

43  
2 ej



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales  
" ARAGON "

FALLA DE ORIGEN

"DESVIO DE UN RIO PARA DOTACION  
A UNA POBLACION RURAL Y RIEGO  
DE UNA ZONA AGRICOLA"

FALLA DE ORIGEN  
EN SU TOTALIDAD

# T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

RAUL IXTA DE LUNA

ENEP



DIRECTOR DE TESIS: ING. MARIDEL ZARATE MORALES



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVANZADA DE  
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCION

RAUL IXTA DE LUNA  
P R E S E N T E

En contestación a su solicitud de fecha 7 de febrero del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que la profesora, Ing. MARIDEL ZARATE MORALES pueda dirigirle su trabajo de Tesis denominado "DESVIO DE UN RIO PARA DOTACION A UNA POBLACION RURAL Y RIEGO DE UNA ZONA AGRICOLA", 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.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., Marzo 15 de 1994.  
EL DIRECTOR

M en f. CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO

c c p Lic. Alberto Ibarra Rosas, Jefe de la Unidad Académica  
c c p Ing. José Paulo Mejorada Mota, Jefe de Carrera de Ingeniería Civil  
c c p Ing. Maridel Zárate Morales, Asesor de Tesis.

CCC/MC/AIR/jj'



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

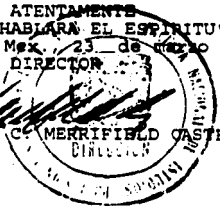
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCION

**RAUL IXTA DE LUNA  
P R E S E N T E .**

En atención a su escrito de fecha 22 de marzo del año en curso, en el que solicita ampliación del término para la presentación de su trabajo de tesis, me permito comunicarle que en virtud del avance demostrado en el desarrollo del mismo y con el propósito de no dejar inconclusa la investigación correspondiente, se le concede una prórroga de seis meses, contados a partir de esta fecha, para que presente su trabajo totalmente concluido.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARÉ EL ESPÍRITU"  
San Juan de Aragón, Mex. 23 de marzo de 1995  
EL DIRECTOR

M en Y. CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO



c c p Jefatura de Carrera de Ingeniería Civil  
c c p Asesor de Tesis.

CCMC' AIR'eva

## INDICE

	pag.
INTRODUCCION	2
CAPITULO I	8
I.1 ANTECEDENTES	9
I.2 ESTUDIO DE LA CUENCA	18
CAPITULO II	27
II.1 INFORMACION GENERAL DE LA POBLACION	28
II.2 POBLACION A FUTURO	33
II.3 CONDUCCION DE LA ZONA DE RIEGO A LA POBLACION	36
CAPITULO III	47
III.1 CONSIDERACIONES GENERALES	48
III.2 ESTUDIO DE LA ZONA DE RIEGO	59
III.3 CALCULO DEL GASTO PARA RIEGO	76
III.4 CONDUCCION DESDE EL DESVIO HASTA LA PLANTA PRELIMINAR	83
CONCLUSIONES	85
BIBLIOGRAFIA	86

FALLA DE ORIGEN

## INTRODUCCION

Desde tiempos antiguos, la alimentación ha constituido un reto para el ser humano, primero al recurrir a la caza empleando rudimentarias armas; no sin antes utilizar sus propias manos y pies como elementos para la captura de sus presas. Las armas iban creciendo en tamaño y facilidad para manejarlas; desde un simple cuchillo hasta arco y flecha, lanzas, mares, etc. Simultáneamente el hombre fijaba su vista en el agua - río, mar, lago - dentro de los cuales encontraba más alimento; a veces más fácil o difícil de obtenerlo según las circunstancias y métodos empleados para la captura de los peces y demás formas vivientes comestibles.

Así mismo se superaba en la forma de preparar sus alimentos utilizando el fuego - por medio de fogatas - , y procuraba almacenar el sobrante de comida en " refrigeradores " , fabricando éstos de diferentes materiales y agregándoles algún tipo de " conservador " que ellos mismos experimentaban lo cual les permitía mantener el alimento durante más tiempo.

Todo lo anterior implicaba un continuo caminar, ya que, conforme iban cazando; tenían que ir tras la presa hasta lograr alcanzarla y preparar en ese lugar el fuego necesario para que toda la comunidad se pudiera alimentar.

También tenían que encontrar agua propicia para el desarrollo de peces, y con esto asegurar otra forma de sustento y que, al escasear, tendrían que seguir caminando hasta localizar otro sitio semejante al anterior.

Debido al continuo contacto con la naturaleza, también encontraba en ella el alimento que a veces le era difícil obtener; pues solo bastaba con recolectar los frutos y vegetales y consumirlos. Aunque, no dudamos que, más de una vez, esos alimentos hallan causado un malestar orgánico al hombre por ser éstos - no comestibles e inclusive originándole algún tipo de alergia. De igual manera se daba un desplazamiento de toda la comunidad en busca de más comida ya que, conforme caminaban, iban consumiendo lo existente en el trayecto.

Pero el hombre pasó de ser Nómada a Sedentario; tal vez - éste cambio se llevó a cabo al ver ellos el " nacimiento " de plantas y frutos con ayuda del sol y la lluvia, por lo que procedieron una vez más a experimentar y colocar la semilla bajo tierra. Debido a lo anterior, tuvieron que establecerse en lugares que reunieran todos los requisitos que ello implicaba - para ya no moverse en busca de alimento para su supervivencia; p. ej: un terreno adecuado, espacio suficiente para la construcción de viviendas y por supuesto el agua. Buscaron asentarse cerca de algún río, lago etc; con lo que - tenían asegurado el vital líquido. Tuvieron que modificar su -

sistema de caza, saldrían por la presa y regresaban con ella a la comunidad, de igual manera se estableció una organización o jerarquización para el buen desarrollo de la sociedad. Con esto el hombre se inicia en la agricultura, ganadería y pesca - ya que también debería domesticar animales para su provecho y ayuda en las labores de campo-. Siempre buscando un equilibrio " ecológico " para no tener que emigrar a otro lugar.

En México tenemos conocimiento de éste en base a hallazgos tales como: armas, puntas de flecha, restos de animales e inclusive algún tipo de semilla.

De igual forma, las civilizaciones pretéritas tuvieron que recurrir a su inteligencia y razonamientos; propios de cada cultura, para poder satisfacer todas sus necesidades de alimentación, que entre otras serían: un abasto constante y suficiente de agua, utilizandolo ya sea para el consumo propio de la comunidad - aseo, limpieza de viviendas etc - , así como para el riego de sus cultivos en épocas de estiaje. Para solucionar este problema debieron de recurrir a diferentes métodos los cuales iban desde el acarreo a hombros o con bestias, hasta verdaderas obras de ingeniería por medio de canales, acueductos, etc; y no dudando del empleo de diques o presas.

Por mencionar sólo algunos ejemplos de éstas obras, nos remontamos a la época de la gran civilización egipcia en la cual nos dicen que " Los egipcios se esforzaron por encontrar el -



medio de tener siempre a su disposición agua potable sacada del curso del Río Nilo, agua que durante los tres meses de inundación cada año, se vuelve turbia, enrojece, se espesa a fuerza de transportar limo en su corriente, y que resulta realmente imbebible, más por su aspecto que por su gusto. Y efectivamente descubrieron que para clarificar ésta agua en todas las épocas del año, bastaba con frotar almendras amargas trituradas, los berdes y el fondo de las vasijas que la contenían. Es el mismo procedimiento que los egipcios de nuestros días utilizan todavía con el mismo fin, y siempre con éxito desde hace miles de años. Y por otra parte también tomaban la precaución tan indispensable como es el aprovisionamiento de agua en las ciudades alejadas de las orillas del Nilo, por medio de alguno de sus afluentes o mediante canales construidos ex profeso; la inundación era controlada de tal manera que el río, bien por el efecto de su propia crecida, o bien por medio de los canales, llenaba cisternas destinadas a este aprovisionamiento habitual. "

Aquí en México, sabemos que: " los aztecas en cualquiera que sus ojos descubrieran un claro natural en el bosque, un fértil espacio de terreno o una ladera en las orillas de los ríos, allí plantaban las habas y el maíz. Este cultivo, por otra parte primitivo, no podía ponerles al abrigo del hambre que frecuentemente les azotaba, pero ya les distinguía muy notablemente

de los cazadores nómadas. La agricultura, tan avanzada como las demás artes en el antiguo México, era considerada como una de las dedicaciones más nobresas. Así mismo no ignoraban el arte de la alternancia de cultivos. Cuando el terreno se agotaba, se le dejaba descansar en barbecho. Se corregía la sequedad mediante canales de riego y se castigaba severamente la tala - de árboles".

Con estos antecedentes nos damos cuenta de la gran importancia que tiene el buen cuidado y el aprovechamiento al máximo del agua. Al paso del tiempo, en México se han desarrollado grandes obras civiles para conducir y llevar el agua a la población necesitada, así como para su uso en el medio industrial, pecuario, agrícola etc.

La finalidad de éste proyecto, es presentar una obra hidráulica pequeña para dar solución a una necesidad primaria de las poblaciones rurales, las cuales se beneficiarían con un abastecimiento de agua, y lograr con ello el desarrollo de sus labores de campo así como elevar el nivel de vida de su familia. Con ésto se daría una satisfacción recíproca, en el que el campesino vende parte de su cosecha para obtener un capital y separando la otra parte para consumo familiar o de la comunidad. Por medio de ésta propuesta de desvío - la cual -

se podría mejorar en costo y operación -, se conseguiría que el campesino permaneciera en su zona de trabajo, con las condiciones indispensables para llevar una vida digna y evitar que emigre a las grandes ciudades en busca de mejorar su situación económica.

C A P I T U L O   I

" C A R A C T E R I S T I C A S   D E L   R I O "

## I.1 ANTECEDENTES

### El ciclo hidrológico.

Ya que un ciclo puede iniciar en cualquiera de sus puntos, en este caso comenzaremos con la evaporización del agua de los océanos. El vapor de agua resultante es transportado por las masas móviles de aire. El vapor se condensa para formar las nubes, las cuales a su vez, pueden transformarse en precipitación. La precipitación que cae sobre la tierra se dispersa de varias maneras; la mayor parte de ésta es retenida temporalmente por el suelo, en las cercanías del lugar donde cae, y regresa eventualmente a la atmósfera por evaporación y transpiración de las plantas. Otra porción de agua que se precipita viaja sobre la superficie del suelo o a través de éste hasta alcanzar los canales de las corrientes. La porción restante penetra más profundamente en el suelo para hacer parte del suministro de agua subterránea. Bajo la influencia de la gravedad, tanto la escorrentía superficial como el agua subterránea se mueven cada vez hacia zonas más bajas y con el tiempo pueden incorporarse a los océanos. Sin embargo, una parte importante de la escorrentía superficial y del agua subterránea regresa a la atmósfera por medio de la evaporación y la transpiración, antes de alcanzar los océanos.

Las características hidrológicas de una región están determinadas por su estructura geológica, geográfica y, en forma dominante, por su clima. Entre los factores climatológicos que afectan las características hidrológicas de una región, están la cantidad y distribución de la precipitación, la existencia de hielo y nieve, los efectos del viento, la temperatura y la humedad en la evapotranspiración y en la fusión de la nieve.

#### Concepto de cuenca.

Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde, si fuera impermeable, las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida. Existen tres tipos de cuencas: endorreicas, exorreicas y criptorreicas. En las primeras el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago; en las segundas el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar; las últimas no tienen salida y su drenaje es subterráneo.

#### Número de orden de un cauce.

Se entiende como la clasificación de cauces de acuerdo al número de orden de un río como una medida de la ramificación del cauce principal en una cuenca hidrográfica. Un río de primer orden es un tributario pequeño sin ramificaciones. Un río de segundo orden es uno que posee únicamente ramificaciones de

primer orden. Un río de tercer orden es uno que posee únicamente ramificaciones de primero y segundo orden. El orden de una cuenca hidrográfica está dado por el número de orden del cauce principal.

#### Densidad de drenaje.

Se consideran también otros indicadores del grado de bifurcación o eficiencia de una cuenca, tales como la densidad de corrientes -  $D_s$  -, definida como el número de corrientes perennes e intermitentes por unidad de área; y la densidad de drenaje -  $D_d$  -, definida como la longitud de corrientes por unidad de área:

$$D_s = \frac{N_s}{A} \quad ; \quad D_d = \frac{L_s}{A}$$

donde:  $N_s$  = Número de corrientes perennes e intermitentes.

$L_s$  = Longitud total de las corrientes.

$A$  = Área de la cuenca.

Un orden de corriente alto o una densidad elevada refleja una cuenca altamente disectada, que responde rápidamente a una tormenta.

#### Pendiente media.

Es uno de los indicadores más importantes del grado de respuesta de una cuenca a una tormenta. Por ello existen varios métodos:

A) La pendiente media es igual al desnivel entre los extremos de la corriente dividido entre su longitud medida en planta.

B) La pendiente media es la de una línea recta que, apoyándose en el extremo de aguas abajo de la corriente, hace que se tengan áreas iguales entre el perfil del cauce y arriba y abajo de dicha línea.

C) Taylor y Schwarz proponen calcular la pendiente media - como la de un canal de sección transversal uniforme que tenga la misma longitud y tiempo de recorrido que la corriente en cuestión.

Las corrientes se clasifican de varias maneras, entre las que se encuentran:

1) Por el tiempo en que transportan agua: pueden ser. Perennes.- En estas, el punto más bajo del cauce se encuentra siempre abajo del nivel de aguas freáticas. Estas corrientes transportan agua durante todo el año y siempre están alimentadas, totalmente o en parte, por el agua subterránea, es decir son efluentes.

Intermitentes.- Esta transporta agua durante la época de lluvias de cada año, por lo tanto, en época de secas; el nivel freático queda subyacente al punto más bajo del cauce y la corriente no transporta agua, salvo cuando se presenta alguna tormenta.



Effimeras o influentes.- En este caso el nivel freático está siempre abajo del punto inferior del cauce, y transportan agua inmediatamente después de una tormenta.

2) Por su posición topográfica o edad geológica. Así los ríos pueden ser de montaña o juveniles, de transición o maduros, o de planicie o viejos. Los juveniles se caracterizan por: cotas elevadas sobre el nivel del mar, tienen grandes pendientes y pocas curvas, el agua desarrolla altas velocidades.

- De planicie: presentan numerosos meandros debido a las bajas velocidades del agua, se encuentran en cotas cercanas al nivel del mar.
- De transición: Estan en una situación intermedia entre las dos anteriores.

#### PRECIPITACION

##### Formación de la precipitación.

Para que ocurra la precipitación, se requiere algún mecanismo que enfríe el aire lo suficiente para que llegue de esta manera a, o cerca del punto de saturación. Los enfriamientos de grandes masas, necesarios para que se produzcan cantidades significativas de precipitación, se logran cuando ascienden las masas de aire. Este fenómeno se lleva a cabo por medio de sistemas convectivos o convergentes que resultan de radiaciones desiguales las-

cuales producen calentamiento o enfriamiento de la superficie de la tierra y la atmósfera, o por barreras orográficas.

La precipitación se puede manifestar de diferentes maneras, como por ejemplo: llovizna, lluvia, escarcha, nieve, granizo etc.

Para la medición de la precipitación se emplea generalmente - los pluviómetros; que es un recipiente cilíndrico graduado, al que descarga un embudo que capta el agua de lluvia.

También se cuentan con los pluviógrafos; los cuales son semejantes a los pluviómetros, con la diferencia que tienen un mecanismo para producir un registro continuo de precipitación.

#### Análisis de los datos de precipitación.

La altura de lluvia que cae en un sitio dado difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercanos.

Los pluviómetros y pluviógrafos registran la lluvia puntual, es decir, la que se produce en el punto donde está colocado el aparato. Para el caso propio de este estudio, es necesario conocer la lluvia media; en una zona dada como puede ser una cuenca. Para ello existen tres métodos, los cuales son:

##### A) Método\_Aritmético.

Consiste simplemente en obtener el promedio aritmético de las alturas de precipitación registradas en cada estación.

### B) Polígonos de Thiessen.

Consiste en los siguientes pasos:

1.- Unir, mediante líneas rectas dibujadas en un plano de la cuenca, las estaciones más próximas entre sí. Con ello se forman triángulos en cuyos vértices están las estaciones pluviométricas.

2.- Trazar líneas rectas que bisectan los lados de los triángulos.

3.- Cada estación pluviométrica quedará rodeada por las líneas rectas del paso 2, que forman los llamados polígonos de Thiessen y, en algunos casos, en parte por el parteaguas de la cuenca.

El área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente.

4.- La lluvia media se calcula como un promedio de las precipitaciones registradas en cada estación.

### C) Método de las isoyetas.

Consiste en trazar, con la información registrada en las estaciones, líneas que unen puntos de igual altura de precipitación llamadas isoyetas.

## ESCURRIMIENTO

El término **escorrentía** es generalmente considerado como un sinónimo de **aportación de un río**; en este sentido representa - la suma de la **escorrentía superficial** y del **flujo subterráneo** captado por los cauces de los ríos.

La expresión **escorrentía superficial** suele referirse al volumen del conjunto de las precipitaciones que caen sobre una cuenca, menos la **retención superficial** y menos la **infiltración** ( es decir el agua que llega a atravesar la superficie del suelo ).

La **escorrentía superficial** es función de la intensidad de la precipitación, de la permeabilidad de la superficie del suelo, de la duración de la precipitación, del tipo de vegetación, de la extensión de la cuenca hidrográfica considerada, de la profundidad del nivel freático y de la pendiente de la superficie del suelo. La aportación de una cuenca se representa comúnmente en forma de **hidrograma**; éste es una curva que identifica las oscilaciones -en función del tiempo- del nivel de agua de un río en una sección dada del mismo.

Las aportaciones debidas a las precipitaciones caídas directamente sobre los cauces, junto con las aportaciones de flujo de la **escorrentía hipodérmica** y la **escorrentía puramente superficial**; todas ellas forman un único componente de los hidrogramas llamado **escorrentías directas**.

Los caudales debidos a las aportaciones subterráneas, son llamados caudales de base.

Ya que dentro de un hidrográma se encuentran juntos el gasto directo y el gasto base, para ello se a propuesto uno de los métodos para separar los dos gastos de un hidrograma; el cual consiste en :

- A) Trazar una línea horizontal que va, desde el punto en el que comienza el tramo ascendente del hidrograma de una crecida, hasta el punto de intersección con el tramo descendente del hidrograma. Esta línea horizontal puede ser considerada como el límite de separación, entre las aportaciones debidas a la escorrentia directa, y las correspondientes a los caudales de base.

## I.2 ESTUDIO DE LA CUENCA.

La población de proyecto se encuentra localizada dentro de la cuenca, cuyas características son las descritas a continuación.

Se encuentra situada en el Estado de Sinaloa entre las sig. coordenadas:  $24^{\circ} 10'$  y  $24^{\circ} 14'$  Latitud Norte.

$106^{\circ} 36'$  y  $106^{\circ} 26'$  Longitud Oeste

Las coordenadas de inicio y término del cauce principal dentro de la cuenca son: ( INEGI )

G13C85372771 Inicio

G13C85540770 Término

Dicha cuenca es del tipo exorreica.

No de Orden: 2

Área de la cuenca: 52.24 km<sup>2</sup>

Perímetro de la cuenca: 41 Km.

Longitud del cauce principal: 22 Km.

Densidad de corrientes:  $Ds = \frac{7}{52.24}$   $Ds = 0.13$

Densidad de drenaje:  $Dd = \frac{15.30}{52.24}$   $Dd = 0.29$

Corriente de transición - Perenne. ( Ver fig. CH-1 )

Cálculo de la precipitación promedio. (Pm)

A) Media aritmética:

$$= \frac{88.91+107.32+116.87+118.21+135.12+170.71}{6}$$

Pm = 122.86 mm.

B) Método de Thiessen: ( Ver fig. I.A )

Precip. observada ( mm )	Área ( Km <sup>2</sup> )	Porcentaje del área total	Precipitación ponderada ( mm )
88.91	6.67	12	10.67
107.32	9.86	18	19.32
116.87	8.49	16	18.70
118.21	13.26	24	28.37
135.12	9.15	17	22.97
170.71	7.03	13	22.19
	<u>54.46</u>	<u>100</u>	<u>122.22</u>

Pm = 122.22 mm.

C) Método de las Isoyetas.

( Ver fig. 1.3 )

Isoyeta (mm)	Area (Km <sup>2</sup> )	Precipitación promedio ( mm )	volúmen de irrecipitación
90	0.90	85	76.50
90	6.95	95	660.25
100	7.76	105	814.80
110	14.49	115	1666.35
120	6.23	125	778.75
130	6.09	135	822.15
140	3.47	145	503.15
150	3.66	155	567.30
160	2.71	165	447.15
170	2.20	175	385.00
	<u>54.46</u>		<u>6721.40</u>

$$\text{Prom} = \frac{6721.40}{54.46}$$

;

$$\text{Prom} = \underline{123.44 \text{ mm.}}$$



Simbología:

Tx: Tributario

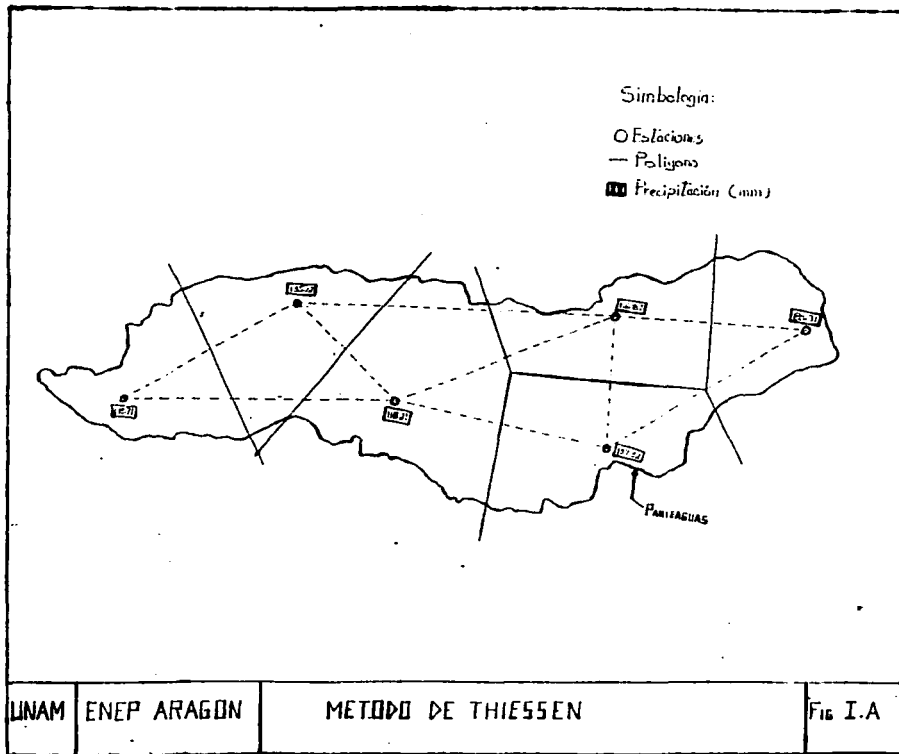
▲: Elevación (MSNM)



UNAM ENEP ARAGON

CUENCA HIDROLOGICA

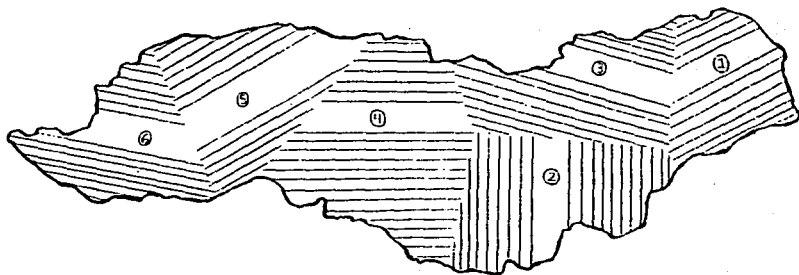
FIG: CH-1



Simbología:

////// Área de influencia

① Número de aires

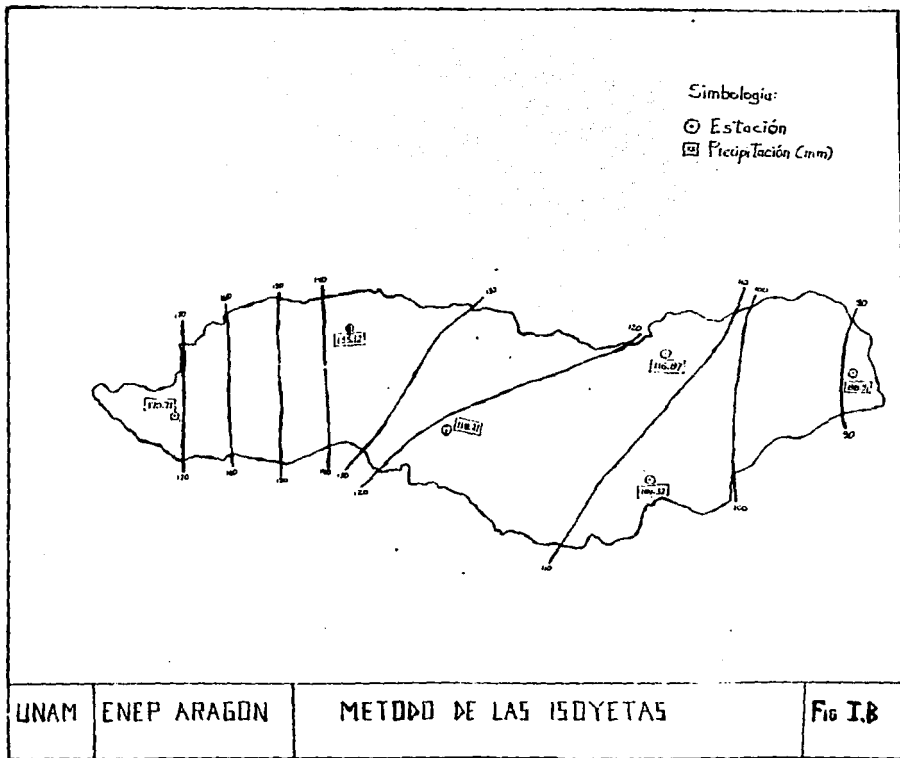


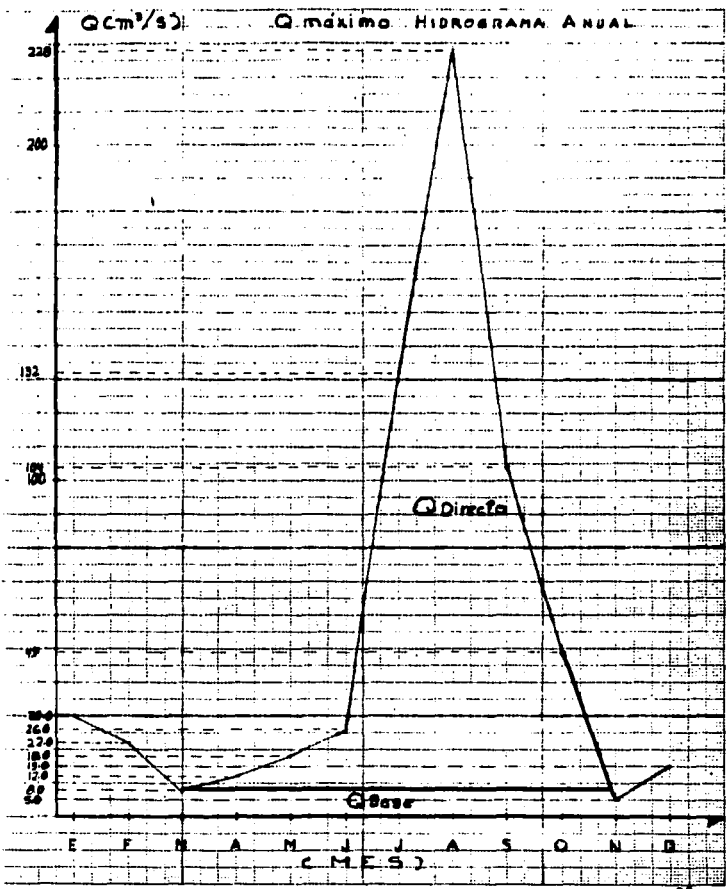
LINAM

ENEP ARAGON

METODO DE THIESSEN

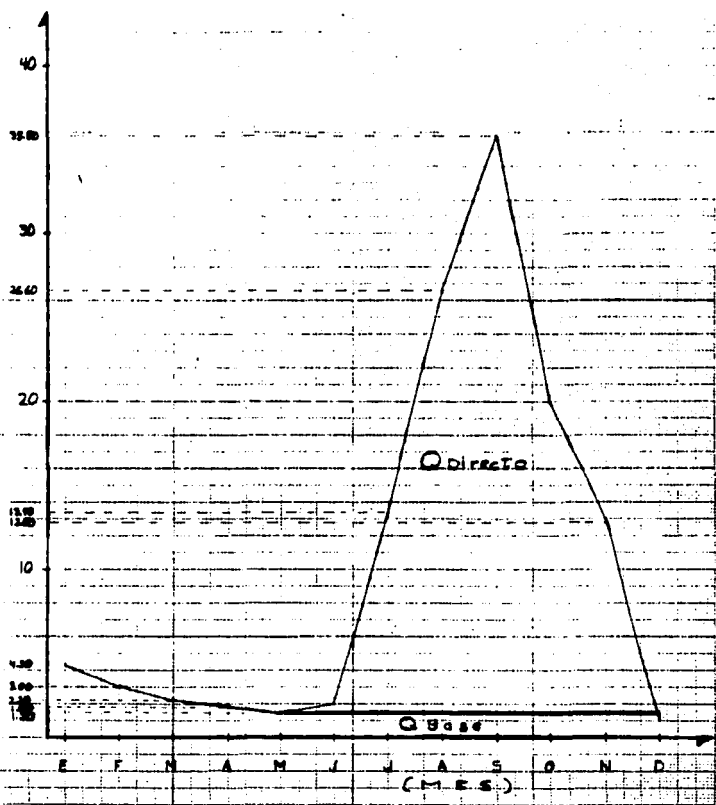
FIG. I.A





Q (m<sup>3</sup>/s)

Q mínimo  
HIDROGRAMA ANUAL



CAPITULO II

" ABASTECIMIENTO & LA POBLACION "

## II.1 INFORMACION GENERAL DE LA POBLACION.

Ya que en México se define como localidades rurales a los que tienen menos de 2 500 habitantes<sup>1</sup>; se determinará éste número de usuarios para el proyecto de desvío del río para riego y abastecimiento.

La localización de ésta comunidad será en el Estado de Sinaloa, ya que éste se encuentra dentro de las " áreas de futuro desarrollo hidroagrícola que requieren básicamente obras de riego "<sup>2</sup>

Para obtener la población de proyecto, se estableció tomar la tasa de crecimiento de dicho Estado:

### METAS DE CRECIMIENTO NATURAL DE LA POBLACION <sup>3</sup>

Estado	Tasa de crecimiento	Año
Sinaloa	1.9	1994
"	1.5	2000

---

1 Plan Nacional Hidráulico. 1981, SARH, Anexo 3 pag. 2-1

2 " " " " " " 1 " 6

3 " " " " " " 0 " 48



### Período de Diseño.

El período económico de servicio de una estructura, depende de su vida útil. El "Manual de normas de Proyecto para obras de aprovisionamiento de agua potable, en localidades urbanas de la República Mexicana nos dice en su capítulo II<sup>4</sup>:

" 2.1 Período económico de las etapas de construcción del proyecto: Se tomarán en cuenta los siguientes valores.-

- A) Para localidades de 2500 a 15000 habitantes de proyecto, de 6 a 10 años.
- B) Para localidades de 15000 o más habitantes de proyecto hasta 15 años de acuerdo con el estudio de factibilidad técnica y económica que se haga."

Por otro lado también encontramos que, los períodos de diseño<sup>5</sup> están determinados por:

1) Desarrollo del recurso de agua.- El período de diseño depende del recurso utilizado para aguas subterráneas 5 años, si se trata de aguas superficiales que precisen de embalses, hasta 50 años. La capacidad de proyecto del recurso, debe ser adecuada para satisfacer la máxima demanda diaria estimada - durante el período de diseño, aunque no necesariamente en forma permanente.

4 SAHOP, Octubre 1979.

5 Abastecimiento de agua y alcantarillado, E.W Steel.

2) Conducciones desde la captación.- El periodo de diseño es generalmente largo, puesto que la vida útil de la conducción y el costo del material, es solo una fracción del costo total de construcción; por lo que se estima 25 años o más.

3) Planta de tratamiento.- El periodo de diseño es normalmente de 10 a 15 años, ya que, en general, es muy fácil ampliar la planta si esta posibilidad se toma en cuenta a la hora de diseñarla.

4) Estación de bombeo.- El periodo de diseño es generalmente de 10 años, puesto que su modificación o ampliación es fácil.

5) Capacidad de los depósitos.- El periodo de diseño puede estar influido por los factores económicos característicos de la construcción de depósitos, los cuales resultan en un costo unitario mínimo para un tanque de tamaño determinado.

6) Sistema de distribución.- El periodo de diseño es indefinido y la capacidad del sistema debe dimensionarse para poder abastecer al máximo desarrollo previsto de la zona a la cual sirve.

En el caso particular de éste estudio, el sistema trabajará a gravedad y se seguirá lo especificado por las Normas lo que indica que se tomará como periodo de diseño el término de 15 años.

### Dotación.

"Se define como el volúmen de agua que requiere cada habitante per día para satisfacer sus necesidades."

Observando las siguientes dotaciones, se estableció la requerida para la población en estudio;

#### <sup>6</sup>POBLACION RURAL (localidades menores de 2500 habitantes)

Menos de 2500 habitantes	30L/hab/día
Entre 2500 y 20000	100 " " "
Entre 20000 y 50000	207 " " "
Entre 50000y 100000	290 " " "
Distrito Federal	360 " " "
Ponterrey	417 " " "
Guadalajara	315 " " "

Tomando en cuenta los datos anteriores, nuestra población- que es de 2500 hab.- tendrá una dotación de 30 L/hab/día y la de proyecto será de 100 L/hab/día.

Esta comunidad contará con una escuela primaria que incluyen 6 salones; uno por cada grado de estudio; y con capacidad -

para 30 alumnos, con opción a alternar 2 turnos, para niños - y adultos respectivamente.

Esta escuela contará con 2 baños, uno para hombres y otro para mujeres, y que incluirán sus respectivos lavabos y bebederos; los primeros utilizarán agua tratada y los últimos, agua potable.

Dicha comunidad se encontrará beneficiada con un Centro de Salud, en el cual se establecerán 3 consultorios, y estos tendrán la finalidad de detectar en forma preventiva enfermedades que pudieran ser contagiosas; así como la administración de vacunas, atención de partes y tratamientos para malestares menores.

También estará dotado con 10 camas para casos de urgencia y en un determinado caso, estabilización del paciente para un posterior traslado a un Hospital de especialidades.

Este Centro de Salud será abastecido con agua tratada y agua potable.

Las dotaciones para estos servicios serán de acuerdo a la siguiente tabla:

Uso Público: "Volumen destinado a satisfacer las necesidades que son inherentes a la comunidad como.- escuelas, hospitales, áreas de uso comunitario etc." <sup>7</sup> Para estas necesidades la dotación será de 18.32 L/hab/día.

7 Plan Nacional Hidráulico, 1981, SARH, Anexo 3 p.2-22 a 2-24

## II.2 POBLACION A FUTURO.

Previsión de población.- Antes de formular un proyecto de abastecimiento de agua, a de decidirse el periodo de tiempo que las instalaciones servirán a la comunidad antes de que deban abandonarse o ampliarse por resultar ya inadecuadas. El problema consiste en prever tan exactamente como sea posible la población futura, dentro del término de años a considerar.

Para estimar la población a futuro, se seguirá la fórmula del: Método Aritmético:

$$\text{Pob.fut} = P_u + \frac{P_u - P_p}{u - p} (f - u) \quad \text{en donde:}$$

Pob.fut= Población a futuro.            u= Último año.  
P<sub>u</sub>= Población del último censo.        p= Penúltimo año.  
P<sub>p</sub>= Población del penúltimo censo.    f= Año a futuro.

Por lo tanto tenemos que:

$$\text{Pob.fut} = 2500 + \frac{2500 - 1660}{1995 - 1994} (2010 - 1995)$$

$$\text{Pob.fut} = 15\ 100 \text{ hab.}$$

### II.2 Cálculo del Gasto:

El gasto medio diario se determinará por:

$$Q_{md} = \frac{P \times D}{86400} \quad \text{; en donde:}$$

Q<sub>md</sub>= Gasto medio diario ( lts x seg ).        D= Dotación (lts/hab/día)  
P= Población ( hab ).                            86400= seg/día.

Los coeficientes de variación diaria y horaria más frecuentemente usados se de 1.2 y 1.5 respectivamente. Sin embargo el rango de variación puede ser el siguiente:

- 8 Coeficiente de variación diaria 1.2 a 1.5 ( Cvd )
- Coeficiente de variación horaria 1.5 a 2.0 ( Cvh )

El gasto máximo diario se obtendrá de la sig. manera:

$$QMD = Qmd \times Cvd \quad QMD = \text{Gasto máximo diario ( lts/seg )}$$
$$Qmd = \text{Gasto medio diario ( lts/seg )}$$
$$Cvd = \text{Coeficiente de variación diaria}$$

Se tomará 1.2

El gasto máximo horario será:

$$QMH = QMD \times Cvh \quad QMH = \text{Gasto máximo horario ( lts/seg )}$$
$$QMD = \text{Gasto máximo diario ( lts/seg )}$$
$$Cvh = \text{Coeficiente de variación horaria}$$

Se tomará 1.5

Estos gastos servirán para el diseño de la línea de alimentación y redes de distribución. Por lo tanto se obtiene que :

$$Qmd = \frac{15 \cdot 100 \times 100}{86 \cdot 400} = 18 \text{ lps.}^{\circ}$$

$$QMD = 18 \times 1.2 = 22 \text{ lps.}$$

$$QMH = 22 \times 1.5 = 33 \text{ lps.}$$

8 Hermanas de proyecto para agua potable

Gasto per use público= 18.32 lts/hab/día

Escuela: 30 alumnos x 6 salones x 2 turnos= 360 alumnos + 6  
instructoras= 366 personas

$$\text{Cmd} = \frac{366 \times 18.32}{86\ 400} = 0.08 \text{ lps}$$

$$\text{CMD} = 0.08 \times 1.2 = 0.09 \text{ lps.}$$

$$\text{GMH} = 0.09 \times 1.5 = 0.135 \text{ .} \cdot 0.14 \text{ lps.}$$

Centro de Salud: 3 consultorios x 1 médico c/u= 3 personas.

10 camas = 10 personas

4 enfermeras

Total= 17 personas

$$\text{Cmd} = \frac{17 \times 18.32}{86\ 400} = 0.004$$

$$\text{CMD} = 0.004 \times 1.2 = 0.005 \text{ lps.}$$

$$\text{GMH} = 0.005 \times 1.5 = 0.007 \text{ lps.}$$

$$\text{GASTO TOTAL} = \text{Cmd} = 18 + 0.08 + 0.004 = 18.08 \text{ lps.}$$

$$\text{CMD} = 22 + 0.09 + 0.005 = 22.10 \text{ lps.}$$

$$\text{GMH} = 33 + 0.14 + 0.007 = 33.15 \text{ lps.}$$

### II.3 CONDUCCION DE LA ZONA DE RIEGO A LA POBLACION.

Obras de conducción: Se denomina línea de conducción, a la parte del sistema constituido, por el conjunto de conductos y accesorios destinado a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde el lugar de la captación hasta un punto que puede ser un tanque de regulación, una planta potabilizadora, o la red de distribución.

Su capacidad se calculará con el gasto máximo diario ( GMD ) o con el que se considere más importante.

La red de distribución tiene la finalidad de proporcionar el agua al usuario en cantidad y calidad adecuada.

Las líneas de tubería generalmente siguen el perfil de la superficie del suelo muy de cerca. Las unidades que las constituyen son tubos de hierro fundido, acero, asbesto-cemento, o concreto reforzado precolado. Sin embargo, pueden ser construidas también en el lugar de la obra, cuando son de madera con bandas de acero o de concreto reforzado; el tubo de plástico es un recurso llegado al campo de las tuberías de diámetro pequeño.

Los tubos de hierro colado y de acero se protegen contra la corrosión, ya sea por recubrimientos superficiales o por ferrajes de betún o cemento.

El agua puede alimentar a las tuberías por gravedad o por bombeo, haciendo de ellas tuberías principales, de gravedad o de presión respectivamente



## Materiales para construcción.

La selección de los materiales para líneas de tuberías, debe estar basada sobre las siguientes consideraciones:

- 1) La capacidad inicial de transporte del tubo y su reducción con el tiempo; definido p.ej. por el coef. de Hazen-Williams
- 2) La resistencia del tubo, medida por su habilidad para soportar la presión interna y las cargas externas.
- 3) La vida o durabilidad del tubo, determinada como la resistencia a la corrosión del tubo de hierro colado o acero; del tubo de suelas con bandas de acero a la putrefacción y corrosión; del tubo de concreto y asbesto cemento a la erosión y desintegración; y del tubo de plástico al agrietamiento y corrosión.
- 4) La facilidad o dificultad para transportar, manejar y tender el tubo bajo diferentes condiciones de topografía, geología y comunicación.
- 5) La seguridad, economía y disponibilidad de los tamaños fabricados.
- 6) La disponibilidad de mano de obra entrenada en la construcción de tuberías de distinta clase.
- 7) Los requerimientos de mantenimiento y reparación, pérdidas de agua por fugas etc.

La pérdida de capacidad depende de: las propiedades del agua transportada y de las características del tubo.

**Resistencia:** Los tubos de acero pueden resistir presiones internas elevadas, pero las líneas grandes, no pueden soportar presiones externas altas cuando se vacían o son colocadas bajo vacío parcial. Los tubos de hierro colado y de asbesto-cemento, son buenos para tolerar presiones de agua moderadamente altas y cargas externas apreciables, siempre que se les proporcione un lecho adecuado. Los tubos de concreto reforzado y de duelas de madera son adecuados para presiones de agua moderadas, y los primeros pueden soportar cargas externas elevadas.

**Durabilidad:** La experiencia con todas las tuberías, excepto la de hierro colado recubierto, ha sido demasiado corta, y los cambios en el tratamiento han sido muchos para darnos valores confiables sobre la duración de los diferentes materiales para tubos.

Tubo de hierro colado recubierto	100 años
" " acero recubierto	de 25 a 50 años
" " concreto reforzado	75 años
" " duelas de madera	de 25 a 50 años

Los tubos metálicos y las bandas de los tubos de tablillas, son destruidos más rápidamente que los de concreto reforzado y de asbesto-cemento.

**Transporte:** Cuando las líneas de tubería deben ser construidas en localizaciones abruptas e inaccesibles, su tamaño y peso se vuelven importantes.

**Seguridad:** Las returas en tubos de hierro fundido son frecuentemente muy destructivas. En contraste, el tubo de acero falla con lentitud, principalmente por corrosión. La corrosión se perfora en puntos aislados, y las reparaciones son simples. Sin embargo, las líneas de tubería de acero pueden colapsarse bajo vacío mientras se les drena. Los tubos de tablillas de madera y de concreto reforzado fallan gradualmente. El tubo de asbestocemento falla bruscamente, muy similarmente al tubo de hierro fundido.

**Mantenimiento:** Las líneas de tubería suficientemente grandes para permitir la entrada, deberán inspeccionarse regularmente y mantenerse en buen estado, todos los tamaños y clases deben vigilarse para evitar fugas o pérdida de presión, signos evidentes de falla. Las reparaciones del tubo precolado de concreto son, posiblemente, las más difíciles, pero se requieren rara vez. Los tubos de hierro fundido o de acero soldados, pueden limpiarse mediante máquinas raspadoras, y revestirse en el lugar con cemento, para restablecer su capacidad. Las líneas nuevas y las reparadas deberán desinfectarse antes de ponerlas en servicio.

El empleo de tuberías en conducciones, permite hacer el análisis hidráulico de los conductos, trabajando como canal o a presión, dependiendo de las características topográficas que se tengan,

En cualquier caso, la velocidad mínima de escurrimiento será de 0.50 m/s, para evitar el asentamiento de partículas que arrastre el agua. La velocidad máxima permisible para evitar erosión será la que se indica en la sig. tabla:

TUBERIAS	M/S
De concrete simple hasta 0.45m de diametro	3.0
" " reforzado de 0.60m o mayores de diam.	3.5
" asbesto-cemento	5.0
" acero galvanizado	5.0
" " sin revestimiento	5.0
" " con revestimiento	5.0
" polietileno de alta densidad	5.0
" PVC (Policloruro de vinilo)	5.0

El cálculo hidraulico de la tubería trabajando como canal se hará empleando la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2} \quad \text{en donde:}$$

- V= Velocidad del agua (m/s)
- n= Coeficiente de rugosidad
- Rh= Radio hidráulico (m)
- S= Pendiente (adim)

Para nuestro caso en particular, y observando que las distancias son ciertas entre la obra de toma, el desvío, la zona de riego, y la población en sí; y considerando el tipo de distribución de agua a la comunidad; el cálculo se realizará tomando en cuenta que la tubería trabaje como canal y su movimiento sea por gravedad, este con el fin de abatir costes de bombeo.

En base a la fórmula anterior, -Manning-, el valor de "n" que es el coeficiente de rugosidad, se recomiendan los siguientes valores a utilizar:

MATERIAL	n
Asbesto-Cemento	0.010
Concreto liso	0.012
" áspero	0.016
Acero galvanizado	0.014
Fierro fundido	0.013
Acero soldado sin revestimiento	0.014
" " con " interior	0.011
Plástico PVC	0.009

Es de desearse que las tuberías de cualquier material que sean, queden alejadas en zanjas para obtener la máxima protección.

Sin embargo, tuberías de acero o fierro fundido se pueden instalar superficialmente garantizando su protección.

Para el abastecimiento propio de este estudio, que comprende, desde la desviación a la zona de riego, a la distribución de la población. La tubería a emplear será de asbesto - Cemento; por lo tanto el cálculo es como a continuación se describe:

Gasto a distribuir: QMH = 33,15 lps.

Longitud total : L = 3,100 mts.

Coef. de rugosidad: n = 0.010

Utilizando el Nemograma de Manning ( Ver tabla II.a )

Diametro : D = 10"

De las tablas para obtener la constante " K " para pérdida por fricción en asbesto-cemento ( Ver tabla II.b ).

Para 10" ; K = 1.54 y empleando la fórmula para pérdidas:

$$hf = K L Q^2 \quad \text{en donde :} \quad \begin{array}{l} K = \text{Constante ( adim ).} \\ L = \text{Longitud ( mts ).} \\ Q = \text{Gasto ( m}^3\text{/seg ).} \\ hf = \text{Pérdida ( mts ).} \end{array}$$

$$hf = ( 1.54 ) ( 200 ) ( 0.033 )^2$$

$$hf = \underline{0.335 \text{ mts.}}$$

$$H(\text{m/km}) = 0.335 \times 0.200 = 0.067 \text{ m/km.}$$

$$hf = ( 1.54 ) ( 250 ) ( 0.033 )^2 \quad ; \quad hf = \underline{0.419 \text{ mts.}}$$

$$H(\text{m/km}) = 0.419 \times 0.250 = 0.105 \text{ m/km.}$$

9 Normas de Proyecto para obras de Agua Potable.

$$S = \frac{hf}{L} \quad ; \quad S = \frac{0.335}{200} \quad ; \quad S = 1.675 \times 10^{-3}$$

$$S = \frac{0.419}{250} \quad ; \quad S = 1.676 \times 10^{-3}$$

Empleando la fórmula de Velocidad tenemos :

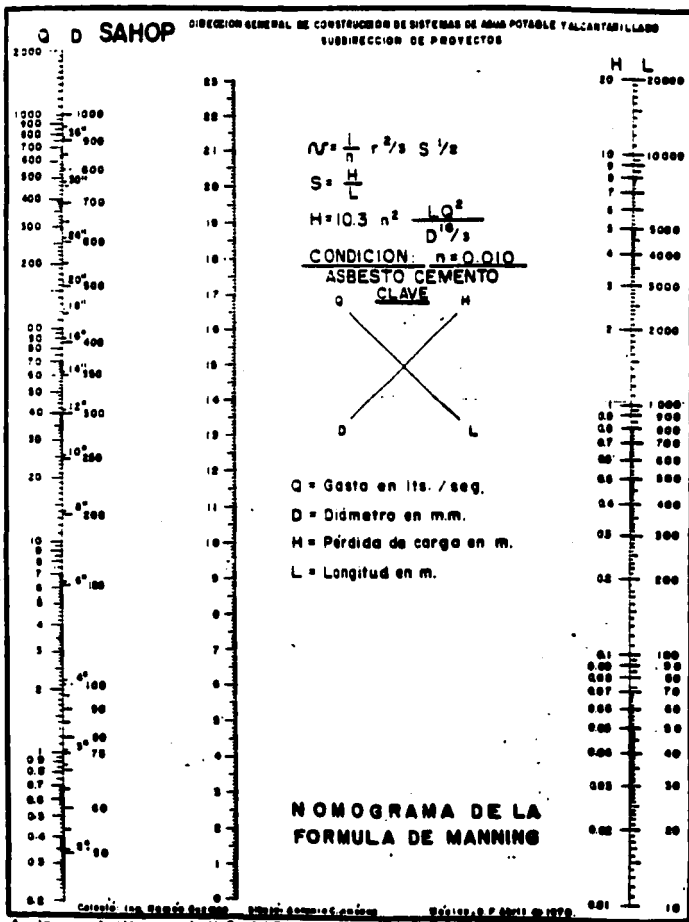
$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2} \quad ; \text{ sustituyendo valores:}$$

$$V = \frac{1}{0.010} \left( \frac{0.051}{0.798} \right)^{2/3} (0.001675)^{1/2}$$

$$R_h = \frac{A}{P} \quad ; \quad R_h = \frac{(3.1415 \times 0.254^2)}{(2 \times 3.1415 \times 0.127)} \quad ; \quad = \frac{0.051 \text{ m}^2}{0.798 \text{ m}}$$

Velocidad = 0.666 ; redondeando : V = 0.67 m/s , por lo que se encuentra dentro del range de velocidades permisibles.

Ver propuesta en croquis II.c





**CONSTANTES "K" PARA PERDIDAS POR FRICCION  
FORMULA DE MANNING**  
n = 0.009 y n = 0.010

Tuberías de plástico P.V.C.					Tuberías de esbeto cemento		
Diámetro Nominal en mm.	RD Norte S-19-68	Presión de trabajo kg/cm <sup>2</sup>	Diámetro interior en mm.	K n = 0.009	Diámetro nominal en mm.	K n = 0.010	
13	(1/2")	11.2	14.1	1.634 200	20	(2")	1 066.85
19	(3/4")	11.2	16.1	406 300	64	(2 1/2")	2 600.93
25	(1")	11.2	23.5	102 800	76	(3")	962.62
32	(1 1/4")	11.2	30.4	27 240	100	(4")	199.61
38	(1 1/2")	11.2	39.0	13 160			
50	(2")	11.2	44.7	4 069	150	(6")	23.79
60	(2 1/2")	11.2	55.7	1 972	200	(8")	5.07
60	(2 1/2")	9.0	57.4	1 141	150	(10")	1.34
75	(3")	11.2	68.9	514.5	100	(12")	.58350
75	(3")	9.0	82.1	449.8	150	(14")	.25432
90	(3 1/2")	11.2	71.8	282.7	400	(16")	.12610
90	(3 1/2")	7.1	76.6	213.9	450	(18")	.06688
100	(4")	11.2	105.5	134.8	500	(20")	.31814
100	(4")	9.0	107.3	123.3	610	(24")	.11439
100	(4")	7.1	108.7	113.9	700	(28")	.06439
125	(5")	11.2	130.5	43.48	810	(36")	.01666
125	(5")	9.0	132.7	39.71			
125	(5")	7.1	134.3	37.38			
150	(6")	11.2	153.3	17.18			
150	(6")	9.0	57.4	14.81			
150	(6")	7.1	160.1	14.68			
200	(8")	11.2	203.3	6.191			
200	(8")	7.1	207.9	5.621			
200	(8")	9.0	211.8	5.283			
250	(10")	11.2	256.8	3.648			
250	(10")	9.0	258.2	3.499			

$$h_f = 10.3 \frac{L Q^2}{D^{16/3}}$$

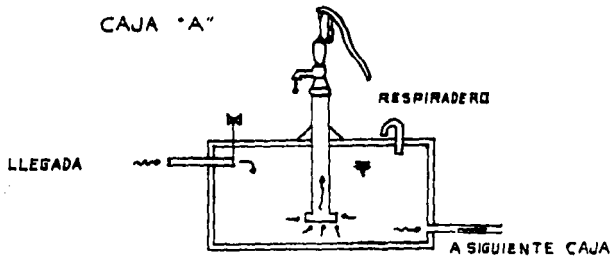
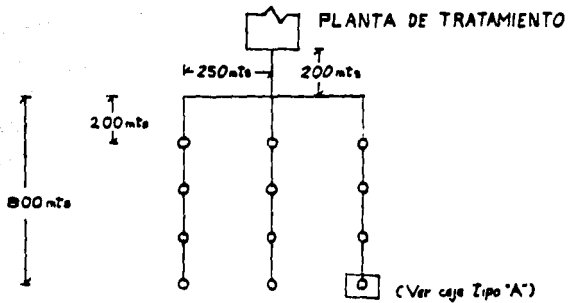
$$h_f = K L Q^2$$

$$K = \frac{10.3 L^2}{D^{16/3}}$$

$h_f$  = pérdida por fricción en m.  
L = longitud. en m.  
Q = caudal en m<sup>3</sup>/seg.

Formulé: Ing. Laura Reyes Torres

V. C. 1032



LUNAM ENEP ARAGON TOMAS COMUNITARIAS

FIG II.C

CAPITULO III

" ZONA DE RIEGO "

### III.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El riego es la aplicación oportuna y uniforme de agua a un perfil del suelo, para reponer en éste el agua consumida por los cultivos entre dos riegos consecutivos.

En la definición de riego se indica que la cantidad de agua que debe incorporarse al perfil del suelo, debe corresponder al agua consumida por el cultivo entre dos riegos consecutivos; los cultivos consumen agua debido al efecto de las condiciones ambientales o climáticas, que generan una diferencia o gradiente de potencial entre el agua que está en la planta y en el suelo, por una parte, y el vapor de agua que hay en la atmósfera. En consecuencia se está liberando permanentemente vapor de agua desde la planta hacia la atmósfera a través del proceso de transpiración, y desde la superficie del suelo a través del proceso de evaporación. La velocidad de estos procesos de pérdida de agua, que en conjunto se conocen con el nombre de evapotranspiración, está determinada no solo por el clima, sino también por el tipo de suelo, su contenido inicial de agua y el tipo de cultivo.

#### Calidad del agua de riego.

La calidad del agua para riego se determina por la composición-

y concentración de los constituyentes que pueda contener en solución o suspensión, adquiridos durante su transporte; desde los puntos de precipitación e infiltración, hasta donde es utilizada. Esa calidad es determinante en la calidad de los suelos y los cultivos en los aspectos relacionados con la salinización, la dispersión o destrucción de la estructura, la depositación de sedimentos y la diseminación de plagas y enfermedades.

Las características que determinan la calidad del agua de riego son:

- 1.- La concentración total de sólidos en suspensión ( sedimentos de origen erosivo ).
- 2.- La concentración total de sales solubles.
- 3.- La concentración relativa de sodio en relación a otros cationes.
- 4.- La concentración de boro u otros elementos tóxicos.
- 5.- La dureza del agua.
- 6.- La presencia de semillas de malezas, esporas de hongos patógenos y huevos e larvas de insectos.

#### Descripción del proceso de infiltración.

La capacidad de infiltración -conocida también como infiltrabilidad del suelo- es el flujo que el perfil del suelo puede absorber a través de su superficie cuando es mantenido en con-

tacto con el agua a la presión atmosférica. Mientras la velocidad de aporte de agua a la superficie del suelo sea menor que la infiltrabilidad, el agua se infiltra tan rápidamente como es aportada y la velocidad de aporte determina la velocidad de infiltración.

#### Factores que afectan el proceso de infiltración.

Sellamiento superficial,

Compactación del suelo.

Partículas o grietas del suelo.

Preparación del suelo.

Materia orgánica y rotación de cultivos.

Salas del suelo y del agua.

Sedimentos en el agua de riego.

Perfil del suelo.

#### EVAPOTRANSPIRACIÓN.

En climas áridos las plantas consumen cientos de toneladas de agua por cada tonelada de crecimiento vegetativo. Esto quiere decir, que las plantas inevitablemente transmiten hacia la atmósfera la mayor parte del agua que extraen del suelo. El consumo de agua por parte de las plantas, es el proceso llamado transpiración.

La transpiración está causada, más que por el crecimiento de los vegetales por un gradiente de presión entre las hojas y la atmósfera que las rodea.

Para crecer satisfactoriamente las plantas deben alcanzar tal economía de agua que la demanda a la que están sujetas sea balanceada con la oferta disponible. El problema reside en que la demanda evaporativa de la atmósfera es casi continua, mientras que la lluvia o el riego ocurren ocasionalmente y en forma irregular.

Uno de los aspectos principales de la operación de cualquier sistema de riego es la frecuencia, o sea el intervalo que ocurre entre dos riegos consecutivos. La determinación de la frecuencia de riego ( cuánto regar ) puede enfocarse desde el punto de vista del agua en el suelo. La frecuencia de riego también puede determinarse a partir de una medición o una estimación del consumo de agua del cultivo,

#### Uso Consumo.

El consumo de agua de los cultivos, llamado uso-consumo, - se define como la cantidad de agua usada por cada cultivo o - vegetación natural y que se utiliza en la formación de tejidos, se pierde por las hojas y se reintegra a la atmósfera debido a

la intercepción de la lluvia o del sistema conductor del agua de riego; se utiliza también para este fenómeno la denominación " evapotranspiración ".

Se ha desarrollado un gran número de metodologías para estimar las cantidades de agua que se requieren para una producción óptima de los cultivos. Estos métodos se han desarrollado para condiciones específicas de suelos, cultivos y climas en áreas determinadas; la aplicación de ésta metodología a un área diferente es bastante problemática, dado que se requieren de costosos y largos experimentos de campo para ajustar los métodos a un nuevo conjunto de condiciones.

Los principales métodos directos para la determinación del uso - consumo son :

- 1.- Tanques y lisímetros: Son aparatos rodeados de vegetación natural en los cuales se producen las condiciones existentes en el campo; por diferencias de peso medidas continuamente se determina la pérdida de agua del cultivo.
- 2.- Estudios de humedad del suelo: Determinan la humedad del terreno, antes y después de cada riego.
- 3.- Método de integración: Se basa en la suma del producto de la superficie que ocupa un cultivo y el consumo de agua por la unidad vegetativa, más la evaporación desde el suelo sin vegetación, por su superficie.



- 4.- Método del balance de agua: Utiliza la ecuación del balance hidrológico.
- 5.- Método de equilibrio de energía: Implica la estimación de la energía radiante que entra y sale de los cultivos y la radiación neta absorbida por ellos; la ecuación es:

$$R_n = H + I_E + G + aA$$

En donde:  $R_n$  = Radiación neta

$H$  = Intercambio de calor sensible con la atmósfera.

$I_E$  = Calor latente empleado en la evapotranspiración.

$G$  = Intercambio de calor con el suelo y la vegetación.

$aA$  = Energía empleada en la fotosíntesis y desprendida por la respiración.

- 6.- Método aerodinámico o de flujo de vapor: Se refiere a la determinación de flujo ascendente de vapor por encima de la superficie.

Estos métodos presentan algunas desventajas operacionales y de costo, pues requieren para sus determinaciones un instrumental complejo y en algunos casos la reproducción de condiciones naturales, difíciles de obtener y mantener.

Los principales métodos indirectos para estimar el uso-consumo de los cultivos, consisten en una gran cantidad de relaciones empíricas basadas en datos meteorológicos diversos como: temperatura, humedad, velocidad del viento, presión de vapor y - radiación solar; esos factores permiten la evaluación del uso-consumo con cierto grado de aproximación.

Entre otros se puede mencionar a :

A) Método de Lowry - Johnson: El cual usa la sig. fórmula:

$$U = 0.0048H + 24 \quad ; \text{ en donde:}$$

U = Evapotranspiración anual ( cm ).

H = Calor excedente de 32°F diario y acumulado.  
( temperatura máxima diaria )

B) Método de Thornthwaite: Calcula el uso-consumo mensual como una función de la temperaturas medias mensuales mediante la fórmula:

$$U_j = 1.6K_a \left( \frac{10T_j}{I} \right)^a \quad ; \text{ donde:}$$

U<sub>j</sub> = Uso consumido en el mes "j" ( cm ).

T<sub>j</sub> = Temperatura media en el mes "j" ( °C ).

a, I = Constantes

K<sub>a</sub> = Constante que depende de la latitud y el mes del año  
( ver tabla anexa IIIa ).

Las constantes "I" ( índice de eficiencia de temperatura ) y "a" se calculan de la siguiente manera:

$$I = \sum_{j=1}^{12} I_j \quad ; \text{ donde:}$$

$$I_j = \left( \frac{T_j}{5} \right)^{1.514} \quad ; j = \text{número de mes.}$$

$$a = 675 \times 10^{-9} I^3 - 771 \times 10^{-7} I^2 + 179 \times 10^{-4} I + 0.492$$

C) Método de Blaney - Criddle: En este método se toma en cuenta, además de la temperatura y las horas de sol diarias, el tipo de cultivo, la duración de su ciclo vegetativo, la temporada de siembra y la zona. El ciclo vegetativo de un cultivo es el tiempo que transcurre entre la siembra y la cosecha y, varía de cultivo a cultivo; ( ver tabla anexa IIIb ). Si se desea estimar la evapotranspiración durante un ciclo vegetativo completo, se emplea:

$$E_t = K_g F \quad ; \text{ donde:}$$

$E_t$  = Evapotranspiración durante el ciclo vegetativo (cm)

F = Factor de temperatura y luminosidad.

$K_g$  = Coeficiente global de desarrollo. ( ver IIIb )

El factor de luminosidad y temperatura ' F ' se calcula:

$$F = \sum_{i=1}^n f_i \quad ; \text{ donde:}$$

n = número de meses que dura el ciclo vegetativo.

$$f_i = P_i \left( \frac{T_i + 17.8}{21.8} \right) \quad ; \text{ donde:}$$

$P_i$  = Porcentaje de horas del sol del mes 'i' con respecto al año ( ver tabla III.c ).

$T_i$  = Temperatura media del mes 'i' ( °C ).

Cuando la zona en cuestión es árida, los valores de " $f_i$ " - se multiplican por un factor de corrección " $K_{t_i}$ " :

$$K_{t_i} = 0.03114T_i + 0.2396$$

Cuando se desea determinar valores de la evapotranspiración en periodos más cortos que un ciclo vegetativo, se usa la fórmula:

$$E_{t_i} = K_{c_i} f_i \quad ; \text{ donde: } E_{t_i} \text{ es la evapotranspiración durante el periodo 'i'; 'f_i' se calcula con la fórmula descrita anteriormente, con 'P_i y T_i' correspondientes al periodo considerado, 'K_{c_i}' es un coeficiente de desarrollo parcial, y se pueden usar los valores de la tabla III.b.}$$

n = número de meses que dura el ciclo vegetativo.

$$f_i = P_i \left( \frac{T_i + 17.8}{21.8} \right) \quad ; \text{ donde:}$$

$P_i$  = Porcentaje de horas del sol del mes ' i ' con respecto al año ( ver tabla III.c ).

$T_i$  = Temperatura media del mes ' i ' ( °C ).

Cuando la zona en cuestión es árida, los valores de " $f_i$ " - se multiplican por un factor de corrección " $K_{t_i}$ " :

$$K_{t_i} = 0.03114T_i + 0.2396$$

Cuando se desea determinar valores de la evapotranspiración en periodos más cortos que un ciclo vegetativo, se usa la fórmula:

$$E_{t_i} = K_{c_i} f_i \quad ; \text{ donde: } E_{t_i} \text{ es la evapotranspiración durante el periodo 'i'; 'f_i' se calcula con la fórmula descrita anteriormente, con 'P_i y T_i' correspondientes al periodo considerado, 'K_{c_i}' es un coeficiente de desarrollo parcial, y se pueden usar los valores de la tabla III.b.}$$

## SISTEMA DE RIEGO A UTILIZAR.

Cada sistema de riego es más o menos idóneo según ciertas características y circunstancias, del terreno. Entre los sistemas de riego que se pueden emplear están:

Riego por: 1.- Compartimiento, 2.- Bordas, 3.- Surcos,  
4.- Desbordamiento natural o riego tendido,  
5.- Aspersión, 6.- Goteo.

- 1.- Es el más simple y el más usado en cultivos como: algodón, maíz, cereales, garbanzo, alfalfa, pasto y otros cultivos intensivos. Su principal desventaja es el alto costo de establecimiento en el terreno.
- 2.- Puede ser el método más eficaz para cultivos densos, como la alfalfa, los pastos y los cereales menores; también se utiliza en huertos y viñedos.
- 3.- Está diseñado para cultivos que quedan perjudicados si el tallo o el cuello de la raíz está en contacto prolongado con el agua: hortalizas, algodón, remolacha azucarera, maíz, papas y cultivos de semillas.
- 4.- Se usa para cultivos forrajeros perennes, que protegen el suelo contra la erosión hídrica, así como para cereales.
- 5.- Tiene grandes ventajas en suelos delgados o muy arenosos o suelos con pendientes pronunciadas, y puede utilizarse en todos los cultivos.

6.- Es beneficioso para huertos y viñedos jóvenes, para plantas perennes poco espaciadas, como alcachefas, bananes y otros cultivos valiosos y, cuando el agua escasea o es muy salina, para hortalizas cultivadas en hileras.

### CONDUCCION Y ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA LA ZONA DE CULTIVO

Las obras de toma o reguladoras de cabecera son dispositivos hidráulicos construidos en la cabecera de un canal de riego. En ese contexto, los canales de riego incluyen canales principales y canales de derivación o distribución, canales menores y subdivisiones de ellos; la finalidad de estos dispositivos es recibir y regular el agua procedente de un canal principal o de fuentes de origen del abastecimiento, tales como un embalse o un río. Las estructuras usadas para conducir el agua desde ríos, embalses o canales principales se han adaptado a las condiciones del terreno y los requerimientos de flujo. Las estructuras y dispositivos de salida en el predio, se utilizan para desviar agua desde una corriente primaria a una secundaria, o acequia, o desde una acequia de cabecera a un campo.

### III.2 ESTUDIO DE LA ZONA DE RIEGO.

La población en estudio, tendrá un área de cultivo de 15 Has. en las cuales se cultivará maíz.

El maíz exige un clima relativamente cálido, y agua en cantidades adecuadas. La temperatura óptima depende del estado de desarrollo de la planta, las cuales son las sig:

	Mínima	Óptima	Máxima
Germinación	10°C	20 a 25°C	40°C
Crecimiento vegetativo	15°C	20 a 30°C	40°C
Floración	20°C	21 a 30°C	30°C

Los mayores rendimientos de la planta se obtienen con 11 o 14 horas luz por día.

La cantidad de agua durante la temporada de crecimiento no debe ser menor de 300 mm. El maíz necesita suelos profundos y fértiles para dar una buena cosecha. En la noche; el maíz necesita un ambiente fresco y no demasiado húmedo.

Los tipos de terrenos que reúnen las características adecuadas para el cultivo del maíz son:

- \*Suelos de tipo franco y profundo.
- \*Suelos de aluvión, cerca de la orilla de los ríos.
- \*Suelos vírgenes, cubiertos por una vegetación natural exuberante.



Para obtener buenas condiciones para el cultivo de maíz, se requiere un campo con las siguientes características:

- Bien nivelado, para facilitar las labores y favorecer la penetración uniforme del agua de lluvia y riego.
- Libre de vegetación natural.
- Un suelo permeable.
- Un terreno suelto hasta por lo menos 20 cm de profundidad.
- Una cama de siembra con una profundidad de 8 hasta 10 cm.

Riego: El cultivo de maíz requiere agua abundante. La cantidad de agua que se debe suministrar mediante riego depende de los requerimientos del cultivo, del tipo de suelo y de la precipitación pluvial. Para economizar el agua de riego, el agricultor puede hacer lo siguiente:

- Labrar adecuadamente. Una buena labranza aumenta la capacidad del suelo para retener el agua de lluvia.
- Ajustar la densidad de siembra a las condiciones de clima y de suelo.
- Dejar los residuos vegetales sobre la superficie como capa protectora.

El riego se inicia normalmente con una lámina de 15 mm, para favorecer la germinación. Durante el desarrollo del cultivo, se suministran láminas de riego, según las necesidades.

La aplicación de riego a cultivos de maíz se efectúa, en general, en los surcos y por gravedad.

La zona de cultivo se encuentra dentro del tipo de terreno de : Suelos de aluvión, cerca de la orilla de los ríos. Ya que, como se mencionó en el capítulo II, la población contará con un sistema de tratamiento de agua preliminar y primario; éste se colocará en la intersección de tuberías: para abastecimiento a la población y para la zona de cultivo; según croquis III,d. Esto ayudará a que el agua destinada para el riego, se encuentre libre de sólidos en suspensión, así como disminuir la posible presencia de semillas de maleza, insectos, etc; los cuales pueden provocar alteraciones en el crecimiento del maíz.

### Cálculo del Uso - Consumo.

Como se mencionó con anterioridad, los métodos directos presentan desventajas operacionales y de costo; debido a éste, en el presente estudio se utilizarán los métodos indirectos descritos para que conlleve a una reducción de costo para la población.

#### A) Método de Lowry - Johnson:

En base a datos obtenidos en una estación climatológica, se determinaron las temperaturas máximas diarias, y convirtiéndolas a °F; se utilizó la fórmula propia de éste método:

$$H = 547.8 + 607 + 716.2 + 886.8 + 1151.8 + 1146.60 + 978.6 + 957.4 + 904.60 + 982.6 + 825.60 + 853.$$

$$H = 10658.20$$

$$U = 0.0048 \times 10658.20 + 24$$

$$U = \underline{75.16 \text{ cm ( anual )}} \quad ; \text{ este método se utilizó}$$

unicamente para ilustrar el procedimiento del mismo, ya que en la actualidad se encuentra en desuso. Así mismo se tomarán datos de un solo año. ( Se anexa relación ).

#### B) Método de Thornthwaite: ( Datos de Temp. en anexo IIIe )

empleando la fórmula descrita anteriormente, determinaremos-

la constante "Ka": Ya que la latitud norte de nuestra zona de estudio es  $24^{\circ}$ , y que, en base a datos estadísticos recopilados de una estación climatológica, se tomará como el mes en el cual se registra la mayor temperatura: Junio.

Consultando la tabla IV.a, tenemos que la constante "Ka" es  $K_a = 1.13$

Cálculo de "I": Primeramente se calculará "i"

$$i_1 = \left( \frac{18.8}{5} \right)^{1.514} = \underline{7.43} ; \quad i_2 = \left( \frac{20.17}{5} \right)^{1.514} = \underline{8.26} ;$$

$$i_3 = \left( \frac{22.06}{5} \right)^{1.514} = \underline{9.46} ; \quad i_4 = \left( \frac{24.70}{5} \right)^{1.514} = \underline{11.23} ;$$

$$i_5 = \left( \frac{27.34}{5} \right)^{1.514} = \underline{13.09} ; \quad i_6 = \left( \frac{29.43}{5} \right)^{1.514} = \underline{14.64} ;$$

$$i_7 = \left( \frac{28.06}{5} \right)^{1.514} = \underline{13.62} ; \quad i_8 = \left( \frac{27.75}{5} \right)^{1.514} = \underline{13.39} ;$$

$$i_9 = \left( \frac{27.43}{5} \right)^{1.514} = \underline{13.16} ; \quad i_{10} = \left( \frac{26.36}{5} \right)^{1.514} = \underline{12.39} ;$$

$$i_{11} = \left( \frac{22.27}{5} \right)^{1.514} = \underline{9.60} ; \quad i_{12} = \left( \frac{19.77}{5} \right)^{1.514} = \underline{8.02} .$$

Por lo tanto la sumatoria de "i" nos da "I"

$$\underline{I = 134.29}$$

Cálculo de " a " :

$$a = 675 \times 10^{-9} (134.29)^3 - 771 \times 10^{-7} (134.29)^2 + 179 \times 10^{-4} (134.29) + 0.492$$

$$a = 1.63 - 1.39 + 2.40 + 0.492$$

$$a = \underline{3.132} \quad ; \quad \text{Aplicando la fórmula para cada mes: } \left. \begin{array}{l} 12 \\ 1 \end{array} \right\}$$

$$U_j = (1.6)(1.134) \left( \frac{10T_j}{134.29} \right)^{3.132} \quad ; \quad \text{Sustituyendo "Tj" por la temperatura de cada mes:}$$

$$U_1 = 5.20 \text{cm} \quad ; \quad U_2 = 6.49 \text{cm} \quad ; \quad U_3 = 8.59 \text{cm} \quad ; \quad U_4 = 12.24 \text{cm}$$

$$U_5 = 16.82 \text{cm} \quad ; \quad U_6 = 21.18 \text{cm} \quad ; \quad U_7 = 18.24 \text{cm} \quad ; \quad U_8 = 17.62 \text{cm}$$

$$U_9 = 16.99 \text{cm} \quad ; \quad U_{10} = 15.00 \text{cm} \quad ; \quad U_{11} = 8.85 \text{cm} \quad ; \quad U_{12} = 6.09 \text{cm}$$

Con estos datos observamos que el mes donde se requiere más agua es el sexto.

### C) Método de Blaney - Criddle:

De la tabla IV.b obtenemos " Kg " ; ' Maiz para 4 meses: los valores fluctúan de 0.60 - 0.70 , tomaremos la media como valor para cálculo: 0.65 = Kg.

Posteriormente se determinará " P " , para ello tenemos que:

$$\sum_{i=1}^4 f_i \quad \text{y para obtener " f_i " primero consultaremos la -}$$

tabla IV.c para calcular " Pi " . Iniciando el cultivo en el mes de Enero:

$$P_1 = 7.58 ; P_2 = 7.17 ; P_3 = 8.40 ; P_4 = 8.60 .$$

El término " fi " se estimará en base a los datos de la estación climatológica ( anexo II e )

$$T_1 = 18.9 ; T_2 = 20.17 ; T_3 = 22.06 ; T_4 = 24.70 ; \text{ por lo tanto:}$$

$$f_1 = 7.58 \left( \frac{18.9 + 17.8}{21.8} \right) = \underline{12.73} ; f_2 = 7.17 \left( \frac{20.17 + 17.8}{21.8} \right) = \underline{12.49}$$

$$f_3 = 8.40 \left( \frac{22.06 + 17.8}{21.8} \right) = \underline{15.36} ; f_4 = 8.60 \left( \frac{24.70 + 17.8}{21.8} \right) = \underline{16.77}$$

$$F = 12.73 + 12.49 + 15.36 + 16.77$$

$$\underline{F = 57.35}$$

$$E = 57.35 \times 0.65$$

$$\underline{E = 37.28 \text{ cm.}}$$

T A B L A III.a

\*\*\* VALORES DE K<sub>s</sub>

Latitud grados	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.01
10	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.91
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
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.66	0.85
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
45	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
50	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70

\*\*\* Hidrología de Superficie, Nijares Aparicio. pag. 57

FALLA DE ORIGEN

T A B L A III.b

Cultivo ***	Ciclo *** vegetativo	*** Coeficiente global "Kg"
Aguacate	Perenne	0.50 - 0.55
Ajonjolí	3 a 4 meses	0.80
Alfalfa	Entre heladas	0.80 - 0.85
	En invierno	0.60
Algodón	6 ó 7 meses	0.60 - 0.65
Arroz	3 a 5 meses	1.00 - 1.20
Cacahuete	5 meses	0.60 - 0.65
Cacao	Perenne	0.75 - 0.80
Café	Perenne	0.75 - 0.80
Camote	5 a 6 meses	0.60
Caña de azúcar	Perenne	0.75 - 0.90
Cártamo	5 a 8 meses	0.55 - 0.65
Cereales de grano pequeño( alpiste, avena, cebada, cen- teno, trigo)	3 a 6 meses	0.75 - 0.85
Cítricos	7 a 8 meses	0.50 - 0.65
Chile	3 a 4 meses	0.60
Espárrago	6 a 7 meses	0.60
Fresa	Perenne	0.45 - 0.60
Frijol	3 a 4 meses	0.60 - 0.70
Frutales de hueso y pepita(hoja caduca)	Entre heladas	0.60 - 0.70
Garbanzo	4 a 5 meses	0.60 - 0.70
Girasol	4 meses	0.50 - 0.65
Gladiola	3 a 4 meses	0.60
Haba	4 a 5 meses	0.60 - 0.70
Hortalizas	2 a 4 meses	0.60
Jitomate	4 meses	0.70

Continuación...



Continuación...

Cultivo ***	Ciclo *** vegetativo	*** Coeficiente global "Kg"
Lechuga y col	3 meses	0.70
Lenteja	4 meses	0.60 - 0.70
Maíz	4 meses	0.60 - 0.70
Maíz	4 a 7 meses	0.75 - 0.85
Mango	Perenne	0.75 - 0.80
Melón	3 a 4 meses	0.60
Negal	Entre heladas	0.70
Papa	3 a 5 meses	0.65 - 0.75
Palma datilera	Perenne	0.65 - 0.80
Palma cecotera	Perenne	0.80 - 0.90
Papaya	Perenne	0.60 - 0.80
Plátano	Perenne	0.80 - 1.00
Pastos de gramíneas	Perenne	0.75
Remolacha	6 meses	0.65 - 0.75
Sandía	3 a 4 meses	0.60
Sergo	3 a 5 meses	0.70
Soya	3 a 5 meses	0.60 - 0.70
Tahace	4 a 5 meses	0.70 - 0.80
Tomate	4 a 5 meses	0.70 - 0.80
Trébol ladino	Perenne	0.80 - 0.85
Zanaheria	2 a 4 meses	0.60

T A B L A III.c

\*\*\* PORCIENTO DE HORAS DE SOL MENSUAL.

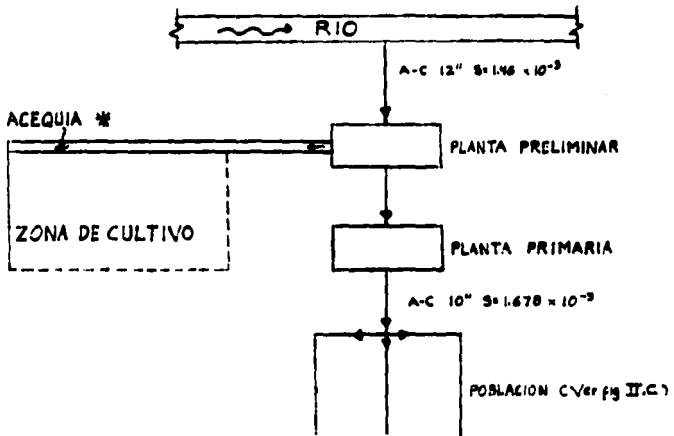
Lat. norte	E	F	M	A	M	J	J	A	S	C	N	D
0°	8.50	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50
5	8.37	7.57	8.47	8.29	8.65	8.41	8.67	8.60	8.23	8.42	8.07	8.30
10	8.13	7.47	8.45	8.37	8.81	8.60	8.86	8.71	8.25	8.34	7.91	8.10
15	7.94	7.35	8.43	8.44	8.98	8.90	9.05	8.83	8.28	8.20	7.75	7.88
16	7.93	7.35	8.44	8.46	9.07	8.83	9.07	8.85	8.27	8.24	7.72	7.83
17	7.86	7.32	8.43	8.48	9.04	8.87	9.11	8.87	8.27	8.22	7.69	7.80
18	7.83	7.30	8.42	8.50	9.09	8.92	9.16	8.90	8.27	8.21	7.66	7.74
19	7.79	7.28	8.41	8.51	9.11	8.97	9.20	8.92	8.28	8.19	7.63	7.71
20	7.74	7.25	8.41	8.52	9.15	9.00	9.25	8.96	8.30	8.18	7.58	7.66
21	7.71	7.24	8.40	8.54	9.18	9.05	9.29	8.98	8.29	8.15	7.54	7.62
22	7.66	7.21	8.40	8.56	9.22	9.09	9.33	9.00	8.30	8.13	7.50	7.55
23	7.62	7.19	8.40	8.57	9.24	9.12	9.35	9.02	8.30	8.11	7.47	7.50
24	7.58	7.17	8.40	8.60	9.30	9.20	9.41	9.05	8.31	8.09	7.43	7.46
25	7.53	7.14	8.39	8.61	9.33	9.23	9.45	9.09	8.32	8.09	7.40	7.42
26	7.49	7.12	8.40	8.64	9.38	9.30	9.49	9.10	8.31	8.06	7.36	7.31
27	7.43	7.09	8.38	8.65	9.40	9.32	9.52	9.13	8.32	8.03	7.36	7.31
28	7.40	7.07	8.39	8.68	9.46	9.38	9.58	9.16	8.32	8.02	7.27	7.27
29	7.35	7.04	8.37	8.70	9.49	9.43	9.61	9.19	8.32	8.00	7.24	7.20
30	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.33	7.99	7.19	7.15
31	7.25	7.00	8.36	8.73	9.57	9.54	9.72	9.24	8.33	7.95	7.15	7.09
32	7.20	6.97	8.37	8.76	9.62	9.59	9.77	9.27	8.34	7.95	7.11	7.05
33	7.15	6.94	8.36	8.78	9.68	9.65	9.82	9.31	8.35	7.94	7.07	6.98
34	7.10	6.91	8.36	8.80	9.72	9.70	9.88	9.33	8.36	7.90	7.02	6.92
35	7.05	6.88	8.35	8.83	9.77	9.76	9.94	9.37	8.37	7.88	6.97	6.85
36	6.99	6.85	8.35	8.85	9.82	9.82	9.09	9.40	8.37	7.85	6.92	6.79

\*\*\* Hidrología de Superficie, Mijares Aparicio. pags. 60-61

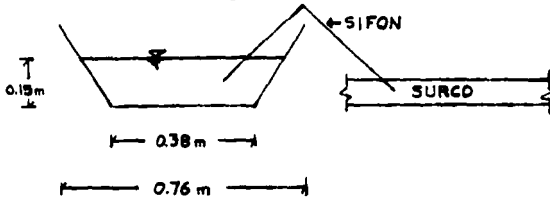
Continuación...

Lat. norte	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
38	6.87	6.79	8.34	8.90	9.92	9.95	10.10	9.47	8.38	7.80	6.82	6.66
40	6.76	6.72	8.33	8.95	10.02	10.08	10.22	9.54	8.39	7.75	6.72	7.52
42	6.63	6.65	8.31	9.00	10.14	10.22	10.35	9.62	8.40	7.69	6.62	6.37
44	6.49	6.58	8.30	9.06	10.26	10.38	10.49	9.70	8.41	7.63	6.49	6.21
46	6.34	6.50	8.29	9.12	10.39	10.54	10.64	9.79	8.42	7.57	6.36	6.04
48	6.17	6.41	8.27	9.18	10.53	10.71	10.80	9.89	8.44	7.51	6.23	5.86
50	5.98	6.30	8.24	9.24	10.68	10.91	10.90	10.00	8.46	7.45	6.10	5.65
52	5.77	6.19	8.21	9.29	10.85	11.13	11.20	10.12	8.49	7.39	5.93	5.43
54	5.55	6.08	8.18	9.36	11.03	11.38	11.43	10.26	8.51	7.30	5.74	5.18
56	5.30	5.95	8.15	9.45	11.22	11.67	11.69	10.40	8.52	7.21	5.54	4.89
58	5.01	5.81	8.12	9.55	11.46	12.00	11.98	10.55	8.51	7.10	4.31	4.56
60	4.67	5.55	8.08	9.65	11.74	12.39	12.31	10.70	8.51	6.98	5.04	4.22

# CORTE ESQUEMATICO



## \* SECCION (Ver pag 78)



UNAM

ENEP ARAGON

DISTRIBUCION

Fig III.D

El método de riego a utilizar será por medio de surcos, y se realizará haciendo fluir agua en pequeños canales - surcos - que conducen el agua a medida que descienden desde puntos altos hacia cotas inferiores; con esto se logrará que el agua se infiltra en el fondo y los lados de los surcos, y esto se aprovechará al máximo si existe una adecuada nivelación del terreno. Se utilizará un surco tipo " V " de 15 a 20 cm de profundidad y de 25 a 30 cm de ancho.

Para regular el flujo de agua que va a los surcos, a través de un canal o acequia, será por medio de tubos de aluminio, plástico etc; los cuales harán las veces de sifón.

La conducción del agua desde el río hasta la zona de riego, será por medio de una tubería de asbesto - cemento, pasando previamente por la planta de tratamiento preliminar, la cual se encontrará en la intersección de: abastecimiento a la población y zona de cultivo. La tubería únicamente se utilizará en un tramo y se seguirá posteriormente con un canal de sección trapecial con pendiente y paredes adecuadas a las condiciones del terreno; así mismo se contará con una compuerta para regular el paso del agua a canales o acequias secundarias y realizar el riego por el método descrito anteriormente.

anexo III e

PROMEDIO DE LA TEMPERATURA MAXIMA DIARIA DE LA EST. CLIMATOLOGICA DE: COSALA; DE 1961 a 1985. OBTENIDAS DEL SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL.

DIA	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F
1	26	46.8	32	57.6	38	68.4	40	72.0	33	59.4	40	72.0
2	29	52.2	26	46.8	33	59.4	37	66.6	38	68.4	34	61.2
3	29	52.2	28	50.4	26	46.8	36	64.8	39	70.2	36	64.8
4	28	50.4	25	45.0	19	34.2	32	57.6	39	70.2	39	70.2
5	29	52.2	28	50.4	18	32.4	31	55.8	38	68.4	40	72.0
6	32	57.6	24	43.2	26	46.8	29	52.2	39	70.2	37	66.6
7	35	63.0	28	50.4	26	46.8	27	48.6	40	72.0	40	72.0
8	35	63.0	32	57.6	32	57.6	26	46.8	43	77.4	40	72.0
9	33	59.4	29	52.2	33	59.4	27	48.6	41	73.8	39	70.2
10	32	57.6	30	54.0	32	57.6	31	55.8	38	68.4	40	72.0
11	32	57.6	29	52.2	33	59.4	35	63.0	40	72.0	41	73.8
12	32	57.6	29	52.2	32	57.6	33	59.4	40	72.0	36	64.8
13	24	43.2	33	59.4	27	48.6	32	57.6	41	73.8	39	70.2
14	18	32.4	33	59.4	30	54.0	32	57.6	42	75.6	39	70.2
15	28	50.4	31	55.8	31	55.8	34	61.2	39	70.2	37	66.6
16	33	59.4	31	55.8	30	54.0	36	64.8	42	75.6	40	72.0
17	28	50.4	35	59.4	29	52.2	36	64.8	37	66.6	39	70.2
18	28	50.4	31	55.8	31	55.8	37	66.6	39	70.2	41	73.8
19	29	52.2	33	59.4	31	55.8	34	61.2	39	70.2	39	70.2
20	27	48.6	32	57.6	29	52.2	37	66.6	39	70.2	39	70.2
21	23	41.4	32	57.6	32	57.6	37	66.6	40	72.0	37	66.6
22	25	45.0	33	59.4	30	54.0	36	64.8	42	75.6	38	68.4
23	28	50.4	32	57.6	31	55.8	37	66.6	42	75.6	39	70.2
24	30	54.0	31	55.8	31	55.8	37	66.6	39	70.2	39	70.2
25	29	52.2	27	48.6	34	61.2	36	64.8	40	72.0	40	72.0
26	32	57.6	24	43.2	31	55.8	37	66.6	38	68.4	39	70.2
27	32	57.6	28	50.4	33	59.4	35	63.0	38	68.4	39	70.2
28	31	55.8	31	55.8	35	63.0	36	64.8	33	59.4	39	70.2
29	30	54.0			35	63.0	36	64.8	27	48.6	41	73.8
30	32	57.6			35	63.0	37	65.6	33	59.4	41	73.8
31	32	57.6			36	64.8			33	59.4		

Continuación...

Anexo III.e continuación...

Día	JULIO		AGOSTO		SEPT.		OCTUBRE		NOV.		DIC.	
	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F
1	34	61.2	37	66.6	35	63.0	37	66.6	32	57.6	35	63.0
2	41	73.8	37	66.6	36	64.8	35	63.0	37	66.6	28	50.4
3	41	73.8	38	68.4	38	68.4	35	63.0	36	64.8	21	37.8
4	39	70.2	35	63.0	35	63.0	36	64.8	30	54.0	31	55.8
5	41	73.8	34	61.2	32	57.6	36	64.8	33	59.4	32	57.6
6	40	72.0	36	64.8	32	57.6	37	66.6	33	59.4	34	61.2
7	33	59.4	35	63.0	33	59.4	37	66.6	35	63.0	34	61.2
8	36	64.8	33	59.4	36	64.8	32	68.4	36	64.8	36	64.8
9	37	66.6	33	59.4	37	66.6	39	70.2	35	63.0	35	63.0
10	39	70.2	33	59.4	31	55.8	38	68.4	35	63.0	36	64.8
11	37	66.6	36	64.8	33	59.4	36	64.8	36	64.8	35	63.0
12	39	70.2	37	66.6	33	59.4	36	64.8	35	63.0	36	64.8
13	36	64.8	35	63.0	34	61.2	36	64.8	36	64.8	31	55.8
14	36	64.8	31	55.8	33	59.4	36	68.8	36	64.8	33	59.4
15	33	59.4	29	52.2	34	61.2	36	64.8	35	63.0	32	57.6
16	36	64.8	31	55.8	34	61.2	37	66.6	37	66.6	33	59.4
17	37	66.6	34	61.2	34	61.2	34	61.2	36	64.8	33	59.4
18	36	64.8	37	66.6	33	59.4	35	63.0	32	57.6	36	64.8
19	35	63.0	37	66.6	35	63.0	32	57.6	33	59.4	34	61.2
20	33	59.4	36	68.4	28	50.4	23	41.4	33	59.4	33	59.4
21	34	61.2	35	63.0	34	61.2	33	59.4	33	59.4	31	55.8
22	33	59.4	35	63.0	33	59.4	34	61.2	31	55.8	30	54.0
23	35	63.0	34	61.2	36	64.8	35	63.0	24	43.2	36	64.8
24	35	63.0	36	64.8	38	68.4	36	64.8	29	52.2	37	66.6
25	37	66.6	36	64.8	35	63.0	35	63.0	34	61.2	36	64.8
26	35	63.0	38	68.4	38	68.4	36	64.8	31	55.8	36	64.8
27	34	61.2	34	61.2	38	68.4	34	61.2	28	50.4	34	61.2
28	35	63.0	33	59.4	36	64.8	36	64.8	29	52.2	30	54.0
29	34	61.2	34	61.2	37	66.6	36	64.8	31	55.8	29	52.2
30	35	63.0	37	66.6	35	63.0	36	64.8	31	55.8	33	59.4
31	32	57.6	35	63.0			37	66.6			35	63.0

anexo. III.f

TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES OBTENIDAS DEL SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL ( °C ), Estación climatológica: Cesalá

AÑO	MES											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1961	19.0	19.2	21.5	25.1	28.3	29.8	27.4	27.9	27.6	26.1	21.8	18.5
1962	17.9	20.5	21.3	25.1	28.3	29.2	28.6	28.7	27.1	26.8	22.3	19.2
1963	19.3	20.7	23.2	26.1	28.7	29.9	26.4	27.5	27.6	24.6	19.9	17.3
1964	16.2	18.7	20.2	24.7	26.8	28.3	28.2	26.9	26.3	24.3	19.9	18.2
1965	17.5	17.2	14.9	23.5	26.7	28.4	28.2	26.5	26.0	24.8	22.6	17.9
1966	16.0	17.3	21.8	24.8	27.1	30.7	27.7	26.9	26.7	24.9	21.4	18.5
1967	17.6	19.0	23.5	26.0	28.4	28.9	27.9	27.2	26.9	25.1	22.4	18.3
1968	--	20.3	20.1	23.7	26.9	27.6	26.5	26.9	27.3	26.2	20.6	19.4
1969	19.5	19.6	20.5	24.7	27.6	28.6	28.2	27.8	27.4	24.3	22.1	17.9
1970	17.9	20.3	20.5	24.1	26.9	27.6	27.6	26.9	26.2	26.2	21.5	19.4
1971	16.3	20.4	23.4	20.5	28.5	28.4	27.9	27.5	28.6	29.5	24.9	20.9
1972	20.2	20.6	23.7	26.3	28.1	30.0	29.3	27.8	28.5	26.5	23.4	21.1
1973	17.9	20.6	24.9	23.2	27.6	29.1	28.8	28.3	27.7	26.7	23.0	19.7
1974	20.7	20.4	22.7	25.8	27.3	31.4	27.6	28.0	27.0	25.4	21.4	18.4
1975	18.6	20.0	21.8	24.7	25.9	29.4	27.0	27.2	26.9	25.5	22.6	20.0
1976	20.0	21.5	21.7	23.5	26.8	29.2	27.2	27.4	25.8	24.9	20.5	19.9
1977	18.7	20.0	---	24.2	27.0	30.1	28.6	27.7	28.3	26.3	22.6	20.6
1978	19.8	18.8	23.1	26.4	26.0	31.3	28.6	28.2	27.6	33.0	21.9	20.1
1979	18.1	20.0	22.6	24.7	25.7	29.5	29.4	26.8	27.7	27.7	21.4	21.4
1980	19.7	23.4	23.6	25.0	27.0	31.5	29.1	---	---	---	---	---
1981	---	22.4	21.7	25.4	27.2	27.8	27.9	28.6	27.9	26.2	24.6	22.4
1982	21.5	21.9	24.0	26.7	27.3	30.7	29.2	28.7	28.8	27.3	23.0	19.6
1983	20.2	19.6	21.1	23.4	27.3	30.8	29.4	28.5	28.6	27.8	23.4	21.6
1984	20.6	20.8	23.3	24.8	28.1	28.3	27.4	27.8	28.1	25.6	23.4	22.4
1985	<u>19.2</u>	<u>21.0</u>	<u>24.3</u>	<u>25.2</u>	<u>28.1</u>	<u>29.3</u>	<u>27.6</u>	<u>28.4</u>	<u>27.8</u>	<u>27.0</u>	<u>23.8</u>	<u>21.8</u>
PROM:	18.8	20.17	22.06	24.7	27.34	29.43	28.06	27.75	27.43	26.36	22.27	19.9
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D



### III.3 CALCULO DEL GASTO PARA RIEGO.

Basandonos para este cálculo utilizaremos el Método de -  
Thorntwaite, ya que nos da el uso - consumo mensual; tomare-  
mos el mes de máxima demanda, el cual es Junio ( 30 días ).

$$L_6 = 21,18 \text{ cm.} \quad ; \quad 0,2118 \text{ mts.}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. del mes de máxima demanda} &= 0,2118 \times 150000 \text{ m}^2 \\ &= \underline{31\,770 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. llvido prom. de los tres métodos} &= 122,66 + 122,22 + 123,44 \\ &= \underline{122,84 \text{ mm.}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. llvido sobre el área} &= 0,12284 \times 150000 \text{ m}^2 \\ &= \underline{18\,426 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

$$\text{Vol. efectivo} = 31\,770 - 18\,426 \quad ; \quad = \underline{13\,344 \text{ m}^3}$$

$$\text{Vol bruto} = \text{Vol. efe.} \times 1,6 \quad ( 1,6 \text{ para canales no revestidos}$$

$$\text{Vol. bruto} = 13\,344 \times 1,6 \quad ; \quad = \underline{21\,350,40 \text{ m}^3}$$

$$\text{Cap. de Obra de toma} = \frac{\text{Vol. bruto} \times 1,35}{\# \text{ días del mes} \times 86400}$$

$$\begin{aligned} \text{Cap. e.t.} &= \frac{21\,350,40 \times 1,35}{30 \times 86400} \quad ; \quad = 0,01112 \quad ; \quad \text{redondeando} \\ &= 0,012 \text{ m}^3/\text{s.} \\ &= \underline{12,0 \text{ lps.}} \end{aligned}$$

## Canal para riego.

Para este proyecto utilizaremos una acequia de tierra, las cuales su sección normalmente es trapecial; se calculará como sigue: \*\*

- 1.- Se establece un talud ( Ver tabla III.g ): Tierra firme  
Talud = 1:1.
- 2.- Se determina la velocidad límite de acuerdo al tipo de tierra ( Ver tabla III.h ); Tierras fuertes= 0.50 m/s.
- 3.- Para calcular las primeras aproximaciones, se tomará en cuenta que: la altura de la lámina de agua más adecuada (h) es aquella en que se cumple en que su anchura superior "B", es dos veces la anchura de la solera "S".

$$S = \frac{Q}{V} = \frac{0.012}{0.15} = \underline{0.08 \text{ m}^2} \quad (\text{éste valor debe de aproximarse al tanteo de "B" y "S"}).$$

$$Q = 0.012 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 0.15 \text{ m/s (propuesto)}$$

$$\text{Proponiendo: } S = 0.38\text{m} \quad ; \quad B = 2S = 0.76\text{m} \quad ; \quad h = 0.15\text{m}$$

$$\text{Verificando: Area} = \frac{0.38 + 0.76}{2} \times 0.15 \quad ; \quad \text{Area} = \underline{0.08 \text{ m}^2}$$

y de igual manera cumple con el Talud 1:1.

$$4.- \text{ Se calcula el perímetro: } P = (0.24 \times 2) + 0.38$$

$$P = \underline{0.86 \text{ m.}}$$

\*\*Cbras hidráulicas, Zurita Ruiz, José

5.- Se calcula el Radio Hidráulico:

$$Rh = \frac{0.08 \text{ m}^2}{0.86 \text{ m}} \quad ; \quad \underline{Rh = 0.093}$$

6.- Se determina la pendiente:

Estableciendo la categoría del canal tenemos; ( Ver tabla III.i ) : Categoría = 5a ; Naturaleza de las paredes = Canales ordinarios en tierra ; Valor de Y = 1.90.

•• Aplicando la fórmula de Bazin:

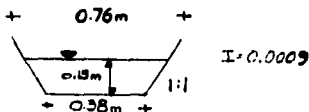
$$B = \frac{87}{1 + \frac{Y}{R^{1/2}}} \quad ; \quad B = \frac{87}{1 + \frac{1.30}{0.093^{1/2}}} \quad ; \quad \underline{B = 16.5}$$

Para determinar la pendiente, aplicamos la sig. fórmula:

$$I = \frac{V^2}{B^2 \times R} \quad ; \quad \text{en donde: } \begin{array}{l} I = \text{Pendiente} \\ V^2 = \text{Velocidad} \\ B^2 = \text{Factor} \\ R = \text{Radio hidraulico} \end{array}$$

$$I = \frac{0.15^2}{16.5^2 \times 0.093} \quad ; \quad \underline{I = 0.00088} \quad ; \quad \text{aproximando: } \underline{I = 0.0009} \quad , \quad \text{y comparando este valor con la tabla III.j; se encuentra dentro de los límites permisibles.}$$

La sección queda como sigue:



•• Obras Hidraulicas, Zurita Ruiz, José.

ESTA TESIS NO DEBE  
T A B L A III. SALIR DE LA BIBLIOTECA

\*\*\* TALUD PARA ACEQUIAS

CLASE DE TIERRAS	TALUD	
Tierra firme ( consolidada ). . . . .	Base 1.0	Altura 1.0
Tierra firme ( sin consolidar ). . . . .	" 1.50 "	" 1.0
Tierras sueltas ( mediana consistencia ). . "	2.0 "	1.0
Tierras sueltas ( menos consistencia ). . . "	3.0 "	1.0

---

\*\*\* Obras Hidráulicas, Zurita R. José., pag. 125

T A B L A III.h

EROSION POR VELOCIDAD DEL AGUA ( LIMITE ). \*\*\*

CLASE DE TIERRAS	VELOCIDAD(m/s)
En terrenos fangosos y arcillas plásticas. . . . .	0.12
En arenas. . . . .	0.20
En tierras sueltas. . . . .	0.30
En tierras fuertes. . . . .	0.50
En suelos pedregosos. . . . .	0.80 a 0.90
En suelos pizarrosos. . . . .	1.60

---

\*\*\*Obras Hidráulicas, Zurita R. José. , pag. 124

T A B L A III.1

\*\*\* VALORES DE "Y" SEGUN LAS PAREDES EN LA FORMULA DE BAZIN.

CATEGORIA	NATURALEZA DE LAS PAREDES	VALORES DE "Y"
1a	Paredes muy lisas (cemento). . . . .	0.06
2a	Paredes lisas (ladrillo, sillería). . . . .	0.16
3a	Paredes de mampostería. . . . .	0.46
4a	Secciones en tierra muy regulares • revestidas de piedra. . . . .	0.85
5a	Canales ordinarios en tierra. . . . .	1.30
6a	Canales en tierra con resistencias excepcionales (hierbas, cantes, etc.). . . . .	1.73

---

\*\*\* Obras Hidráulicas, Zurita R. José., pag. 117

T A B L A III.)

VELOCIDADES PARA ACEQUIAS DE TIERRA SEGUN EL RADIO HIDRAULICO  
HALLADO EN UNA SECCION DETERMINADA (Fórmula de Bazin). \*\*\*

RADIO HIDRAULICO R	PENDIENTES					
	0.0005	0.001	0.0015	0.002	0.0025	0.003
0.08	0.098	0.139	0.171	0.195	0.218	0.240
0.10	0.120	0.170	0.207	0.240	0.269	0.294
0.12	0.141	0.200	0.245	0.284	0.317	0.348
0.14	0.163	0.230	0.281	0.321	0.363	0.398
0.16	0.183	0.259	0.316	0.365	0.408	0.447
0.18	0.203	0.287	0.351	0.406	0.454	0.496
0.20	0.223	0.315	0.386	0.446	0.497	0.546
0.22	0.242	0.342	0.420	0.485	0.543	0.593
0.24	0.261	0.369	0.452	0.521	0.583	0.637
0.26	0.279	0.395	0.482	0.559	0.625	0.683
0.28	0.297	0.421	0.526	0.595	0.665	0.730
0.30	0.316	0.446	0.547	0.632	0.707	0.836

\*\*\* Obras Hidráulicas, Zurita R. José., pag. 133

### III.4 CONDUCCION DESDE EL DESVIO HASTA LA PLANTA PRELIMINAR.

Haciendo la sumatoria de gastos, tenemos que:

Gasto población = 33.15 lps.

Gasto riego = 12.00 lps.  
Total = 45.15 lps      Aproximando = 50.00 lps

De igual manera utilizaremos tubería de Asbesto - Cemento ,  
La longitud total es 300 mts, rugosidad = 0.010

De la tabla II.a Diámetro = 12" ; de la tabla II.b K = 0.58350

$hf = K L Q^2$  ;  $hf = 0.58350 \times 300 \times 0.050^2$  ,  $hf = 0.438$

Pendiente =  $\frac{0.438}{300}$  ;  $S = 1.46 \times 10^{-3}$

Verificando la velocidad:

$$V = \frac{1}{0.010} \left( \frac{0.072}{0.955} \right)^{2/3} (0.00146)^{1/2}$$

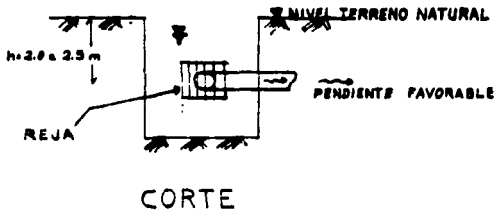
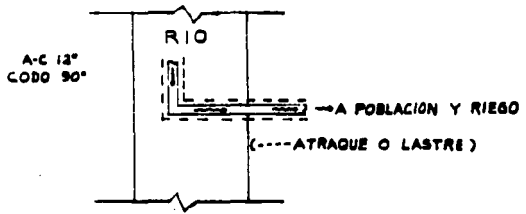
$$\text{Area} = \frac{0.304^2 \times 3.1415}{4} = 0.072$$

$$\text{Fer.} = 2 \times 3.1415 \times 0.152$$
$$\text{Per.} = 0.955$$

Vel. = 0.69 m/s; por lo que cumple  
los parámetros establecidos.



# PLANTA



UNAM

ENEP ARAGON

DES VIO

## CONCLUSIONES

El desvío se llevará a cabo por medio de una tubería con un codo de 90°, teniendo en su entrada una reja para no permitir el paso de materiales flotantes. Este mismo estará sumergido por debajo del nivel de agua un promedio de 2.0 a 2.50 mts. Contará con un atraque o lastre para evitar el desplazamiento de la tubería con su accesorio.

La separación del gasto directo del gasto base, nos da como resultado de que el río podrá satisfacer la demanda de agua; tanto de la población como de la zona de riego; y éste basándose en el hidrograma de gastos mínimos. Tanto la propuesta de abastecimiento a la población, así como para el riego, se estudió la forma más económica de llevarlo a cabo; ya que la finalidad de éste proyecto, es presentar una solución al problema de aprovisionamiento de agua en localidades rurales muy pequeñas, pero con grandes posibilidades de desarrollarse. De ahí es que todo el sistema - desde el desvío hasta la población - trabajará a fuerza de gravedad; y no utilizando bombas de ningún tipo. Aunque éste es arriesgado de poder, se podría llevar a cabo como experimentación en alguna localidad que tuviera un abastecimiento ya existente. De igual manera el riego del cultivo se llevará a cabo por gravedad; y controlando el gasto por una persona ( campesino ) de amplia experiencia anterior.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Fundamentos de Hidrología de Superficie, Aparicio Mijares, Francisco Javier, Ed. Limusa, México, 1993.
- 2.- Hidrología para Ingenieros. Linsley, Ray K. et al; Mc. Graw-Hill, México, 1963.
- 3.- Hidrogeología. Davis, Stanley N, Ed. Ariel, Barcelona, 1971.
- 4.- Ingeniería de los Recursos Hidráulicos. Linsley, Ray K. et al; Cia. Editorial Continental, México, 1968.
- 5.- Abastecimiento de Aguas y Remoción de Aguas Residuales. Maskew Fair et al, Ed. Limusa, México, 1979, Vol. I.
- 6.- Abastecimiento de agua y alcantarillado. Steel, Ernest. et al; Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1981.
- 7.- La Captación y el Almacenamiento del Agua Potable. Pürschel, Wolfgang. Ed. Wilhelm Ernest y Sohn, Berlin, 1982, tomo 2.
- 8.- La Calidad de las Aguas y su Tratamiento. Pürschel, Wolfgang. Ed. Wilhelm Ernest y Sohn, Berlin, 1982, Tomo 3.
- 9.- Sistemas de Riego. Gurevich, Luis A. Ed. IICA, Costa Rica, 1985.
- 10.- Manuales para Educación Agropecuaria. Maiz. SSP, Ed. Trillas, México, 1983.

- 11.- Hidráulica de Canales Abiertos. French, Richard H. Ed.  
Mc Graw-Hill, México, 1986.
- 12.- Plan Nacional Hidráulico 1981. SARH, Anexos U,1,2,3.
- 13.- Plan de Desarrollo Agropecuario y Forestal 1981 - 1982.  
Sinaloa, SARH.
- 14.- Obras hidráulicas. Zurita Ruiz José, Ed. Ceac, Barcelona,  
1989.