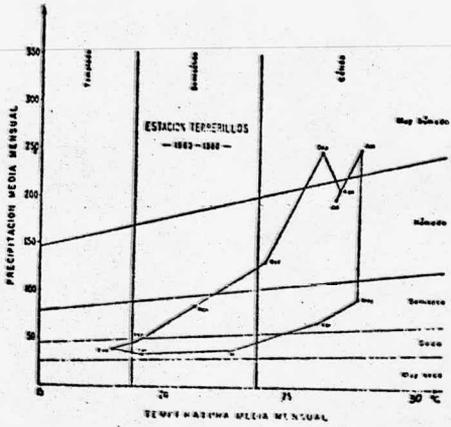
con pequeña demasía de agua (C_{1d}) en la parte norte de la zona, -- hasta semihúmedo con pequeña deficiencia de agua (C_{2r}) al centro y sur de la misma.

Siendo el climograma la representación gráfica de algunos factores climáticos, que esquematiza las condiciones del balance de agua de la zona, formado con datos de Precipitación media mensual (P), Evapotranspiración Potencial (EP), Agua almacenada en el suelo (Ha), Deficiencias de Agua (d) y Demasía de agua -- (s); se procedió a determinar el climograma correspondiente a cada estación, dichos climogramas se consignan en la Gráfica (3.1.11).

La temperatura media anual presenta una ligera variación dentro de la zona pues al norte, se acerca a los 24 °C, al este disminuye a 23 °C en las cercanías de Los Hules. En los climogramas antes mencionados puede apreciarse la marcha anual de la temperatura, observándose que los meses más cálidos son mayo y junio mientras que el más frío es enero.

Los valores máximos absolutos de la temperatura observados en la zona varían entre 46 y 49 °C, ocurriendo la primera en las inmediaciones de Los Hules —al oriente de la zona— y la segunda en Tempoal, al norte de la misma. A su vez la temperatura mínima absoluta alcanza los 0 °C, ocurriendo en toda la zona de estudio.

GRAFICA (3.1.11)
CLIMOGRAMAS SEGUN EL METODO DE THORNTHAITE



La precipitación media anual en la región fluctúa —de acuerdo a los registros de las estaciones aludidas— entre los 1 175 y 1 439 mm., notándose que se incrementa a medida que se avanza hacia el sureste de la misma, el valor máximo se alcanza en la estación Terrerillos cerca de la población de Chicontepec. La precipitación media ponderada de la zona alcanza unos 1 306 mm.

En la Gráfica (3.1.12) se observa que la temporada lluviosa abarca el lapso junio - octubre, período en el que se concentra entre el 67 y el 76% de la precipitación anual. El mes con mayor lluvia es septiembre, cuando la media mensual llega hasta 267.2 mm en las cercanías de Los Hules, Hgo. Por su parte febrero y marzo son los meses de menor precipitación media, en los que la lluvia varía desde 22 mm en Tempoal, hasta 40 mm en Los Hules.

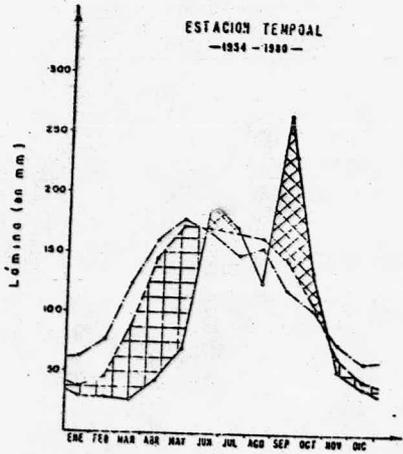
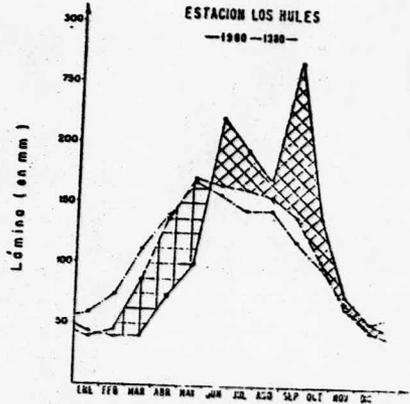
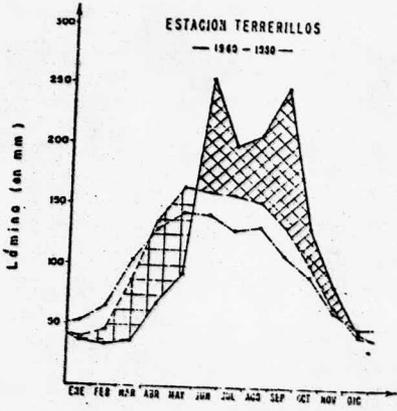
La evaporación en la región fluctúa entre 1 228 mm en Terrerillos y 1 434 en Tempoal, notándose que se incrementa hacia el norte del área estudiada. La mayor parte de la evaporación ocurre en el lapso marzo-septiembre en el que se concentra entre el 73 y el 74% ocurriendo el primero de dichos valores en la zona de Terrerillos y el segundo en el resto del área.

GRAFICA (3.1.12)

RELACION ENTRE LA PRECIPITACION, LA EVAPORACION Y EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

SIMBOLOGIA

- | | | | |
|------------------------------|-------|--------------|---|
| Precipitacion | — | Deficiencias | ▨ |
| Evaporacion | — | Ecedencias | ▩ |
| Evapotranspiracion potencial | - - - | | |



3.2) Evaporaciones Netas

Para determinar la evaporación neta (En) se utilizaron los valores de precipitación (P) y evaporación (E) de las estaciones climatológicas, y un coeficiente de corrección del evaporómetro de 0.77 aplicando la siguiente fórmula empírica:

$$E n = 0.77 E - P$$

Con base en lo anterior se procedió al cálculo de dichas evaporaciones para cada uno de los sitios de aprovechamiento. Los resultados se consignan en los Cuadros (3.2.1), - - - (3.2.2) y (3.2.3).

Podemos observar que la evaporación neta media - - anual para los vasos Acatepec y Camaitlán fué de -485.35 mm y el vaso Los Hules fué de -354.47 mm, donde el signo negativo indica que presentó más precipitación que evaporación.

3.3) Entradas a los Vasos

Dada la cercanía de los sitios de proyecto y las - estaciones de aforo, y considerando la similitud existente entre las subcuencas correspondientes, se determinaron las entradas a - los vasos mediante correlaciones de escurrimientos mensuales, - -

CUADRO (3.2.1)

EVAPORACION NETA EN mm.

VASO CMAITLAN

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1960													
1961	- 25.45			- 86.63	111.49	-192.59	-327.03	- 32.71			3.53	- 27.56	- 31.09
1962	51.99	68.37		-109.85	74.17	-190.16	33.62	90.43	-217.07	- 40.69	- 67.32	42.03	- 336.15
1963	26.56	47.12	97.09	132.56	63.51	-109.47	-323.86	99.79	- 42.84	67.77	53.22	- 55.33	- 56.11
1964	34.07	41.18	- 14.49	22.68	- 57.83	- 2.07	83.27	72.01	- 53.67	48.91	-204.13	5.58	- 24.48
1965	6.03	32.18	- 23.49	- 64.09	119.46	85.07	- 32.84	-312.42	5.61	7.40	26.24	26.11	- 294.88
1966	- 13.36	- 7.80	50.35	65.30	- 16.44	-240.90	0.18	27.30	- 85.26	-148.52	1.87	42.88	- 324.41
1967	17.50	25.39	55.33	111.11	- 59.22	- 10.72	23.06	-209.81	-305.57	- 85.81	- 53.37	- 23.54	- 515.65
1968	38.00	26.47	50.97	- 14.17	- 33.62	-168.06	- 80.85	- 71.37	-161.74	- 19.79	- 17.48	- 81.29	- 608.95
1969	14.65	- 61.98	17.81	6.74	46.72	47.13	52.18	-263.95	-278.54	- 39.22	- 10.81	24.85	- 548.79
1970	30.70	- 54.05	42.45	79.96	35.68	-449.75	- 67.35	- 46.83	-198.78	37.94	42.54	57.29	- 490.20
1971	60.10	57.56	75.97	68.98	31.08	-157.22	- 43.71	- 71.00	-104.84	-134.74	- 36.66	9.65	- 244.84
1972	- 60.30	12.99	- 6.85	85.64	- 71.30	-179.83	-280.58	- 55.31	32.97	- 46.43	- 85.24	5.20	- 649.04
1973	18.90	6.60	88.99	69.72	8.43	-374.48	-112.93	-241.20	38.93	- 82.83	49.46	- 36.25	- 579.85
1974	21.88	14.29	68.96	- 18.55	- 63.96	-397.93	-356.96	- 8.39	-313.33	17.79	- 38.16	- 15.44	- 1 089.80
1975	- 17.30	43.13	72.70	103.85	- 5.72	- 54.85	-177.84	-206.58	-694.88	- 74.05	27.89	- 7.11	- 990.77
1976	5.13	57.59	33.96	- 7.00	-112.88	-183.76	-282.89	-265.47	-228.77	-119.24	- 39.88	7.45	-1 135.78
1977	- 20.05	21.12	79.04	17.90	2.63	9.29	- 15.39	- 18.20	- 93.25	-252.32	- 64.33	- 17.82	- 351.39
1978	- 16.15	- 4.84	- 0.19	45.25	91.42	-165.42	- 3.24	-195.61	-230.13	-174.05	- 79.54	3.40	- 729.09
1979	1.82	7.23	- 2.32	54.26	31.74	- 62.46	- 55.55	-304.88	- 86.67		-177.95	- 77.08	- 780.38
1980	- 17.31	- 19.74	42.10	14.20	69.19	58.20	109.71	-170.61	-267.06	- 69.26	10.15	99.86	- 340.28
PROMEDIO ANUAL												- 485.35	

CUADRO (3.2.2)

EVAPORACION META EN mm.

VASO ACATEPEC

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	- 3.53	- 27.56	- 31.09
1961	- 25.45	42.42	64.44	86.63	111.49	-192.59	-327.03	- 32.71	2.64	- 40.69	- 67.32	42.03	- 336.15
1962	51.99	68.37	73.10	-109.85	74.17	-190.16	33.62	90.43	-217.07	31.80	- 83.50	- 5.64	- 182.75
1963	28.56	47.12	97.09	139.56	-63.51	-109.47	-323.86	99.79	- 42.84	67.77	53.22	- 55.33	56.11
1964	34.67	41.18	- 14.49	22.68	- 57.83	- 2.07	83.27	72.01	- 53.67	48.91	-204.13	5.58	- 24.48
1965	6.03	32.18	- 23.49	- 64.09	119.46	- 85.07	- 32.84	-312.42	5.61	7.40	26.24	26.11	- 294.88
1966	- 13.36	- 7.80	50.35	65.30	- 16.44	-240.90	0.18	27.30	- 85.26	-148.52	1.87	42.88	- 324.41
1967	17.50	25.39	55.33	111.11	- 59.22	- 10.72	23.06	-209.61	-305.57	- 85.81	- 53.37	- 23.54	- 515.65
1968	- 38.00	26.47	50.97	- 14.17	- 33.62	-168.06	- 80.85	- 71.37	-161.74	- 19.79	- 17.48	- 81.29	- 608.95
1969	14.65	- 61.98	17.81	6.74	46.72	47.13	- 52.18	-263.95	-278.54	- 39.22	- 10.81	24.85	- 548.79
1970	30.70	- 54.05	42.45	79.96	35.68	-449.75	- 67.35	- 46.83	-198.78	37.94	42.54	57.29	- 490.20
1971	60.10	57.56	75.97	68.98	31.08	-157.22	- 43.71	- 71.00	-104.84	-134.74	- 36.66	9.65	- 244.84
1972	- 60.30	12.99	- 6.85	85.64	- 71.30	-179.83	-280.58	- 55.31	32.97	- 46.43	- 85.24	5.20	- 649.04
1973	18.90	- 6.60	88.99	69.72	8.43	-374.48	-112.93	-241.20	38.93	- 82.83	49.46	- 36.25	- 549.85
1974	21.88	14.29	68.96	- 18.55	- 63.96	-397.93	-356.96	- 8.39	-313.33	17.79	- 38.16	- 15.44	-1 083.80
1975	- 17.30	43.13	72.70	103.85	- 5.72	- 54.65	-177.84	-206.58	-694.88	- 74.05	27.89	- 7.11	- 990.77
1976	5.13	57.59	33.96	- 7.00	-112.88	-183.76	-282.89	-265.47	-228.77	-119.24	- 39.88	7.45	-1 135.78
1977	- 20.05	21.12	79.04	17.90	2.63	9.29	- 15.39	- 18.20	- 93.25	-252.32	- 64.33	- 17.82	- 351.39
1978	- 16.15	- 4.84	- 0.19	45.25	91.42	-165.42	- 3.24	-195.61	-230.13	-174.05	- 79.54	3.40	- 729.09
1979	1.82	7.23	- 2.32	54.26	31.74	- 62.46	- 55.55	-304.88	- 86.67	-	-177.95	- 77.88	- 780.38
1980	- 17.31	- 19.74	42.10	14.20	69.19	58.20	109.71	-170.61	-267.06	- 69.26	10.15	- 99.86	- 340.28
PROMEDIO ANUAL													- 485.35

relacionando las Areas (Ae)-Precipitación (Pe) de la estación de registro y las Areas (As)-Precipitación (Ps) del sitio de proyecto.

La fórmula empleada para determinar el factor de correlación (Fc) de cada uno de los vasos es la siguiente:

$$F_c = \frac{P_s}{P_e} \frac{A_s}{A_e}$$

A la vez, con el objeto de determinar los escurrimientos en los sitios de aprovechamiento, se estimaron las áreas drenadas. La delimitación es como sigue:

SITIO DEL PROYECTO	AREA DRENADA (Km ²)
a) Río Calabozo, proyecto Acatepec	1 345
b) Río Calabozo, estación Terrerillos	1 493
c) Arroyo Camaitlán, proyecto Camaitlán	139
d) Río Los Hules, proyecto Los Hules	1 263
e) Río Los Hules, estación Los Hules	1 269
f) Río Tempoal, estación Tempoal	5 275

Vaso Acatepec.- Con los datos registrados en la estación Terrerillos con precipitación media anual de 1 438 mm y su --

correspondiente área drenada y los datos del sitio de aprovechamiento se determinó el factor de correlación:

$$F_c = \frac{1400 \times 1345}{1438 \times 1493} = 0.877$$

Vaso Camaitlán.- Siguiendo el procedimiento antes descrito se determinó el factor de correlación correspondiente, tomando en cuenta que la estación más cercana es la de Terrerillos, los datos de lluvia y área drenada de dicha estación se dieron en el inciso anterior, las correspondientes al sitio de proyecto son: precipitación de 1 410 mm y una superficie drenada de 139 Km² con lo que obtenemos:

$$F_c = \frac{1410 \times 139}{1438 \times 1493} = 0.091$$

Vaso Los Hules.- Dada la cercanía a que se encuentra la estación de aforos del sitio de aprovechamiento del mismo nombre se consideró que las entradas al vaso serían las mismas que los escurrimientos registrados en la estación.

Las entradas anuales a los vasos se muestran en el Cuadro (3.3.1).

3.4) Capacidad para Azolves y Acarreo de Fondo

Siendo el azolve un factor limitante en la - - - -

CUADRO (3.3.1)

ENTRADAS ANUALES A LOS VASOS

AÑO	VOLUMEN EN MILLONES DE M ³		
	ACATEPEC	LOS HULES	CAMAITLAN
1960	634.4	687.1	65.6
1961	1 065.9	1 021.0	110.2
1962	552.8	677.8	57.2
1963	764.5	601.5	60.8
1964	285.3	378.2	29.5
1965	761.2	709.1	78.8
1966	897.5	1 011.1	92.8
1967	939.1	1 080.4	97.1
1968	867.4	945.4	89.7
1969	1 210.9	1 127.5	125.2
1970	831.1	941.3	85.9
1971	908.3	808.9	97.6
1972	805.4	950.8	83.3
1973	1 094.3	1 160.4	113.1
1974	1 257.3	1 311.0	130.0
1975	1 280.3	1 656.7	132.4
1976	1 644.0	1 504.6	170.0
1977	460.6	466.4	47.6
1978	1 248.5	1 381.3	133.6
1979	769.8	796.3	75.0
1980	618.3	619.2	63.9
PROMEDIOS	899.8	944.6	93.4

capacidad total de las presas, se calculó la capacidad que ocupará ese azolve (CA) en cada uno de los embalses probables, a través de relacionar el volumen medio anual (Va), el porciento de material sólido trasportado (M.S.T.) y la vida útil de la obra (Vu) y al resultado se le adiciona el porciento de material que se considere por arrastre de fondo (Af) generándose la fórmula.

$$C.A = (Va) \times \% (MST) \times (Vu) \times \% (Af).$$

Vaso Acatepec.- Se calculó con base en las observaciones de sólidos en suspensión de la estación Terrerillos, la cual ha registrado un contenido medio por volumen de 0.07 partes por millar.

Si consideramos que la obra funcionará libremente durante 50 años, sin que los azolves la comiencen a obstruir a la obra de toma, y presumiendo que el arrastre de fondo incrementa en un 50% el azolve tenemos:

$$CA = 899.9 \times 0.00007 \times 50 \times 1.50 = 4.72 \text{ mills de m}^3$$

Por aproximación consideraremos una capacidad para azolves de 5 millones de m³.

Vaso Los Hules.- La capacidad de azolves de este vaso

se determinó en función de los datos observados en la estación Los Hules, la cual ha cuantificado un contenido medio por volumen de - 0.07 partes por millar.

Considerando la misma vida útil de 50 años; e incrementando un 50% la capacidad para tomar en cuenta el arrastre de fondo, se tiene.

$$CA = 944.6 \times 0.00007 \times 50 \times 1.50 = 4.96 \text{ mills de m}^3$$

Se considerará una capacidad de azolves de - - - -
5 millones de m³

Vaso Camaitlán.- Como no existen registros de sólidos en suspensión en el arroyo Camaitlán, se pueden considerar válidos los datos de la estación Terrerillos, por haber cuantificado el -- contenido más desfavorable entre las estaciones cercanas a la corriente.

Considerando 50 años de vida útil de la obra; e incrementando el 50% a la capacidad para tomar en cuenta el arrastre de fondo, se tiene.

$$CA = 93.4 \times 0.00007 \times 50 \times 1.5 = 0.49 \text{ mills de m}^3$$

Por aproximación se considerará una capacidad de azolves para el vaso Camaitlán de 1.0 millones de m³ .

3.5) Análisis de la Situación Actual

El régimen de la lluvia en la zona de estudio, con altas concentraciones de junio a octubre es insuficiente para permitir que prosperen los cultivos durante todo el año. Lo anterior, aunado a los problemas originados por los retardos que frecuentemente presenta la época de lluvias, determina el nivel de aprovechamiento de los recursos que actualmente se ha alcanzado. Para intensificar el uso del suelo sería menester aprovechar los escurrimientos disponibles, para el riego de las tierras en la época de escasa precipitación.

Agentes que propician el desarrollo de la zona.- La zona en estudio cuenta con características favorables para el incremento de las actividades agropecuarias que pueden ser de gran ayuda en el desarrollo de la región, a continuación se enumeran las que se consideran las más importantes.

- a) La existencia de aproximadamente 31 000 Ha de suelos agrícolamente aptos y condiciones ecológicas favorables para el desarrollo de las actividades agropecuarias.

- b) La disponibilidad de mano de obra no calificada.
- c) Las vías y medios de comunicación satisfactorias - para las condiciones actuales de desarrollo.

Factores que limitan el aprovechamiento de los recursos.- -

Dentro de las limitaciones más importantes se encuentra el bajo -- aprovechamiento de los recursos naturales disponibles en la zona, además de los que a continuación se enuncian.

- a) La región se ve afectada por perturbaciones ciclónicas.
- b) Rendimientos reducidos en los cultivos agrícolas, como resultado de un nivel tecnológico pobre en la mayor parte del área de estudio.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, el riego - resulta imprescindible para el desarrollo de la agricultura intensiva en la zona de proyecto.

CAPITULO IV

DEMANDAS DE RIEGO

4.1) Objetivo

Considerando los recursos naturales disponibles en la zona por beneficiar, su ubicación, nivel de desarrollo y problemática que afronta actualmente, es evidente que las acciones por -- realizar en la zona tendrían como principal objeto incrementar la -- producción agrícola local. Para ello resulta indispensable proporcionar agua para riego a los terrenos susceptibles de alcanzar un -- desarrollo agrícola intensivo.

Bajo estas condiciones los objetivos prioritarios -- estarán encaminados a:

- a) Incrementar el aprovechamiento de la tierra que resulta propicia para el desarrollo de actividades -- agrícolas.
- b) Elevar el índice de utilización del agua disponible para riego.

- c) Intensificar, encauzar y apoyar la tecnificación -
de las actividades agrícolas.

4.2) Cédula de Cultivos

Conforme a las características de los suelos y a -
las condiciones climatológicas de la zona, se deduce que los obs---
táculos físicos que limitan el desarrollo agrícola de la zona de es
tudio quedarán superados al cumplir con los requerimientos de rie--
go.

Bajo estas condiciones resalta la importancia de me
jorar la capacidad de uso de los suelos, incrementando el número de
cultivos que actualmente se practican en el área por beneficiar. -
En el Cuadro (4.2.1) aparece la cédula de cultivos, que consigna
las siembras factibles de prosperar en la zona, asociada a sus fe--
chas aconsejables de siembra-cosecha y la duración que tendrían.

4.3) Uso Consuntivo

Después de haber identificado los cultivos con posi
bilidades de prosperar en la región, se determina el agua necesaria
para su desarrollo.

Se califica el uso consuntivo como la cantidad de -

CUADRO (4.2.1)

CECULA DE CULTIVOS

CULTIVOS	CICLO VEGETATIVO		DURACION EN MESES
	SIEMBRA	COSECHA	
Ajonjolí	04	07	4
Ajonjolí	05	08	4
Ajonjolí	11	02	4
Ajonjolí	12	03	4
Ajonjolí	01	04	4
Arroz	06	10	5
Arroz	07	11	5
Arroz	08	12	5
Chile	11	02	4
Chile	12	03	4
Chile	01	04	4
Frijol	02	05	4
Jitomate	07	10	4
Jitomate	08	11	4
Jitomate	12	03	4
Jitomate	01	04	4
Jitomate	02	05	4
Maíz	06	10	5
Maíz	07	11	5
Maíz	01	05	5
Maíz	02	06	5
Sorgo	06	10	5
Sorgo	07	11	5
Sorgo	01	05	5
Soya	05	08	4
Soya	06	09	4
Soya	07	10	4
Aguacate	01	12	12
Caña de azúcar	01	12	12
Naranja	01	12	12
Mango	01	12	12
Papayo	01	12	12
Pastos	01	12	12

agua consumida por una cosecha durante su ciclo vegetativo, al ser transpirada o empleada directamente en la edificación de los tejidos de las plantas, unida a la cantidad de agua evaporada desde el suelo en que está vegetando la cosecha. Es decir, según esto, el uso consuntivo sería igual a la evapotranspiración total, más el agua utilizada para la formación de los tejidos de las plantas.

Para determinar el uso consuntivo existen dos formas: por medición directa o el método indirecto.

Medición directa.- Se lleva a cabo en forma experimental en laboratorios, razones que lo hacen difícil, costoso y lento. Además de que los datos obtenidos en un experimento deben de corregirse para aplicarse en zonas donde existan condiciones climatológicas y edafológicas distintas.

Medición indirecta.- Estos métodos, tienen la ventaja de que pueden adecuarse según las condiciones que imperen en la región; dentro de los métodos indirectos resalta, por su facilidad y apego a la realidad, el elaborado por los doctores Harry F. Blaney y Wayne D. Criddle.

El método de Blaney y Criddle se basa principalmente en datos climatológicos como son la temperatura y la precipitación. Las horas de insolación, efectivas tienen una gran - - -

influencia en el crecimiento de las plantas y el consumo de agua, - pero generalmente no se dispone de registros de éstas. Para superar ésta deficiencia se pueden emplear los datos de horas teóricas de luz diurna para cada día y para todas las latitudes, en lugar de los datos reales, tomando ciertas restricciones para lugares donde haya niebla o tiempo tempestuoso. Estos datos se consignan en el Cuadro (4.3.1).

Sin tomar en cuenta los factores no medidos, el uso consuntivo (u) varía con la temperatura (t), horas de luz diurna -- (p) y la humedad ambiental (P). Multiplicando la temperatura media mensual (t) por el porcentaje mensual de horas de luz diurna en el año (p) se obtiene el factor de uso consuntivo mensual (f). Se considera que el uso consuntivo (u) varía directamente con este factor afectado por el parámetro (K), cuando se tiene un abastecimiento -- adecuado de agua.

La aplicación del parámetro (K) se hace en dos formas; la primera, cuando se requiere determinar el uso consuntivo de todo el ciclo vegetativo sin importar la distribución mensual que requiere el propio cultivo, lo que produce la desventaja de ignorar el mes de máxima demanda y conlleva a problemas de distribución de agua; en el Cuadro (4.3.2) se consignan los valores de K, para algunos de los cultivos.

CUADRO (4.3.1)

Insolación.- Porcentaje de horas-luz diurna para cada mes en relación al número total en el año y a la latitud del lugar.

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

CUADRO (4.3.2)

Valores del Coeficiente (K) estacional para diversos Cultivos

C U L T I V O .	DURACION NORMAL DEL PERIODO DE DESARROLLO DE LOS CULTIVOS	COEFICIENTE (K) DE USO CONSUNTIVO					
		<	LLUVIA		ANUAL	EN M. M.	
			500	500-750		750-1000	1000-1500
Algodón, Flores, Sempaschil	7 meses	0.70	0.68	0.65	0.63	0.60	0.57
Arroz	3 a 5 meses	1.10	1.08	1.05	1.03	1.00	0.97
Cacao, Café	Año Completo	0.80	0.78	0.75	0.73	0.70	0.67
Caña de Azúcar	Año Completo	0.90	0.88	0.85	0.83	0.80	0.77
Cereales Pequeños (Alpiste, Avena, Trigo, Cebada)	3 a 4 meses	0.85	0.83	0.80	0.78	0.75	0.72
Dátiles (Palma)	Año Completo	0.80	0.77	0.73	0.69	0.65	0.61
Guzbano, Habas, Frijol, etc.	3 a 4 meses	0.70	0.68	0.65	0.63	0.50	0.57
Herequén, Pifa	Año Completo	0.70	0.69	0.68	0.67	0.65	0.63
Hortalizas (chile, Ejote, Melón, Sandía, Estropajo)	2 a 4 meses	0.70	0.68	0.65	0.63	0.60	0.57
Tomate	4 meses	0.70	0.69	0.68	0.67	0.65	0.63
Linaza	7 a 8 meses	0.80	0.78	0.75	0.73	0.70	0.67
Mufz	4 meses	0.85	0.83	0.80	0.78	0.75	0.72
Camote, Jícama, Papa, Yuca	3 a 5 meses	0.75	0.73	0.70	0.68	0.65	0.62
Renolacha de Azúcar	6 meses	0.75	0.73	0.70	0.68	0.65	0.62
Semillas oleaginosas (Ajonjolí, Cacahuete, Cártamo)	3 a 5 meses	0.75	0.73	0.70	0.68	0.65	0.62
Sorgo, Veza	4 a 5 meses	0.80	0.78	0.76	0.73	0.70	0.67
Tabaco	4 meses	0.80	0.78	0.75	0.73	0.70	0.67
Vid	5 a 7 meses	0.60	0.58	0.55	0.58	0.60	0.47
F R U T A L E S							
Aguacate, Guayabo, Higuera, Nule, Mamey, Mango, Papayo, Tamarindo, Guanábano, Chirimoya, Marañón, Chicozapote, Anono,	Año Completo	0.55	0.54	0.53	0.52	0.50	0.48
De hojas Caedizas (Chabacano, Círuelo, Durazno, Granado, Manzano, Membrillo, Nuez de Nogal, Peral)	Año Completo	0.55	0.54	0.53	0.52	0.50	0.48
Toronja, Pomalo	Entre Heladas	0.70	0.68	0.65	0.63	0.60	0.57
Naranja, Limón	Año Completo	0.65	0.63	0.60	0.58	0.55	0.52
Plátano	Año Completo	0.55	0.53	0.50	0.48	0.46	0.52
	Año Completo	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75
P A S T U R A S							
Pastos, Jamsica	Entre Heladas	0.85	0.83	0.80	0.78	0.75	0.72
Trébol blanco	Entre Heladas	0.85	0.84	0.83	0.82	0.80	0.73
Alfalfa, fresa	Entre Heladas	0.90	0.88	0.85	0.83	0.80	0.77

La segunda forma de aplicación del parámetro referido, es desglosarlo en los coeficientes k_t , —llamado coeficiente de temperatura— cuyo valor está determinado por la temperatura media mensual (t , en °C), a través de la siguiente expresión:

$$k_t = 0.03114 t + 0.2396$$

Además, se emplea el coeficiente k_c —denominado -- coeficiente de crecimiento de cultivo— que depende del período que necesita el cultivo para desarrollarse, y para determinarlo es necesario conocer la curva de crecimiento del cultivo. Así, el coeficiente mensual se obtiene dividiendo la curva, en tantos intervalos como meses dure su desarrollo, y cada punto medio de los intervalos que cruce la curva es el valor del k_c mensual buscado; la ventaja de utilizar estos coeficientes es conocer el mes de máxima demanda, pero con la desventaja de que los resultados obtenidos son un poco mayores que utilizando el coeficiente para todo el período, por lo que el valor del coeficiente deberá ser corregido.

Una vez que se han determinado los parámetros adecuados se sigue la secuencia, descrita en la figura (4.3.3)

4.4) Demandas de Riego

Las necesidades consuntivas de agua de riego, - - -

FIGURA (4.3.3)

DIAGRAMA DE CALCULO DEL USO CONSUNTIVO SEGUN EL CRITERIO DE BLANEY Y CRIDDLE

DATOS		CALCULO DE PARAMETROS		
<u>TEMPERATURA MENSUAL APLICADA</u>				
t'_i	$t_i = 4.572 t'_i + 81.28$			i Mes analizado
<u>FACTOR DE USO CONSUNTIVO</u>				
t'_i	P_i es f (Cuadro(4.3.1)) $f = \frac{P_i \times t_i}{100}$ $F = \sum_{i=1}^n f_i$			t'_i Temperatura media mensual observada en la estación, en °C t_i Temperatura mensual aplicada P_i Porcentaje de insolamiento correspondiente al mes en cuestión f_i Factor de uso consuntivo mensual, en cm K_{t_i} Coeficiente climático mensual
<u>DETERMINACION DE K</u>				
t'_i	<u>PRIMER METODO</u>	<u>SEGUNDO METODO</u>		
	K es f (Cuadro(4.3.2))	$k_{t_i} = 0.03114 t'_i + 0.2396$ k_{c_i} es f (Curva de crecimiento)		K_{c_i} Coeficiente de crecimiento mensual $u.c_i$ Uso consuntivo o mensual, en cm K Coeficiente total de desarrollo del cultivo K_g Coeficiente total corregido de desarrollo del cultivo
<u>USO CONSUNTIVO MENSUAL</u>				
f_i, k_{t_i}, k_{c_i}	- - - - -	$u.c_i = f_i \times k_{t_i} \times k_{c_i}$		$U.C.$ Uso consuntivo total del cultivo, en cm $U.C'$ Uso consuntivo total corregido del cultivo, en cm
<u>USO CONSUNTIVO TOTAL</u>				
$F, K, u.c_i$	$U.C. = F \times K$	$U.C = \sum_{i=1}^n (u.c_i)$		
<u>CORRECCION DE K</u>				
k_{c_i}, k_{c_i}'		$K = \frac{\sum_{i=1}^n (u.c_i)}{\sum_{i=1}^n f_i}$ $K_g = \frac{K}{K'}$		
<u>USO CONSUNTIVO TOTAL CORREGIDO</u>				
$U.C. (u.c)_i$ K_g	$U.C' = U.C \times K_g$	$u.c'_i = K_g \times (u.c)_i$ $U.C' = \sum_{i=1}^n (K_g \times u.c_i)$		

dependen de la cantidad de agua que consumen los cultivos, reducida por la cantidad que proporciona la lluvia, de la humedad residual en el suelo y de la contribución natural del terreno por agua del subsuelo.

El factor, de los antes mencionados, que presenta - facilidades para su obtención, es la lluvia aprovechable, puesto -- que se han desarrollado curvas y tablas que muestran la relación entre la precipitación promedio mensual registrada, la precipitación media mensual aprovechable y el uso consuntivo medio mensual; en el Apéndice II se consignan dichas relaciones.

Habiendo determinado la precipitación aprovechable, se encontrará en facultad de calcular la cantidad neta de agua de riego que debe suministrarse para que el cultivo se logre.

Sin embargo, la cantidad de agua que se menciona no es el agua que se requiere a nivel de la parcela y menos aún a nivel de la fuente de suministro, porque el agua no puede utilizarse sin cierta pérdida —independientemente del método empleado—; pérdidas que pueden ser por conducción hasta la zona de riego, por infiltración profunda en la parcela y por escurrimiento superficial - debido a una mala operación o roturas de bordos y estructuras. Por lo tanto, se deben de tomar en cuenta las eficiencias en el riego - al estimar la demanda de agua.

En términos generales las eficiencias totales en el riego, para diferentes condiciones de suelo y sistemas de conducción y distribución, varían del 40 al 70 por ciento, pudiendo ser superior en otros sistemas de riego.

Habiendo realizado todos los cálculos adecuadamente y aplicando la eficiencia del cultivo se obtiene la cantidad total de agua requerida a nivel de la fuente de abastecimiento.

Con el fin de hacer más fácil la utilización de esta cantidad de agua, es de aplicación común el hacerla unitaria, o sea, la cantidad de agua requerida por hectárea, llamada lámina --bruta.

Para ejemplificar la manera de obtener esta lámina bruta, a continuación se determina las correspondiente para el frijol, con un período vegetativo de 4 meses, sembrándose en febrero y cosechándose en mayo, los datos climatológicos se obtuvieron de la estación Los Hules; se consideró una eficiencia del 60% por considerar que la conducción se realizaría a través de canales revestidos.

Para facilitar su cálculo, se tabularon los datos y resultados, como puede verse en la tabla (4.4.1).

TABLA (4.4.1)

CALCULO DE LAS DEMANDAS DE AGUA PARA EL CULTIVO DEL FRIJOL

M E S	Temperatura media mensual registrada (t') en °C	Temperatura media aplicada (t)	Porcentaje de insolación Cuadro (4.3.2) (p)	Factor de uso Consumitivo (f)	Coefficiente Climático (k _t) (6)	f x k _t f k _t (7)	Coefficiente de cultivo Gráfica (4.4.2) (k _c) (8)	Uso Consumitivo Normal U.C	Mensual Ajustado U.C'	Lluvia media mensual (P) en cm	Lluvia aprovechable (TJA) en cm	Lámina Neta (LN) en cm	Lámina Bruta (LB) en cm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
ENERO	17.8	162.66	7.69	12.51	0.79	9.88	-	-	-	-	-	-	-
FEBRERO	19.1	168.61	7.29	12.29	0.83	10.20	0.83	8.47	6.01	3.99	2.7	5.40	9.0
MARZO	22.6	184.61	8.37	15.45	0.94	11.70	1.03	12.05	8.56	4.01	2.8	5.76	9.60
ABRIL	26.2	201.07	8.54	17.17	1.06	18.20	1.09	19.84	14.08	7.32	5.5	8.58	14.30
MAYO	28.0	209.30	9.21	19.28	1.11	21.40	0.76	16.26	11.55	10.04	7.0	5.40	9.0
JUNIO	28.1	209.75	9.07	19.02	1.11	21.11	-	-	-	-	-	-	-
JULIO	27.3	206.10	9.31	19.19	1.09	20.92	-	-	-	-	-	-	-
AGOSTO	27.2	205.64	9.03	18.57	1.09	20.24	-	-	-	-	-	-	-
SEPTIEMBRE	26.6	202.90	8.28	16.43	1.07	17.58	-	-	-	-	-	-	-
OCTUBRE	24.3	192.38	8.10	15.58	1.00	15.58	-	-	-	-	-	-	-
NOVIEMBRE	21.2	178.21	7.52	13.40	0.90	12.06	-	-	-	-	-	-	-
DICIEMBRE	19.0	168.15	7.59	12.76	0.83	10.59	-	-	-	-	-	-	-
SUMATORIA								56.62	40.20			25.14	41.90

Primer Método.- En dicha tabla se muestran; en la columna No. 1 el mes; en la columna No. 2 se indica la temperatura media mensual registrada en la estación (t' , en °C), en la columna No. 3 se determina la temperatura media que se aplica a partir de la registrada, utilizando la fórmula:

$$t = 4.572 t' + 81.28$$

Con la latitud donde está ubicada la estación climatológica, se determina el porcentaje de insolación (p) para cada mes, con el Cuadro (4.3.1), y se anota en la columna No. 4; en la columna No. 5 se calcula el correspondiente factor de uso consuntivo (f), (en cm), a partir de la expresión.

$$f = \frac{p \times t}{100}$$

Como el ciclo vegetativo es de febrero a mayo, se suman solamente los valores del factor de uso consuntivo (f) correspondientes y obtenemos el factor de uso consuntivo total (F).

$$F = \sum_2^5 f = 64.19 \text{ cm}$$

Del Cuadro (4.3.2) el valor de (K), para una precipitación media anual de 1 413.1 mm registrada en Los Hules, es de 0.63; aplicando este coeficiente al factor de uso consuntivo -

total, se determina el Uso Consuntivo para todo el ciclo.

$$U.C. = F \times K$$

$$U.C. = 64.19 \times 0.63 = 40.44 \text{ cm}$$

Segundo Método.- Siguiendo con la tabla inicial, en la columna No. 6 se anotan los valores del coeficiente de temperatura (k_t) de acuerdo con la expresión.

$$k_t = 0.03114 t' + 0.2396$$

Multiplicando los valores obtenidos anteriormente por el factor de uso consuntivo mensual (f), se obtienen los valores de la columna No. 7 (fk_t).

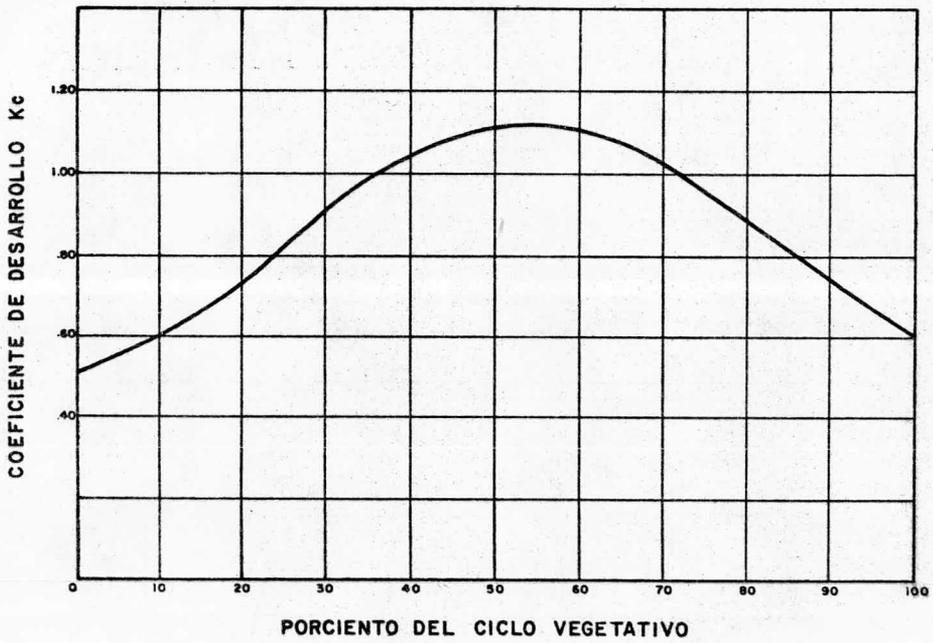
En la columna No. 8 se muestran los valores correspondientes al coeficiente de crecimiento (k_c) mensual, obtenidos de la Gráfica No. (4.4.2) siguiendo los siguientes pasos:

Paso Primero.- Se divide la curva, en tantos intervalos como meses dure el ciclo vegetativo.

Paso Segundo.- Se determina el punto medio de cada intervalo y con una línea vertical que -

GRAFICA (4.4.2.)

CURVA DE DESARROLLO PARA EL FRIJOL



pase por ese punto se cruza la curva referida.

Paso Tercero.- En la línea de ordenadas de dicha curva, se determina, —cada punto cruzado—, el valor del coeficiente de cultivo (k_c) mensual correspondiente.

Multiplicando el coeficiente de cultivo (k_c), obtenido anteriormente por (fk_t) se determina el uso consuntivo necesario para cada mes, como puede verse en la columna No. 9. El valor total es de 56.62 cm, que dividido entre el factor de uso consuntivo total (F) se obtiene el coeficiente global (K').

$$K' = \frac{U.C.}{F}$$

$$K' = \frac{56.62}{64.19} = 0.88$$

En este caso, la aplicación de los coeficientes (k_t) y (k_c) conduce a un valor del uso consuntivo mayor que el que resulta aplicando simplemente el coeficiente total, por lo que deberá corregirse de la siguiente manera:

Si $K = 0.63$ y $K' = 0.88$ entonces

$$K_g = \frac{K}{K'} ; K_g = \frac{0.63}{0.88} = 0.71$$

y determinamos que :

$$U.C' = K_g (U.C) \quad y$$

$$(u.c')_i = K_g (u.c)_i \text{ mensual}$$

Haciendo dicha corrección se obtiene el uso consuntivo ajustado mensual $(u.c')_i$, y sus valores se muestran en la misma columna No. 9.

En la columna No. 10 se consignan los valores promedio de la lluvia mensual observada en la estación.

Para obtener la lluvia aprovechable mensual, se relacionan los valores de la precipitación media mensual observada - (p) y el uso consuntivo mensual ajustado $(u.c')_i$, y con ayuda del Apéndice II se determinan dichas cantidades, que se consignan en - la columna No. 11.

En la columna No. 12 se determina la lámina neta - mensual, restando el uso consuntivo ajustado menos la lluvia aprovechable.

Tomando en cuenta la eficiencia en el riego, que - fué propuesta del 60%, se determina la lámina bruta necesaria como - puede verse en la columna No. 13.

Cabe aclarar, que, debido a las condiciones de distribución de agua a las parcelas, se podrá surtir una lámina bruta mínima de 9.0 cm por lo que se hicieron los ajustes necesarios.

Como se podrá observar, la demanda de agua que realmente interesa, es la que indica la lámina bruta porque es el agua que se debe considerar a nivel del lugar de almacenamiento.

En la misma forma que se definió la demanda necesaria para el frijol, se determinaron las correspondientes láminas a cada uno de los cultivos propuestos en el inciso 4.2; dichos resultados se consignan en el Cuadro (4.4.3).

4.5) Patrón de Cultivos

Con el objeto de disponer de los elementos que permitieran cuantificar, por una parte, la producción agrícola generable en la zona, y por la otra, las características de la demanda inherente a dicha producción, se elaboró el patrón de cultivos correspondiente. En su formulación —efectuada mediante un modelo de programación lineal— se atendió a maximizar la utilidad de los agricultores. Asimismo, hubieron de tenerse en cuenta las restricciones agrológicas, de mercado y de ocupación mensual de tierras limitadas al 90% de la superficie regable. Las principales características de dicho patrón aparecen consignadas en el - - - - -

CUADRO (4.4.3)

DEMANDAS DE AGUA

CULTIVO	COEFICIENTE GLOBAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
AJOBUJOLI	.68													
UC (CM)		-	-	-	6.13	13.27	17.06	14.49	-	-	-	-	-	50.95
LLA (CM)		-	-	-	4.80	7.30	14.80	12.90	-	-	-	-	-	
LN (CM)		-	-	-	5.40	5.97	5.40	5.40	-	-	-	-	-	22.17
LB (CM)		-	-	-	9.00	9.94	9.00	9.00	-	-	-	-	-	36.94
AJOBUJOLI	.68													
UC (CM)		-	-	-	-	7.32	13.34	17.03	14.15	-	-	-	-	51.84
LLA (CM)		-	-	-	-	6.30	12.90	13.60	11.50	-	-	-	-	
LN (CM)		-	-	-	-	5.40	5.40	5.40	5.40	-	-	-	-	21.60
LB (CM)		-	-	-	-	9.00	9.00	9.00	9.00	-	-	-	-	36.00
AJOBUJOLI	.68													
UC (CM)		10.78	9.52	-	-	-	-	-	-	-	-	5.54	8.89	34.72
LLA (CM)		3.30	2.90	-	-	-	-	-	-	-	-	4.70	3.90	
LN (CM)		7.48	6.62	-	-	-	-	-	-	-	-	5.40	5.40	24.90
LB (CM)		12.46	11.03	-	-	-	-	-	-	-	-	9.00	9.00	41.49
AJOBUJOLI	.68													
UC (CM)		7.92	10.52	13.09	-	-	-	-	-	-	-	-	4.61	36.14
LLA (CM)		3.10	2.00	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	3.30	
LN (CM)		5.40	7.62	10.09	-	-	-	-	-	-	-	-	5.40	28.51
LB (CM)		9.00	12.70	16.82	-	-	-	-	-	-	-	-	9.00	47.52
AJOBUJOLI	.68													
UC (CM)		3.85	7.25	13.57	14.50	-	-	-	-	-	-	-	-	39.17
LLA (CM)		2.80	2.80	3.00	5.70	-	-	-	-	-	-	-	-	
LN (CM)		5.40	5.40	10.57	8.80	-	-	-	-	-	-	-	-	30.17
LB (CM)		9.00	9.00	17.61	14.67	-	-	-	-	-	-	-	-	50.28
ARROZ	1.03													
UC (CM)		-	-	-	-	-	7.53	25.86	25.67	23.16	10.04	-	-	92.27
LLA (CM)		-	-	-	-	-	7.30	0.00	0.00	19.20	8.90	-	-	
LN (CM)		-	-	-	-	-	5.40	25.86	25.67	5.40	5.40	-	-	67.73
LB (CM)		-	-	-	-	-	9.00	41.10	42.78	9.00	9.00	-	-	112.39

ICIA NUM 3.-

DEMANDAS DE AGUA

CULTIVO	COEFICIENTE GLOBAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
JITOMATE	.67													
UC (CM)		-	-	-	-	-	-	7.82	13.62	14.29	11.49	-	-	47.22
LLA (CM)		-	-	-	-	-	-	7.82	11.40	13.20	9.40	-	-	
LN (CM)		-	-	-	-	-	-	5.40	5.40	5.40	5.40	-	-	21.60
LB (CM)		-	-	-	-	-	-	9.00	9.00	9.00	9.00	-	-	36.00
JITOMATE	.67													
UC (CM)		-	-	-	-	-	-	-	7.95	12.80	13.10	9.44	-	43.37
LLA (CM)		-	-	-	-	-	-	-	7.90	12.80	9.70	5.20	-	
LN (CM)		-	-	-	-	-	-	-	5.40	5.40	5.40	5.40	-	21.60
LB (CM)		-	-	-	-	-	-	-	9.00	9.00	9.00	9.00	-	36.00
JITOMATE	.67													
UC (CM)		8.10	9.72	13.00	-	-	-	-	-	-	-	-	4.79	15.61
LLA (CM)		3.10	2.90	3.00	-	-	-	-	-	-	-	-	3.50	
LN (CM)		5.40	6.82	10.00	-	-	-	-	-	-	-	-	5.40	27.62
LB (CM)		9.00	11.37	16.67	-	-	-	-	-	-	-	-	9.00	46.04
JITOMATE	.67													
UC (CM)		4.03	7.47	12.62	14.40	-	-	-	-	-	-	-	-	38.60
LLA (CM)		2.80	2.80	3.00	5.70	-	-	-	-	-	-	-	-	
LN (CM)		5.40	5.40	9.62	8.79	-	-	-	-	-	-	-	-	29.21
LB (CM)		9.00	9.00	16.03	14.65	-	-	-	-	-	-	-	-	48.68
JITOMATE	.67													
UC (CM)		-	3.74	9.76	14.17	15.48	-	-	-	-	-	-	-	43.14
LLA (CM)		-	2.50	2.90	5.60	7.50	-	-	-	-	-	-	-	
LN (CM)		-	5.40	6.86	8.57	7.98	-	-	-	-	-	-	-	28.81
LB (CM)		-	9.00	11.44	14.28	13.29	-	-	-	-	-	-	-	48.01
MAIZ	.78													
UC (CM)		-	-	-	-	-	7.83	18.30	20.82	15.00	7.92	-	-	
LLA (CM)		-	-	-	-	-	7.83	14.10	13.50	13.30	7.80	-	-	69.87
LN (CM)		-	-	-	-	-	5.40	5.40	7.32	5.40	5.40	-	-	28.92
LB (CM)		-	-	-	-	-	9.00	9.00	12.21	9.00	9.00	-	-	48.71

HOJA NUM 5.-

DEMANDAS DE AGUA

CULTIVO	COEFICIENTE GLOBAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
NARANJA	.48													
UC (CM)		8.17	8.52	5.64	7.89	10.19	10.83	10.89	10.51	9.18	7.30	4.88	3.56	92.55
LLA (CM)		3.10	2.50	2.60	5.00	6.80	10.83	10.89	10.80	9.00	7.30	4.60	2.90	
LN (CM)		5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	64.80
LB (CM)		9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	108.00
MANGO	.52													
UC (CM)		1.40	2.77	5.02	9.63	13.46	14.75	14.72	13.60	10.99	7.04	3.59	2.39	100.26
LLA (CM)		1.40	2.40	2.70	5.20	7.30	13.20	12.90	11.40	10.99	6.90	3.30	2.39	
LN (CM)		5.40	5.40	5.40	5.40	6.16	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	65.56
LB (CM)		9.00	9.00	9.00	9.00	10.27	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	109.27
PAPAYA	.52													
UC (CM)		1.40	2.77	5.92	9.63	13.46	14.75	14.72	13.60	10.90	7.04	3.59	2.39	100.26
LLA (CM)		1.40	2.40	2.70	5.20	7.30	13.20	12.90	11.40	10.99	6.90	3.30	2.39	
LN (CM)		5.40	5.40	5.40	5.40	6.16	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	65.56
LB (CM)		9.00	9.00	9.00	9.00	10.27	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	109.27
ZACATE	.78													
UC (CM)		2.21	4.67	10.00	15.12	19.66	20.72	20.85	19.64	16.29	11.89	5.84	3.50	150.39
LLA (CM)		2.21	2.60	2.90	5.70	8.20	16.10	14.90	13.00	15.50	9.50	4.80	2.90	
LN (CM)		5.40	5.40	7.10	9.42	11.46	5.40	5.95	6.64	5.40	5.40	5.40	5.40	78.37
LB (CM)		9.00	9.00	11.83	15.70	19.11	9.00	9.92	11.07	9.00	9.00	9.00	9.00	130.62
SOYA	.60													
UC (CM)		-	-	-	-	5.74	13.48	17.39	9.14	-	-	-	-	45.74
LLA (CM)		-	-	-	-	5.30	12.90	13.80	9.00	-	-	-	-	
LN (CM)		-	-	-	-	5.40	5.40	5.40	5.40	-	-	-	-	21.60
LB (CM)		-	-	-	-	9.00	9.00	9.00	9.00	-	-	-	-	36.00
SOYA	.60													
UC (CM)		-	-	-	-	-	5.75	13.40	16.90	8.26	-	-	-	44.31
LLA (CM)		-	-	-	-	-	5.50	12.70	12.30	8.26	-	-	-	
LN (CM)		-	-	-	-	-	5.40	5.40	5.40	5.40	-	-	-	21.60
LB (CM)		-	-	-	-	-	9.00	9.00	9.00	9.00	-	-	-	36.00

HOJA NUM 6.-

DEMANDAS DE AGUA

CULTIVO	COEFICIENTE GLOBAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
SOYA	.60													
UC (CM)		-	-	-	-	-	-	5.86	13.35	15.66	7.42	-	-	42.29
LLA (CM)		-	-	-	-	-	-	5.86	11.40	15.20	7.30	-	-	
LN (CM)		-	-	-	-	-	-	5.40	5.40	5.40	5.40	-	-	21.60
LB (CM)		-	-	-	-	-	-	9.00	9.00	5.40	5.40	-	-	36.00
AGUACATE	.52													
UC (CM)		1.59	2.77	6.00	1.40	13.40	14.69	14.95	13.54	10.35	7.28	4.23	2.05	100.26
LLA (CM)		1.59	2.40	2.70	5.20	7.30	13.20	13.00	11.40	10.35	7.28	3.70	2.05	
LN (CM)		5.40	5.40	5.40	5.40	6.10	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	65.50
LB (CM)		9.00	9.00	9.00	9.00	10.17	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	109.17
CANA	.83													
UC (CM)		9.41	8.60	8.90	11.65	13.91	14.52	15.19	18.06	18.79	16.16	13.60	11.25	160.04
LLA (CM)		3.20	2.80	2.90	5.40	7.30	13.20	13.00	12.60	17.60	10.20	5.60	4.00	
LN (CM)		6.21	5.80	6.00	6.25	6.61	5.40	5.40	5.46	5.40	5.96	8.00	7.25	73.74
LB (CM)		10.36	9.67	10.00	10.41	11.01	9.00	9.00	9.10	9.00	9.94	13.34	12.08	122.91

ENEP ARAGON



Cuadro (4.5.1).

Ahora bien, de acuerdo con el referido patrón podrían cosecharse 34 668 Ha y considerando que éste se halla referido a una superficie física de 24 224 Ha, la intensidad de cultivos resultante es de 1.43.

Utilizando el método de Blaney-Criddle, se estimaron las demandas de riego —como ya se indicó— de los cultivos incluidos en dicho patrón, considerando una eficiencia global del 60%, mismas que ascenderían a 308.56 millones de m³. La lámina bruta resultante es de 1.27 m. La distribución mensual de dicha demanda se muestra en el Cuadro (4.5.2).

CUADRO (4.5.1)

PATRON DE CULTIVOS DE MAXIMA UTILIDAD

CULTIVOS	SUPERFICIE (ha)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Ajonjolí	620			XX									
Ajonjolí	72					XX							
Ajonjolí	292	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX								XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			
Arroz	515						XX						
Arroz	3 119							XX					
Chile verde	328	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX									XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		
Prijol	3 844						XX						
Prijol	409							XX					
Prijol	620								XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
Jitomate	211							XX					
Maíz	620	XX										XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
Maíz	6 647	XX											
Sorgo	2 908								XX				
Sorgo	4 359	XX											XXXXXX
Soya	548					XX							
Aguacate	211	XX											
Naranja	609	XX											
Mango	187	XX											
Papayo	71	XX											
Pastos	8 478	XX											
T O T A L	34 668	21 802	21 802	21 802	21 802	21 802	21 802	21 802	21 802	21 802	21 802	18 578	21 802

Superficie física: 24 224 ha.

Intensidad de cultivos: 1.43

CUADRO (4.5.2)

PATRON DE CULTIVOS

VOLUMEN REQUERIDO

M E S	VOLUMEN (miles de m ³)	VOLUMEN %
Enero	14 047.62	4.55
Febrero	20 761.66	6.73
Marzo	33 182.75	10.75
Abril	37 263.87	12.08
Mayo	33 125.31	10.74
Junio	15 698.70	5.09
Julio	16 977.52	5.50
Agosto	39 482.83	12.80
Septiembre	29 221.80	9.47
Octubre	33 781.37	10.9
Noviembre	19 287.21	6.25
Diciembre	15 731.50	5.10
T O T A L	308 562.14	100.00

Superficie física: 24 224 ha.

CAPITULO V

SIMULACION DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS VASOS

5.1) Balance Agua-Suelo

Tomando en cuenta que el escurrimiento medio anual del río Los Hules asciende a 944.6 millones de m³, el del río Calabozo, en el sitio Acatepec, se estimó en 899.8 millones de m³, y el correspondiente al arroyo Camaitlán se estimó en 93.4 millones de m³, podemos ver que las 31 000 Ha disponibles bien pueden ser atendidas por el aprovechamiento de las tres corrientes, ya que su demanda alcanza un volumen anual de 308.56 millones de m³. Sin embargo, durante el período de estiaje el caudal de dichas corrientes -- disminuye notablemente, por lo que su aprovechamiento --en su régimen natural-- no alcanzaría a satisfacer los requerimientos de la zona. Estas condiciones determinan como factor limitante, a nivel estacional, el agua.

Con el objeto de aprovechar los escurrimientos de las corrientes antes mencionadas, se contempló la posibilidad de al macenar y derivar sus caudales. Con ese fin se consideraron como factibles los vasos Acatepec, Los Hules y Camaitlán sobre los ríos Calabozo, Los Hules y el arroyo Camaitlán respectivamente.

Como complemento a la información de dichos vasos, se recopiló la información topográfica de cada uno, obteniéndose, - las curvas elevaciones-capacidades-área, dichas curvas se muestran en las figuras (5.1.1), (5.1.2) y (5.1.3).

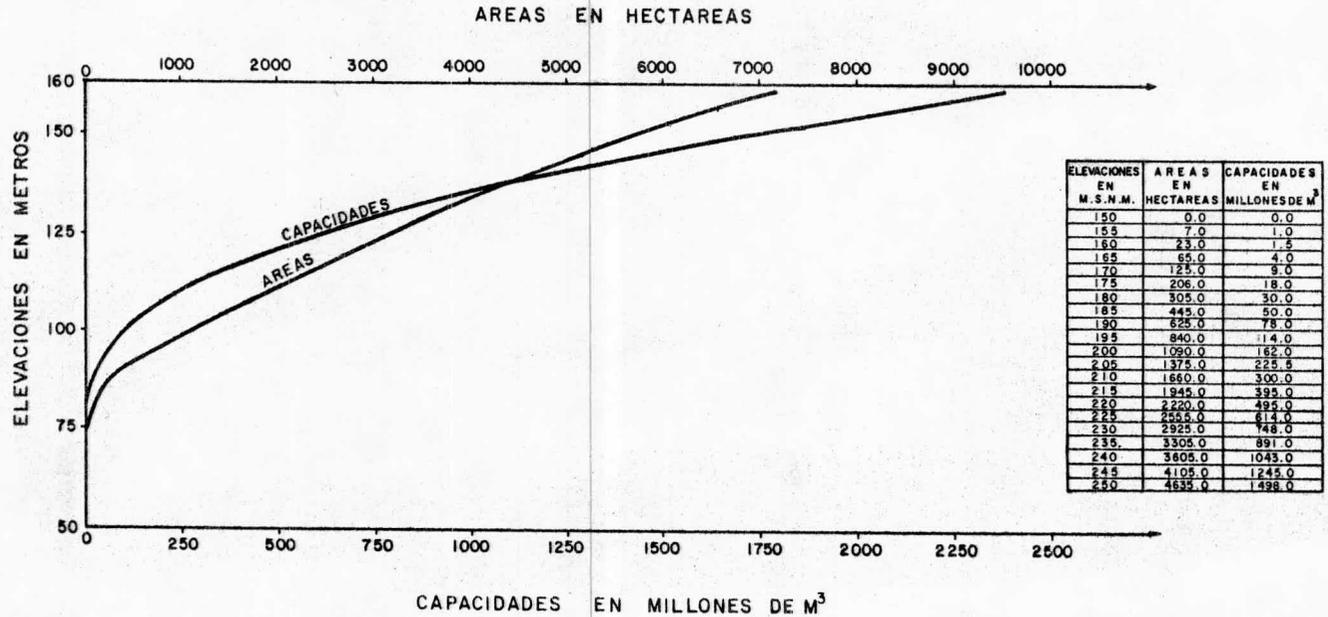
5.2) Funcionamiento de los Vasos

Para efectuar la simulación de los vasos, se empleó la ecuación de continuidad que depende, en forma directa, de los volúmenes de agua que entran en el vaso (E), en un intervalo considerado, y el volumen que sale del vaso (S), durante el mismo intervalo, lo que genera una variación en el volumen almacenado (ΔV), que en forma aritmética sería:

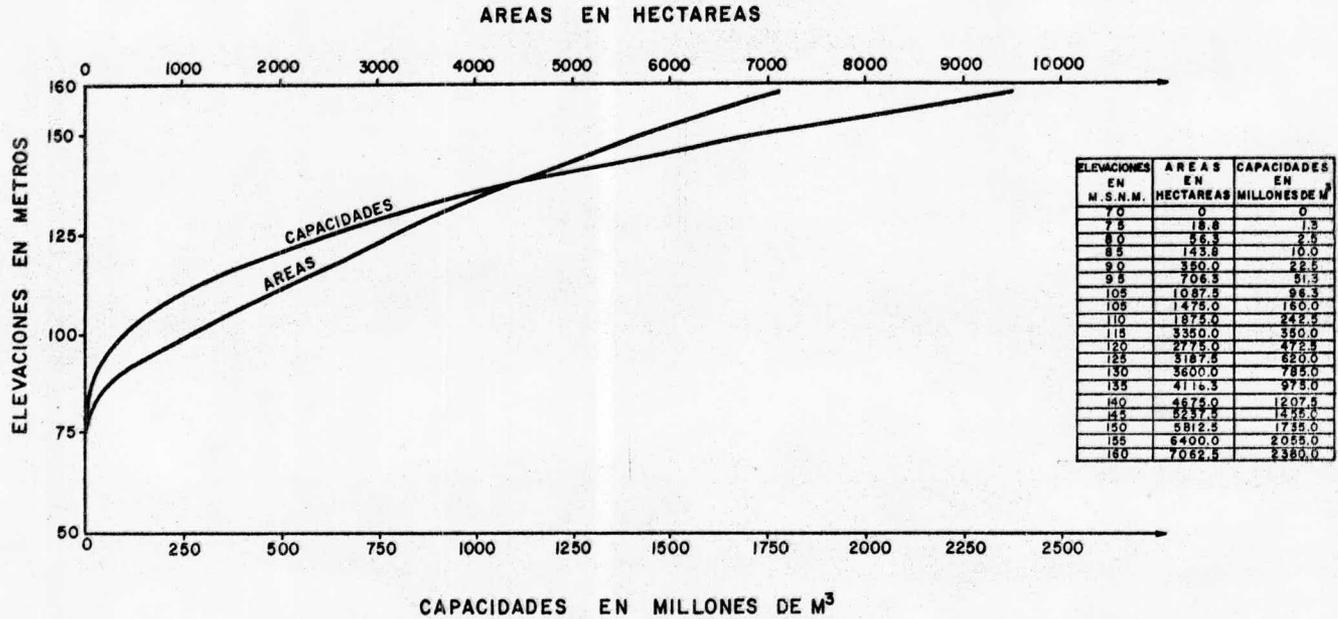
$$E - S = \Delta V$$

Es de criterio común desglosar cada una de las literales, de la fórmula anterior, en diferentes factores. Así por -- ejemplo, las entradas (E) provienen de los escurrimientos generados en la propia cuenca (Ap), de los escurrimientos que provienen de -- otras cuencas (T), cuando hay intercomunicación, y de la precipitación pluvial (P) sobre el vaso. Las salidas (S) están formadas por los volúmenes que se extraen para satisfacer la demanda (D), por -- las pérdidas debidas a evaporación (Ev) e infiltración (I) y por -- los derrames (R) a través de la obra de excedencias. Cabe aclarar

GRAFICA (5.1.1)
VASO ACATEPEC



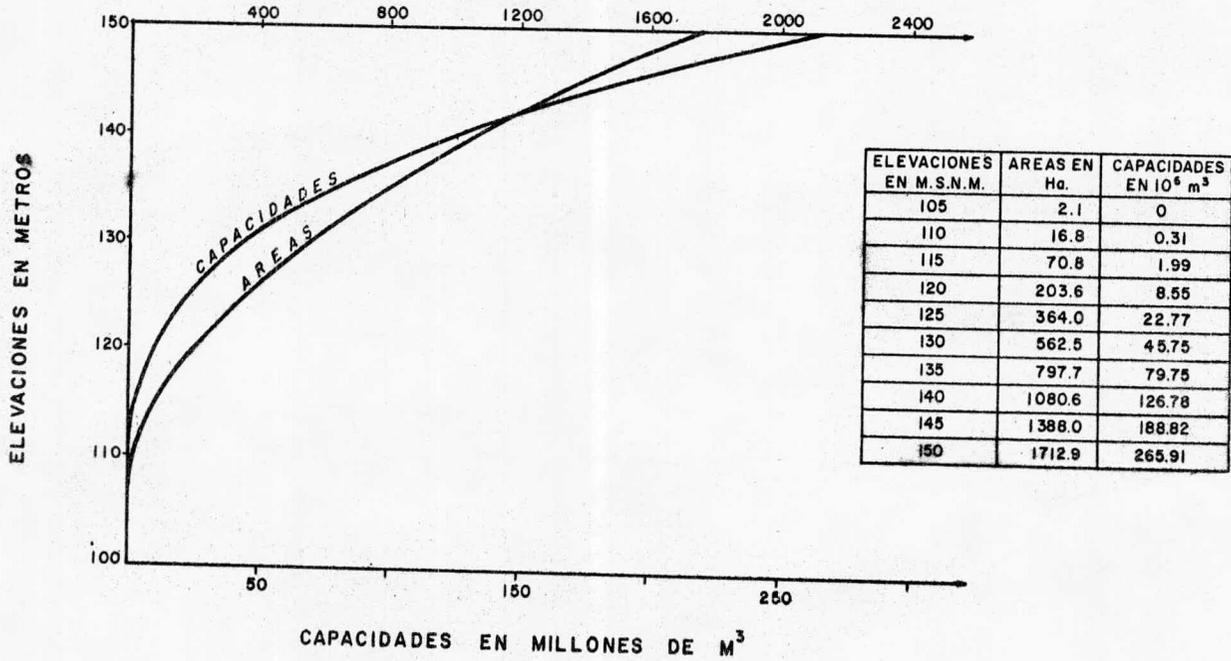
GRAFICA (5 I. 2)
VASO LOS HULES



GRAFICA (5.1.3)

VASO CAMAITLAN

AREAS EN HECTAREAS



que la infiltración (I), es un valor difícil de medir directamente, es de poco uso y solamente suele calcularse cuando se considera que su magnitud es representativa.

Además, la precipitación (P) y la evaporación (E_v) se relacionan para formar la evaporación neta (E_n) en el vaso, que puede ser un valor positivo o negativo.

Cuando se simula el funcionamiento de un vaso a partir de registros históricos, se considera que las condiciones hidrológicas registradas en el pasado se repitieran.

La secuencia de un funcionamiento de vaso puede contemplarse de la siguiente forma:

Primer paso. De la topografía del vaso se obtienen -- las relaciones elevación del nivel del agua-volumen almacenado y elevación del nivel de agua-área de la superficie libre.

Segundo paso. Se inicia el cálculo a partir de un nivel inicial (h_1) y de los valores correspondientes del volumen almacenado (V_1), y el área de la superficie libre (A_1). Es conveniente empezar el -- -- cálculo al final de la temporada de lluvias, con el

nivel de aguas máximas como nivel inicial. Sin embargo, conviene simular el funcionamiento del vaso con otras condiciones iniciales y verificar en cuánto tiempo sus funcionamientos son similares.

Tercer paso. Con las entradas y salidas se calcula, en una primera aproximación, el volumen al final del intervalo (V_{i+1}^1), que está en función del volumen inicial (V_i), de los escurrimientos generados en la propia cuenca (A_p), de los escurrimientos que provienen de otras cuencas (T) y el volumen de demanda por satisfacer (D), o sea:

$$V_{i+1}^1 = V_i + A_p + T - D$$

(el superíndice indica que se trata de la primera aproximación)

Cuarto Paso. Con el volumen obtenido en el paso anterior, se determinan los valores correspondientes del nivel del embalse (h_{i+1}) y área (A_{i+1}) que cubre el mismo, al final de ese intervalo y se calculan los valores medios.

$$\bar{h} = 0.5(h_i + h_{i+1})$$

$$\bar{A} = 0.5(A_i + A_{i+1})$$

Quinto paso. Se obtiene una nueva aproximación del volumen correspondiente al final del intervalo.

$$V_{i+1}^2 = V_i + A_p + T - D \pm E_n - I$$

Sexto paso. Si el nuevo volumen calculado, (V_{i+1}^2) , es semejante al anterior, (V_{i+1}^1) , se continúa con el paso séptimo, si no, se repite el proceso a partir del cuarto paso hasta que $(V_{i+1}^k = V_{i+1}^{k+1})$. Se recomienda utilizar como criterio de comparación a la aproximación que tiene, el valor absoluto de la diferencia de volúmenes final (V_{i+1}^{k+1}) e inicial (V_{i+1}^k) , con respecto al volumen útil de la presa, o sea.

$$|V_{i+1}^{k+1} - V_{i+1}^k| \leq V_u / 100$$

Séptimo paso. Cuando en el resultado del cálculo se obtiene un volumen (V_{i+1}^k) mayor que el volumen correspondiente al NAMC (V_u) , se registra un volumen de excedente igual a la diferencia y se considera que $V_{i+1}^k = V_u$; cuando (V_{i+1}^k) es menor que el volumen mínimo aceptable en el vaso (V_m) , se consigna un volumen de déficit igual a la diferencia y se considera que $V_{i+1}^k = V_m$.

Octavo paso. Se calculan las condiciones para el nuevo intervalo de tiempo (Δt), a partir del tercer - paso.

Debido a que se hacen, muchas iteraciones, es necesario el empleo de computadoras digitales, ya que permite simular diferentes alternativas, con diferentes características, en un lapso de tiempo pequeño.

Utilizando el algoritmo de funcionamiento de vaso, que la S.A.R.H. emplea, el cual contiene ciertas especificaciones, que se determinaron mediante el análisis de la relación que existe entre la factibilidad económica de la presa y las deficiencias que se pueden aceptar en la misma, se hizo lo mismo para este trabajo.

Las especificaciones más importantes que considera la S.A.R.H. para realizar el funcionamiento de vaso son:

Los volúmenes de los escurrimientos serán mensua--les, procurando que los periodos de que se dispone para el análi--sis respectivo sean de la mayor duración posible

La deficiencia máxima en un año no será mayor que el 60% del volumen demandado.

En dos años consecutivos, la deficiencia acumulada no superará al 90% del caudal respectivo de la demanda, con un - - máximo anual del 55%.

En tres años consecutivos la deficiencia total no superará al 110% del volumen demandado anualmente, restringiendo - la deficiencia anual máxima al 50% del caudal respectivo.

No serán aceptables deficiencias por más de tres - años consecutivos, y en promedio, una cada cuatro años.

La suma de los porcentajes de deficiencias para el período de estudio no excederá del 5% en promedio anual.

5.3) Simulación de Alternativas

Considerando que se cuenta con tres corrientes factibles de su aprovechamiento, se planteó la posibilidad de aprovechar en forma aislada a cada una de dichas corrientes, con el fin de saber el potencial de agua de cada uno, se simuló el funciona-- miento de vaso de cada sitio. Dicha simulación se realizó, consi-- derando para cada vaso, diversas capacidades de conservación. La razón de simular una presa de almacenamiento a distintas capacida-- des, es el disponer de una curva representativa de un sinnúmero de soluciones que posiblemente se requiera.

Los resultados de dichas simulaciones se presentan en el Cuadro (5.3.1), y además, se obtuvieron las curvas representativas, mismas que se muestran en la gráfica (5.3.2).

Como puede apreciarse, en las gráficas antes referidas, el vaso que presenta mayor potencial hidráulico, es el correspondiente al del río Los Hules, aunque, cabe señalarse que el vaso Acatepec, sobre el río Calabozo, presenta una potencialidad comparable con la del vaso anterior y debe de considerarse con una factibilidad similar. En cuanto al vaso Camaitlán, se puede observar que a una capacidad muy grande, su extracción solo alcanza a satisfacer una superficie muy reducida, razón por el que lo hace menos factible.

Conviene aclarar que los vasos Los Hules y Acatepec, además de presentar factibilidad en la satisfacción de la demanda propuesta, son sitios en los que se pudiera construir presas grandes para uso múltiple (aunque es menester de una investigación más a fondo).

De acuerdo al anterior análisis, del funcionamiento del vaso Los Hules, se puede resumir, que para satisfacer la demanda de riego se requiere una presa de almacenamiento, con una capacidad de conservación de 70 millones de m³

CUADRO (5.3.1)

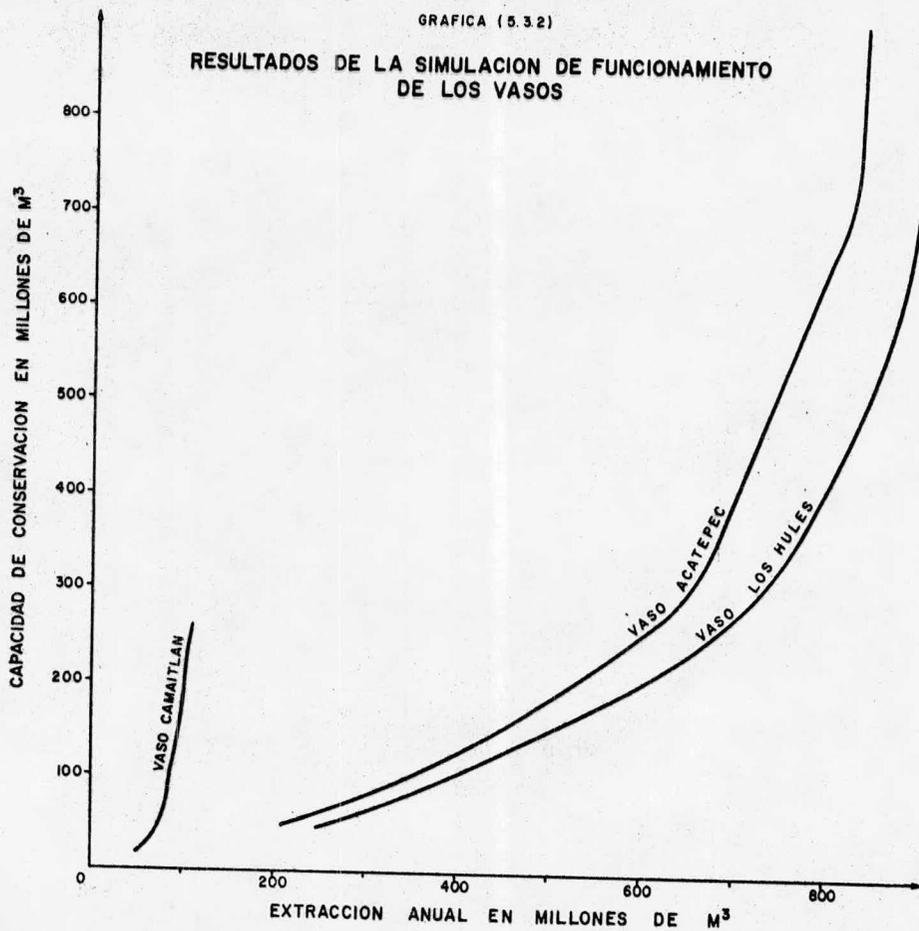
RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS VASOS

ACATEPEC, LOS HULES Y CAMAITLAN PARA RIEGO

CONCEPTO .	UNIDAD.	R E S U L T A D O S .						
		<u>VASO ACATEPEC</u>						
Capacidad de azolves	mills. m ³	5	5	5	5	5	5	5
Capacidad de conservación	"	50	100	200	300	500	700	900
Demanda anual	"	211.52	340.14	518.12	658.5	742.57	836.5	843.17
Superficie regada	Ha	26 863	43 198	65 801	83 629	94 306	106 236	107 082
Años con deficiencia	No	5	4	4	4	3	3	3
Deficiencia máxima anual	%	9.51	9.10	23.26	32.10	44.85	52.25	32.98
Déficit medio anual	"	1.50	2.00	3.21	4.91	4.53	4.99	3.86
Aprovechamiento	"	22.72	36.35	54.69	68.13	77.11	86.08	87.77
Derrame	"	77.49	63.98	45.79	32.45	23.73	14.92	13.44
Evaporación	"	-0.21	-0.33	-0.48	-0.58	-0.84	-0.99	-1.21
		<u>VASO LOS HULES</u>						
Capacidad de azolves	mills. m ³	5	5	5	5	5	5	5
Capacidad de conservación	"	50	100	200	300	500	700	900
Demanda anual	"	250.3	390.4	600.3	740.5	844.1	907.2	907.2
Superficie regada	Ha	31 788	49 581	76 238	94 043	107 201	115 214	115 214
Años con deficiencia	No	5	5	5	5	3	4	3
Deficiencia máxima anual	%	7.75	6.05	25.6	31.18	40.57	47.21	35.57
Déficit medio anual	"	1.52	1.51	4.06	5.0	5.0	4.91	3.37
Aprovechamiento	"	26.0	39.6	59.3	72.3	82.3	88.29	89.71
Derrame	"	74.2	60.7	41.2	28.3	14.5	12.64	11.38
Evaporación	"	-0.24	-0.36	-0.48	-0.57	-0.81	-0.93	-1.09
		<u>VASO CAMAITLAN</u>						
Capacidad de azolves	mills. m ³	1	1	1	1	1	1	1
Capacidad de conservación	"	20	60	100	140	200	240	260
Demanda anual	"	50.63	81.28	86.62	93.74	102.04	105.6	109.75
Superficie regada	Ha	6 430	10 322	11 000	11 905	12 959	13 411	13 938
Años con deficiencia	No	4	4	3	3	5	5	5
Deficiencia máxima anual	%	42.45	62.61	38.14	37.08	23.79	20.38	22.32
Déficit medio anual	"	2.61	4.83	3.28	3.02	3.44	3.35	4.47
Aprovechamiento	"	53.24	82.55	89.00	95.84	102.25	102.38	102.34
Derrame	"	48.08	19.83	14.33	7.66	0.88	0.59	0.29
Evaporación	"	-1.32	-2.38	-3.33	-3.50	-3.23	-2.97	-2.63

GRAFICA (5.3.2)

RESULTADOS DE LA SIMULACION DE FUNCIONAMIENTO DE LOS VASOS

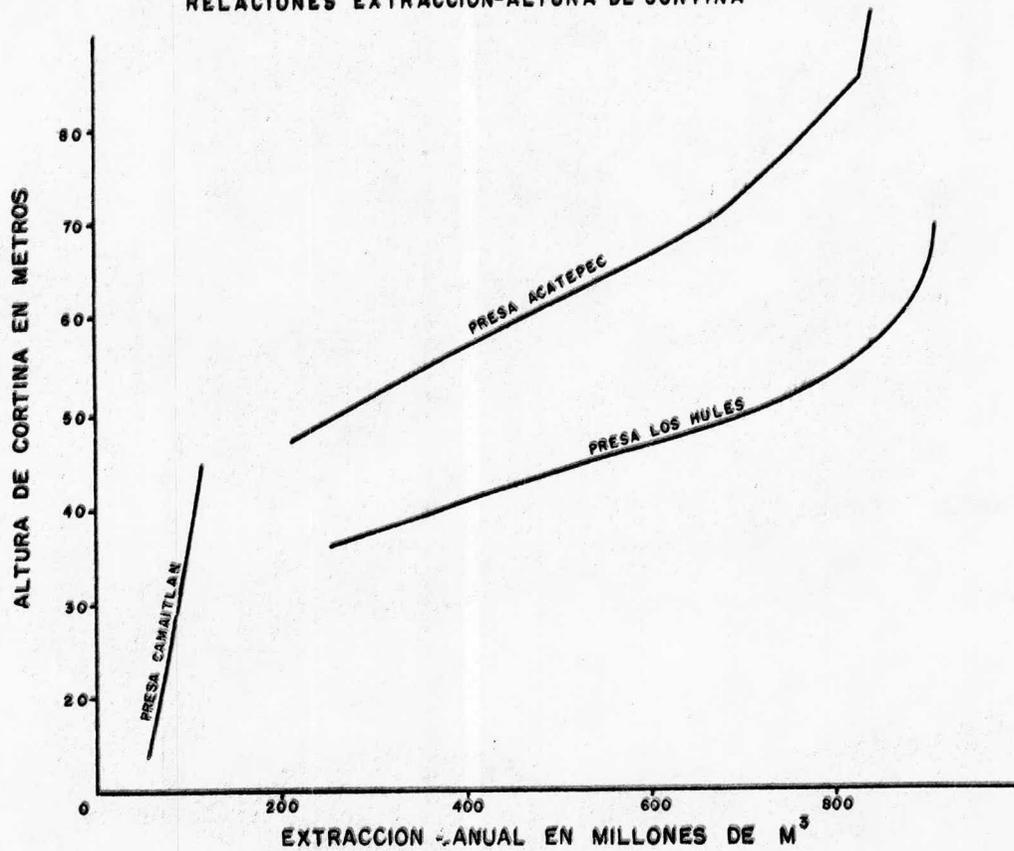


Con el fin de elegir la presa que convendría, se -
graficó la relación existente entre la altura de cortina (asociada
a su capacidad) y el volumen de extracción que se pueda obtener.
La gráfica (5.3.3) muestra esa relación.

De acuerdo con la citada gráfica, la presa que se
eligió, fué la del río Los Hules, ya que, para satisfacer la misma
demanda, requiere una altura menor que las otras posibles presas.

GRAFICA (5.3.3)

RELACIONES EXTRACCION-ALTURA DE CORTINA



CAPITULO VI

DETERMINACION DE LAS AVENIDAS DE DISEÑO

6.1) Generalidades

En el desarrollo de los proyectos relacionados con los aprovechamientos hidráulicos, uno de los principales problemas corresponde a la determinación de las avenidas de diseño que regirán las obras de protección del proyecto.

Una avenida es el producto del escurrimiento por - la lluvia y/o el deshielo de las corrientes para niveles bajos.

De acuerdo a lo anterior, el complejo problema de la selección de la avenida de diseño se resuelve generalmente por experiencia y juicio, más que por un procedimiento técnico rígido. En sí, el hombre puede hacer poco para evitar una gran avenida pero puede reducir el daño a los cultivos y a las propiedades en la planicie de inundación del río. Entre las medidas de seguridad - que comunmente se emplean están:

- a) Reducción del escurrimiento máximo por medio de va sos de almacenamiento.

- b) Encauzamiento del escurrimiento,
- c) Rectificación del cauce.
- d) Derivación de las aguas de avenida por obras de desvío o cauces de alivio.

Cabe aclarar que en la mayoría de proyectos para -- control de avenidas comprenden combinaciones de las medidas antes citadas.

La metodología a seguir para obtener la avenida de diseño de las estructuras hidráulicas depende de la información disponible en la región, de la cuenca en estudio y de las características de dicha cuenca. La magnitud de la avenida es función directa del período de retorno que se le asigne, el que a su vez dependerá de la importancia de la obra y de la vida útil de ésta.

Hasta la fecha existe infinidad de métodos para determinar las avenidas, dependiendo del origen de la información con que se cuente, sobresaliendo o por su difusión y fácil aplicación -- los *métodos empíricos*, basados en las características de la cuenca, y en general puede decirse que sólo se requiere del conocimiento del área de la cuenca y de un coeficiente de escurrimiento. Estos métodos, debido a su sencillez, tienen gran difusión pero, también pueden involucrar grandes errores, ya que el proceso de escurrimiento es mucho más complejo como para resumirlo en una fórmula de tipo --

directo, en la cual, sólo interviene el área de la cuenca y un coeficiente de escurrimiento. Tales métodos proporcionan únicamente el gasto máximo instantáneo.

Entre los métodos comunmente usados están: el de envoltentes de caudales máximos, la fórmula de Ramser y la fórmula de Creager.

Otra forma de determinar la avenida máxima es por medio de los *métodos estadísticos*. Para su aplicación es necesario -- contar con los gastos máximos anuales. Cuantos más datos se tengan, mayor será la aproximación. Todos los métodos estadísticos se basan en considerar que el gasto máximo anual es una variable aleatoria que tiene una cierta distribución. El problema se origina en que existen muchos tipos de distribuciones que se apegan a los datos y que sin embargo difieren en los extremos. Entre los métodos estadísticos más comunes están: el de Gumbel, el de Nash y el de Lebediev.

En algunos métodos, para calcular la avenida máxima, se emplean curvas teóricas de probabilidades, por lo que toman el nombre de *métodos probabilísticos* y para su aplicación es necesario formar un registro de datos de los gastos o avenidas, y calcular un coeficiente de variación (C.V.) y un coeficiente de desviación (C.S.) y con estos coeficientes se determinan ciertos - - -

factores tabulados para trazar la correspondiente curva de probabilidades. La curva y los datos originales se colocan generalmente en papel logarítmico de probabilidades y luego la curva teórica se extiende más allá de los límites del registro original para obtener estimaciones de avenidas que tengan cualquier probabilidad.

De este tipo de métodos, los más comunes son: la curva desviada de Allen Hazen y el de Foster.

Otros métodos que han tenido gran difusión y bastante aceptación, por la confiabilidad de sus resultados, son los *racional-probabilísticos*; porque se aplican en lugares donde no se dispone de aforos, pero se hacen intervenir las características de la cuenca, tales como su forma, la forma de concentración del agua, la longitud y pendiente del cauce etc.

De estos métodos, los más empleados son: el de Ven Te Chow, el de I-Pai-Wu y el de Gregory y Arnold.

De acuerdo con las características de la información hidrométrica disponible, se aplicaron tres tipos de métodos: los estadísticos —Gumbel, Nash y Lebediev—, el racional probabilístico —Gregory-Arnold— y los probabilísticos —Allen Hazen y Foster—.

En los estadísticos, probabilísticos y en la

mayoría de los métodos que presentan una función de frecuencias el profesor VenTe Chow, ha demostrado que pueden ser generalizadas por la ecuación:

$$X = \bar{X} + K \sigma_x$$

donde (X) representa la avenida máxima, asociada a una probabilidad dada, (\bar{X}) es la media de la serie de avenidas máximas anuales registradas, (σ_x) la desviación estándar de la serie y (K), un factor de frecuencias definido para cada distribución, siendo una función del nivel de probabilidad asignada a la avenida (X). Además cada función presenta un incremento a la avenida máxima (ΔQ), de acuerdo al nivel de probabilidad que se haya considerado, con el fin de tener en cuenta la dispersión que presente la función de frecuencia, y así, al determinar la avenida de diseño se tenga la seguridad de que el riesgo que se toma, es el adecuado.

A diferencia de los anteriores métodos, el utilizado por Gregory-Arnold, requiere para su aplicación, contar con las características de la cuenca, tales como su forma, la forma de concentración del agua, la longitud, pendiente, tamaño, etc., y aplicando la siguiente expresión se calcula la avenida máxima.

$$Q_d = 0.2086 (CAR_n FB)^{1.1429} H^{0.5714} S^{0.2143}$$

En esta ecuación; (C) es el coeficiente de escurrimiento, que depende del clima, de la precipitación, de la clase de terreno y de la magnitud del área; (A) es el área de la cuenca en ha; (R_h) la intensidad media de la lluvia para un tiempo dado, en cm/hs; (F) un factor que depende de la forma y naturaleza del cauce; (B) es la relación que existe entre la forma de la cuenca, el modo de concentración del agua (P), en ella y la longitud del cauce (L), a través de la expresión.

$$B = \sqrt{\frac{P}{L}}$$

La variable (H) representa el tiempo de lluvia considerado, en horas y (S) es la pendiente media del cauce principal, en milésimos.

Ahora bien, considerando que la única corriente que será afectada por un almacenamiento, de acuerdo al capítulo anterior, es la del río Los Hules, se procedió al cálculo de sus avenidas de diseño; entre éstas se consideraron con más relevancia, las avenidas para el diseño de la obra de desvío y para el diseño de la obra de excedencias.

6.2) Avenida de Diseño para la Obra de Desvío

Como es sabido, en forma general, no es - - - - -

económicamente factible hacer una obra para desviar la mayor avenida que haya ocurrido o que se pueda suponer que escurra en el emplazamiento y, por tanto, la decisión recomendable será emplear una de menor magnitud.

Al elegir la avenida que debe considerarse en las obras de desvío deberá tomarse en cuenta lo siguiente:

- a) Tiempo que durará la construcción de la presa.
- b) Costo de posibles daños a la obra completa o partes en construcción si se inunda.
- c) Costos por atraso, ocasionados por la reparación de daños producidos por la avenida.
- d) Seguridad de los trabajadores u otras personas debido a inundaciones anormales.

En términos generales, es posible considerar una -- avenida de diseño para la obra de desvío en función directa del -- riesgo que se ha de tomar. Si se considera que el período de retorno (T) de un evento hidrológico de magnitud dada (Y) se define como el intervalo promedio de tiempo dentro del cual ese evento puede -- ser igualado o excedido por lo menos una vez en promedio. Si un -- evento igual o mayor a (Y) ocurre una vez en (T) años, su probabilidad de ocurrencia P (Y) es igual a 1 en (T) casos, o sea que:

$$T = \frac{1}{P(Y)}$$

La definición anterior permite el siguiente desglose de relaciones de probabilidades:

i).- La probabilidad de que (Y) ocurra en cualquier año

$$P(Y) = \frac{1}{T}$$

ii).- La probabilidad de que (Y) no ocurra en cualquier año

$$P(\bar{Y}) = 1 - P(Y) = 1 - \frac{1}{T}$$

iii).- La probabilidad de que (Y) no ocurra en (n) años sucesivos

$$P(\bar{Y})^n = \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

iv).- La probabilidad conocida como riesgo de ocurrencia (R) de que (Y) ocurra al menos una vez en (n) años sucesivos

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Si se considera que (n) sea la vida de diseño operacional de una --

obra, la última ecuación permite determinar, a partir de la asignación de un cierto riesgo de que la obra falle, el período de retorno de la misma.

Tomando en cuenta lo anterior y considerando que la obra de desvío tendrá por objeto, dejar en seco el sitio de construcción de una cortina y las obras auxiliares durante el período de construcción, se determinó la avenida de diseño asignándole un período de retorno de 20 años. Dicha estimación se realizó por los métodos de Gumbel, Nash, Foster y la curva desviada de Allen-Hazen, considerando los gastos máximos anuales instantáneos registrados en la estación Los Hules.

Los resultados fueron los siguientes:

METODO	GASTO MAXIMO (m ³ /seg)
FOSTER III	2 412.3
ALLEN-HAZEN	2 452.6
GUMBEL	3 400.4
NASH	2 906.8
<hr/>	
PROMEDIO	2 793.0 m ³ /seg.

Para complementar la información, se determinó la -

misma avenida, por el método de Gregory y Arnold, con la que resultó una magnitud de $3\ 922.9\ \text{m}^3/\text{seg}$ por lo que se consideró como factible, para el diseño de la obra de desvío, una avenida de - - - - $3\ 500\ \text{m}^3/\text{seg}$.

6.3) Avenida de Diseño para la Obra de Excedencias

Tomando como base, que la obra de excedencias, es la más importante obra de control en una presa y por lo tanto, la que se diseñará considerando un riesgo de falla mínimo. Es por esto, que, al determinar la avenida de diseño que pasará a través de esta obra, el período de retorno que se considera es el de - - - - - 10 000 años, lo que genera un riesgo aproximado del 1% en 100 años de vida útil de la obra.

La avenida de diseño probable para un período de retorno de 10 000 años, por los métodos de Gumbel, Nash, Foster la curva desviada de Allen-Hazen y Lebediev, se estimó en:

METODO	GASTO MAXIMO (m ³ /seg)
GUMBEL	7 514.6
NASH	7 251.7
FOSTER III	7 001.3
ALLEN-HAZEN	10 727.4
LEBEDIEV	8 384.3
<hr/>	
PROMEDIO	8 175.9 m ³ /seg

Con el mismo fin se calculó la avenida probable, -- utilizando el método empírico de Gregory y Arnold, del cual resultó una magnitud de 10 263 m³/seg. Con base en lo anterior se consideró una avenida de diseño para la obra de excedencias, de una magnitud de 10 000 m³/seg.

6.4) Tránsito de la Creciente Máxima Probable

Con el fin de controlar la avenida máxima y determinar el tamaño total de la presa Los Hules, se efectuó la simulación del tránsito del tren de avenidas del río del mismo nombre, considerando un vertedor de cresta libre de 60 mts de longitud a una capacidad de conservación de 70 millones de m³.

Cabe aclarar que el hidrograma que se simuló, fué el registrado en la estación Los Hules en el mes de septiembre de 1975 maximizándose hasta alcanzar el valor numérico de la avenida máxima probable. En la gráfica (6.4.1) se muestra el resultado de dicha simulación donde se aprecia además, el hidrograma de entrada, con el que se realizó el tránsito.

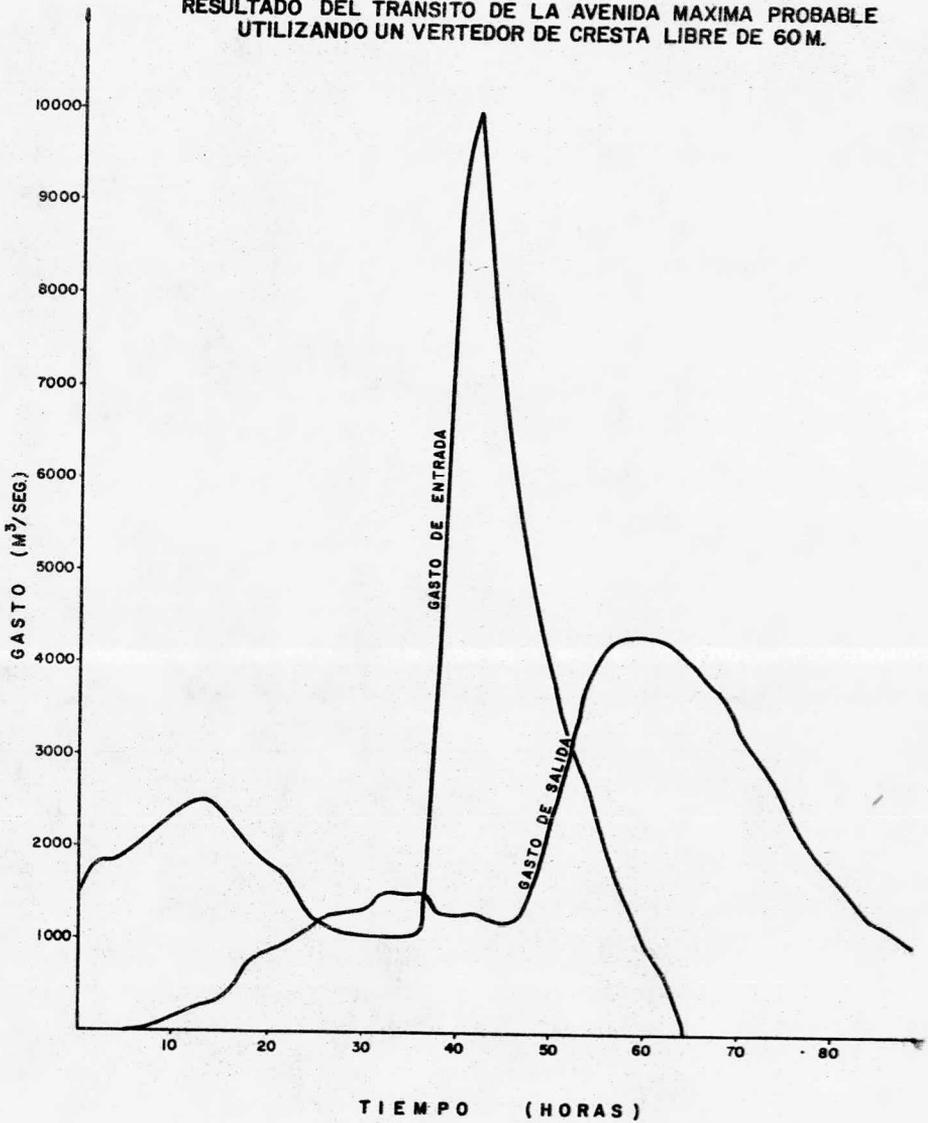
Con los resultados de la simulación se determinaron las:

CARACTERISTICAS DE LA PRESA LOS HULES

CAPACIDAD TOTAL -mills de m ³ -	ELEVACION DE CRESTA VERTEDORA - m.s.n.m. -	CARGA SOBRE EL VERTEDOR - m -	GASTO MAXIMO DE DESCARGA - m ³ /seg -	N.A.M.E. -m.s.n.m-
70	97.5	10.3	4 424	107.8

GRAFICA (6.4.1)

RESULTADO DEL TRANSITO DE LA AVENIDA MAXIMA PROBABLE
UTILIZANDO UN VERTEDOR DE CRESTA LIBRE DE 60 M.



CAPITULO VII
PRESUPUESTO DE LA OBRA

7.1 } Concepción General

Con la idea de tener un patrón comparativo, desde el punto de vista económico, a un nivel muy preliminar se elaboró el antepresupuesto de las obras propuestas. Con este fin se estableció el anteproyecto de las obras por realizar, el cual se basó en los datos de proyecto siguientes:

Elevación aproximada del fondo del cauce	70.0 m.s.n.m.
Elevación del unbral de la obra de toma	81.0 "
Elevación de la cresta vertedora	97.5 "
Elevación del NAME	107.8 "
Elevación de la corona	110.0 "
Bordo Libre	2.2 "
Capacidad de azolyes	5.0 milis de m ³
Capacidad útil	70.0 "
Capacidad a la cresta vertedora	75.0 "
Capacidad al NAME	230.0 "
Superalmacenamiento	155.0 "
Gasto de diseño del vertedor	4 424.0 m ³ /seg
Longitud de la cresta vertedora	60.0 m

Cabe señalar que la capacidad útil de la presa se definió con base en el estudio de la simulación del funcionamiento del vaso, atendiendo a las limitaciones usuales de deficiencias y considerando los requerimientos del programa de cultivos.

También hubo necesidad de llevar el análisis del tránsito de la avenida de diseño, por el vaso, utilizando como estructura de descarga un vertedor libre. Este análisis se realizó con computadora y sus resultados permitieron definir la capacidad del vertedor, 4 424.0 m³/seg, y el nivel máximo que alcanzarían -- las aguas en el vaso, correspondiente a la elevación 107.8 m.s.n.m. Considerando un bordo libre de 2.2 m, la corona de la presa se fijó a la cota 110.0 m.s.n.m.

De acuerdo con las características geológicas y topográficas de la boquilla, se presume que, convendría una presa de materiales graduados constituida por un corazón amplio, impermeable de arcilla, con taludes de 0.5:1, filtro de grava y arena con talud de 1:1 hacia ambos parámetros, y unos respaldos de material permeable con boleos grueso con taludes de 2:1, protegidos con chapas de enrocamiento de 2 y 3 m. de espesor.

La presa tendría una altura máxima de 40.0 m medidos desde el desplante, con corona de 10 m de ancho a la elevación 110.0 m.s.n.m. con una longitud de 590 m. En la parte baja del - -

cauce se pretende excavar una trinchera de 3 m de longitud para el apoyo del material impermeable sobre la roca.

Los volúmenes estimados por colocar en la presa --
son:

Material impermeable	547,652	m ³
Grava y arena para filtros	77,740	m ³
Material permeable con respaldos	799,688	m ³
Enrocamiento en chapas	313,147	m ³
	<hr/>	
	1'738,225	m ³

El vertedor se encontraría alojado sobre la margen izquierda, con cresta vertedora a la cota 97.5 m.s.n.m. La longitud del cimacio sería de 60 m, diseñado para un gasto de - - - - - 4 424 m³/seg.

La obra de toma deberá estar colocada sobre la cota 81.0 m.s.n.m.

7.2) Precios Indice

Los valores en los precios indice se integraron con los precios existentes de proyectos realizados cerca de la zona.

Los precios indice que se consideraron fueron:

Para la presa de almacenamiento con cortina de materiales graduados se obtuvo un costo de \$ 253.13/m³, que incluye costos de cimentación, de cortina, obra de excedencias, obra de toma y obra de desvío.

El precio índice de \$ 7,550.00/ha corresponde a la zona de riego que incluye, las obras complementarias, los trabajos preagrícolas, maquinaria y equipo para la conservación de la zona y el pago de indemnizaciones en la zona de riego.

El precio índice correspondiente al canal principal, que es el que conducirá el agua hasta la zona de riego, el cual fué estimado en \$ 4.17 millones/Km. Y de acuerdo con el estudio topográfico se determinó una longitud del canal de 28 Km.

Para el sistema de distribución, drenaje y el sistema de caminos se estimó un precio índice de \$ 25,395.8/ha.

7.3) Antepresupuesto

De acuerdo a los costos índice del inciso anterior, los volúmenes de materiales, superficie por aprovechar y el costo de los demás sistemas de apoyo para el desarrollo del proyecto, el antepresupuesto para el proyecto sería el mostrado en el Cuadro - - (7.3.1).

CUADRO (7.3.1

ANTEPRESUPUESTO DE LA CORTINA LOS HULES

No. Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Indice	IMPORTE (millones de pesos)
1.- Presa de Almacenamiento	m ³ /colocado	1 738 225	253.1 \$/m ³	439.94
2.- Trabajos Preagrícolas	ha/afectada	31 000	7 550.0 \$/ha	234.05
3.- Canal Principal	Km	88	4 170 000.0 \$/km	366.96
		Suma		1 827.22
		Imprevistos 15%		274.08
		Subtotal		2 101.30
		Ingeniería y Administración 15%		315.19
		T o t a l		2 416.49

Como puede verse en el cuadro anterior, el costo -
que tendría el desarrollo del proyecto de Los Hules sería de - - -
\$ 2,416.49 millones de pesos. Cabe aclarar que se está considerando un (15%) adicional al costo de las obras por efectos no previstos en la cuantificación de volúmenes de obra, así como también, en el cálculo de los precios unitarios de cada concepto y los desperdicios que puedan generarse, en la realización de las obras.

El porcentaje (15%), correspondiente a Ingeniería y Administración, se debe principalmente a el trabajo de gabinete y - asesoría de Ingeniería que se hace necesario para la elaboración de los programas de trabajo y desarrollo programado de las obras.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto Hules-Calabozo contempla como finalidad básica el riego de aproximadamente 31 000 ha., mediante la utilización de los escurrimientos del río Los Hules. Para el aprovechamiento de dicho régimen, se determinó que la obra más adecuada sería una presa de almacenamiento, ya que el régimen del río presenta épocas de poco escurrimiento, lo que hace necesario su regulación mediante un embalse.

El sitio de aprovechamiento donde estaría la presa, cuenta con un área de captación de 1 263 Km², mientras que el río lleva un volumen anual de 968.9 millones de m³

Las demandas de riego, determinadas a partir del estudio del uso consuntivo, fueron obtenidas por medio de un modelo de programación lineal, el cual arrojó como resultado unas láminas óptimas neta y bruta de 0.79 y 1.27 m, respectivamente, considerando que la red de canales de conducción y distribución será revestida.

En vista de que la obra de cabecera estará formada por una presa de almacenamiento, se determinó, por medio del funcionamiento del vaso, que la capacidad necesaria para satisfacer la demanda debería ser de 70 millones de m^3 . Además, por medio de la simulación del tránsito del tren de la avenida máxima probable, considerando un vertedor de cresta libre de 60 m., se determinó que las características de la presa deberían ser.

Longitud de la presa	590.0 m.
Altura de la cortina	40.0 m.
Elevación de la obra de toma	81.0 m.s.n.m.
Elevación de la corona	110.0 m.s.n.m.
Capacidad azolves	5.0 mills de m^3
Capacidad útil	70.0 "
Longitud del vertedor	60.0 m.

Considerando que la presa sería de materiales graduados se calculó el volúmen de materiales que requerirá para su construcción y en forma preliminar se determinó el costo que tendría el proyecto, de llevarse a cabo, el cual ascendió a \$ 2 416.49 millones de pesos.

Como conclusión del trabajo, cabe mencionar que en la elaboración de proyectos de riego, el manejar los parámetros hidrológicos adecuados y congruentes con las necesidades es de enorme importancia, ya que cualquier error en la consideración de tal o

cual parámetro, repercutirá en el costo, desarrollo y operación de las obras hidráulicas del proyecto. Además, de hecho, aunque los parámetros hidrológicos por sí mismos no determinan las características de las obras, sí influyen básicamente en la elección del -- tipo de obra que requiera el proyecto.

APENDICE I

Observaciones Mensuales de las Estaciones

Climatológicas

EVAPORACION
ESTACION LOS HULES, VER.

(MM)

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1961			110.8	138.3	167.8	135.5	112.8	126.1	100.0	93.0	49.2	50.8	-
1962	62.4	98.7	113.4	112.6	149.2	150.1	141.4	160.6	121.9	107.0	83.4	44.4	1 330.1
1963	56.3	91.3	136.7	177.5	166.7	173.8	131.4	143.1	130.4	94.8	80.9	39.5	1 422.4
1964	59.8	68.2	110.4	120.9	187.2	139.9	130.7	173.2	124.8	97.4	82.4	53.0	1 207.9
1965	57.6	61.7	87.4	129.1	157.7	165.7	130.6	104.9	116.5	91.0	77.7	53.2	1 238.1
1966	41.1	56.9	85.2	127.9	156.3	145.0	139.2	135.2	126.6	92.7	78.6	61.5	1 246.2
1967	62.3	-	134.0	175.7	186.0	167.7	176.8	166.2	132.8	90.5	70.1	54.7	-
1968	50.6	59.9	98.0	131.6	147.9	141.7	112.5	106.9	96.0	90.0	56.9	56.8	1 149.7 *
1969	63.5	63.2	72.4	111.3	147.3	170.0	147.1	137.3	121.8	106.9	58.9	55.3	1 255.0
1970	-	-	75.7	124.8	146.7	148.3	141.1	145.0	109.9	91.3	64.8	63.2	-
1971	79.0	89.3	142.0	156.3	170.9	126.0	138.7	129.4	119.6	93.6	70.6	61.0	1 377.3
1972	64.7	74.9	117.7	157.3	123.7	140.3	111.9	121.8	109.4	92.8	60.1	53.9	1 224.6
1973	55.5	57.0	126.5	142.8	162.9	152.1	123.4	126.5	114.3	99.1	81.6	61.9	1 303.6
1974	61.4	83.2	116.3	144.6	135.2	138.2	121.0	142.2	124.0	90.5	73.0	45.5	1 276.0
1975	48.6	80.5	118.5	148.3	220.3	124.7	125.7	126.0	102.0	78.2	76.7	43.6	1 298.1
1976	66.7	111.1	123.6	138.7	141.1	222.6	131.4	118.3	107.4	63.1	36.1	47.4	1 307.5
1977	67.3	126.7	169.0	166.3	256.6	227.5	178.3	210.2	174.3	128.4	68.4	50.2	1 823.2 *
1978	44.0	45.3	99.0	146.2	217.1	147.3	163.9	143.6	116.5	93.8	70.4	53.2	1 340.3
1979	50.2	54.9	89.2	127.9	131.2	145.1	172.2	120.3	130.5	177.8	81.5	59.4	1 339.7
1980	66.7	68.9	123.8	143.9	255.0	190.4	268.7	258.3	135.8	112.7	65.8	49.8	1 739.8
PROMEDIO	58.8	75.1	112.5	141.1	168.8	157.6	144.9	144.8	120.8	99.2	69.4	53.2	1 351.1
DESV. STD.	9.5	21.2	23.9	18.8	39.0	28.3	35.5	36.3	16.9	22.4	12.4	6.4	174.2

* VALORES EXTREMOS.

PRECIPITACION

ESTACION LOS HULES, VER.

(MM)

AÑO.	ENE	FEB	MAR	ARR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1960	-	-	-	-	-	-	-	124.5	110.4	328.3	101.7	61.4	-
1961	72.3	25.8	17.0	.7	26.1	313.6	326.2	136.2	122.8	95.5	130.6	9.1	1 266.8
1962	5.8	14.7	39.0	189.1	10.4	299.3	124.8	35.7	194.0	57.4	97.9	52.3	1 121.8
1963	18.4	21.4	6.4	0.0	63.7	175.4	432.4	52.8	168.9	34.7	16.6	86.1	1 076.8
1964	26.5	14.3	147.3	185.6	143.1	84.7	40.6	23.3	253.0	29.1	242.3	47.9	1 245.7
1965	7.2	67.5	80.0	138.2	6.6	202.1	136.3	313.8	117.6	104.6	48.9	23.0	1 245.8
1966	61.8	57.4	40.6	111.3	115.3	371.6	77.9	84.3	148.9	223.7	41.1	4.1	1 338.0
1967	29.3	-	53.0	5.5	133.8	58.9	66.6	277.8	446.5	166.9	93.3	124.7	-
1968	68.4	39.5	46.3	102.4	147.1	146.7	120.2	155.7	327.6	99.1	62.0	158.5	1 473.5
1969	33.9	86.1	25.2	86.4	159.7	74.9	169.8	403.2	380.6	119.8	81.4	30.8	1 651.8
1970	11.6	98.4	17.2	7.2	98.5	457.7	163.4	123.2	324.7	51.7	7.1	8	1 361.5
1971	.8	15.7	13.4	53.2	83.8	151.7	128.0	122.2	172.0	96.8	50.8	18.7	902.1 *
1972	191.8	48.9	38.1	5.5	157.9	136.9	416.7	133.8	66.2	126.2	102.8	37.6	1 462.4
1973	16.8	66.5	3.7	24.8	98.8	502.3	238.2	455.8	39.7	258.5	3.4	101.8	1 809.3
1974	20.7	48.6	50.3	155.5	105.3	427.8	422.7	64.4	560.9	44.6	147.1	45.4	2 093.3 *
1975	58.2	17.3	16.2	5.2	171.3	68.1	277.2	108.9	585.7	95.2	21.0	41.4	1 550.7
1976	62.9	3.1	69.8	92.4	146.5	269.2	334.9	201.3	265.1	159.6	87.6	33.1	1 725.5
1977	48.0	21.4	15.9	86.1	113.2	29.0	123.9	173.4	187.8	457.5	151.9	34.8	1 442.9
1978	31.3	29.9	40.0	6.4	89.3	414.2	85.1	191.9	396.6	253.3	68.1	30.1	1 636.2
1979	34.7	26.5	57.5	180.1	32.6	176.2	165.3	282.6	263.0	6.5	3.9	106.3	1 335.2
1980	63.4	55.5	24.0	28.4	105.6	75.3	36.7	28.8	479.4	111.2	27.7	73.2	1 109.2
PROMEDIO	43.2	39.9	40.1	73.2	100.4	221.8	194.7	170.4	267.2	138.6	75.6	53.1	1 418.1
DESV. STD.	41.7	26.5	32.8	68.6	50.4	149.5	129.3	119.1	159.1	111.2	59.5	41.7	288.0

* VALORES EXTREMOS.

TEMPERATURA MEDIA
ESTACION LOS HULES, VER.
(GRADOS CENTIGRADOS)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
1960	-	-	-	-	-	-	-	28.1	26.1	26.2	22.7	17.6	-
1961	16.1	19.0	23.1	25.5	29.1	28.1	26.6	27.0	26.2	23.8	20.9	20.5	23.8
1962	17.4	23.4	22.4	24.4	27.2	28.1	27.2	28.5	27.2	26.1	22.0	19.3	24.4
1963	17.1	18.6	24.2	28.7	28.3	29.4	27.0	27.7	27.4	24.5	21.7	15.8	24.2
1964	17.2	18.4	22.7	27.1	28.4	27.7	28.2	29.4	27.8	23.7	22.4	19.1	24.3
1965	19.5	19.3	21.3	26.3	28.4	28.8	27.1	26.6	27.1	23.1	23.1	19.9	24.2
1966	15.9	17.7	20.7	26.0	27.7	27.6	28.3	28.2	26.8	23.9	20.8	17.8	23.5
1967	16.9	-	23.0	27.7	27.9	28.7	28.0	27.6	25.5	22.8	20.8	19.0	-
1968	17.4	17.3	19.4	25.4	27.5	28.0	26.7	26.7	26.2	24.9	20.5	18.5	23.2
1969	18.7	19.7	19.2	26.0	27.1	29.8	28.1	27.2	25.9	25.1	20.3	19.8	23.9
1970	16.9	17.9	20.6	26.0	25.9	27.1	26.6	27.4	25.8	24.2	18.8	20.7	23.2 *
1971	20.2	21.0	23.0	25.3	28.3	27.7	26.6	26.4	26.5	25.8	22.3	21.4	24.6
1972	19.7	19.4	25.0	28.3	27.8	28.0	26.5	26.7	27.4	26.3	21.7	19.3	24.7 *
1973	17.1	18.0	25.1	26.1	28.4	28.3	27.4	26.6	27.7	25.4	24.1	18.4	24.4
1974	20.6	19.3	24.2	26.2	28.8	26.9	25.9	27.3	25.9	23.4	21.0	19.0	24.0
1975	18.4	20.6	23.8	27.3	29.5	28.2	26.7	26.9	25.2	23.9	21.4	18.8	24.2
1976	17.1	20.1	24.2	26.3	26.4	27.8	26.3	26.5	27.0	22.1	17.4	17.1	23.2
1977	17.1	18.6	22.7	25.0	27.0	28.1	27.5	23.8	27.6	24.5	22.1	19.7	23.7
1978	17.9	17.0	21.0	25.9	30.3	27.2	27.5	27.4	26.9	23.4	23.2	19.5	23.9
1979	15.6	18.9	22.3	26.2	26.4	27.6	28.3	26.2	25.5	24.7	19.7	17.8	23.3
1980	19.8	18.0	23.4	24.1	30.0	29.1	29.7	20.8	26.9	23.6	19.3	19.0	24.3
PROMEDIO	17.8	19.1	22.6	26.2	28.0	28.1	27.3	27.2	26.6	24.3	21.2	19.0	23.9
DESV. STD.	1.5	1.5	1.7	1.2	1.1	.7	.9	1.1	.8	1.1	1.6	1.8	.5

* VALORES EXTREMOS.

EVAPORACION

ESTACION TEMPORAL, VER.

(MM)

ARO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1954	-	-	203.2	199.1	216.3	199.4	174.9	181.5	115.8	86.5	69.7	60.9	-
1955	65.8	61.5	126.6	172.3	196.5	204.3	103.4	141.0	74.6	84.2	54.8	38.4	1 322.9
1956	46.8	76.9	116.4	149.1	149.6	129.0	99.4	-	96.2	98.2	61.5	49.0	-
1957	64.7	74.3	135.3	159.1	167.9	136.5	158.4	166.5	135.2	99.4	74.1	71.4	1 492.8
1958	54.7	65.4	97.7	175.1	169.2	132.4	116.5	169.1	118.2	81.7	54.9	40.8	1 275.7
1959	49.0	52.0	110.0	116.8	181.7	153.0	155.3	156.1	147.2	92.9	62.7	51.1	1 327.8
1960	55.6	97.5	103.9	157.3	204.4	219.9	159.4	158.7	123.0	112.8	68.2	39.7	1 500.4
1961	30.8	77.9	121.0	168.0	201.4	158.7	112.9	141.1	126.4	115.4	62.5	65.4	1 382.5
1962	86.8	102.3	144.4	141.7	191.3	185.8	176.1	218.5	122.8	123.2	93.6	48.8	1 635.3
1963	71.3	116.3	151.5	201.8	199.8	198.5	155.2	160.2	138.2	106.4	104.8	36.5	1 641.0
1964	63.7	85.8	139.7	160.4	187.0	160.4	169.4	213.6	158.1	131.1	100.0	71.5	1 640.7
1965	79.3	78.1	115.1	165.7	187.6	168.9	139.2	135.3	125.4	110.8	89.7	95.0	1 490.1
1966	67.9	64.6	115.2	153.5	179.8	157.6	166.8	156.4	148.5	99.0	90.4	79.9	1 479.6
1967	73.1	79.4	132.5	187.5	203.0	206.2	207.7	189.2	102.1	101.8	98.6	82.7	1 663.8 *
1968	59.2	75.7	113.0	137.1	148.2	161.0	132.2	135.9	101.6	117.4	81.3	61.2	1 323.8
1969	69.7	79.8	90.3	129.1	173.0	210.6	168.0	126.4	112.3	106.9	66.6	62.8	1 395.5
1970	65.0	62.9	93.4	149.7	115.9	139.7	145.6	141.3	125.9	113.2	89.3	83.9	1 325.8
1971	80.8	111.5	144.4	183.6	202.7	156.4	144.6	128.6	118.2	100.0	88.5	70.3	1 530.5
1972	65.5	82.4	140.1	182.4	144.8	137.9	126.8	133.3	126.1	99.1	69.3	73.0	1 380.7
1973	67.3	65.8	157.9	192.3	202.9	157.0	139.4	119.4	126.4	97.5	83.9	64.5	1 474.3
1974	63.3	71.5	125.7	168.7	176.4	143.4	122.5	157.2	120.0	97.6	72.7	50.7	1 369.7
1975	57.8	89.5	130.6	169.0	198.7	153.4	143.2	139.7	102.7	97.9	72.6	59.8	1 414.9
1976	67.1	72.4	129.8	149.9	141.1	153.8	92.4	129.5	117.4	75.5	39.3	48.6	1 216.8 *
1977	51.2	74.4	117.7	127.8	153.9	154.7	141.8	178.2	124.5	102.7	68.5	56.1	1 351.5 *
1978	53.8	54.4	111.9	171.4	204.0	147.5	182.1	146.5	116.9	-	67.2	50.4	-
1979	56.1	58.6	106.5	134.2	149.0	168.1	192.5	123.2	113.3	133.5	68.2	47.0	1 350.2
1980	55.4	67.6	91.3	148.4	188.1	176.9	199.1	169.7	117.1	94.8	58.6	49.8	1 416.8
PROMEDIO	62.4	76.9	124.6	161.1	179.0	167.8	149.1	154.5	120.5	103.1	74.5	59.6	1 431.5
DESV. STD.	11.7	16.2	24.1	22.1	25.2	24.9	30.1	26.1	17.0	14.1	15.9	15.2	123.0

* VALORES EXTREMOS.

PRECIPITACION

ESTACION TEMPOAL, VER.

(MM)

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1954	-	-	6.5	68.4	14.7	90.3	221.6	141.7	429.8	316.1	34.2	5.9	-
1955	8.0	36.3	16.7	3.3	36.7	23.6	431.3	113.5	1 049.9	146.9	74.4	13.3	1 953.9 *
1956	4.2	11.3	3.2	67.5	120.0	323.1	246.2	19.2	386.5	75.6	68.9	42.5	1 368.2
1957	21.8	30.2	1.0	17.8	37.2	57.5	173.7	54.4	186.7	356.2	13.7	55.5	1 005.7
1958	55.0	25.9	17.4	1.4	179.2	571.0	227.0	72.6	192.3	329.4	81.4	37.4	1 790.0
1959	31.1	86.9	9.1	109.8	15.1	213.6	73.9	91.5	51.6	119.0	82.5	27.6	911.7
1960	7.7	7.0	20.7	41.3	69.1	64.3	194.2	166.6	78.7	187.0	87.7	32.2	956.5
1961	55.5	26.2	22.2	1.4	69.0	461.6	249.6	110.7	273.1	108.7	91.5	4.1	1 473.5
1962	1.3	12.6	9.3	67.4	65.0	107.8	105.1	67.2	269.0	92.5	24.0	26.5	847.7
1963	12.4	8.9	.8	.4	57.1	148.9	352.3	29.8	177.2	79.0	18.1	67.2	952.1
1964	17.0	8.3	80.5	134.1	118.6	68.9	38.3	54.9	228.2	19.4	247.1	24.8	1 040.1
1965	26.7	22.4	21.6	120.5	23.2	185.0	148.2	198.1	50.6	43.6	36.9	20.8	906.1
1966	58.9	48.3	28.3	53.2	108.3	403.5	58.1	106.8	111.9	266.6	35.5	3.6	1 278.0
1967	35.6	34.5	71.9	20.5	.6	44.2	47.6	196.7	582.3	223.5	84.7	80.5	1 422.6
1968	79.0	33.6	63.7	70.3	216.7	178.5	120.8	109.1	233.5	117.2	39.3	104.3	1 356.0
1969	28.8	39.3	35.3	100.1	89.6	79.8	160.9	334.5	232.8	131.1	72.3	15.8	1 320.3
1970	12.0	72.2	13.9	.3	21.8	391.9	55.3	210.2	100.8	26.2	5.3	.6	1 000.5
1971	5.6	3.8	6.6	8.8	78.7	177.2	118.6	108.3	168.2	52.0	59.6	55.0	842.4 *
1972	64.2	26.6	39.9	10.0	123.7	139.4	315.1	99.2	35.5	74.1	24.4	17.9	970.0
1973	13.4	29.1	1.0	5.6	34.4	426.3	236.2	225.6	125.7	150.8	17.8	85.5	1 351.4
1974	13.6	20.9	15.9	21.5	153.8	186.9	272.3	30.4	357.8	57.8	24.7	47.5	1 208.1
1975	38.9	12.4	6.1	4.6	37.6	101.2	186.5	136.4	459.1	107.1	17.6	36.2	1 148.7
1976	62.8	11.5	32.2	135.3	93.4	267.3	271.2	161.8	190.4	56.0	73.3	8.6	1 363.8
1977	44.6	22.2	10.0	30.6	30.3	127.5	128.6	147.1	263.0	220.9	33.4	27.2	1 085.4
1978	22.1	28.6	20.5	1.2	74.5	176.1	85.2	83.3	371.4	-	36.4	20.6	-
1979	28.5	18.8	26.9	48.3	8.2	144.2	37.7	216.7	225.4	0.0	28.9	142.7	926.3
1980	47.3	76.7	18.4	27.0	21.5	30.3	25.4	129.7	259.1	139.9	15.1	57.6	848.0
PROMEDIO	30.6	29.0	22.2	43.7	70.1	192.2	169.7	126.5	265.9	134.5	52.9	39.3	1 178.1
DESV. INTD.	21.8	21.4	20.9	44.8	54.8	146.1	105.8	71.8	204.1	98.0	47.4	33.8	293.1

* VALORES EXTREMOS.

TEMPERATURA MEDIA
ESTACION TEMPOAL, VER.
(GRADOS CENTIGRADOS)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
1954	-	-	24.8	27.9	29.9	25.5	29.3	30.3	28.9	26.5	22.7	19.5	-
1955	0.2	20.7	25.8	30.2	32.5	32.6	27.9	29.5	26.4	24.3	22.3	19.5	26.0 *
1956	19.1	21.1	24.9	27.9	23.2	28.1	27.4	28.9	25.7	25.4	20.0	19.5	24.7
1957	20.5	23.0	23.9	27.4	29.2	30.5	28.7	28.9	28.0	24.0	21.9	19.2	25.4
1958	16.7	19.3	21.9	27.9	28.4	28.5	27.8	29.4	28.0	24.6	22.3	17.9	24.4
1959	17.8	20.4	21.2	23.6	28.6	28.4	28.1	28.4	28.4	26.0	19.6	19.5	24.2
1960	19.7	18.5	22.2	26.6	28.6	29.9	28.0	28.4	26.5	26.2	23.2	18.0	24.7
1961	16.4	19.4	24.1	26.2	29.5	28.5	27.2	27.7	27.1	24.0	21.2	21.1	24.4
1962	18.0	24.5	23.0	25.1	27.7	29.3	27.6	29.5	27.6	26.7	22.4	19.5	25.1
1963	17.6	19.3	24.7	29.0	28.3	29.5	27.5	28.3	28.1	25.2	22.4	16.0	24.7
1964	17.1	19.0	23.6	27.6	28.6	28.2	28.8	29.8	28.7	23.8	22.4	18.8	24.7
1965	19.4	19.5	20.9	27.3	28.6	28.9	27.3	27.7	27.7	23.7	23.7	20.3	24.6
1966	16.2	17.6	20.3	26.6	27.8	28.5	28.5	28.9	27.6	24.4	21.1	17.8	23.8
1967	16.9	18.8	23.6	27.5	28.8	30.5	28.9	28.7	26.5	23.6	21.9	19.4	24.6
1968	17.7	17.9	19.9	25.8	27.9	28.7	27.0	28.7	27.3	26.2	21.4	19.3	23.9
1969	19.3	20.9	20.0	26.5	28.1	30.6	28.5	28.0	27.2	26.3	20.3	19.8	24.5
1970	17.6	18.3	21.4	26.7	26.4	27.9	27.4	28.3	26.6	25.0	19.4	21.9	23.9
1971	20.6	21.4	24.1	25.8	28.8	27.8	27.2	27.3	27.5	25.7	22.8	21.9	25.1
1972	20.2	19.7	25.3	28.1	27.8	28.0	26.9	27.2	27.8	26.4	22.1	20.0	25.0
1973	17.4	18.3	26.1	27.1	29.2	28.6	27.9	27.3	27.9	25.4	24.3	18.7	24.9
1974	21.0	19.6	24.6	26.5	29.3	26.1	24.7	26.3	25.0	22.0	19.5	17.4	23.5
1975	16.9	19.8	23.3	29.6	29.0	27.5	25.7	25.9	23.9	22.8	19.9	17.4	23.5
1976	15.6	18.4	23.1	25.2	25.5	26.8	25.0	25.5	25.7	21.0	16.3	14.5	21.9 *
1977	13.6	19.9	22.8	25.1	28.4	28.6	27.5	28.8	27.8	24.7	22.4	19.7	24.1
1978	16.9	16.7	21.2	26.6	30.4	27.9	28.1	27.6	26.5	-	22.4	19.4	-
1979	16.0	18.3	22.2	26.8	27.2	28.0	29.3	26.8	25.5	25.4	19.9	18.3	23.5
1980	19.3	17.8	23.0	24.5	30.4	29.3	30.1	29.2	27.1	23.4	18.0	18.4	24.3
PROMEDIO	18.0	19.5	23.0	26.9	28.6	28.6	27.7	28.1	27.1	24.7	21.4	19.0	24.4
DESV. STD.	1.8	1.7	1.7	1.5	1.3	1.4	1.2	1.2	1.2	1.4	1.8	1.6	.8

* VALORES EXTREMOS.

EVAPORACION

ESTACION TERRERILLOS

(MM)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56.7	50.7	-
1961	42.4	73.4	99.4	112.5	145.7	168.2	141.0	157.0	138.1	130.4	60.5	67.7	1 336.3
1962	72.2	104.0	126.1	116.3	140.7	165.9	143.4	171.6	113.8	114.8	84.8	44.1	1 407.6
1963	54.1	84.7	130.9	172.8	155.6	165.1	148.1	147.0	134.1	106.2	87.3	37.1	1 428.0
1964	63.6	71.4	128.2	140.1	162.8	157.7	159.7	188.2	137.7	116.9	84.9	55.3	1 466.0 *
1965	69.0	64.0	107.8	143.0	163.2	176.4	139.3	111.4	106.9	88.7	82.0	58.2	1 309.9
1966	44.2	53.9	88.9	135.2	154.1	149.6	142.7	145.2	136.8	96.6	73.6	61.4	1 282.2
1967	61.3	73.5	126.4	144.3	152.7	144.0	139.3	144.4	110.3	87.0	65.1	50.6	1 293.9
1968	43.3	61.0	108.4	140.3	146.6	136.8	121.1	116.4	90.6	91.7	60.8	40.1	1 166.1
1969	59.8	60.8	67.8	108.5	146.0	174.2	148.2	126.3	96.7	98.8	57.0	51.5	1 195.6
1970	56.5	67.2	77.6	111.9	137.9	129.8	126.3	143.6	96.9	92.0	72.0	74.4	1 186.1
1971	80.0	96.7	132.3	145.3	141.4	142.7	123.1	116.1	103.2	96.7	66.8	47.6	1 291.9
1972	57.4	58.3	95.0	132.0	112.6	142.3	123.4	115.7	113.6	95.8	51.9	43.9	1 131.9
1973	45.2	46.1	119.6	127.3	144.2	138.2	109.7	108.5	99.4	94.5	73.2	48.0	1 149.8
1974	50.5	69.6	109.3	146.3	104.2	118.1	105.9	113.0	94.5	68.8	50.7	37.6	1 068.0
1975	52.5	72.9	113.9	140.2	160.1	109.8	117.6	118.6	108.6	73.7	63.1	43.1	1 174.1
1976	49.0	83.1	96.7	124.8	110.8	118.1	86.5	121.2	121.2	64.5	27.3	32.8	1 036.0 *
1977	37.2	53.8	108.1	122.6	142.9	132.2	121.7	153.9	109.8	90.1	59.3	42.7	1 174.3
1978	37.6	36.7	84.2	119.8	162.1	120.5	123.2	119.6	99.7	82.4	49.3	33.9	1 069.0
1979	42.5	44.2	71.4	112.9	113.3	110.1	133.7	97.3	95.1	-	58.9	38.6	-
1980	48.3	52.8	98.1	112.6	154.8	147.8	156.9	141.8	100.7	70.7	41.5	46.8	1 170.8
PROMEDIO	53.3	66.4	104.4	130.4	143.0	142.8	130.5	132.6	110.4	92.1	63.2	48.4	1 228.3
DESV. STD.	11.7	17.2	19.8	16.4	18.4	20.3	18.1	23.7	15.5	17.0	15.1	10.7	123.9

* VALORES EXTREMOS.

PRECIPITACION

ESTACION TERRERILLOS, VER.

(MM)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1960	-	-	-	-	-	-	-	190.5	130.3	158.3	46.8	66.6	-
1961	58.1	14.1	12.1	0.0	.7	322.1	435.6	153.6	103.7	141.1	113.9	10.1	1 365.1
1962	3.6	12.4	24.0	199.4	41.1	317.9	76.8	41.7	304.7	56.6	148.8	39.6	1 260.6
1963	15.1	18.1	3.7	.5	56.3	236.6	437.9	13.4	146.1	72.8	14.0	83.9	1 098.4 *
1964	14.9	13.8	113.2	85.2	182.8	123.5	39.7	72.9	159.7	41.1	269.5	37.0	1 158.3
1965	47.1	17.1	106.5	174.2	6.2	220.9	140.1	398.2	76.7	60.9	36.9	18.7	1 303.5
1966	47.4	49.3	18.1	38.8	58.1	356.1	109.7	84.5	100.6	222.9	54.8	4.4	1 234.7
1967	29.7	31.2	42.0	0.0	176.8	121.6	84.2	321.0	390.5	152.8	103.5	62.1	1 515.4
1968	71.5	20.5	32.5	122.2	146.5	273.4	174.1	161.0	231.5	90.4	64.3	119.1	1 507.0
1969	31.4	108.8	34.4	76.8	65.7	87.0	166.3	361.2	353.0	115.3	54.7	14.8	1 469.4
1970	12.8	105.8	17.3	6.2	70.5	549.7	164.6	157.4	273.4	32.9	12.9	0.0	1 403.5
1971	1.5	16.9	25.0	42.9	77.8	267.1	138.5	160.4	184.3	209.2	88.1	27.0	1 239.6
1972	104.5	31.9	80.0	16.0	158.0	280.4	375.6	144.4	54.5	112.5	125.2	28.6	1 520.6
1973	15.9	42.1	3.1	28.3	102.6	480.9	197.4	320.9	37.6	155.6	6.9	73.9	1 465.2
1974	17.0	39.3	15.2	131.2	144.2	489.1	438.5	95.4	336.1	34.8	77.2	44.4	1 912.4
1975	57.5	13.0	15.0	4.1	129.0	139.4	268.4	297.9	778.5	130.8	20.7	40.8	1 894.6
1976	32.6	6.4	40.5	103.1	198.2	274.7	349.5	358.8	322.1	168.9	60.9	17.8	1 933.5 *
1977	48.7	20.3	4.2	76.5	107.4	92.5	109.1	136.7	177.8	321.7	110.5	50.7	1 256.1
1978	45.1	33.1	65.1	47.0	33.4	258.2	98.1	287.7	306.9	237.5	117.5	22.7	1 552.3
1979	30.9	26.8	57.3	141.2	55.5	153.4	158.5	397.8	159.9	-	223.3	106.8	-
1980	54.6	64.4	31.9	72.5	50.0	55.6	11.1	270.8	344.6	123.7	21.8	135.9	1 245.9
PROMEDIO	37.0	34.3	37.1	68.3	93.0	255.5	198.7	211.2	243.5	192.0	84.4	47.8	1 438.8
DESV. STD.	25.4	28.8	32.2	60.9	59.4	139.2	136.8	121.3	164.0	73.7	66.5	37.2	241.9

* VALORES EXTREMOS.

TEMPERATURA MEDIA
ESTACION TERRERILLOS, VER.
(GRADOS CENTIGRADOS)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
1960	-	-	-	-	-	-	-	27.3	25.4	25.9	23.3	18.5	-
1961	17.2	19.1	23.4	24.1	26.7	27.5	26.2	26.5	36.4	23.4	20.7	20.1	23.4
1962	17.1	23.5	22.4	23.9	26.6	27.9	26.8	28.0	27.0	25.9	21.8	19.2	24.2
1963	17.0	18.3	24.1	28.4	27.5	29.1	26.7	27.1	26.8	24.8	21.6	16.1	23.9
1964	17.2	18.6	22.8	27.1	28.0	27.3	27.3	28.4	27.2	23.0	22.0	18.4	23.9
1965	19.0	18.7	21.2	26.1	28.0	28.3	26.5	26.2	26.5	23.8	22.7	19.8	23.9
1966	16.2	17.5	20.6	26.2	27.4	27.1	27.6	27.7	26.4	23.6	20.3	17.8	23.2
1967	16.4	18.5	23.8	27.4	28.0	28.1	27.3	27.0	25.2	23.0	21.5	20.2	23.8
1968	19.0	19.4	20.7	26.3	26.7	28.1	26.4	26.5	26.2	25.2	21.1	18.9	23.7
1969	19.1	20.5	19.0	26.4	27.8	30.9	27.4	26.3	25.5	25.1	19.6	19.7	23.9
1970	17.1	18.2	21.8	27.1	26.3	26.1	24.9	26.0	24.5	24.8	20.6	21.6	28.3
1971	21.4	21.7	24.3	25.0	28.2	28.0	26.7	26.6	26.6	25.7	22.3	21.5	24.8 *
1972	19.8	19.3	24.6	28.1	27.5	27.7	26.7	26.9	27.2	26.3	21.9	19.3	24.6
1973	16.9	18.0	25.7	26.5	28.6	28.3	27.5	26.8	27.3	24.9	23.8	18.5	24.4
1974	20.4	19.5	24.1	25.9	27.6	26.1	25.3	25.3	26.8	25.9	20.7	18.7	23.7
1975	18.0	20.3	23.9	27.1	29.3	27.3	26.0	26.3	24.6	23.2	20.7	17.9	23.7
1976	16.5	20.0	24.0	26.2	26.0	26.9	25.4	25.6	26.2	21.7	17.1	16.4	22.7 *
1977	16.3	18.3	22.7	24.6	27.5	27.1	26.5	28.0	27.2	24.3	21.9	19.5	23.7
1978	17.2	16.4	19.9	25.0	29.8	27.1	26.9	26.8	26.2	23.3	22.6	19.2	23.4
1979	15.7	18.1	21.9	26.1	26.0	27.2	28.1	26.4	25.1	-	19.6	17.9	-
1980	19.7	17.4	22.7	23.6	29.7	28.6	29.2	28.3	26.5	23.0	18.7	18.7	23.8
PROMEDIO	17.9	19.1	22.6	26.1	27.7	27.7	26.8	26.9	26.2	24.1	21.2	18.9	23.8
DESV. STD.	1.6	1.6	1.7	1.3	1.1	1.1	1.0	.8	.9	1.3	1.6	1.4	.5

* VALORES EXTREMOS.

APENDICE II

Relaciones Lluvia Aprovechable-Usos consuntivos-Precipitación
registrada en la Estación

Lluvia Aprovechable Mensual Determinada en Función de
la Lluvia y del Uso Consuntivo - Promedios Mensuales

H	Uso Consuntivo Mensual en cms.											
	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
1.27	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.1
1.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1
2.0	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4
2.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8
3.0	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1
3.5	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5
4.0	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8
4.5		2.6	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1	3.1
5.0		2.7	2.8	2.9	3.1	3.2	3.3	3.3	3.4	3.4	3.4	3.5
5.5		2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8	3.8
6.0		2.8	3.0	3.3	3.5	3.8	3.9	3.9	4.0	4.0	4.1	4.1
6.5		2.8	3.1	3.4	3.8	4.1	4.2	4.2	4.3	4.3	4.4	4.4
7.0		2.9	3.2	3.6	4.0	4.3	4.4	4.5	4.6	4.6	4.7	4.7
7.5		2.9	3.3	3.7	4.2	4.6	4.7	4.8	4.8	4.9	5.0	5.0
8.0		3.0	3.5	3.9	4.4	4.9	5.0	5.1	5.1	5.2	5.3	5.3
8.5							5.2	5.3	5.3	5.4	5.5	5.6
9.0							5.2	5.4	5.5	5.6	5.8	5.9
9.5							5.3	5.5	5.7	5.9	6.1	6.2
10.0							5.3	5.6	5.8	6.1	6.3	6.5
10.5							5.3	5.7	6.0	6.3	6.6	6.7
11.0							5.4	5.8	6.1	6.5	6.8	7.0
11.5							5.4	5.8	6.3	6.7	7.1	7.3
12.0							5.5	5.9	6.4	6.9	7.3	7.5
12.5												7.7
13.0												7.7
13.5												7.8
14.0												7.8
14.5												7.9
15.0												7.9

Lluvia Promedio Mensual en cms.

HOJA NUM 2. -

H	Uso Consuntivo Mensual en cms.												
	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	
1.27	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0
1.5	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2
2.0	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6
2.5	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9
3.0	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3
3.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7
4.0	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1
4.5	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.4	3.4
5.0	3.5	3.5	3.5	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8	3.8
5.5	3.8	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	4.1
6.0	4.2	4.2	4.2	4.3	4.3	4.3	4.3	4.4	4.4	4.4	4.4	4.5	4.5
6.5	4.5	4.5	4.6	4.6	4.6	4.7	4.7	4.7	4.8	4.8	4.8	4.9	4.9
7.0	4.8	4.8	4.9	4.9	5.0	5.0	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.2	5.3
7.5	5.1	5.1	5.2	5.3	5.3	5.4	5.4	5.4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.6
8.0	5.4	5.4	5.5	5.6	5.6	5.7	5.7	5.8	5.8	5.9	6.0	6.0	6.0
8.5	5.7	5.7	5.8	5.9	5.9	6.0	6.1	6.1	6.2	6.2	6.3	6.3	6.3
9.0	6.0	6.0	6.1	6.2	6.2	6.3	6.4	6.5	6.5	6.6	6.6	6.7	6.7
9.5	6.2	6.3	6.4	6.5	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	6.9	7.0	7.0	7.0
10.0	6.5	6.6	6.7	6.8	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.2	7.3	7.3	7.3
10.5	6.8	6.9	7.0	7.1	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.5	7.6	7.6	7.6
11.0	7.1	7.2	7.3	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.0	8.0
11.5	7.4	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.2	8.2	8.3	8.3	8.3
12.0	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.5	8.5	8.6	8.6	8.6
12.5	7.8	7.9	8.0	8.1	8.3	8.4	8.5	8.6	8.8	8.8	8.9	8.9	8.9
13.0	7.9	8.1	8.2	8.4	8.5	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	9.3	9.3
13.5	8.0	8.2	8.5	8.7	8.8	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.6
14.0	8.1	8.4	8.7	8.9	9.1	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	9.9
14.5	8.2	8.5	8.9	9.2	9.4	9.5	9.7	9.8	9.9	10.0	10.1	10.2	10.2
15.0	8.3	8.7	9.1	9.4	9.6	9.8	9.9	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.5

Lluvia Promedio Mensual en cms.

HOJA NUM 3.-

H	Uso Consuntivo Mensual en cms.											
	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0
1.27	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
1.5	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
2.0	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8
2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2
3.0	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.6	2.8
3.5	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	3.0	3.0	3.1
4.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3	3.3	3.4	3.4	3.5
4.5	3.5	3.5	3.5	3.6	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8	3.9	3.9
5.0	3.8	3.9	3.9	3.9	4.0	4.0	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.4
5.5	4.2	4.3	4.3	4.3	4.4	4.4	4.4	4.5	4.6	4.6	4.7	4.8
6.0	4.6	4.6	4.7	4.7	4.8	4.8	4.8	4.9	4.9	5.0	5.1	5.1
6.5	5.0	5.0	5.1	5.1	5.1	5.2	5.2	5.3	5.3	5.4	5.5	5.5
7.0	5.3	5.4	5.4	5.5	5.5	5.6	5.6	5.7	5.7	5.8	5.9	5.9
7.5	5.7	5.7	5.8	5.8	5.9	5.9	6.0	6.1	6.1	6.2	6.3	6.3
8.0	6.0	6.1	6.1	6.2	6.3	6.3	6.4	6.4	6.5	6.6	6.7	6.7
8.5	6.4	6.4	6.5	6.5	6.6	6.7	6.8	6.8	6.9	7.0	7.1	7.1
9.0	6.7	6.8	6.8	6.9	7.0	7.1	7.1	7.2	7.3	7.4	7.4	7.5
9.5	7.1	7.1	7.2	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.7	7.8	7.9
10.0	7.4	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3
10.5	7.7	7.7	7.8	7.9	8.0	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.6
11.0	8.0	8.1	8.2	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0
11.5	8.4	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4
12.0	8.7	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.7	9.8
12.5	9.0	9.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.7	9.8	9.9	10.0	10.2
13.0	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0	10.1	10.3	10.4	10.5
13.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.0	10.1	10.2	10.3	10.5	10.6	10.7	10.9
14.0	10.0	10.0	10.1	10.2	10.3	10.4	10.6	10.7	10.8	11.0	11.1	11.2
14.5	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.8	10.9	11.0	11.2	11.3	11.4	11.5
15.0	10.5	10.6	10.7	10.8	11.0	11.1	11.2	11.3	11.5	11.6	11.8	11.9

Lluvia Promedio Mensual en cms.

HOJA NUM 4.-

H	Uso Consuntivo Mensual en cms.											
	20.5	21.0	21.5	22.0	22.5	23.0	23.5	24.0	24.5	25.0	25.5	26.0
1.27	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.27	
1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	
2.0	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0	
2.5	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
3.0	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	
3.5	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.5	3.5	
4.0	3.5	3.6	3.7	3.7	3.8	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	4.0	
4.5	4.0	4.0	4.1	4.2	4.2	4.3	4.3	4.4	4.4	4.4	4.5	
5.0	4.4	4.5	4.5	4.6	4.7	4.7	4.8	4.8	4.9	5.0	5.0	
5.5	4.8	4.9	5.0	5.0	5.1	5.2	5.2	5.3	5.4	5.4	5.4	
6.0	5.2	5.3	5.4	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.8	5.9	5.9	
6.5	5.6	5.7	5.8	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.4	
7.0	6.0	6.1	6.2	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.8	
7.5	6.4	6.5	6.6	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.2	7.3	7.3	
8.0	6.8	6.9	7.0	7.0	7.1	7.2	7.3	7.5	7.6	7.7	7.7	
8.5	7.2	7.3	7.4	7.4	7.5	7.6	7.8	7.9	8.0	8.1	8.1	
9.0	7.6	7.7	7.8	7.9	7.9	8.0	8.2	8.3	8.4	8.6	8.6	
9.5	8.0	8.1	8.2	8.2	8.3	8.4	8.6	8.7	8.9	9.0	9.0	
10.0	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	9.0	9.1	9.3	9.4	9.4	
10.5	8.7	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2	9.4	9.5	9.7	9.8	9.8	
11.0	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.7	9.8	10.0	10.1	10.2	10.2	
11.5	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	10.1	10.2	10.4	10.5	10.7	10.7	
12.0	9.9	10.0	10.1	10.2	10.3	10.5	10.6	10.8	10.9	11.1	11.1	
12.5	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7	10.9	11.0	11.2	11.3	11.5	11.5	
13.0	10.6	10.8	10.9	11.0	11.1	11.2	11.4	11.6	11.7	11.9	11.9	
13.5	11.0	11.1	11.3	11.4	11.5	11.6	11.8	12.0	12.1	12.4	12.4	
14.0	11.4	11.5	11.6	11.8	11.9	12.0	12.2	12.4	12.5	12.7	12.7	
14.5	11.7	11.9	12.0	12.1	12.3	12.4	12.6	12.7	12.9	13.1	13.1	
15.0	12.1	12.2	12.4	12.5	12.6	12.8	13.0	13.1	13.3	13.5	13.5	

Lluvia Promedio Mensual en cms.

HOJA NUM 5.-

H	Uso Consuntivo Mensual en cms.											
	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0
15.5	8.4	8.8	9.2	9.7	9.9	10.0	10.2	10.3	10.5	10.6	10.7	10.7
16.0	8.5	9.0	9.4	9.9	10.2	10.3	10.4	10.6	10.7	10.9	10.9	11.0
16.5					10.3	10.5	10.6	10.8	11.0	11.1	11.2	11.2
17.0					10.3	10.5	10.8	11.0	11.2	11.4	11.4	11.5
17.5					10.3	10.6	10.9	11.2	11.4	11.6	11.7	11.8
18.0					10.4	10.7	11.0	11.3	11.7	11.9	12.0	12.1
18.5					10.4	10.8	11.1	11.5	11.9	12.1	12.2	12.3
19.0					10.4	10.9	11.3	11.7	12.1	12.4	12.5	12.6
19.5					10.5	10.9	11.4	11.8	12.3	12.6	12.7	12.8
20.0					10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	12.8	12.9	13.0
20.5												
21.0												
21.5												
22.0												
22.5												
23.0												
23.5												
24.0												
24.5												
25.0												
25.5												
26.0												
26.5												
27.0												
27.5												
28.0												
28.5												
29.0												
29.5												

Lluvia Promedio Mensual en cms.

HOJA NUM 6.-

H	Uso Consuntivo Mensual en cms.											
	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.5	20.0
15.5	10.8	10.9	11.0	11.1	11.3	11.4	11.5	11.7	11.8	12.0	12.1	12.3
16.0	11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.7	11.8	12.0	12.1	12.3	12.4	12.6
16.5	11.3	11.4	11.5	11.7	11.8	12.0	12.1	12.3	12.4	12.6	12.7	12.9
17.0	11.6	11.7	11.8	12.0	12.1	12.3	12.4	12.6	12.7	12.9	13.0	13.2
17.5	11.9	12.0	12.1	12.3	12.4	12.6	12.7	12.9	13.0	13.2	13.3	13.5
18.0	12.2	12.3	12.4	12.5	12.7	12.8	13.0	13.1	13.3	13.4	13.6	13.7
18.5	12.4	12.5	12.6	12.8	12.9	13.1	13.2	13.4	13.6	13.7	13.9	14.0
19.0	12.7	12.8	12.9	13.1	13.2	13.4	13.5	13.7	13.8	14.0	14.1	14.3
19.5	12.9	13.0	13.2	13.3	13.5	13.6	13.8	13.9	14.1	14.2	14.4	14.6
20.0	13.2	13.3	13.4	13.6	13.7	13.7	14.0	14.1	14.3	14.5	14.6	14.6
20.5			13.7	13.8	13.9	14.1	14.2	14.4	14.5	14.7	14.9	15.1
21.0			13.9	14.0	14.1	14.3	14.4	14.5	14.8	15.0	15.2	15.4
21.5			14.1	14.3	14.4	14.5	14.7	14.8	15.0	15.2	15.4	15.6
22.0			14.3	14.5	14.6	14.8	14.9	15.1	15.8	15.5	15.7	15.9
22.5			14.6	14.7	14.9	15.0	15.1	15.3	15.5	15.7	15.9	15.1
23.0			14.8	14.9	15.1	15.2	15.4	15.6	15.8	16.0	16.2	16.4
23.5			15.0	15.1	15.3	15.5	15.6	15.8	16.0	16.2	16.4	16.6
24.0			15.2	15.4	15.5	15.7	15.8	16.0	16.2	16.4	16.6	16.8
24.5								16.3	16.5	16.7	16.9	17.1
25.0								16.5	16.7	16.9	17.1	17.3
25.5								16.7	16.9	17.1	17.3	17.5
26.0								17.0	17.2	17.4	17.5	17.7
26.5								17.2	17.4	17.6	17.8	18.0
27.0								17.4	17.6	17.8	18.0	18.2
27.5												
28.0												
28.5												
29.0												
29.5												

Lluvia Promedio Mensual en cms.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- LINSLEY. Jr.R.K, KOHLER.M.A Y PAULHUS. J.L.H: Hidrología para Ingenieros: 2a. ED. Mc GRAW-HILL. Méx, 1981.
- 2.- S.A.R.H: Informe Técnico hidrológico para el proyecto de riego HULES-CALABOZO, VERACRUZ: PUBLICACION - - S.A.R.H. Méx, 1981.
- 3.- I.C.A.T.E.C, S.A: Estudio a nivel de gran visión de la - parte baja de la cuenca del río Pánuco Veracruz, Hidalgo, San Luis Potosí y Tamaulipas: ED. - - - ICATEC, S.A. Méx, 1975.
- 4.- S.A.R.H: Pequeños Almacenamientos: PUBLICACION S.A.R.H. Méx, 1975.
- 5.- LINSLEY. R.E. Y FRANZINI J.B.: Ingeniería de los recursos hidráulicos: ED. CONTINENTAL: Méx, 1964.
- 6.- S.A.R.H: Boletín climatológico mensual, estaciones Los - Hules, Tempoal y Terrerillos, Veracruz: PUBLICA--- CION S.A.R.H. Méx, 1980.
- 7.- S.A.R.H: Boletín hidrométrico Núm. 32: PUBLICACION - - - S.A.R.H. Méx, 1980.
- 8.- S.A.R.H: Determinación del tipo de clima; método del Dr. C.W. Thornthwaite: PUBLICACION S.A.R.H. México, - 1975.

- 9.- S.A.R.H: Metodología para la determinación y cálculo del uso consuntivo del agua; MEMORANDUM TECNICO 290: Méx, 1971.
- 10.- S.A.R.H: El uso consuntivo, métodos para su determinación: MEMORANDUM TECNICO 191: Méx, 1962.
- 11.- TORRES H.F: Obras hidráulicas; ED. LIMUSA: Méx, 1980.
- 12.- C.F.E: Manual de diseño de obras civiles: Hidrotécnica: ED. C.F.E: Méx, 1980.
- 13.- SPRINGALL G.R: Escurrimiento en cuencas grandes: ED. INS_TITUTO DE INGENIERIA; Méx, 1967.
- 14.- U.S.D.I. BUREAU OF RECLAMATION: Diseño de presas pequeñas: ED. CONTINENTAL: Méx, 1981.
- 15.- CONSULTORES, S.A: Recomendaciones para el diseño y revisión de estructuras para control de avenidas: ED. CONSULTORES, S.A: Méx, 1980.
- 16.- S.A.R.H: Principales métodos para la determinación de los gastos máximos de escurrimiento: PUBLICACION S.A.R.H: Méx, 1975.

"Jesis Estrella"



526-01-76

521-20-73

529-54-82