

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**OPERACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA EN  
EL MODULO DE RIEGO No. XIV "SANTA TERESA" EJIDO  
LUCHANAS, SAN PEDRO COAH.**

**P O R**

**LIMBER OLAN CORDOVA**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**Torreón, Coahuila**

**Diciembre de 2009**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

OPERACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA EN EL  
MODULO DE RIEGO No. XIV "SANTA TERESA" EJIDO  
LUCHANAS, SAN PEDRO COAH.

TESIS PRESENTADA POR:

LIMBER OLAN CORDOVA

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

APROBADA POR:

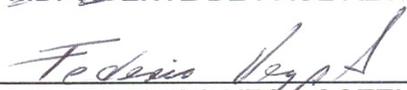
ASESOR PRINCIPAL:

  
M.C. CARLOS EFREN RAMIREZ CONTRERAS

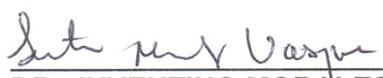
ASESOR:

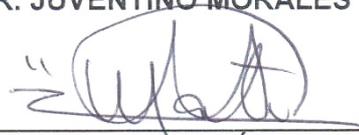
  
Ph.D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA

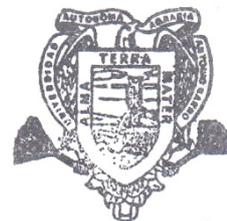
ASESOR:

  
M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

ASESOR:

  
DR. JUVENTINO MORALES VASQUEZ

  
M.C. VICTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS  
AGRONÓMICAS



Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila

Diciembre de 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA

OPERACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA EN EL  
MODULO DE RIEGO No. XIV "SANTA TERESA" EJIDO  
LUCHANAS, SAN PEDRO COAH.

TESIS PRESENTADA POR:

LIMBER OLAN CORDOVA

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

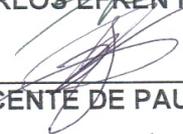
INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

COMITÉ EVALUADOR:

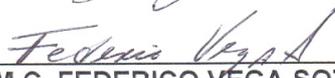
PRESIDENTE:

  
M.C. CARLOS EFREN RAMIREZ CONTRERAS

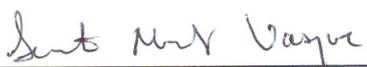
VOCAL:

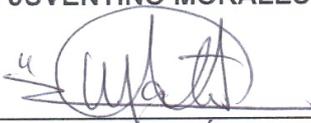
  
Ph.D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA

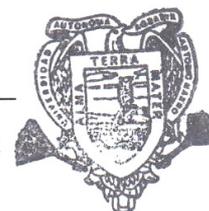
VOCAL:

  
M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

VOCAL:

  
DR. JUVENTINO MORALES VASQUEZ

  
M.C. VICTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS  
AGRONÓMICAS



Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila

Diciembre de 2009

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente doy gracias a Dios por darme la vida y no desampararme en ningún momento, y la fuerza para seguir superándome.

A mis padres María Cruz Córdova Alcudia y Daniel Jacinto Olan Moreno (qepd), por la educación que me dieron y valores que me inculcaron, aunque a veces parecían severos al final rindieron sus frutos.

A mis hermanos: Cronos, Marilú, Débora, Abraham, Daniel, Mauricio, David, Eddy, por ser una familia tan linda y brindarme su apoyo, principalmente a Jairo por depositar en mi su confianza y apoyo incondicional, gracias.

A mi esposa por su compañía y apoyo y especialmente a mi bebe por ser mi motivo para seguir adelante y fuente de inspiración.

A mis abuelos Onésimo Córdova C. y Manuela Alcudia por sus sabios consejos y su apoyo, de igual manera a mis tíos y primos que en lapsos de mi vida fueron un gran apoyo para mi familia.

A mis compañeros y amigos: Hever, Julio, Jesús, Nereida, Domingo y principalmente a los Ing`s. Fabiel Vázquez Cruz y Guillermo Pérez Marroquín, gracias por su amistad, cariño y apoyo incondicional para terminar la carrera y realización de este trabajo.

Al M.C. Carlos Efrén Ramírez Contreras, por confiar y creer en mí y apoyo dado cuando más lo necesitaba.

A mis asesores por su tiempo y paciencia en la revisión de este trabajo.

A mis profesores que durante la carrera me proporcionaron los conocimientos y herramientas necesarias para salir adelante y lograr mi formación profesional.

A todos mis amigos, que sería difícil nombrarlos a cada uno de ellos que saben quiénes son y lo mucho que los aprecio.

A todas las personas que de una forma u otra han tomado parte de mi vida...

**A TODOS USTEDES MIL GRACIAS...**

## **DEDICATORIAS**

Dedico este trabajo a mi madre María Cruz Córdova Alcudia y a la memoria de mi padre Daniel Jacinto Olan Moreno (qepd), que donde se encuentre sepa que la educación y valores que me inculco son la base de mi formación.

A mis hermanos Cronos, Marilú, Débora, Abraham, Jairo, Daniel, Mauricio, David y Eddy, que gracias a sus sacrificios, apoyo y esfuerzo pude terminar mis estudios.

A mi esposa e hijo, que le dieron un rumbo diferente a mi vida.

A mis abuelos que vean que no fue una pérdida de tiempo el dedicado a mis estudios.

A todas las personas importantes en mi vida, no importa que algunas ya no estén a mi lado, pero que siempre estarán en mi corazón.

## RESUMEN

En la comarca lagunera existe una limitación en cuanto a la disponibilidad de agua para fines de riego, a pesar de ello, la mala distribución del recurso existente es inadecuada debido a la mala operación, ya sea por la mala distribución, conducción o aplicación en los cultivos.

El estudio fue realizado en el modulo de riego XIV "Santa Teresa" el cual tiene sus oficinas ubicadas en el ejido Luchanas, San Pedro de las Colonias Coahuila.

En este se trabajo realizaron una serie de actividades dentro del modulo como fueron: medición de superficies, aforos, cálculos de eficiencia (conducción, operación y aplicación) y laminas de riego, avance de riego, y se realizo un mosaico de cultivos.

En dichas actividades se utilizaron aparatos de medición tales como el GPS, Molinete Electrónico, flexómetro y estadal, así como software para el procesamiento de datos como el ArcView.

La medición de superficie se realizo georeferenciando las coordenadas UTM en cada vértice de las parcelas para luego unirlos en el ArcView y formar los polígonos, en los aforos se utilizo el Molinete Electrónico con el cual se mide la velocidad del agua.

Los resultados obtenidos revelan que no existe un control en la operación del modulo de riego, porque no existe control en la medición de superficie ni en la entrega de agua a los usuarios lo que provoca que no se tenga el avance de riego programado.

**Palabras clave: operación, transferencia de tecnología, aforos, usuarios.**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Paginas
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>i</b>
<b>DEDICATORIAS</b> .....	<b>iii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>iv</b>
<b>INDICE DE CONTENIDO</b> .....	<b>v</b>
<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	<b>vi</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
<b>III. OBJETIVO ESPECIFICO</b> .....	<b>3</b>
<b>IV. HIPOTESIS</b> .....	<b>3</b>
<b>V. REVISION DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
5.1 Definición de un sistema de riego .....	3
5.2 Concepto de uso eficiente del agua .....	5
5.3 Eficiencia del uso del agua en los distritos de riego .....	6
5.4 Método para la medición de caudales .....	9
5.5 Calidad del riego por superficie y de otros sistemas de riego.....	16
<b>VI. MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>16</b>
6.1 Características físico-geográficas del módulo XIV “Santa Teresa” .....	17
6.2 Patrón de cultivo.....	20
6.3 Red de canales que irrigan el Modulo XIV “Santa Teresa” .....	20
<b>VII. RESULTADOS</b> .....	<b>22</b>
8.1 Diagnóstico integral del módulo XIV “Santa Teresa” .....	22
8.2 Transferencia de tecnología .....	36
<b>VIII. CONCLUSIONES</b> .....	<b>39</b>
<b>IX. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>40</b>
<b>X. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>42</b>

## INDICE DE CUADROS.

No.	Contenido	Página
1	Factor de corrección de velocidad. . . . .	11
2	Patrón de cultivos del modulo XIV "Santa Teresa". . . . .	20
3	Superficies medidas (ha.) en el modulo XIV "Santa Teresa". . . . .	23
4	Aforos en canales del modulo XIV "Santa Teresa". . . . .	23
5	Perdidas de agua por infiltración en el modulo XIV "Santa Teresa". . . . .	25
6	Perdidas de operación parcelarias (lps), en el modulo XIV "Santa Teresa". . . . .	27
7	Parcelas de seguimiento. Modulo XIV "Santa Teresa". . . . .	28
8	Operación de las parcelas de seguimiento. . . . .	29
9	Características hidráulicas geométricas de las parcelas de seguimiento. . . . .	30
10	Información base para análisis. Modulo XIV "Santa Teresa". . . . .	31
11	Comportamiento de los gastos hidráulicos y eficiencias. Modulo XIV "Santa Teresa". . . . .	32
12	Volumen a diferentes niveles de operación. Modulo XIV "Santa Teresa". . . . .	32
13	Laminas a diferentes niveles de operación. Modulo XIV "Santa Teresa". . . . .	33
14	Parámetros de comportamiento. Modulo XIV "Santa Teresa". . . . .	33
15	Componentes del balance hidrológico. . . . .	34
16	Relatividad de los componentes del balance hidrológico. . . . .	35

## INDICE DE FIGURAS.

No.	Contenido	Página
1	Sección transversal de los canales (tierra y revestido). . . . .	12
2	Mapa del Modulo XIV "Santa Teresa". . . . .	19
3	Red de canales del modulo XIV "Santa Teresa". . . . .	21
4	Medición de superficies en el modulo XIV "Santa Teresa". . .	22
5	Aforo en regaderas en el Modulo XIV "Santa Teresa". . . . .	24
6	Curso de GPS. . . . .	37
7	Entrega de archivos digitalizados al gerente del modulo XIV "Santa Teresa". . . . .	38

## **I. INTRODUCCIÓN**

La transferencia del manejo y operación de los distritos de riego de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) a usuarios y productores agropecuarios, se realizó con el objetivo fundamental de obtener un mejor aprovechamiento del agua e infraestructura hidráulica. A partir de esta transferencia, se ha hecho un uso más eficiente del agua, sin embargo, se sigue presentando excesiva pérdida en el uso de agua en la agricultura.

Según el diagnóstico del Programa Nacional Hídrico, el sector agrícola de México utiliza casi el 80 por ciento del agua disponible en el país. Sin embargo, se estima que hay muchas extensiones de cultivos de riego, donde se hace un mal uso del vital líquido (más del 50 por ciento).

Esta situación no es diferente en el caso del módulo XIV "Santa Teresa", del distrito de riego 017, región lagunera de Coahuila y Durango, donde se pierde más de la mitad del agua destinada para riego.

La Asociación Civil de Usuarios del módulo XIV "Santa Teresa" reconoce que efectivamente existe un desperdicio considerable de agua en el uso agrícola, ocasionado principalmente por falta de financiamiento para acceder a sistemas de riego tecnificado, y la infraestructura utilizada que tiene más de 50 años de uso por lo que debe ser mejorada. Desafortunadamente la ampliación y modernización de la infraestructura hidráulica requiere de una cuantiosa inversión, superior a los recursos disponibles con las fuentes tradicionales de financiamiento. Además del problema del uso inadecuado del agua en los distritos de riego, existe la

problemática que reclama la modificación de la Ley de Aguas Nacionales para darle solución. El tema del agua se ha convertido en un problema grave para la seguridad nacional, ya que la escasez del vital líquido como consecuencia del mal aprovechamiento y uso podría causar inestabilidad social y limitar el desarrollo agropecuario. Por ello, debemos adquirir mayor conciencia de la necesidad de optimizar el uso del agua e implementar reglas jurídicas eficaces para su conservación y cuidado.

En la Asociación Civil de Usuarios del módulo XIV “Santa Teresa” es prioritario fomentar el uso eficiente y sustentable del agua en la producción agrícola. Se debe promover masivamente una cultura de uso eficiente y sustentable del agua en los distritos de riego, no mediante el incremento irracional de las cuotas para los usuarios sino a través de otras medidas como campañas intensivas de concientización e instalación de medidores para evitar el mal de uso del agua de riego.

## **II. OBJETIVOS**

Evaluar el manejo del agua por parte de la asociación de usuarios del módulo XIV “Santa Teresa”.

Transparentar las actividades que se realizan en el uso y manejo del agua en módulo de riego no. XIV “Santa Teresa” del distrito de riego 017 región lagunera.

### **III. OBJETIVO ESPECÍFICO**

Diagnosticar de manera particular los problemas que presenta el módulo de riego no. XIV “Santa Teresa” y dar alternativas de solución de acuerdo a su nivel de importancia y prioridad.

### **IV. HIPOTESIS**

El diagnóstico de la operación integral de la red de distribución del módulo XIV “Santa Teresa”, ejido Luchanas, San Pedro de las Colonias Coahuila, permitirá fomentar el uso eficiente y sustentable del agua en la producción agrícola.

### **V. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **5.1 Definición del Sistema de Riego.**

Un sistema de riego es un conjunto de componentes cuyo objetivo principal es conducir el agua desde la fuente de abastecimiento y lograr una distribución equitativa hacia los productores (Skogerboe y Merkley 1996), este puede ser dividido en cuatro subsistemas principales: fuente de abastecimiento, conducción, distribución; aplicación parcelaria y drenaje. Los autores consideran que el subsistema parcelario es el “corazón” de un sistema de riego, debido a que en él se realiza la función primaria del sistema, producir alimentos tanto para humanos como animales. En este concepto, los subsistemas de suministro fuentes, conducción-distribución y drenaje apoyan al subsistema parcelario. Definición

netamente física, los autores señalan que aún cuando los cuatro subsistemas de riego hayan sido adecuadamente diseñados, falta un marco institucional y tecnológico adecuado para la operación del mismo. El criterio del diseño, conducirá a su falla, o a niveles bajos de productividad. Un sistema de riego es un arreglo por el cual el agua se lleva de una fuente a una área que necesita agua para la producción de los cultivos (Hunt, 1997). Además, el concepto de “tamaño” y “estructura de autoridad”, definiendo a la autoridad como el derecho legítimo de ejercer poder, respecto al “tamaño” menciona que es posible medirlo por el número de compuertas, superficie de riego y longitud de canales. En cuanto a la “estructura”, según él, se mide identificando la autoridad administrativa que incide en cada nivel de conducción-distribución del sistema de riego.

Las definiciones presentadas por Hunt (1997) y por Skogerboe y Merkley (1996) se consideran limitadas ya que solo identifican componentes físicos del sistema (fuentes, canales, drenes y parcelas) y no-físicas como la organización y estructura de autoridad. Con el fin de lograr una mejor definición del sistema de riego, de manera que se pueda identificar su sustentabilidad, se definirá como sistema de producción bajo riego aquel cuyos componentes principales son: la infraestructura de riego-drenaje, parcelas de los usuarios y los usuarios mismos. En esta concepción, el componente hombre, usuario, es el componente principal, debido a que un sistema de producción bajo riego, deja de ser sistema si no existen los usuarios. Los sistemas de riego, como sistemas de producción han sido creados para satisfacer las necesidades de los usuarios. En esta concepción,

si no se logra hacer entender al usuario, a través de una capacitación integral (económica, social y ambiental) que él es el componente más importante, del sistema, difícilmente se puede lograr la sustentabilidad del mismo. En sentido contrario, cuando se logra su convencimiento, el hombre comienza a ver a la infraestructura hidroagrícola y las parcelas como un medio para lograr una satisfacción plena.

## **5.2 Concepto de uso eficiente del agua**

El Concepto de **“uso eficiente del agua”** incluye cualquier medida que reduzca la cantidad de agua que se utiliza por unidad en cualquier actividad, y que favorezca el mantenimiento o mejoramiento de la calidad de agua (Joseph, 1981).

El uso eficiente del agua está relacionado con otros conceptos básicos del manejo actual de recursos ambientales, y en muchos casos forma parte integral de ellos. De estos conceptos relacionados, tal vez el más arraigado es el de conservación del agua. Este concepto se ha definido de muchas maneras, pero tal vez el concepto de Baumann, 1979 sea el más correcto, o sea que el uso eficiente del agua es cualquier reducción o prevención de pérdida del agua que sea de beneficio para la sociedad. Visto de esta manera, el uso eficiente del recurso es de suma importancia para la conservación. La definición de conservación sugiere que las medidas de eficiencia deben tener sentido social, ambiental y económico, además de reducir el uso por unidad de actividad. Por último, el uso eficiente del agua es básico para el desarrollo sostenible (uso de los recursos de la tierra por

los habitantes de hoy) y asegurar que haya suficientes recursos para generaciones futuras. El uso eficiente de los recursos es una forma de alcanzar las metas del desarrollo sostenible.

### **5.3 Eficiencia de uso del agua en los distritos de riego**

La eficiencia en el uso del agua en los módulos de riego se integra por varios componentes, considerando las pérdidas desde su almacenamiento, conducción y aplicación a las parcelas. Es importante conocer como se definen estos componentes, así como la forma en que pueden mejorarse para lograr la optimización de este importante y escaso recurso, en la mayoría de las zonas agrícolas de México (Palacios, 1989).

En forma general, se define como eficiencia en uso de agua, la relación entre el volumen de agua utilizado con un fin determinado y volumen extraído o derivado de una fuente de abastecimiento con ese fin, (Burman, et al., 1981).

Expresado en forma funcional se tiene:

$$E_f = \frac{V_u}{V_e} 100 \quad (1)$$

Donde;

$E_f$  = Eficiencia

$V_u$  = Volumen utilizado,  $m^3$

$V_e$  = Volumen extraído de la fuente de abastecimiento,  $m^3$

Para el caso, se hará referencia a la eficiencia en uso de agua para riego, por lo que la eficiencia general se puede dividir en varios componentes, siguiendo la propuesta de la Comisión Internacional de Riego y Drenaje, (Burman, et al., 1981). Las causa de baja eficiencia en los sistemas de riego por gravedad son muy diversas. Realizando mediciones en algunos de los sistemas de riego más importantes de México (Palacios, 1990), concluyó que los principales orígenes son los siguientes:

### **Eficiencia de almacenamiento**

La eficiencia de almacenamiento, relación entre el volumen que se deriva para riego ( $V_d$ ), entre el volumen que entra a un vaso de almacenamiento ( $V_e$ ) para el mismo fin:

$$Es. = \frac{V_d}{V_e} 100 \quad (2)$$

Donde; Es = Eficiencia de almacenamiento

$V_d$  = Volumen derivado para riego  $m^3$

$V_e$  = Volumen del vaso de almacenamiento  $m^3$

### **Eficiencia de conducción**

La eficiencia de conducción, es decir entre almacenamiento y sistema de distribución a nivel parcela, oscila alrededor del 60%. Se ha identificado que las principal causa de pérdida son: pérdida por operación y pérdida por infiltración.

La eficiencia de conducción, relación entre el volumen de agua que se entrega a las parcelas para riego ( $V_p$ ) y volumen que se deriva de la fuente de abastecimiento ( $V_d$ ):

$$E_c = \frac{V_p}{V_d} 100 \quad (3)$$

Donde;

$E_c$  = Eficiencia de conducción

$V_p$  = volumen derivado a la parcela  $m^3$

$V_d$  = Volumen derivado de la fuente de abastecimiento  $m^3$

En esta eficiencia existe otro factor que repercute en el buen funcionamiento de la red de conducción de los canales que es: la evaporación.

### **Pérdidas por operación**

Estas pérdidas se producen debido al mal estado que se encuentran las estructuras localizadas en los canales: represas, compuertas, tomas, los cuales carecen de mantenimiento, tanto por parte del personal que labora en el modulo como por parte de los usuarios del agua para riego.

### **Pérdidas por infiltración**

Estas pérdidas se presentan principalmente en las regaderas o acequias de tierra sobretodo en zonas arenosas, las de mayor importancia dependen del perímetro mojado, longitud del canal, coeficiente de infiltración, carga hidráulica y la estructura del suelo.

$$P_i = \frac{V_a}{V_d} 100 \quad (4)$$

Donde;

Pi= Perdida por infiltración

Va= volumen de agua entregado en la parcela m<sup>3</sup>

Vd= volumen de agua derivada de la boca toma m<sup>3</sup>

### **Eficiencia de aplicación**

La eficiencia de aplicación de agua podemos definirla como la relación que existe entre la evapotranspiración del ciclo del cultivo (et) y volumen de agua que fue aplicado. Se puede expresar con la siguiente fórmula:

$$Ea. = \frac{Et}{Va} 100 \quad (5)$$

Donde;

Ea= Eficiencia de aplicación

Et= Evapotranspiración

Va= volumen de agua aplicado

### **5.4 Métodos para la medición de caudales**

El aforo es una actividad que se realiza para conocer la cantidad de agua que pasa a través de cierta sección de un canal en un determinado momento, consiste en medir la velocidad del agua y dimensiones de la sección por la cual circula el agua (USDA, 2000).

El aforo de agua es importante para:

1. Confirmar la ejecución del plan de operación.

2. Cobrar la tarifa volumétrica, según el volumen de agua entregado.
3. Evaluar el manejo del agua.

Los métodos más utilizados para medir caudales de agua en los diferentes sistemas de riego, son (USDA, 2000):

1. Método del Flotador
2. Método Volumétrico
3. Método Sección – Velocidad utilizando el molinete

### **Método del flotador**

Se utiliza en canales y acequias, proporciona solo una medida aproximada de los caudales; su uso es limitado debido a que los valores que se obtienen son estimativos del caudal, siendo necesario el uso de otros métodos de mayor precisión. El método consiste en seleccionar un tramo del canal que sea recto y de sección transversal uniforme, de alrededor de 10 metros de largo, donde el agua fluye libremente. Se marca en el terreno la longitud seleccionada y se toma el tiempo que tarda el flotador en llegar, con el fin de conocer la velocidad que lleva el agua en esa sección (USDA, 2000).

### **Determinación de la velocidad.**

Para conocer la velocidad del agua, se divide el largo de la sección elegida, por el tiempo promedio en que tarda el flotador en recorrerla, expresado en metros por segundos, multiplicada por un factor de corrección cuadro 1, el cual es función de la profundidad promedio del canal (USDA, 2000).

$$V = \frac{L}{t} K = (\text{m/s}) \quad (1)$$

Donde;

V = Velocidad del agua en el caudal (m/s)

L = Longitud del recorrido del flotador (m)

t = Tiempo promedio del recorrido del flotador (s)

K = Coeficiente de corrección de la velocidad (Cuadro 1)

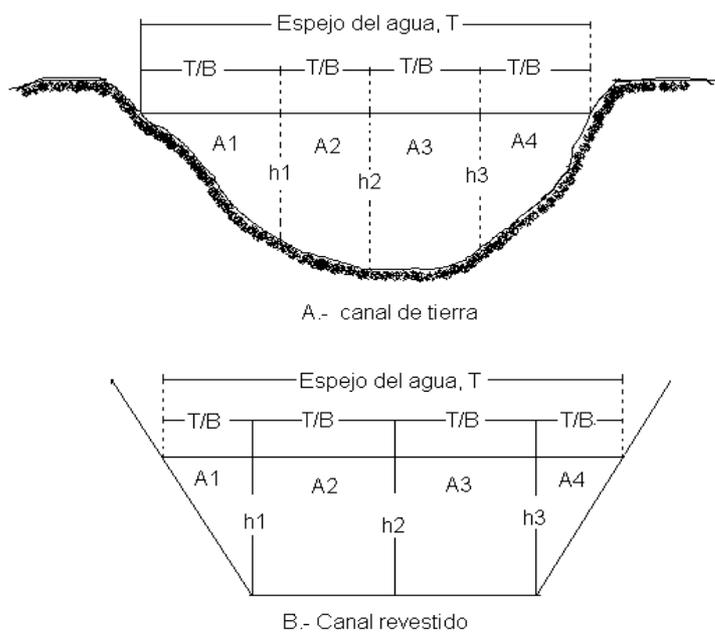
**Cuadro 1. Factor de corrección de velocidad.**

TIRANTE	
(m)	K
0.30	0.66
0.61	0.68
0.91	0.70
1.22	0.72
1.52	0.74
1.83	0.76
2.74	0.77
3.66	0.78
4.57	0.79
Mayor que 6.1	0.80

### **Determinación del área del canal.**

En la determinación del área de acequias o canales de tierra se tienen que seccionar debido a que la sección construida no es uniforme, por lo tanto se divide en varios segmentos iguales, de tal forma que se tenga una serie de figuras

geométricas consistentes en triángulos, trapecios y rectángulos, cuyos lados estarán dados por la profundidad (h) del agua y por la longitud del segmento (T/B). De la misma manera para un canal revestido, este se divide en varios segmentos iguales, formando una serie de figuras geométricas, en la mayoría de los canales revestidos solo se forman triángulos y rectángulos cuyos lados están formados por la profundidad (h) del agua y longitud del segmento (T/B), tal como se muestra en la figura 1 (USDA, 2000).



**Figura 1. Sección transversal de los canales de tierra y revestido.**

Determinación del área total para canales o acequias

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = (m^2) \quad (2)$$

En un canal de tierra es:

(3)

$$A = \frac{(T/Bh_1)}{2} + \frac{(h_1 + h_2)T/B}{2} + \frac{(h_2 + h_3)T/B}{2} + \frac{(T/Bh_3)}{2}$$

Para un canal revestido es:

$$A = \frac{(T/Bh_1)}{2} + T/Bh_2 + T/Bh_3 + \frac{(T/Bh_3)}{2} \quad (4)$$

Donde:

A = Área total del canal (m<sup>2</sup>)

T = Ancho del espejo del agua (m)

B = Numero de segmentos en que se divide el  
espejo del agua (m)

h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub>, h<sub>3</sub> = Son los tirantes o profundidades (m)

### **Método por volumen.**

Método que permite medir pequeños caudales de agua, como son los que ocurren en surcos o pequeñas acequias. Para ello es necesario contar con un depósito (balde), de volumen conocido en el cual se capta el agua, anotando el tiempo en que se tarda en llenarse. Esta operación se repite de 5 a 10 veces y se promedia, para asegurar una mayor exactitud. Dividiendo el volumen de agua captado en el recipiente, entre el tiempo (en segundos) que demora en llenarse, se obtiene el caudal en litros por segundo, (INRENA, 2005).

La ecuación para calcular el caudal por el método volumétrico es la siguiente:

$$Q = \frac{\text{Vol.}}{t} = (\text{lps}) \quad (6)$$

Donde;

Q = Caudal (lps)

Vol. = Volumen conocido del recipiente (litros)

t = Tiempo promedio de recolección del agua en el balde (segundos)

Aunque simple, es el método de mayor exactitud.

### **Método Sección – Velocidad utilizando el molinete digital**

Otra forma de aforar, es a través de molinetes, con los cuales se mide la velocidad del agua en el canal de riego. En este caso, se utiliza el método de área, A, y Velocidad, V, para medir el caudal, Q, en un canal se utiliza la ecuación:

$$Q = VA = (\text{m}^3/\text{s}) \quad (7)$$

Donde;

Q = Caudal ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

V = Velocidad (m/s)

A = Área de canal ( $\text{m}^2$ )

En caudal grande, la sección hidráulica del canal se divide en varias sub áreas (Figura 1), y en cada una se aplica la ecuación (7). Una vez hecho lo anterior, el caudal del canal será la suma de cada uno de los resultados de las subáreas, para medir la velocidad en cada una de las subáreas, existen diferentes formas de hacerlo:

### **Método de la velocidad vertical**

El método más completo para establecer la velocidad media en una sección vertical y consiste en registrar la velocidad del agua en varios puntos a través de la profundidad del agua (generalmente a cada décimo de la profundidad). Se grafica la información, poniendo la velocidad relativa (de 0 a 1) en el eje de las x's, y la velocidad en las y's, a través de lo cual se determina la velocidad promedio. Este método se repite para cada una de las subáreas, por lo que se consume mucho tiempo, de tal manera que a menudo se utilizan otros métodos más sencillos como: el de dos puntos y seis décimos.

### **Método de los dos puntos**

Consiste en medir la velocidad del agua en cada una de las subáreas a 0.2 y 0.8 es decir a 2 y 8 decimas partes del total de la profundidad del agua a partir de la superficie de esta. Se supone que el promedio de ambas lecturas equivale a la velocidad media del agua en toda la subárea.

### **Método de los seis décimos**

Utilizado en canales cuya profundidad es menor a los 75 cm. Consiste en medir la velocidad a 0.6 de la profundidad, a partir de la superficie del agua. Se considera que la velocidad registrada equivale a la velocidad media del agua en la subárea. Frecuentemente, se utiliza este método en las subáreas de las orillas, mientras que el de dos puntos se usa en el resto de las subáreas (USDA, 2000).

## **5.5 Calidad del riego por superficie y de otros sistemas de riego**

Es una opinión generalizada que los sistemas de riego por superficie tienen una calidad o eficiencia muy baja. Incluso se les acusa frecuentemente de "despilfarrar" agua. La conclusión sobre la uniformidad y eficiencia de los distintos sistemas de riego en general es muy similar. Se puede concluir que cuando el riego por superficie se adapta a las condiciones, su calidad es cuando menos similar a la de los demás sistemas de riego (Playán, et al., 1996).

La comparación entre la eficiencia media e ideal revela que existe importante diferencia en algunos sistemas de riego, entre ellos el riego por superficie. Esto indica que cuando un sistema de riego es bien adaptado a unas condiciones particulares de topografía, suelo, suministro de agua y cultivos su eficiencia depende básicamente del nivel de manejo. Esto muestra una vez más la importancia de realizar una buena elección del sistema de riego, diseñado que tenga el potencial de alcanzar una elevada eficiencia y manejo que desarrolle todo su potencial. En ocasiones el riego por superficie no está adaptado al terreno y se alcanzan eficiencias muy inferiores, por debajo del 50% (Playán, et al., 1996).

## **VI. MATERIALES Y METODOS**

Para conocer la operación integral de la red de distribución del módulo XIV "Santa Teresa", ejido Luchanas, San Pedro de las Colonias Coahuila, se utilizaron diferentes aparatos de medición.

Los materiales que se utilizaron para el cálculo de los aforos de eficiencia de la red de conducción, son los que continuación se mencionan y describen, molinete digital (sigma sport), estadal, cinta métrica y cronometro.

- *Molinete digital*, función, obtención de la velocidad.
- *Estadal*, para obtener los tirantes y para seccionar el canal.
- *Cinta métrica*, para medir el espejo del agua.

El método utilizado para los aforos, fue el método de sección y velocidad, descrito anteriormente en la revisión de literatura.

Para la medición de superficie se utilizó el *GPS* y para la digitalización de la información se usaron imágenes satelitales. Utilizando en la medición las coordenadas *UTM*, se tomaron las coordenadas en cada uno de las vértices de las parcelas que fueron regadas con agua del rio, las cuales se descargaron en un programa de información geográfico el *Arcview*, donde se unieron los puntos conforme fueron tomados en el campo, para formar los polígonos de las parcelas.

### **6.1 Características físico-geográficas del modulo XIV “Santa Teresa”**

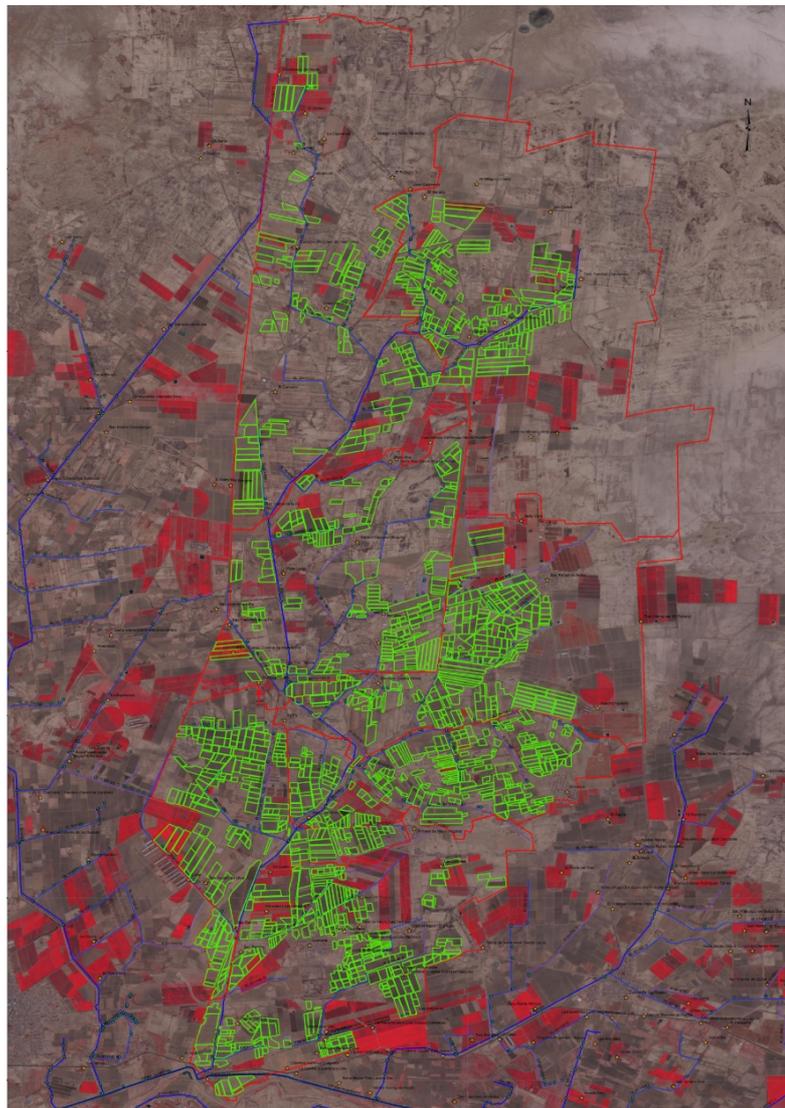
En este apartado se describen tres niveles de información (1) Descripción climatológica, (2) Localización del área de estudio, y (3) Descripción de las unidades de muestreo.

### **Descripción climatológica**

El clima característico de esta región es cálido seco, temperatura media anual de 20.8<sup>0</sup>C, y una precipitación media anual de 253 mm. La primera helada se ha registrado en el mes de Octubre y la ultima en Abril, cabe señalar que hay registros de heladas en el mes de Mayo.

### **Localización del área de estudio**

Se encuentra ubicado dentro del municipio de San Pedro de las Colonias al Suroeste del estado de Coahuila en las coordenadas 25°47'25.47'' latitud norte y 103°11'41.88'' longitud oeste, 1120 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte y noroeste con el municipio de Cuatrociénegas, Coahuila, este y sureste municipio de Parras de la Fuente, Coahuila, al sur con el municipio de Viesca, Coahuila, al suroeste con el municipio de Matamoros, Coahuila y al noroeste con el municipio de Francisco I. Madero, Coahuila. En la figura 2 se muestra los límites del modulo XIV con una líneas rojas, y las pequeñas figuras que se distinguen en color verde son los polígonos de las parcelas regadas con agua del rio Nazas en el ciclo agrícola 2007-2008.



**Figura 2. Mapa del Módulo XIV “Santa Teresa”.**

### **Descripción de las unidades de muestreo**

Se trabajó integralmente, tomando como base el balance hidrológico, partiendo de la unidad básica de manejo que en lo sucesivo se llamó tabla o unidad de muestreo, definida como aquella área en donde se establecen los

cultivos y es objeto de recomendación en el mejoramiento de las características hidráulico-geométricas.

## 6.2 Patrón de cultivo

El cultivo predominante es el algodón con un 51.39% del total de la superficie, le sigue sorgo 25.89 %, maíz 15.94%, hortalizas 3.38%, nogal 3.11% y alfalfa únicamente 0.27%, como se observa en el Cuadro 2.

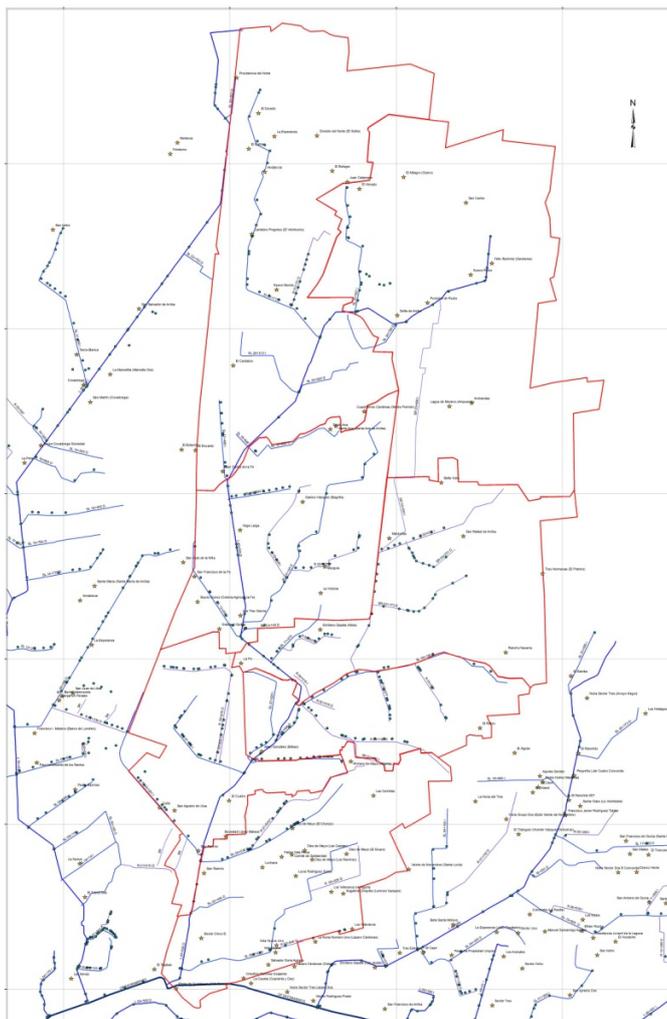
**Cuadro 2. Patrón de cultivos del módulo XIV “Santa Teresa”**

CULTIVO	SUPERFICIE (ha)
Algodón	2,277.74
Sorgo	1,147.79
Maíz	706.52
Hortalizas	149.91
Nogal	137.81
Alfalfa	12.41
Total	4,432.18

## 6.3 Red de canales que irrigan el módulo XIV “Santa Teresa”

La conducción del agua se realiza a través de canales, siendo el canal principal que abastece al módulo el canal lateral 40+026 izquierdo y del cual se

derivan los canales secundarios los cuales son sublaterales, que a su vez se dividen en otros más pequeños que son los ramales y subramales, la red de canales del módulo XIV se encuentra distribuida como se muestra en la figura 3.



**Figura 3. Red de canales del módulo XIV “Santa Teresa”**

## **VII. RESULTADOS**

### **7.1 Diagnostico integral del modulo XIV “Santa Teresa”**

Para obtener la información fue necesario realizar una serie de actividades, las cuales se desarrollan a continuación al igual que la información que se derivó de ellas.

#### **Medición de superficie preparada y regada**

Una de las actividades que se realizó en el período de estudio, fue la medición de superficie regada, utilizando un sistema de Posicionamiento Global para georeferenciar los polígonos de superficie regada e imagen de satélite (figura 4). El Módulo tiene un programa de riego de 3,596 ha, sin embargo la superficie regada medida fue de 4,432 ha teniendo un excedente de 836 ha representando el 23.3 por ciento respecto a lo programado. En el Cuadro 3 se presenta la superficie regada medida.



**Figura 4. Medición de superficies en el módulo XIV “Santa Teresa”**

**Cuadro 3.- Superficie medida (ha.) En el módulo XIV, “Santa Teresa”.**

Sección	Programada (ha)	Medida (ha)	Diferencia (ha)
75	675	919	244
76	556	807	251
77	664	624	-40
78	467	727	260
79	554	631	77
80	680	726	46
Total	3,596	4,432	836

**Aforos en puntos de control**

Se realizaron aforos en los puntos de inicio de canales principales de los cuales se hizo entrega al personal del módulo y Jefe de Unidad respectivo. En el Cuadro 4 se muestran los aforos (Q) en punto de inicio y final del canal en litros por segundo.

**Cuadro 4.- Aforo en canales del módulo XIV, Santa Teresa.**

Lateral	SubLateral	Ramal	Toma	QInicial(lps)	QFinal(lps)
40+026 I	00+700 D	05+310 D	00+335 D	320	300
40+026 I	04+030 D	00+000	01+220 I	150	140
40+026 I	00+000	00+000	03+500 I	380	360
40+750 D	00+000	00+000	40+750 D	90	80
40+026 I	00+000	00+000	08+985 I	350	330

40+026 I	00+000	00+000	09+970 D	110	100
40+026 I	09+785 D	00+183 D	00+020 D	200	190
40+026 I	09+725 D	03+853 D	00+020	280	250
40+026 I	09+785 D	00+000	03+900 D	210	190
40+026 I	09+785 D	00+000	04+611 D	120	100
40+026 I	09+785 D	03+853 D	00+000	200	190
40+026 I	09+785 D	03+853 D	01+490 D	130	110
40+026 I	07+095 I	00+000	00+020 I	630	540
40+026 I	09+785 D	02+070 I	00+000	290	270
40+026 I	09+785 D	02+070 I	00+442 D	340	320

### Eficiencia de conducción

Se determino la eficiencia de conducción ( $E_{fc}$ ), pérdida de agua por conducción ( $Q_{perd}$ ). Encontrandose una eficiencia de conducción a nivel de módulo de 76.5 por ciento y una pérdida por infiltración para canales revestidos de 0.8 lps por cada 100 metros de canal y 1.4 lps /100m para regaderas parcelarias (fig. 5). En el Cuadro 5 se presenta la longitud y pérdida de agua por infiltración ( $Q_{perd}$ ) en el canal principal en el Módulo XIV.



Figura 5. Aforos en regaderas en el módulo XIV “Santa Teresa”

**Cuadro 5.-Pérdida de agua por infiltración en el módulo XIV “Santa Teresa”.**

Canal	Longitud Km	% De uso	Longitud Km	Qperd lps/100m	Lps
L.I. 40+026 C.P.S.	28.6	0.33	9.4	2.1	194
SL.D. 0+410 L.I. 40+026 C.P.S.	1.4	0.33	0.5	0.8	4
SL.D. 0+743 L.I. 40+026 C.P.S.	0.7	0.33	0.2	1.2	3
R.I. 2+273, SL.D. 0+755 L.I. 40+026	1	0.33	0.3	0.9	3
R.D. 2+836 SL.D. 0+755 L.I. 40+026	0.9	0.33	0.3	0.9	3
R.D. 5+326, SL.D. 0+755 L.I. 40+026	3.3	0.33	1.1	0.8	9
SL.I. 0+755, L.I. 40+026 C.P.S.	1.4	0.33	0.5	0.9	4
SL.I. 1+907, L.I. 40+026 C.P.S.	1.7	0.33	0.6	0.9	5
SLD 2+440, L.I. 40+026 C.P.S.	1.6	0.33	0.5	0.7	4
SLI 2+442, L.I. 40+026 C.P.S.	1.4	0.33	0.5	0.8	4
SLD 4+030, LI 40+026 C.P.S.	5	0.33	1.7	0.7	12
RI 1+543, SLD 4+030, LI 40+026	1.5	0.33	0.5	0.7	3
SLI 4+241, LI 40+026 C.P.S.	5.8	0.33	1.9	0.8	15
SLI 7+025, LI 40+026 C.P.S.	2.0	0.33	0.7	0.8	5
RD 0+802, SLI 7+025 LI 40+026	1.4	0.33	0.5	0.5	2
RD 0+970, SLI 7+025, LI 40+026	2.7	0.33	0.9	0.8	7
SLD 7+525, LI 40+026 C.P.S.	2.8	0.33	0.9	0.6	6
SLI 7+525, LI 40+026 C.P.S.	1.2	0.33	0.4	0.6	2
SLD 8+498, LI 40+026 C.P.S.	1.2	0.33	0.4	0.6	2
SLD 9+785, LI 40+026 C.P.S.	2.6	0.33	0.9	1.3	11
RD 0+183, SLD 9+785, LI 40+026	2.0	0.33	0.7	0.9	6
SRI 1+608, RD 0+183, SLD 9+785	1.4	0.33	0.5	0.7	3
RI 0+516, SLD 9+785, LI 40+026	0.9	0.33	0.3	0.7	2
RI 2+070, SLD 9+785, LI 40+026	6.7	0.33	2.2	1.2	26
SRD 2+190, RI 2+070 SLD 9+785	3.3	0.33	1.1	0.7	8

SRD 4+570, RI 2+070, SLD 9+785	2	0.33	0.7	1	7
RD 3+853, SLD 9+785, LI 40+026	2	0.33	0.7	0.8	5
SLD 11+475, LI 40+026 C.P.S.	2.1	0.33	0.7	0.8	6
RD 0+641, SLD 11+475, LI 40+026	3.3	0.33	1.1	0.8	9
SLI 12+698, LI 40+026 C.P.S.	2.8	0.33	0.9	0.9	8
SLD 13+145, LI 40+026 C.P.S.	3.2	0.33	1.1	1.3	14
RD 2+421, SLD 13+145, LI 40+026	3.3	0.33	1.1	1.1	12
SLD 16+884, LI 40+026 C.P.S.	2.5	0.33	0.8	0.6	5
SLI 17+488, LI 40+026 C.P.S.	2.5	0.33	0.8	0.6	5
SLD 18+654, LI 40+026 C.P.S.	2.7	0.33	0.9	0.7	7
SLD 20+920, LI 40+026 C.P.S.	1.1	0.33	0.4	0.6	2
SLI 22+713, LI 40+026 C.P.S.	8.4	0.33	2.8	1.1	30
RD 1+121, SLI 22+713, LI 40+026	1.2	0.33	0.4	0.7	3
SLI 23+927, LI 40+026 C.P.S.	1.5	0.33	0.5	0.8	4
SLD 24+765 LI 40+026 C.P.S.	4.2	0.33	1.4	0.9	12
RD 1+279, SLD 27+765, C.P.S.	1.2	0.33	0.4	0.8	3
SLD 25+899, LI 40+026 C.P.S.	4.1	0.33	1.4	0.8	11
SLD 28+525, LI 40+026 C.P.S.	2.1	0.33	0.7	0.7	5
Total	133.5		44.3	0.8	492.7
Regadera Parcelaria	130	0.33	42.9	1.4	600

Total 1092.7

En el Cuadro 6 se presenta la pérdida de operación registrada a nivel parcelario la cual presenta un promedio por canal de 4.4 lps.

**Cuadro 6.- Pérdida de operación parcelaria (lps), en el módulo XIV “Santa Teresa”.**

Regadera parcelaria	perdidas de operación (lps)
1	4.4
2	4.4
3	4.4
PROMEDIO	4.4

### **Evaluación de sistema parcelario**

Las parcelas de control que se tuvieron fueron las siguientes: parcela 1 maíz forrajero, parcela 2 algodón y parcela 3 algodón llamadas tablas de cultivo. Las tablas de cultivo fueron ubicadas en la sección 76, 77 y 78, que representan la zona baja, y media en los predios Santana, El Retiro y San Rafael; con una superficie correspondiente a 17.04, 20.07 y 22.09 ha. Respectivamente. Los sistemas de conducción parcelario son revestidos de cemento. La fecha de siembra fue 11 y 13 de abril y 23 de marzo. Al momento del riego las regaderas se encontraron libres de malezas. El número de riegos de auxilios aplicados fue el siguiente 3, 2 y 3. El canal de suministro fue el lateral 40+026 I.

### **Avances de Riego**

El avance de riego se realizó principalmente en las parcelas de control, considerando tres parcelas que como se mencionó fueron aprovechadas con los cultivos de maíz F. (1) y algodón (2, 3) a una densidad de población de 105,200,

102,277 y 109,000 pltas/ha con un rendimiento de 5.5, 5.5 y 4 ton/ha., (Estimado). En el mismo orden las variedades utilizadas fueron SB-347, DPSL442. El gasto promedio por riego de auxilio fue de 181 lps y se regaron las parcelas de 17.04 ha (Tabla I), 20.07 ha (Tabla II) y 22.09ha (Tabla III) en un tiempo de riego promedio de 78 horas por parcela. Los resultados se muestran en el Cuadro 7, donde Qb, gasto bruto o medido en la toma, antes de llegar a la parcela; Qn, gasto que llega a la parcela o gasto neto; tr, tiempo de riego en horas; Lr B, lámina de riego, que en realidad es una lámina que no es aplicada pero que su valor es importante en el balance de eficiencia; Lr N, a lámina de riego neta aplicada en la parcela.

**Cuadro 7.- Parcelas de seguimiento. Módulo XIV, Santa Teresa.**

RIEGO	TABLAS	Qb, (lps)	Qn, (lps)	tr (hr)	Lr B, (cm)	Lr N, (cm)
PRESIEMBRA	1	210	178	80	35.5	30.1
	2	195	165	90	31.4	26.6
	3	201	170	78	25.5	21.6
1er AUXILIO	1	210	160	70	31.1	23.7
	2	223	189	84	33.6	28.5
	3	319	270	75	38.9	33.0
2do AUXILIO	1	211	180	70	31.2	26.6
	2	215	169	89	34.3	27.0
	3	240	175	69	27.0	19.7
3er AUXILIO	1	240	170	70	35.5	25.1
	2	0	0	0	0.0	0.0
	3	183	170	68	20.3	18.8

### Operación de parcelas.

El proceso de la información del avance de riego, conduce al análisis de la operación de parcelas, resultando en el volumen de agua total utilizado en sus dos vertientes (bruta y neta, Vol B y Vol N; respectivamente) y lámina de riego acumulada o lámina total aplicada, también en forma bruta (Lr B) y en forma neta (Lr N), los valores se presentan en el Cuadro 8.

**Cuadro 8.- Operación de las parcelas de seguimiento.**

Tablas	Qb, lps	Qn, lps	Lr B acum cm	Lr N acum Cm	Vol B m <sup>3</sup>	Vol. N m <sup>3</sup>
I	218	172	133.3	105.5	227,064	179,784
II	211	174	99.4	82.1	199,410	164,761
III	236	196	111.7	93.1	246,765	205,722
promedio	221	181	115	94	224,413	183,422

Las características geométricas de las parcelas permiten definir el gasto unitario operado durante la fase del riego, el que éste influye en la eficiencia de riego. Un gasto unitario (Qu) máximo permisible conduce a una máxima eficiencia de aplicación del agua, los resultados obtenidos en esta fase se presentan en el Cuadro 9.

**Cuadro 9.- Características hidráulico-geométricas de las parcelas de seguimiento.**

Tablas	Largo Melga (m)	Ancho Melga (m)	Pendiente (m/m)	No Melgas regadas	Qu (lps/m)
I	213	20	0.000200	2	5.44
II	170	16	0.000827	2	6.59
III	150	43	0.001060	2	2.74

### **Análisis de la información**

En esta etapa el análisis se hizo considerando el proceso anterior. Los resultados de las parcelas de control se proyectan hacia el módulo y se incide en forma global en todo el módulo. Es importante resaltar que en la superficie que se tiene con el cultivo de maíz represento 15.94 % (706.52 ha) y el algodnero 51.39 % (2,277.7 ha. del total de seis cultivos que se siembran en el estado de Coahuila. El análisis se inicio considerando información base para la realización de inferencias a nivel de módulo, la cual se presenta en el Cuadro 10.

**Cuadro 10.- Información base para análisis. Módulo XIV, "Santa Teresa".**

Información	Cantidad
Días de operación del riego por ciclo agrícola	105
Volumen programado al módulo en el ciclo (m <sup>3</sup> )	51,957,000
Caudal promedio parcelario (lps)	181
Longitud Promedio de servicio (m)	880
Nº de Frentes de Riego por evento	24
Promedio Pérdidas de operación en regaderas parcelarias (lps)	4.4
Promedio Pérdidas de operación en canales revestidos (lps)	148

En esta evaluación se desglosaron la pérdida de operación y aportación de agua hacia los canales. El caudal parcelario neto promedio encontrado fue de 0.327 lps. Se consideraron 24 tomas cerradas que presentaron fugas y se realizaron algunos cálculos de salida utilizando la información base los cuales se presentan en el Cuadro 11.

**Cuadro 11.- Comportamiento del gasto hidráulico y eficiencia. Módulo XIV, Santa Teresa.**

Caudal promedio a nivel de punto de control en el módulo (lps)	5,727
Caudal promedio a nivel parcelario en el módulo (lps)	4,341
Pérdidas promedio de conducción (lps)	1,093
Pérdidas de operación en regaderas parcelarias (lps)	106
Pérdidas de operación en canales revestidos (lps)	148
Eficiencia de conducción total (%)	76.5

Se determinó el volumen a nivel de punto de control ( $V_r$ ) que se derivó a la parcela en el ciclo, volumen bruto ( $V_b$ ) determinado en las salidas de la tomas, Volumen Neto ( $V_n$ ) que entró a las parcelas y el volumen de evapotranspiración ( $V_{et}$ ) de los cultivos, estos resultados se presentan en el Cuadro 12.

**Cuadro 12.- Volumen a diferentes niveles de operación. Módulo XIV, Santa Teresa.**

	$V_r$ m <sup>3</sup> /ha	$V_b$ m <sup>3</sup> /ha	$V_n$ m <sup>3</sup> /ha	$V_{et}$ m <sup>3</sup> /ha
	13,776	13,325	10,551	7,000
	10,751	9,936	8,209	6,450
	13,624	11,171	9,313	8,600
Promedio	12,717	11,477	9,358	7,350

De los volúmenes aplicados y superficies aprovechadas, surgen las láminas aplicadas en sus diferentes niveles de operación, dichos valores se presentan en el Cuadro 13.

**Cuadro 13.- Láminas a diferentes niveles de operación. Módulo XIV, “Santa Teresa”.**

	Lr (m)	Lb (m)	Ln (m)	Et (m)
	1.38	1.33	1.06	0.700
	1.08	0.99	0.82	0.645
	1.36	1.12	0.93	0.860
Promedio	1.27	1.15	0.94	0.74

Respecto a los parámetros de comportamiento estos indican una eficiencia de aplicación (Efa) de 79 %, eficiencia de requerimiento (Ef req) de 100 % y eficiencia en uso del agua (Efua) de 58 % (Cuadro 14).

**Cuadro 14.- Parámetros de comportamiento. Módulo XIV, “Santa Teresa”.**

	Efa %	Ef req %	Efua %
	66	100	51
	79	100	60
	92	100	63
Promedio	79	100	58

Con el fin de determinar las pérdida de agua en la parcela, se calcularon los componentes del balance hidrológico en m<sup>3</sup>/ha. En el Cuadro 15 se presentan los valores para dichos componentes, en donde se observa que en promedio se derivan (Vr) a la parcela 12,717 m<sup>3</sup>/ha, de los cuales 3,359, y 2,008 m<sup>3</sup>/ha, se pierden por conducción (Vpercond), percolación profunda (Vperapl) y 7,350 m<sup>3</sup>/ha, por evapotranspiración (Vpet) de los cultivo de maíz y algodón respectivamente. En el cálculo de la evapotranspiración, se consideraron los valores de ETx para algodón 86 cm, valor reportado por Godoy (1990) y Etx para maíz forrajero de 70 cm, valor reportado por Faz, (1990). En el Cuadro 15, se observa el volumen de pérdida por conducción (Vpercond), 3,359 m<sup>3</sup>/ha lo cual representa el volumen por derivar a nivel de punto de control de módulo para que lleguen a la parcela los 9,358 m<sup>3</sup>/ha.

**Cuadro 15.- Componentes de Balance Hidrológico.**

	Vr (m <sup>3</sup> /ha)	Vpercond (m <sup>3</sup> /ha)	Vperapl (m <sup>3</sup> /ha)	Vpet (m <sup>3</sup> /ha)
	13,776	3,225	3,551	7,000
	10,751	2,542	1,759	6,450
	13,624	4,311	713	8,600
Promedio	12,717	3,359	2,008	7,350

Respecto a la relatividad de los componentes del balance Hidrológico, en el Cuadro 16 se observa que de cada 100 unidades que se derivan del punto del

control a nivel de módulo, se pierden, 26, 16 y 58 por conducción, percolación profunda y evapotranspiración respectivamente.

**Cuadro 16.- Relatividad de los componentes del Balance Hidrológico, Módulo XIV, Santa Teresa.**

	Vr (%)	Vpercond (%)	Vperapl (%)	Vpet (%)
	100	23	26	51
	100	24	16	60
	100	32	5	63
Promedio	100	26	16	58

La información indica que de 100 unidades entregadas al módulo en el punto de control 26,16 y 58 unidades se pierden por conducción, percolación profunda y evapotranspiración de los cultivos. De acuerdo al orden de pérdida observada primero (26) es necesario realizar inversión en el ámbito de la red de conducción, seguido de la necesidad (16) de realizar inversión en la capacitación a los regadores y transferencia de tecnología para el mejoramiento parcelario.

### **Actividades de gabinete**

En las actividades de gabinete se realizaron los reportes de aforo, se capturaron los aforos en el sistema de cómputo para calcular las eficiencias de conducción en los canales y se generaron los polígonos de superficie en base a las coordenadas que se obtuvieron previamente con el GPS y se identificaron

cada uno de los polígonos de acuerdo al cultivo que en ellos se establecieron, dando como resultado un mosaico de cultivos.

## **8.2 Transferencia de tecnología**

El análisis del diagnóstico obtenido permite notar claramente la falta de tecnología que existe, tanto para los usuarios del módulo como para el personal técnico que aquí labora.

Debido a esta problemática, hubo la necesidad de llevar a cabo cursos de capacitación a los usuarios del módulo XIV “Santa Teresa” sobre la utilización e importancia de aparatos que facilitan la medición tanto de las superficies de riego como de los gastos de agua en los canales.

### **Curso-taller de GPS**

El curso consistió en enseñarle a productores y personal técnico del módulo, la forma detallada de como utilizar el GPS para realizar las mediciones de sus predios, además de cómo georeferenciarlos en mapas, de esta manera ellos podrían tener un control y conocimiento de la superficie que realmente tienen de cultivo en sus parcelas.

Dentro del curso se les enseñó a usar el GPS, así como las situaciones en las que se puede utilizar: medición de superficies, medición de distancias, delimitación de terrenos, georeferenciar puntos a través de coordenadas.

Como práctica se les proporciono un aparato para que cada uno pudiera realizar una actividad de su interés, quedando ellos conformes con los resultados obtenidos, figura 6.



**Figura 6. Curso de GPS**

### **Curso-taller de Molinete Electrónico**

En el curso se enseñó a los productores agrícolas y personal técnico del módulo de riego, el molinete electrónico y su forma de utilizarlo, se les describió en forma detallada las partes y las funciones del molinete electrónico, y se les explico el procedimiento que se sigue para hacer los cálculos para obtener el gasto en los canales, y de esta manera poder estimar el volumen que les es entregado en sus parcelas.

Después de la presentación nos trasladamos a un canal que llevara agua, para que los productores pusieran en práctica lo visto en la presentación, resultando algunos muy conformes y contentos con el curso impartido.

Para concluir se llevo a los productores a un canal que llevara agua en el cual se les permitió usar el molinete para que ellos mismos aprendieran cómo usar el molinete para determinar gastos.

### **Digitalización de Información**

Se entregaron al modulo de riego XIV “Santa Teresa” mapas con la información recabada durante la realización de este trabajo (fig. 7).

Los mapas entregados contienen los polígonos de cada una de las parcelas que recibieron riego con agua del rio Nazas, además el mosaico de cultivos establecidos en el modulo, así como la red hidráulica que abastece dicho modulo de riego.



**Figura 7. Digitalización y Entrega de archivos al gerente del modulo XIV “Santa Teresa”**

## **VIII. CONCLUSIONES**

En base a los resultados obtenidos en este trabajo y condiciones bajo las cuales se realizo se puede concluir que la mala operación del módulo se debe a diversas situaciones las cuales se describen a continuación:

Estructuras de control en mal estado (compuertas y represas que no sellan) y en algunos casos la falta de estos.

Baja eficiencia de conducción principalmente en acequias de tierra y regaderas interparcelarias.

Canales con lozas quebradas, con azolve o basura.

Baja eficiencia de aplicación (mal manejo del agua por parte de los regadores).

Mala administración de los recursos del módulo

## **IX. RECOMENDACIONES**

Para terminar el proceso de transferencia, es necesario que las organizaciones de usuarios de riego cuenten con su “Plan Estratégico”, que les permita encausar sus decisiones a corto, mediano y largo plazo, en una sola visión. En la actualidad ningún módulo de riego cuenta con el plan estratégico. Para mejorar la sustentabilidad de los sistemas de riego, es necesario mejorar la autogestión, por lo que los estudios futuros deben enfocarse a medir la capacidad autogestora de las “asociaciones de usuarios”. Otra inquietud observada en los usuarios, es la necesidad de operar los sistemas de riego a niveles más altos, es decir, operar los canales principales, es evidente que la mayoría de los usuarios dentro de este módulo de riego, perciben en la actualidad a la C.N.A. como una entidad de cohesión, sin embargo, éste comportamiento limita el fortalecimiento de la autogestión; motivo por el cual es necesario preguntarse porque aún no se forman las Sociedades de Responsabilidad Limitada para operar la Red Mayor de canales.

Con respecto a los sistemas de riego evaluados en el modulo XIV “Santa Teresa” se sugiere realizar las siguientes acciones:

1. Implementar un programa capacitación hacia los tomadores de decisiones y técnicos del módulo, sobre un mejor control y uso del agua de riego.
2. La capacitación, en el diseño, manejo y operación de los sistemas de riego y la aplicación de la capacidad de autogestión de los mismos, deberá de ir de una visión empresarial (desarrollo vertical) hasta la integral (desarrollo

horizontal). Los temas a cubrir en tal capacitación podrían ser los siguientes: Planeación estratégica, mantenimiento y operación de los sistemas comunitarios (para técnicos y usuarios), organización de usuarios, desarrollo del concepto de cuencas hidrológicas, etc.

3. Implementación de un programa urgente de rediseño y rehabilitación de los sistemas de conducción interparcelarios, así como de rehabilitación de la red de canales de conducción de agua.
4. Implementación de un programa de mejoramiento en el manejo del agua de riego a nivel parcelario, contemplando la definición de la longitud, ancho y pendiente de melgas así como el caudal de agua, en función de las características propias de la parcela.
5. Con el fin de que exista un criterio de mejora continua, hacia la calidad total en el servicio al usuario, el modulo deberá de implementar la infraestructura necesaria de medición y control del agua de riego, para que a futuro, se aplique un criterio de entrega por volumen.

## **X. LITERATURA CITADA**

**Catalán V. E. 1998.** Guía de Riego (Caso Región Lagunera). CENID-RASPA-INIFAP

**Huerta, S. B. 2006.** Diagnostico y alternativas para el manejo eficiente de la agua de riego en predios de la Comarca Lagunera. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila: 66 p.

**Hunt, R. C.1997.** Sistemas de riego por canales: tamaño del sistema y estructura de la autoridad. En Antología sobre pequeño riego. Martínez Saldaña Tomas y Palerm Viqueira Jacinta, (editores). Colegio de Posgraduados, México.

**PALACIOS, V. E. 1972,** “Técnicas para la evaluación y mejoramiento de la operación de los distritos de riego”, Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados. Chapingo, México.

**PALACIOS, V. E. y EXEBIO, G. A. 1989.** Introducción a la Teoría de la Operación de Distritos y Sistemas de Riego. Edit. Colegio de Posgraduados, Montecillo, México, 1989. [www.chapingo.mx/anei/CongIntSistRiego.htm](http://www.chapingo.mx/anei/CongIntSistRiego.htm)

**Palerm Viqueira, J. 1999** "Organizaciones autogestoras para la administración de sistemas de riego" Ponencia presentada en el Taller internacional transiciones en materia de tenencia de la tierra y cambio social, instituciones, organizaciones e innovaciones en torno a los recursos naturales, tierra, agua y bosques. CIESAS-IRD. México.

**Playán, E., Faci, J. M. y Serreta, A. 1996.** "Modeling microtopography in basin irrigation." *J. Irrig. and Drain. Engrg., ASCE*, 122(6), 339-347.

**Ramírez, H. E. 2002.** Análisis de escenarios basados en un modelo de simulación para el diseño de un sistema de riego por superficie. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro unidad Laguna. Torreón, Coahuila: 55 p.

**Skogerboe, G.V., and G.P. Merkley. 1996.** Irrigation Maintenance and Operations Learning Process. Water Resources Publications, LLC, Highlands Ranch, Colorado. 358 pp.

**Walker W. R. and Skogerboe V. G. 1987.** Surface Irrigation: "Theory and Practice". Prentice –Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

**Walker W. R. 1989.** Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. FAO. Irrigation and Drainage Paper 45, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.