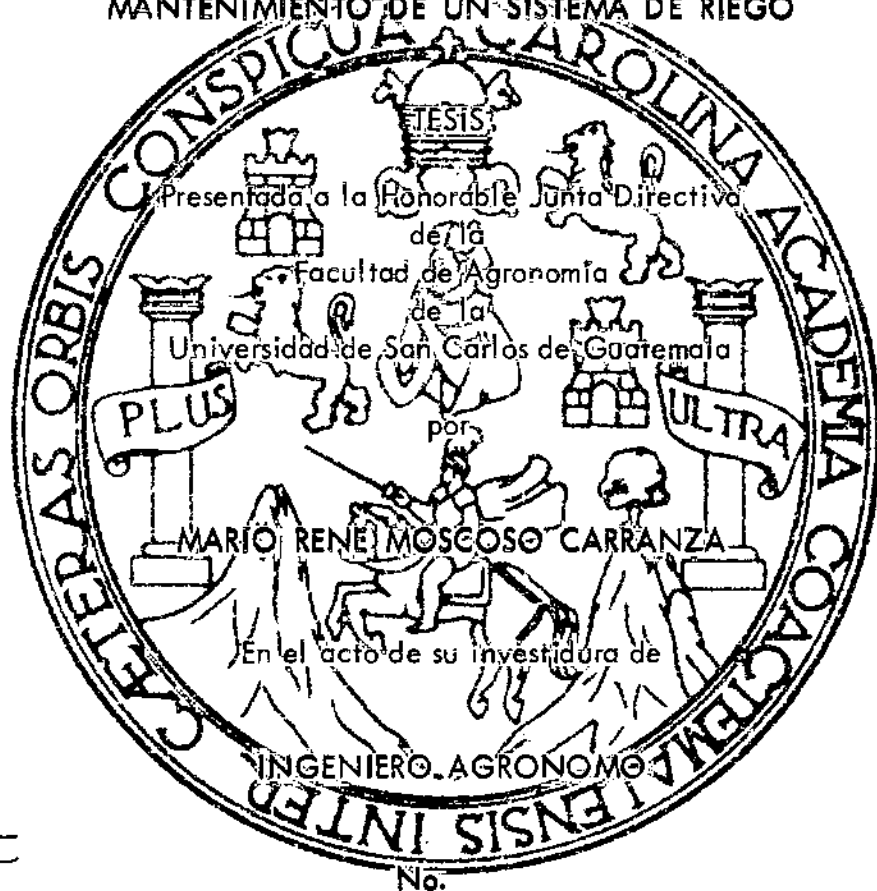


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTUDIO SOBRE LA OPERACION Y
MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE RIEGO



GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1970

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

Recd. Guate, Feb. 17-71

RECTOR MAGNIFICO DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

Dr. Rafael Cuevas del Cid

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano:	Ing. Agr. René Castañeda Paz
Vocal 1o:	Ing. Agr. Edgar Leonel Ibarra
Vocal 2o:	Ing. Agr. Antonio A. Sandoval
Vocal 3o:	Lic. Fernando Tirado Barros
Vocal 4o:	Br. César Augusto Molina L.
Vocal 5o:	Br. José Manuel del Valle R.
Secretario:	Ing. Agr. René Matheu

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

Decano:	Ing. Agr. René Castañeda Paz
Examinador:	Ing. Agr. Edgar Leonel Ibarra
Examinador:	Ing. Agr. Carlos Rodríguez
Examinador:	Ing. Agr. Salvador Castillo
Secretario:	Ing. Agr. René Matheu

ACTO QUE DEDICO

Al Eterno Creador

A mis padres

Samuel Moscoso Menéndez
Olímpia Carranza de Moscoso

A mi abuelo

José María Carranza M. (Q.E.P.D.)

A mis hermanos

en especial a
Julio Roberto
Miriam Mercedes
Samuel Estuardo

A mis tios

en especial a
José María Carranza Lima

A mi madrina

Honorio Sanabria de Carranza

A mis primos

A mis amigos

DEDICATORIA DE LA TESIS

A GUATEMALA

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD
DE SAN CARLOS

A MIS CATEDRATICOS

A LA DIVISION DE RECURSOS HIDRAULICOS DEL MINISTERIO
DE AGRICULTURA

A MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO Y DE TRABAJO

Deseo a la vez agradecer a los Ingenieros: Oscar Gu
illermo Espinoza y Luis Roberto Martínez la colaboración
prestada para el desarrollo de esta Tesis.

Guatemala, 15 de Octubre de 1970.

Señor Decano de la
Facultad de Agronomía
Ing. Agr. René Castañeda Paz.

Señor Decano:

Atentamente me dirijo a usted, manifestándole que por designación del Decanato, asesoré al Br. Mario René Moscoso Carranza en su trabajo de tesis titulado " ESTUDIO SOBRE LA OPERACION Y MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE RIEGO". Después de concluida mi asesoría, consideré que reúne todos los requisitos previos para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

Sin otro particular me suscribo del señor Decano como su atento y seguro servidor.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Eduardo D. Goyzueta Valenzuela

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA:

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:

Cumpliendo con lo establecido en los Estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a su consideración el trabajo de TESIS que me fuera asignado por la Junta Directiva de la Facultad de Agronomía, intitulado:

ESTUDIO SOBRE LA OPERACION Y
MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE RIEGO

PREVIO A OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO; en el Grado Académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Agradeciendo vuestra deferencia me es grato suscribir
me muy atentamente.

MARIO RENE MOSCOSO CARRANZA.

I N D I C E

- 1- Introducción.
- 2- Sistemas de Riego.
- 3- Partes Constitutivas de un Sistema de Riego.
- 4- Operación de un Sistema de Riego.
- 5- Mantenimiento de un Sistema de Riego.
- 6- Conclusiones y Recomendaciones.
- 7- Bibliografía.
- 8- Apéndices.

INTRODUCCION

Como por todos es sabido, la riqueza de un país, asienta sus bases en el aprovechamiento de sus Recursos Naturales, que en el nuestro son numerosos pero no son utilizados eficientemente.

De estos recursos debemos pensar en primer lugar en el uso adecuado de la tierra para la Agricultura, necesitando para ello no solo ser tierras aptas para cultivarlas, sino también contar con una humedad balanceada.

Por esta razón, nuestra mayor preocupación debe ser el mejoramiento de nuestros sistemas de explotación agrícola; así como el desarrollo de nuevas zonas que hasta la fecha no han sido cultivadas, debido a la falta del recurso agua, para con ello lograr una mayor producción en beneficio de nuestros campesinos y por ende de nuestro país.

Nuestro país recibe sus mayores divisas de los productos de mercado internacional cuya procedencia es agraria (29.2% del producto Nacional Bruto) pero así también emplea el más alto porcentaje de su capacidad productiva en las labores del campo (65.5% de la población económicamente activa), labores que por sus métodos arcaicos y el arraigado empirismo existente en nuestros métodos de cultivo, no tienen una eficiencia ni siquiera aceptable que compensen los recursos empleados en la producción obtenida.

Estos productos agrícolas de exportación, son fruto de reducidas zonas de la República donde la agricultura ha alcanzado un grado de mayor desarrollo que el resto, es de

cir, ya se encuentran habilitadas pero aun no son aprovechadas todo lo eficientemente posible, quedando el resto sino ociosa con una producción que en la generalidad de los casos ni siquiera llega a ser de subsistencia.

Guatemala cuenta con grandes superficies aptas de ser utilizadas para la agricultura, pero desafortunadamente estas áreas agrícolas se ven inhabilitadas una parte del año, debido a la escasez del agua durante la estación seca, motivada por la dependencia casi absoluta que se tiene del ciclo hidrológico natural.

Para lograr el desarrollo deseado de estas zonas uno de los factores esenciales es el de proporcionar la cantidad de agua adecuada a aquellas tierras que por falta de humedad han permanecido ociosas, incorporándolas y transformándolas en fuentes reales de producción agrícola. Para su habilitación se requiere de cierto tipo de Obras Hidráulicas llamadas Obras o Sistemas de Riego.

Por tal razón los Sistemas de Riego cobran caracteres de gran importancia, siendo mi propósito al efectuar este trabajo, despertar el interés en un campo tan poco estudiado en nuestro medio y al mismo tiempo dejar una guía para futuros trabajos que se puedan desarrollar al respecto.

SISTEMAS DE RIEGO

Estos sistemas varían con cada zona, región o finca a causa de las diferencias de los suelos, de su topografía, del abastecimiento de agua, de los cultivos, del clima.

Un buen sistema de riego debe ser adecuado a la propiedad agrícola donde va a usarse, no recomendándose de ninguna manera adoptarlo por la sola razón de ser el más comúnmente usado en la región.

Debe ser suficientemente extenso, pero no excesivo. Debe ser capaz de renovar la humedad del suelo a un ritmo al menos igual al del consumo máximo que el cultivo hace de ella.

Para obtener una producción buena, se necesita aplicar el agua de manera que sea una cantidad suficiente para satisfacer las necesidades de las plantas y con especial cuidado para que no sea excesiva, ya que entonces resultaría ocasionando daño a los cultivos, desperdiciándose, lixiviando del suelo los elementos nutritivos para las plantas y obligando a emplear mayor cantidad de fertilizantes para obtener una buena producción y además causando erosión.

Por lo anterior podemos inferir que la información básica necesaria para proyectar la utilización del sistema de riego adecuado se obtiene:

- 1- **Del Suelo.** Incluye el tipo de terreno, su profundidad, textura, estructura, permeabilidad, capacidad de retención del agua en la zona de las raíces, que nos ayuda

rá a determinar cuando debe regarse.

- 2- **De la disponibilidad de agua.** Se refiere tanto a la situación del lugar de abastecimiento de ella con respecto a los campos, como a la cantidad disponible, a la calidad y a los títulos de suministro de ella.
- 3- **De los cultivos que se pretende regar.** Nos indican los datos de consumo de agua diario máximo y las peculiaridades del sistema de riego a usarse.
- 4- **Del clima.** Incluye las precipitaciones naturales, velocidades y dirección del viento, temperatura, etc.

Todos estos datos deben recopilarse de una u otra forma, antes de decidir el sistema de riego a usarse.

El agua de riego en nuestro medio se aplica generalmente de tres formas:

- 1- Por inundación.
 - 2- Por Surcos, humedeciendo solo parte de la superficie del terreno.
 - 3- Por Aspersión.
- 1- **POR INUNDACION:** consiste como su nombre lo indica, en inundar todo el terreno que sirve de asiento a los cultivos, bajo una capa de agua de espesor variable que se infiltra en aquel.
- 1-1. Puede efectuarse en forma Natural, cuando sucede por crecidas de los ríos, arroyos, que inundan el suelo a velocidades muy pequeñas dejando sobre el mismo al retirarse o evaporarse los limos que las crecidas arrastraron de otros lugares. Esto equivale a una fertilización unida al riego.

1-2 Artificialmente, cuando es provocada y regulada por el hombre, pudiendo efectuarse:

- 1-2-1. Cuando se aplica sin diques que guíen su curso ni elemento alguno que restrinja sus movimientos, llamándose inundación ordinaria, que se realiza donde el agua es abundante y barata. Su utilización depende de:

El bajo costo inicial de preparación del terreno.

La rugosidad del terreno.

El caudal empleado para el riego.

Conocimiento que tenga el regante del uso del agua.

La cantidad de mano de obra disponible.

- 1-2-2. Cuando se divide el campo en rectángulos para el riego, debiendo la superficie que queda entre los camellones que los dividen ser horizontal, para que el agua al avanzar vaya cubriéndola en toda su anchura y a lo largo de ellas tendrán la pendiente que corresponda a la del terreno.

Dependiendo del tamaño de los rectángulos pueden clasificarse en:

- 1-2-2-1. Continua. Cuando la inundación del terreno es permanente y el agua se remueve de modo constante. (arroz). Esta se realiza inundando con la capa líquida de 10 a 40 cms. de espesor, superficies cuadrangulares de tierra cuya extensión es mayor de 100 mts.² y menor de una hectárea, ya que el oleaje que se podría formar con mayores dimensiones arrancaría las plantas del suelo.

Estos cuadrángulos formados se separan por camellones de 0.5 a 1 metro de ancho, que permitirán

el paso a los cultivadores y cuya altura deberá ser superior en 10 a 20 cms. al máximo nivel alcanzado por el agua.

Estos cuadrángulos se construyen utilizando arados rastras de discos, o traillas para movimiento de tierras durante la nivelación del terreno, que en este caso ha de ser bastante precisa, para mantener el agua a nivel. Se aconseja no utilizarlo en terrenos con pendientes mayores del 1%.

- 1-2-2-2. Discontinua, por Bordos o por Fajas. Es cuando la inundación se efectúa cada determinado período de tiempo y la superficie queda seca entre los riegos consecutivos.

En esta se utilizan cuadrángulos de extensión menor que en el anterior, con espesores de capas líquidas de 5 a 15 cms. lo que permite su utilización en pendientes hasta del 3%.

Los camellones serán de 25 a 30 cms. de altura y de 40 a 50 cms. de ancho.

Para regar eficientemente es preciso distribuir el agua de un modo adecuado para evitar los encharcamientos y las pérdidas excesivas de agua por percolación profunda en unas zonas del campo, mientras que en otras queda sin mojarse.

El objeto perseguido en cada riego es empapar la zona de las raíces del suelo sin permitir que el agua se infiltre a gran profundidad perdiéndose. Debido a la facilidad con que se puede aplicar el agua con este sistema, debe considerarse

cuidadosamente tomando en cuenta a la vez las propiedades físicas del suelo, el uso que se le va a dar, la configuración topográfica del terreno, que conjuntamente con el caudal de agua disponible nos determinarán la anchura y la longitud de los rectángulos.

El agua entrará constantemente en pequeños volúmenes por la parte más elevada de los rectángulos, con el fin de que el riego se reparta uniformemente en toda su extensión.

En pendientes muy inclinadas es necesario que los bordos estén próximos unos a otros pero en pendientes menos pronunciadas se pueden hacer más separados y las corrientes de agua pueden ser mayores.

En terrenos donde no se puedan utilizar pendientes suaves, debe tenerse especial cuidado para evitar la erosión.

Este sistema bien planeado, adecuadamente construido y en un suelo apropiado, hace posible un riego eficaz y económico.

- 2- POR SURCOS: la preparación del terreno en este sistema ha de ser bastante minuciosa ya que para regar se deben poner las plantas en camellones de tierra más o menos amplios, entre los que existen surcos por los que se hace infiltrar el agua en el terreno de modo que le sea fácil el acceso a las raíces de las plantas.

Debido a que solo se moja una parte de la superficie del terreno, se reducen las pérdidas por evaporación, disminuyendo la formación de costras en los suelos ar-

cillosos y haciendo posible el cultivo del suelo poco tiempo después de regar.

Los cultivos en hileras como papas, maíz, hortalizas, se adaptan especialmente a este sistema de riego ya que los surcos formados al hacer las labores del cultivo son muy indicados para la aplicación del agua entre las hileras de las plantas, poniéndose a su disposición una reserva húmeda cuya temperatura es la misma que la del suelo cuando llega a las raíces absorbentes, sin que exista contacto del líquido con las partes aéreas de la planta. Los efectos de este riego son semejantes a los que unas precipitaciones abundantes anteriores al cultivo y almacenadas en el terreno pudieran producir sobre los cultivos, con la ventaja de que estas reservas acuosas proporcionadas por el riego se remueven cada vez que sea necesario.

La longitud de los surcos es variable, dependiendo del suelo y del declive, pero no es aconsejable usar surcos demasiado largos ya que se producen pérdidas excesivas por percolación profunda y erosión al principio del surco. Deben ser convenientemente cortos de modo que para el tiempo que el extremo inferior ha recibido agua suficiente el extremo superior no haya sido regado con exceso.

Este sistema se adapta a terrenos de diversos declives o pendientes y a suelos de texturas variadas.

Los caudales de riego pueden ser grandes o pequeños, ya que el agua utilizable se puede repartir entre los surcos que se desee.

Es conveniente controlar la cantidad de agua que se servirá a cada surco ya que en estos el suelo está suel

to debido a las labores del cultivo y el exceso de agua puede causar erosión.

Los surcos comúnmente corren en dirección de la pendiente pero se pueden hacer en curvas de nivel a la pendiente, con el objeto de contrarrestar la erosión producida por la lluvia o el agua de riego.

- 3- **POR ASPERSION:** el sistema de aplicar el agua al suelo en forma de rociada, a veces como lluvia ordinaria se ha encontrado muy práctico ya que semeja a precipitaciones finas pero intensas que cayeran sobre las plantas de un modo regular cada cierto número de días. Es la imitación humana de la lluvia natural.

Este sistema es especialmente aconsejable para los suelos poco profundos, cuya topografía no permite las nivelaciones, con gran infiltración y alto poder de absorción, para las zonas de terrenos muy pendientes y erosionables o excesivamente quebrados en los que los métodos de riego de superficie son difíciles o imposibles de llevarse a cabo.

En estas condiciones y con este sistema se ahorra agua, labores y suelo y en ningún modo daña a las plantas que al contrario se benefician con su aplicación obteniéndose rendimientos que son mayores que los obtenidos con cualquier otro sistema de riego.

El líquido es conducido por tuberías a presión. La presión hace salir el líquido por los rociadores o boquillas de las tuberías y forma una especie de lluvia artificial.

Las cantidades de agua utilizadas son pequeñas y suelen ser de 10 a 50 milímetros de espesor por lo que ha

brá de repetirse con bastante frecuencia las aplicaciones para alcanzar las proporciones que son necesarias para el cultivo. Además toda el agua es absorbida por el terreno y nada se pierde como agua de gravedad, por lo que tendremos un gran ahorro de agua.

Los aspersores se han empleado en suelos de todos los tipos, en terrenos de las más diversas condiciones topográficas y pendientes y para muchas clases de cultivos.

Un sistema de riego por aspersión, está generalmente constituido por cuatro partes:

- 3-1. Rociadores: que pueden ser giratorios o fijos. Los giratorios pueden adaptarse a una gran variedad de velocidades y espaciamientos de aplicación, mientras que los fijos se utilizan habitualmente para regar prados.
- 3-2. Tuberías: son de dos tipos:
 - 3-2-1. Principales, que conducen el agua desde la planta de donde se toma hasta las distintas partes del campo.
 - 3-2-2. Laterales, que llevan el agua desde la tubería principal hasta los rociadores.

Ambos tipos de tuberías pueden ser fijas o portátiles. Las fijas están hechas de acero, plástico o aluminio recubierto, colocándose enterradas para que no interfieran el paso de las operaciones agrícolas.

Las portátiles son de aluminio generalmente equipadas con dispositivos de acoplamiento rápido.

3-3. Planta de Bombeo: a veces la pendiente del terreno es suficiente para proporcionar presión por gravedad a una tubería, pero en la mayoría de los casos la presión tiene que proporcionarse con una planta de bombeo que consiste casi siempre en una bomba centrífuga o de turbina.

3-4. Equipo para retirar basuras: es necesario cuando se obtiene el agua de arroyos, estanques, canales u otros suministros exteriores, ya que es importante que el sistema esté libre de arena, semillas, hierbas, hojas, ramas, musgos, etc. que pueden destruir los rociadores.

Cuando el agua se extrae de pozos este equipo puede llegar a ser innecesario.

Estos sistemas de acuerdo con el propósito para el que se usen pueden ser:

Riego Principal: es el utilizado en las regiones áridas para darle a los cultivos la totalidad del agua que necesitan.

Riego Suplementario o Complementario: se utiliza para complementar las lluvias naturales en ciertos períodos de sequía que ocurren en algunas zonas, para lograr cosechas normales.

Limitaciones al Sistema: el viento que puede afectar la distribución del agua y reduce la eficiencia del sistema. La presión que debe ser mayor que en los otros sistemas. El agua empleada que debe ser limpia y estar libre de basuras. Pero la principal limitación se debe al costo, que en la mayoría de las veces resulta más elevado que el de los métodos de riegos tratados anteriormente, debido a la inversión fuerte para su instala

ción y operación razón que reduce su uso a las regiones cuyas condiciones naturales lo hacen indispensable.

Pero lo que debe tenerse en cuenta según Lozano (9) es que se verá que en lo general aquellas tierras que no pueden ser irrigadas con éxito por medio de aspersores, no sirven para ninguna otra clase de irrigación o que no pueden ser trabajadas para ninguna clase de cultivo.

PARTES CONSTITUTIVAS DE UN SISTEMA DE RIEGO

El sistema más utilizado en Guatemala es por Gravedad, debido a la ventaja económica que se presenta en lo relativo al aprovechamiento de materiales de construcción y mano de obras nacionales.

Según Yon (14) es aquel en que la masa de agua se moviliza por su propio peso, aprovechando el desnivel existente entre la captación y el área de riego.

Este sistema de riego consta básicamente de:

- 1- La captación.
- 2- Canal de Conducción.
- 3- Red de Distribución.
- 4- Obras de Arte.

LA CAPTACION: el objetivo principal de la captación es obtener el agua suficiente para derivarla en una forma controlada para ser usada con diversos fines.

Es necesario poder captar el agua de alguna forma, que a un costo relativamente bajo permita derivarla y pueda ser tomada sin que se presente mayores problemas.

Una de las formas sencillas de lograrlo es levantar una obstrucción en el lecho de un río y diseñarla de tal forma que permita el paso de la corriente cuando por ella circule una cantidad de agua mayor que la que se desee derivar.

Estas obstrucciones levantadas en los ríos reciben el

nombre de Presas. Estas se pueden clasificar así:

1- Por su uso:

- a- Presas de Almacenamiento
- b- Presas de Derivación
- c- Presas Reguladoras

2- Por el Diseño Hidráulico:

- a- Presas Vertedoras
- b- Presas no Vertedoras

3- Por los materiales que la componen:

- a- Presas de Tierra
- b- Presas de Mampostería
- c- Presas de Concreto

Para la elección de la zona adecuada para la captación y el tipo de presa a usar es necesario elaborar los siguientes estudios:

- 1- Estudios Cartográficos
- 2- Estudios Hidrológicos
- 3- Estudios Geológicos
- 4- Estudios de Mecánica de Suelos
- 5- Estudios Topográficos

CANAL DE CONDUCCION: en la mayoría de los casos, la fuente queda retirada de la zona a servir, por lo que se hace necesario el transportar el agua. Las obras necesarias para este fin son las que forman la conducción que se construye desde el lugar de captación del agua hasta el punto donde se va a utilizar. Generalmente en Obras de Riego la conducción se hace por medio de canales abiertos.

RED DE DISTRIBUCION: colocada ya el agua en la zona a servir, esta red se utiliza para distribuir el agua a las áreas que se van a regar, por medio de canales secundarios, terciarios, etc.

OBRAS DE ARTE: estas son indispensables para el mejor funcionamiento del Canal de Conducción y de la Red de Distribución, en virtud de que antes de empezar a diseñar una Obra de Arte para salvar depresiones, ya se han agotado todos los recursos con que cuenta el Ingeniero para evitarla o sea que se han considerado las alternativas de bordear completamente el obstáculo o bien cambiar parcialmente o en su totalidad el trazo o pendiente del canal con el mismo fin.

El objetivo primordial de las Obras de Arte, será conducir y regular la corriente de agua y a la vez proteger el sistema. Las principales Obras de Arte son:

- 1- Sifón Invertido: es un conducto enterrado, es decir, un tubo trabajando bajo presión, que se usa como estructura de paso del canal para salvar una depresión del terreno que comúnmente es un camino o una quebrada.

Se basa en el principio de los vasos comunicantes, siendo la acción de la gravedad la que origina la circulación, transformando la diferencia de nivel, o sean las pérdidas en el gradiente de energía en carga de presión.

- 2- Puentes Canales: son obras de paso de canales para salvar depresiones del terreno, siendo puentes sobre elevados, es decir, que no van apoyados directamente sobre el terreno sino por medio de pilas propias de puentes de donde se deriva su nombre.

Su rasante se encuentra a nivel superior al del terreno, en la depresión a salvar. Siempre trabajará como canal o sea con movimiento uniforme.

- 3- Caidas: se usan al encontrar cambios bruscos en tramos cortos. Cuando sobre el eje longitudinal del canal perfectamente localizado para que no haya relleños excesivos, es imposible adaptar la pendiente del canal a la pendiente natural del perfil del terreno, sin que se susciten velocidades que provocarían su erosión, es necesario intercalar las caídas para salvar el desnivel existente entre los tramos del canal, aguas arriba y aguas abajo y cuyas pendientes no son alteradas.
- 4- Rápidas: su fin es perder cota, enlazando dos tramos de canal cuya pendiente no se puede aumentar apegándose a la pendiente natural del terreno pues se desarrollarían velocidades que provocarían su erosión. Se usa cuando se comprueba que tiene ventaja económica y funcional sobre el uso de caídas.
- 5- Tomagranjas: es una estructura de regulación construida en el recorrido de un canal, comúnmente secundario, terciario, etc. para derivar un pequeño caudal de agua hacia los terrenos que se van a regar.

La derivación está condicionada a que el nivel permanezca más o menos constante, por lo que es necesario el uso de una pequeña represa, pues frecuentemente el tirante del agua en el canal no es suficiente para derivar todo el tiempo el caudal necesario para regar la parcela correspondiente.

- 6- Cajas de Distribución: cuando el gasto de un canal se quiera distribuir proporcionalmente a otros cuyos ejes

longitudinales forman respecto al de aquel determinados ángulos, es necesario instalar entre ellos una Caja de Distribución, que es simplemente un depósito receptor del caudal de agua proveniente del canal de entrada, haciendo que pierda su velocidad de circulación para en seguida ser dividido a las diferentes canales de salida por medio de las respectivas secciones de salida, dimensionadas adecuadamente de modo que no haya abatimientos y remansos que puedan afectar su funcionamiento, por lo que el nivel del agua deberá permanecer constante y horizontal en toda la estructura. Estas cajas podrán ser de una a cuatro salidas, pero las más comúnmente utilizadas son las de dos salidas.

- 7- Desarenadores: son estructuras similares a las Cajas de Distribución, solo que los Desarenadores se construyen especialmente para proteger el sistema de riego, para que el material sólido transportado por el canal de entrada, sedimente al bajar la velocidad, quedando recluso en el depósito diseñado para el efecto y no pasando al canal de salida.

Se pueden utilizar en dos casos:

7.1. Después de la Captación, cuando se efectúa en ríos que arrastran mucho azolve, pues aunque se tengan dispositivos para impedir la entrada, no se llega a la eficacia absoluta, penetrando los sólidos en el canal donde se sedimentan disminuyendo su sección útil.

7.2. Antes de que el canal pase por una estructura importante en la que se necesita que el material sea total o parcialmente eliminado para evitar su destrucción.

- 8- Aliviadores de Canal: es una abertura que se coloca

en el recorrido de un canal para lo siguiente:

8-1. Prevenir cualquier falla para el exceso de caudal
en Obras de Arte importantes.

8-2. Para sacar el exceso de agua que entra al canal
por diversos motivos.

8-3. Cuando se efectúa un cambio en el caudal y se
necesite que en un punto determinado circule determi
nado gasto.

OPERACION DE UN SISTEMA DE RIEGO

Es mi interés al tratar este tema, desarrollar una metodología lógica que sea perfectamente aplicable, tanto al caso presente como a los relativos a definición de capacidades de obras de riego para un proyecto nuevo y a la formulación y control de programas de riego en zonas ya puestas en operación.

Los principales aspectos que debemos tomar en cuenta son:

1- Generalidades de la Zona

- 1-1. Zona de Riego
- 1-2. Municipio y Departamento
- 1-3. Superficie a Regarse
- 1-4. Distancia a la Capital
- 1-5. Clima
- 1-6. Precipitación Pluvial (Valores Medios Mensuales)
- 1-7. Temperatura
- 1-8. Mercadeo de los Productos Obtenidos

2- Aguas que se Utilizarán para Regar

- 2-1. Calidad
- 2-2. Cantidad

Es recomendable hacer muestreos y análisis periódicos para conocer la variación de calidad de las aguas.

3- Suelos. Efectuar o tomar el estudio de suelos que se ha

elaborado con anterioridad a la construcción del proyecto, para que de acuerdo con ello se piense en los cultivos adecuados para el mejor uso y manejo del recurso suelo y agua, considerando a la vez el drenaje y la erosión con que podríamos contar en dicho suelo.

- 4- Las propiedades de humedad de los suelos son importantes determinarlas ya que se usarán junto con los valores de evapotranspiración (Uso Consuntivo) de los cultivos, para el cálculo de número e intervalos de riego, más adelante.
- 5- Necesidades de agua de los cultivos: conviene distinguir entre necesidades de agua y necesidades de riego de los cultivos.

Las necesidades de agua pueden abastecerse así:

- 5-1. Totalmente por la lluvia en regiones húmedas.
- 5-2. Por la lluvia y el riego, en regiones semiáridas.
- 5-3. Totalmente por los riegos en regiones desérticas.

Cuando la humedad para el desarrollo del cultivo es abastecida en su totalidad por el riego, entonces son iguales las necesidades de agua que las necesidades de riego.

Cuando las lluvias de verano proporcionan alguna humedad útil para el desarrollo vegetativo, las necesidades del riego son iguales a las necesidades del cultivo menos la humedad del suelo que puede llegar a ser aprovechable para evapotranspiración, como resultado de la lluvia. Cuando las lluvias son suficientes para abastecer las necesidades de los cultivos en toda la eta

pa de crecimiento, no es necesario el riego.

Los usos consuntivos estacionales de los cultivos, son láminas de agua consumidas por evapotranspiración durante el ciclo vegetativo, incluyendo el agua consumida por la vegetación natural. Puesto que durante la lluvia algún escurrimiento superficial y percolación puede tener efecto o bien puede ser inevitable durante el riego, tales pérdidas deben incluirse en las necesidades de agua de ahí que las cantidades totales de agua necesarias para producir cosechas son iguales al uso consuntivo estacional más las pérdidas inevitables por escurrimiento superficial y percolación.

En consecuencia las cantidades totales de agua de riego necesarias en las parcelas para producir cosecha son iguales a los usos consuntivos más escurrimiento superficial y percolación y menos la humedad del suelo que pueda llegar a ser aprovechable para evapotranspiración como resultado de las lluvias anteriores y durante el ciclo vegetativo.

Las cantidades totales de agua para riego que han de derivarse de los abastecimientos, deben ser iguales a las necesidades del cultivo más las pérdidas y desperdicios de agua que puedan o no ser inevitables al conducir el agua desde las fuentes de abastecimiento hasta las tierras de riego. Estas pérdidas y desperdicios en tránsito son llamadas pérdidas en conducción.

- 6- Necesidades de Riego. Las demandas o necesidades de riego deben calcularse cuidadosamente al planear nuevos aprovechamientos para riego y también al considerar cultivos nuevos o diferentes en los sistemas de riego ya en operación.

Las demandas de riego así como los usos consuntivos varían con los tipos de cultivos y varían para distintas tierras, suelos y condiciones de clima, lo mismo que para diferentes prácticas culturales.

Al estimar las necesidades de riego para nuevos sistemas, debe estudiarse cuidadosamente experiencias pasadas en la misma localidad, considerando todas las condiciones que puedan afectar el uso del agua, advirtiéndose que las láminas de agua empleadas en los sistemas de riego ya existentes no representan necesariamente las necesidades de riego.

En lugares que no disponen de abastecimiento de agua suficiente, las entregas estacionales tienen que ser menores a las necesidades. En muchas de esas regiones la agricultura productiva con riego ha sido posible básicamente a través de la producción de cultivos especiales, al mantenimiento de alta fertilidad del suelo y a la aplicación del agua con muy alta eficiencia. En otros casos con mayores abastecimiento de agua, las eficiencias de riego han sido relativamente bajas y las entregas a las tierras han sido más grandes que las demandas de riego.

Cuando la fuente de abastecimiento para el riego de pequeñas áreas es inmediata o próxima a ellas, las necesidades de riego parcelario son casi las mismas que las cantidades de agua que se derivan, puesto que las pérdidas por conducción son relativamente pequeñas. Cuando por el contrario hay que llevar el agua a través de largos sistemas de conducción y distribución, las necesidades de riego parcelario son considerablemente menores que los volúmenes de agua que deben derivarse desde el abastecimiento debido a las fuertes pérdidas en conducción.

Para tener un punto de referencia más exacto del tema a tratar y no trabajar con datos ficticios, si no enfocar el estudio hacia una zona determinada donde pueda aprovecharse, tomaremos como ejemplo el Sistema de Riego de Sansirisay, actualmente en funcionamiento.

GENERALIDADES:

El sistema de riego Sansirisay se encuentra localizado entre las Aldeas Sansirisay El Llano y los Llanos de Morales, en Jurisdicción Municipal de Sanarate, Departamentode El Progreso. Este sistema cubre una superficie aproximada de 105 Has. ubicadas a una altura que oscila entre los 940 y los 980 metros sobre el nivel del mar.

Su precipitación pluvial promedio es inferior a 700 mm (ver apéndice No. 1) siendo el clima imperante el Cálido-Seco característico de la región.

Su accesibilidad es relativamente favorable, ya que se encuentra comunicado mediante un camino de tercer orden de 6 kms. con Sanarate, población a 54 kms. de la Capital y comunicada por carretera de primer orden.

AGUAS:

En relación con las disponibilidades de recursos, tanto en calidad como en cantidad, puede decirse que se trata de aguas bajas en sales y sodio, aceptables para riego. Según Rieverside C1S1 (ver apéndice No.2) que en todo el ciclo tiene cantidad suficiente para las necesidades, que como se verá más adelante están siempre dentro de las posibilidades reales del abastecimiento.

SUELOS:

Desde el punto de vista técnico riguroso, las obras no se justificarían de haberse hecho previamente el necesario levantamiento de suelos que tiene sus principales factores limitantes en el reducido espesor y la topografía con pendientes muy fuertes además de un movido microrrelieve.

Para conservar productiva esta zona es necesario un cuidadoso manejo del suelo y el agua, para evitar la destrucción del poco suelo existente.

La división de Suelos de Recursos Naturales Renovables en sus observaciones de campo señala:

"... son suelos medianamente profundos en su mayoría, pero también existen áreas con suelos muy poco profundos y profundos". En los barrenamientos hechos para el muestreo de la zona de riego (ver apéndice No. 3) solo tres tienen espesor de 0.80 m, dos tienen talpetate o talpetate y arcilla a 0.40 m y los restantes tienen talpetate a 0.60 y 0.70 m de profundidad.

"El drenaje interno y superficial es deficiente" "La mayor parte del área tiene erosión moderada, pero también existen áreas con erosión severa." Se ratifica la necesidad de el manejo cuidadoso del suelo y el agua.

Con estos datos calculamos primero las necesidades de agua de los cultivos considerados, determinando la evapotranspiración y el uso consutivo ajustado y con base en esos valores y las propiedades de humedad de los suelos se definirá el número e intervalo de riegos.

EVAPOTRANSPIRACION Y USO CONSUNTIVO

La Evapotranspiración es el proceso que cambia el estado del agua, de líquido a vapor. Es la cantidad de agua que pasa a la atmósfera desde el suelo, durante el ciclo vegetativo, a través de la transpiración por las plantas y de la evaporación directa en la superficie del suelo. Es una serie de fenómenos que requiere:

- 1- Energía para que el agua pase de líquido a vapor, siendo la radiación solar la fuente de esa energía.
- 2- Disponibilidad de agua en el suelo, y la lluvia y/o el riego reponen periódicamente el agua del suelo.
- 3- Un mecanismo de transmisión del agua desde el suelo a la atmósfera y el sistema Suelo-Planta propicia la circulación del agua hasta la superficie evaporante.

El Uso Consuntivo es la cantidad de agua que consume una cosecha para llegar a su total desarrollo, es decir, es la cantidad de agua utilizada por las plantas en su transpiración y para la formación de tejidos, más el agua evaporada de la superficie del suelo donde las plantas crecen. Como el total de agua consumida en la formación de tejidos no excede del 1% del total englobado, puede decirse que el uso consuntivo prácticamente es igual a la evapotranspiración en la superficie cubierta por las plantas que en ella existen.

Para que la evapotranspiración real de un terreno de cultivo pueda conceptuarse como uso consuntivo deberá existir en el suelo agua suficiente para que no se restrinja en ningún momento la transpiración de las plantas.

El uso consuntivo tiene relación directa con el rendi-

miento del cultivo en desarrollo y depende no sólo de la variedad vegetal y del clima, si no se afecta por el riego en sí, pues los niveles de humedad que se mantengan durante el desarrollo de las plantas son determinantes en el rendimiento.

DETERMINACION DEL USO CONSUNTIVO: para determinar el uso consuntivo de una especie vegetal es preciso experimentar localmente con distintos niveles de humedad, fertilidad, densidad de siembra, etc. para definir la evapotranspiración correspondiente al rendimiento óptimo.

Es recomendable que tales experimentaciones se conduzcan con criterio, sin poner en entredicho la ventaja de obtener información a niveles de investigación, conviene proceder en campos de demostración que reproduzcan condiciones de explotación mejorada, pero que puedan ser alcanzadas cuando menos por los agricultores más progresistas.

En tanto no se disponga de datos locales producto de la experimentación, tiene que emplearse alguno de los métodos indirectos practicables, todos ellos teóricos-empíricos basados en condiciones meteorológicas y en la fisiología de las plantas. Los factores meteorológicos que se toman en cuenta son: temperatura, radiación solar, evaporación, velocidad del viento, etc.

Uno de los métodos para estimar el uso consuntivo es el de Blaney-Criddle, que se emplea muy frecuentemente por la facilidad de obtener los datos básicos requeridos; temperatura media y porcentaje de hora luz del lugar para cada mes y se hace intervenir un coeficiente global k determinado para las especies vegetales más importantes, que es el coeficiente de evapotranspiración mensual del cultivo.

Este método permite calcular los usos consuntivos globales (Ciclos Vegetativos Completos) como veremos para el tomate en la zona de Sansirisay.

Fórmula de Blaney-Criddle $U.C. = K.F.$ en la que

U.C. Uso Consuntivo

K. Coeficiente de evapotranspiración que depende del cultivo. En este caso vale 0.70 (ver apéndice No. 8)

F. Suma de valores de "f" en el período considerado. "f" es el factor de evapotranspiración mensual o con sumo mensual en el período.

En este caso F vale 471.0 mm. ya que consideramos el ciclo desde Octubre hasta los 15 días de Enero. (Ver apéndice No. 4).

De acuerdo con los datos anteriores el valor de uso consuntivo global para el tomate en Sansirisay es: $0.70 \times 471.0 = 329.7$ mm.

USO CONSUNTIVO CORREGIDO

El dato anterior no nos ilustra sobre los valores parciales, indispensables para definir los riegos en magnitud y espaciamiento. Para cubrir esta deficiencia la SECRETARÍA DE RECURSOS HIDRAULICOS DE MEXICO, ha adoptado el método de Blaney-Criddle con las modificaciones que se describen a continuación.

Se introducen dos nuevos conceptos mensuales, el coeficiente de desarrollo (k_c) y el coeficiente térmico (K_t) que representan una corrección propuesta por J.T. Phelan cuya fórmula ($K_t = 0.0173^\circ F - 0.0314 = 0.03114^\circ C + 0.2396$) se

obtuvo correlacionando los valores de K_c y " f " trabajando con valores obtenidos aplicando la fórmula de Blaney-Cridle los valores de " f " de cada mes se corrigen por los correspondientes de K_t , siendo el producto " fK_t " un valor característico para cada lugar (el apéndice No. 4 contiene la tabla básica para el cálculo de usos consuntivos de San-sirisay).

Los valores de fK_t se multiplican por el coeficiente de desarrollo (K_c) correspondiente y obtenemos los valores mensuales de uso consuntivo, (como puede verse en el apéndice No. 5). La suma de estos varía con respecto al valor global (289.3 y 329.7) por lo que se hace la siguiente corrección:

Se obtiene un nuevo coeficiente global (K') dividiendo la suma de uso consuntivo mensual entre F .

$$K' = \frac{289.3}{471.0} = 0.61 \quad \text{La relación entre el coeficiente global seleccionado (K) y el obtenido (K')} \text{ es}$$

$$\frac{0.70}{0.61} = 1.15 \quad \text{Que es el factor que se aplica para corregir los valores mensuales, quedando}$$

$U.C.' = 1.15 U.C.$ Ecuación con la que obtendremos los valores mensuales buscados, cuya suma es 332.7 mm prácticamente igual al U.C. global, debiéndose la diferencia (inferior al 1%) a las aproximaciones en operaciones aritméticas.

$U.C.'$ se designa como uso consuntivo corregido.

En igual forma se procedió para los demás cultivos, cuyos cálculos se incluyen también en el apéndice No. 5.

USO CONSUNTIVO AJUSTADO

Para calcular el uso consuntivo ajustado de cada cultivo, debemos considerar el desarrollo radicular del mismo estableciendo la profundidad de mojado o de raíces, valor que se usará con las características del suelo (propiedad de humedad y densidad aparente) y los valores mínimos de aplicación que puedan ser manejados por un regador a nivel de explotación agrícola, no de investigación de laboratorio.

Partiendo de esos valores reales debe establecerse la correlación con la eficiencia parcelaria que se asigne, sea que se haya podido evaluar localmente o que se trate de una meta a alcanzar, como en este caso en que se ha establecido en 60%.

DETERMINACION DE RIEGO: Magnitud, Número e Intervalos.

La lámina de agua a aplicar para humedecer determinado espesor de suelo, donde es aprovechado por las plantas se determina con la siguiente fórmula:

$$LR = \frac{CC - PM}{100} Da \cdot Pr \text{ en la que}$$

LR. Lámina de riego en mm.

CC Capacidad de Campo

PM Punto de marchitez permanente

Da Densidad Aparente

Pr Profundidad Radicular (Espesor a humedecer)

En este caso hay que considerar una situación especial. Los suelos tienen un espesor reducido, de manera que no habría ningún desarrollo radicular inferior al espesor máximo (0.80 m) en total, por lo que habremos de conside-

rar los perfiles completos, integrando los valores correspondientes a cada horizonte.

Por otra parte el laboratorio de suelos no reporta datos sobre la capacidad de campo ni sobre el punto de marchitez permanente.

Para soslayar este problema la División de Recursos Hidráulicos usa una fórmula en la que sustituye la diferencia entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente por 0.45 Humedad Equivalente.

En la imposibilidad de disponer de datos de capacidad de campo y punto de marchitez permanente usaremos los resultados de la fórmula modificada:

$$LR = \frac{0.45 \text{ HE Da Pr}}{100} \text{ cuyas literales se conocen.}$$

Aplicando los datos obtenidos en los barrenamientos 1 y 2 tendremos:

B 1	A	0 - 120 mm
	B	120 - 350 mm
	C	350 - 800 mm

$$LR (A) = \frac{0.45 \times 19.20 \times 1.07 \times 120}{100} = 11 \text{ mm}$$

$$LR (B) = \frac{0.45 \times 25.08 \times 1.01 \times 230}{100} = 26 \text{ mm}$$

$$LR (C) = \frac{0.45 \times 14.31 \times 0.91 \times 450}{100} = \frac{26 \text{ mm}}{63 \text{ mm Total.}}$$

- B 2 A 0 - 150 mm
 B 150 - 400 mm
 C Talpetate.

$$LR (A) = \frac{0.45 \times 18.66 \times 1.15 \times 150}{100} = 14 \text{ mm}$$

$$LR (B) = \frac{0.45 \times 31.36 \times 1.18 \times 250}{100} = 42 \text{ mm}$$

56 mm Total.

Debe recordarse que no es conveniente que el contenido de humedad del suelo se acerque al punto de marchitez permanente pues la planta sufriría, porque la succión necesaria para absorber el agua tiene que ser mayor conforme el contenido disminuye. En este caso tomaremos un porcentaje alto, alrededor del 80% de la humedad aprovechable para conservar una reserva en el suelo que permita hacer ajustes en el riego sin grandes apremios y sobre todo sin perjudicar el desarrollo de la planta ni su producción.

Las láminas adoptadas para los suelos B1 y B2 serán de 48 y 45 mm, valores que se aplican estableciéndose así el espaciamiento de cada uno de los riegos subsecuentes.

Por lo anterior se puede apreciar que para el suelo B1 se requiere 7 riegos, el primero de 60 mm y 6 de 48 mm. que totalizan 348 mm (para satisfacer el U.C.) que es el total de uso consuntivo ajustado. Los intervalos que se usarán serán de 22-19-15-13-12-13 días.

Para suelos B2 requeriremos 8 riegos, el primero de 56 mm y 7 de 45 mm. que en total darán 361 mm. (uso consuntivo ajustado) con los siguientes intervalos; 21-18-15-12-12-11-13 días.

Se desea destacar que varían los riegos aún en número e intervalos, con valores de láminas muy parecidas lo que demuestra la carencia de base que tienen las recomendaciones de riegos iguales con intervalos iguales, pues no hay ninguna lógica ya que los consumos de agua —salvo el cultivo como forrajeras— varían de mes a mes.

Puede observarse también que se han empleado láminas iguales. Esto tiene una explicación lógica. No es aceptable que los regadores puedan manejar con eficiencia las láminas variables que resultarían con el procedimiento empleado si se fijaran intervalos iguales.

Al principiar el riego de un cultivo cíclico o al reanudarse en los cultivos perennes el contenido de humedad en el suelo está o puede estar en el punto de marchitez permanente o aún abajo de ese valor, por lo que es recomendable aplicar el 100% de la lámina de riego (para uso consuntivo) con objeto de establecer con el primer riego una reserva de humedad, aceptando que solo una parte del agua aplicada debe dejarse consumir antes de aplicar el siguiente riego.

En la misma forma descrita para el tomate se procedió para los otros cultivos, cuyos datos correspondientes de riegos, número e intervalos se resumen en el apéndice No. 6.

Con los valores así obtenidos se procedió a calcular las láminas netas (entrega a parcelas) haciendo intervenir el concepto de eficiencia parcelaria o de campo. DEMANDA DE AGUA PARA RIEGO A NIVEL DE PARCELA. EFICIENCIA PARCELARIA. LAMINA NETA.

Es necesario fijar aún cuando sea en forma general el concepto de eficiencia de riego parcelaria o de campo para establecer, partiendo de los valores de uso consuntivo

ajustado, las necesidades de agua a entregar en la parcela (lámina neta).

Por definición la eficiencia parcelaria es el cociente (expresado en porciento) del volumen de agua aprovechado por los cultivos, dividido entre el volumen entregado a la parcela. Está integrada por dos factores básicos: la eficiencia de suministro (que puede alcanzar valores muy altos próximos al 100%).

La eficiencia de distribución o uniformidad que es la que da los valores más bajos y cuyo mejoramiento se logra solo a base de un trabajo muy paciente y cuidadoso tanto para la correcta sistematización de la parcela como para la capacitación del usuario y los trabajadores que lo auxilian.

Para el riego de superficie por gravedad, el valor de la eficiencia parcelaria no puede ser muy alto, un 70% puede considerarse como satisfactorio para un sistema de riego. Desde luego como se trata de promedios puede y debe haber valores más altos en parcelas aisladas cuyos propietarios sean progresistas y dispongan de medios para llevar a cabo la sistematización apropiada de sus tierras.

En el caso de Sansirisay se ha tomado un valor de 60% no porque se haya podido evaluar localmente si no que se ha establecido como una meta a alcanzar con la capacitación de los usuarios.

La determinación de láminas netas (para primer riego y subsecuentes) se ha hecho dividiendo la lámina necesaria por uso consuntivo ajustado, entre la eficiencia parcelaria, que anteriormente hemos fijado en 60% para los fines de nuestras estimaciones. La cuarta columna del apéndice No. 7 contiene los valores de las láminas netas para los culti-

vos y suelos considerados.

La eficiencia parcelaria es fuertemente afectada en sus valores por factores: físicos (calidad de la sistematización parcelaria) y humanos (capacidad del usuario y del personal encargado de las entregas de agua a las parcelas). Tales factores son susceptibles de mejorarse obteniéndose valores elevados para la eficiencia parcelaria.

Esto no es fácil de lograr sin una organización básica de servicios de Asistencia Técnica y la disponibilidad de verdadero Crédito Agrícola, además de una labor sostenida muy seria para lograr el convencimiento y la necesaria cooperación del agricultor.

El mejoramiento de la eficiencia parcelaria tiene muchas ventajas, siendo las principales:

Reduce el desperdicio de agua, propiciando su uso ya sea en otras tierras o bien mejorando el suministro en las ya servidas.

Los problemas de ascenso del nivel freático y sus serias consecuencias disminuye notablemente.

Tales ventajas son determinantes para el mantenimiento, recuperación o mejoramiento de la fertilidad de los suelos de riego.

Para llevar a cabo la evaluación de la eficiencia parcelaria se requiere una labor sostenida e intensa de investigación, a cargo de servicios técnicos específicos debidamente organizados, cuyo costo está justificado plenamente por los resultados que proporcionará. Hemos de resaltar que los avances se lograrán mejorando la eficiencia de riego parcelaria aun cuando dependerán mucho de una sistematización

zación adecuada, serán también consecuencia de una mayor capacitación del agricultor y de los trabajadores auxiliares que con él manejan el cultivo-suelo-agua y que es un resultado positivo que el propio agricultor cuidará de no perder.

EFICIENCIA DE RIEGO EN OBRAS. LAMINAS BRUTAS. EFICIENCIA GENERAL DE RIEGO.

Ya se ha visto la determinación de las necesidades de agua para las plantas, su modificación con criterio realista (uso consuntivo ajustado) al empezar a establecer las necesidades de riego de los cultivos y la estimación total de láminas netas, introduciéndose el concepto de Eficiencia Parcelaria.

Para estimar las necesidades totales de riego hay que prever las pérdidas y desperdicios durante la conducción y manejo del agua en obras. La eficiencia en obras es un factor muy importante para el efecto pues en un sistema nuevo se carece de hidrometría de operación y consecuentemente de datos aunque sea indirectos sobre esas pérdidas.

La eficiencia en obras es el cociente en por ciento resultante de dividir el volumen entregado a parcelas entre el volumen entregado a la red de conducción y distribución y también está afectada por los factores físicos, que son calidad y estado de servicio de las obras de riego y factores humanos, capacidad del personal técnico y auxiliar, responsable de la elaboración de programas y de la operación del sistema.

En el caso de Sansirisay se tiene un valor elevado de eficiencia en obras por tratarse de un aprovechamiento inmediato a la zona de riego.

Para los fines de nuestro trabajo se establece en 90% el valor de la eficiencia en obras.

La necesidad total de riego, expresada como Lámina Bruta, se define a partir de la lámina neta, dividiendo esta entre la eficiencia en obras o bien a partir de los valores de uso consuntivo ajustado, dividiéndolos entre la eficiencia general de riego, producto de la parcelaria y la operación en obras. En este caso es de 54% resultante de multiplicar 60% x 90%.

El apéndice número 7 contiene los valores de primer riego, subsecuentes y total para los cultivos considerados, para uso consuntivo ajustado, lámina neta y lámina bruta.

CALENDARIO DE CULTIVOS. PROGRAMA DE RIEGO.

Un programa de riego debe corresponder al Calendario de cultivos seleccionados atendiendo a factores económicos, disponibilidad de agua y demás elementos productivos que incidan, usando como base fundamental los conceptos que se han tratado anteriormente.

En los sistemas de riego que se encuentran en servicio debe elaborarse anualmente el calendario de cultivos escuchando la opinión y aceptando la colaboración de los agricultores, derivándose del mismo el programa de riegos, documento que cada año deberá ser mejor por disponerse de un conocimiento más completo del sistema de riego.

La distribución de cultivosse hará conforme a los suelos más adecuados y las superficies asignadas lo serán de acuerdo a las previsiones de mercado.

Es conveniente formular los calendarios y los programas de riego de acuerdo con los agricultores, tomando en cuenta su experiencia y puntos de vista, para establecer el

detalle particular de la iniciación de cada cultivo y consecuentemente de sus riegos (primero y subsecuentes) necesi-
tándose además la distribución de la superficie de cada cul-
tivo en las fracciones de tiempo que se estime necesario pa-
ra evitar concentraciones de demandas de riego en lapsos
cortos que podrían conducir al establecimiento de capacidades de obras exageradas.

Cuando se quieran calcular aproximadamente los requerimientos de agua de Irrigación Mensuales para los cultivos que se indican, se puede utilizar el Nomograma que se presenta en el apéndice No. 8.

MANTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE RIEGO

La meta constantemente perseguida es la de conservar todas las partes integrantes del sistema dentro de las condiciones de funcionamiento en que fueron proyectadas y para lo cual se trata de conservarlas dentro de las dimensiones que el proyecto original pretendió darles, introduciéndose las modificaciones que las necesidades exijan debidas a la inadaptabilidad de los proyectos a las condiciones locales o debidas a defectos de construcción o de localización.

Considerando las partes principales que necesitan mantenimiento en el sistema, podemos concretar el problema a cuatro puntos básicos:

- 1- Conservación de las Obras de Captación: uno de los principales problemas que se presentan en nuestro medio es el de las crecidas repentinas y persistentes de los ríos en las épocas lluviosas, que acarrean excesiva cantidad de troncos, palos, ramas, etc. y el arrastre de gran cantidad de sedimentos que obstruyen, a veces en su totalidad, las compuertas de la presa de captación y de los desarenadores al trabarse en las rejillas de protección, que con frecuencia se doblan debido al tamaño de los troncos y a la velocidad alta con que son arrojados contra las compuertas.

Su desalojo se dificulta debido a la presión del agua que los mantiene pegados a las rejillas y cuando son demasiado grandes se traban en la base de las compuertas.

Este problema que es palpable en los sistemas en fun-

cionamiento se evitará cuando se lleve a cabo el diseño de las obras de captación.

- 2- **Conservación de los Canales:** hay que defender los fondos y los taludes contra la erosión causada por velocidades excesivas o superiores a la capacidad de resistencia del terreno.

A la vez requiere la realización de trabajos constantes de desazolves o adaptaciones especiales para aumentar la velocidad en determinados tramos de canal con la finalidad de aumentar su capacidad de arrastre y evitar la acumulación excesiva de los limos que llevan en suspensión por las aguas de riego.

Para facilitar el mantenimiento y garantizar el mejor funcionamiento del sistema se utilizan los canales revestidos con las siguientes ventajas:

- 2-1. Reducir al mínimo las filtraciones y pérdidas de agua causadas por materiales permeables, ruptura o carencia de bordos o estructuras inadecuadas.
- 2-2. Asegurarse contra reventones.
- 2-3. Disminuir la erosión producida por velocidades elevadas del agua.
- 2-4. Evitar en lo posible el crecimiento de hierbas.
- 2-5. Elevar la capacidad de conducción de agua del canal.
- 2-6. Reducir los gastos de mantenimiento.

El exceso de filtraciones contribuye al encharcamiento de los terrenos, a la concentración alcalina de los suelos y a un elevado costo de mantenimiento de carreteras y trabajos de drenaje.

La vegetación que crece sobre los taludes provoca o favorece la acumulación de azolves. Los troncos o ramas que caen al agua ocasionan turbulencias y erosiones sobre los taludes y la vegetación que crece en la parte exterior de los mismos facilita la cría de roedores que construyen cuevas a través de los bordos y que pueden causar vías de escape del agua y la ruptura de dichos bordos. Se considera que la labor de limpieza de esta vegetación de los canales es el primer paso para la realización de cualquiera otra actividad de conservación y que no debe descuidarse por ningún motivo, ya que muchos de los trabajos costosos que tendrían que efectuarse después se pueden evitar conservando limpios los canales y los perjuicios ocasionados por erosiones, filtraciones o azolves se reducen considerablemente.

Descuidar esta labor significará elevar los costos de todos los trabajos de conservación y aún exponer a las obras a fracaso de toda índole.

Además los deshierbes, que consisten en la eliminación de las hierbas anuales que crecen dentro de los derechos de vía de una obra, por lo general en nuestro medio se realizan a mano, pero es posible que para el deshierbe de la corona y cuneta de los caminos pueda usarse una segadora de cuchillas tirada por un tractor pequeño con levante hidráulico.

Para su mejor funcionamiento la zona que debe conservarse libre de hierbas y árboles comprende toda la

sección del canal hasta el límite de los derechos de vía.

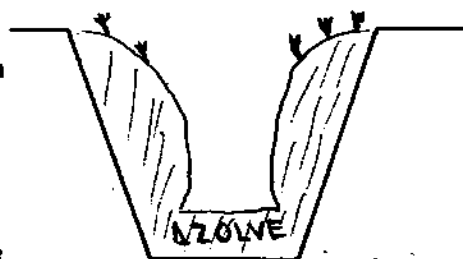
A veces el arrastre de las aguas deposita en las orillas del canal semillas de árboles que deben eliminarse cuando empiezan a crecer, ya que si se dejan desarrollar con el vigor que el abastecimiento de agua les permite, con el tiempo llegan a ser un serio problema pues sus raíces destruyen la parte del canal sobre la que se desarrollan y provocan también acumulación de azolves impidiendo la circulación libre y el trabajo eficaz de los equipos de conservación.

Cuando llega el momento de destruirlos se tiene que realizar una labor costosa que es imposible llevar a cabo sin causar daño al caudal y entorpecer el riego.

La vegetación aumenta la rugosidad, disminuye la velocidad del agua y provoca la sedimentación de los limos en dicha zona, aún cuando el contenido de limo sea muy bajo en las aguas de riego.

La repetición continuada de este proceso va acumulando azolves sobre los taludes que progresivamente van reduciendo la sección del canal.

Naturalmente que ésta no es la única causa de los azolves pero tiene gran importancia porque en casi todos los casos el mayor volumen de azolves se localiza sobre los taludes al nivel



medio de la línea de agua, a tal grado que el canal toma una sección semicircular.

Durante la época seca se desarrolla en los canales vegetación acuática que aumenta cuando disminuye la velocidad del agua.

Esta vegetación está formada por varias clases de algas que constituyen un problema serio en la distribución del agua y en la conservación de las obras, pues cuando se presentan condiciones adecuadas se multiplican y flotando desde el fondo hasta la superficie reducen la sección del canal y la velocidad del agua, a veces causan el desborde del agua y siempre la bajan a un mínimo.

Existe también otra vegetación que desarrolla sus raíces en el agua pero su follaje es superficial. Siendo fácil de combatir si no se le deja crecer libremente.

Esta vegetación se acumula y crece frente a las represas, sifones y donde el agua tenga poca velocidad o exista un obstáculo que la detenga.

Esta vegetación puede eliminarse mecánicamente o bien a mano y se pueden utilizar hierbicidas tomando las precauciones para evitar intoxicaciones o daños a persona y plantíos cercanos.

La aplicación de hierbicidas presenta algunos inconvenientes tales como: puede causar daño a las personas ya que por lo regular las aguas de los canales se utilizan como fuente de agua potable y también causará daño a los animales que abreen en ellos, así como a los cultivos adyacentes.

Su elevado costo sería otro factor que influenciaría en contra de su uso.

AZOLVE: es toda acumulación de sólidos arrastrados por las aguas de lluvia, de riego o por cualquier otro medio y al ser depositados en los canales al perder velocidad el agua van reduciendo su sección y su capacidad produciendo ésto serios problemas, como se indicó anteriormente.

Por tal razón, uno de los cuidados que debe tenerse es que las orillas de los canales queden libres de tierra y similares ya que cuando se presenta una lluvia el canal se azolva debido a los sedimentos que son arrastrados hacia el canal al impacto de la gota de agua de lluvia. Se considera como materiales que producen azolves, materiales minerales, gravas, arenas, limos y arcillas, materias orgánicas con ramas, hojas, plantas, etc.

En condiciones normales los materiales depositados por las aguas de riego están formados en su mayor parte por limo y arena fina. La arcilla se encuentra en pequeñas proporciones debido a su baja velocidad de sedimentación. La acumulación de azolves se desarrolla con la sedimentación continua de los materiales limosos que están en suspensión, especialmente durante la época lluviosa. Esta acumulación es más rápida y abundante donde la cantidad de materiales en suspensión es mayor y la velocidad del agua sea más lenta.

Esto implica que anualmente el azolve no es constante ya que a veces las aguas estarán más cargadas que otras, pero la principal tendencia es en el sentido de la acumulación progresiva.

Una causa de esta sedimentación se puede derivar de la vegetación que crece sobre los taludes y especialmente, la rastrera y herbacea que se desarrolla al nivel de la superficie libre del agua, actuando primordialmente como fijadora del azolve.

Todo cambio que tienda a disminuir la velocidad del agua y su capacidad de arrastre, será causa de mayor sedimentación en los canales.

En los canales en desuso la acumulación de azolves, el tránsito de vehículos y animales, la invasión de vegetación, producen una obstrucción rápida de ellos. Siendo tan destructor que en un tiempo relativamente corto destruye la sección del canal, por lo que no es aconsejable dejar de utilizar los canales de riego durante mucho tiempo.

Por eso con los canales recién construidos deberá de tratarse el utilizarlos lo más pronto posible.

Por el contrario cuando hay una zona de velocidad que produzca una fuerza mayor que la que las paredes del canal pueden resistir tendremos erosión, que si no se protege debidamente causará mayores roturas a medida que va transcurriendo el tiempo, por lo que se aconseja reparar rápidamente ésto ya que la resistencia aparente de un material no garantiza que resista una erosión indefinidamente.

Los lugares en donde existen altas velocidades del agua y por consiguiente erosiones fuertes, son aquellos que están inmediatamente después de las estructuras como caídas, sifones, tomagranjas, etc.

Generalizando puede decirse que todo estrechamiento

de la sección de los canales produce aguas abajo un aumento de la velocidad del agua y por consiguiente una posible zona de ataque que deberá protegerse convenientemente.

Aguas arriba de las estructuras no se producen erosiones, se producen azolvamientos.

Cuando las filtraciones de los canales no sobrepasan el límite de las pérdidas ordinarias por este concepto, no ofrecen ningún peligro de ruptura de bordos, pero si se forma una línea de filtración excesiva y no se localiza para repararla puede ocasionar una ruptura que entorpece el riego y puede causar daños a las cultivos cercanos. Las pérdidas principales que se verifican en los sistemas de riego por gravedad, son debidas a la evaporación y a la filtración. Por esta razón la limpieza de hierbas y vegetación, tanto acuática como terrestre, en toda la sección del canal hasta el límite del derecho de vía, disminuye las pérdidas por evaporación.

Las pérdidas debidas a la filtración son las más importantes. La mejor y más efectiva forma de reducir estas filtraciones es la de recubrir las paredes de los canales en todo su perímetro mojado, revistiéndolas de acuerdo con los métodos conocidos en la actualidad.

Al revestir los canales hay una gran reducción de las pérdidas de agua que es significativa en los costos de las labores de conservación debido a que el canal es de menor tamaño ya que presenta menor fricción al paso del agua, su mayor resistencia a la erosión permite mayores velocidades del agua y reduce, como se dijo anteriormente, las pérdidas por filtración.

3- Conservación de los Caminos: lo podemos dividir según la importancia que tienen en el sistema así:

- 3-1. Caminos principales: tienen la función de comunicar todos los centros poblados que estén dentro de los límites del Distrito para facilitar el acceso a cada predio o terreno y a la vez la salida de los productos hacia los mercados.

También nos sirven para introducir y poder circular la maquinaria, los implementos y los materiales para realizar las actividades agrícolas y las actividades de conservación, circulando a la vez el personal y equipo destinados a la vigilancia y distribución del agua. Del estado de conservación de estos caminos, dependerá el buen funcionamiento del sistema.

La carencia de caminos o el mal estado de ellos, producirá una difícil circulación, elevando costos de transporte, deterioro de los implementos agrícolas y deterioro de los productos debido a su difícil transportación incidiendo en bajos ingresos para los agricultores.

En nuestro medio esta red de caminos no se encuentra pavimentada, sino que formada por caminos de tierra.

Para el mantenimiento de los caminos podemos citar las siguientes actividades:

- 3-1-1. Trabajos de deshierbe: que debe realizarse con la mayor oportunidad y hasta el límite de los derechos de vía, considerándose que no solo la vegetación ayuda a la destrucción de las terra

cerías sino que puede provocar accidentes, especialmente con animales que pasten sobre estos derechos de vía.

- 3-1-2. Las lluvias y el tránsito deterioran constantemente las superficies de rodamiento formándose baches que con mayor o menor rapidez dificultan el tránsito y elevan los costos de conservación. Por lo tanto debe vigilarse y repararse constantemente los caminos, rellenando los baches con prontitud para evitar la destrucción total con el consiguiente entorpecimiento de la circulación en el sistema.
- 3-1-3. Para facilitar el libre escurrimiento de las aguas de cualquier origen es necesario conservar limpias y libre de azolves las cunetas y contracunetas que ya están construidas y construir las faltantes para no exponer los caminos a ser inundados o sufrir derrumbes.
- 3-1-4. Cuando el tránsito deba desviarse se debe procurar que no se haga por los bordos de los canales que no estén diseñados para soportar el paso de vehículos con cargas voluminosas que pueden ocasionar accidentes. En la mayoría de los casos estas rutas son transitables únicamente durante la época seca del año.
- 3-2. **Caminos sobre Bordos de Canales de Riego y de Canales de Drenaje:** la prontitud con la que pueden realizarse los trabajos de conservación dependen a su vez de las facilidades que hay para observar y vigilar todas las partes integrantes del sistema y las facilidades y rapidez con la que se trasladen e instalen el personal y el equipo ne-

cesarios.

Lo anterior se logra teniendo una red completa de caminos sobre los bordos de todos los canales que sea posible.

Lo más frecuente en nuestros sistemas en funcionamiento es que solamente los canales principales cuentan con caminos transitables sobre los bordos. Esto permite que los propietarios construyan sus cercas transversales a los canales impidiendo el libre tránsito sobre sus bordos y facilitando el acceso libre de animales que destruyen los bordos y provocan azolvamiento.

Las dificultades ocasionadas para transitar con facilidad sobre los bordos a lo largo de toda la longitud de los canales encarece e impide demasiado los trabajos de conservación.

- 4- Conservación de los Drenajes: debido a la importancia que tiene la red de canales de drenaje en la eliminación de las aguas sobrantes tanto superficiales como del subsuelo, la conservación de esta red en óptimas condiciones de funcionamiento es de importancia capital para conservar los suelos en mejores condiciones de cultivo, ya que la acumulación de las aguas sobrantes, lentamente produce condiciones desfavorables en los suelos que inexorablemente llegan a eliminarlos definitivamente del cultivo ya sea por salinidad, por saturación o ambas.

Al iniciarse el funcionamiento especialmente en las zonas que tienen un elevado nivel freático o acumulaciones frecuentes de aguas superficiales, por la misma acción del drenaje o sea la entrada de las aguas a través

de los taludes éstos comienzan a deslizarse hacia el fondo, produciendo el azolve de ellos mismos.

Este proceso de autoazolvamiento da como resultado la elevación de las rasantes originales, provocándose contra pendientes que poco a poco van nulificando el funcionamiento de los drenes.

Por esta acumulación y por las aguas freáticas y superficiales dentro de los drenes se desarrollan fácilmente vegetaciones tanto en el fondo como en los taludes.

Además todo la zona de los drenes se cubre de vegetación.

Estos canales de drenaje se construyen la mayoría de las veces siguiendo la línea de quebradas naturales, de las corrientes y de las depresiones en general.

Los trabajos a efectuarse para su mantenimiento serán:

- 4-1. Limpieza de vegetación, no solamente en los taludes del lado mojado sino la corona y taludes hasta el límite de los derechos de vía.
- 4-2. Desazolves: lo que se aconseja es que se efectúen estos al principio del funcionamiento porque en esta etapa de funcionamiento el proceso de azolvamiento es muy rápido y al atenderlo debidamente en poco tiempo se logra la estabilización de los taludes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1- Urge corregir la deficiencia de información meteorológica en los Sistemas de Riego ya existentes, los que están en proceso y aquellos cuyos proyectos hayan sido aprobados. Esa acción debe prolongarse también a las zonas que en el futuro habrán de desarrollarse con riego, pues es indispensable que se disponga de la información necesaria durante el mayor período posible.

Debe incrementarse el número de estaciones termopluviométricas controladas por el Ministerio de Agricultura en estos sistemas, pues la información básica para estimar Usos Consuntivos y elaborar programas de riego debe representar las condiciones reales de cada zona, lo que no es posible con promedios numéricos de sitios más o menos cercanos pero que obviamente no tienen esas condiciones.
- 2- Por la necesidad ineludible de regar de día y de noche en las épocas de máxima demanda, se deberá inculcar la conveniencia y posibilidad de erradicar la mala costumbre de regar solo en parte del día. Además se puede incrementar la superficie beneficiada por medio de combinaciones de cultivos que tengan necesidades del riego en distintas épocas.
- 3- Para la planificación de todo Sistema de Riego, es procedente seleccionar los cultivos a desarrollar primero conforme a las condiciones ecológicas y posteriormente conforme a condiciones económicas, demanda actual y futura, local, nacional e internacional, de pro-

ductos agrícolas tanto para el consumo en fresco como procesado siendo de vital interés este criterio, sobre todo cuando se trata de zonas de importancia tanto por su tamaño como por su productividad potencial.

Para la selección de cultivos en el sistema, se debe hacer un balance para varias alternativas entre demandas y disponibilidades del agua, para que en todo momento del período considerado haya seguridad de cubrir las necesidades de riego de los cultivos.

- 4- Nunca debe abrirse al cultivo un Sistema de riego sin que esté definido cuando menos para los ciclos agrícolas inmediatos, el destino que se dará al total de las tierras beneficiadas y la dependencia responsable del desarrollo deberá tener una información completa sobre los cultivos posibles, a disposición de los nuevos agricultores de riego; los que deben estar convencidos de los objetivos a que pueden aspirar con el cumplimiento del compromiso que implica su nueva situación.

Siempre será más efectivo un programa modesto pero debidamente fundado, que una explosión de desarrollo sin bases sólidas y esto establece la diferencia entre una acción permanente bien planificada con logros garantizados y una espectacular construcción masiva de obras de ingeniería cuya utilización será de provecho dudoso.

- 5- El solo incremento en la producción no tiene un sentido positivo, requiriéndose una acción rectora (por ejemplo un Plan Nacional de Producción) sobre los cultivos a desarrollar y su proporción para evitar que las altas producciones vayan en perjuicio de los mismos productores por una oferta excesiva y/o carencia o especulaciones de mercado.

Si el agricultor de riego no obtiene buen rendimiento económico con la venta garantizada de altas producciones no tendrá capacidad para absorber los gastos de todas las actividades e insumos de carácter productivo (cuotas por servicio de riego, adquisición de maquinaria, semillas mejoradas, insecticidas, fertilizantes, etc.) ni podrá colaborar con el desarrollo económico nacional como consumidor de los productos industriales y de más artículos nacionales de toda índole necesarios para mejorar su nivel de vida.

Los calendarios de cultivos de los Sistemas de Riego deben formar parte de este plan ya que la agricultura de riego es una actividad absorbente con posibles rendimientos elevados y seguros costos altos que por lo mismo no deben ser objeto de improvisaciones.

- 6- A cualquier incremento de infraestructura general de riego corresponde una serie de responsabilidades graves en la capacitación de los agricultores que demanda la existencia de servicios auxiliares de asistencia técnica en forma permanente, por lo que se recomienda solicitar a las autoridades del ramo la inclusión de mayor personal capacitado para dirigir en lo posible a las personas en la utilización racional del agua ya que con un mal uso que de ella se efectúe se contará con problemas de erosión que se irán agravando con cada cosecha que se obtenga.
- 7- Organizar grupos de trabajo con la ayuda de otras instituciones como Mercadeo Agropecuario, SCICAS, Banco Nacional Agrario, etc. con el propósito de que se cuente con los recursos económicos necesarios y a la vez se logre la producción de diversos productos y no la saturación del mercado con un solo producto que por ende vendría a bajar los precios. Además divulgar

por todos los medios posibles la importancia que para el desarrollo reviste el crédito a corto, mediano y largo plazo, a intereses razonables y que sea oportuno y amplio, por considerar que este factor es el que más influjo tiene en la aceleración del desarrollo de las obras de riego.

- 8- Es indudable que una de las mejores medidas para que el agricultor logre los mayores beneficios del crédito, tanto en cantidad como en calidad, es mediante la asociación con otros productores que tengan sus mismas características con respecto a la producción, es decir, que se asocien bajo un fin común. El usuario aislado, salvo en muy contadas excepciones, padecerá por la falta de servicios y de crédito, mucho más que el productor asociado.

Para obtener los mejores resultados de la actividad de los regantes es necesario organizarlos debidamente y el sistema cooperativo, basado en la acción conjunta de la gente carente de recursos financieros, se adapta muy bien cuando se aplica al campo de la agricultura de riego.

Este sistema proporciona más servicios y privilegios que cualquier otro servicio de asociación o de empresa.

El bajo ingreso agrícola y la falta de fondos disponibles para afrontar eficientemente las demandas de la agricultura intensiva, son elementos favorables a la extensión del movimiento cooperativo rural.

- 9- Para la conservación de los Sistemas de Riego, lo importante es observar constantemente las obras y con la mayor prontitud posible efectuar las reparaciones o

combates necesarios para atacar los problemas en su es
tado inicial. Que es cuando los perjuicios y los costos
de reparación son menores ya que se van haciendo ma
yores conforme el tiempo transcurre.

- 10- Como estas obras deben ser autofinanciables, se reco-
mienda efectuar un estudio para que de acuerdo a la
Clase de Capacidad de la tierra, cantidad de agua y
rentabilidad de los cultivos se fije una cuota justa y
factible de pagar por los agricultores.

BIBLIOGRAFIA CITADA Y CONSULTADA

- 1- CLASSON, JOSÉ ARTURO. Reconocimientos Preliminares necesarios para la construcción de una Presa de Embalse. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería. 1970. (Tesis. Ingeniero Civil)
- 2- CORE, J.D. Riego por Bordes. México; Centro Regional de Ayuda Técnica. A.I.D. Marzo de 1968. 12 p.
- 3- DE LA LOMA, JOSÉ LUIS. Planificación de los Sistemas Agrícolas de Riego. México; Secretaría de Recursos Hidráulicos. Memorandum Técnico Número 256. Abril de 1968. 204 p.
- 4- ESPINOSA, J.R. ESPINOSA, V. & LAVIN, F. Elementos esenciales para el éxito de la Agricultura de Riego. Plan de mejoramiento parcelario (PLAMEPA) en los distritos de Riego en México. México; Secretaría de Recursos Hidráulicos. Memorandum Técnico Número 259. Mayo de 1969. 27 p.
- 5- ESPINOZA, OSCAR GUILLERMO. La programación por medio del CPM aplicada a los sistemas de riego. Guatemala. Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería. 1968. (Tesis. Ingeniero Civil)
- 6- GOYZUETA, EDUARDO. Copias del curso de Irrigación y Drenajes. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1969.
- 7- ISRAELSEN, O.W. Principios y prácticas del riego.

Barcelon, Editorial Reverte S.A. 1963. 344 p.

- 8- LOPEZ, JOSE RICARDO. Análisis comparativo de posibles obras para salvar depresiones del Terreno; Con aplicaciones en el Proyecto de riego La Fragua. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería. 1969. (Tesis. Ingeniero Civil)

- 9- LOZANO, M.J. Guía Práctica para el Riego. E.U.A. Kansas City. (Agricultura de las Américas). 1964. 178 p.

- 10- ORDONEZ, LUIS OCTAVIO. Análisis y diseño de obras de bocatoma del Proyecto de riego la Cebadilla. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería. 1968. (Tesis. Ingeniero Civil)

- 11- PAIR, C.H. Riego por Aspersión. México. Centro Regional de Ayuda Técnica. A.I.D. Mayo de 1968. 11 p.

- 12- PEREZ, J.J. Hidráulica Aplicada a la Agricultura. Madrid, Editorial Dossat S.A. ('s.f.') 248 p.

- 13- QUAN, RUFINO. Consideraciones Teórico-Prácticas para determinar las características de los surcos usados en riego. Guatemala. Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 1961. (Tesis. Ingeniero Agrónomo)

- 14- YON, JORGE LUCIO. Principios de Hidráulica aplicados a obras de arte comunes en los sistemas de irrigación en Guatemala. Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1966. (Tesis. Ingeniero Civil)

- 15- México, Comisión Internacional de Riego y Drenaje. VII Congreso, Sesión Especial Tipton. Elementos Esen-

ciales Necesarios para el éxito de la Agricultura de Riego. Abril 1969.

- 16- México, D.F. 's.c.e' Glosario de Términos Empleados en los Distritos de Riego. Memorandum técnico, No. 128, Agosto 1957.
- 17- México, Subsecretaría "B" Dirección Gral. de Distritos de Riego; Dirección de Operación. El uso del Agua de Riego; Informe Referente al plan Nacional de Mejoramiento Parcelario. PLAMEPA. Región Lagunera, Coah. y Dgo., Julio 30 a 3 de Agosto de 1968.

Vo. Bo.

Palmira R. de Quan
Bibliotecaria

APENDICE 1

ZONA DE RIEGO SANSIRISAY. SANARATE.
DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO.

VALORES MEDIOS MENSUALES DE LLUVIAS Y
TEMPERATURA. PROMEDIO DE 20 AÑOS.

Mes	Temperatura media °C	Lluvia media mm.
Enero	19.3	0.0
Febrero	20.7	1.6
Marzo	21.3	4.4
Abril	22.3	14.2
Mayo	21.7	85.3
Junio	18.6	134.3
Julio	20.8	79.2
Agosto	19.4	74.9
Septiembre	20.2	167.7
Octubre	20.3	84.5
Noviembre	19.2	5.4
Diciembre	19.6	7.2

APENDICE 2

ANALISIS DE AGUAS DEL RIO LOS PLATANOS. SANSIRISAY.

Cexa a 25°C 100

Sólidos en Solución p.p.m. 160

Suma de Cationes Meq/lit. 3.24

CATIONES

Ca 0.98 Meq/lit.

Mg 1.47 "

Na 0.40 "

K 0.39 "

ANIONES

CO₃ 0 Meq/lit.

HO₃ 0.79 "

Cl 0 "

NO₃ 0 "

SO₄ 0 "

% S.S. 12.3

ras 0.36

Na₂CO₃ rec- 0

Clasificación Cl SI

APENDICE 4

SISTEMA DE RIEGO SANSIRISAY. SANARATE. DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO. TABLA BASICA PARA CALCULO DE USOS CONSUNTIVOS.

Mes	t(°C)	P %	f(mm)	Kt	fKT(mm)
Enero	19.3	7.8	132	0.840	110.90
Febrero	20.7	8.0	141	0.885	124.80
Marzo	21.3	8.3	148	0.902	133.50
Abril	22.3	8.6	157	0.933	146.50
Mayo	21.7	8.8	159	0.916	145.60
Junio	18.6	8.9	148	0.819	121.20
Julio	20.8	8.9	157	0.887	139.30
Agosto	19.4	8.7	148	0.843	124.80
Septiembre	20.2	8.4	146	0.869	126.90
Octubre	20.3	8.1	141	0.871	122.80
Noviembre	19.2	7.8	132	0.838	110.60
Diciembre	19.6	7.7	132	0.850	112.20

t. Temperatura media mensual.

P. Porcentaje de horas-luz del mes con respecto al total anual.

f. Factor de evapotranspiración mensual.

Kt. Coeficiente térmico- $0.0173 (°F)-0.314$

fKT Uso Consuntivo Potencial.

APENDICE 6

ZONA DE RIEGO DE SANSIRISAY. RIEGOS PARA LOS CULTIVOS CONSIDERADOS
FECHA APROXIMADA DE INICIACION E INTERVALOS PARA RIEGOS SUBSECUENTES

CULTIVOS	Número de Riegos	Fecha aproximada primer riego	Intervalos para riegos subsecuentes (dfas)
Tomate B-1	7	1a. Sem. Oct.	22-19-15-13-12-13
Tomate B-2	8	2a. Sem. Oct.	21-18-15-12-12-11-13
Mafz B-1	9	1a. Sem. Oct.	22-19-17-13-12-12-11-11
Frijol B-1	6	3a. Sem. Oct.	21-16-15-14-17
Chile B-1	7	4a. Sem. Oct.	22-19-15-13-13-13
Chile B-2	8	4a. Sem. Oct.	21-18-15-12-12-12-12

APENDICE 7

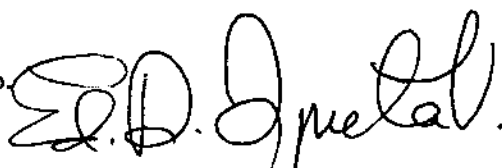
ZONA DE RIEGO SANSIRISAY. NECESIDADES DE AGUA PARA RIEGO DE LOS CULTIVOS CONSIDERADOS. (Lámina en Milímetros)

CULTIVOS	Número de Riegos	U.C. Ajustado			Lámina Neta			Lámina Bruta		
		Ter. Riego	subsec.	Total	Ter. Riego	subsecs.	Total	Ter. Riego	subsecs.	Total
Tomate B-1	7	60	48	348	100	80	580	111	89	645
Tomate B-2	8	56	45	371	93	75	618	103	83	684
Mafz B-1	9	60	48	444	100	80	740	111	89	823
Frijol B-1	6	60	48	300	100	80	500	111	89	556
Chile B-1	7	60	45	371	93	75	618	103	83	684
Chile B-2	8	56	45	371	93	75	618	103	83	684



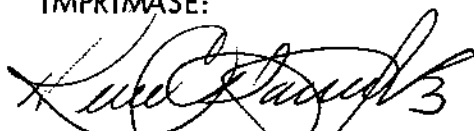
MARIO RENE MOSCOSO CARRANZA

Vo. Bo.



Ing. Eduardo D. Goyzueta
Asesor

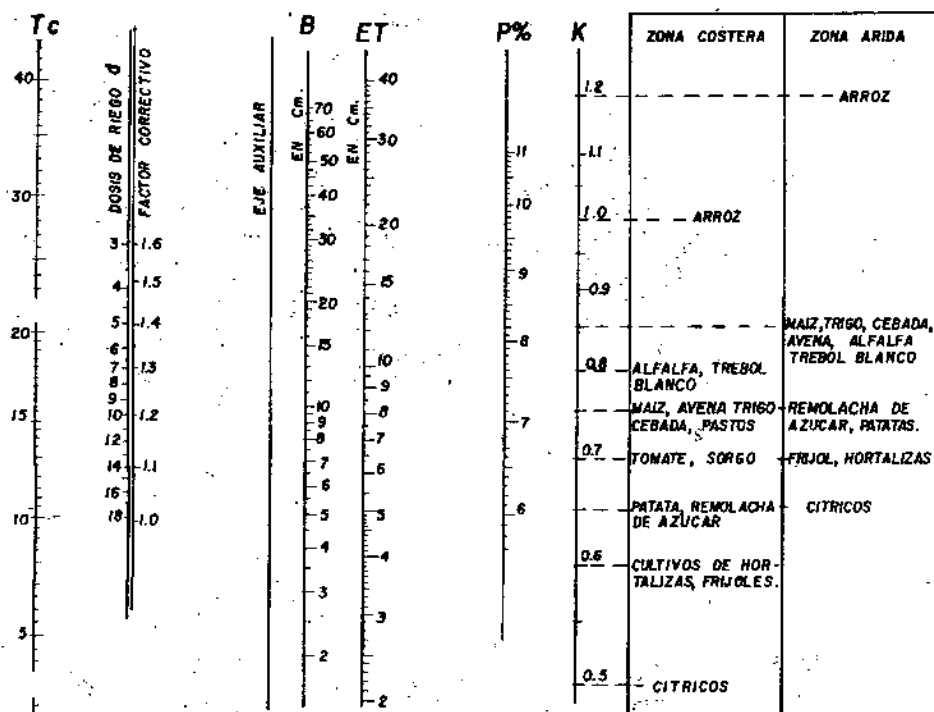
IMPRIMASE:



Ing. Agr. René Costañeda Paz
DECANO

APENDICE 8

REQUERIMIENTO DE AGUA DE LOS CULTIVOS (METODO DE BLANEY Y CRIDDLE)



DATOS

Tc TEMPERATURA MEDIA MENSUAL
P% % DE DURACION DE LUZ
K COEFICIENTE DE CULTIVO
d DOSIS DE RIEGO

RESULTADOS

ET EVAPO-TRANSPIRACION MENSUAL
B REQUERIMIENTOS DE AGUA DE IRRIGACION MENSUALES

ESQUEMA DE UTILIZACION

Este libro debe ser devuelto en la
última fecha marcada

- 5 NOV. 1965

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA