

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA



GUIA SOBRE LA OPERACION Y MANTENIMIENTO  
DEL RIEGO POR GRAVEDAD EN UNA  
ASOCIACION DE REGANTES

POR:

ALBERTO GARCIA GRANADOS

REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE:  
INGENIERO AGRONOMO



SAN SALVADOR, ENERO DE 1992

FAK5  
304  
2169  
992



001029  
Ej 1.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Rector : Dr. Fabio Castillo Figueroa.

Secretario General : Lic. Miguel Angel Azucena.

Facultad de Ciencias Agronomicas

Decano : Ing. Agr. Galindo Eleazar Jiménez Morán.

Secretario : Ing. Agr. Morena Argelia Rodríguez de Soto

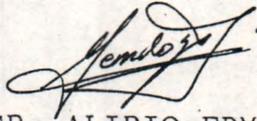
d) por la Hic.

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE

INGENIERIA AGRICOLA

ING. AGR. JUSTO EMILIO CORNEJO NAJARRO

ASESOR:

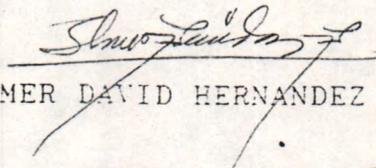


ING. AGR. ALIRIO EDMUNDO MENDOZA

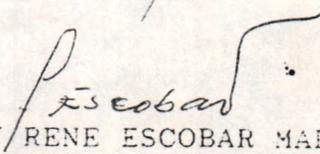
JURADO EXAMINADOR:



ING. AGR. RENE GONZALO MENENDEZ MORENO



ING. AGR. ELMER DAVID HERNANDEZ HENRIQUEZ



ING. AGR. FRELY/RENE ESCOBAR MARTINEZ

## RESUMEN

El lento desenvolvimiento de los sistemas de riego por gravedad tiene sustento en las actuales condiciones sociales, económicas, tecnológicas, organizativas e institucionales que asociadas a las naturales se convierten en causas de tal situación; organizaciones vinculadas al riego como las Asociaciones de Regantes se caracterizan por tener serios problemas de operación en sus sistemas de riego, producto de un bajo nivel organizativo, desconocimiento de nuevas prácticas de manejo y la sustentación de sus actividades de orden práctico en conceptos empíricos. Una manera de corregir estos obstáculos es a través de procedimientos que señalen los elementos mínimos y necesarios para ejecutar un plan de operación. De ahí la razón de este trabajo, que necesitó de una revisión bibliográfica, una fase de campo y una actividad de cálculo, como parte de la metodología para obtener como resultado un procedimiento que identificará aquellos elementos mínimos de suelo, agua y de cultivo, así como los asociados a la red de riego y los de tipo organizativo que se demandan para proponer un plan de operación, el cual se complementa con un programa de mantenimiento. Al final, el trabajo permite concluir que la operación rudimentaria que existe en la extensión bajo estudio, necesita de mejoras organizativas, tecnológicas y agronómicas y de aquellas que le faciliten la ejecución al encargado de la operación. Sin embargo, los mismos deberían de ir acompañados de una evaluación previa del sistema, y una calibración de aquellas estructuras que desempeñen funciones de distribución y de regulación en la red de riego.

## DEDICATORIA

" Dios,  
por permitirme llegar, gracias"

A mi madre, por su cariño y paciencia  
a mis hermanos por su aliento y comprensión

a mis amigos y compañeros por su interés y apoyo

a los compañeros de estudios que tuvieron, a bien ser llamados  
a los campos del Creador.

Y muy especialmente a la mayoría del pueblo Salvadoreño, que en  
su esfuerzo diario por conseguir una sociedad más humana, propi-  
ciaron las oportunidades de realizarlo.

GRACIAS...!

## INDICE

Resumen .....	iv
Dedicatoria .....	v
Indice general .....	vi-xi
Indice de cuadros .....	xii-xiv
Indice de figuras .....	xv
Indice de tablas .....	xvi
Indice de esquemas .....	xvii
Indice de gráficas .....	xviii
Introducción .....	1-2

## CAPITULO I: REVISION BIBLIOGRAFICA, METOLOGIA Y MATERIALES

## 1. Revisión bibliográfica

## 1.1 Operación y mantenimiento de sistema de riego

1.1.1 Generalidades ..... 3

1.1.2 Factores que limitan la adecuada operación y  
mantenimiento de los sistemas de riego ..... 5-9

1.1.3 Avances en materia de operación y mantenimiento  
en sistemas de riego por superficie ..... 9-10

1.2 Antecedentes del riego en El Salvador ..... 10

1.2.1 Antecedentes históricos ..... 10-11

1.2.2 Desarrollo del riego en El Salvador..... 11-12

1.3 Area Potencial de riego en El Salvador..... 12-14

1.3.1 Situación actual del riego en El Salvador.... 14-15

1.4 Organizaciones bajo riego ..... 15-16

1.4.1 Usuarios particulares ..... 17

1.4.1.1 Usuarios individuales, operación y  
mantenimiento de sus sistemas de  
riego..... 17-18

1.4.1.2 Asociaciones de regantes ..... 18

1.4.1.2.1 Antecedentes ..... 18-19

1.4.1.2.2 Operación del riego por  
superficie en las Asociaciones  
de regantes ..... 19-21

1.4.1.2.3	Mantenimiento del sistema de riego en las Asociacio- nes de regantes .....	21-22
1.4.2	Sector gubernamental .....	22
1.4.2.1	Antecedentes y Aspectos generales sobre la operación y mantenimiento de los Distritos de riego.....	22-23
2.	Metodología .....	24
2.1	Fase I .....	24-25
2.2	Fase II .....	25
2.2.1	Encuesta .....	25-26
2.2.2	Calibración de estructuras .....	26-27
2.4	Fase III .....	27-28
3.	Materiales .....	28
3.1	Material de campo .....	28
3.2	Material para cálculos y resultados .....	29
 CAPITULO II: BASES TEORICAS PARA LA OPERACION Y EL MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE RIEGO POR SUPERFICIE		
1.	Operación del sistema de riego por supeficie .....	30
1.1	Consideraciones sobre la operación .....	30
1.1.1	Investigaciones básicas.....	30
1.1.1.1	Clima .....	30-31
1.1.1.2	Suelo .....	31
1.1.1.2.1	Textura .....	31-32
1.1.1.2.2	Estructura.....	32
1.1.1.2.3	Densidad aparente .....	35
1.1.1.2.4	Infiltración .....	35
1.1.1.3	Cultivo.....	36
1.1.1.4	Recursos hidricos.....	36
1.1.1.4.1	La precipitación .....	36-37
1.1.1.4.2	Cuerpos de agua .....	37
1.1.1.4.3	Disponibilidad del recurso	38

1.1.1.5	Evaluación de la red canales .....	38
1.1.1.5.1	Evaluación de canales ...	38-39
1.1.1.5.2	Hidráulica de canales.....	39
1.1.1.5.3	Métodos de evaluación de canales.....	41-42
1.1.1.5.4	Eficiencia de riego .....	42-43
1.1.1.5.5	Calibración de estructuras .....	43-44
1.1.1.6	Mano de obra.....	44
2.	Cálculo de las demandas de riego .....	45
2.1	Precipitación efectiva .....	45
2.2	Ascenso capilar .....	45-49
2.3	Requerimiento de los cultivos .....	49
2.3.1	Evapotranspiración potencial (ETP) .....	49
2.3.1.1	Métodos directos.....	49-50
2.3.1.2	Métodos indirectos .....	50-51
2.3.2	Evapotranspiración real (ETR).....	52
2.3.3	Coefficiente de cultivo (KC) .....	52
2.4	Balance volumétrico.....	53
3.	Programación del riego .....	57-61
3.1	Distribución del agua para riego.....	61-62
3.2	Programación de operación del sistema de riego por superficie .....	63
3.2.1	Manejo en el período de excesos de agua .....	63
3.2.2	Manejo en el período de déficit de agua ....	63-65
3.2.3	Necesidades de derivación .....	65
3.2.4	Programación de entregas a nivel de parcela ...	65
3.2.5	Manejo de estructuras.....	65-68
3.2.6	Organización para la operación .....	68
4.	Programa de mantenimiento.....	68-69
4.1	La formulación del programa de mantenimiento .....	69
4.1.1	Inventario de las obras .....	69

4.1.2	Establecimiento del ciclo de mantenimiento..	69-70
4.2	Programación de las actividades de mantenimiento ....	70
4.2.1	En la presa de derivación .....	70
4.2.2	En los canales de riego .....	70-71
4.2.3	Estructuras hidráulicas en el sistema de riego .....	71
4.2.4	Ejecución del programa de mantenimiento.....	71-72

### CAPITULO III GUIA DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL RIEGO POR SUPERFICIE EN UNA ASOCIACION DE REGANTES

1.	Operación del sistema de riego superficial.....	72
1.1	Antecedentes generales de la Asociación.....	73
1.1.1	Ubicación y extensión .....	70-71
1.1.2	Antecedentes .....	74
1.2	Investigaciones básicas .....	75
1.2.1	Clima .....	75
1.2.1.1	Radiación .....	75
1.2.1.2	Temperatura.....	75
1.2.2	Suelos .....	76
1.2.3	Actividad Agrícola .....	76-77
1.2.4	Recurso hídrico .....	79
1.2.4.1	Precipitación .....	79
1.2.4.2	Recursos hídricos superficiales..	79
1.2.5	Evaluación de canales .....	76
1.2.5.1	Antecedentes del sistema de riego.....	79-83
1.2.5.2	Hidráulica de los canales .....	84
1.2.5.3	Eficiencia del sistema de riego .....	84-85
1.2.5.4	Calibración de estructuras ...	85-87
1.2.6	Mano de obra .....	88
1.3	Demandas de riego.....	88-89
1.3.1	Precipitación efectiva.....	89

1.3.2	Ascenso capilar.....	89
1.3.3	Balance volumétrico .....	89-91
1.4	Programación y operación del sistema de riego.....	91
1.4.1	Operación actual del sistema de riego.....	91-95
1.4.2	Programación del riego por superficie....	95
1.4.2.1	Planificación de la operación	95-98
1.4.3	Plan de distribución del agua .....	98
1.4.3.1	Programa de funcionamiento del canal principal de conducción ...	98
1.4.3.1.1	Manejo en el período lluvioso .....	98
1.4.3.1.2	Manejo en el período de deficit .....	98-100
1.4.3.2	Abastecimiento a las parcelas.....	100-101
1.4.3.3	Manejo de las estructuras ..	101-103
1.4.4	Organización de la operación.....	103
1.5	Programa de mantenimiento de la red de riego superficial .....	104
1.5.1	Mantenimiento actual del sistema de riego.....	104
1.5.2	Programa de mantenimiento de la red de riego superficial.....	104
1.5.2.1	Formulación del programa de mantenimiento .....	104
1.5.2.1.1	Inventario de las obras ....	104
1.5.2.1.2	Establecimiento del ciclo de mantenimiento .....	105
1.5.2.1.3	Programación de las actividades de mantenimiento...	105
1.5.2.1.3.1	La presa de derivación ....	105
1.5.2.1.3.2	La compuerta principal .	105-106
1.5.2.1.3.3	Canales de tierra .....	106
1.5.2.1.3.4	Canales revestidos.	106-107

1.5.2.1.3.5 Estructuras  
hidráulicas.107-108

2.	Aplicación de programas para el cálculo de los factores prácticos de riego.	
2.1.	Objetivo de los programas .....	108
2.2.	Composición de los programas.....	108-110
2.2.1	Información necesaria.....	110
2.2.1.1	Ingreso de datos .....	110
2.2.1.1.1	Ingreso datos del usuario .....	111
2.2.1.1.2	Ingreso datos de suelo ...	111
2.2.1.1.3	Ingreso datos de cultivo..	111
2.2.1.1.4	Ingreso datos de recurso hídrico .....	112
2.2.1.1.5	Ingreso datos del canal ..	112
2.2.1.1.6	Ingreso de datos complementarios .....	112
2.2.2	Cálculos .....	109
2.2.2.1	Demandas hidricas.....	113-114
2.2.2.2	Cálculo de factores prácticos .....	110
2.2.2.3	Cálculo del canal .....	114-115
2.2.3	Modificar bases de datos.....	116-116
	CONCLUSIONES .....	120-122
	RECOMENDACIONES .....	123-125
	BIBLIOGRAFIA .....	126-132
	ANEXOS .....	133-163

## INDICE DE CUADROS

CUADRO	PAG.
1 Desarrollo del riego a nivel gubernamental .....	13
2 Area bajo riego a nivel Nacional para el año de 1989 .....	14
3 Resumen de indicadores tecnicos de riego a nivel Nacional (caudal, horas y frecuencias de riego en las unidades productivas) .....	16
4 Extensión y número de socios en las asociaciones de regantes .....	20
5 Distribución de los socios entrevistados de acuerdo al tipo de tenencia .....	25
6 Clasificación del suelo en base al tamaño de las partículas .....	32
7a Precipitación efectiva mensual media en relación con la precipitación media y el consumo mensual medio (USDASCS) .....	46
7b Factores de multiplicación para relacionar el valor mensual de la lluvia efectiva obtenida del cuadro No 7a con la altura neta de la aplicación del riego .....	47
8 Coeficientes de CM, para cada mes para ser ocupados en la fórmula de Hargreaveas .....	51
9 Fases de Crecimiento de los cultivos .....	53
10 Coeficientes de cultivo (Kc) para usarse con la ETP estimada de la ecuación de Evapotranspiración de Hargreaves .....	55
11 Componentes del Balance Volumétrico .....	58
12 Métodos de distribución de riego por superficie ..	61
13 Estructuras de mayor empleo en las Asociaciones de Regantes .....	67

14	Radiación extraterrestre mensual para El Salvador..	75
15	Temperatura promedio mensual para la Asociación de regantes las Monjas .....	76
16	Características físicas de los suelos .....	76
17	Plan de cultivos agrícolas temporada agrícola 1989/1990 .....	77
18	Profundidad radicular y porcentaje de agotamiento para los cultivos agrícolas temporada 89/90 .....	78
19	Registros de la Precipitación (mm) promedio mensual para la estación de Cucumacayan .....	79
20	Infraestructura de la red de riego .....	83
21	Componentes geométricos del canal principal .....	84
22	Componentes hidrodinámicos del canal principal ....	84
23	Eficiencia actual y propuesta para el sistema de riego .....	85
24	Elementos geométricos de las compuertas .....	86
25	Resultados de la calibración de compuertas, estimación de "CD" y caudal "Q", compuerta #1 ...	87
26	Resultados de la calibración de compuertas, estimación de "CD" y caudal "Q", compuerta #2 ...	87
27	Estimación de las necesidades hídricas de los cultivos para la Asociación de regantes, 89/90 .....	89
28	Balance Volumetrico para la Asociación de regantes las Monjas Temporada agrícola 89/90 .....	90
29	Períodos hídricos para la Asociación temporada agrícola 89/90 .....	91

30	Operación actual del sistema de riego temporada agrícola 89/90 .....	96
31	Operación propuesta para el sistema de riego Temporada agrícola 89/90 .....	97
32	Plan de operación de la red de riego temporada agrícola 89/90 .....	99
33	Cronograma de las actividades de mantenimiento en la red de riego .....	109
34	Relación entre las aplicaciones, programas, bases de datos, archivos de trabajo y archivos de reporte	119
A.1	Profundidad radicular para diferentes cultivos ...	133-134
A.2	Eficiencia de aplicación del riego en función del método empleado .....	135
A.3	Eficiencia de distribución en algunos proyectos existentes .....	136
A.4	Eficiencia de conducción y distribución mediandos proyectos de riego subdivididos según el método de aplicación de agua en el campo .....	137
A.6	Usuarios del proyecto Asociación de Regantes las Monjas .....	139-143
A.7	Encuesta agrícola para determinar las condiciones operativas de la red de riego superficial .....	144-147
A.8	Resultados de la encuesta .....	148-153
A.9	Resumen de pruebas de aforos empleadas en la calibración de compuertas .....	154
A.16	Hoja de aforos para el cálculo del "derecho ó rollo de agua" .....	162
A.17	Hoja de aforos para el cálculo del caudal derivado del recurso Las Monjas .....	161
A.18	Formato de Inventario para obtene información de las obras y frecuencias de uso en la red de riego .....	163

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PAG.
1 Triángulo textural .....	33
2 Tipos de estructuras .....	34
3 Componentes de un canal de riego .....	40
4 Esquema de los parametros del balance volumétrico para un campo regado por superficie .....	56
5 Esquema de compuerta reguladora .....	86
A.5 Plano de ubicación de la Asociación de Regantes las Monjas.....	138

## INDICE DE TABLAS

TABLA

PAG.

- 1 Valores de caudal en lts/seg, para compuertas  
C1 y C2 para un ancho de compuerta  $L = 0.54$  mts... 102

## INDICE DE ESQUEMAS

ESQUEMA	PAG.
1 Relación entre los factores de riego .....	60
2 Relación entre menu principal y submenus.....	117
3 Relación entre menu principal, submenus y aplicaciones .....	118
A.12 Esquema del canal principal de conducción .....	157
A.13 Esquema de compuerta # 1, ocupada en la calibración de estructuras .....	158
A.14 Esquema de compuerta # 2, ocupada en la calibración de estructuras .....	159
A.15 Componentes geometricos empleados para establecer las ecuaciones de caudal en las compuertas .....	160

## INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA	PAG.
1 Contribución del agua Subterránea .....	48
2 Contribución del agua Subterránea .....	48
3 Ejemplo del comportamiento del coeficiente $K_c$ ....	54
A.10 Curva para la calibración de estructuras # 2.....	155
A.11 Curva para la calibración de estructuras # 1.....	156

## INTRODUCCION

La marcada distribución de recursos que existe en el ámbito salvadoreño se observa también en el comportamiento hídrico que experimenta nuestra agricultura, existiendo por un lado una época lluviosa donde se desarrolla la gran actividad agrícola y una época seca caracterizada entre otras cosas por una disminución del área cultivable; sin tomar en cuenta los problemas de tipo social, natural, técnico y económico que conduce a un desarrollo horizontal de la agricultura. Una actividad que posibilita el desarrollo de la actividad agrícola durante todo el año lo constituye la práctica del riego la que bajo diferentes métodos hace viable una permanencia e incremento de la productividad en las áreas donde es aplicado. Sin embargo, ésta sola no responde a las exigencias propias que demanda una agricultura bajo riego. De ahí que se requieran mecanismos de orden jurídico, económico, social, tecnológico, cultural, agronómico y políticos que permitan avances en esta actividad; en este trabajo interesan los de orden social, específicamente los vinculados al tipo organizativo, asociados a los agronómicos y culturales. Una Asociación de Regantes representa en sus antecedentes y proyección actual, el comportamiento que experimenta las denominadas áreas tradicionales bajo riego quienes aparte de carecer de una atención técnica adecuada, descansan muchas de sus prácticas operativas y manejo de sus sistemas en conceptos y metodologías tradicionales; sustentadas a elementos empíricos, caracterizándose por carecer de bases teóricas y prácticas apropiadas para ejecutar una programación de operación oportuna del sistema.

El trabajo consistió en establecer un procedimiento que identificará los factores naturales y prácticos necesarios para proponer un plan operativo en una extensión bajo riego, para tal fin se ocupó una asociación de regantes denominada Las Monjas ubicada en el departamento de Sonsonate de la jurisdicción de Nahuizalco, a la cual se le aplicó la siguiente metodología: una revisión bibliográfica, una labor de campo, y una fase de cálculo y análisis con el propósito de corroborar la siguiente premisa; la formulación de una guía sobre la operación y mantenimiento de riego por gravedad en una asociación de regantes conducirá a asegurar las correspondientes dotaciones de agua, horas y frecuencias de riego a los usuarios lo que permitirá aumentar la eficiencia del uso de los recursos agua-suelo.

Para su corroboración se necesitó de una variable temporal, una época agrícola que incluyera una estación seca y una lluviosa, y una variable física que fue la extensión bajo riego; se consideró además la infraestructura de canales y estructuras derivadoras, todo con el fin de establecer una planificación de la operación y el mantenimiento del canal de conducción principal. Pretendiendo que puede ser ocupada en aquellas extensiones bajo características similares a la zona estudiada. A la vez, se incorporó una serie de programas aplicables a computadoras personales, con el objetivo de elaborar simulaciones en la obtención de los parámetros prácticos de riego; de forma que posibilite cambios en los programas operativos de la red de riego por gravedad.

## CAPITULO I : REVISION BIBLIOGRAFIA, METODOLOGIA Y MATERIALES

### 1. Revision bibliográfica

#### 1.1 Operación y mantenimiento de sistemas de riego

##### 1.1.1 Generalidades

Acerca del tema de operación y mantenimiento de sistemas de riego, no se cuenta con la suficiente información en comparación al notable desarrollo que los mismos han tenido en El Salvador en las últimas décadas, al referirnos a los sistemas de riego es el superficial, el de nuestro interés. Este es llamado comúnmente por "gravedad", históricamente no ha variado mucho desde sus comienzos caracterizándose por la simple intercepción de una corriente de agua para ser luego desviada y conducida mediante canales o excavaciones en tierra hacia extensiones regables. Tal descripción no parece modificarse en el transcurso de los años en donde se han hecho significativas innovaciones en la investigación y aplicación del agua a los cultivos; quizás sea por su misma naturaleza, la que no le ha valido el desarrollo de los mecanismos que conllevan a mejorar y distribuir el agua a nivel de parcela como tampoco a desarrollar los métodos más eficientes para aplicar las cantidades de agua adecuadas al cultivo; sin embargo, en los últimos años estas actividades han sido retomadas, luego que las experiencias han demostrado que su fomento, estudio e implementación en el desarrollo de medianos y pequeños proyectos de riego por gravedad, es parte complementaria, sino decisiva al querer optimizar el uso de los recursos agua-suelo. (41)

El bosquejo extensivo para el área centro Americana, tiene su base en la idea inicial conque fueron construidos y desarrollados las grandes obras y proyectos de riego en la región, a nivel nacional áreas como, Zapotitán y Aticoyo a nivel gubernamental, comenzaron con énfasis en el diseño y construcción de obras hidráulicas, las que aparte de ser excelentes obras de ingeniería; no presentan solución por sí solas a los problemas derivados al posterior desarrollo de los Distritos. Esta no consideraba de manera prioritaria los elementos de tipo organizativo, operativo, administrativos y de mantenimiento que a nivel de usuario se demandaban después de "abrir la compuerta". Dicha condición hace frente, a la posición desarrollada por el usuario particular que en su objetivo de maximizar sus recursos indirectamente establece normas operativas en la aplicación del agua al terreno.

La deficiencia en materia de operación y mantenimiento de sistemas de riego es señalado en la siguiente cita, en la agricultura de regadío, la mayoría de sus problemas se derivan de una falta de conocimiento al integrar las actividades de ingeniería con las actividades agrícolas, las que muy frecuentemente se desarrollan, independientemente, repercutiendo en una baja de los objetivos originales de los proyectos regables. (3)

Esto es aplicable en diferente magnitud a los siguientes tres tipos de sistemas organizativos: el primero, donde los sistemas de riego son impulsados por los gobiernos y generalmente administrados por un funcionario público, los segundos en donde los sistemas de riego tradicionales, son desarrollados por los agricultores, que son áreas pequeñas de 5 a 50 ha., con funcionamiento insatisfactorio teniendo muchas limitaciones de carácter técnico:

y por último los sistemas de riego privado donde se incluyen áreas mayores y otros agricultores que bajo condiciones crediticias suelen colocar una parte de su extensión bajo riego (38).

Tales descripciones predominan en nuestro medio, desarrollándose en la mayoría de los casos el riego superficial, mediante la captación del agua a través del bombeo o implementando estructuras de derivación que descargan en canales abiertos con o sin revestir y empleando el sistema por gravedad, bajo los métodos de inundación y surcos (5).

#### 1.1.2 Factores que limitan la adecuada operación y mantenimiento de los sistema de riego.

De manera particular en El Salvador, las descripciones señaladas están presentes tanto en materia de organización para la ejecución del riego como la operatividad ejecutada por ellas. Algunos factores que limitan la adecuada labor de operación y mantenimiento de los sistema de riego pueden agruparse de la forma siguiente:

##### a) Institucionales:

Se mencionan, la existencia de una marcada lentitud en el otorgamiento de los créditos, altas tasas de interés, falta de investigación en agricultura bajo riego, y la falta de mecanismos adecuados en el cobro del agua.

##### b) Técnicas:

Se encuentran: falta de conocimientos prácticos del agricultor tradicional, falta de diseños apropiados de los sistemas, lo que ocasiona una distribución deficiente del agua en las parcelas, y

falta de estructuras reguladoras y de medición.

c) Económicas:

Altos costos de materiales y mano de obra, limitada disponibilidad de fondos.

d) Organizativa:

Estos factores están presentes en los sistemas manejados en forma individual como las de tipo colectivo; entre los problemas identificados se encuentran: escasa o nula participación de los agricultores en la administración del sistema, así como falta de organización interna para ejecutar las labores a nivel particular.

De todo lo anterior puede concluirse que las condiciones de operación y mantenimiento de los sistemas de riego están mayormente vinculados a problemas de tipo socioeconómico que a técnicos (34).

El desarrollo de las actividades de operación y mantenimiento de los sistemas a tenido una concepción muy limitada en nuestro medio, para el caso la operación básicamente se ha orientado a determinar los volúmenes requeridos por los cultivos, no tomando en cuenta en muchas de las situaciones los factores que conducen a una aplicación adecuada de dichos volúmenes, tales como: evaluación de la eficiencia de los sistemas de conducción y distribución; calibración de estructuras, programación adecuada de entregas de agua y de mantenimiento, etc.

El problema, parece derivarse de la falta de conocimientos y de conciencia de los agricultores así como la carencia de políticas en la implementación de sistema de riego público, que tiendan a estimular a los agricultores interesados en desarrollar una

autogestión de sus propios sistema y por otro lado no considerar la participación del agricultor desde el momento de planificar el sistema para su funcionamiento (38).

Un efecto característico de este tipo de agricultura es ser el mayor consumidor de agua y a la vez con el uso menos eficiente, al usarla. En realidad se puede hablar de un 85 % del consumo total de agua controlada por el hombre, de la cual sólo el 40 % del agua llega al campo. Lo anterior denota coeficientes de eficiencia que en la mayoría de los métodos de riego giran alrededor del 60% y las pérdidas de conducción y distribución del agua la reducen aún más (3).

Muchos factores pueden explicar esta situación los cuales, van desde la ausencia de obras complementarias y de canales de distribución en las parcelas hasta los trabajos mínimos de nivelación. Además del comportamiento que el usuario tiene con respecto a los accesos del agua en donde la distribución de la misma incide negativamente en los agricultores situados en las partes más lejanas del sistema. Una forma de librarse de tal condición consiste en la autogestión es decir, que el agricultor aparte de poder decidir en la implementación de su sistema de riego, hace suya las actividades operativas y de mantenimiento que aquel requiere.

Así lo señala Sagaroy al mostrar, que la participación de los agricultores en los procesos de selección, planificación y construcción de las obras es un factor relevante para el éxito o fracaso del sistema, junto a la capacidad del grupo para organizarse y tomar de decisiones compartidas.

De ahí que la necesidad de implementar mejoras en los sistemas de riego existentes se vuelva necesario, dado que no requieren fuertes inversiones en comparación con las nuevas áreas a desarrollar; las establecidas se caracterizan por ser impulsadas por el mismo agricultor sin intervención estatal; y donde pequeños cambios pueden beneficiar a un grupo mayor de usuarios (34).

Dichas mejoras deberán ir acompañadas de mecanismos que permitan el buen funcionamiento de todas las obras, compatibles con las actividades agrícolas; éstas en conjunto deberán basarse en : a) un buen mantenimiento de las obras de riego y drenaje; b) que se disponga de un personal conocedor del sistema y de los procedimientos de operación. De manera concreta los procedimientos de operación deberán comprender actividades como: i) planificación de programas de dotación de agua; ii) estimación de las necesidades de agua en las distintas fases de crecimiento del cultivo; iii) recopilación de información climática e hidrológica en el área bajo estudio; iv) planificación, distribución, regulación y el suministro de agua a los cauces por los canales principales, laterales y sublaterales; v) eliminación del agua sobrante; vi) medidas de urgencia en casos de sequías o inundaciones y en cuanto al mantenimiento, deberá de basarse en un inventario de los trabajos a efectuarse, de igual forma establecer los métodos y procedimientos a usar, los cuales pueden agruparse en cuatro categorías a saber: i) trabajos permanentes de mantenimiento; ii) trabajos anuales iii) trabajos de urgencia; iv) mantenimiento esporádico. Cada uno de estos apartados con su respectivo plan de funcionamiento y gastos. (3)

Procedimientos como los mencionados son escasamente tomados en cuenta al momento de establecer programas de operación, en organizaciones de riego como las Asociaciones de Regantes, quienes además de soportar los problemas de una agricultura bajo riego, se enfrenta a problemas de tipo organizativo, o de escasa participación de los usuarios así como la falta de objetivos precisos que conduzcan al grupo eficazmente.

A nivel de su infraestructura se hace ver la necesidad de nuevos diseños de riego debido a la falta de programas de mantenimiento, que posibiliten la solución inmediata de daños eventuales suscitados por el deterioro de estructuras, por el mal manejo o descuido en el sistema de distribución del agua, o por su inadecuada conducción; lo anterior se traduce en una falta de calendario de riego funcional, el cual de existir se basa en el número de manzanas o fracción de tierra cultivable, lo que sirve de base a la vez para fijar las cuotas y tarifas de operación en la asociación. A lo antes expuesto, se suma la falta de canales adecuados de comercialización, problemas administrativos, y agrónomos colaterales a la actividad del riego como son la conservación del suelo. (30).

### 1.1.3 Avances en materia de operación y mantenimiento en sistemas de riego por superficie.

En general, el avance en materia de operación y mantenimiento de sistemas de riego a nivel regional ha sido limitado, por ejemplo, encontramos antecedentes afines a esta materia en el seminario sobre irrigación realizado en Colombia, en año de 1975, en donde se deja sentado que los proyectos de riego deben complemen-

tar su futuro en la organización de la operación, dándole importancia a la medición del agua. En ese mismo año en dicho país se lleva a cabo el seminario nacional sobre normas jurídicas y operativas para el uso del agua de riego, en él se concluye que en la casi totalidad de las áreas o cuencas regadas, uno de los factores decisivos y más influyentes para el mejor éxito del desarrollo armónico dentro del sistema agua-suelo-planta, lo constituye la fase estrictamente operativa, fundamentando la distribución y entrega del agua para los usuarios en función del tiempo, y teniendo en cuenta la demanda de uso consuntivo de las explotaciones. El mismo énfasis se hace en el manual de operación de distritos de riego, editado por la Universidad de Chapingo, México en el año de 1979, en el que se plantea la operación de los distritos de riego comprendida en cuatro funciones: a) la distribución del agua de riego; b) la conservación y mantenimiento de las obras; c) el asesoramiento al usuario y, d) el trabajo administrativo (40).

En el ámbito nacional existen muy pocos trabajos sobre el tema, más que todo éste se ha tratado en trabajos de graduación de algunas universidades y en los estudios de proyectos realizados en el país, de aplicación específica al proyectos estudiado.

## 1.2 Antecedentes del riego en El Salvador

### 1.2.1 Antecedentes históricos

Los antecedentes el riego en El Salvador se remontan a la época previa al establecimiento de la Colonia, aún antes del descubrimiento de América, lo cual queda asentado en la descripción de tierras ejidales en donde se hace énfasis de la colin-

dancias de estas tierras con las de tipo individual, tales descripciones eran encargadas a un agrimensor que tenía el trabajo de elaborar los bosquejos de las extensiones comunales estableciendo para ello rumbos y distancia que los limitaban, fijando puntos de apoyo que sirvieran de base a sus descripciones, de esta manera se relatan los estacionamientos y sus alrededores donde menciona extensiones regables y vegas de ríos donde el uso del riego como práctica agrícola era orientado a los cultivos de arroz, maíz, y frijol. Lo anterior se confirma cuando se habla que estas áreas ejidales mantenían permanentemente sus cultivos todo el año. Situaciones semejantes se describen en documentos ejidales que datan desde 1756, los que hacen referencia a esas tierras y su uso, antes del establecimiento de la Colonia en El Salvador. Lo que induce a suponer el empleo del riego en esta época y quizá mucho antes del descubrimiento de estas tierras (14).

Durante la época Colonial, el desarrollo del riego se concentró en los Departamentos de Sonsonate y Chalatenango manteniéndose en ambos lugares muchos trazos y métodos de riego, los cuales aún funcionan en nuestros días. (37)

#### 1.2.2 Desarrollo del riego en El Salvador.

Su desarrollo puede observarse desde dos puntos de vista, el primero referido a los proyectos realizados por organismos gubernamentales, y el segundo por usuarios particulares. El Sector privado incorporó entre los años de 1952 a 1960 cerca de 14,600 ha., la mayoría con riego superficial. Este mismo sector entre los años de 1961 a 1970 incorporó 2,900 ha., bajo el mismo patrón de riego y entre los años de 1970 a 1975 se estima que fueron puestas

bajo riego 3,852 ha., la mayoría de ellas empleando el sistema de riego por aspersión (15).

La participación del sector gubernamental en el desarrollo del riego se presenta en el cuadro N° 1; en él se aprecia que el Estado inicia su participación a partir de 1963 con la creación del programa de mejoramiento de tierras agrícolas (META); desarrollado actividades tanto en el campo de la ejecución de obras como en la formulación de estudios.

### 1.3 Area potencial de riego en El Salvador.

El Salvador, para el año de 1975 ostentaba 32,000 ha., regadas lo cual es poco, comparado con el potencial de tierras con fines agrícolas que se tienen, si se toma como base lo que el recurso suelo puede ofrecer. De acuerdo al plan de acción realizado por el Proyecto Manejo de aguas, menciona que a nivel nacional se dispone de un 45.66 %, de tierras con capacidad natural favorables para la actividad agropecuaria, y de manera alternativa un 36.1 %, que corresponde a tierras marginales, utilizables en gran medida en la producción de granos básicos y pastos.

De las superficies potenciales, existen tierras aptas para el riego, según el Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los recursos Hídricos describe un potencial agrícola con fines de riego de 165,542 ha. (60.6 %) susceptibles de riego que pueden emplear la actividad con muy buenas posibilidades, extensivas con limitantes al empleo del sistema, a 65,824 ha., las que en conjunto representan 231,388 ha., es decir el 84.7 % de tierras con vocación agrícola. El mismo documento refiere un potencial hídrico

CUADRO N° 1 Desarrollo del Riego a Nivel Gubernamental

AÑO	AREA (Ha)	DESARROLLO
1956	-	- Realización de Estudios de Factibilidad de Riego en 8 áreas del país.
1963	3,200	- Establecimiento del Programa de Mejoramiento de Tierras Agrícolas (META)
1966	-	- Creación del Programa de Inversión para la identificación, diseño y construcción de grandes obras de riego (DGRD).
1974	4,000	- Creación del Distrito N° 1, Zapotitán.
1975-1978	3,550	- Creación y construcción del Distrito N° 2, Atiococho
1983-1986	3,064	- Programa de Pequeñas Obras de Riego (OPOR)
1989	2,616	- Inicio de ejecución del Proyecto de Riego Lempa-Acahuapa
1989	-	- Inicio de ejecución de 9 Proyectos de pequeña extensión.
TOTAL	16,740	

FUENTE: Adaptado de una caracterización de una agricultura bajo riego en El Salvador. Documento N° 29, Proyecto Manejo de Aguas, DGRD/OSPA.

que incluye el agua superficial como el agua subterránea, volumen que puesto a disposición del riego podría abarcar 136,000 ha. y 102,235 ha. respectivamente lo que arroja una cantidad de 232,235 ha., equivalente al 85 %, del área con vocación agrícola del país (15).

### 1.3.1 Situación actual del riego en El Salvador.

No obstante el potencial de riego existente en el país, su desarrollo se ha visto limitado, contándose para 1989 con una superficie de 21,195 Ha. distribuidas de la siguiente forma:

CUADRO No. 2 Area bajo riego a nivel nacional para el año  
de 1989

REGION	HECTAREAS	PORCENTAJE
REGION I	15,224.80	71.80
REGION II	2,364.80	11.20
REGION III	1,901.90	9.0
REGION IV	1,704.10	8.0
TOTAL	* 21,195.60	100.00

FUENTE: Diagnóstico sobre la situación de las áreas bajo riego en en El Salvador. 1989. cap III MAG-OSPA. pag 17

\* no incluye los Distritos de Riego y Avenamiento No 1 Zapotitán (2,520.6 ha) y No 2 Atiocoyo (2,408.8 ha) cultivados para la temporada 87/88.

El cuadro señala el área actual que existe bajo riego

dividido, en las cuatro regiones administrativas empleadas por el MAG. En él, se observa que la mayor concentración de la superficie regada se encuentra en la región I (71.80%), debido que en esta región se ubica el departamento de Sonsonate, que a nivel nacional presenta la mayor superficie bajo riego, así mismo puede observarse que la región IV es la que tiene una menor superficie regada (8%), si embargo no incluye el área regada por los Distritos en ese año.

Un Diagnóstico realizado en el año de 1989, sobre la situación de áreas bajo riego en el Salvador menciona los principales cultivos explotados bajo este tipo de agricultura, entre los que destacan: pastos, caña de azúcar, cítricos, maíz para semilla, okra, chile dulce, frijol, tule, arroz, pepino, tomate, maicillo, cebolla, yuca, frutales, y café; del mismo se obtiene un cuadro resumen sobre los indicadores de riego desarrollados en los proyectos clasificados de acuerdo a su extensión, éste muestra la discrepancia de valores de caudal, horas y frecuencia de riego ocupados en cada sistema, y los promedios que se obtienen a nivel de región son los resultados siguientes: el empleo de 8.4 lts/-seg/mz, en concepto de caudal; 12.4 horas por día de riego y 8.1 días por las horas de operación.

#### 1.4 Organizaciones para riego.

Como toda actividad humana, la actividad del riego requiere de programación y organización, elementos necesarios para su ejecución dentro de la organización se distinguen dos tipos: a) las de usuarios particulares, que incluyen las Organizaciones provisionales de riego y las Asociaciones de Regantes; y b) las

CUADRO N° 3 : RESUMEN DE INDICADORES TECNICOS DEL RIEGO A NIVEL NACIONAL ( CAUDAL, HORAS Y FRECUENCIA DE RIEGO EN LAS UNIDADES PRODUCTIVAS).

TIPO DE SISTEMA	CAUDAL (LTS/SEG. /MZ)					HORAS DE RIEGO					
	REGION				PROMEDIO	REGION				PROMEDIO	
	I	II	III	IV		I	II	III	IV		
MICROSISTEMAS	27.8	31.8	18.1	41.5	29.8	8.4	7.3	7.4	6.6	7.4	9.1
PEQUEÑOS SISTEMAS	2.4		1.7	3.2	2.4	13.1		7.2	12.6	10.9	9.8
MEDIANOS SISTEMAS	0.8		0.6	0.8	0.7	16.0		15.0	11.3	14.1	6.5
GRANDES SISTEMAS	0.4			0.6	0.5	17.3				17.3	7.3
PROMEDIO GENERAL					8.4					12.4	

ADAPTADO DE: CARACTERIZACION DE LA AGRICULTURA BAJO RIEGO EN EL SALVADOR, DOCUMENTO N° 20, PROYECTO DGRD/OSPA. 1989

de tipo estatal que corresponden a las áreas desarrolladas por el Estado, quines abarcan los distritos de riego y los pequeños proyectos.

#### 1.4.1 Usuarios particulares

##### 1.4.1.1 Usuarios individuales, operación y mantenimiento de sus sistemas riego.

El uso del agua en estos sistema es regulado por la Ley de Riego y Avenamiento, la cual establece que los usuarios interesados en regar su parcela o inmueble deben solicitar un permiso provisional de riego para la temporada seca, la cual según la misma ley comienza en el mes de septiembre de un año y caduca en el mes de agosto, del siguiente año, ampárandolos tal permiso provisional para una estación seca. Finalizada ésta, se solicita nuevamente el permiso, en este tipo de sistema la administración y operación del agua es compartida, por un lado la Alcaldía Municipal, a donde pertenece el inmueble a regar se encarga de vigilar la distribución y uso del agua, para ello nombra una persona encargada de regular los usos del agua, quien se basa en los siguientes criterios al momento de la entrega: a) la sensibilidad del cultivo a la falta de agua; b) el tipo de cultivo; c) finalizando la entrega del volumen de agua, en base a la cantidad de área o fracción de ésta regada, empleando como unidad de medida el "rollo" o "derecho de agua". Correspondiéndole a la vez asegurar el mantenimiento del sistema de riego, pero se requiere previamente el pago de impuesto por uso de agua a la Alcaldía. De forma complementaria el Estado se encarga de autorizar legalmente el permiso provisional de riego. Con respecto al mantenimiento,

se realiza de manera esporádica y se limita a la conservación y conformación de los canales y/o acequias de conducción, labor desarrollada en su mayoría por la Alcaldía del lugar 15 días antes de derivar el agua al canal, continuada por el usuario cada 15 o 20 días, según lo necesite el sistema.

#### 1.4.1.2 Asociaciones de Regantes.

Estas son organizaciones para el riego que jurídicamente tienen su origen en Ley de Riego y Avenamiento, en el Capítulo V, Sección Segunda, y en el Artículo 47 de la misma, en los cuales básicamente se establece la forma de proporcionar personería jurídica mediante acuerdo ejecutivo del MAG a usuarios de aguas confines agropecuarios. De igual manera el Artículo 48, determina las disposiciones de su constitución, formas de organizarse, funcionamiento, servicios y demás aspectos vinculados con el riego; los que son detallados en los Artículos 118 y 127 del Capítulo X, del reglamento General de la Ley de Riego y Avenamiento (23).

##### 1.4.1.2.1 Antecedentes.

Antes de la existencia jurídica de estas organizaciones, los usuarios dependían administrativamente de las alcaldías, éstos pagaban sus impuestos anuales para efectuar el riego en cada temporada. No ejerciendo la alcaldía un buen control sobre el uso del agua, generando problemas que tenían como efecto su mala distribución; a ello se sumaba la poca responsabilidad de la alcaldía para realizar actividades de mantenimiento, ocasionando gastos al usuarios, al pagar por el desenvolvimiento de tales

actividades; además de las arbitrariedades suscitadas en la mayoría de los casos por usuarios donde el recurso hídrico a ocupar, nacía o atravesaba su propiedad, suponiendo por ello el empleo prioritario de estas agua.

Tales situaciones motivaron la formación de estas organizaciones, de mencionar es la influencia directa que tienen de gozar de la excención del pago de impuestos municipales.

La evolución de estas organizaciones se muestra en el cuadro No 4, el cual señala para los años de 1986 a 1989, el número de Asociaciones, usuarios y extensiones de riego en este período la variación que sufren las asociaciones en el país, tienen en primera instancia el incremento significativo del área, variando de 9,441.0 Mz., en 1986 a 13,375.90 Mz. para 1989; y una variación en el número de socios de 569 a 1,642 para esos años respectivamente. Con respecto a los cultivos, siguen un orden por extensión cultivada como los siguientes: pastos, cereales (maíz, frijol, arroz), caña de azúcar, hortalizas, cítricos, frutales, vara de castilla, tule, cultivos de exportación (okra, melón y hortalizas), y café.

#### 1.4.1.2.2 Operación del riego por superficie en las Asociaciones de regantes.

La autogestión de los usuarios en concretizar su organización, por si sola, no resuelve los problemas de tipo operativo y funcional en materia de riego; así lo expone un diagnóstico sobre las mismas asociaciones donde destacan problemas principalmente de organización vinculados a la falta de conformación de los

CUADRO No. 4 Extensión y número de socios en las Asociaciones de Regantes

NOMBRE DE LA ASOCIACION	AÑO 1986		AÑO 1989	
	AREA EN MANZANAS	No. DE SOCIOS	AREA EN MANZANAS	No. DE SOCIOS
ACEQUIA MIRAVALLE	971.5	18	971.5	18
PRESA SAN JUAN	3,565.0	20	4,000.0	20
ACEQUIA SUR	270.0	10	270.0	10
ACEQUIA LAS MONJAS	251.0	108	392.0	162
PRESA CUYUAPA	397.5	12	397.5	12
LAS TABLAS	254.0	38	368.0	50
SAN PEDRO Y EL COYOL	626.0	28	626.0	28
SAN RAFAEL	212.0	137	255.0	137
SHUTECAT	440.0	17	440.0	17
PRESA ATALAYA	1,075.0	26	1.075.0	26
SAN LORENZO	200.0	65	200.0	25
SAN JUAN OPICO	200.0	50	239.8	67
ACEQUIA HONDA	1,200.0	40	900.0	40
SUBTOTAL.....	9,411.0	569	10,134.8	612
CAYAGUANCA			60.0	80
EL COROZO			65.6	28
EL TULE			239.8	70
ACAHUAPA			400.0	60
CLAUDIA LARS			500.0	100
EL MARAÑON			60.0	30
EL SISIMITE			45.0	36
OBRREROS DE TESHCAMA			206.0	16
ATIQUIZAYA			244.7	
CHACALCOYO, NVA. CONCEPCION			1,200.0	210
ATIOCOYO, SAN JUAN ISIDRO			220.0	400
SUBTOTAL.....			3,240.5	1,030
T O T A L .....	9,411.0	569	13,375.9	1,642

FUENTE: Departamento Jurídico, D.G.R.D. 1991

cuadros y personal para los puestos directivos; además, problemas técnicos relacionados con la infraestructura que éstas poseen, la cual en muchos de los casos, data de tiempos coloniales, siendo necesario un mejoría en el diseño de canales, correcciones y trazos nuevos en secciones del mismo; sin embargo la escases de recursos económicos es el factor primordial para la puesta de un adecuado funcionamiento, siendo la única fuente de ingresos los aprobados por los socios, en concepto de pago de matrícula y horas de riego.

A pesar de lo expuesto, existe un control de agua siendo hechos significativos de su buen desenvolvimiento; el incremento del área bajo riego, el número de asociaciones y el número de usuarios inscritos; sin embargo problemas vinculados a la operatividad se relaciona con el seguimiento de un horario de riego empírico, ejecutado por el Juez de Agua (persona designada por la asociación para el control del agua), quien al final se basa en criterios empíricos como a las disposiciones preferenciales al usuario más ribereño a la fuente lo que implícitamente fija la forma de entrega, bajo demanda.

#### 1.4.1.2.3 Mantenimiento del sistema de riego en las Asociaciones de Regantes.

Las actividades de mantenimiento, se vuelven dependientes de la necesidad de ocupar la red de canales para la temporada de riego careciendo de esquemas organizativos, y programación de actividades previas a la operación del sistema. En el caso de existir se limitan a la limpia de malezas y al desazolve de cana-

les principales y secundarios cuando son de tierra; y reparaciones de canales revestidos y estructuras que lo ameriten, pero careciendo de una continuidad en tal actividad, como también de los recursos económicos y soluciones atinadas que resuelvan problemas eventuales suscitados en el transcurso de la época de riego.

El diagnóstico de áreas bajo riego, ya mencionado describe el mal uso del agua que se hace en la mayoría de estas áreas empleándola en cantidades excesivas, provocando la erosión del terreno, la percolación profunda, y el lavado de fertilizantes, incidiendo de esta manera en la baja eficiencia de aplicación de agua.

#### 1.4.2 Sector Gubernamental.

##### 1.4.2.1 Antecedentes y aspectos generales sobre la operación y el mantenimiento de los Distritos de Riego.

Los distritos de riego como unidades técnico administrativas son creadas por Decreto Legislativo en zonas o regiones del territorio nacional, en donde la ejecución, operación y mantenimiento de obras y trabajos destinados al aprovechamiento de recursos hidráulicos con fines agropecuarios, se estimen indispensables (9).

La misma Ley establece la forma de administración y operación que regirán el Distrito. Para el caso, se establece un Comité Directivo, integrado por el Jefe del Distrito, designado por el MAG, dos representantes de los agricultores, un representante del MAG y un representante de la institución de crédito agrícola; este Comité posee atribuciones para proponer al MAG, la implementación

de políticas y acciones relacionadas con el desarrollo del Distrito, con la distribución de las aguas de riego, con la operación y el mantenimiento de las obras y así como atribuciones para aprobar o desaprobar el plan estacional de riego y para fiscalizar, lo que se refiera a la conservación de los sistemas secundarios de riego y avenamiento. Por otro lado esta ley establece una serie de derechos y obligaciones de los usuarios en relación a la operación y mantenimiento, entre las que destacan el derecho de recibir en la cabecera de sus parcelas el agua que les corresponde de acuerdo al plan estacional de riego. Y la limpieza de los canales, desagües y demás estructuras que se disponen y de pagar las contribuciones que se establezcan.

En cuanto al costo de los servicios de agua de riego y avenamiento, la misma ley señala que deberá ser cubierto por los usuarios a través del pago de una tarifa a ser establecida por la Asamblea Legislativa, propuesta de los Ministerios de Agricultura y Economía.

Actualmente en el Salvador, existen tres distritos de Riego y Avenamiento; No 1 Zapotitán, No 2 Aticoyo y No 3 Lempa Acahuapa, todos creados por Decretos Legislativos. De manera general estos Decretos contienen: a) los límites hídricos territoriales del Distrito; b) las fuentes de los recursos hídricos que le corresponde; c) las obras y trabajos que se deberán ejecutar, conservar y administrar; d) la superficie de tierras que deben ser materia de expropiación para la ejecución de las obras; e) las superficies máximas y mínimas adecuadas de las propiedades del distrito; f) disposiciones para la organización y el funcionamiento del mismo.

## 2. METODOLOGIA

El desarrollo de la presente investigación requirió de los siguientes elementos, una variable temporal definida como época seca, una variable de espacio, denominada sistema de riego, e indirectamente un área para su empleo. Para el caso se escogió una Asociación de Regantes denominada Las Monjas ubicada en el Municipio de Nahuizalco, del Departamento de Sonsonate. La metodología empleada difiere de los procedimientos tradicionales para estimar resultados agronómicos, para el logro de los objetivos propuestos el procedimiento usado fue dividido en 3 fases:

### 2.1 FASE I

Esta consistió en selección del área bajo estudio, lo cual se hizo en base a criterios jurídicos, operativos y a los de carácter agronómicos, entre los que se mencionan: extensión del área, tipo y características físicas del suelo, rendimientos de los cultivos, fechas de siembra y la operatividad realizada en ellos durante la época seca. De la fuente se consideró su ubicación, volumen de agua derivada, su calidad y los antecedentes de su empleo en la región. Además se tomó en cuenta otras informaciones relevantes a la investigación como: el acceso al lugar, recursos humanos disponibles y registros agrícolas de la Asociación, incluyendo la ubicación, número y distribución de socios, extensión de sus propiedades y localización de las estructuras derivadoras (compuertas) en el canal de conducción principal; esta se complementó con una recopilación de información sobre el uso actual del suelo. De los registros climáticos se tomó la temperatura promedio mensual y la precipitación mensual de la zona;

principal al sistema, en la fecha de mayor demanda y en plena estación seca, ocupándose para ello un molite de copas de marca Gurley 225.

## 2.2 FASE II

### 2.2.1 Encuesta

Esta fase consistió, en su primera parte en la elaboración de una encuesta con el objetivo de recabar información vinculada con la operatividad y el mantenimiento del sistema de riego. Inicialmente se escogió una muestra de 30 personas seleccionadas al azar, distribuyéndolos en los rangos de tenencia de la tierra característicos de las Asociación, en la forma siguiente:

Cuadro No. 5 Distribución de los socios entrevistados de acuerdo al tipo de tenencia.

TENENCIA DE LA TIERRA (mz)	NUMERO DE SOCIOS ENCUESTADOS
0.010 a 0.5	18
0.51 a 1.0	7
1.1 a 5.0	2
5.0 a 10.0	1
más de 10 mz	2
TOTAL	30

El contenido de la encuesta se definió atendiendo los objetivos específicos de la investigación, en tal sentido las preguntas en su mayoría se orientan a reconocer los elementos que propician la situación y condiciones actuales de operación y de man-

tenimiento en el sistema de riego. La coordinación para obtener la información fue canalizada a través de la misma Asociación, con la cual se establecieron los contactos necesarios para entrevistar a las personas seleccionadas, con ella se determinó :

- a) los métodos de entrega de agua, tiempo, volúmenes y frecuencias de riego empleadas por el usuario.
- b) conocer los criterios ocupados por él, al momento de decidir el uso del riego.
- c) El valor económico de esta actividad, en concepto de tarifas, valor del agua y su incidencia en el costo del área cultivable.
- d) Los métodos y/o procedimientos al distribuir el agua a su terreno y las actividades relacionadas con el mantenimiento de canales.

### 2.2.2 Calibración de estructuras.

La segunda parte de ésta fase tuvo por tarea una calibración de las estructuras ocupadas para la distribución del agua a nivel de canal principal de conducción. Para ello se seleccionaron aquellas representativas y típicas del sistema, para el caso se calibraron compuertas localizadas en secciones de canal, de manera que cumplieran con las condiciones mínimas para la calibración; detallándose el proceso de la siguiente manera:

- i) Selección de la compuerta(s), permitiéndole que existiera aguas arriba y aguas abajo de ésta, una distancia mínima de 10 mts.
- ii) Limpieza de las secciones de malezas y de azolve.
- iii) Toma de las dimensiones geométricas del canal y compuertas.

- iv) Con la compuerta cerrada totalmente, se permitió la estabilización del nivel de agua, aguas arriba y con auxilio de una regla ubicada a una distancia que no fuera influenciada por los movimientos del agua, se registraron los niveles de agua.
- v) Luego se procedió a levantar la compuerta, anotando el nivel alcanzado del tirante, la altura o apertura de la compuerta, y aguas abajo con auxilio del molinete se estimó la velocidad promedio del flujo, tomando 3 lecturas de tiempo contra número de revoluciones, procedimiento realizado para cada variación de caudal aguas abajo de la compuerta.
- vi) Repetición del procedimiento anterior haciendo variar la abertura de la compuerta hasta que existiera la carga suficiente que permitiera establecer la relación entre la altura ó nivel de agua, con la altura de la compuerta y el caudal de la vena líquida.

#### 2.4 FASE III.

La última parte, comprendió la codificación, tabulación y análisis de los resultados obtenidos por la encuesta, cálculos de las ecuaciones que relacionan, nivel del agua (H), caudal (Q), y abertura de la compuerta (b). Lo mismo que de los parámetros necesarios para establecer el plan de riego, y el programa de operación y de mantenimiento, estipulando de manera concreta:

- i) Las demandas de agua de los cultivos.
- ii) La operatividad del sistema para suplir las necesidades hídricas, enfatizando en :

- 20
- el número de estructuras derivadoras (compuertas), que se ocuparán en el canal principal de conducción.
  - los canales secundarios y los turnos, días y volumen ocupados.
  - calendarización de las actividades que incluyan las condiciones antes mencionadas.
- iii) formulación de un programa de mantenimiento, sobre la infraestructura principal de riego, incluyendo en dicho programa días, épocas y condiciones para su desarrollo, señalando el conjunto de procedimientos para conservar las estructuras de captación, derivación y de conducción, y finalmente la organización necesaria para su ejecución.

Lo anterior complementado con una serie de programas adaptables a computadora personal, elaborados con los elementos lógicos del paquete utilitario denominado DBase, para estimar:

- a) Los cálculos de las demandas de riego, y los elementos geométricos de los canales encargados de suplir las demandas hídricas de los cultivos y, b) La estimación de los factores prácticos de riego a utilizar en la referida guía de operación.

### 3. Materiales.

Los materiales empleados en la presente investigación se dividen en:

#### 3.1 Material de campo.

Molinete de copas marca Gurley 225, tablas de cálculo de aforos, y accesorios. Encuesta, vehículo, calculadora, cinta mé-

trica, y demás papelería.

3.2 Material para cálculos y resultados.

En la fase de cálculos de los resultados se empleó calculadora Hp S-41, computadora personal AT marca Princenton, impresor y accesorios, software Dbase y la papelería necesaria para impresión.

## CAPITULO II: BASES TEORICAS PARA LA OPERACION Y EL MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE RIEGO POR SUPERFICIE.

### 1. Operación del sistema de riego por superficie.

#### 1.1 Consideraciones sobre la operación.

Algunos de los elementos necesarios para establecer la operación de un sistema de riego superficial, se mencionan; tomando a consideración aquellos necesarios para la propuesta operativa, objeto del presente trabajo.

##### 1.1.1 Investigaciones básicas.

Corresponde a este apartado la descripción de los elementos temporales, físicos y humanos necesarios para estimar las demandas del riego. Entre ellos se incluyen los siguientes:

##### 1.1.1.1 El clima

Está asociado al estado total de la atmósfera en un momento dado, y con la evolución de éste a través de la generación, desarrollo y desaparición de las distintas perturbaciones; así en él, se resume la síntesis del tiempo para la totalidad de un período que sea lo suficientemente largo para establecer sus propiedades estadísticas de conjunto y lo bastante dependiente de cualquier estado instantáneo (26). La selección de los factores del clima depende de la metodología de cálculo de las demandas hídricas, en el presente estudio, se ocupará la ecuación de George Hargreaves, la que toma en cuenta los siguientes factores: a) la Radiación solar, la que está en función de la latitud y de la época del

año, se expresa como equivalente de evaporación del agua en mm/día y; b) la temperatura, se define como el estado relativo de calor ó frío, de un cuerpo, los datos de temperaturas empleadas para la programación del riego serán la del aire por estar íntimamente relacionadas con la evaporación, transpiración y la humedad del suelo.

#### 1.1.1.2 Suelo

Es un sistema complejo formado de materias, sólidas, líquidas y gaseosas, la porción sólida está integrada por la porción mineral y la materia orgánica; la porción mineral consta de partículas de tamaño, forma y composición químicamente diferentes. Dichas partículas se clasifican por su dimensión en arena, limo y arcilla y son los que determinan la textura del suelo. La fracción orgánica se compone de materia vegetal y animal, y constituye el humus. La porción líquida consiste de agua, sustancias minerales disueltas y materia orgánica soluble. La parte gaseosa ocupa la parte de los espacios que quedan entre las partículas del suelo no ocupados por el agua (11). Desde el punto de vista del riego, el suelo posee ciertas propiedades físicas que es importante conocer, siendo éstas: la textura, la estructura, la densidad aparente y la velocidad de infiltración.

##### 1.1.1.2.1 La textura

Se determina en base al porcentaje de partículas (arena, limo y arcilla), presentes en el suelo y de la combinación de sus distintos tipos se obtienen los diferentes suelos. De forma general los suelos se clasifican texturalmente dependiendo del tamaño de

partículas, como se muestran el siguiente cuadro.

Cuadro No 6. Clasificación del suelo en base al tamaño de las partículas.

TEXTURA	TAMAÑO DE PARTICULAS
suelos arenosos	2 a 0.05 mm.
suelos limosos	0.05 mm a 0.002 mm
suelos arcillosos	mayores de 0.002 mm

FUENTE: Donnen, I. D. Prácticas de Riego y Ordenación de Aguas.

Una vez determinados los porcentajes de partículas en el suelo podemos conocer su textura, mediante el empleo del triángulo textural (fig 1). La cantidad de partículas presente en el suelo puede determinarse con precisión en el laboratorio, sin embargo a nivel de campo puede estimarse la textura al tacto.

#### 1.1.1.2.2 La estructura.

La estructura del suelo depende de la disposición de sus partículas y de la adhesión de las partículas menores para formar otras mayores o agregados. Algunas propiedades que ésta confiere al suelo son: la permeabilidad, la cantidad de aire y la penetración de las raíces, al inverso de la textura la estructura no puede ser cambiada, puede mejorarse ó mantenerse mediante buenos métodos agrícolas, como la rotación de los cultivos (42). La figura No 2, presenta los tipos más comunes de estructuras existentes en los suelos.

( 2 MICRAS ) 100 % ARCILLA

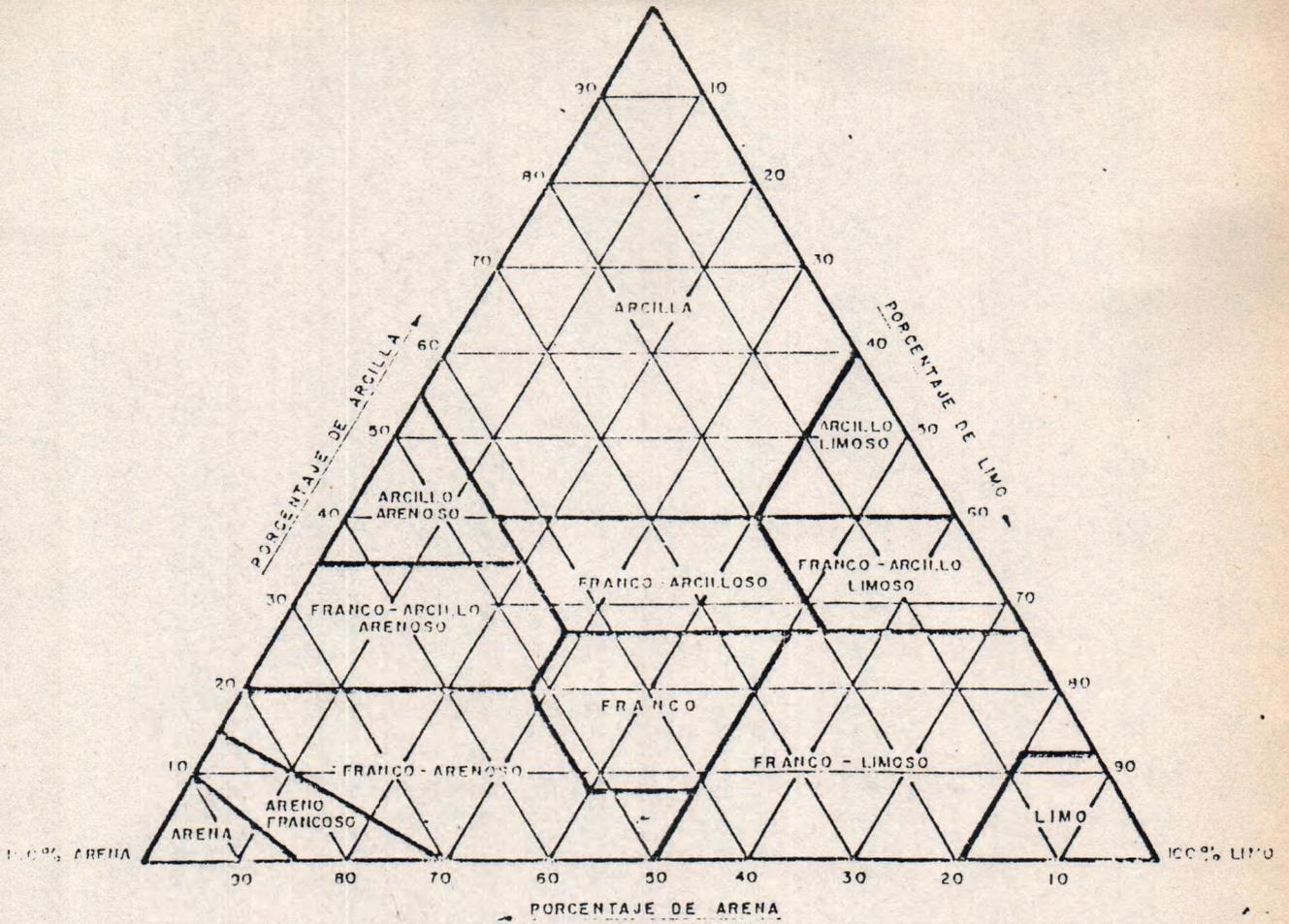


FIGURA 1 TRIANGULO TEXTURAL

Fuente: Gonzales. R. O. Métodos y técnicas de riego p. 21

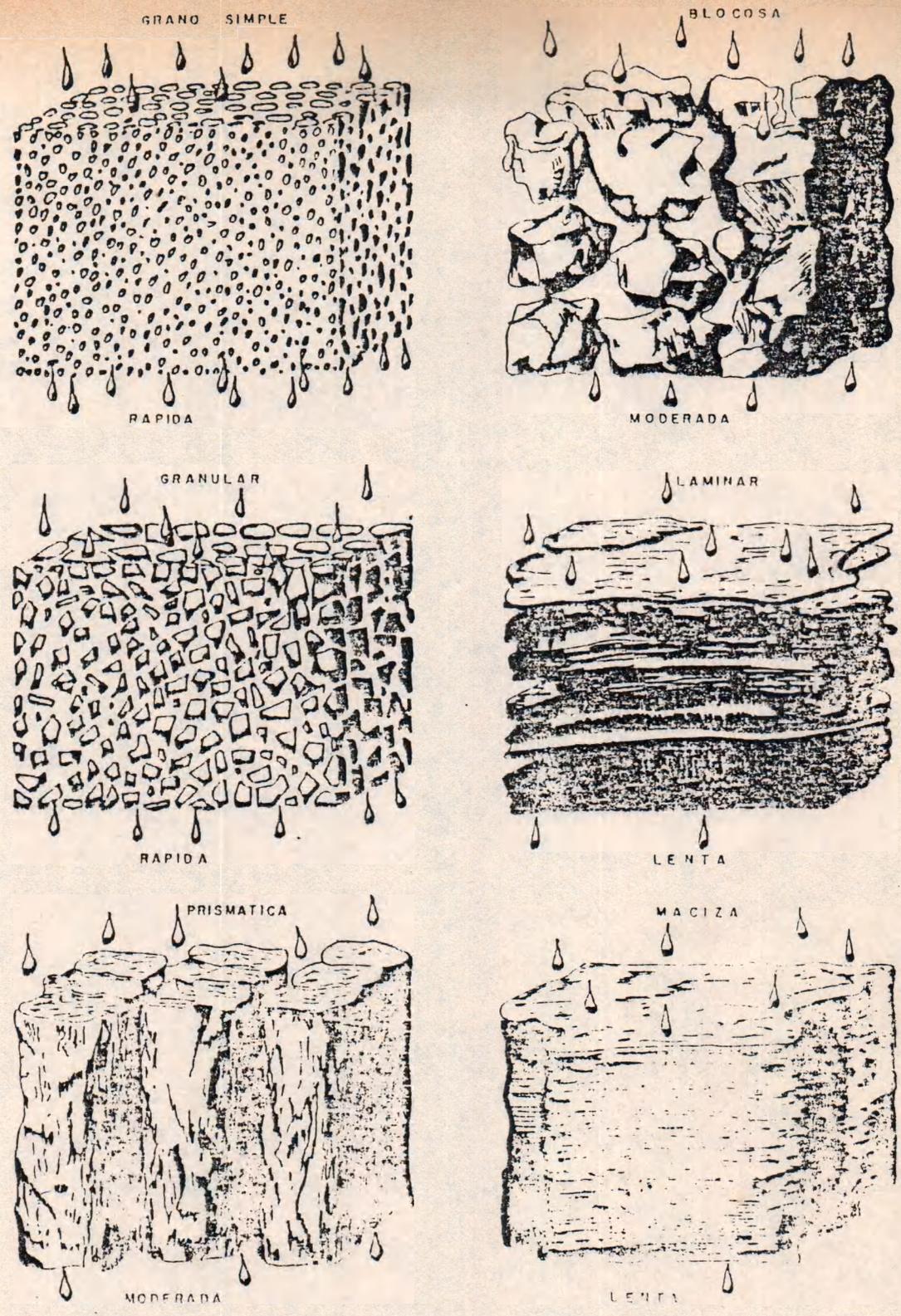


FIGURA 2 TIPOS DE ESTRUCTURAS

#### 1.1.1.2.3 Densidad aparente.

Se define como la relación entre la masa de las partículas del suelo y el volumen total incluyendo el espacio poroso que ocupan, es una propiedad útil para transformar los porcentajes de humedad gravimétrica del suelo en términos de humedad volumétrica y en lámina de agua al suelo, calcular la porosidad total de un suelo cuando se conoce la densidad de las partículas, se estima el grado de compactación por medio del cálculo de la porosidad, y ayuda a estimar la masa de capa arable.(42)

#### 1.1.1.2.4 La infiltración.

La infiltración del suelo se refiere a la cantidad de agua que entra al suelo por unidad de tiempo durante un riego sus valores inicialmente son altos para luego decrecer, hasta que finalmente alcanza un valor constante denominado velocidad de infiltración básica, valor cercano a la conductividad hidráulica. La infiltración es un proceso complejo dependiente de las propiedades físico-químicas del suelo como las hidráulicas, contenido de humedad, humedad existente en el suelo y a los cambios de permeabilidad debido a movimientos del agua en superficie y atrapamientos del aire (8). Para su estimación son ocupados frecuentemente los métodos de: anillos infiltrómetros y el método de entrada y salidas empleado para determinar la infiltración en el riego por surcos.

### 1.1.1.3 Cultivos.

Para establecer el plan de riego se deben considerar algunos elementos vinculados la planta y relacionados con el cálculo de sus demandas de agua. Interesa conocer la clase de cultivo enfatizando en su profundidad radicular, ciclo vegetativo, fecha de siembra, fecha de cosecha y etapas de crecimiento. Además de los factores mencionados, de manera específica influyen en la selección del método de riego y en su operación: a) la tolerancia del cultivo en su duración y maduración a la salinidad del suelo, aireación y otros síntomas en la solución del suelo; b) la cantidad y distribución temporal de la demanda hídrica para la producción máxima; y c) el valor económico del cultivo.

### 1.1.1.4 Recursos hídricos.

Los recursos hídricos constituyen un elemento decisivo al estimar las demandas y las medidas de operación en el sistema de riego. El agua como sustancia inodora, incolora, insípida y transparente se encuentra formando parte de los cuerpos, la cual puede presentarse en los tres estados líquido, sólido y gaseoso; tiene en su estado líquido distintas formas siendo las principales :

#### 1.1.1.4.1 La precipitación

Esta se define como el agua meteorológica que cae sobre la superficie terrestre tanto en estado sólido como líquido siendo frecuentemente la lluvia la manera más común de precipitación líquida, en gotas de diámetro de 0.5 y 2 mm con velocidad de caída de 2 á 6 m/seg e intensidades entre 1 y 20 mm/hora (2). Se estima

empleando instrumentos como el pluviógrafo y pluviómetros que registran los volúmenes en milímetros o centímetros cúbicos.

#### 1.1.1.4.2 Cuerpos de agua

El agua que se precipita puede evaporarse sin llegar a la superficie del suelo o puede ser interceptada por la vegetación o llenar las irregularidades del terreno, humedeciéndolo, infiltrándose y llegar a niveles más profundos o escurrir sobre la superficie del suelo si la intensidad de la lluvia es mayor que la infiltración. De ahí que se distingan los cuerpos de aguas en:

a) aguas superficiales: son las que se originan por efecto de la precipitación, incapaces de penetrar los estratos inferiores del suelo y su movimiento, está sujeta a los efectos de la gravedad y de la atracción molecular; b) las aguas subsuperficiales: son las que se encuentran en el perfil del suelo y que las plantas aprovechan, originándose por filtración o bien por capilaridad del agua que asciende desde un nivel más profundo; c) aguas subterráneas: son éstas las que se cargan con las precipitaciones que se infiltran, penetrando el perfil del suelo formando un embalse subterráneo y variando su cantidad en consonancia con la porosidad y transmisibilidad del estrato donde se encuentra. De manera exclusiva el agua ocupada para fines de riego debe entre otras características tener propiedades físicas y químicas aceptables, para una garantía debería de encontrarse libre de contaminación física, química y biológica.

#### 1.1.1.4.3 Disponibilidad del recurso.

La medición del agua es la base para su distribución en los lotes de riego, lo mismo que para establecer tarifas para su uso, es un medio además para estimar las cantidades de agua aplicadas al cultivo, controlando con ello los excesos y los déficits ocurridos en la parcela. En relación con las necesidades de los cultivos, la cantidad de agua que se dispone en una fuente o se pueda aplicar al riego, se expresa en forma de volumen o como volumen por unidad de tiempo.

En la medición del agua con fines de riego se emplean diferentes métodos, los cuales se pueden dividir en dos grupos:

- a) Standar: que incluye los vertederos, aforados parshall, orificios y aforadores sin cuello.
- b) Aparatos no standar: cualquier estructura en la red de riego que parcialmente restrinja el flujo del agua, para su uso deberá ser inicialmente calibrada (36).

Si bien existen ecuaciones y parámetros necesarios para obtener el caudal, bajo un regimen de flujo libre el empleo del molinete es una herramienta de preferencia para determinar la velocidad de circulación del agua y a partir de ella, calcular el caudal.

#### 1.1.1.5 Evaluación de la red de canales

##### 1.1.1.5.1 Evaluación de canales

La evaluación de una red de riego, consiste a determinar el tipo y estado de infraestructura y su eficiencia, haciendo notar el estado que presenta para lo cual se requiere la geometría e

hidráulica de los canales, además de la eficiencia de conducción que estos presentan, lo anterior permitirá conocer la operatividad en la red, información con la cual se generará el programa operativo más adecuado (39).

#### 1.1.1.5.2 Hidráulica de canales.

Antes de fijar elementos operativos del sistema conviene delimitar los componentes de los canales, entendiéndose el canal, como un conducto abierto en el cual el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido esta en contacto con la atmósfera (6).

En su parte de geometría interesa conocer los siguientes elementos:

$d$  = tirante o profundidad máxima del agua en el canal.

$B$  = Ancho de plantilla

$T$  = Ancho del espejo de agua

$c$  = Corona del bordo

$H$  = Profundidad del canal ( $d+H_d$ )

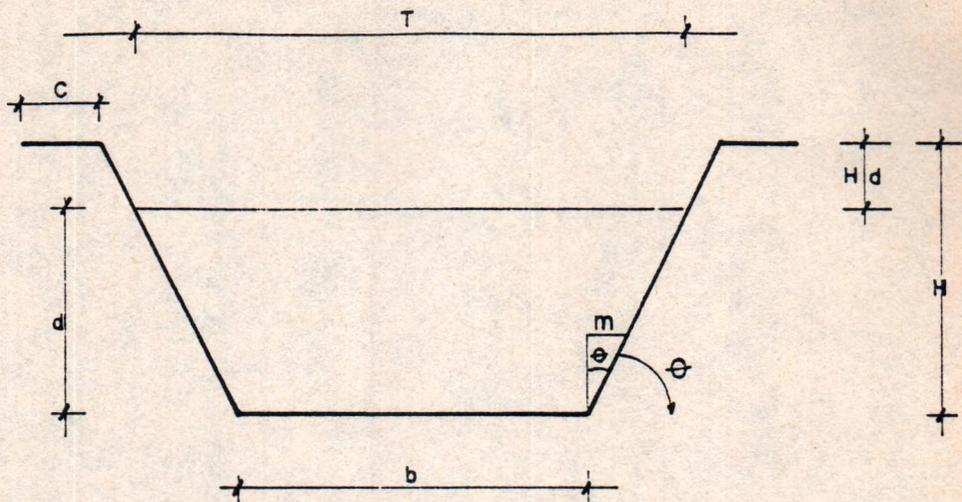
$H_d$  = Bordo libre

$\theta$  = Angulo de inclinación de las paredes laterales con la horizontal

$m$  = Talud o cotagente del ángulo  $\theta$

$S$  = Pendiente del canal.

Estos junto a los componentes hidrodinámicos, que se muestran en la figura No 3.



C = CORONA

m = TALUD

T = ANCHO SUPERIOR

$\theta$  = ANGULO DE INCLINACION

Hd = BORDO LIBRE

b = PLANTILLA

d = TIRANTE DEL AGUA

H = PROFUNDIDAD DEL AGUA

### ELEMENTOS PARA EL CALCULO DE CAUDAL EN CANALES DE RIEGO

S = PENDIENTE DEL CANAL

A = AREA O SECCION DE CANAL

V = VELOCIDAD DEL AGUA EN EL CANAL

P = PERIMETRO DEL CANAL

R = RADIO HIDRAHULICO DEL CANAL

n = COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

FIG No 3 COMPONENTES DE UN CANAL DE RIEGO.

### 1.1.1.5.3 Métodos de evaluación de canales.

La evaluación de canales de riego permite señalar y determinar causas y efectos de las pérdidas de agua, es un procedimiento con el cual se reconoceran dos situaciones:

a) Cuanta agua se esta perdiendo en los canales, lo cual se realiza mediante dos métodos:

- medición del caudal de entrada y salida: método que consiste en la medición del caudal que entra en una porción del canal y el agua que sale al final del mismo cuando no hay derivación de agua en su trayectoria. La pérdida consiste en la diferencia entre los dos caudales medidos y se expresa como un decremento del caudal por unidad de longitud del canal, de la siguiente manera:  $QL = (Q1 - Q2)/L$

Donde:  $Q1$  = caudal aguas arriba.

$Q2$  = caudal aguas abajo.

$L$  = longitud del canal entre los puntos de medición.

$QL$  = pérdida de caudal (lts/seg/log. de canal)

- Las pérdidas por estanque, consisten en llenar una sección del canal que se cierra en ambos extremos, y medir la tasa a la que el agua estancada percola y se pierde en la sección. La tasa de pérdida es la tasa a la cual el agua percola y penetra en el tramo, esto equivale al cambio en volumen del agua indicada en un tiempo determinado, o al

cambio de altura para un determinado intervalo multiplicado por el área de la superficie del agua. Se calcula de la siguiente manera:

$$QL = (\Delta d / \Delta t) \times Tw$$

donde:  $QL$  = Caudal en lts/100 mts.

$\Delta d / \Delta t$  = Cambios en la altura de agua por unidad de tiempo (cms/hora).

$Tw$  = Ancho promedio del espejo de agua (cms).

b) Costo de la pérdidas de agua: esta es la evaluación de los costos de la pérdida de conducción, lo que dependerá de factores físicos y económicos, a la vez de la información hacia donde va a parar el agua pérdida y si ésta se puede reutilizar en el sistema, o si crea problemas y costos adicionales; además del valor que esta agua significa para la producción agrícola.

#### 1.1.1.5.4 Eficiencia de riego.

La eficiencia de un sistema de riego se conoce a través de de relaciones entre el volumen de agua demanda por el área y el volumen entregado a ésta por el sistema. Su cálculo se puede obtener por medio de la siguiente fórmula:

$$Ef = 11.574 \times (Ar \times Etr \times Q)$$

Donde  $Ef$  = Eficiencia del sistema.

$Ar$  = área total a regar (mz).

$Etr$  = Evapotranspiración real máxima (mm/día).

$Q$  = Caudal de entrega al sistema (lts/seg).

La fórmula proporciona valores porcentuales que relacionan la cantidad de agua disponible en la zona contra aquellas que

demandan los cultivos. Se puede obtener también, al relacionar los valores de las eficiencias de conducción, distribución y aplicación, sin embargo dado que en la práctica resulta difícil estimar dichos valores, como es la eficiencia de aplicación; una forma de obtenerlos es con el auxilio de tablas, similares a las descritas en los anexos 2, 3 y 4 los cuales presentan valores de eficiencia para distintos tipos y métodos de entrega de riego por superficie.

#### 1.1.1.5.5 Calibración de estructuras.

La calibración de estructuras, persigue entre sus objetivos:

a) Aumentar la eficiencia con que trabaja la red de distribución;  
b) Determinar los volúmenes o gastos con que se está dotando a las parcelas o al canal derivador. Ambos elementos permiten las siguientes aplicaciones:

- proporcionar con exactitud el agua que demanda el cultivo.
- fijar las bases técnicas, para imponer tarifas en base al criterio de volumen de entrega.
- aumentar la eficiencia del sistema de riego.

El proceso de calibración consiste en determinar la ecuación que rige el caudal que circula por la obstrucción o estructura en función de la carga o tirante aguas arriba, para esto se toman lecturas de caudales y de cargas; estimando las primeras por medio de un aparato aforador (molinete hidráulico) y las segundas estimadas con una escala o regla limnimétrica, posteriormente se obtiene la relación entre las variables  $Q$  y  $H$  (caudal-tirante) (40).

Inicialmente conviene determinar la condición de trabajo de

la estructura; si ésta, está funcionando en condiciones de flujo libre o sumergido. En caso de flujo libre se requiere sólo la carga aguas arriba, en caso de ser sumergido se necesita conocer las cargas aguas arriba y aguas abajo de la estructura. Para el caso de las compuertas, que son las estructuras de interés en el presente trabajo, la ecuación de caudal es la siguiente:

$$Q = CD \times L \times b \times (2g)^{0.5} \times (H - b/2)^{0.5}$$

Donde:

- Q = Caudal
- L = Ancho de la compuerta.
- g = gravedad en mts/seg<sup>2</sup>
- b = Altura de la compuerta
- H = Altura del agua, aguas arriba.
- b/2 = Valor medio de la altura de la compuerta.

Los valores necesarios para conocer la ecuación señalada son determinados a partir de una calibración bajo las condiciones de su operación.

#### 1.1.1.6 Mano de obra.

Es un elemento de mucha importancia, muchas veces ignorado al diseñar los esquemas de operación, para su aplicación se debe considerar al usuario como operario, tomando a cuenta su nivel educativo, la habilidad mínima para desempeñar las labores bajo riego, y el número de personal con que se cuenta para ejecutar el plan operativo del sistema.

## 2. Cálculo de las demandas de riego

Para establecer las demandas de riego, es necesario conocer los factores que incluyen y relacionan los elementos antes descritos como:

### 2.1 Precipitación efectiva.

Es la fracción de la precipitación que se almacena en el perfil del suelo, haciéndose disponible para las plantas, su cantidad depende de las condiciones del suelo, intensidad de la precipitación, prácticas de manejo y cobertura del cultivo, incluye por lo tanto el agua interceptada por la vegetación viva o seca, la que se pierde por evaporación de la superficie del suelo, la precipitación pérdida o evapotranspirada durante el crecimiento de los cultivos, y la parte que contribuye a lixiviación.

El método comúnmente utilizado para su estimación, es el desarrollado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, para ello se requieren datos climáticos y de humedad del suelo, la cantidad total de lluvia del lugar y el consumo mensual de agua; con estos valores y con el auxilio de los cuadros 7a y 7b se estima la precipitación efectiva del lugar.

### 2.2 Ascenso capilar.

Se entiende como la contribución de las aguas subterráneas, la cual puede ser estimada empleando los siguientes elementos: a) la distancia, desde donde se moverá el agua y, b) la tasa o velocidad con que ésta lo hace. (13). Una forma de conocer su contribución a la zona radicular es por medio de las gráficas No 1 y No

Cuadro N° 7a Precipitación Efectiva Mensual Media en Relación con la Precipitación Media y el Consumo Mensual Medio (USDA, SCS)

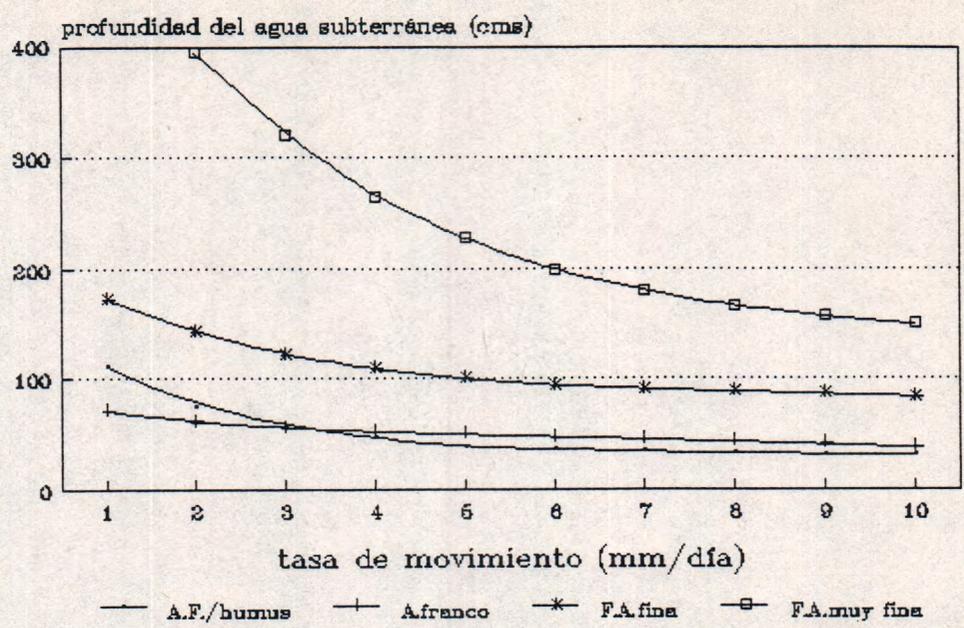
LLUVIA MEDIA MENSUAL (mm)	CONSUMO DE AGUA MENSUAL MEDIA (mm)										
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275
	PRECIPITACION EFECTIVA MENSUAL MEDIA (mm)										
12.5	7.5	8.0	8.7	9.0	9.2	10.0	10.5	11.2	11.7	12.5	13.0
25.0	15.0	16.2	17.5	18.0	18.5	19.7	20.5	22.0	24.5	25.0	26.0
37.5	22.5	24.0	26.2	27.5	28.2	29.2	30.5	33.0	36.2	37.5	38.5
50.0	25.0	32.2	34.5	35.7	36.7	39.0	40.5	43.7	47.0	50.0	51.0
62.5	en 41.7	39.7	42.5	44.5	46.0	48.5	50.5	53.7	57.5	62.5	63.5
75.0		46.2	49.7	52.7	55.0	57.5	60.2	63.7	67.5	73.7	74.7
87.5		50.0	56.7	60.2	63.7	66.0	69.7	73.7	77.7	84.5	85.5
100.0	en 80.7	63.7	67.7	72.0	74.2	78.7	83.0	87.7	95.0	95.0	100.0
112.5			70.5	75.0	80.2	82.5	87.2	92.7	98.0	105.0	111.0
125.0			75.0	81.5	87.7	90.5	95.7	102.0	108.0	115.0	121.0
137.5		en 122.0	88.7	95.2	98.7	104.0	111.0	118.0	126.0	133.0	137.5
150.0			95.2	102.0	106.0	112.0	120.0	127.0	136.0	144.0	147.5
162.5				100.0	109.0	113.0	120.0	128.0	135.0	145.0	151.0
175.0			en 160.0	115.0	120.0	127.0	135.0	143.0	154.0	161.0	167.5
187.5					121.0	126.0	134.0	142.0	151.0	161.0	167.5
200.0					125.0	133.0	140.0	148.0	158.0	168.0	174.0
225.0					197.0	144.0	151.0	160.0	171.0	182.0	190.0
250.0						150.0	161.0	170.0	183.0	194.0	205.0
275.0					en 240.0	171.0	181.0	194.0	205.0	215.0	225.0
300.0						175.0	190.0	203.0	215.0	224.0	232.0
325.0						en 287.0	198.0	213.0	224.0	232.0	240.0
350.0							200.0	220.0	232.0	240.0	247.0
375.0							en 331.0	225.0	240.0	250.0	250.0
400.0								en 372.0	247.0	250.0	250.0
425.0									en 412.0	250.0	250.0
450.0	25.0	50.0	75.0	100.0	125.0	150.0	175.0	200.0	225.0	250.0	250.0

FUENTE: N.G. DASTANE. Precipitación Efectiva en la Agricultura de Regadío. FAO 25, 1984. pg. 2

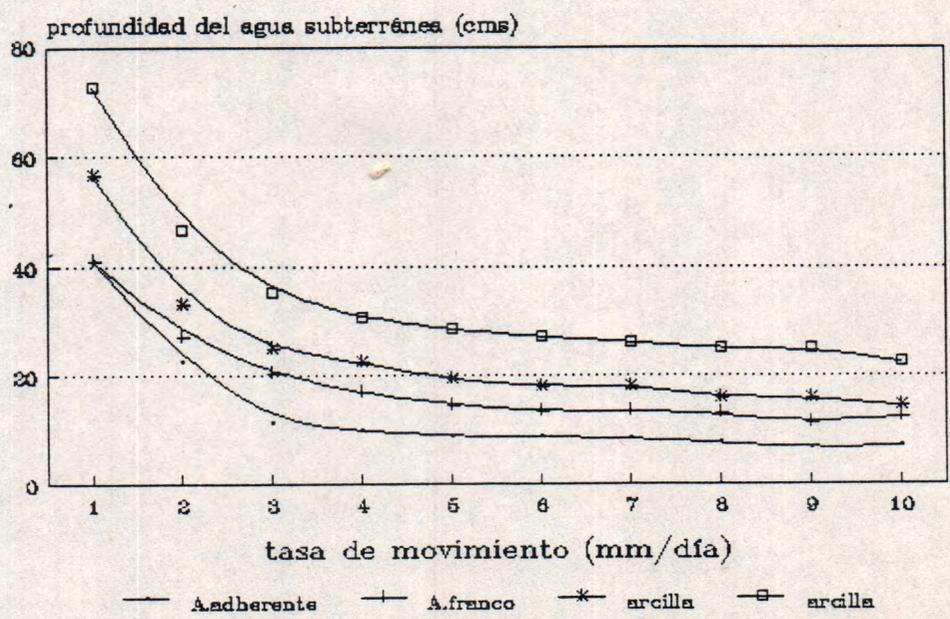
Cuadro N° 7 b Factores de Multiplicación para Relacionar el Valor Mensual de la Lluvia Efectiva, Obtenido del Cuadro , con la Altura Neta de Aplicación de Riego.

d (mm)	FACTOR	d (mm)	FACTOR	d (mm)	FACTOR
10.00	0.620	1.25	0.818	70.00	0.990
12.50	0.650	2.50	0.826	75.00	1.000
15.00	0.676	35.00	0.842	80.00	1.004
17.50	0.703	37.50	0.860	85.00	1.008
18.75	0.720	40.00	0.876	90.00	1.012
20.00	0.728	45.00	0.905	95.00	1.016
22.50	0.749	50.00	0.930	100.00	1.020
25.00	0.770	55.00	0.947	125.00	1.040
27.50	0.790	60.00	0.963	150.00	1.060
30.00	0.808	65.00	0.977	175.00	1.070

FUENTE: N.A. DASTANE. Precipitación Efectiva en la Agricultura de Regadío. FAO # 25. 1984. p. 28



Gráfica N° 1: Contribución del Agua Subterránea



Gráfica N° 2: Contribución del Agua Subterránea

FUENTE: Las Necesidades de Agua de los Cultivos. Doorembos. Pruitt W.O. FAO # 24. p. 127

2., necesitando únicamente conocer las profundidades del agua subterránea y la textura del suelo.

### 2.3 Requerimientos de los cultivos.

El consumo del agua almacenada en el suelo por efecto de la lluvia o el riego, se traslada hacia la atmósfera por dos vías: a través de la evaporación directa del suelo y por medio de la evaporación del follaje de las plantas, conocida como transpiración vegetal. En la práctica resulta difícil medir por separado ambas pérdidas, éstas se estiman por medio de la evapotranspiración o uso consuntivo. Conviene por tanto diferenciar dos conceptos: la evapotranspiración potencial (ETP), y la evapotranspiración real (ETR).

#### 2.3.1 Evapotranspiración potencial (ETP)

La ETP, se define como la cantidad de agua evaporada y transpirada por una cobertura de pequeñas plantas verdes en estado activo de crecimiento y con un suministro adecuado y continuo de humedad. (13)

Los valores de la ETP, a menudo se determinan a partir de la evapotranspiración de un cultivo de referencia, para nuestro caso, pasto o grama, o igual puede calcularse empleando métodos directos o indirectos.

##### 2.3.1.1 Métodos directos

Reflejan realmente las pérdidas de agua por la planta, Se emplean para su estimación los lisímetros, instrumentos que regis-

tran los cambios en los contenidos de humedad por diferencia de pesos, entre el agua aplicada y el agua drenada, otro método consiste en registrar los cambios de humedad en un terreno uniforme, sin influencia de agua subterránea, antes y después de cada riego. (13)

### 2.3.1.2 Métodos indirectos

Reflejan una estimación de la ETP, como el tanque tipo "A" colocado en un área bajo riego; él ha sido empleado para estimar la ETP de los cultivos. Muchos otros métodos analíticos han sido derivados y empleados para estimar la ETP.

Uno de ellos ajustado a la condiciones climáticas del país, es el desarrollado por el Dr. Hargreaves el cual requiere, sólo la elevación del lugar donde se ubica el sistema de riego, calculándose la ETP con la siguiente expresión

$$ETP = CM - 1.37 (KEL)$$

Donde:

ETP = evapotranspiración potencial (mm/día)

CM = coeficiente o valores para estimar la ETP, promedio mensual (mm/día)

KEL = elevación del lugar en Kms.

Los valores de CM mencionados, para nuestro medio se muestran en el Cuadro siguiente:

CUADRO N° 8 Coeficiente de Cm. para cada mes para ser ocupados en la fórmula Hargreaves.

MES	CM (mm/día)
Enero	5.3
Febrero	6.0
Marzo	6.8
Abril	6.9
Mayo	6.5
Junio	6.1
Julio	6.2
Agosto	6.3
Septiembre	5.8
Octubre	5.3
Noviembre	5.1
Diciembre	5.0

FUENTE: Simplified Irrigation Scheduling and Crop.

Selection for El Salvador. G.H. Hargreaves. p.227.

### 2.3.2 Evapotranspiración real del cultivo (ETR)

Es la tasa de evapotranspiración, determinada por las condiciones climáticas, su desarrollo y las condiciones del suelo. Siendo principalmente los factores del clima los que influyen como: la radiación solar, temperatura, viento y humedad; la cubierta del suelo por el cultivo, fisiología y metabolismo son algunos de los factores de la planta. Otras que también afectan la tasa de evapotranspiración son la humedad, la textura y estructura, composición y la salinidad del suelo. La evapotranspiración de los cultivos (ETR) corresponde al uso real del agua por los cultivos agrícolas, incluyendo la evapotranspiración directa de la humedad del suelo.

Su comportamiento es influenciado por la etapa de crecimiento, porcentaje de cobertura, altura de la planta y superficie foliar total. La evapotranspiración real o uso consuntivo puede ser limitada por la humedad disponible dentro de la zona radicular, por las enfermedades y por algunas características propias de los cultivos. Y se determina multiplicando la evapotranspiración de referencia por sus correspondientes coeficientes de cultivo de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\text{ETR} = \text{ETP} * \text{KC}$$

### 2.3.3 Coeficiente de cultivo (Kc)

El valor de KC señalado corresponde a un coeficiente de cultivo, y se define como la relación entre la evapotranspiración de referencia y la evapotranspiración real, su valor es afectado por las condiciones climáticas, humedad del perfil del suelo, variedad del cultivo, cobertura, nivel del crecimiento y otros factores. (13).

Sus cantidades cambian de acuerdo a su estado o fases de crecimiento de los cultivos, distinguiéndose las etapas siguientes:

CUADRO N° 9 Fases de crecimiento de los cultivos.

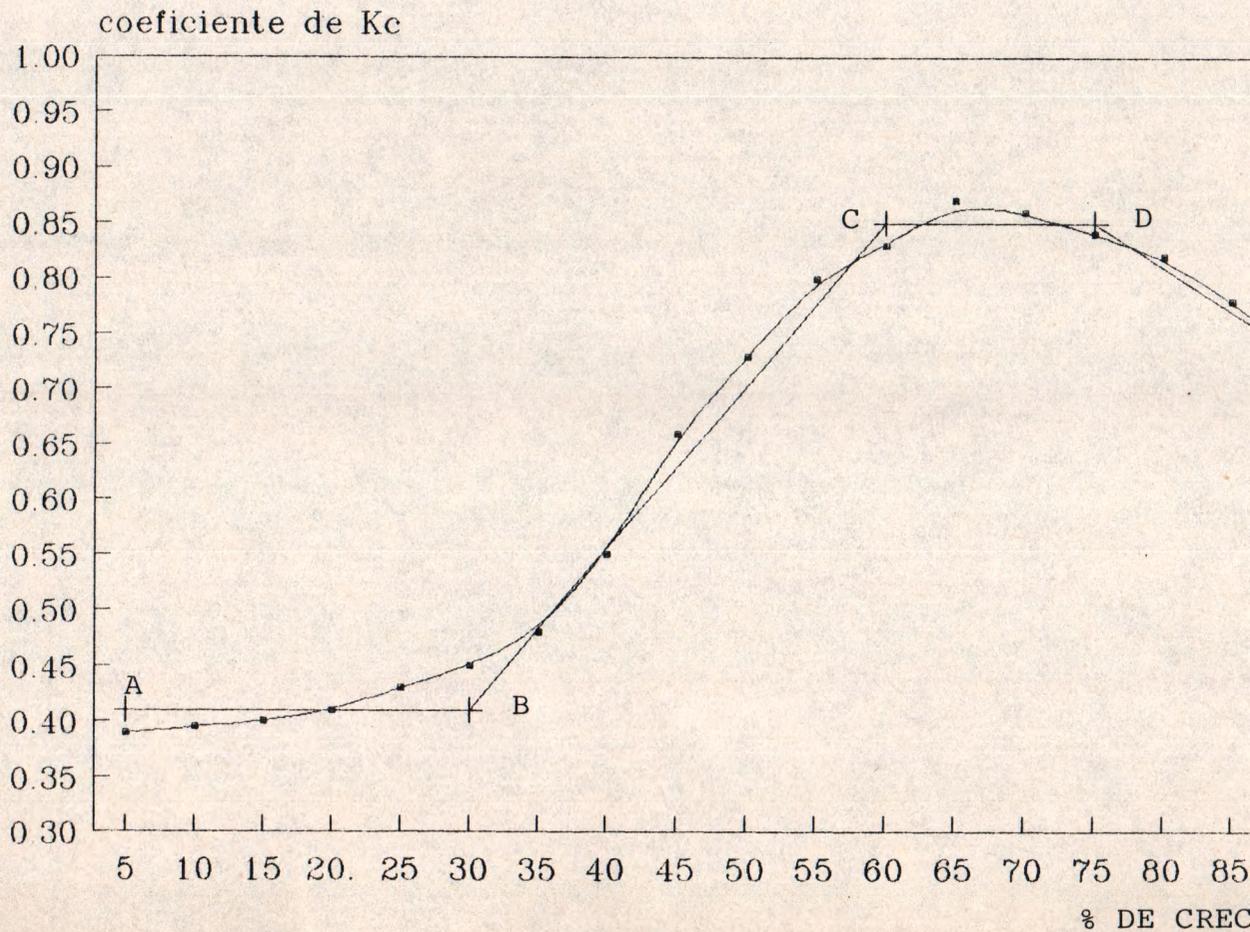
FASES	DESCRIPCION
1 - AB	Crecimiento inicial (siembra, 10% cubierta vegetativa).
2 - B	Etapa de brotación.
3 - BC	Crecimiento rápido.
4 - CD	Mediados de la estación de crecimiento.
5 - DE	Ultima parte del período de crecimiento.
6 - E	Cosecha

FUENTE: Hargreaves, H. G. Coeficientes de cultivo, para uso a nivel mundial. Centro Internacional de Riegos. p. 5

Para casi todos los cultivos agrícolas, el comportamiento de  $K_c$ , en sus etapas de desarrollo se asemeja al descrito en la gráfica N° 3. Sin embargo, para la mayoría de cultivos agrícolas de El Salvador, el valor de  $K_c$  se pueden encontrar en el cuadro N° 10, el cual tiene aplicabilidad en el cálculo de la ETR ocupando la fórmula de Hargreaves, considerando previamente una fase de mediados como la de mayor demanda hídrica por el cultivo, período crítico, necesario para el cálculo de la evapotranspiración real.

#### 2.4 Balance Volumétrico

Este se basa en el principio de continuidad y requiere que las entradas (I) menos las salidas (O) igualen al cambio de almacenamiento (S), dentro de los límites de un sistema de riego, es decir:  $I - O = S$ .



Graf. No 3 Ejemplo del comportamiento del Coeficiente Kc.

Fuente: ONU. Programa para el desarrollo. Proyecto de ampliación y mejoramiento de los servicios hidrometeorológicos en el Istmo Centroamericano.

Cuadro No 10: Coeficientes de cultivo (Kc) para usarse con la ETP estimada de la ecuación de Evapotranspiración de Hargreaves

CULTIVO	FASE DE CRECIMIENTO (A B)	MEDIADOS DE LA ESTACION (C O)	COSEGHA (E)
Alcachofas	0.90 - 1.00	0.95 - 1.10	0.90 - 1.40
Esparrágos	0.25 - 0.30	0.95	0.25
Plátanos	0.40 - 0.65	1.0 - 1.20	0.75 - 1.15
Frijol (verde)	0.30 - 0.40	0.95 - 1.05	0.85 - 0.95
Frijol (seco)	0.30 - 0.40	1.05 - 1.20	0.25 - 0.30
Melón	0.15 - 0.40	1.00 - 1.10	0.30 - 0.90
Zanahoria	0.40 - 0.50	1.05	0.75
Apio	0.25 - 0.35	1.00 - 1.15	0.90 - 1.05
Citricos	0.65	0.65 - 0.75	0.65
Maíz (grano)	0.20 - 0.50	1.05 - 1.20	0.35 - 0.60
Maíz (verde)	0.20 - 0.50	1.05 - 1.20	0.95 - 1.10
Algodón	0.20 - 0.50	1.05 - 1.30	0.30 - 0.60
Pepino	0.20 - 0.40	0.90 - 1.00	0.70 - 0.80
Frutales (dec.)	0.5	0.85 - 1.20	0.50 - 0.85
Frutales /cuv.	0.75 - 0.85	1.10 - 1.25	0.70 - 1.10
Berenjena	0.25 - 0.50	0.95 - 1.10	0.80 - 0.90
Maní	0.30 - 0.50	0.95 - 1.00	0.50 - 0.60
Lechuga	0.20 - 0.30	0.85 - 1.05	0.45
Mijo	0.20 - 0.40	1.00 - 1.15	0.25 - 0.30
Cebolla	0.40 - 0.60	0.95 - 1.10	0.75 - 0.85
Cebolla (verde)	0.40 - 0.60	0.95 - 1.05	0.95 - 1.05
Guisante (verde)	0.40 - 0.60	1.05 - 1.20	0.95 - 1.10
Pimiento (verde)	0.30 - 0.40	0.95 - 1.10	0.80 - 0.90
Papa	0.40 - 0.55	1.10 - 1.20	0.40 - 0.75
Pasto	1.0	1.0	1.0
Rábano	0.20 - 0.30	0.80 - 0.90	0.75 - 0.85
Arroz	1.10 - 1.15	1.10 - 1.30	1.1
Granos pequeños	0.20 - 0.40	1.10 - 1.30	0.20 - 0.35
Sorgo-grano	0.15 - 0.40	1.05 - 1.20	0.30 - 0.50
Soya	0.30 - 0.40	1.00 - 1.15	0.45 - 0.55
Espinaca	0.20 - 0.30	0.95 - 1.05	0.90 - 1.00
Remolacha Azuc.	0.20 - 0.40	1.05 - 1.20	0.70 - 1.00
Caña de Azucar	0.40 - 0.50	1.00 - 1.30	0.50 - 0.60
Tabaco	0.30 - 0.40	1.05 - 1.20	0.35 - 0.45
Tomate	0.25 - 0.50	1.05 - 1.25	0.60 - 0.35
Tule *	0.7	0.80 - 0.85	0.80 - 0.85
Sandía	0.25 - 0.50	1.00 - 1.10	0.20 - 0.30

nota: se incluyen cultivos como: Col Brocoli, col de brucas.

Adherir de 0.20 a 0.25 para cultivos con cobertura o si no hay control de malezas

\* los valores de Kc corresponde a plantas semejantes al tule, bajo condiciones de vegetación húmeda, y viento de moderados a fuertes

Fuente: Las Necesidades de agua de los cultivos. J. Doorembos.; Pruitt,

W.O. FAO. 24. 1976 . p. 85-86

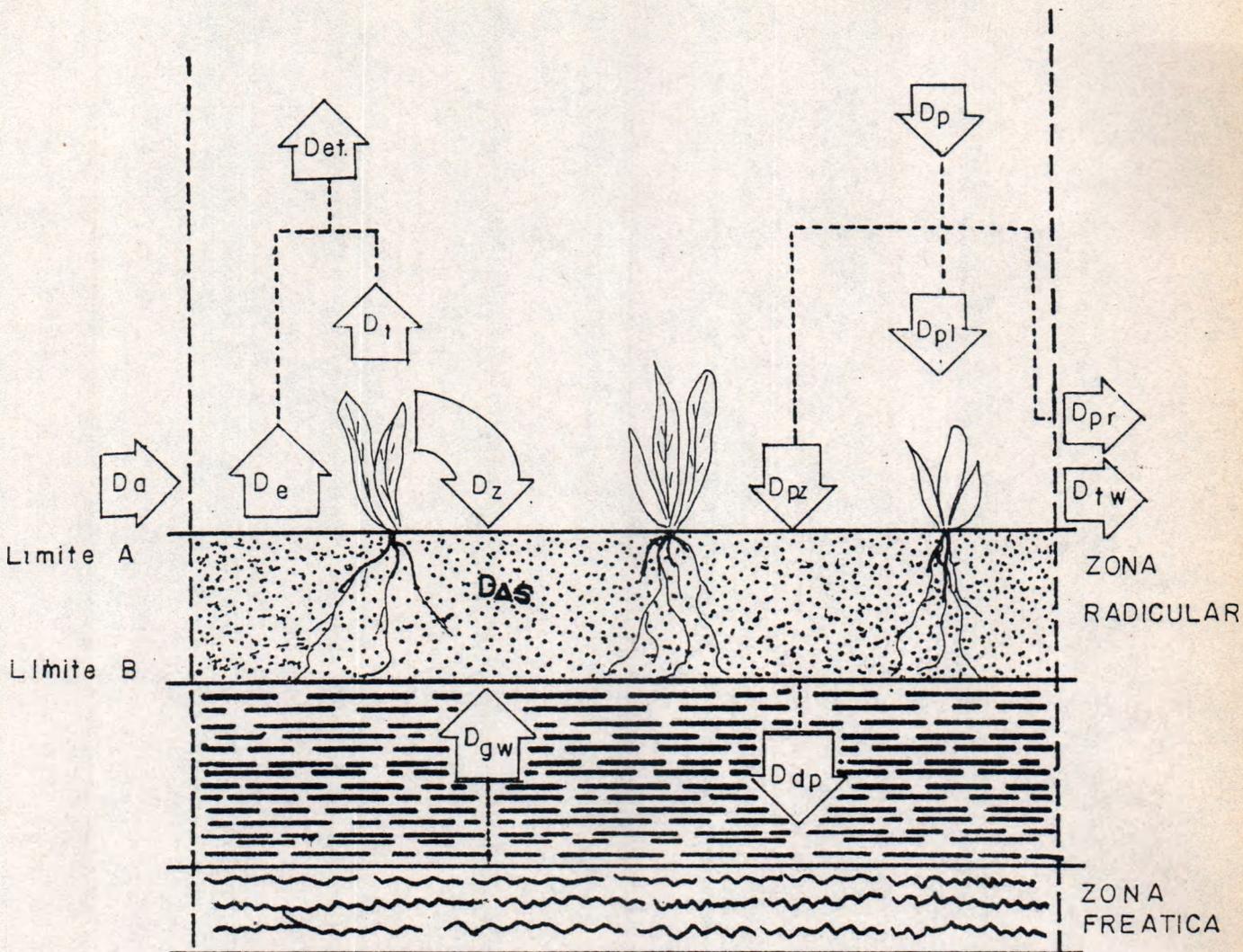


FIGURA # 4: BALANCE VOLUMETRICO PARA UN CAMPO REGADO POR SUPERFICIE

FUENTE: Skogerboe, V. G; Walker, R. W. 1987. Teoría y práctica del riego por superficie. p. 4

La ecuación anterior fija las necesidades hídricas del cultivo, necesita para su cálculo esclarecer las variables de entrada y salida de agua en un proyecto de riego. La figura 4, muestra los elementos que participan en un balance volumétrico, esquema aplicable al sistema de riego por superficie y sus variables se describen en el cuadro N° 11, tal descripción es para los métodos de riego superficial, sobretodo al considerar aspectos específicos como: el escurrimiento superficial ( $D_{pr}$ ); el agua percolada ( $D_{dp}$ ); el agua por ascenso capilar ( $D_{gw}$ ); el agua por escurrimiento al final de la parcela ( $D_{tw}$ ) y el agua proveniente del drenaje ( $D_d$ ).

### 3. Programación del riego

El agua aplicada a las plantas mediante el riego debe ser en la suficiente que permita suplir las cantidades que la planta consume en su ciclo vegetativo. En tal sentido es necesario determinar las fechas en que se aplicarán procurando que el tiempo que transcurre entre uno y otro riego no sea tan largo que provoque un acercamiento al punto de marchitez permanente. Combinando los factores naturales del riego con los factores prácticos es posible determinar estas fechas. (7). Se pueden distinguir así:

a) Factores naturales: como aquellos inherentes a los medios y condiciones que influyen en el comportamiento del cultivo, como: el tipo de suelo, la textura, la capacidad de infiltración, la densidad aparente, la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente. El agua, que participa con su calidad y cantidad. El cultivo, lo hace con el  $K_c$ . la ETR y la profundidad radicular, fecha de siembra y fecha de cosecha, además el porcentaje de

CUADRO No. 11 Componentes del balance volumétrico

---

Da	Lámina de agua aplicada
Das	Cambio de lámina de agua almacenada en la zona radicular
Ddp	Lámina de agua percolada
De	Lámina de agua por evaporación a partir de la superficie del suelo
Del	Lámina de agua de evapotranspiración
Dgw	Lámina de agua por ascenso capilar
Dd	Lámina de precipitación
Dpc	Lámina de precipitación interceptada por el cultivo
Dpr	Lámina de escurrimiento superficial a partir de la precipitación
Dpz	Lámina de la precipitación infiltrada en el suelo
Dt	Lámina de transpiración a partir de las plantas
Dtw	Lámina de escurrimiento al final de la parcela
Dz	Lámina de agua infiltrada
Dpn	Lámina de precipitación neta disponible a las plantas
Dd	Lámina de agua por drenaje

---

FUENTE: Teoría y práctica del riego por superficie.  
 Skigerboe V. Gr.; Walker, W. R. Centro Internacional de Riegos. 1987. P. 2.1 - 2.3

agotamiento.

b) Los factores prácticos: son los que se relacionan con los primeros y comprenden: Lámina máxima de riego, lámina de reposición, intervalo de riego, período de riego, área de riego diaria y caudal o capacidad del sistema.

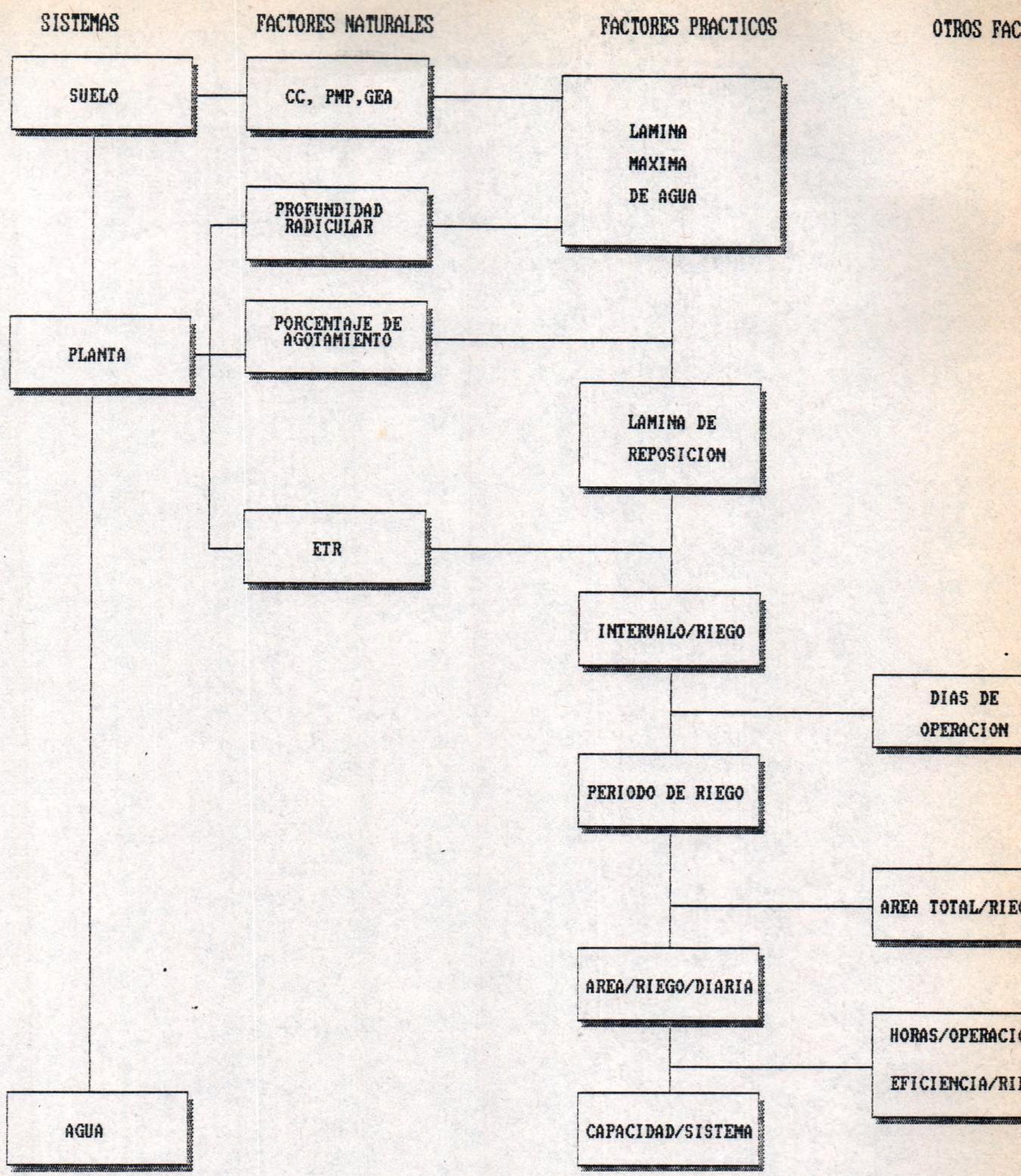
c) Otros factores a tomar en consideración, corresponden a: la eficiencia de riego, las horas de operación por día y los días de descanso del personal.

El esquema No 1, muestra la relación entre los factores antes mencionados, reconociendo en él: i) la capacidad de campo (CC), ésta se define como la cantidad de agua que un suelo puede retener contra la acción de la gravedad, lo que generalmente ocurre entre una tensión de 1/10 y 1/3 de atmósfera; ii) El punto de marchitez permanente (PMP), corresponde al contenido de humedad de un suelo cuando las plantas se marchitan permanentemente y no se recuperan, lo cual ocurre entre las 10 y 20 atmósferas de tensión; iii) El agua disponible, está asociada al porcentaje de agotamiento de agua permitida por el suelo y donde el cultivo puede desarrollar sus funciones sin que se vea afectado su crecimiento. Dicha porción se indica como una fracción del agua disponible, que depende principalmente del tipo de cultivo y demanda evaporativa. (7)

v) La lámina máxima de riego: se entiende como la humedad máxima retenida en la profundidad radicular del cultivo y se expresa, en unidades de longitud:

$$L_{max} = (CC - PMP) \times GEA \times Pr / 100.$$

vi) La lámina de reposición, es la lámina a aplicar en cada riego, repone la lámina consumida por el cultivo en el intervalo



ESQUEMA # 1 RELACION ENTRE LOS FACTORES DE RIEGO

de riego, y se expresa como:  $L_{rep} = L_{max} \times \text{porce. de agotamiento.}$

vii) El intervalo de riego, corresponde al tiempo en días que puede dejarse un cultivo sin regar, se define como la relación entre la lámina de reposición y la velocidad con que el cultivo consume dicha agua:  $I_r = L_{rep} / ETR.$

viii) El período de riego ( $P_r$ ), son los días en que el sistema de riego se encuentra operando, y se expresa como:

$$P_r = I_r - \text{días de descanso.}$$

ix) El área de riego diaria, es el área que se regará diariamente y su valor está definido por la razón entre la superficie total a regar y el período de riego, como:

$$A_{rd} = \text{Area total} / P_r.$$

x) La capacidad del sistema, corresponde al caudal que es necesario derivar de la fuente para ser aplicada en las parcelas:

$$Q = A_{rd} \times L_r / H \times E_f.$$

### 3.1 Distribución del agua para riego.

Para determinar cuándo y cuánta agua aplicar por parte del agricultor en la mayoría de los casos lo hace por medio de una visualización al cultivo y de acuerdo a "su" apreciación y experiencia, aplica una cantidad de agua, ocupando para ello diferentes métodos de distribución, los cuales en común contienen los elementos necesarios para la programación de riego estos proporcionan los siguientes parámetros: a) El caudal a distribuir en los canales del sistema ( $Q$ ); b) La frecuencia de las entregas de agua ( $I$ ); y c) la duración de estas entregas ( $T$ ). La flexibilidad de un programa de distribución se encuentra en función del método de

entrega y demandas de riego. (29).

En tal sentido, un método de entrega será más flexible cuando permita al usuario especificar el caudal, frecuencia y/o duración a ocupar en su terreno y el fin de canalizarlo a través de organizaciones de agricultores es para impedir situaciones anárquicas, que indicarían una ventaja para los primeros usuarios o más ribereños a la fuente. Así la distribución se puede realizar de dos formas:

a) Distribución por turnos: Consiste en asignar a cada parcela mediante un calendario de riego, el volumen de agua a derivar como también el tiempo de riego asignado. El método excluye la posibilidad de regar cuando el agricultor lo precisa y desea, pues el proceso obliga a realizar el riego en un momento determinado de acuerdo al plan de riego.

b) Distribución bajo demanda: Se asemeja al procedimiento para abastecer el agua potable, en donde el usuario, en la cantidad y oportunidad que desea sin más restricciones, ocupa el agua. Su empleo en sistemas superficiales estriba en el uso de las obras y estructuras secundarias del canal, sobre todo en las compuertas donde se precisa fijar caudales y niveles dentro de ciertos rangos. (22)

El cuadro No 12, presenta las diferentes combinaciones y principales características asociadas a los tipos de distribución; reconociendo los factores más importantes que participan en la distribución, como lo son; el caudal, el intervalo de riego y los turnos de aplicación.

### 3.2 Programación de la operación del sistema de riego por superficie.

El programa de operación de un sistema de riego superficial comprende aquellos procedimientos que posibilitan una adecuada y oportuna aplicación del agua para suplir las necesidades hídricas de los cultivos; es un reparto, que requiere de los factores teóricos y prácticos mencionados en los temas anteriores. Con la combinación de tales elementos es posible establecer una guía de operación del riego por superficie la cual estará en función de dos situaciones :

#### 3.2.1 Manejo en el período de excesos de agua.

El empleo del sistema en tal período será de un funcionamiento continuo sin una frecuencia ó programación de operación definida se realizará para compensar los déficit de lluvia suscitado en este período. El sistema de canales estará vacío con las compuertas abiertas para evacuar las aguas lluvias recogidas y cuando se presente el déficit por sequía deberá funcionar a su máxima capacidad, a fin de cubrir toda la superficie de riego.

#### 3.2.2 Manejo en el período de déficit de agua.

Durante esta época y en los meses de mayor demanda hídrica funcionará si las condiciones lo permiten y de ser necesario las 24 horas al día, aplicando los riegos de acuerdo al intervalo de riego recomendado, tratando de concentrar en el canal principal los caudales disponibles y en menor número los canales secundarios, de ser posible 1 ó 2 vez a modo de facilitar la distribución de agua en base al caudal derivado de la fuente. Por otro lado el

CUADRO No. 12 Métodos de distribución del riego por superficie

A) POR TURNOS (METODO RIGIDO)

CODIGO	VARIABLES			CARACTERISTICAS
	Q	T	I	
A.1	K	K	K	El método A.1, es el más simple y de fácil aplicación además de ser de mayor uso, teniendo como límite el déficit de agua. Los métodos A.3 y A.4, son aplicados a monocultivos necesitando una mayor base tecnológica para su aplicación. A.2, A.5, A.6 y A.7, por permitir variaciones tanto en el intervalo de riego como en la cantidad ofrecida tienen mejores posibilidades y oportunidades de satisfacer las demandas de agua, así como la eficiencia de riego.
A.2	K	K	V	
A.3	V	K	K	
A.4	K	V	K	
A.5	V	K	V	
A.6	V	V	K	
A.7	K	V	V	

B) BAJO DEMANDA (METODO FLEXIBLE)

CODIGO	VARIABLES			CARACTERISTICAS
	Q	T	I	
B.1	V	V	V	Estos métodos de uso se basan en la demanda o libre uso del agua, cuando lo necesita el agricultor dada la variabilidad y libre opción sobre los componentes de operación, permiten las consideraciones siguientes: - Duración de los turnos y frecuencias de riego, resultado de la experiencia en el área de riego. - Al tomar el agua en base a su demanda, se hace variar la construcción de canales regadores de acuerdo a sus necesidades. - Este tipo de distribución se maneja fácilmente, pero implica grandes pérdidas operacionales, dando bajas eficiencias en el sistema. Al hecho principal que la demanda y el suministro no están acopladas resta el llenado de canales en cada turno independiente de la demanda.
B.2	R	V	V	
B.3	A	A	A	
B.4	K	A	A	
B.5	V	F	V	
B.6	A	A	K	

F = FLEXIBLE  
K = CONSTANTE  
V = VARIABLE  
R = RESTRINGIDO

Q = CAUDAL  
T = TIEMPO DE RIEGO  
I = INTERVALO DE RIEGO  
A = ARREGLADA

FUENTE: Resumen de Salazar, Hargreaves, Stuler. Manual de Programación de Riegos. Centro Internacional de Riegos. 1987. P. 58-68.

funcionamiento de los canales terciarios serán dependientes de los canales de conducción y distribución principal y de los secundarios, teniendo éstos últimos una operación similar al primero, variando únicamente su operación en los meses de menor demanda, la que será continua pero modificando su caudal en función de las demandas hídricas de los cultivos.

### 3.2.3 Necesidades de derivación.

Las necesidades de agua al sistema serán estimadas en función de las demandas de todas las unidades que componen el área de riego, deberá incluir por tanto las pérdidas por conducción en el canal de derivación, a fin de asegurar la distribución del agua a nivel de unidades de riego, para lo cual será idóneo mantener un caudal constante en el canal de conducción, en el mayor tiempo posible para facilitar su operación a nivel de parcela regable.

### 3.2.4 Programación de entregas de agua nivel de parcela.

Consiste en desarrollar oportunamente un calendario que incluya las fechas, horas de inicio y término de los turnos correspondientes de entrega de agua a cada parcela, incluyendo el tiempo de demora para llenar el canal principal de conducción. A la vez deberá suplir la demora y llenado de los canales secundarios. Fijando previamente el turno, caudal y frecuencias ajustadas al plan de desarrollo agrícola.

### 3.2.5 Manejo de estructuras.

Las estructuras de control y regulación del flujo son los

dispositivos con que cuenta un sistema de riego superficial, para asignar el caudal correspondiente a cada canal o parcela. En los canales de riego el papel que éstas desempeñan se resume en: i) represar el agua a lo largo del canal; ii) controlar los niveles de agua en acequias, canales derivadores, desagües, etc; y iii) fundamentalmente como elementos reguladores del flujo hacia la red secundaria de distribución.

El cuadro No 13 describe algunas de las estructuras de mayor empleo en una red de riego superficial. De éstas, interesan las de derivación, particularmente las compuertas, por ser las de mayor uso para distribuir el agua del canal principal a los canales laterales ó acequia regadora. Estos dispositivos colocados en forma normal a la trayectoria del flujo permiten restringir o acelerar el paso del agua, mediante el cierre o abertura de la sección por donde circula la vena líquida, consiguiendo con ello estimar los siguientes elementos: a) la descarga ó caudal en el canal; b) El nivel de aguas ó tirante del canal; y c) estimar la energía de disipación. (20)

Con ellas puede regularse el caudal de canal, ocupandólas bajo dos métodos de control, uno denominado control de entrega aguas arriba, y el otro llamado control de entrega aguas abajo. El primero consiste en mantener el gradiente de energía paralelo y continuo en el canal, regulando el flujo mediante la compuerta inmediata superior a la toma o entrada de acequia que conduce el agua hacia la derivación; con el segundo método se logra controlar el nivel de agua en el canal con una compuerta aguas abajo de la

CUADRO No. 13 Estructuras de mayor empleo en las Asociaciones de Regantes

TIPO DE ESTRUCTURA	DESCRIPCION
ESTRUCTURAS DE CRUCE	Se emplean para sobrepasar un accidente geográfico, otros canales y vías de comunicación. Ejemplo: sifones, alcantarillas, diques, drenes, puente-canal, vigas, etc.
ESTRUCTURAS DE PROTECCION	Su existencia se da para eliminar el exceso de presión, la velocidad del agua y turbulencia del agua. Ejemplo: rápidos, saltos, caídas, aliviaderos, etc.
ESTRUCTURAS DE AFORO	Implica todos los instrumentos y aparatos para medir el caudal en canales abiertos. Ejemplo: Parshall, garganta recortada, vertederos rectangulares.
ESTRUCTURAS DE DERIVACION	Entre las comunes se encuentran: represas, tomas granjas y compuertas.

entrada al canal derivador, procurando mantener con su sección cerrada un nivel constante de agua sobre el cual se producen los cambios que llevan el volumen demandado en cada turno de riego. Dos términos que explican el comportamiento de estas estructuras son los conceptos de sensibilidad y flexibilidad, durante el cumplimiento de su función reguladora.

### 3.2.6 Organización para la operación.

Antes de entrar en la operación del sistema de riego será conveniente contar con un organización de agricultores o usuarios de riego, y mejor si ésta cuenta con una administración que responda y canalice las acciones operativas que el sistema demande. De tal forma será conveniente contar con grupos de usuarios, organizados por afinidad, por canal de riego, canal servidor o bien por área bajo riego. Sin embargo cualquiera que fuese su origen, su existencia permitiría una pronta resolución a las eventualidades suscitadas en el desarrollo de la operación como del mantenimiento.

## 4. Programa de mantenimiento

El objetivo principal del programa de mantenimiento consiste en proporcionar al usuario los elementos y conocimientos para mantener en óptimas condiciones de operación las estructuras que componen la red de riego, dichos procedimientos al igual que los mencionados en la operación se enfatizan sobre aquellos dispositivos ubicados en la red del sistema. Así el plan de actividades de mantenimiento debe contener como base dos aspectos, a saber:

- i) La organización de los trabajos.

Comprende el establecimiento de los períodos, herramientas y procedimientos para su ejecución, dado que una pobre ejecución es el resultado generalmente de una inadecuada distribución de tales recursos.

ii) La participación de los interesados.

En la ejecución de esas actividades desempeña una función vital, sobre todo al ser canalizados a través de su misma organización, formando Comités de Usuarios por secciones de canal principal ó canal secundario.

Mencionadas estas condiciones, la ejecución del programa de mantenimiento comienza por establecer, los siguientes aspectos:

4.1 La formulación del programa de mantenimiento

4.1.1 Inventario de las obras

El inventario de las obras, equipo e instalaciones corresponde a una descripción de las obras y estructuras, detalles de su construcción acompañada de sus respectiva ubicación ya sea en el canal principal o en los canales laterales, teniendo una revisión de la información anual ó al final de cada ciclo agrícola, la cual debe incluir entre otras cosas tipos de obra, cantidad y frecuencia de uso.

4.1.2 Establecimiento del ciclo de mantenimiento.

Para efectos de la presente guía, el comienzo de las actividades de mantenimiento será una vez terminada la época de riego, continuando con los ajustes al mismo y la revisión de las obras en el transcurso de ese período, finalizando con el inicio de la siguiente época. Deberá encontrarse en disposición de responder

a las eventualidades suscitadas durante la operación; lo anterior apegado a un programa de actividades registradas en un cuadro como el mostrado en el anexo 18.

#### 4.2 Programación de las actividades de mantenimiento.

Una vez fijado el calendario de actividades de mantenimiento, el siguiente paso consiste en mencionar las labores mínimas a realizar en las fechas prefijadas, indicando el tipo de actividades que se ejecutarán, las cuales de manera específica al sistema objeto del presente estudio, comprenderá las siguientes actividades:

##### 4.2.1 En la presa de derivación.

- Remoción de malezas, ramas, troncos de árboles y residuos flotantes que puedan obstruir el funcionamiento de las compuertas de derivación.
- Lubricación de los mecanismos de las compuertas existentes. tratamiento anticorrosivo de todas las partes metálicas en contacto con el agua.

##### 4.2.2 En los canales de riego.

a) Canales de tierra, dichas labores comprenden:

- Eliminación de malezas en el fondo y en las paredes laterales de los canales, lo cual se puede ejecutar de las siguientes maneras: manual, mecánica o química. Se recomienda el de tipo manual, el cual consiste en cortar la maleza cerca de las bases con machete o cuma, antes del inicio de la estación seca y en los canales de drenaje una vez al año previo inicio de la época lluviosa.

- La reparación y conformación de bordas y de la sección hidráulica; actividad que consiste en la reconstrucción de los bordos erosionados, mediante compactación del material y la conformación de las dimensiones geométricas del mismo, de modo que ellos respondan a las demandas hídricas de los cultivos, evitando ser obstáculo al momento de conducir el caudal demandado.

b) Canales revestidos

- Las actividades comprenden el relleno de juntas y la reparación del revestimiento con mortero o algún otro material aislante y protector contra la filtración; actividad que se desarrollará una vez al año.

4.2.3 Estructuras hidráulicas en el sistema de riego.

Algunas de las actividades a desarrollar en estas estructuras son:

- El curado de las fisuras y agrietamientos
- La limpieza, pintura y engrase de sus mecanismos de operación.
- Extracción de sedimentos y materiales flotantes (azolve y vegetación).
- La reparación de mampostería de piedra.
- El relleno de los taludes adyacentes erosionados por el flujo del agua.

4.2.4 Ejecución del programa de mantenimiento.

Su Ejecución tendrá como base a un programa establecido periódicamente expresado en un cronograma de actividades, el cual deberá indicar los elementos del sistema a mantener, las

fechas límites para el inicio y finalización de los trabajos; así como de los responsables de su ejecución existiendo para tal caso una comisión o comité designada tal fin.

## CAPITULO III GUIA DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL RIEGO POR SUPERFICIE EN UNA ASOCIACION DE REGANTES

La formulación de una guía sobre la operación y mantenimiento del riego por gravedad para una Asociación de Regantes es con el fin de asegurar las correspondientes dotaciones de agua, horas y frecuencias adecuadas a los usuarios, lo cual conducirá a mejorar la eficiencia de los recursos agua-suelo; así como reducir los costos que esta actividad implica. Esto requiere que las bases teóricas, criterios y elementos prácticos señalados en el capítulo anterior, sean aplicados al área bajo riego; de esta manera se ha seleccionado una Asociación de regantes, sobre la cual se desarrollarán los procedimientos necesarios para mejorar el empleo de los recursos mencionados. La guía permite establecer la operatividad a nivel de canal principal, llegando a establecer en él, las condiciones mínimas para su operación y mantenimiento, así como las demandas y factores prácticos a ocupar a nivel de parcela; continuando de manera complementaria en una segunda parte con la aplicación de programas desarrollados en computadores personales, para la estimación de las demandas hídricas de los cultivos, sus factores prácticos y el dimensionamiento más adecuado del canal servidor a las extensiones reglables.

### 1. Operación del sistema de riego superficial.

#### 1.1 Antecedentes generales de la Asociación.

##### 1.1.1 Ubicación y extensión.

El lugar de estudio que contiene las variables físicas y temporales descritas en la metodología se denomina: Asociación de

regantes acequia "Las Monjas". Se encuentra ubicada en los cantones de Pushtán, Tajcuilujlán y Casamaluco, del municipio de Nahuizalco, Departamento de Sonsonate. Su extensión es de 392.0 mz., se ubica entre las coordenadas de 13 46" á 13 47" Latitud Norte y 89 43" 33" á 89 44" Longitud Nor-este según el cuadrante Topográfico 2257 II Sonsonate, escala de 1:5000. Ubicándose la mayoría de las parcelas regables entre las cotas 550 á 510 m.s.-n.m.

### 1.1.2 Antecedentes

Antes de la constitución de la comunidad en una Asociación de Regantes entre los usuarios se suscitaban problemas derivados de una deficiente distribución y del reparto de agua acompañada de prácticas tradicionales de riego que se manifestaban en una baja eficiencia de los recursos agua-suelo, e indirectamente una sensible disminución en el rendimiento de los cultivos, además del hecho que los usuarios cancelaban un impuesto individual a la Alcaldía del lugar por el uso del recurso agua, situación que propiciaba anarquía al momento de priorizar la entrega de las dotaciones.

Actualmente es reconocida como Asociación de Regantes, y se encuentra representada por una Junta Directiva formada por 5 miembros. Se constituyó como Asociación el 25 de Noviembre de 1982, y su personería jurídica le fue otorgada el 13 de Diciembre del mismo año. Se encuentra formada por una Asamblea general de asociados la que actúa como autoridad máxima; una junta directiva y un comité de vigilancia, donde todos sus miembros son elegidos por Asamblea General, asamblea que se realiza cada dos años.

1.2 Investigaciones básicas .

Los elementos para establecer el plan de riego de operación en una Asociación de Regantes, comienza por obtener los registros básicos para estimar las necesidades hídricas de los cultivos, siendo éstos los siguientes:

1.2.1 Clima.

1.2.1.1. Radiación.

La radiación extraterreste se muestra en el siguiente cuadro; expresada en mm/día para cada uno de los meses del año, valores ocupados en la fórmula de Hargreaves para el cálculo de la Evapotranspiración Potencial.

CUADRO No 14. Radiación Extraterrestre Mensual para El Salvador.

---

mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
RA												
mm/día	12.5	13.7	14.9	15.7	14.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.2	12.9	12.1

---

1.2.1.2 Temperatura.

Los registros de temperatura promedio para la zona bajo estudio se muestran en el Cuadro No 15, en unidades de grados centígrados.

CUADRO No 15. Temperatura promedio mensual para la Asociación de Regantes Las Monjas.

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T c	23.3	23.8	24.3	25.4	25.0	24.2	24.6	24.4	24	24	24	24

### 1.2.2 Suelos

Los tipos de suelos característicos del lugar, sus texturas y propiedades físicas relacionadas con la actividad del riego se muestran en el siguientes Cuadro.

CUADRO No 16. Características físicas de los suelos

TEXTURA DEL SUELO	*	CC %	PMP %	Da Gra./cm <sup>3</sup>	I mm/hora
Franco Arcillosa		30.677	16.977	1.223	-o-
Franco		26.254	11.918	1.257	2.733
Franco Arenoso		21.008	10.42	1.344	1.80
Arenoso		34.79	21.37	1.135	-o-
Arcilloso		41.809	25.234	1.697	-o-

FUENTE : \*. Base de Datos D.G.R.D. 1991. Promedios de 290 registros de suelos, con las mismas textura de suelo.

### 1.2.3 Actividad agrícola

La comunidad se dedica la producción de cultivos agrícolas como; tule, flores, maíz, frijol, sorgo, soya, hortalizas, frutales y pasto (de forraje y corte), además de otras actividades



como la explotación de ganado lechero, limitada a extensiones mayores de dos manzanas. Siendo una actividad complementaria a la primera, el trabajo artesanal, ya que tiene como fuente de materia prima el producto proveniente del cultivo de tule labor, que mantiene ocupada en su totalidad a los integrantes de la Asociación por todo el año. EL área agrícola destinadas a los cultivos antes mencionados se mantienen tanto en época seca como en la época lluviosa de ahí que la práctica de riego se vuelve esencial al darle el carácter permanente a estas operaciones.

El Cuadro No 17, presenta el plan de los cultivos descritos y establecidos para la estación 89/90, los mismos se presentan en el cuadro No 18, junto aquellos elementos que participan en la estimación de sus demandas hídricas.

CUADRO No 18. Profundidad radicular y porcentaje de agotamiento para los cultivos agrícolas, temporada 89/90

CULTIVO	PROFUNDIDAD RADICULAR 1/ (mts)	PORCENTAJE DE AGOTAMIENTO 2/ %
Cereales	1.1	50%
Flores	0.6	20%
Hortalizas	0.6	20%
Pasto	1.0	50%
Tule	1.0	50%

1./ Anexo No 1, Valores Promedios

2./ Porcentajes estimados, de acuerdo a la zona y a las experiencias obtenidas por los agricultores.

1.2.4 Recurso hídrico.

1.2.4.1 Precipitación.

Los valores de precipitación promedio mensual se estiman de la estación pluviométrica más cercana a la zona de riego, para el caso, correspondió a la Estación de Cucumacayán.

CUADRO No 19 Registros de precipitación, (mm) promedio mensual para la estación de Cucumacayán

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación												
Promedio	3	1	10	61	231	392	298	353	449	317	58	8
(mm)												

1.2.4.2 Recursos hídricos superficiales.

La contribución del recurso hídrico, para la extensión bajo riego de la Asociación, durante la época seca proviene del Río Las Monjas, del cual se deriva en el período más crítico, en el mes de febrero un caudal de 287.42 lts./seg. Anexo 17.

1.2.5 Evaluación de canales

1.2.5.1 Antecedentes del sistema de riego.

El Riego aparte de ser la actividad sobre la que gira la creación de la Asociación, es también la práctica que permite su funcionamiento, su operación se estima cerca de 200 años, conservando partes de la infraestructura de esa época, destacándose a

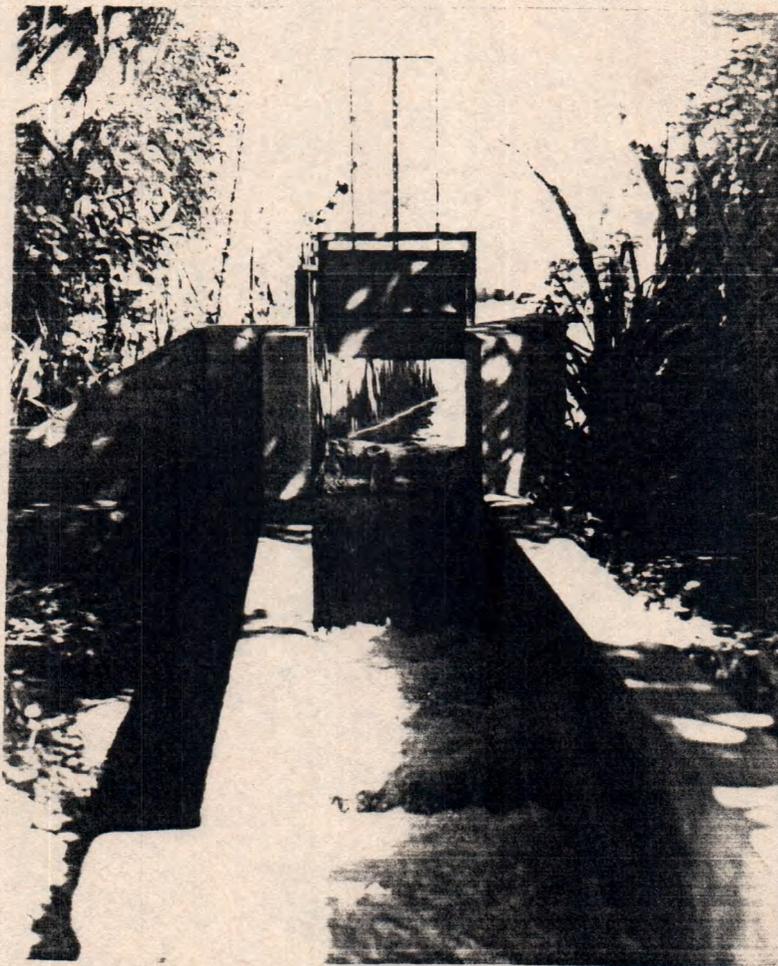
la fecha el poco avance y desarrollo en materia de operación y mantenimiento, volviéndose una limitante para suplir las necesidades hídricas a los cultivos. Una muestra sobre el estado de su infraestructura la presenta la siguiente fotografía:



Estructuras típicas empleadas para controlar el agua hacia las  
áreas de riego

La fotografía destaca algunas condiciones a superar al momento de realizar la operación como : a) La diferencia entre la cota del fondo del canal de conducción y la cota o elevación del terreno; b) El tipo de estructura, su forma y tipo de material para represar, distribuir y controlar el flujo de agua; c) La conformación en canales de riego secundarios.

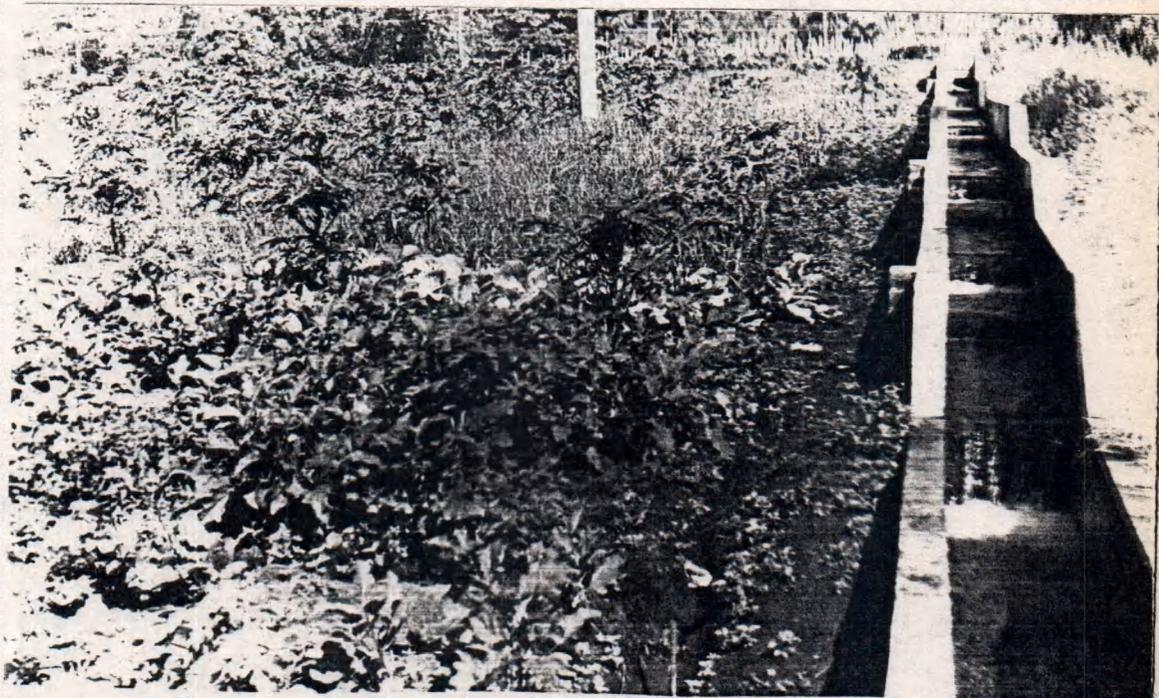
La infraestructura actual de riego, se compone de un canal de conducción principal (CP), canales secundarios (CS), compuertas derivadoras (Cd), y caídas ubicadas en el canal de conducción (Ca); en el cuadro No 20, se describen las principales estructuras ubicadas en el canal principal, algunas de las cuales se muestran en la siguientes fotografías:



compuerta CR-5 ubicada en el canal principal



Compuerta CR-1 y compuerta derivadora hacia canal secundario



Caidas ubicadas en canal principal



---

DESCRIPCION	CODIGO	UNIDAD	CANTIDAD
Presa de captación	P	unidad	1
Canal principal	CP	mts	4,370
Canales secundario	Cs	mts	4,270
canal de riego	CR1	mts	320
canal de riego	CR2	mts	840
canal de riego	CR3	mts	1,990
canal de riego	CR4	mts	620
canal de riego	CR5	mts	620
canal de riego	CR6	mts	1,080
canal de riego	CR7	mts	890
compuerta principal	Cp	unidad	1
punte canal	Pc	unidad	2
comp.derivadora	CD	unidad	70
Compuertas	Cp	unidad	32
cajas de derivación	Cd	unidad	7
sifones (24")	Sf	unidad	4
caidas	Ca	unidad	120
estructuras de derivación			
final	Df	unidad	7
vadenes	Va	unidad	2
alcantarillas	Al	unidad	2

---

### 1.2.5.2 Hidráulica de los canales.

Las características geométricas del canal principal, lo mismo que sus componentes hidrodinámicos, se presentan en los cuadros siguientes:

CUADRO No 21 Componentes geométricos del Canal principal

C	T	Hd	d	M	Φ	B	H
m	mts	m	m	-	-	m	m
-	0.9	0.1	0.6	0	90	0.60	0.70

CUADRO No 22 Componentes hidrodinámicos del canal principal

S	A	V	P	R	N	Q
%	M2	M/seg	M	M		M3/seg.
2	0.42	0.79	2.0	0.21	0.020	0.330

### 1.2.5.3 Eficiencia del sistema de riego.

Para conocer los valores de eficiencia del sistema se utilizó los anexos 2,3 y 4, los que contienen valores de eficiencia de aplicación ( $E_a$ ), distribución y conducción ( $E_d$ ); y eficiencias de conducción ( $E_c$ ) respectivamente. De este modo se obtuvo el valor de eficiencia actual y aquella propuesta al sistema de riego, los cálculos se muestran en el siguiente cuadro:

CUADRO No 23 Eficiencia actual y propuesta para el sistema de riego.

TIPO DE EFICIENCIA	ACTUAL	PROPUESTA
Aplicación (Ea)	0.57	0.60
Distribución (Ed)	0.41	0.70
Conducción (Ec)	0.80	0.80
Eficiencia del sistema (%)	18.6	33

Con la guía de operación descrita, se corregirá y proveerá mecanismos en las fases de distribución y aplicación del agua, que acompañada al plan de mantenimiento permitirán incrementos en las eficiencias referidas, elevando de manera general la eficiencia del sistema en un 33 %. Pretendiendo así mejorar el rendimiento de los recursos físicos, humanos y naturales de la zona.

#### 1.2.5.4 Calibración de estructuras.

La calibración de estructuras se limita a las compuertas, dispositivos de control y regulación del flujo ubicadas en el canal principal de conducción. Obteniéndose los resultados, mostrados en los cuadros y figuras siguientes:

CUADRO No. 24 Elementos geométricos de las compuertas

a	b	c	d	e	f	g	h	m
(mts.)								
0.56	0.60	0.90	0.70	0.40	0.70	0.40	0.46	0.085

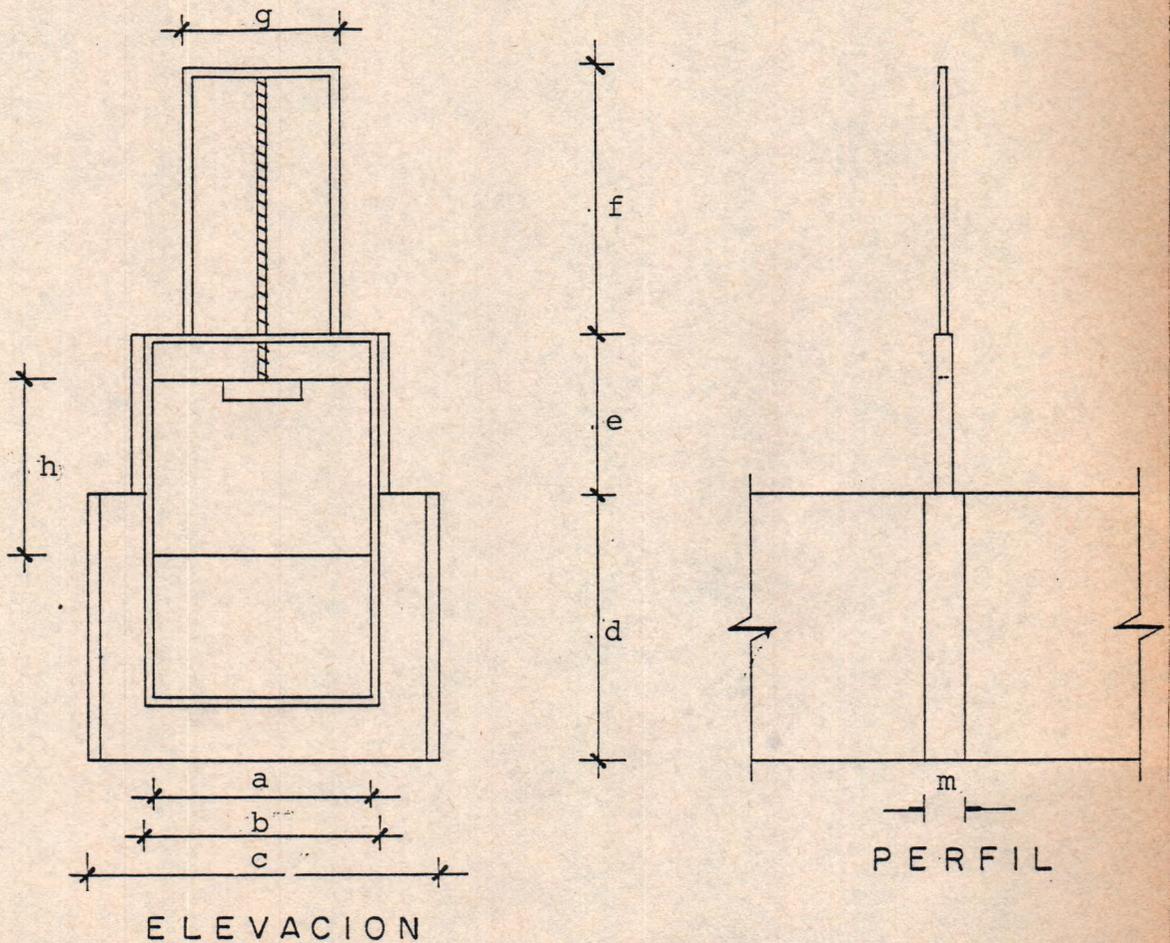


FIGURA 5 ESQUEMA DE COMPUERTA REGULADORA

CUADRO No 25 Resultados de la calibración de compuertas estimación de "CD" y caudal "Q" Compuerta # 1

Q*	Hu	B	L	CD	Q **
mt3/seg	mt	mt	mt		mt3/seg
0.0869	0.28	0.16	0.54	0.35	0.0599
0.0510	0.32	0.09	0.54	0.35	0.0399
0.0370	0.36	0.05	0.54	0.35	0.0242

0.5

ECUACION GENERAL  $Q = 0.8367 \times b \times (Hu - b/2)$

CUADRO No 26 Resultados de la calibración de compuertas estimación de "CD" y caudal "Q" Compuerta # 2

Q*	Hu	B	L	CD	** Q
mt3/seg	mt	mt	mt		mt3/seg
0.0717	0.39	0.10	0.54	0.27	0.0376
0.0728	0.38	0.11	0.54	0.27	0.0405
0.0859	0.35	0.16	0.54	0.27	0.0535

0.5

ECUACION GENERAL  $Q = 0.645 \times b \times (Hu - b/2)$

\*. Caudales reales

\*\*.. Caudales productos de las ecuaciones de calibración.

### 1.2.6 Mano de obra.

Corresponde al personal encargado de realizar las actividades de operación y mantenimiento en la Asociación, para lo cual se cuenta con un operador cuya función consiste en asegurar la dotación de caudal a los canales secundarios ó parcelas mediante la regulación de las compuertas localizadas en el canal principal. Las actividades distribución y aplicación recaen sobre el usuario, quien las realiza a nivel de parcela y quien ocupa trabajadores cuando las actividad se ejecutan en el canal principal.

### 1.3 Demandas de riego.

Las demandas hídricas de los cultivos se determinó atendiendo los siguientes criterios: i) Un período crítico, cuya selección se hizo en base al mes de mayor evapotranspiración y menor precipitación, recayendo al mes de febrero tal condición; ii) El coeficiente de evapotranspiración empleado en la fórmula modificada de G. Hargreaves se obtuvo del cuadro número 8, expresado en mm/día; iii) Los valores de los coeficientes crecimiento de los cultivos ( $K_c$ ), se estimaron atendiendo la fase de mayor exigencia hídrica, en la mayoría de cultivos correspondió a la fase de mediados (CD), cuyos valores se obtuvieron del cuadro No 9.;iv) Finalmente el cálculo de la evapotranspiración real se obtuvo de la fórmula:

$$E_{tr} = E_p \times K_c$$

cantidades expresadas en mm/día.

El siguiente Cuadro muestra las demandas hídricas de los principales cultivos en la Asociación, para la temporada 89/90.

CUADRO No 27 Estimación de las necesidades hídricas de los cultivos para la Asociación de regantes 89/90

CULTIVO	PERIODO CRITICO	CM mm/dia	ETP mm/dia	KC	ETR mm/dia	ETR mm/mes
CEREALES	FEBRERO	6.0	5.24	1.05	5.508	154.22
FLORES	FEBRERO	6.0	5.25	1.05	5.508	154.22
HORTALIZAS	FEBRERO	6.0	5.25	0.95	4.984	139.55
PASTO	FEBRERO	6.0	5.25	1.00	5.250	146.88
TULE	FEBRERO	6.0	5.25	0.75	3.250	90.88
FRUTALES	FEBRERO	6.0	5.25	1.00	5.240	146.72

1.3.1 Precipitación efectiva.

Para los datos de la precipitación efectiva se ocupó la precipitación mensual del lugar (Pp) y el consumo mensual de agua (Etp), las que relacionados y con auxilio de los cuadros 7a y 7b, determinan precipitación efectiva mensual.

1.3.2 Ascenso capilar.

Para el caso no se consideró aportes de ésta lámina ya que se desconoce la profundidad del agua subterránea.

1.3.3 Balance Volumétrico.

El cuadro siguiente resume las disponibilidades y demandas de agua para la zona en estudio, señalando los períodos del año donde se presentan déficit de precipitación; períodos en los cuales se implementará el riego.

30

CUADRO No 28 Balance volumétrico para la Asociación de regantes  
las Monjas, temporada agrícola 89/90

MES mm/día	ETP mm/mes	ETP mm/mes	PP mm/mes	PP(efectiva) mm/mes	Balance volum.
E	4.55	140.92	3	3	(137.92)
F	5.24	146.72	1	1	(145.72)
M	6.04	187.42	10	10	(177.67)
A	6.04	181.38	61	50.5	(130.99)
M	5.74	178.12	231	151	(27.12)
J	5.35	160.40	392	175	14.6
J	5.45	168.82	298	175	6.8
A	5.45	168.82	353	175	6.8
S	5.05	151.38	449	175	23.62
O	4.55	141.25	317	150	8.75
N	4.35	130.38	58	28.2	(102.18)
D	4.25	131.63	8	8.0	(123.62)

Valores negativos entre parentésis.()

Con un balance volumétrico se obtiene la combinación entre los aportes y demandas de agua, de influencia directa en la zona. El siguiente cuadro señala los períodos hídricos para la estación agrícola.

CUADRO No 29 Períodos hídricos para la Asociación, temporada agrícola 89/90.

---

Meses	semanas	estación
Junio a Octubre	20	lluviosa
Noviembre a Mayo	32	seca.

---

1.4 . Programación y operación del sistema de riego.

1.4.1 Operación actual del sistema de riego.

La información obtenida por la encuesta, refleja que las actividades de operación recaen en su mayoría en la fase de distribución; teniendo sobre el operador, juez de agua y a su criterio la selección de los elementos operativos, a saber: Caudal, frecuencia y turno de riego apoyándose muchas veces en los juicios del usuario; y cuando la situación lo amerita a realizar una repartición bajo turno coexistiendo a veces con una distribución bajo demanda. Volviéndose inoperable la situación en los períodos de escases y de sobredemanda del agua; La misma encuesta señala cuatro aspectos característicos al momento de ejecutar las actividades operativas, como lo son:

a) Decidir "el momento de riego": Donde el operador toma como prioridad la sensibilidad del cultivo, de esta forma: hortalizas, flores, cereales, pastos, tule y finalmente los árboles frutales, independientemente de la extensión cultivada, b) La estimación del caudal: este se fija de acuerdo al área cultivada por el usuario, utilizando como unidad de volumen manejable, el "derecho o rollo"

de agua, el cual tiene un valor apreciativo y variable de acuerdo a la zona donde se emplea, influyendo para su estimación la experiencia del operario. De manera particular en esta Asociación se determinó los siguientes valores: 1 rollo de agua = 62.2 lts/seg,  $\frac{1}{2}$  rollo de agua = 31.2 lts/seg;  $\frac{1}{4}$  rollo de agua = 15.6 lts/seg.

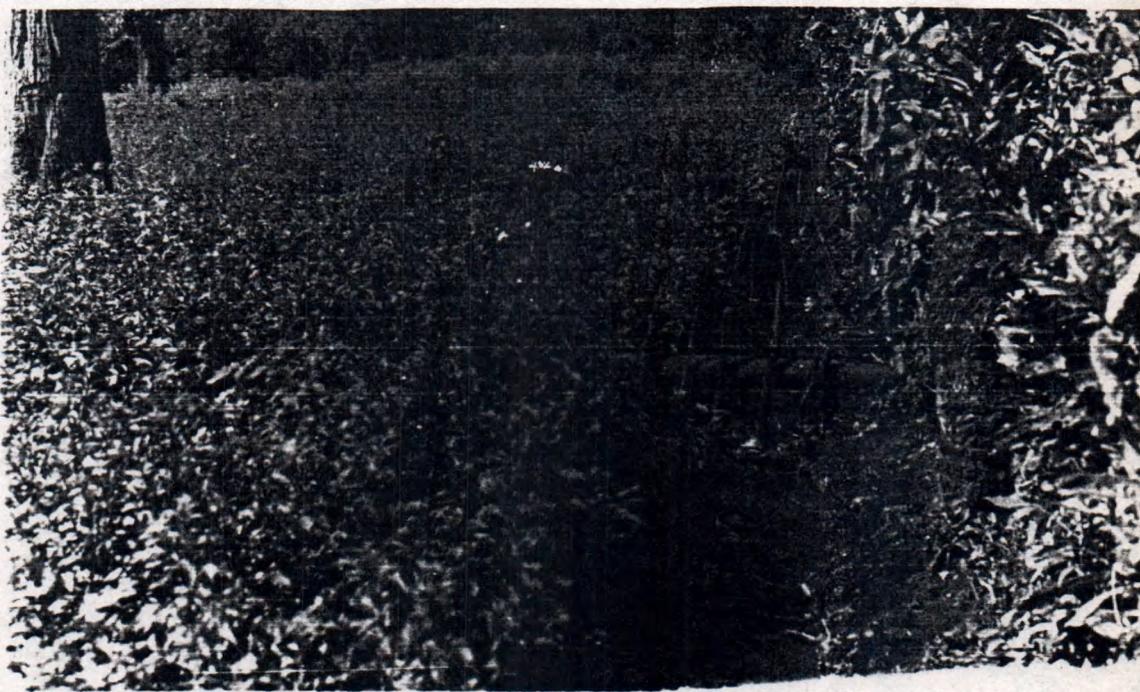
c) La frecuencia de riego o interválo de riego: tiene como base el tipo de cultivo, siendo frecuente los intervalos de 15 días para extensiones cultivadas de pasto y árboles frutales, de 8 y 6 días para aquellos cultivadas de cereales (maíz, y frijol) y tule, ocupando frecuencias menores de 4 días para los cultivos de flores y hortalizas. Persistiendo en estos últimos la entrega bajo demanda.

d) Los turnos de riego se ajustan a los siguientes condiciones: el área bajo riego, el tipo de cultivo, el caudal asignado y la frecuencia de riego. Influyendo decisivamente el volumen de agua derivada de la fuente. Volviéndose común el uso de 8 horas de riego para las grandes extensiones, variando de 2 á 4 horas de riego para las medianas y pequeñas áreas.

Otros elementos asociados a distribución corresponden a los métodos de reparto y a los accesorios ocupados para controlar el agua a nivel de parcela distinguiéndose entre ellos:

i) El método por desbordamiento no controlado; proceso donde el agua es introducida al terreno y distribuida de forma "tendida", predominando en extensiones mayores de 1 manzana; ii) El método de "huacaleado", es utilizado en extensiones menores de 1 manzana, cultivadas de hortalizas ó flores consiste en la aplicación del agua mediante el auxilio de un recipiente "huacal" a los cultivos de la regadera más próxima, proceso realizado

de 2 ó 3 veces al día; iii) Los tipos de estructuras ocupadas en el control del flujo al interior de la parcela y/o hacia canales regadores; es cualquier obtáculo construido con los materiales del lugar que acumulado puedan desviar el curso del agua; situaciones como la descrita se aprecia en la siguiente fotografía.



canales secundarios y tapadas ocupadas en la distribución del  
agua

Notése las "tapadas" improvisadas en la distribución hacia acequias regadoras, la conformación y/o disposición de las mismas en el terreno, así como la escasa dominancia del canal con respecto al terreno de riego, no compatibles con el manejo de agua nivel de parcela; las que guardan relación con la disposición de los cultivos en las parcelas.



Distribución de cultivos en una parcela bajo riego

En la fotografía se observa una parcela bajo riego, sobresaliendo los cultivos en espacios reducidos lo cual se vuelve obstáculo al predecir los intervalos de riego de cada uno, lo mismo que al asignar sus respectivos volúmenes de agua. Los elementos descritos predominan en las denominadas "áreas tradicionales de riego" y unidades productivas, caracterizándose por el predominio de los criterios empíricos del usuario en el manejo del sistema.

Para la asociación de regantes Las Monjas, la operación del sistema de riego incluye factores de orden natural y práctico que

se caracterizan por ser heterogéneos, observándose en las variaciones de caudal diario en función al tipo de cultivo.

En el Cuadro No 30, presentan los factores naturales como los de tipo práctico, quienes de manera conjunta sirven para conocer aquellos necesarios en la operación actual del sistema como lo son: 12 horas de riego, un día de descanso, el período de riego para cada grupo de cultivo, y la capacidad de sistema en lts/seg; además este contiene una columna que señala el caudal diario a ocupar expresado por cultivo en lts/seg; estos valores son empleados por el encargado de manera que durante el reparto le sea asignado el volumen de agua demandando a la extensión cultivable.

#### 1.4.2 Programación del riego por superficie.

##### 1.4.2.1 Planificación de la operación.

Definidos los elementos naturales que servirán de base para comenzar el plan operativo, es necesario tomar a cuenta otros que conduzcan a mejorar la operación, entre estos se encuentra: a) La eficiencia de riego, para el presente trabajo se estima una eficiencia del 33 %, mayor a la actual de 18.6 %, ella demanda de mecanismos y procedimientos de reparto adecuados con énfasis en las fases de conducción y distribución del agua sobre todo a nivel de canal principal; b) Factores para la operación del riego, corresponden a los períodos, turnos, horas y caudales más adecuados para los cultivos, estableciendo para nuestro caso los valores señalados en el cuadro No 31, el cual contienen los factores naturales, y prácticos por grupo de cultivos; se presentan además los factores propuestos para la operación del sistema, de la siguiente manera: Un turno de riego de 12 horas diarias, un período de 7

CUADRO No 30 OPERACION ACTUAL DEL EL SISTEMA DE RIEGO TEMPORADA AGRICOLA 89

Cultivo	FACTOR CULTIVO						FACTOR SUELO				FACTORES PRACTICOS DE RIEGO			
	Area cultivada Hac	ETP mm/dia	Kc en fase critica	ETR mm/dia	Profundidad Radicular cms	Porcentaje agotamiento %	Textura	CC %	PMP %	Da gr/cm3	Lmax cms	Lrep cms	Intervalo dias	Intervalo seleccionado dias
Arboles	13.04	5.24	1.05	5.50	110	50	FC	30.68	16.98	1.22	18.39	9.19	16.71	5
Arbores	0.95	5.25	1.00	5.25	60	20	FC	30.68	16.98	1.22	10.03	2.01	3.82	2
Arbustivas	13.84	5.25	1.05	5.51	60	20	FC	30.68	16.98	1.32	10.85	2.17	3.94	1
Arboles	200.86	5.25	1.00	5.25	100	50	C	41.81	25.23	1.4	23.21	11.61	22.11	8
Arboles	44.87	5.25	0.85	4.46	100	50	C	41.81	25.23	1.4	23.21	11.61	26.01	8
Arboles	0.49	5.25	1.10	5.78	180	50	C	41.81	25.23	1.4	41.78	20.89	36.17	10
Total	274.05													

CONDICIONES DE LA OPERACION ACTUAL DEL SISTEMA INTERVALO DE RIEGO (DIAS) PROMEDIO OCUPADO AL CULTIVO = 6 HORAS DE RIEGO = 12 EFICIENCIA DE RIEGO % =

CUADRO No 31 OPERACION PROPUESTA PARA EL SISTEMA DE RIEGO TEMPORADA AGRICOLA

Cultivo	FACTOR CULTIVO						FACTOR SUELO				FACTORES PRACTICOS DE RIEGO			
	Area cultivada Hac	ETP mm/dia	Kc en fase critica	ETR mm/dia	Profundidad Radicular cms	Porcentaje agotamiento %	Textura	CC %	PMP %	Da gr/cm <sup>3</sup>	Lmax cms	Lrep cms	Intervalo dias	Intervalo seleccionados dias
Cereales	13.04	5.24	1.05	5.50	110	50	FC	30.68	16.98	1.22	18.39	9.19	16.71	8
Flores	0.95	5.25	1.00	5.25	60	20	FC	30.68	16.98	1.22	10.03	2.01	3.82	2
Hortalizas	13.84	5.25	1.05	5.51	60	20	FC	30.68	16.98	1.32	10.85	2.17	3.94	2
Pastos	200.86	5.25	1.00	5.25	100	50	C	41.81	25.23	1.4	23.21	11.61	22.11	8
Tule	44.87	5.25	0.85	4.46	100	50	C	41.81	25.23	1.4	23.21	11.61	26.01	8
Frutales	0.49	5.25	1.10	5.78	180	50	C	41.81	25.23	1.4	41.78	20.89	36.17	8
Total	274.05													

CONDICIONES PARA LA OPERACION PROPUESTA: INTERVALO DE RIEGO (DIAS) = 8 HORAS DE RIEGO = 12 EFICIENCIA DE RIEGO % =

días, y 2 días para aquellos cultivos sensibles; todos los parámetros ajustados para alcanzar una eficiencia del 33 %, pretendiendo a utilizar un caudal diario que responda a las demandas hídricas del cultivo, como tampoco que sobrepase la capacidad máxima de conducción del canal.

#### 1.4.3 Plan de distribución del agua.

##### 1.4.3.1 Programa de funcionamiento del canal principal de conducción.

###### 1.4.3.1.1 Manejo en el período lluvioso.

El manejo del canal principal en este período requiere:

a) Que éste, mantenga todas sus compuertas principales abiertas permitiendo el desalojo de las aguas precipitadas y de los excesos provenientes del uso eventual del agua derivada de la fuente; b) Al mismo tiempo la compuerta principal estará cerrada evitando la entrada del agua al canal en la fechas de lluvia.; c) Las compuertas derivadoras a la entrada de cada canal secundario se encontrarán cerradas evitando de tal manera la penetración del agua a los terrenos regables. El desarrollo de esta actividad comprende los meses de junio a octubre.

###### 1.4.3.1.2 Manejo en el período de déficit.

Su manejo comprende un período de 20 semanas desde el mes de noviembre al mes de mayo, en donde se ejecutarán las siguientes actividades :

a) Permanencia continua del agua en el canal principal las 12 horas del día, todos los días, excepto el día de descanso.  
b) Aplicación del método de entrega mediante turnos, de acuerdo



a los elementos operativos : frecuencia, turnos y caudal diario aplicado al cultivo.

c) Dichas condiciones requieren que los canales de riego CR1, CR1-A, CR2, CR3, CR4, CR5, CR6, Y CR7, tengan un horario de uso a lo largo de este período, el cual será de uso continuo.

d) Cada canal secundario transportará un caudal que responderá a las demandas hídricas de las áreas y cultivos a quienes abastezcan, los que contendrán a la vez las necesidades de los canales terciarios y ellos las demandas de las regaderas, quienes finalmente deberan ser capaces de abastecer las áreas de riego.

Un cronograma de actividades para la programación del riego en el canal principal se muestra en el cuadro No 32, haciendo una distribución de las estructuras; así como de las fechas de su funcionamiento en el transcurso de la estación agrícola.

#### 1.4.3.2 Abastecimiento a las parcelas.

Esta requiere determinar la ubicación de cada parcela, así como el canal que la abastece, variables que para la presente programación se desconocen, limitando por tanto el funcionamiento del riego a las condiciones siguientes :

a) La puesta en funcionamiento de cada canal secundario en función de la frecuencia del riego de 7 días, dejando entrever dos condiciones:

i) La capacidad del canal en conducir el volumen diario en función de la información proporcionada por el usuario.

ii) La variación en su frecuencia de 2 días de acuerdo al cul-

tivo cuyas exigencias lo requieran, en caso contrario se utilizará la frecuencia de 7 días.

Corresponderá al operario (Juez de agua) la entrega del flujo en su momento oportuno, debiendo tomar en cuenta los factores prácticos como: frecuencia, horas y caudal de riego propuestos.

#### 1.4.3.3 Manejo de las estructuras.

Comprende el manejo de las compuertas que se encuentran en el canal principal y ubicadas a la entrada de cada canal secundario, la primeras ejerciendo una función reguladora mediante el cierre o apertura de su sección; acción que permite el control de la compuertas derivadoras adyacentes, para que tal condición se realice oportunamente se requiere un método de uso de las mismas, para el caso se ocupará el control "aguas arriba", de la siguiente forma:

a) El volumen que abastecerá al canal de riego CR7 será regulado por una compuerta ubicada en el canal principal inmediata a la compuerta derivadora; encontrándose la primera cerrada, a fin de conseguir el nivel del agua que permita acumular un volúmen en el canal, seguidamente se abrirá la compuerta derivadora; y luego para evitar el paso del agua sobre la compuerta principal, ésta se abrirá 28 cms, apertura que permite las siguientes condiciones: i) El paso de un caudal que evita el rebalse del agua sobre el marco de la compuerta; ii) Asegura un volumen al canal secundario adyacente; iii) Un caudal que circule aguas abajo, que retenido por la siguiente compuerta principal, permita la derivación hacia otro canal secundario.

TABLA N° 1 VALORES DE CAUDAL EN LTS/SEG PARA COMPUERTAS C1 Y C2  
CON UN ANCHO DE COMPUERTA L= 0.54 m.

		CARGA AGUAS ARRIBA (Hu)													
b\Hu		0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7
	0.001	0.186	0.264	0.324	0.374	0.418	0.458	0.495	0.529	0.561	0.591	0.620	0.648	0.674	0.700
	0.011	1.942	2.829	3.499	4.059	4.551	4.995	5.402	5.781	6.136	6.472	6.791	7.096	7.389	7.670
	0.021	3.492	5.257	6.563	7.649	8.599	9.454	10.238	10.966	11.648	12.293	12.906	13.491	14.051	14.590
	0.031	4.818	7.540	9.512	11.141	12.560	13.835	15.001	16.083	17.097	18.054	18.963	19.830	20.661	21.459
	0.041	5.892	9.672	12.345	14.534	16.434	18.136	19.692	21.133	22.482	23.755	24.962	26.114	27.218	28.278
A	0.051	6.679	11.647	15.057	17.825	20.218	22.357	24.308	26.114	27.802	29.394	30.904	32.343	33.721	35.045
B	0.061	7.127	13.455	17.643	21.013	23.912	26.496	28.849	31.025	33.057	34.972	36.787	38.516	40.172	41.761
E	0.071	7.153	15.087	20.102	24.094	27.513	30.552	33.315	35.865	38.246	40.488	42.611	44.633	46.568	48.426
R	0.081	6.606	16.532	22.427	27.067	31.020	34.524	37.704	40.635	43.369	45.941	48.376	50.694	52.910	55.038
T	0.091	5.108	17.775	24.613	29.928	34.432	38.411	42.015	45.334	48.425	51.331	54.081	56.697	59.198	61.598
U	0.101	0.000	18.802	26.656	32.675	37.745	42.211	46.248	49.959	53.413	56.657	59.725	62.643	65.431	68.105
R	0.111	0.000	19.592	28.550	35.304	40.959	45.923	50.401	54.511	58.333	61.920	65.309	68.532	71.609	74.560
A	0.121	0.000	20.121	30.288	37.813	44.072	49.546	54.473	58.990	63.184	67.117	70.832	74.362	77.731	80.961
	0.131	0.000	20.359	31.862	40.198	47.080	53.078	58.463	63.393	67.966	72.250	76.294	80.134	83.798	87.309
D	0.141	0.000	20.263	33.264	42.455	49.983	56.517	62.371	67.720	72.677	77.316	81.693	85.846	89.808	93.602
E	0.151	0.000	19.776	34.485	44.579	52.777	59.863	66.194	71.970	77.317	82.316	87.029	91.500	95.762	99.842
	0.161	0.000	18.811	35.513	46.567	55.460	63.112	69.932	76.143	81.885	87.249	92.302	97.093	101.658	106.027
L	0.171	0.000	17.229	36.337	48.414	58.030	66.264	73.583	80.237	86.380	92.115	97.512	102.626	107.497	112.157
A	0.181	0.000	14.761	36.941	50.114	60.482	69.317	77.147	84.252	90.802	96.911	102.658	108.099	113.279	118.232
	0.191	0.000	10.720	37.308	51.661	62.816	72.269	80.621	88.185	95.151	101.639	107.738	113.510	119.002	124.251
C	0.201	0.000	0.000	37.417	53.049	65.026	75.117	84.004	92.037	99.424	106.298	112.754	118.859	124.666	130.215
O	0.221	0.000	0.000	36.750	55.319	69.064	80.495	90.493	99.492	107.741	115.403	122.586	129.371	135.818	141.972
M	0.241	0.000	0.000	34.634	56.855	72.564	85.432	96.600	106.605	115.748	124.220	132.150	139.631	146.730	153.502
P	0.261	0.000	0.000	30.495	57.571	75.491	89.907	102.312	113.368	123.437	132.745	141.441	149.633	157.399	164.800
U	0.281	0.000	0.000	22.916	57.350	77.801	93.898	107.614	119.769	130.800	140.970	150.454	159.375	167.822	175.864
E	0.301	0.000	0.000	0.000	56.032	79.442	97.377	112.488	125.797	137.827	148.888	159.182	168.850	177.993	186.690
R	0.321	0.000	0.000	0.000	53.379	80.350	100.314	116.917	131.440	144.510	156.493	167.621	178.055	187.911	197.274
T	0.341	0.000	0.000	0.000	49.004	80.447	102.674	120.881	136.683	150.839	163.777	175.764	186.985	197.569	207.614
A	0.361	0.000	0.000	0.000	42.179	79.629	104.415	124.355	141.512	156.804	170.731	183.605	195.633	206.964	217.706
	0.381	0.000	0.000	0.000	31.071	77.759	105.488	127.314	145.911	162.392	177.348	191.137	203.996	216.091	227.545
(b)	0.401	0.000	0.000	0.000	0.000	74.648	105.834	129.728	149.860	167.591	183.617	198.353	212.067	224.946	237.127
	0.421	0.000	0.000	0.000	0.000	70.008	105.381	131.565	153.340	172.387	189.529	205.245	219.839	233.524	246.450
	0.441	0.000	0.000	0.000	0.000	63.375	104.038	132.783	156.329	176.766	195.074	211.805	227.308	241.819	255.507
	0.461	0.000	0.000	0.000	0.000	53.863	101.686	133.338	158.802	180.712	200.240	218.025	234.465	249.825	264.295
	0.481	0.000	0.000	0.000	0.000	39.226	98.169	133.175	160.729	184.207	205.014	223.895	241.304	257.538	272.808
	0.501	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	93.263	132.227	162.080	187.232	209.384	229.407	247.817	264.951	281.043
	0.521	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	86.638	130.412	162.815	189.763	213.334	234.548	253.996	272.058	288.993
	0.541	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	77.746	127.629	162.893	191.778	216.849	239.308	259.833	278.851	296.653
	0.561	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	65.547	123.744	162.262	193.249	219.912	243.676	265.319	285.325	304.018
	0.581	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	47.381	118.578	160.862	194.145	222.504	247.636	270.443	291.471	311.081
	0.601	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	111.879	158.619	194.431	224.603	251.177	275.196	297.281	317.836
	0.621	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	103.267	155.444	194.066	226.186	254.281	279.567	302.748	324.276

b) La estimación del caudal utilizando la compuerta principal proviene de la siguiente fórmula:

$$Q = 0.6532 \times L \times b \times (H_u - b/2)^{0.5}$$

Necesitando para su aplicación, conocer previamente el tirante aguas arriba y la altura permitida por la compuertas dado que el ancho (L) se asume constante para todas ellas en 0.54 cms. Bastándole únicamente al usuario medir a una distancia de 2 metros, el nivel de agua, aguas arriba ( $H_u$ ) y la altura de la compuerta desde su base (b), sin embargo una forma práctica de conocer el flujo es mediante el empleo de esos valores con el auxilio de la tabla No 1.

Si bien la aplicación de las fórmulas para estimar los caudales mediante las compuertas, difieren notablemente de los valores reales obtenidos de los aforos; el propósito de su empleo es para mostrar su aplicación a través de tabla mencionada, situación que sería aprovechada por el encargado de la operación.

c) El manejo de las compuertas principales y derivadora siguientes es similar al descrito en los párrafos a) y b), con la salvedad que ésta tendrá que esperar un tiempo de llenado, en función de la frecuencia de riego o de las variantes utilizadas.

#### 1.4.4 Organización de la operación.

La organización para ejecutar éstas actividades tiene como base los comités de riego dentro de la asociación, así como las personas encargadas de normar y velar por la correcta y oportuna dotación de agua, como lo son: el juez de aguas y los ayudantes que éste requiera.

## 1.5. Programa de mantenimiento

### 1.5.1 Mantenimiento actual del sistema de riego

Las actividades de mantenimiento que se realizan en el sistema de riego se limitan a dos aspectos: a) limpia y dezasolve de canales primarios y secundarios cuando son de tierra, labor que se ejecuta quince días antes del primer riego ó antes de introducir el agua al sistema; b) Limpia, eliminación de malezas y conformación de canales y/o acequías secundaria, y regadoras, 15 días antes de comenzar los riegos y cada dos días cuando la red interna lo demande.

### 1.5.2 Programa de mantenimiento de la red de riego superficial.

El programa de mantenimiento para la red de riego para la temporada agrícola comprende los aspectos siguientes:

#### 1.5.2.1 Formulación del programa de mantenimiento

##### 1.5.2.1.1 Inventario de las obras

Las obras empleadas en la red de distribución y conducción se muestra en el cuadro No 32, el cual detalla las estructuras en la red de riego que tienen una frecuencia de uso diario, para efectos de la presente guía el uso de las compuertas, sifones, estructuras de paso, será ocorde a las actividades de programación y uso de los canales secundarios.

1.5.2.1.2 Establecimiento del ciclo de mantenimiento.

El ciclo de mantenimiento propuesto comienza una vez terminada la época de riego, empezando las actividades en la primera semana de agosto y finalizando mediados de la primera semana de noviembre, período en el cual se ejecutarán las actividades a continuación descritas

1.5.2.1.3 Programación de las actividades de mantenimiento.

Las actividades serán ejecutadas sobre las principales estructuras localizadas en el canal principal, contempladas en un cronograma de ejecución; estas comienzan con:

1.5.2.1.3.1 La presa de derivación.

Debido a la relativa sencillez de su conservación no será necesario asignar personal específico a este proceso, el cual podrá ser realizado por el personal encargado del manejo de la compuertas y canal principal, consistiendo su mantenimiento en la remoción de malezas, troncos y residuos flotantes que puedan obstruir el funcionamiento de ella y la compuerta principal.

1.5.2.1.3.2 La compuerta principal

Su mantenimiento consistirá en: a) limpieza, pintura y engrase de los mecanismos de operación sobre todo en aquellas relacionadas con la elevación de la hoja en contacto con el agua; b) revisión

de los sellos y cisas en los que se desliza la compuerta; c) lubricación de los mecanismos de elevación; y d) tratamiento anticorrósivo de todas las partes metálicas en contacto con el agua .

En los canales de riego, las labores preventivas se dividirán de acuerdo al material de su construcción del canal.

#### 1.5.2.1.3.3 Canales de tierra.

Sus labores serán: a) eliminación de malezas en el fondo y en las paredes laterales de los canales los cuales se realizarán de forma manual, consistiendo en el corte de las malezas cerca de la base con machete o cuma, desalójando los residuos de la sección del canal para evitar su acumulación al momento de introducir el agua; b) reparación y conformación de los bordos y de la sección del canal erosionados; continuando con una compactación de la sección empleando el material del lugar para rellenarlo, finalizando con una corrección de las dimensiones geométricas del canal a manera de dar cabida a la demanda hídrica de los cultivos. Tomando como elemento de criterio el rendimiento promedio de excavación y conformación para canales en tierra sobre suelo franco arcilloso el valor de 0.84 mts<sup>3</sup> por día, recorriendo 20 mts diarios por día/hombre.

#### 1.5.2.1.3.4 Canales revestidos

Se toma a cuenta las siguientes disposiciones: i) Debido a que su velocidad de diseño promedio de 0.74 m/seg., y mayor en otros tramos, no permite la excesiva acumulación de sedimento, por tanto la corrección de esta medida de poca consideración, cuidando

sólo de la remoción del azolve conjuntamente cuando se realizan las actividades de mantenimiento de las estructuras; ii) realizar un relleno de las juntas dañadas, iniciando con una limpieza y eliminación de la vegetación desarrollada y aquella recogida en el canal por efecto del agua precipitada, continuando con la puesta de una capa de concreto complementada con el relleno de las juntas; finalizando con un repello sobre las superficies dañadas que no sobrepase el 1 % de la superficie total del canal; iv) Se estima que los problemas derivados insitu, de la construcción del canal principal se encuentran superados por efecto de los estudios de suelos previos a su construcción.

#### 1.5.2.1.3.5 Estructuras hidraúlicas

Las actividades de mantenimiento a ejecutar sobre dichas estructuras de manera general, son las que a continuación se describen:

- i -Limpieza y dezasolve del material arrastrado y depositado en los vértices o dobléz existente en la estructura.
- ii -Reparación de las sección averiada, ya sea a la entrada o salida de la misma
- iii -Limpieza, pintura y engrase de aquellos mecanismos de operación sobre todo, los relacionados con la regulación y el paso del flujo
- iv -Reparación de la mampostería de piedra, ubicada en las secciones de entrada y salida de los sifones
- v -Relleno de los taludes adyacente a la compuertas, badenes y sifones expuestos a la erosión del flujo de agua.

Las actividades se ejecutarán de acuerdo al cronograma mostrado en el cuadro No 33.

2. Aplicación de programas para el cálculo de los factores prácticos de riego.

Esta segunda parte comprende el cálculo de los factores prácticos de riego, a partir de la relación de los elementos naturales del suelo, cultivo y de aquellos valores estimados para alcanzar el nivel óptimo en la operación del sistema de riego. Para realizar dicho cálculo, se han diseñado procedimientos e instrucciones, almacenadas en programas de computadora, de modo que realicen las funciones necesarias para efectuar los cálculos de dichos factores, de una forma rápida y exacta.

2.1. Objetivo de los programas

El objetivo de ellos, es proporcionar una herramienta que posibilite con una mayor rapidez y exactitud el cálculo de los elementos utilizados para establecer una programación de riego, de manera que permita al usuario elaborar las modificaciones y simulaciones que crea más conveniente para la operación de su sistema de riego.

2.2. Composición de los programas

En su totalidad, los programas fueron elaborados con la ayuda del Software Dbase III plus, que es un gestor de bases de datos, el cual maneja la información de usuarios de riego, almacenada en archivos, denominadas bases de datos que el Dbase III plus, utiliza para facilitar el procesamiento de los datos que

CUADRO N°33 CRONOGRAMA DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO EN LA RED DE RIEGO

ESTRUCTURAS	SEMANAS	AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
PRESA DERIVADORA				-----									
COMPUERTA PRINCIPAL					-----								
CANAL PRINCIPAL								-----					
CANALES SECUNDARIOS									-----				
COMPUERTAS (Ubicadas en el Canal Principal)										-----			
COMPUERTAS DERIVADORAS													
CR1													
CR1-A													
CR2													
CR3													
CR4													
CR5													
CR6													
CR7													
OBRAS HIDRAULICAS													
CAIDAS													-----
SIFONES													-----
VADENES													-----
CAJAS DE DERIVACION													-----

----- = Período de ejecución de las actividades de mantenimiento

los usuarios necesiten.

A continuación se describe en detalle la organización de los programas que componen este sistema, así como las funciones que realizan y los requerimientos de información necesaria para su aplicabilidad en el cálculo de factores prácticos de riego.

### 2.2.1 Información necesaria

La información es solicitada a través de menús; esta técnica de programación posibilita el uso de la aplicación (conjunto de programas), sin requerir conocimientos técnicos de computación, guiando al usuario de la aplicación sobre la información que debe ingresar y los resultados que puede obtener. El primer menú, que aparece se denomina menú principal, el cual contiene los submenús, que el usuario puede escoger para realizar las siguientes funciones.

#### 2.2.1.1 Ingreso de datos

Permite el acceso a un submenú de pantalla, el cual solicita la información vinculada al usuario de la siguiente forma:

1. INGRESO DATOS DE USUARIO
2. INGRESO DATOS DE SUELO
3. INGRESO DATOS DE CULTIVO
4. INGRESO DATOS DE RECURSOS HIDRICOS
5. INGRESO DATOS DEL CANAL
6. INGRESO DATOS COMPLEMENTARIOS PARA CALCULOS
10. REGRESO A MENU PRINCIPAL

2.2.1.1.1. Ingreso datos  
de usuarios.

Esta pantalla solicita el código del Departamento donde se localiza el usuario y el número correlativo que ocupará en la base de datos para identificar a cada uno de los usuarios del sistema; estos datos forman lo que se denominará código del usuario; posteriormente, solicita la información general, comenzando con el nombre, su jurisdicción, Cantón, Asociación de Regantes, área total (ha), área de riego (ha), tipo de suelo (nomenclatura) y la altura del lugar expresado en kilómetros. Ingresada la información, le continúa aquella relacionada con los cultivos de la siguiente forma: nombre del cultivo, área de siembra del cultivo (Ha), fecha de siembra (dd/mm/aa), fecha de cosecha (dd/mm/aa) y el valor del Kc en la fase más crítica del cultivo.

2.2.1.1.2 Ingreso datos de suelo

Esta parte emplea una base de datos de las propiedades físicas del suelo que tienen relación directa con el cálculo de los factores operativos. En un inicio requiere la introducción de la nomenclatura de la textura del suelo donde se ubica el usuario, permitiendo la entrada de la siguiente información: Profundidad del suelo (mts), capacidad de campo (%), punto de marchitez permanente (%), densidad aparente (gr/cm<sup>3</sup>) e infiltración en mm/hora.

2.2.1.1.3 Ingreso datos de  
cultivo

Esta es una parte complementaria a la información del cultivo asociado al usuario, demanda la siguiente información: Nombre

del cultivo, profundidad radicular (mts.), y el porcentaje de agotamiento (%).

#### 2.2.1.1.4 Ingreso datos del recurso hídrico.

La información de recurso hídrico se almacena en una base de datos, la cual guarda la siguiente información : el caudal derivado (lts/seg), de la fuente y la distancia desde la misma al área de riego expresada en kilómetros.

#### 2.2.1.1.5 Ingreso datos del canal

Esta parte de la información se relaciona con los componentes geométricos del canal, que ocupa el usuario para derivar el agua a su terreno. Preguntando los componentes de la forma siguiente: Tipo de canal, base o plantilla (mts), Talud (cood Y), pendiente del canal (1/1000), tirante o altura del agua (mts), y la rugosidad del canal.

#### 2.2.1.1.6 Ingreso de datos complementarios

Se refiere a aquella información complementaria para el cálculo de la capacidad del sistema, o caudal diario a derivar de la fuente hacia las parcelas, involucra por tanto: Las horas de riego, la eficiencia de riego en (%), y los días de descanso del sistema.

### 2.2.2 Cálculos

Este submenú, permite efectuar los cálculos de los factores prácticos que el usuario del sistema desee y comprende; el cálculo de las demandas hídricas de los cultivos, de los factores prácticos de riego, del diseño del canal de riego y sus componentes hidrodinámicos. Inicialmente presenta un submenú de pantalla, con las siguientes opciones:

1. DEMANDA HIDRICA
2. FACTORES PRACTICOS
3. DISEÑO DEL CANAL
4. REGRESO A MENU PRINCIPAL

#### 2.2.2.1 Demandas hídricas

Para establecer los cálculos de las demandas hídricas, ETP y ETR es necesario delimitar ciertas condiciones que localizen a un usuario o grupo de usuarios, esta ubicación se realiza introduciendo la siguiente información:

- i. La fecha de inicio de la temporada agrícola (dd/mm/aa)
- ii. La fecha final de la misma temporada (dd/mm/aa)
- iii. Código del Departamento donde se localiza (0-14)
- iv. Jurisdicción donde se ubica el usuario : Nombre
- v. Asociación a la cual pertenece: Nombre
- vi. El Coeficiente de Evapotranspiración (CM), máximo para la temporada agrícola delimitada.

Con ellos es posible obtener así los resultados bajo el formato de reporte a nivel de impresor o en pantalla, de la siguiente manera:

---

Nombre de la Asociación	Fecha
-------------------------	-------

---

Nombre del usuario:	cultivo:	Area de	ETR	ETP	Kc
		riego			

---

#### 2.2.2.2 Cálculo de factores prácticos

Este, es continuación del programa anterior, él, efectúa los cálculos de los factores prácticos de riego para el mismo usuario, como son : Lámina máxima de riego (cms), lámina de reposición (cms), intervalo de riego (días), período de riego (días) y Capacidad del sistema o caudal en lts/seg, caudal demandado por los cultivos en el período agrícola prefijado, retomando toda aquella información que se encuentre relacionada con el usuario deseado. Presentando la opción de mostrar los resultados a nivel de impresor, de esta forma:

---

Nombre de la Asociación	Fecha
(período agrícola)	

---

Nombre del usuario	Cultivo	Lámina máxima (cms)	Lámina reposici. (cms)	Intervalo de riego días	Capacidad del sistema (lts/seg)
--------------------	---------	------------------------	---------------------------	----------------------------	------------------------------------

---

#### 2.2.2.3 Cálculo del canal.

Es un programa para el cálculo del dimensionamiento más apropiado para conducir el caudal obtenido a partir de los elemen-

tos descritos por el usuario, ó bien estableciendo el cálculo de algún componente geométrico, previamente conocidos los demás elementos; con el fin que no presenten obstáculos al momento de conducir el flujo deseado. Al igual que los programas anteriores presenta los elementos geométricos del canal en un reporte accesible en la pantalla del ordenador ó a nivel de impresor.

### 2.2.3 Modificar base de datos.

Este es un submenu que permite la modificación de la información básica y aquella complementaria para un usuario en particular, la cual puede ser empleada nuevamente para estimar las demandas hídricas de los cultivos, los factores prácticos. y las dimensiones del canal de riego; las opciones que éste presenta son:

1. MODIFICAR DATOS DE USUARIOS
2. MODIFICAR DATOS DE SUELO
3. MODIFICAR DATOS DE CULTIVO
4. MODIFICAR DATOS DE RECURSOS HIDRICOS
5. MODIFICAR DATOS DE CANAL
6. MODIFICAR DATOS COMPLEMENTARIOS PARA CALCULOS
8. REGRESO A MENU PRINCIPAL.

Todos ellos guardan el mismo formato que los mostrados en el submenu de ingreso de datos, posibilitando el acceso directo a las bases de datos, modificando la información deseada y aquella que por omisión o error se hubiera introducido. Encontrándose lista para efectuar nuevos cálculos, en tal sentido los esquemas descritos son empleados, teniendo entre sus opciones la variación de

poder avanzar o retrocer sobre los registros de las bases.

De una forma esquemática, las páginas siguientes describen la relación que guardan los programas con las bases de datos, los cálculos y los reportes, através de flujogramas, indicando a la vez el nombre del programas y la función que realizan. Lo anterior requiere de la siguiente nomenclatura : nombre y extension del programa; para seguir y diferenciar el direccionamiento de los programas en los esquemas:

- \*.frm = programa para elaborar reporte.
- \*.bat = programa inicial, configura y conduce
- \*.dbf = archivo de base de datos
- \*.ndx = archivo de la base de datos ordenada o indexada.
- \*.prg = programa para ejecutar procedimiento deseado.
- \*.mem = archivo de campos de trabajo

INGRESO DE DATOS

- INGRESO DATOS DE SUELO
- INGRESO DATOS DE CULTIVO
- INGRESO DATOS DE RECURSO HIDRICO
- INGRESO DATOS DE CANAL
- INGRESO DATOS COMPLEMENTARIOS

CALCULOS

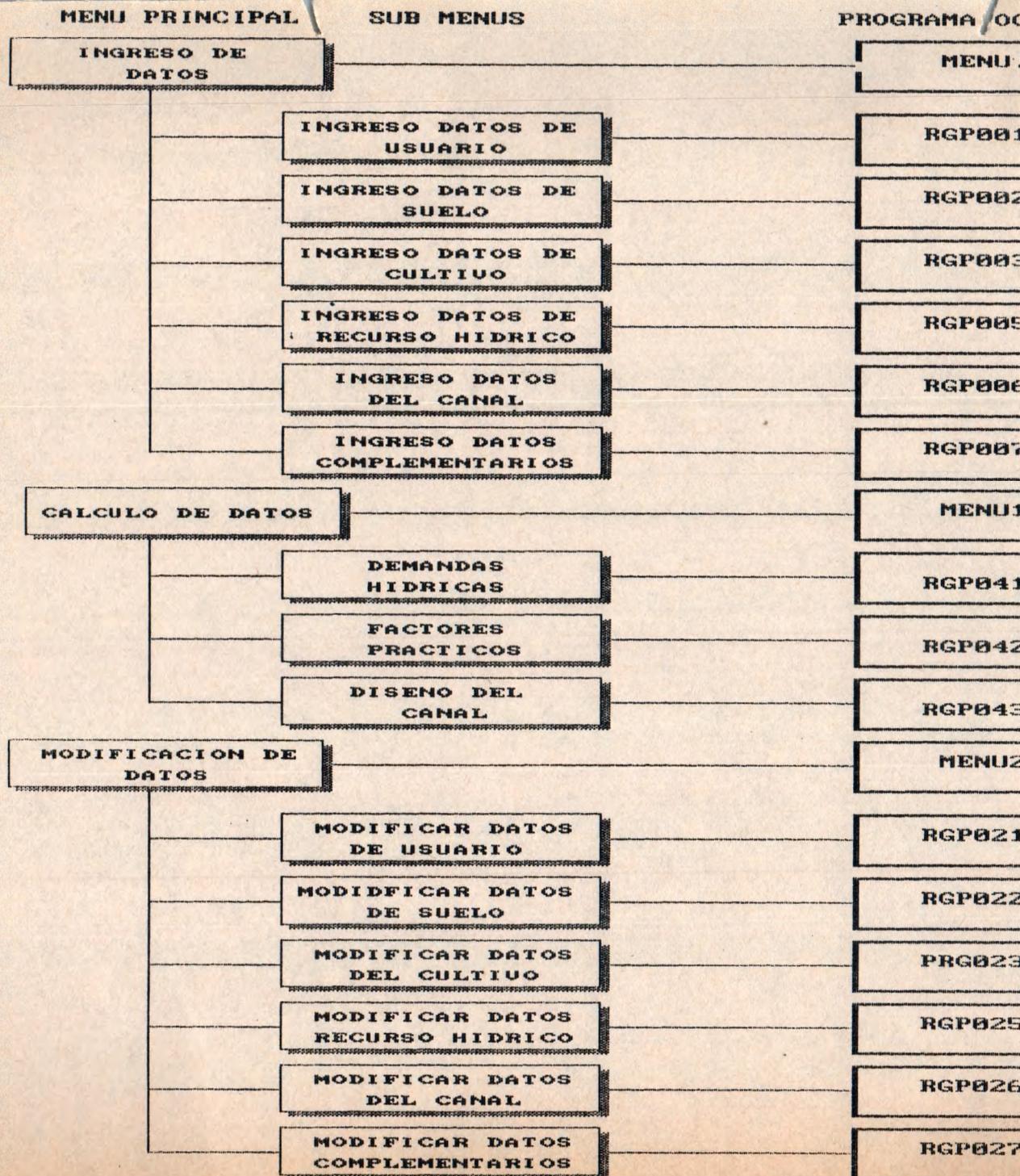
- DEMANDAS HIDRICAS
- FACTORES PRACTICOS
- DISENO DEL CANAL

MODIFICAR DATOS

- MODIFICAR DATOS DE USUARIO
- MODIFICAR DATOS DE SUELO
- MODIFICAR DATOS DE CULTIVO
- MODIFICAR DATOS RECURSO HIDRICO
- MODIFICAR DATOS DEL CANAL
- MODIFICAR DATOS COMPLEMENTARIOS

RETORNAR A DBASE III

SALIR A SISTEMA OPERATIVO



ESQUEMA No 3 : RELACION ENTRE MENU PRINCIPAL, SUBMENUS

CUADRO No 34 RELACION ENTRE APLICACIONES, PROGRAMAS, BASE DE DATOS, ARCHIVOS DE TRABAJO Y ARCHIVO DE REPORTE.

NOMBRE DEL PROGRAMA	BASE DE DATOS	BASE DE DATOS INDEXADAS	ARCHIVO DE INTRODUCCION.	ARCHIVO DE TRABAJO	ARCHIVO DE REPORTE
GUIA			GUIA.BAT		
PRG001.PRG	DEPTO.DBF CULTIVO.DBF USUAR.DBF	DEPTO.NDX CULTIVO.NDX USUAR.NDX			
PRG002.PRG	SUELO.DBF	SUELO.NDX			
PRG003.PRG	CULTIVO.DBF	CULTIVO.NDX			
PRG005.PRG	HIDRA.DBF	HIDRA.NDX			
PRG006.PRG	CANAL.DBF	CANAL.NDX			
PRG007.PRG				COMPLE.MEM	
RGP041.PRG	DEPTO.DBF CULTIVO.DBF USUAR.DBF				REP001.FRM
RGP042.PRG	CULTIVO.DBF DEPTO.DBF USUAR.DBF COMPLE.MEM SUELO.DBF				REP002.FRM
RGP043.PRG	CANAL.DBF				
PRG021.PRG	DEPTO.DBF CULTIVO.DBF USUAR.DBF	DEPTO.NDX CULTIVO.NDX USUAR.NDX			
PRG022.PRG	SUELO.DBF	SUELO.NDX			
PRG023.PRG	CULTIVO.DBF	CULTIVO.NDX			
PRG025.PRG	HIDRA.DBF	HIDRA.NDX			
PRG026.PRG	CANAL.DBF	CANAL.NDX			
PRG027.PRG					

## CONCLUSIONES

- 1 . La práctica del riego es una herramienta indispensable para el desarrollo de una agricultura diversificada, posibilitando elevar su eficiencia de trabajo con la incorporación de simples mejoras vinculadas al manejo y distribución del agua.
- 2 . A pesar de existir a nivel nacional un potencial de tierras agrícolas con vocación para desarrollar esta actividad es escasa la investigación e importancia que se le proporciona a las actividades operativas de los sistemas, lo mismo que al de sistemas de riego por superficie.
- 3 . Aunque existe el material teórico y empírico vinculado a la funcionabilidad de los métodos superficiales, la falta de personal técnico, se vuelve evidente para su divulgación; lo mismo que para su aplicación en las distintas unidades productivas, dedicadas a este tipo de agricultura.
- 4 . Existen deferentes tipos de organizaciones involucradas en el quehacer de esta actividad, las que constituyen la base social para optimizar el uso de los recursos agua-suelo.

- 5 . Uno de los problemas derivados de la actual operación del sistema de riego en la Asociación de Regantes "Las Monjas", estriba en una subutilización del recurso hídrico.
- 6 . Existe una baja eficiencia del sistema de riego, de forma significativa, a nivel de aplicación y distribución del agua en las parcelas.
- 7 . La Asociación de Regantes Acequia "Las Monjas", a pesar de carecer de recursos técnicos apropiados referentes a la operación y el mantenimiento en la red de riego, desarrolla procedimientos que le permiten mantener de forma permanente una extensión agrícola durante todo el año.
- 8 . Una programación del sistema de riego superficial en una Asociación, requiere de una previa evaluación del sistema; con énfasis en aquellos métodos vinculados con la regulación, distribución y medida del agua de riego.
- 9 . Es muy poco el mantenimiento sobre aquellas estructuras derivadoras y de distribución, de la red como también de los canales secundarios hacia extensiones regables.
- 10 . Esta organización no cuenta con otro mecanismo de percibir ingresos, más que los aportados por el socio por concepto de uso de agua y días de riego; recayendo

de manera sobre él, el funcionamiento de esta organización.

- 11 . No existe en la Asociación de Regantes "Las Monjas", metodología alguna para establecer un plan operativo, lo mismo que un Cronograma de ejecución de las actividades de mantenimiento para la red de riego.
  
- 12 . La aplicación de programas adaptados a computadoras personales para estimar las demandas hídricas y los elementos prácticos de riego, son un instrumento para generar y procesar la información disponible y obtener de ella resultados, a fin de mejorar la operación de los sistemas de riego.
  
- 13 . A manera general para establecer una guía sobre la operación y mantenimiento del riego por superficie en una asociación de regantes, se puede elaborar a partir de información o valiéndose de fuentes bibliográficas, la que bajo criterios de selección y ajustadas a las condiciones del lugar puede proporcionar los elementos para la puesta en operación del sistema de riego.

## RECOMENDACIONES

- 1 . Elaborar una recopilación de aquella información relacionada con los procesos operativos existentes en los proyectos de riego bajo superficie, a fin de obtener una metodología, con lo que pueda establecerse, procedimientos que el interesado debería de seguir al momento de operar su sistema.
  
- 2 . Canalizar a través de las distintas organizaciones vinculadas con el quehacer del riego, las metodologías y procedimientos adecuados a su desenvolvimiento; enfatizando sobre los siguientes aspectos: a) Medida, manejo y forma de distribución del agua; b) sobre la organización de los usuarios para realizar el reparto oportuno de agua, así como para el desenvolvimiento de las actividades de mantenimiento, y c) capacitación a los interesados y operarios en la toma de criterios para ajustar y adecuar el plan de cultivos a una programa operativo.
  
- 3 . Capacitar al personal encargado y/o vinculado con la operación del sistema, con los elementos y fundamentos de suelo, cultivo y de agua, de incidencia directa en el plan operativo de la red de riego, relacionándolas con aquellos que permitan reconocer la compatibilidad entre las demandas y aportes de agua, dentro del área cultivable.

- 4 . Elaborar una evaluación previa del sistema cuando se planifique la operación; haciendo énfasis en la calibración de estructuras derivadoras y aforadoras; obteniendo resultados que faciliten el manejo del caudal circulante por ellas.
- 5 . Antes de entrar en operación el sistema de riego deberá contarse con un plan de cultivos y un balance hídrico para concluir en un programa de operación y uso de las estructuras que se utilizarán en la temporada agrícola; lo mismo que fijar un método de entrega de turnos, adecuada a un período de riego homogéneo.
- 6 . Colocar en la Asociación de Regantes "Las Monjas", escalas liminétricas, en base a la tabla N° 1, en cada compuerta reguladora del canal principal, para facilitar la medición del caudal al operador, juez de agua, y de manera complementaria utilizar conceptos como termino "rollo de agua", revistiéndolos de las bases teóricas necesarias para ejecutar un programa operativo de riego.
- 7 . Establecer las actividades de mantenimiento, cuatro meses antes del primer riego, apegado al cronograma de actividades y ajustado a las condiciones de disponibilidad de mano de obra y el comportamiento climático del lugar.
- 8 . Mejorar la ejecución de programas para el cálculo de los factores necesarios en la formulación del plan operativo

de riego, valiéndose de software más versátiles en sus funciones y ordenes, para proveer una herramienta más idónea de estos cálculos.

- 9 . Definir criterios para reconocer la sensibilidad del cultivo al déficit de agua, lo mismo que los parámetros prácticos para identificar la falta de humedad al suelo.
- 10 . Definir la ubicación e identificación de las principales estructuras reguladoras, situadas en el canal principal a modo de facilitar al operario el manejo de las estructura llevando un control debiendo contener entre otras cosas, número de canal, área que abastece, número de usuarios, nombre de los usuarios, caudal que conduce, tiempo de ocupación (llenado y -vaciado), y estructuras reguladoras o de control que utiliza.
- 11 . Promover a través de la organización, una capacitación a los interesados sobre el manejo del sistema de riego, abarcando tanto la época lluviosa con una época seca pretendiendo darle continuidad al cronograma de actividades sobre la conservación de la red como el mostrar los procedimientos para ejecutar las acciones de operación.

## BIBLIOGRAFIA

- 1- BLAIR, F. E. s. f. Manual de Riegos y Avenamiento. Lima, Perú. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. P. 50
- 2- BRANKENSIEK, O. L.; ORBORN, H. B.; RAWIS, W. J. 1979. Field Manual for Research in Agricultural Hidrology. (E.U.) Science and Education Administration. Department of Agriculture. United States. P. 219-220.
- 3- CHEUN. CH. L. 1975. La ordenación integrada de las Aguas en la Agricultura. México. Dirección de Estadística y Estudios Económicos, Dirección General de Distritos de Riego. Memorándum No. 342. P. 5-13, -57, 64.
- 4- CONSULTORES LATINOAMERICANOS ASOCIADOS, CONSULTA HIDRODESARROLLO (EL SALVADOR). (PERU) s.f. Estudios de Factibilidad Técnica y Económica del Proyecto de Riego "Quelepa", Operación y Mantenimiento. s.t. San Salvador, El Salvador. CLASS-CONSULTA HIDRODESARROLLO. Apéndice G. P. 45-66.
- 5- COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA. 1977. Estado Actual y Desarrollo Propuesto para el Riego en Centroamérica. México. CEPAL. P. 6, 7, 8.

- 6- CORONEL, T. S. 1982. Hidráulica. Vigésima Impresión. México. Editorial Continental. P. 171, 174, 184, 259, 264.
- 7- CURSO TALLER SOBRE LA PLANIFICACION Y MANEJO DEL AGUA PARA UNA AGRICULTURA BAJO RIEGO. (1983, San Andrés). 1983. Programación del Riego. ed. por Mendoza. A. E. San Salvador, El Salvador. IICA. P. II-1, - II-4.
- 8- DASTANE, N. G. 1976. Precipitación efectiva en la Agricultura de Regadillo. Roma. FAO. v. 25. P. 27, - 29.
- 9- DECRETO NUMERO 396. 1986. San Salvador, El Salvador. s. n. Tomo No. 291. P. 1-3, 7, 8, 12, 13.
- 10- DECRETO NUMERO 603. 1990. San Salvador, El Salvador. s. n. P. 1, 5.
- 11- DONEEN, I. D. 1972. Prácticas de Riego y Ordenación de Aguas. 2da. Impresión. Roma. FAO. v. 28. P. 2, 3.
- 12- DOORENBOS, J. 1981. Estaciones Agrometeorológicas, 2a. Edición. Roma. FAO. v. 27. P. 53, 59.
- 13- \_\_\_\_\_ . PRUITT, O. W. 1980. Las Necesidades de Agua de los Cultivos. 2a. Edición. Roma. FAO. v. 24. P. 85-108.

- 14- EJIDOS DE la población de Nahuizalco. 1956. San Salvador, El Salvador. Archivo General de la Nación. s. n. s. p.
- 15- EL SALVADOR, OFICINA SECTORIAL DE PLANIFICACION AGROPECUARIA. 1990. Diagnóstico sobre la situación de las áreas bajo riego en El Salvador. San Salvador, El Salvador. OSPA. P. 1-3, 9, 11, 17, 30.
- 16- ESTATUTOS DE la asociación de regantes de la Acequia Las Monjas. 1982. San Salvador, El Salvador. s. e. s. p.
- 17- HARGREAVES, H. G.; SAMANI, A. Z. 1986. Simplifield Irrigation Scheduling and Crop Seleccition for El Salvador. Logan, EE. UU. Centro Internacional de Riegos. P. 224-232.
- 18- HARGREAVES, H. G. s. f. Coeficientes de cultivo para uso a nivel mundial. s. n. t. s. p.
- 19- HÓLY, M. 1977. El agua y el medio ambiente. 2a. Edición. Roma. FAO. v. 22. P. 14-15.
- 20- KAY, M. G. s. f. Realización and Management of Irrigation schanes. Hydraulic Strutures. s. l. s. n. - P. 2-7.

- 21- MAGAÑA, O. A. HERNANDEZ, S. A. S. 1979. Evaluación Socioeconómica del Distrito de Riego y Avenamiento No. 1, Zapotitán. Tesis. Lic. Economía. San Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Económicas. P. I.2-I.16.
- 22- MANUAL DE INGENIERIA DE REGADILLOS. 1981. ed. por r. - Heras. Madrid, España. Dirección General de Obras Hidráulicas, Centro de Estudios Hidrográficos. v. 2. P. 1427, 1433, 1450, 1454, 1459, 1727, 460, 462.
- 23- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1976. Decreto No. 153, Ley de Riego y Avenamiento. Santa Tecla, El - Salvador. Departamento de Información Agropecuaria. P. 2-23, 43.
- 24- \_\_\_\_\_. 1978. Decreto No. 285, Ley de Creación del - Distrito de Riego y Avenamiento No. 2, Atiocoyo. San ta Tecla, El Salvador. Departamento de Información Agropecuaria. P. 2, 3, 15, 27, 28.
- 25- MINISTERIO DEL INTERIOR. 1980. Subproyecto de Riego - "PUSHTAN-NAHUIZALCO". San Salvador, El Salvador. Oficina de Pequeñas Obras de Riego. P. 2, 6.
- 26- ORGANIZACION METEOROLOGICA MUNDIAL. 1980. Plan General y Bases del Programa Mundial sobre el Clima 1980 -

1983. ed. Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial. Ginebra, Suiza. OMN. v. 580. P. 41-42.
- 27- PRC - AMSA - CAS. GRUPO CONSULTOR COMALAPA. s. f. Estudios de Diseños Finales de Ingeniería y Documentos de Licitación del Proyecto de Riego Lempa-Acahuapa. Segundo Informe de Avance. San Salvador, El Salvador. Fondo Salvadoreño para Estudios de Preinversión. vol. II. P. 58.
- 28- PROYECTO DE revestimiento de antiguos sistemas de riego de las comunidades indígenas Pushtan - Tajcuilujlañ. 1988. San Salvador, El Salvador. s. n. P. 15.
- 29- SALAZAR, L.; HARGREAVES, A. G.; STULER, K. R. 1986. Manual de Programación de Riego. Logan, EE. UU. Centro de Riegos. P. 7-18, 58-71.
- 30- SANTAMARIA, del C. O.; NUÑEZ, H. G. 1986. Evaluación de las Asociaciones de Regantes en El Salvador, en su Funcionamiento. Dirección General de Riego y Drenaje. San Salvador, El Salvador. P. 21-24.
- 31- SEARS, W. F.; ZEMANSKY, W. M. 1962. Física General. - Editor Almarz Yusta Albino. 5a. Edición. Madrid, España. Aguilar. P. 305.

- 32- SEMINARIO IBEROAMERICANO DE RIEGO Y DRENAJE. (1986, MADRID, ESPAÑA) 1986. El Desarrollo del Riego en América Latina. Ed. José Olivares. Madrid, España. Secretaría General Técnica, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. P. 47-50.
- 33- \_\_\_\_\_. 1986. Las Necesidades y Entrenamientos de los Profesionales y Técnicos de los países de América Latina y el Caribe, en el Planeamiento y Ejecución, Operación y Mantenimiento de los Proyectos de Irrigación. Ed. Tomás A. Bandes. Madrid, España. Secretaría General Técnica, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. P. 238, 241.
- 34- \_\_\_\_\_. 1986. La Mejora de los Sistemas de Riego en América Latina y su Relación con la capacitación. Ed. Sagardoy, A. J. Madrid, España. Secretaría General Técnica, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. P. 201-205, 208.
- 35- SKOGERBOE, V. G.; WALKER, R. W. 1987. Teoría y Práctica del Riego por Superficie. Logan, EE. UU. Centro Internacional de Riegos. P. 2. 1-2. 4.
- 36- STUTLER, K. R. 1984. Medida del Agua de Riego en la Finca. Logan, EE. UU. Centro Internacional de Riegos. P. 1,2.

- 37- TALLER SOBRE MEJORAMIENTO DE SISTEMAS DE RIEGO. (1985, HONDURAS). 1985. Antecedentes Históricos sobre el Riego y el Drenaje en El Salvador. Ed. Jorge García. San Salvador, El Salvador. Dirección General de - Riego y Drenaje. P. 2-4.
- 38- \_\_\_\_\_. 1985. Metodología para la Evaluación de los Pequeños Sistemas de Riego. Ed. por Juan A. Sagardoy. Roma. FAO. s. p.
- 39- TROUT, J. T.; KEMPER, D. W. 1988. Mejoramiento de Canales. Logan, EE. UU. Centro Internacional de Riegos. P. 11-67.
- 40- VALENCIA, H. I. D.; GUARDADO, P. R. C.: FUENTES, M. U. M.: PERALTA, G. E. R. 1987. Propuesta Metodológica para la Operación y Mantenimiento de Unidades de Riego. Tesis Ing. Agr. Universidad Politécnica de El - Salvador. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. P. 2-4.
- 41- VICENTE, E. E. 1981. Los Distritos de Riego, su Administración. Operación y Conservación. 5a. Ed. México. CECSA. P. 115-116, 267-273.
- 42- WAREM, F. 1975. Manual de Laboratorio, Física de Suelos. San José, Costa Rica. IICA. P. 39.

## ANEXO N° 1 PROFUNDIDAD RADICULAR PARA DIFERENTES CULTIVOS

CULTIVO	PROFUNDIDAD RADICULAR (cms)
AJO	30
ARROZ	60
ALGODON	120
AGUACATE	90-120
BROCOLI	30
BERENJENA	75-120
CEBOLLA	30
COLIFLOR	60
CHILE	90
CAMOTE	90
CITRICOS	120
CRUCIFERAS	30- 60
CUCURBITACEAS	75-125
CAÑA DE AZUCAR	75-125
COCO	183-366
ESPINACA	60
ESPARRAGO	150
FRIJOL	60-107
FRUTALES	150
HUERTA	100-200
LECHUGA	30
FLORES 1/	60
LEGUMINOSAS	50-125
MAIZ	120
MANI	90-120
MELON	150
PASTOS	60-100
PAPA	30- 75
PEPINO	90
PLATANO	160
SANDIA	150
SOYA	60-125
RABANO	30
REPOLLA	60
REMOLACHA	90
TULE 2/	120
TOMATE	45- 90

... Cont. anexo 1.

---

CULTIVO	PROFUNDIDAD RADICULAR (cm <sup>s</sup> )
TABACO	183-305
OKRA	90
YUCA	90
ZANAHORIA	100

---

1/ Valor promedio para distintos tipos de flores

2/ Valor estimado en base a las experiencias de los agricultores

**FUENTE:** HARGREAVES, G.H. 1975. MANUAL DE REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA CULTIVOS BAJO RIEGO Y PARA AGRICULTURA SECAO CENTRO INTERNACIONAL DE RIEGOS. P. 34.

## ANEXO N°2 EFICIENCIA DE APLICACION DEL RIEGO EN FUNCION DEL METODO EMPLEADO.

METODO DE RIEGO	EE-UU (Ea)	ICID (Ea)
Riego por fajas	0.60-0.75	0.58
Riego por compartimiento	0.60-0.80	0.53
Riego por surcos al contorno	0.50-0.55	
Riego por surcos	0.55-0.70	
Riego por surcos pequeños	0.50-0.70	0.57
Riego por infiltración subterránea	hasta 0.80	

(Ea) = Eficiencia de aplicación.

FUENTE: Doorenbos, J.; Pruitt, O. W. 1980. Las necesidades de agua de los cultivos. FAO. v. 24. p. 134

## ANEXO No 3 EFICIENCIA DE DISTRIBUCION EN ALGUNOS PROYECTOS EXISTENTES

TIPOS DE EFICIENCIA	%
<b>EFICIENCIA DE CONDUCCION (Ec)</b>	
Suministro continuo sin una modificación importante en el caudal.	0.9
Suministro intermitente en proyectos de 3000 a 7000 ha. y zonas en rotación de 70 a 300 ha., con una buena administración	0.8-0.85
Grandes sistemas ( 10000 Ha) y sistemas pequeños ( 1000 Ha), con una comunicación problemática y una administración menos eficaz	0.5-0.7
<b>EFICIENCIA DE LAS ACEQUIAS (Es)</b>	
Bloques de 20 ó más Ha. sin revestir	0.8
Bloques de 20 ó más Ha. revestido en tuberías	0.9-0.95
Bloques de 1a 20 Ha, sin revestir	0.6-0.75
Bloques de 1 a 20 Ha revestido en tubería	0.7-0.9

La Eficiencia de Distribución (Ed) se puede dividir en Eficiencia de Conducción (Ec), y Eficiencias de las acequias (Es).

Fuente: Doorenbos, J.; Pruitt, O. W. 1980. Las necesidades de agua de los cultivos. FAO. v. 24. p. 154

ANEXO No. 4 EFICIENCIA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION, MEDIANOS  
 PROYECTOS DE RIEGO, SUBDIVIDIDOS SEGUN EL METODO DE  
 APLICACION. DE AGUA EN EL CAMPO.

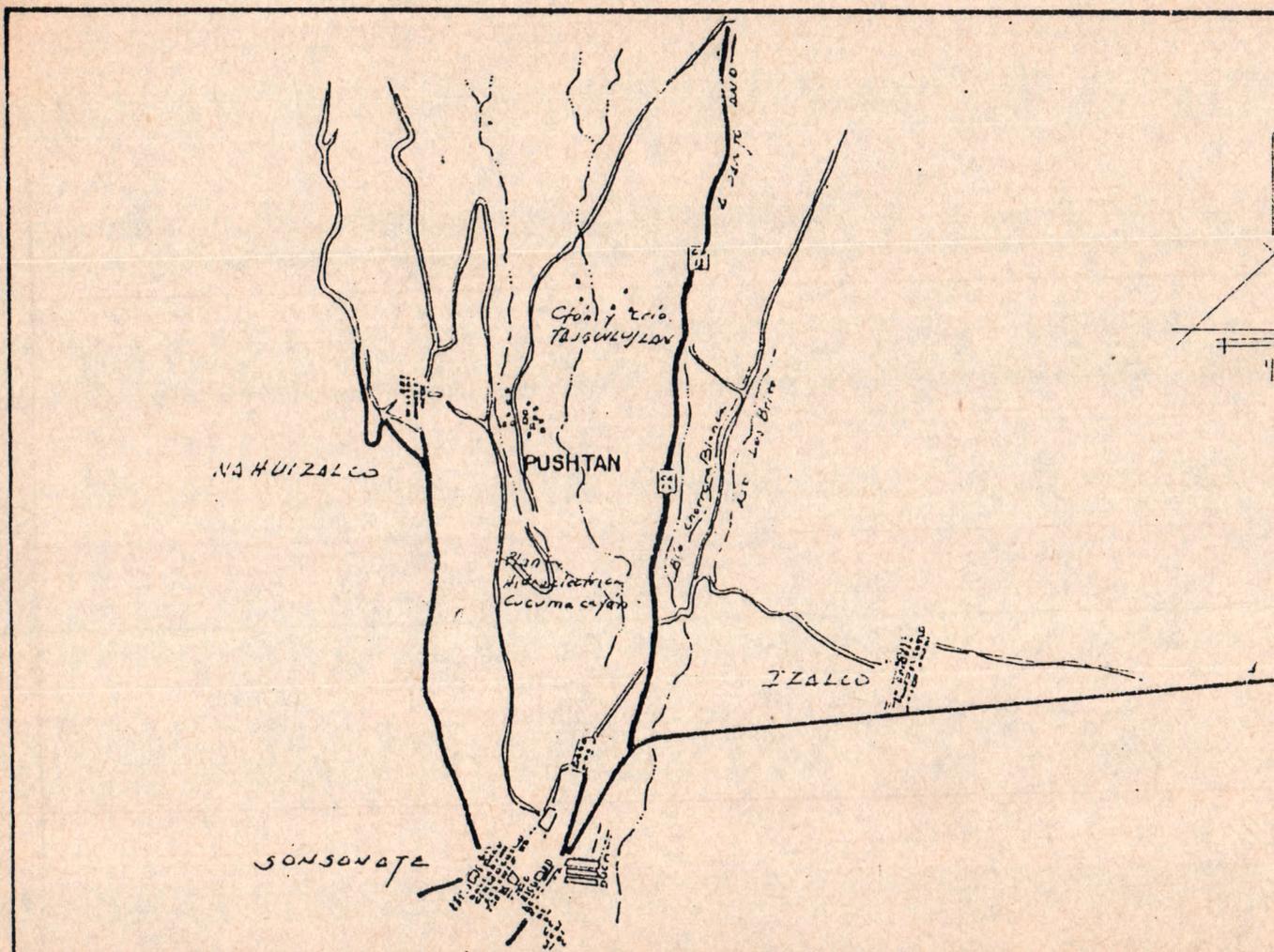
METODO DE RIEGO	EF	EC	EP
Método suministro continuo de bloques de parcela con pequeñas modificaciones del tamaño del caudal.	0.27	0.90	0.25
Suministro en rotación basado en un plan previamente deter <sub>u</sub> minado	0.41	0.70	0.29
Suministro en rotación, basado en las solicitudes formuladas previamente por los agriculto <sub>u</sub> res.	0.53	0.53	0.28
Suministro a la demanda alimentado por un sistema de tubería ó presión riego por aspersión	0.70	0.73	0.57

Ef = eficiencia de distribución, Ec = Eficiencia de conducción.

Ep = Eficiencia global del proyecto.

Fuente: Doorenbos, J.; Pruitt, O. W. 1980. Las necesidades de agua de los cultivos. FAO. v. 24. p. 154

ANEXO 5 PLANO DE UBICACION DE LA ASOCIACION DE REGANTES "LAS MONJAS"



Proyecto: Pushtan

Ubicación: Cantón Pushtan

Nombre de Regante:

Jurisdicción: Nahualtze

DEPTO. D

ANEXO No 6 USUARIOS DEL PROYECTO: ASOCIACION DE REGANTES  
LAS MONJAS

NOMBRE DEL USUARIO	CULTIVO BAJO RIEGO	AREA BAJO RIEGO (MANZANAS)
ZETINO MATE MARIA ANDREA	HORTALIZAS	0.260
CORTEZ DE H. ROSA DELIA	HORTALIZAS	0.120
AGUILAR TEPAS CIRILO	HORTALIZAS	1.000
CRUZ HERNANDEZ EMETERIO	HORTALIZAS	1.000
AGUILAR SHUL BERNARDO	HORTALIZAS	0.160
AGUILAR MAXIMO	HORTALIZAS	0.240
CRUZ PATROCINIO	HORTALIZAS	0.780
AGUILAR CORTEZ BRAULIO	HORTALIZAS	0.720
MARTINEZ CHAVEZ PEDRO	HORTALIZAS	0.280
ZEPEDA MARIA ANTONIA	HORTALIZAS	0.160
ZEPEDA H. MARIA SANTOS	HORTALIZAS	0.100
ELENA CRISTINA	HORTALIZAS	0.800
VANEGAS RAFAELA	HORTALIZAS	0.120
TINO LORENZO	HORTALIZAS	0.680
ZETINO ZETINO FRANCISCO	HORTALIZAS	1.000
ZETINO LUIS	HORTALIZAS	0.400
TEPAS MAURICIO GABINO	HORTALIZAS	0.390
GARCIA MARCELO	HORTALIZAS	0.080
TITO DANIEL	HORTALIZAS	2.060
ZAMORA J. JOSE ROBERTO	HORTALIZAS	3.000
SHUL ESQUINA BENITO	HORTALIZAS	0.240
SANCHEZ MARIA SALOME	HORTALIZAS	0.120
LAINAZ JERONIMO ISIDRO	HORTALIZAS	0.240
HERNANDEZ JOSE BERNARDO	HORTALIZAS	0.160
TEPAS JOSE SANTOS R.	HORTALIZAS	1.000
SANCHEZ LIBZ FELICIANO	HORTALIZAS	0.600
SANCHEZ FRANCISCO	HORTALIZAS	1.000
MARTA HERNANDEZ JUAN	HORTALIZAS	1.160
HERNANDEZ MARIA DEL C.	HORTALIZAS	0.480
AGUILAR ANASTACIO	HORTALIZAS	0.360
ZETINO JOSE SANTOS	HORTALIZAS	0.100
GUIRAO V. DE ISIDRO M.	HORTALIZAS	0.240
NOLASCO LUCIANO	HORTALIZAS	0.200
LUE MARIA ELIA	HORTALIZAS	0.360
MURILLO ERICELIA	HORTALIZAS	0.160
SUBTOTAL		19.770
HERNANDEZ JOSE DE J.	OTROS CULTIVOS	0.180
LIQUEZ DE H. HILARIA	OTROS CULTIVOS	0.340
AGUILAR PATROCINIA	OTROS CULTIVOS	0.120
SUBTOTAL		0.640

... Cont. anexo 6

NOMBRE DEL USUARIO	CULTIVO BAJO RIEGO	AREA BAJO RIEGO (MANZANAS)
HERNANDEZ PEREZ EMILIA	TULE	0.320
MAGAÑA C. JOAQUIN	TULE	0.720
ANTONIO CORTEZ MARIA A.	TULE	0.120
LUE SANCHEZ LUISA	TULE	0.480
CRUZ TINO DIONICIO	TULE	0.400
MARTINEZ FLORENCIO	TULE	0.160
MURILLO MARIA ERCILIA	TULE	0.160
SANCHEZ DE CAMPOS ISABEL	TULE	0.040
SANCHEZ CAMPOS FELIPE	TULE	0.360
HERNANDEZ MATE SANTIAGO	TULE	0.680
CORTEZ MAURICIO RUFINO	TULE	0.080
MARTINEZ PRUDENCIO	TULE	0.120
CORTEZ RIVERA JULIO C.	TULE	0.320
CORTEZ RIVERA MARIA I.	TULE	0.210
CORTEZ ZETINO MIGUEL A.	TULE	0.100
HERNANDEZ H. LUCIA	TULE	0.400
SHUL ESQUINA NICASIO	TULE	0.160
SHUL MARIA GUADALUPE	TULE	0.270
SHUL DE LUE ELENA	TULE	1.080
SHUL MARIA ESTEBANA	TULE	0.280
MARTINEZ V. DE C. VICTORIA	TULE	0.800
HERNANDEZ CANDELIA	TULE	0.400
AGUILAR SHUL DIONICIO	TULE	0.160
FLORES ROBERTO	TULE	0.660
PEREZ ANA DE JESUS	TULE	0.200
AGUILAR LUE AGUILINA	TULE	0.340
PEREZ DE A. ANTOLINA	TULE	0.240
PEREZ BACILIA	TULE	0.080
TINO ANGELA	TULE	0.100
TINO HERNANDEZ CATALINA	TULE	0.400
CRUZ NICOLAS	TULE	0.480
AGUILAR CEFERINO	TULE	0.008
AGUILAR CRISTINA	TULE	0.520
TINO SANCHEZ NICOLAS	TULE	0.360
PEREZ DE C. MARIA LUCILA	TULE	0.120
CRUZ TINO MARCIAL	TULE	0.760
VENTURA ZEPEDA C. JUAN	TULE	0.080
YAN GOMEZ PABLO	TULE	0.200
YAN GOMEZ CIPRIANO	TULE	0.240
ZACAPA JUAN	TULE	0.160
CRUZ RAMOS JOSE MANUEL	TULE	0.160
PEREZ GALICIA ANDRES	TULE	0.210
PEREZ JUAN ROSA	TULE	0.160
MATE LUE MAURO	TULE	0.120
ZETINO MARIA C.	TULE	0.480
ZETINO DAMIAN	TULE	0.360
SUBTOTAL		20.318

... Cont. anexo 6

NOMBRE DEL USUARIO	CULTIVO BAJO RIEGO	AREA BAJO RIEGO (MANZANAS)
MARTA C. RICARDO ALBERTO	PASTOS	37.000
AGUILAR SANCHEZ PATROCINIA	PASTOS	3.000
CEREN DE GUTIERREZ ZOILA	PASTOS	10.000
CACERES R. CARLOS R.	PASTOS	14.000
ALVARENGA F. ASUNCION	PASTOS	7.000
AREVALO DE A. RAFAELA	PASTOS	0.240
AREVALO V. JOSE MAURICIO	PASTOS	3.000
MARROQUIN DE C. EVANGELINA	PASTOS	13.000
BARRIENTOS JOSE GUILLERMO	PASTOS	23.000
BELTRAN RUBEN OVIDIO	PASTOS	12.000
AGUIRRE A. PATRICIA	PASTOS	0.210
ELIZABETH MENDOZA DE BONILLA JOSEFA	PASTOS	34.000
MATILDE TEPAS DE AGUILAR JULIA	PASTOS	4.000
SUBTOTAL		160.450
COOPERATIVA R.L. EL CANELO SOCIEDAD	PASTOS Y OTROS CULTIVOS	95.000
SUBTOTAL		95.000
ALABI M. MARIO ALBERTO	PASTO, CAFE	31.500
SUBTOTAL		31.500
MARTINEZ PABLO	TULE	0.160
MATE ZETINO ALBERTINA	TULE	0.140
ORTIZ DE C. FERMINA	TULE	0.160
PEREZ MARIANA	TULE	0.240
LUE ELENA VICTORIANO	TULE	0.800
PEREZ SHUL BERNARDINO	TULE	0.240
LIMA VICTOR MANUEL	TULE	0.320
PEREZ TEPAS GUILLERMO	TULE	0.080
CRUZ ELENA CRISTINA	TULE	0.100
PEREZ TEPAS MARIANO	TULE	0.640
ESQUINA LUE TIBURCIO	TULE	0.320
PEREZ AGUILAR TIMOTEO	TULE	0.480
CORTEZ RIVERA CARMEN	TULE	0.200
PEREZ LUE VENANCIO	TULE	0.160
LUE VICENTE	TULE	0.440
HERNANDEZ SION CRUZ	TULE	0.080
ORTIZ DANIEL	TULE	0.340
RAUDA CACERES DAGOBERTO	TULE	0.000
LUE ELENA PEDRO	TULE	1.000
MATE PATROCINIO	TULE	0.160

... Cont. anexo 6

NOMBRE DEL USUARIO	CULTIVO BAJO RIEGO	AREA BAJO RIEGO (MANZANAS)
FLORES MESTIZO NORBERTA	APANTE	0.660
HERNANDEZ MATA JUAN	APANTE	1.160
ESQUINA ORTIZ ABRAHAM	APANTE	0.210
SANCHEZ V. DE BRAN JUANA	APANTE	0.320
SANCHEZ MAYE GABINO	APANTE	0.320
HERNANDEZ MARGARITA	APANTE	0.880
ESQUINA PEREZ RAMON	APANTE	0.360
SANCHEZ MARIA PERFECTA	APANTE	0.320
CRUZ MEDARDO	APANTE	0.320
SUBTOTAL		4.550
TEPAS FELIPE	CEREALES	0.120
TADEO GUZMAN DELFIN	CEREALES	0.480
AGUILAR SHUL ALEJANDRO	CEREALES	0.160
SHUL MARCELO PABLO	CEREALES	1.000
AGUILAR MARIA ANGELINA	CEREALES	0.160
TEPAS LORENZO	CEREALES	0.080
ESCOBAR ELBA HAYDEE	CEREALES	0.520
SANCHEZ MESTIZO SEBASTIAN	CEREALES	1.000
AGUILAR V. DE LUE JULIA	CEREALES	0.360
SHUL PEREZ MARGARITO	CEREALES	0.520
TINO GENARO	CEREALES	1.000
TINO SATURNINO	CEREALES	0.720
PEREZ SANCHEZ JORGE A.	CEREALES	0.200
PEREZ MUZO DAMASCO	CEREALES	1.200
PEREZ MUZO ANTONIO	CEREALES	0.960
PEREZ MORALES HILARIO	CEREALES	0.880
PEREZ MORALES DEMETRIO	CEREALES	0.320
ZUNIGA MARIA CATALINA	CEREALES	1.200
AGUILAR TORIBIO	CEREALES	0.240
PEREZ MORAN JUAN	CEREALES	1.000
PEREZ DE SHUL MARIA E.	CEREALES	0.760
ZUNIGA MARIANO	CEREALES	1.200
SUBTOTAL		14.080
CORTEZ JUANA	FLORES	0.160
SUBTOTAL		0.160
SAGGETH MANUEL DE JESUS	FRUTALES	0.400
CORTEZ SANCHEZ NARCISO	FRUTALES	0.160
SUBTOTAL		0.560

... Cont. anexo 6

NOMBRE DEL USUARIO	CULTIVO BAJO RIEGO	AREA BAJO RIEGO (MANZANAS)
PUSHTAN HACIENDA	TULE, APANTE	40.000
CORTEZ DE C. JERONIMO	TULE, APANTE	0.520
SUBTOTAL		40.520
AGUILAR TEPAS PABLO	TULE, HORTALIZAS	1.500
SUBTOTAL		1.500
PEREZ FRANCISCO HUMBERTO	TULE, HORTALIZAS	0.500
SUBTOTAL		0.500
ZETINO ADALBERTA	TULE, MAIZ	0.320
ZETINO AGUSTIN	TULE, MILPA	0.240
ZETINO BERNARDINO JUANA	TULE, MILPA	0.520
SUBTOTAL		1.080
PEREZ ANDRES	TULE, NARANJA	0.200
SUBTOTAL		0.200
TOTAL		390.828

ANEXO No 7 ENCUESTA AGRICOLA PARA DETERMINAR LAS  
CONDICIONES OPERATIVAS DE LA RED DE  
RIEGO SUPERFICIAL

ENCUESTA PARA RECABAR INFORMACION SOBRE LA OPERACION DEL  
RIEGO SUPERFICIAL EN UNA ASOCIACION DE REGANTES

OBJETIVO: La presente encuesta es dirigida a usuarios de la Asociación de regantes para obtener información sobre el uso del agua para fines de riego, conocer los criterios en la demanda de este recurso y las tarifas aportadas por el socio durante la época de riego.

FECHA: \_\_\_\_\_ NUMERO : \_\_\_\_\_

LUGAR: \_\_\_\_\_ ENCUESTADOR: \_\_\_\_\_

DATOS GENERALES:

1.- NOMBRE: \_\_\_\_\_

2.- EDAD: \_\_\_\_\_ AÑOS

3.- SEXO: 3.1 \_\_\_\_\_ M 3.2 \_\_\_\_\_ F

4.- LUGAR DONDE VIVE:

4.1 DENTRO DEL AREA DE LA ASOCIACION \_\_\_\_\_

4.2 FUERA DEL AREA DE LA ASOCIACION \_\_\_\_\_

5.- LA TIERRA QUE TRABAJO ES:

5.1 PROPIA \_\_\_\_\_

5.2 ARRENDADA \_\_\_\_\_

6.- AREA:

6.1 AREA TOTAL \_\_\_\_\_ MZ

6.2 AREA CULTIVADA EN EPOCA SECA \_\_\_\_\_ MZ

## 6.3 AREA CULTIVADA EN EPOCA LLUVIOSA \_\_\_\_\_ MZ

## OPERACION DEL SISTEMA

7.- COMO DECIDE EL MOMENTO DEL RIEGO? \_\_\_\_\_

8.- QUE CAUDAL UTILIZA?

9 .- CON QUE FRECUENCIA OCUPA EL RIEGO?

10.- CUANTAS HORAS RIEGA AL DIA \_\_\_\_\_ HORAS/DIA

11.- ESTA DE ACUERDO CON LAS DOTACIONES ANTERIORES

12.1 SI \_\_\_\_\_ 12.2 NO \_\_\_\_\_

PORQUE? \_\_\_\_\_

12.- COMO EFECTUA EL RIEGO EN SU PARCELA?

13.- QUE TIPO DE ESTRUCTURAS OCUPA PARA DISTRIBUIR EL AGUA EN  
EL TERRENO:

## MANTENIMIENTO

14.- CON QUE FRECUENCIA REALIZA LAS ACTIVIDADES DE  
MANTENIMIENTO \_\_\_\_\_ DIAS.

15.- EFECTUA ELIMINACION DE MALEZAS EN EL CANAL O ACEQUIA DE  
RIEGO ?

16.1 \_\_\_\_\_ SI

16.2 \_\_\_\_\_ NO

16.- CON QUE FRECUENCIA EJECUTA ESTA OPERACION \_\_\_\_\_ DIAS

17.- REALIZA PREPARACION Y CONFORMACION DE CANALES DE RIEGO

18.1 \_\_\_\_\_ SI

18.2 \_\_\_\_\_ NO

18.- CON QUE FRECUENCIA LO REALIZA \_\_\_\_\_ DIAS

19.- EJECUTA USTED ESTAS LABORES

20.1 \_\_\_\_\_ SI

20.2 \_\_\_\_\_ NO

20.- CUANTO GASTA AL REALIZAR ESTAS LABORES \_\_\_\_\_ ¢

21- COMO DESALOJA LOS EXCESOS DE AGUA DE SU TERRENO?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## COSTO DEL RIEGO

22.- CUANTOS REGADORES OCUPA : \_\_\_\_\_

23.- CUANTO PAGA POR EL USO DE AGUA EN LA TEMPORADA DE RIEGO:

\_\_\_\_\_ ¢

24.- QUE OTROS GASTOS RELACIONADOS CON LA PRACTICA DEL RIEGO EFECTUA ? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

OTROS

25.- SUGERENCIAS SOBRE COMO DISTRIBUIR EL AGUA EN LA ASOCIACION. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

26.- SUGERENCIAS SOBRE COMO PROPORCIONAR EL MANTENIMIENTO AL SISTEMA DE RIEGO: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## ANEXO No '8 RESULTADO DE LA ENCUESTA

Resultado de la encuesta realizada en la Asociación de Regantes "Las Monjas", sobre la operación y mantenimiento del sistema de riego superficial.

PREGUNTA 4: De los entrevistados, el 86.70% se ubican dentro de los límites de la asociación; el 13.3% restante se encuentran fuera de ella, aunque de alguna manera están vinculados a la organización.

PREGUNTA 5: El 77% de los entrevistados, es poseedor de su extensión, existiendo un 23.2% que arrendan una porción de área dentro de la organización.

PREGUNTA 6: El área cultivada en época lluviosa se mantiene en la estación seca, sobre todo en las extensiones comprendidas entre 5.5 a 10 manzanas ocupando el 23% del total del área cultivada. El 56% de áreas comprendidas entre 0.10 a 0.20 mz. corresponde a extensiones menores de 1.0 de manzana, el 44% restante tiene propiedades mayores de 1 manzana, en este porcentaje también se ubican el menor número de socios.

Operación del sistema de riego.

PREGUNTA 7: En cuanto al momento de regar, la muestra señala que el 33% se rige por las medidas dispuestas por la asociación, sin embargo, está recae sobre el juez de aguas, quien es en última

instancia quien decide y establece el tiempo, caudal y turno de riego. En resumen, el 63% de guía por esta decisión. El resto, 37% se decide atendiendo sus criterios de necesidades del cultivo.

PREGUNTA 8: Con respecto al caudal empleado el 56.7% de los socios le es asignado un "rollo" o "derecho de agua"; el 23.3% emplea un cuarto de "rollo" y el resto la mitad del mismo.

El significado de la palabra "derecho" está en función de la cantidad de agua empleada por el operador (juez de agua). Este valor suele variar de lugar, y es un valor muy apreciativo. Para el caso en particular y tomando la experiencia del operador en esta asociación, un "derecho o rollo" de agua, se registra como:

1	rollo de agua	=	58.9	lts./seg.
1/2	rollo de agua	=	29.5	lts./seg.
1/4	rollo de agua	=	14.7	lts./seg.

PREGUNTA 9: La frecuencia de riego de mayor empleo es 15 días, ocupándola el 42.8% de los entrevistados, existiendo frecuencias de 8 y 6 días dependiendo de las exigencias del cultivo.

Estos datos están en función del área cultivable, reconociendo en la zona cultivo el pasto como cultivo predominante pasto, de ahí que el porcentaje señalado prevalece en las extensiones con este cultivo. Es de notar que a pesar de existir intervalos y frecuencias prefijados con los turnos de riego, la obtención del agua en base a la demanda aún persiste, ocupando el 28%

de los entrevistados este reparto.

PREGUNTA 10: El 26.7% ocupa 8 horas de riego, igual porcentaje emplea 2 horas de riego. Tales turnos se encuentran ajustados al área cultivable, al tipo de cultivo, al caudal asignado y a la frecuencia de riego. Existiendo usuarios que emplean 6, 5, 7 y 4 horas de riego.

PREGUNTA 11: Las dotaciones anteriormente descritas no cuentan con la aprobación de los usuarios, ya que el 90% de los entrevistados no se encuentran de acuerdo, dada la escasa cantidad entregada al usuario, el restante 10% asume correcta tales dotaciones, tomando en cuenta que éstas se ajustan al horario establecido y a las necesidades del cultivo.

PREGUNTA 12: A nivel de parcela, el agua que se aplica a los cultivos es por medio de un desbordamiento luego de la abertura de la compuerta, distribuyendo el agua en "forma tendida" sobre el terreno, práctica ocupada por el 66% de los entrevistados. Las hortalizas se riegan por método del "huacaleado", método que ocupa frecuencias cortas, las que muchas veces no concuerdan con las asignadas por el juez de agua.

PREGUNTA 13: El tipo de estructura empleada en la asociación para distribuir el agua es la compuerta, donde el 63% de los entrevistados la ocupan. Existiendo en el interior de la parcela el "botadero" o "palo pique", para distribuir el caudal al área de los cultivos; el 29.2% hace uso de los siguientes materiales

para tal fin : tallos de huerta, basura y palos, sin embargo, la mayoría no utiliza al interior de la parcela compuerta alguna para conducir el agua.

#### Mantenimiento del sistema de riego

PREGUNTA 14: La actividad de mantenimiento se realiza dos veces por temporada de riego, por 14.3% de los entrevistados, el resto la lleva a cabo cada 15 días.

PREGUNTA 15: La práctica de corte de malezas en los canales es realizada por la totalidad de los usuarios.

PREGUNTA 16: La mayoría efectúa esta actividad 15 días antes de comenzar el primer riego, existiendo un porcentaje del 27% que la efectúa cada dos días antes de comenzar a regar.

PREGUNTA 17: De los entrevistados, el 66.7% no realiza la conformación y reparación de canales secundarios actividad realizada solo por el 32% de ellos.

PREGUNTA 18: Las actividades de mantenimiento en su mayoría son efectuadas únicamente por el usuario, siendo muy pocos los que emplean personal o jornales para desempeñar tal actividad.

PREGUNTA 19: La actividad de conformación y reparación de canales es realizada por la mayoría de los socios cada 15 días antes de comenzar el primer riego existiendo un 20% que lo reali-

zan 10 días antes de regar.

PREGUNTA 20: Los gastos realizados en las actividades de operación y de mantenimiento no se encuentran desglosadas, a manera de ejemplo el pago de 10 colones por día de riego cubre todas las actividades que una persona pueda desempeñar.

PREGUNTA 21: En el caso de existir, el exceso de agua se desaloja hacia la acequia secundaria, luego al canal principal o la quebrada más cercana de sitio regado.

PREGUNTA 22: El número de regadores empleados varía en función de la extensión, el cultivo y caudal asignado, teniendo como base de acuerdo a la encuesta realizada, el empleo de 4 jornales por cada tarea (25 tareas, para la zona conforman una manzana).

El mayor número de jornales se emplean en cultivos de ciclo corto como las hortalizas, no así en cultivos donde el método de riego por desbordamiento libre requiere de 2 jornales por tarea, asociado éste último caso a una mayor cantidad de agua.

PREGUNTAS 23 Y 24: Otros gastos realizados en materia de riego es la cancelación a la asociación en concepto de uso de agua o permiso para tomar y/o derivar el recurso. Estos gastos incluyen la siguiente descripción: 0.40 ctv/hora/día de riego y ¢12 en concepto de matrícula de área regable que incluye también del día de riego por manzana o fracción.

PREGUNTAS 25 Y 26: En cuanto a la aportación del usuario con respecto a una mejora en la distribución del agua, para la mayoría el juez de agua, debería de basarse en el reglamento propuesto por la Asociación, así como asignar el caudal en función del cultivo, y a la demanda del usuario de riego.

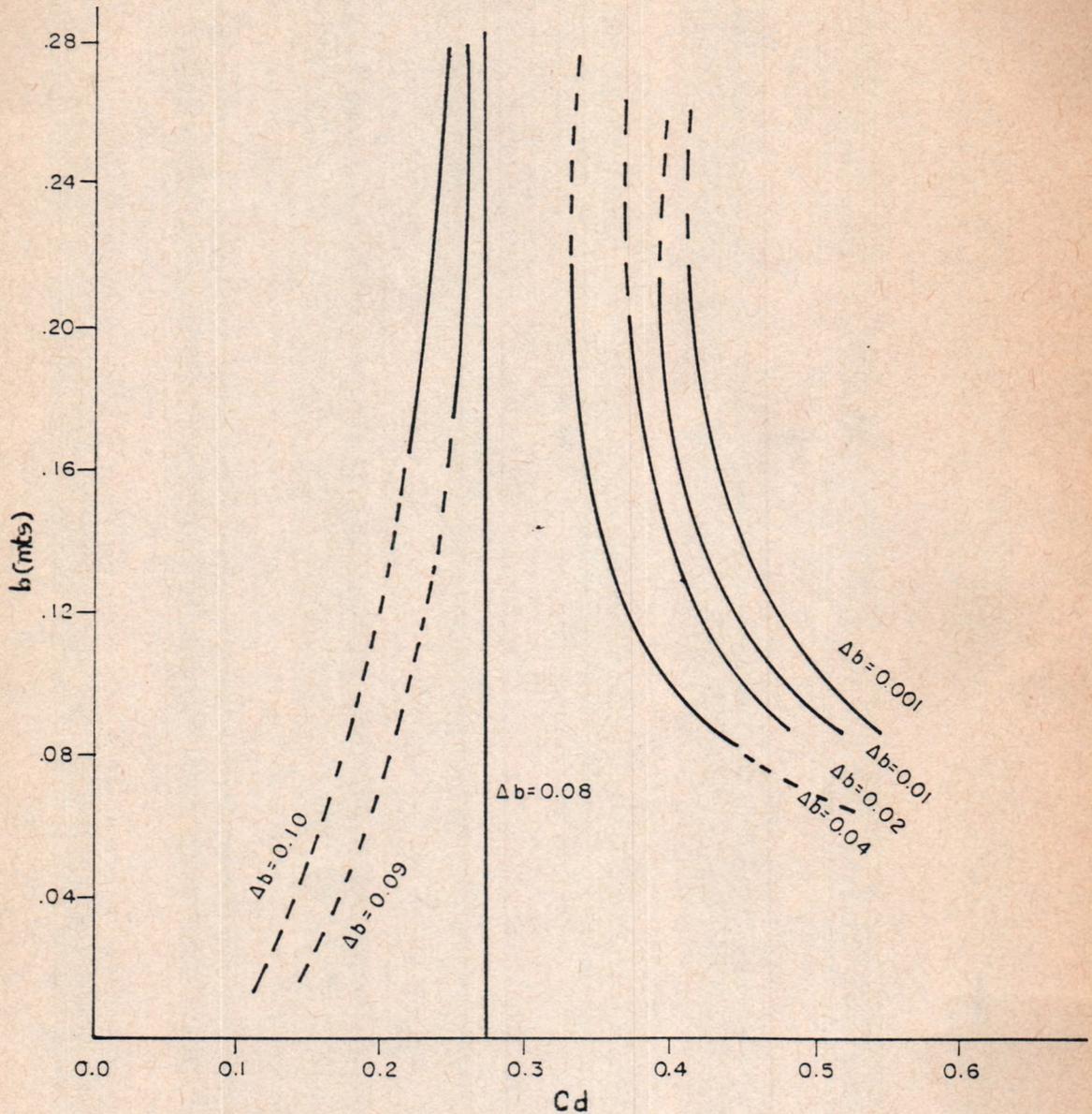
ANEXO No 9. RESUMEN DE PRUEBAS DE AFORO EMPLEADAS  
EN CALIBRACION DE COMPUERTAS

COMPUERTA	CODIGO	CAUDAL M3/Seg	L m	B m	Hu m
C1	A1	0.0865	0.54	0.16	0.28
C1	A2	0.0871	0.54	0.16	0.28
C1	A3	0.087	0.54	0.16	0.28
C1	B1	0.0372	0.54	0.05	0.36
C1	B2	0.037	0.54	0.05	0.36
C1	B3	0.0369	0.54	0.05	0.36
C1	C1	0.063	0.54	0.09	0.32
C1	C2	0.44	0.54	0.09	0.32
C1	C3	0.0462	0.54	0.09	0.32
C2	A1	0.0671	0.54	0.1	0.39
C2	A2	0.0823	0.54	0.1	0.39
C2	A3	0.0657	0.54	0.1	0.39
C2	B1	0.0713	0.54	0.11	0.38
C2	B2	0.0735	0.54	0.11	0.38
C2	B3	0.0737	0.54	0.11	0.38
C2	C1	0.0857	0.54	0.16	0.35
C2	C2	0.0864	0.54	0.16	0.35
C2	C3	0.0856	0.54	0.16	0.35

Las Pruebas 1, 2, 3, corresponde a distintas revoluciones  
contra diferentes tiempos.

Ejemplos:	Revoluciones	Tiempo
A1	40	40
A2	50	56
A3	60	62

VALORES DE CD PARA SER EMPLEADOS EN  
COMPUERTA No 2



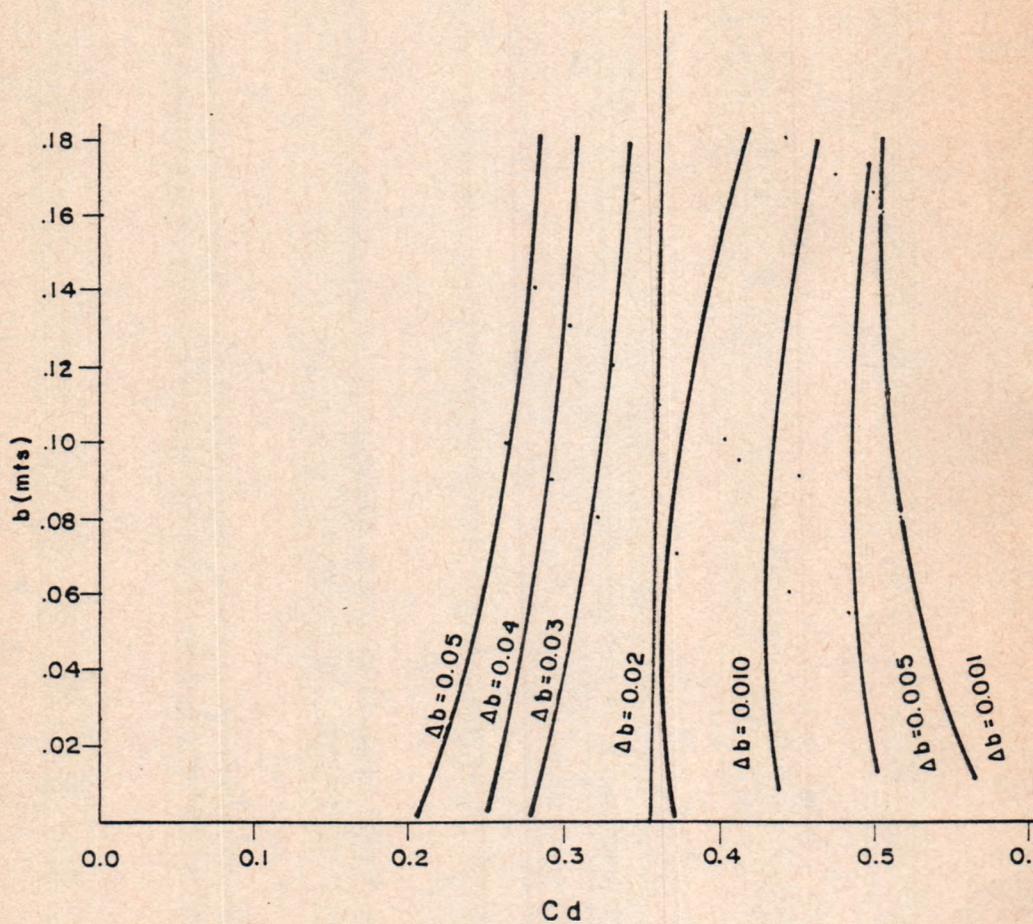
$C_d$  Estimado = 0.27

$$\text{ECUACION GENERAL} = Q = 0.27 \times 0.54 \times b [9.8 \times 2]^{0.5} [H_u - b/2]^{0.5}$$

$$Q = 0.6455 b [H_u - b/2]^{1/2}$$

ANEXO No 11 CURVA PARA LA CALIBRACION DE ESTRUCTURAS

VALORES DE CD PARA SER EMPLEADOS EN  
COMPUERTA N° 1

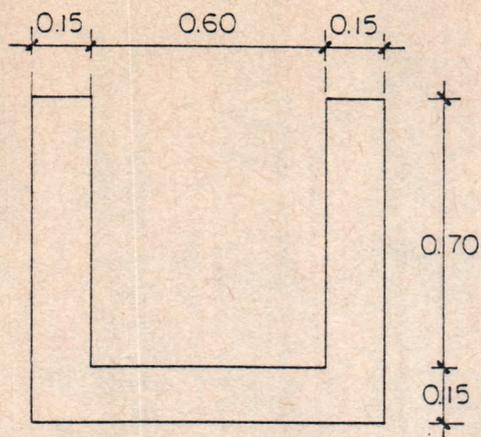


$C_d$  Estimado = 0.35

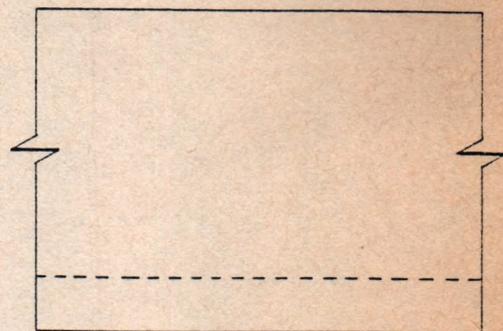
$$\text{ECUACION} = Q = 0.35 \times 0.54 \times b \times [(2)9.8]^{0.5} [Hu - b/2]^{1/2}$$

$$Q = 0.8367 b [Hu - b/2]^{0.5}$$

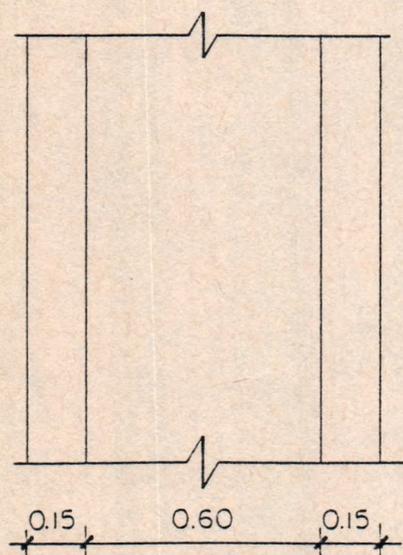
## ANEXO 12 ESQUEMA DEL CANAL PRINCIPAL DE CONDUCCION



F R E N T E



P E R F I L

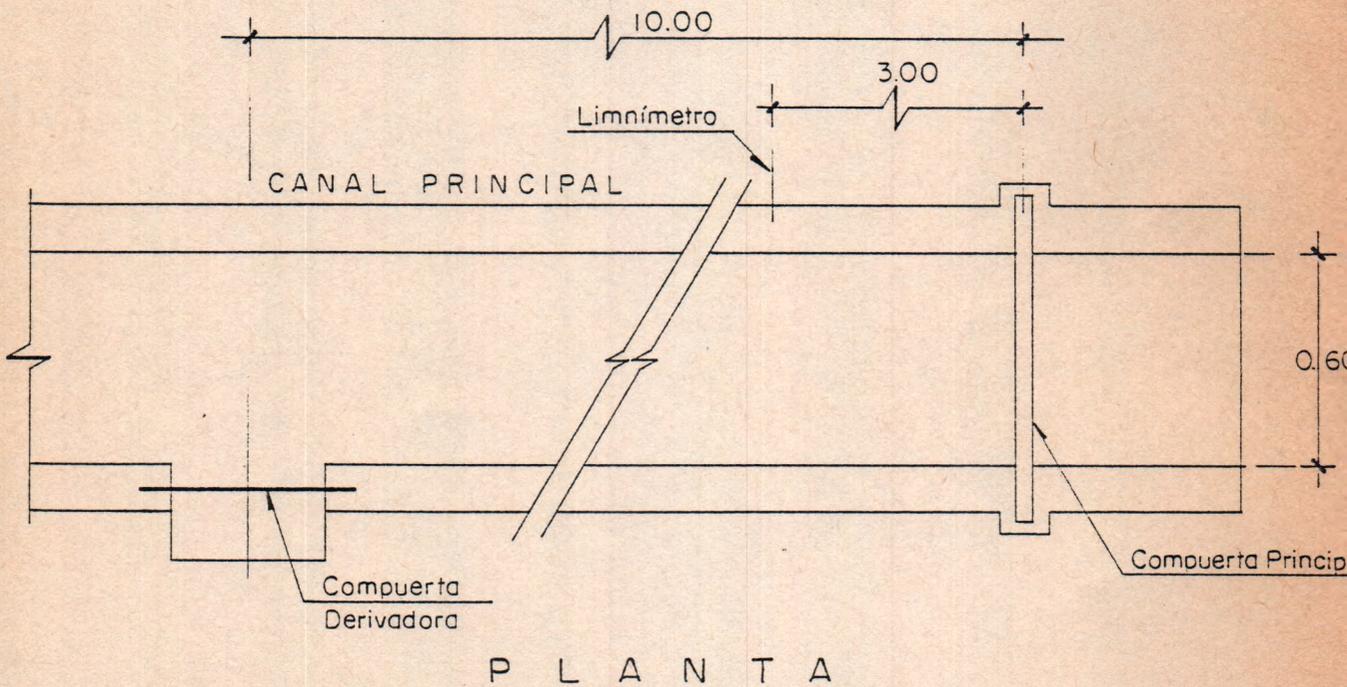
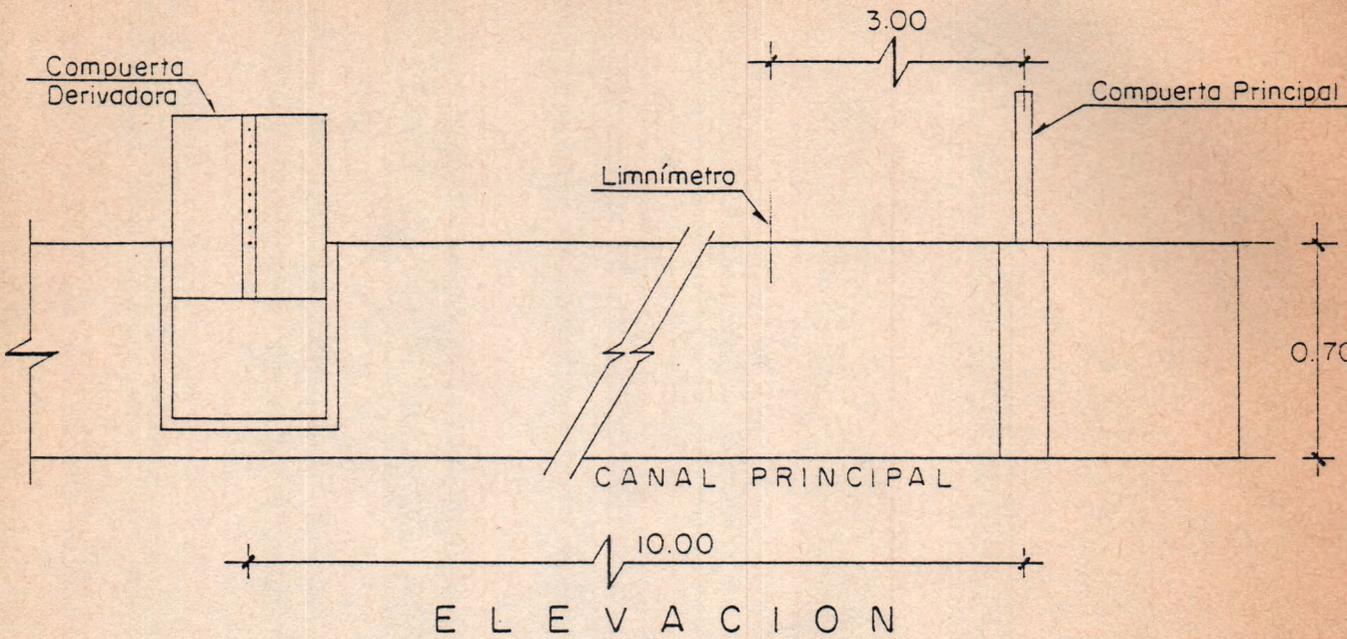


P L A N T A

ESC. 1:20

DIMENSIONES EN METROS

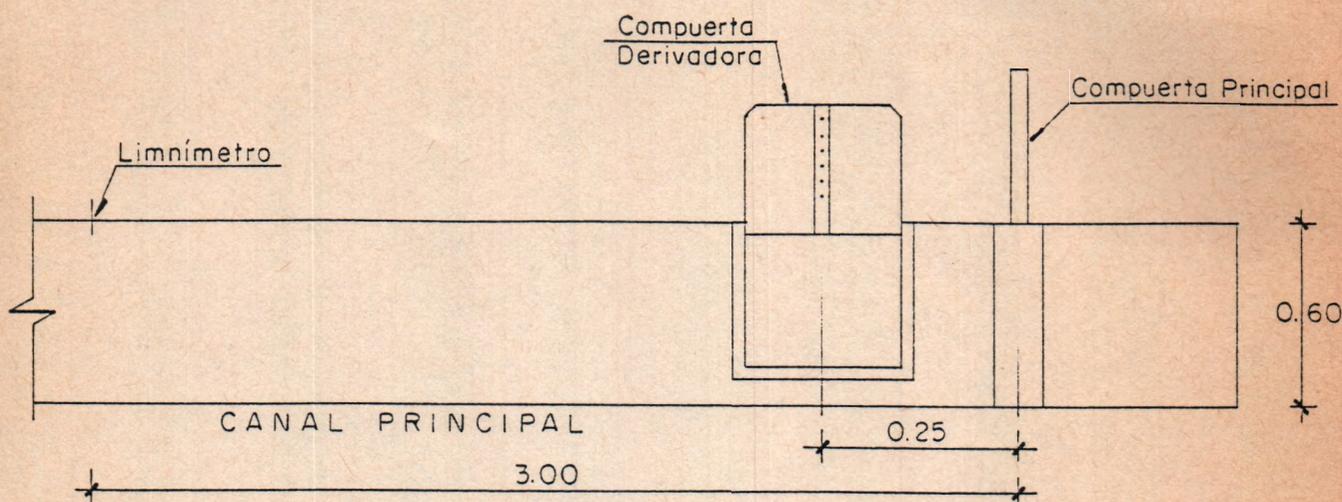
ANEXO 13 ESQUEMA DE COMPUERTA No.1 OCUPADA EN LA CALIBRACION DE ESTRUCTURAS



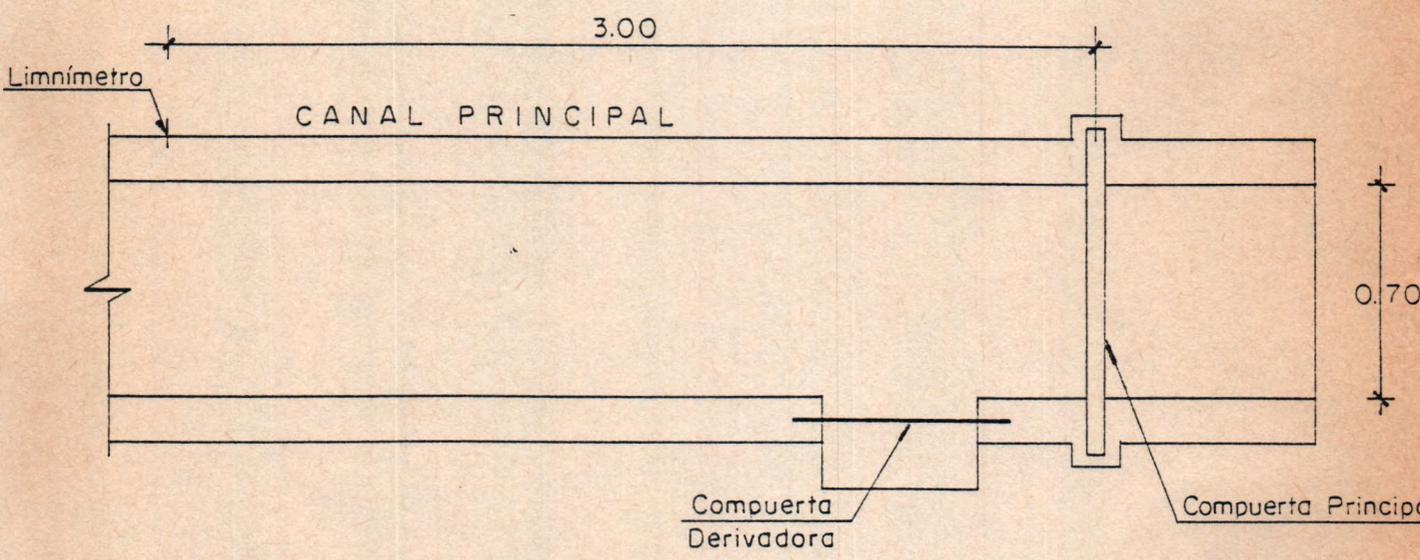
ESC. 1:25

DIMENSIONES EN METROS

ANEXO 14 ESQUEMA DE COMPUERTA No.2 OCUPADA EN LA CALIBRACION DE ESTRUCTURAS



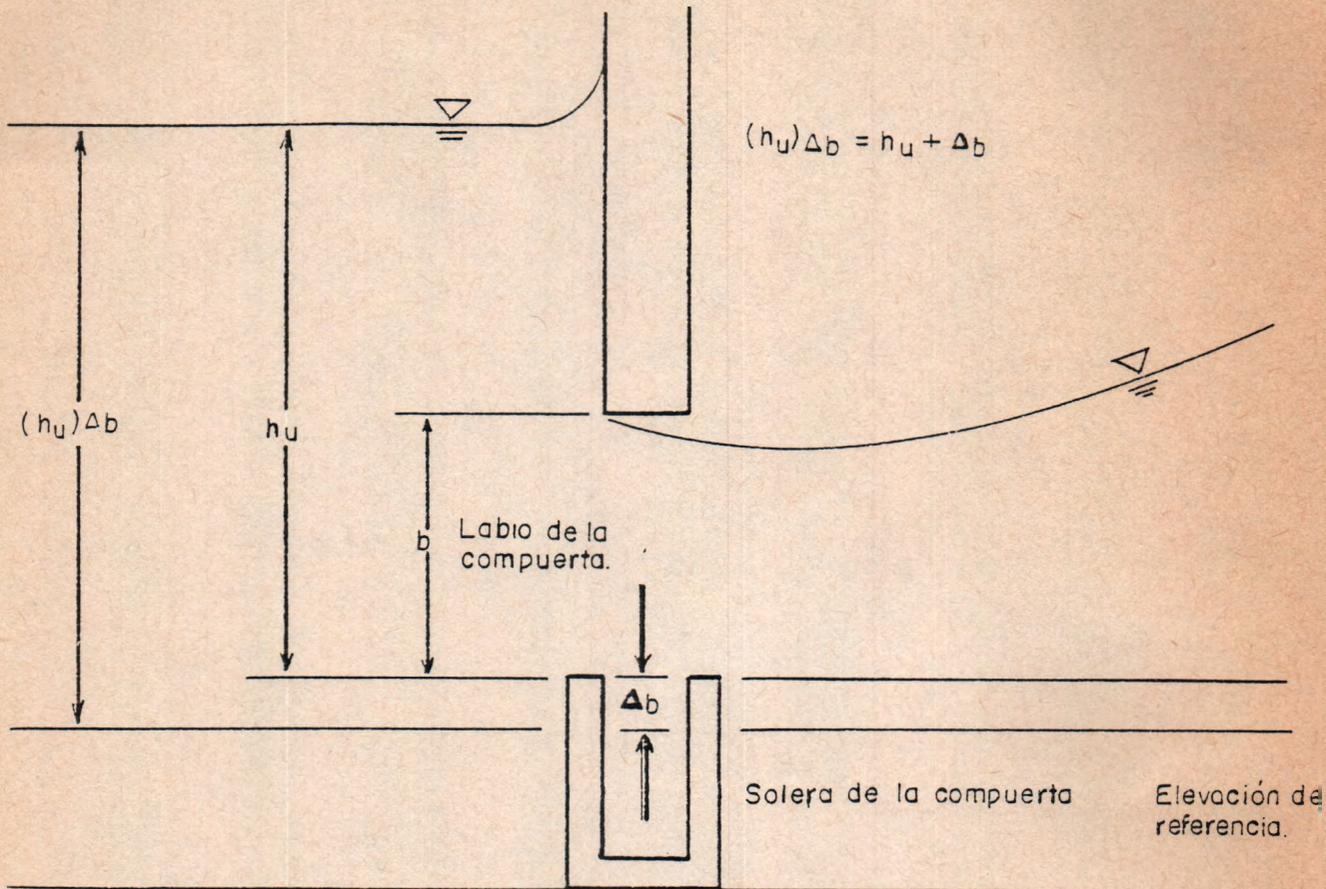
ELEVACION



PLANTA

ESC. 1:25  
DIMENSIONES EN METROS

ANEXO 15 COMPONENTES GEOMETRICOS EMPLEADOS PARA ESTABLECER  
LAS ECUACIONES DE CAUDAL EN LAS COMPUERTAS



Dibujo ilustrativo de la elevación de referencia para la abertura de la compuerta y el tirante aguas arriba, en una compuerta rectangular.

ANEXO No 17 HOJA DE AFOROS PARA EL CALCULO DEL CUADAL DERIVADO  
EL RECURSO LAS MONJAS

RIO: LAS MONJAS      DEPARTAMENTO : SONSONATE      FECHA : 4/11/NOV

REFERECIA : ACEQUIA      MUNICIPIO : NAHUIZALCO      NUMERO:  
LA MONJAS

SECCION: RECTANGULAR      CANTON : PUSHTAN/TAJCUILUJLAN      HORA:

AFORADOR : GURLEY      PRUEBA DE GIRO 40 EN 40      OBSERVADOR A.G.G.  
No 622

NUMERO DE VERTICAL VERTICAL	DISTANCIA MTS	INTERVALO ENTRE VERTICAL	PROFUNDIDAD MTS	REVOLUCIONES	TIEMPO SEG	VELOCIDAD MTS/SEG	AREA MTS2	CAUDAL MTS3 SEG
0	0.00	0.00	0.00	0	0	0.000	0.000	0.0000
1	0.60	0.60	0.20	17	45	0.2612	0.120	0.0313
2	1.20	0.60	0.20	16	45	0.2456	0.120	0.0295
3	1.80	0.60	0.19	22	45	0.3368	0.114	0.0384
4	2.40	0.60	0.18	24	45	0.3656	0.108	0.3950
5	3.00	0.60	0.25	26	45	0.3955	0.150	0.5930
6	3.60	0.60	0.35	28	45	0.4262	0.210	0.0895
7	4.00	0.40	0.00	0	0	0.0000	0.000	0.0000

CUADAL M3/SEG

0.288

AREA M2

2.031

VELOCIDAD MEDIA MTS/SEG

0.822

## ANEXO No 16 HOJA DE AFOROS PARA EL CALCULO DEL "ROLLO DE AGUA"

RIO: LAS MONJAS      DEPARTAMENTO : SONSONATE      FECHA : 4/11/NOV

REFERENCIA : ACEQUIA      MUNICIPIO : NAHUIZALCO      NUMERO:  
LA MONJAS

SECCION: RECTANGULAR      CANTON : PUSTAN/TAJCUILUJLAN      HORA:

AFORADOR : GURLEY      PRUEBA DE GIRO 40 EN 40      OBSERVADOR A.G.G.  
No 622

NUMERO DE VERTICAL VERTICAL	DISTANCIA MTS	INTERVALO ENTRE VERTICAL	PROFUNDIDAD MTS	REVOLUCIONES	TIEMPO SEG	VELOCIDAD MTS/SEG	AREA MTS2	CAUDAL MTS3 SEG
0	0.00	0.20	0.00	0	0	0.000	0.000	0.0000
1	0.20	0.20	0.12	45	40	0.7477	0.040	0.0299
2	0.40	0.20	0.12	45	40	0.7477	0.040	0.0299
3	0.60	0.20	0.12	0	0	0.0000	0.040	0.0000

CUADAL M3/SEG

0.60

AREA M2

1.495

VELOCIDAD MEDIA MTS/SEG

0.120

ANEXO No 18

FORMATO DE INVENTARIO PARA OBTENER  
INFORMACION DE LAS OBRAS Y FRECUENCIAS DE  
SU USO EN LA RED DE RIEGO

---

TIPO DE OBRAS	UNIDAD	CANTIDAD TOTAL	FRECUENCIA
------------------	--------	-------------------	------------

---