

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**  
**ANTONIO NARRO**  
**UNIDAD LAGUNA**  
**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**INCREMENTO A LA PRODUCTIVIDAD DEL RECURSO Hídrico EN LOS  
PREDIOS DE GANADERA GILIO**

**POR:**

**ANDRÉS FONSECA MARTÍNEZ**

**TESIS**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**Torreón, Coahuila**

**Noviembre2021**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS  
INCREMENTO A LA PRODUCTIVIDAD DEL RECURSO Hídrico EN LOS  
PREDIOS DE GANADERA GILIO

Por:

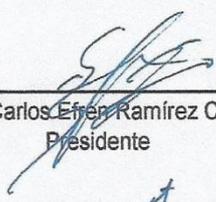
**ANDRÉS FONSECA MARTÍNEZ**

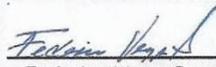
TESIS

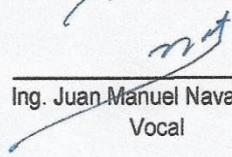
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito  
parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

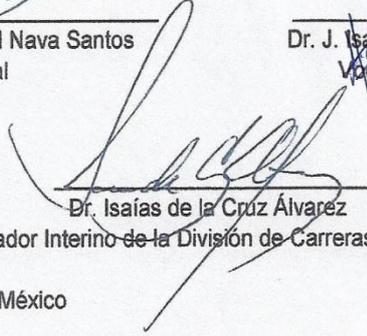
Aprobada por:

  
M.C. Carlos Efraín Ramírez Contreras  
Presidente

  
Dr. Federico Vega Sotelo  
Vocal

  
Ing. Juan Manuel Nava Santos  
Vocal

  
Dr. J. Isabel Márquez Mendoza  
Vocal Suplente

  
Dr. Isaias de la Cruz Álvarez  
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Noviembre 2021



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

INCREMENTO A LA PRODUCTIVIDAD DEL RECURSO Hídrico EN LOS

PREDIOS DE GANADERA GILIO

Por:

**ANDRÉS FONSECA MARTÍNEZ**

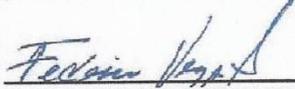
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

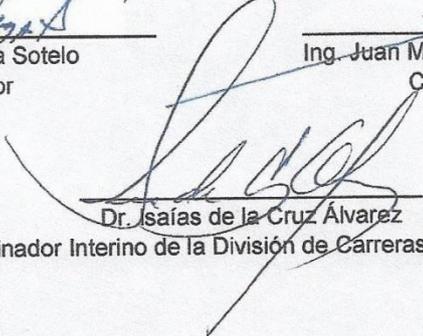
**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

Aprobada por:

  
M.C. Carlos Efraim Ramírez Contreras  
Asesor Principal

  
Dr. Federico Vega Sotelo  
Coasesor

  
Ing. Juan Manuel Nava Santos  
Coasesor

  
Dr. Isaías de la Cruz Álvarez  
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Universidad Autónoma Agraria  
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México

Noviembre 2021

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios:** Indiscutible por darme la vida y su misericordia porque siempre ha estado conmigo, ayudándome a alcanzar cada sueño y meta, gracias a él sea honra, la gloria y por brindarme mi familia y mis seres queridos, por prestarme la vida y salud en todo este tiempo de vida. Gracias por dejarme hasta donde he llegado cumpliendo uno de mis sueños anhelados, gracias a Dios.

**A mis padres:** Juan Fonseca Flores y Dora Alicia Martínez Calzada por tenerlos y contar con ellos en todo momento, por haberme apoyado incondicionalmente en todo momento a pesar de todo lo que hemos pasado, por todo su sacrificio se los agradezco de corazón y los amo mucho Dios los llene de bendiciones y me los proteja, a quienes les dedico este trabajo.

**A mis hermanos:** Evelyn Edgar y Juan Álvaro gracias por el apoyo y la confianza que me brindaron en todo momento se los agradezco y los amo mucho Dios me los proteja.

**A mis tíos:** Aracely Fonseca Flores y Juan Antonio Martínez Calzada por haberme apoyado en todo momento y por darme la confianza, gracias por todo se lo agradezco de corazón por todo Dios me los cuide por mucho tiempo.

**A mis compañeros.** Hermelinda García, Edgar Dávila, Andrés Hernández, Eduardo Torres, Moisés Hernández, a todos ellos por la gran amistad que nos une, al igual fueron incondicionales en esta formación profesional.

## DEDICATORIAS

**A mi “Alma Terra Mater”.** Por haber estado en ella, por la estancia y facilidades de trabajos, prácticas agrícolas y por los docentes que hay en ella, que me brindaron sus conocimientos para terminar mi carrera profesional.

**Al MC. Carlos Efrén Ramírez Contreras:** Por brindar y aportar sus conocimientos e inducirme a muchos trabajos donde aprendí bastantes cosas y por su apoyo incondicional para la realización de esta tesis y por proporcionar datos e información para llevar a cabo la investigación, y gracias por el gran profesor que fue durante toda la carrera.

**Al Dr. Federico Vega Sotelo:** Por su asesoría, sus conocimientos, su valioso tiempo dedicado a la realización de este trabajo de tesis y su profesionalismo.

**Al MC. Juan Manuel Nava Santos:** Por su disponibilidad y apoyo, por su profesionalismo y su gran tiempo dedicado en este trabajo de tesis.

**Al Dr. J. Isabel Márquez Mendoza:** Por su apoyo, orientación y facilidades en el trabajo de esta investigación, por proporcionarme la mejor orientación estudiantil.

**Al Ing. Eliseo Raygoza Sánchez. (†):** Por su apoyo incondicional durante las clases y la práctica, gracias por su humildad. Descanse en paz.

## RESUMEN

Actualmente en la Región Lagunera en el sector agrícola, principalmente, algunas regiones semiáridas abundan los problemas que se presentan con la relación de la escasez del recurso hídrico, es decir, es necesaria la ayuda de pozos profundos.

En el presente trabajo de tesis cuyo objetivo es, Incrementar la productividad del recurso hídrico en los predios de la P.P. Ganadera Gilio. Llevando a cabo modificaciones en el riego como fue el caso de regar con láminas ligeras, con estas láminas a aplicar fue necesario remover bombas, así como la modificación del maniful en forma de Y, y cálculo de bomba de tazones para agua de rio y así manejar más de 201 lps por frente de riego, como también modificar los turnos de riego.

Se aprovecharon los volúmenes de agua rescatados, y se mejoró el avance de riego que se obtenía, el que se tenía era de 7 ha por día a llegar a avances de riego mayores a las 20 ha diarias.

**Palabras clave:** Aprovechamiento, Productividad, Incrementar, Modificar, Calcular

# ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b><i>i</i></b>
<b>DEDICATORIAS</b> .....	<b><i>ii</i></b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b><i>iii</i></b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b><i>iv</i></b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b><i>vii</i></b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b><i>viii</i></b>
<b>I. Introducción</b> .....	<b>1</b>
1.1 Objetivo general.....	2
1.2. Hipótesis.....	2
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1 Historia del riego.....	3
2.2 Riego .....	4
2.3 Métodos de riego fundamentales. ....	6
2.4 Distribución de agua del Distrito de Riego .....	7
2.5 Estanque y bombeo en el sistema de riego.....	8
2.6 Manejo del agua en la Comarca Lagunera .....	10
2.7 Bombeo .....	10
2.8 Riego superficial.....	12
2.9 Riego con Válvula Alfalfa .....	12

2.10 Láminas de riego neta.....	13
2.11 Lamina de riego bruta.....	14
2.12 Fases y tiempos del riego.....	14
2.13 Operación de riego.....	16
2.14 Métodos de Flexibilidad y distribución de riego.....	17
2.15 Preparación de suelo para el riego.....	18
2.16 Conducción por gravedad.....	19
2.17 Problemas que suelen ocurrir en zonas con mucha pendiente.....	20
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
3.1. Equipo utilizado para la evaluación del Riego por Superficie.....	22
3.2. Evaluación del Riego por Superficie.....	23
3.3. Pendiente.....	23
3.4. Contenido de humedad.....	23
3.5. Gasto aplicado.....	23
3.6. Tiempo de avance de riego.....	23
3.7. Análisis de la información de la evaluación del riego por superficie.....	24
3.8. Características del sistema de riego.....	24
3.9. Partes del Sistema.....	24
3.10. Identificación de los parámetros que intervienen en la eficiencia de Riego por Superficie.....	26
3.11. Análisis de sensibilidad de los parámetros que influyen en la eficiencia del riego por superficie.....	27

<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>29</b>
<b>4.1 Evaluación de predios.....</b>	<b>29</b>
<b>4.1.2 Predio San Sergio .....</b>	<b>29</b>
<b>4.1.3 Predio San Ignacio .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1.4 Predio de Santa Herlinda. ....</b>	<b>32</b>
<b>4.1.5. San Pancho.....</b>	<b>36</b>
<b>4.1.6. Pivote 1.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2.1. Turnos de riego .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.2. Modificación de turnos de riego.....</b>	<b>42</b>
<b>4.2.3. Avance de riego.....</b>	<b>43</b>
<b>4.2.4. Láminas de riego .....</b>	<b>45</b>
<b>4.2.5. Volúmenes de agua .....</b>	<b>46</b>
<b>Conclusión .....</b>	<b>49</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>50</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1. Cálculo de tiempo de riego de una tendida, y tendidas a regar en ese turno. ....</i>	<i>36</i>
<i>Cuadro 2. Superficies de las 4 tablas de San Pancho .....</i>	<i>37</i>
<i>Cuadro 3. Lámina de riego en cm por cada paso del pivote, con respecto al avance.....</i>	<i>39</i>
<i>Cuadro 4. Comparación de has regadas promedio diario de riegos (no incluyendo pivotes) con agua de noria junto con agua de río, contra con plan de riego. ....</i>	<i>44</i>
<i>Cuadro 5. Cálculo de láminas de riego .....</i>	<i>46</i>
<i>Cuadro 6. Volúmenes de agua de cada predio con de diferentes láminas de riego con agua de río.....</i>	<i>47</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Diseño de distribución de un módulo de riego. ....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2. Sistema de riego con estanque de almacenamiento y pozo profundo.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 3. Diagrama de bombeo en paralelo y en serie. ....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 4. Tiempos y fases característicos del riego de superficie .....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5. Problemas que ocurren en situaciones con mucha pendiente. ....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6. Orientación del surco o melga para lograr una distribución uniforme del agua. ....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 7. Diseño de línea de hidrantes instalada en predio San Sergio cuatro .....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 8. Instalación de tres bombas en forma de Y.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 9. Cálculo de pérdida de carga de tubería en DELPHI (Manning), .....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 10. Delimitación con puntos de GPS en Google Earth. ....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 11. Reconocimiento de los dos lados en el pivote, el cual uno es San Ignacio y el otro lado San Miguel .....</i>	<i>38</i>

## I. Introducción

La productividad de agua en los diversos predios de la Comarca Lagunera es baja, considerando que algunos disponen de agua del subsuelo y de la presa, es decir algunos predios tienen pozos profundos y derechos de agua en los módulos de riego.

Así es el caso de Ganadera Gilio, que dispone de 604 ha y 377 lps de los pozos, esta es almacenada en un estanque, además de 400 lps de agua de la presa en primavera, verano, totalizando 777 lps aplicados en dicho periodo.

En los predios Santa Herlinda, con turnos de 24 horas, es decir, el cambio de regador se realiza cada día, afectando el rendimiento de los regadores quienes se duermen por la noche, descuidando por completo el riego y afectando al avance de riego e igual a la productividad del agua.

En los predios Esperanza y La Faja, el avance de riego corresponde a 6 has por turno y en el predio San Pancho su avance es de 5 ha por turno.

En los predios San Sergio y San Ignacio, el avance de riego corresponde a 8 ha por turno de 24 horas. Este tiene el mejor avance debido a que estos predios son los más cercanos al estanque.

Para que la productividad del agua sea la mejor, el riego tiene que ser bien operado por el regador, Esto es, para que la planta aproveche el agua que se le está proporcionando al suelo y satisfacer sus necesidades

hídricas, es decir, el ente humano es el componente más importante en el aprovechamiento del agua.

Para mejorar el avance y productividad del agua se pueden elegir varias alternativas, a saber:

- Cambiar el sistema de riego
- Comprar más derechos de agua
- Reducir superficie
- Construir estanque

Otra es aplicar lo siguiente; nivelar con rayo láser, cambiar turno de regadores a periodos más cortos, manejar volúmenes de agua con un solo frente de riego para lograr aplicar láminas de riego pequeñas. Esta última alternativa es la que se ha elegido en el presente trabajo

### **1.1 Objetivo general**

Incrementar la productividad del recurso hídrico en los predios de la empresa Ganadera Gilio.

### **1.2. Hipótesis**

El incremento de la productividad del agua es posible aplicando la ingeniería en las diferentes etapas requeridas para producir los cultivos forrajeros en los predios agropecuarios.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Historia del riego.

Los primeros sistemas de pequeña irrigación se remontan hasta la época prehispánica, las obras hidráulicas y de regadío fueron de las pocas edificaciones que se conservaron. En la época colonial hubo una lenta pero tenaz obra de irrigación, algunas Unidades de Riego funcionan actualmente con obras construidas en ese entonces. En la época independiente, se inició en nuestro país (1847) la perforación de pozos a cielo abierto y continuó la construcción de presas de almacenamiento. En la ejecución de estas obras el gobierno federal solo fue promotor y dio concesiones de aguas a los particulares que las realizaron, por lo tanto, era necesario recurrir a fondos crediticios para su construcción.

En 1921, aunque no de forma decidida, con la creación de la Dirección de Irrigación se apoya a proyectos particulares de riego, pero es hasta 1937 cuando realmente se da inicio al apoyo gubernamental a la obras de pequeña irrigación, después de que algunos de los Distritos de Riego tenían ya siete años de estar en operación, los esfuerzos gubernamentales habían sido anteriormente solo destinados a la obra de gran irrigación y se vio la necesidad de apoyar a los pequeños núcleos de productores que habían permanecido marginados de los beneficios del riego. (Vuelvas 2016)

## 2.2 Riego

Los cultivos para poder crecer y desarrollarse necesitan absorber agua del suelo. Cuando el contenido de humedad es bajo se dificulta la absorción, por ello es necesario regar para reponerla y que quede disponible para las plantas. Existen diferentes métodos de riego, no existe uno mejor que otro sino que cada uno se ajusta mejor a cada situación en particular, aunque presentan diferencias en la eficiencia de aplicación del agua. (Demin 2014)

La problemática científica del arsénico contenido en las aguas subterráneas de la Comarca Lagunera (Estados de Durango y Coahuila), región en donde existe un creciente interés por conocer el origen y concentración de este contaminante. Los grupos ecologistas no cesan de señalar al arsénico como un producto directo de la sobreexplotación del acuífero local por la actividad agrícola, sobre todo a la que tiene que ver con la próspera industria lechera actual. (González *et al*, 2011)

El líquido vital es necesario para satisfacer necesidades básicas de las personas, tales como de hidratación y de higiene, además de ser necesario para la integridad y sustentabilidad de los ecosistemas. El agua también es necesaria para la producción de muchos bienes industriales y de relevancia en este reporte, para la producción de alimentos. Los cultivos agrícolas requieren para su crecimiento vegetativo y desarrollo, de agua, la cual debe de ser de adecuada calidad, en las cantidades apropiadas y suministrada en el momento adecuado. Los cultivos tienen requerimientos específicos de agua, los cuales varían dependiendo de las

condiciones climáticas locales, de la tecnología adoptada para la producción y de los rendimientos correspondientes. (CEDRSSA 2015)

En la Comarca Lagunera hay competencia por el agua entre los diferentes consumidores. Dicha competencia es determinada por la baja disponibilidad del recurso y la existencia de diferentes usuarios como la agricultura de riego por bombeo y gravedad, el sector residencial, la ganadería y la industria. El crecimiento de la producción industrial ha aumentado la demanda de agua; la contracción de la actividad agrícola liberó mano de obra barata y la región se convirtió en polo de atracción de maquiladoras textiles y agroindustrias que se ubicaron en la zona metropolitana y algunas zonas rurales. En la región predominan los forrajes necesarios para la producción pecuaria, aunque también se cultivan hortalizas y algunos frutales. El problema de escasez se ha agudizado en años recientes debido a la baja eficiencia en el uso del recurso, pues el volumen de agua aplicado por cultivo excede a los requerimientos. (Guzmán et al., 2006).

El manejo del agua en las zonas cultivables con riego representa la base de las buenas prácticas para el aprovechamiento del recurso agua. Una de las problemáticas en los distritos de riego es la baja productividad del agua, la cual se encuentra en función de las condiciones meteorológicas, de las fenologías de los cultivos, pero también de las malas prácticas en la eficiencia de la conducción.

El uso del agua para fines agrícolas es un tema central en cualquier debate sobre los recursos hídricos y la seguridad alimentaria. En

promedio, en la agricultura se ocupa el 70 por ciento del agua que se extrae en el mundo, y las actividades agrícolas representan una proporción aún mayor del "uso consuntivo del agua" debido a la evapotranspiración de los cultivos. A nivel mundial, más de 330 millones de hectáreas cuentan con instalaciones de riego. La agricultura de regadío representa el 20 por ciento del total de la superficie cultivada y aporta el 40 por ciento de la producción total de alimentos en todo el mundo. (Hagbrink. 2010)

### **2.3 Métodos de riego fundamentales.**

Los métodos de riego pueden ser considerados como la forma en que el riego es aplicado al suelo para el desarrollo de los cultivos. Estos pueden ser:

a) Riego superficial El agua se distribuye por la superficie del campo por gravedad, esto es, a través de surcos, melgas, cuadros, terrazas, etc.

b) Riego por aspersión El agua se distribuye en forma de lluvia artificial a través de equipo especial de rociado.

c) Riego por goteo El agua se suministra en forma de gotas directamente a la zona radicular de cada planta.

d) Riego subterráneo El humedecimiento del suelo se realiza por medio de humidificadores colocados debajo de la planta, aproximadamente a 40 - 45 cm. También puede regarse en forma

subterránea, a través del control de niveles freáticos, donde se mantiene la humedad del terreno en niveles deseados (Cisneros 2003)

#### **2.4 Distribución de agua del Distrito de Riego**

La distribución del agua para riego abarca todo aquello que se requiere para conducir agua por los canales. Desde la programación del riego con la estimación de las extracciones, el establecimiento del servicio de entrega del agua al usuario y la conducción del agua. en el presente capítulo se desarrollará el proceso de programación del riego y entrega del agua para un Distrito de Riego cuya red menor ha sido transferida a los módulos, y, la red mayor es administrada por la jefatura técnica, además donde la presa es operada por una entidad administradora independiente del Distrito. (Corrales 2020)

La distribución del agua se realiza en la cabecera de los surcos mediante tubería de compuertas. Cada compuerta entrega agua a un surco, donde el agua circula por el suelo con el fin de que llegue a las raíces de la planta, para ello es necesaria la adecuada conformación de los surcos teniendo en cuenta la dirección de la pendiente, el adecuado manejo de los residuos de cosecha y las formas de entrega del agua (Cruz, y López 1995).

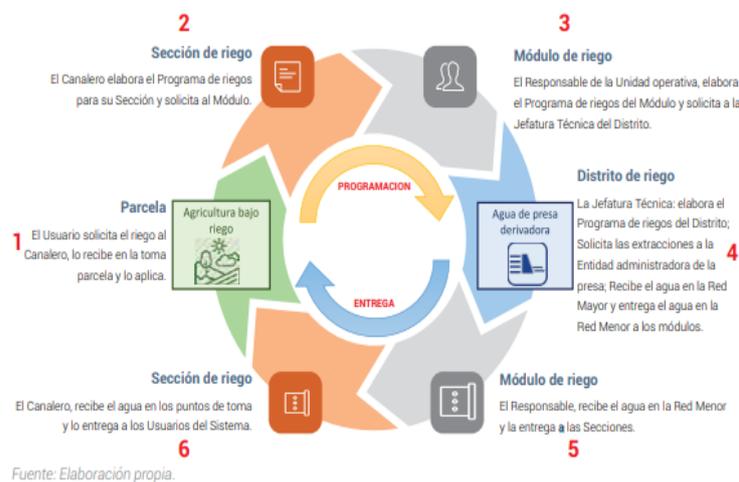


Figura 1. Diseño de distribución de un módulo de riego.

## 2.5 Estanque y bombeo en el sistema de riego

Balsa construida para recoger el agua, con fines utilitarios, como proveer al riego, criar peces, o meramente ornamentales. Los estanques permiten almacenar en su interior principalmente fluidos individuales o mezclas, que deben ser acumulados para su posterior uso. Diversas sociedades humanas han luchado por su sobrevivencia durante varios milenios en ambientes áridos, semiáridos y secos, donde hay carencia de agua. Los sistemas de captación y aprovechamiento de agua de lluvia ayudan a resolver los problemas de abastecimiento para uso doméstico y riego, asimismo, representan opciones reales para incrementar los volúmenes disponibles de agua.

El diseño de estanques para el almacenamiento de sustancias, implica muchos factores que van a depender de las características propias del material, cantidad, manejo y entorno en el cual se instalará el equipo mecánico. Algunos de estos tipos de reservorios incluyen también algunas variaciones, por ejemplo, la adición de plástico o geomembrana para

reducir la infiltración. En general, no se puede hablar de un reservorio específico para cada región, ya que los que se desarrollan como ejemplos podrían funcionar en distintas partes. Las diferencias se pueden dar en la necesidad de utilizar materiales de revestimiento, concreto, piedra, entre otros, dependiendo del tipo de reservorio y la disponibilidad de materiales.

El bombeo, por ser una parte de gran importancia a la hora de establecer sistemas de riego de aguas en reservorios, especialmente, para aquellas zonas donde las características geográficas no permiten trasladar el agua por gravedad. El manual se presenta en un lenguaje sencillo y práctico, sin embargo, algunos temas requieren conocimientos técnicos, en ocasiones complicados, (tal es el caso de cálculos de voltajes en bombeo). Por lo tanto, se recomienda consultar a un técnico especialista en la materia, en aquellos casos de cierta complejidad. (Salinas et al., 2010)



Figura 2. Sistema de riego con estanque de almacenamiento y pozo profundo

## **2.6 Manejo del agua en la Comarca Lagunera**

El suministro de agua de gravedad es manejado conjuntamente por la Comisión Nacional del Agua (CNA), la cual tiene responsabilidad para las presas y los canales principales, y los módulos, los cuales tienen responsabilidad para el manejo de los canales secundarios hasta la parcela a nivel granja. Muchos de los usuarios de agua en el Distrito de Riego utilizan las dos fuentes de agua, por superficie y subterránea; estas son manejadas separadamente. El agua subterránea está nominalmente bajo el control de CNA, pero el control de la operación está en manos de los usuarios individuales, o en el caso del ejido, por la comunidad. (Cruz y Lavine 1989).

En gran parte de México las fuentes subterráneas de agua son muy importantes y en muchos casos, constituyen la única forma de abastecimiento. La sobreexplotación de los acuíferos es uno de los problemas más importantes en el manejo de las aguas subterráneas del país, y se define como la condición sostenida de mayor extracción que la recarga de los mismos. (Flores. 2013)

## **2.7 Bombeo**

Las bombas pueden acoplarse de dos maneras, bien en serie o bien en paralelo. Según las necesidades y prestaciones, es el acoplamiento de bombas muy interesante a la hora de optimizar el rendimiento de una instalación, en la mayoría de las instalaciones relativamente grandes tenemos que hacer uso de más de uno de estos elementos.

Serie: La instalación en serie de las bombas implica que la tubería de impulsión constituye la tubería de aspiración de la siguiente, de modo que el caudal bombeado por el conjunto de la instalación será el mismo que el caudal bombeado por cada una de las bombas. En cambio, la altura del conjunto consiste en la suma de las alturas desarrolladas por todas las bombas de forma individual. Este tipo de acoplamiento se usa en los casos donde queremos elevar un mismo caudal a distintas alturas o donde se necesitan vencer pérdidas con longitudes elevadas de conducción.

Paralelo: Este tipo de acoplamiento se justifica cuando tratamos de satisfacer las necesidades o demandas de agua, variables en el tiempo, como en redes de distribución de agua potable o sistemas de riego. Podríamos trabajar con una sola bomba, con el inconveniente de tener que adecuar su funcionamiento a los diferentes puntos de trabajo demandados, es decir, que el problema que surge es económico y probablemente también de mantenimiento. (Mena 2018)

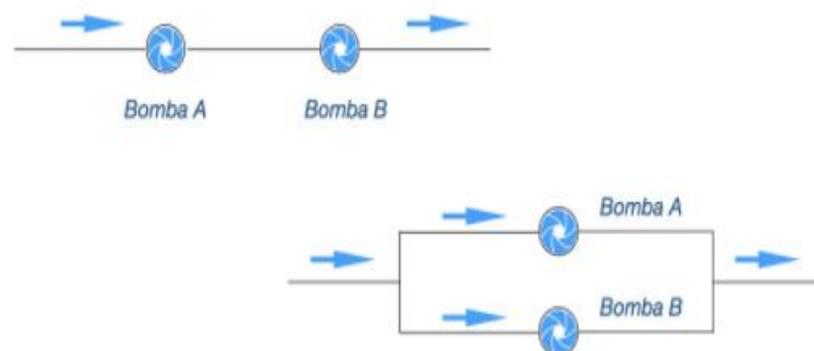


Figura 3. Diagrama de bombeo en paralelo y en serie.

## **2.8 Riego superficial.**

El riego por gravedad se caracteriza por la distribución del agua en el campo en sentido de la pendiente por medio de surcos, donde esta se infiltra en el suelo a medida que avanza. El método de aplicación depende del tipo de conducción y distribución ya sea por canales a tierra, canales revestidos o tubería enterrada, entre los métodos de aplicación se encuentra: sifones y compuertas. (Chuchon, 2010).

## **2.9 Riego con Válvula Alfalfera**

A principios del año 2000, los productores de la Región Lagunera empezaron a adoptar el Sistema de Riego Tipo Válvulas Alfalferas dadas las ventajas que presenta en comparación con su antecesor, el Sistema de Riego de Multicompuertas. La facilidad de manejo y bajo costo en comparación con otros sistemas (aspersión tipo pivote central y goteo), así como los altos niveles de eficiencia (al menos del 80 %), son algunas de las ventajas que han favorecido la adopción de este sistema por parte de los productores.

La operación de estos sistemas, mediante la implementación de esta metodología se busca incrementar o mantener un nivel de eficiencia que garantice reducciones a los volúmenes de agua aplicado a los cultivos y al consumo de la energía eléctrica de los equipos de bombeo.

- 1) Levantamiento topográfico detallado del área evaluada.
- 2) Muestreo de agua y suelo.

3) Determinación de la eficiencia electromecánica de los equipos de bombeo.

4) Aforo del sistema de riego.

5) Evaluación de la operación del estanque.

6) Pruebas de avance de riego por superficie. (Delgado et al., 2013)

## 2.10 Láminas de riego neta

La lámina neta corresponde a una altura de agua que es capaz de almacenar un suelo de cierta profundidad; así un suelo arcilloso tiene una mayor capacidad de estanque que un suelo arenoso. En forma cuantitativa la lámina neta o capacidad de estanque del suelo se puede estimar como:

$$L_n = C_e * C_r$$

$$C_e = \frac{(CC - PMP) * D_a * P_s}{100} = \frac{H_a * P_s}{100}$$

Dónde:

$L_n$  = lámina neta (cm)

$C_e$  = capacidad de estanque del suelo (cm)

$C_r$  = criterio de riego (Fracción)

$CC$  = contenido gravimétrico de agua en el suelo a capacidad de campo (%)

PMP = contenido gravimétrico de agua en el suelo a punto de marchitez permanente (%)

Da = densidad aparente del suelo (gr/cm<sup>3</sup>)

Ps = profundidad del suelo (cm)

HA = humedad volumétrica aprovechable (%)

La capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente son definidas como las propiedades físico-hídricas del suelo. Estas propiedades se pueden obtener a través de análisis de laboratorio o tablas empíricas. En general, las tablas entregan una información aproximada por lo que se recomienda realizar un análisis de laboratorio para estimar mejor la capacidad de estanque del suelo. (Talca 1999)

### **2.11 Lamina de riego bruta**

La lámina bruta de aplicación de agua (Lb) es igual a la lámina neta de aplicación de agua dividida entre la eficiencia de riego del sitio. Es importante anotar que la eficiencia de riego del lugar incluye pérdidas posibles de agua debido a fisuras o daños en los tubos. La ecuación que determina la Lamina Bruta es la siguiente:

$$L_b = L_n / E$$

Dónde:

E es la eficiencia de riego del terreno. (Castro 2009)

### **2.12 Fases y tiempos del riego**

El riego por superficie se divide en fases que separan procesos hidráulicos distintos y que ayudan a la comprensión y el análisis del movimiento del agua sobre la superficie del tablar. Las fases del riego están separadas por los tiempos característicos, en los que se producen ciertas singularidades del riego. (Faci y Playan 1996)

Estos tiempos son:

Tiempo del inicio del riego ( $t_i$ ). Es el tiempo en el que comienza a entrar agua al tablar o surco.

Tiempo de avance ( $t_a$ ). Es el tiempo en el que el agua cubre la totalidad del tablar o llega al final del surco.

Tiempo de corte ( $t_c$ ). Es el tiempo en el que deja de entrar agua al tablar o surco.

Tiempo de vaciado ( $t_v$ ). Es el tiempo en el que una parte del tablar o surco queda al descubierto después de infiltrarse toda el agua o desplazarse hacia otras zonas. •

Tiempo de receso ( $t_r$ ). Es el tiempo en que desaparece el agua de toda la superficie del tablar o surco

La duración entre estos tiempos característicos define las fases típicas del riego por superficie:

Fase de avance: diferencia entre  $t_a$  y  $t_i$ ;

Fase de llenado: diferencia entre  $t_c$  y  $t_a$

Fase de vaciado: diferencia entre  $t_r$  y  $t_c$

Fase de receso: diferencia entre  $t^{\wedge}$  y  $t^{\wedge}$

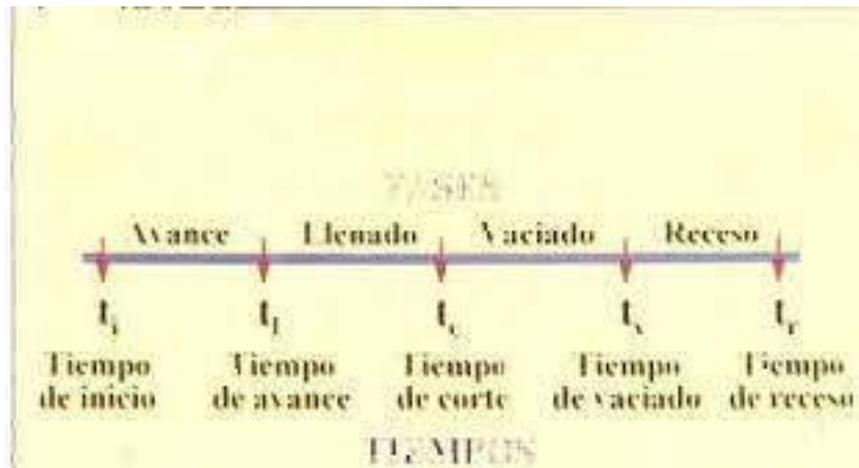


Figura 4. Tiempos y fases característicos del riego de superficie

### 2.13 Operación de riego

Para lograr un uso eficiente del agua en parcelas con riego por gravedad se recomienda:

Un barbecho uniforme con arado de discos o vertederas para mejorar la aereación del suelo.

Un rastreo simple o doble para desmenuzar los terrones formados con el barbecho.

El empareje del terreno para eliminar altos y bajos y evitar que el agua se encharque. Nivelación con equipo láser o mecánico de acuerdo al grado de nivelación o el uso de un tabloneo en terrenos con ligeros problemas de nivelación.

Efectuar un buen trazo de riego y regaderas de acuerdo con la pendiente del terreno y tipo de suelo. En terrenos desnivelados los surcos en contorno son una buena alternativa para poder regar bien.

Construir buenas regaderas y mantenerlas limpias.

Evitar exceso y coleos hacia los drenes y partes bajas.

Construir una red de desagües para evacuar excesos de lluvia o sobre-riego.

Aplicar el gasto óptimo para lograr que a lo largo del surco se tenga la misma lámina infiltrada. El agua debe avanzar de manera uniforme en el surco o melga. (IMTA 2010)

#### **2.14 Métodos de Flexibilidad y distribución de riego**

Los métodos de distribución de agua en los distritos de riego y de regulación de los canales se basan en la capacidad de conducción de las redes de canales de distribución. En general, los procedimientos más utilizados para determinar la capacidad de conducción de canales de riego son el método de los Coeficientes Unitarios de Riego. Con el propósito de comparar y analizar la flexibilidad de la distribución del agua de riego se aplicaron estos métodos en el canal principal margen derecha del distrito de riego La Begoña, Guanajuato, México. En este canal se revisa su capacidad de conducción bajo diferentes criterios de flexibilidad del servicio de riego, según que la distribución sea continua, demanda controlada o por demanda libre.

La flexibilidad del servicio de riego se define como la capacidad de los sistemas de distribución para variar la frecuencia, caudal y tiempo de riego en una parcela o en un canal sin tener pérdidas de agua y sin producir déficit hídrico en los cultivos. La flexibilidad en el uso del agua de riego se alcanza a medida que aumenta la capacidad de conducción y almacenamiento de los canales, lo cual permite variar el tiempo de operación de los mismos. Esta capacidad se debe determinar en cada proyecto de riego, tomando como base el caudal que permita abastecer la demanda de riego en un periodo inferior o igual al intervalo de riego crítico. (Íñiguez y de León 2007)

### **2.15 Preparación de suelo para el riego**

Estas prácticas buscan brindar una cama para las semillas con un suelo mullido, aireado y enriquecido con la incorporación de la materia orgánica disponible, de tal forma que favorezca la germinación de la semilla, el arraigamiento de la planta, la retención de agua, la actividad microbiológica y los cambios químicos que se produzcan en la temporada. Una labor apresurada, repetitiva en el tiempo o mal ejecutada proporciona un ambiente negativo, tanto para el cultivo como para el suelo. (Manqui et al., 2010)

Mediante la preparación adecuada del terreno se persiguen varios objetivos: aumentar la capacidad de retención de agua del suelo; facilitar la absorción de los nutrientes por la raíz; facilitar el desarrollo de las raíces, tanto en profundidad como lateralmente; aumentar la infiltración del agua de lluvia en el suelo; disminuir la escorrentía superficial y la

velocidad de las aguas vertientes para tratar de reducir la erosión del suelo; controlar malezas que puedan competir con el cultivo; controlar algunos organismos del suelo (especialmente insectos) que puedan afectar el mismo; e incorporar los fertilizantes, plaguicidas y enmiendas necesarias para crear condiciones favorables en el establecimiento del cultivo. En caso de que vaya a usar riego por gravedad es necesario determinar si el predio necesita nivelación, tomando puntos de nivel. La nivelación puede hacerse luego del primer corte de arado.

Luego de la preparación del terreno se forma la cama o banco. Se recomienda que el suelo en el tope del banco quede libre de terrones o cualquier materia extraña, para esto se puede usar un rotocultivador. Este implemento ayuda a triturar y emparejar el suelo hasta dejar una capa de terreno fino, ideal para depositar la semilla o el trasplante.

La altura promedio del banco es de ocho pulgadas sobre el nivel del suelo. La dirección de los bancos debe tener el declive suficiente que permita el movimiento de agua sin causar problemas de erosión o mal desagüe. También se acostumbra levantar bancos si se va a usar cubierta plástica en la siembra. (Martínez 2015)

## **2.16 Conducción por gravedad**

Los sistemas de conducción de agua por gravedad son frecuentes alrededor del mundo para transportar el agua de un lugar a otro sin uso de bombas ni energía externa o adicional. Es un proceso bastante simple, pero puede complicarse en la fase de diseño por ciertos factores como: la distancia que debe recorrer el agua hasta llegar a su punto de destino; la

pendiente que determina la rapidez y la facilidad con la que fluye el agua; el tamaño de las tuberías que se utilizan; el tipo de terreno.

De forma sencilla, el agua cae por su propio peso desde la captación (de manantiales, galerías filtrantes, de ríos, lagos y embalses) hasta el tanque de almacenamiento, ya sea a través de conductos cerrados (tuberías) o por canales abiertos. Una de las características básicas de la conducción por gravedad tiene que ver con que la elevación del agua en la fuente de abastecimiento sea mayor a la altura que hay en el punto de entrega del agua, ya que la diferencia de energías disponible posibilita su transporte.

La conducción de agua por gravedad, se clasifica en dos tipos de sistemas de flujo: libre y a presión. En el primero, la presión corresponde a la del aire o la presión atmosférica y el agua conducida por el sistema están en contacto con el aire por lo que su flujo es libre. Este es característico de canales abiertos o, incluso, tuberías que trabajan sin estar completamente llenas (trabajan a un caudal menor al máximo) pero con permanente movimiento de agua. (Roberti 2018).

### **2.17 Problemas que suelen ocurrir en zonas con mucha pendiente**

La pendiente pronunciada del surco o melga provoca una velocidad de avance del agua muy elevada, produciéndose una excesiva acumulación de agua en el pie y una escasa cantidad de agua infiltrada en la cabecera y mitad. A esto se puede sumar una baja infiltración del suelo, lo que acentúa aún más las diferencias en el contenido de humedad.

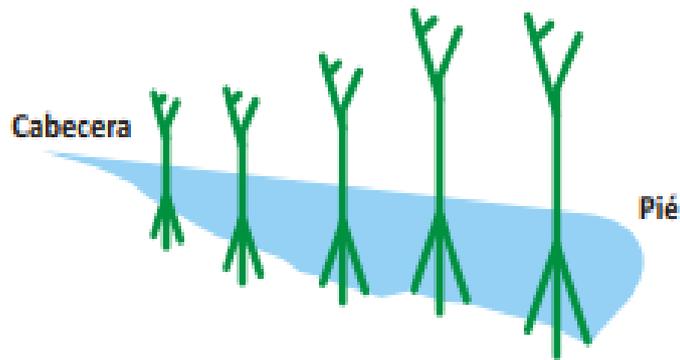


Figura 5. Problemas que ocurren en situaciones con mucha pendiente.

En este caso se observan normalmente plantas muy pequeñas cerca de la cabecera y plantas muy grandes cerca del pié de la melga o surco

En esta situación se logra que el agua avance despacio, cortando las dos pendientes que posee el terreno. Situaciones que podrían lograrse en zonas con mucha pendiente. En este caso la infiltración en el perfil a lo largo de la melga o surco es más homogénea. En la siguiente imagen se muestra como se debe orientar las melgas o surcos cortando las dos pendientes que posee el terreno. (Demin 2014)

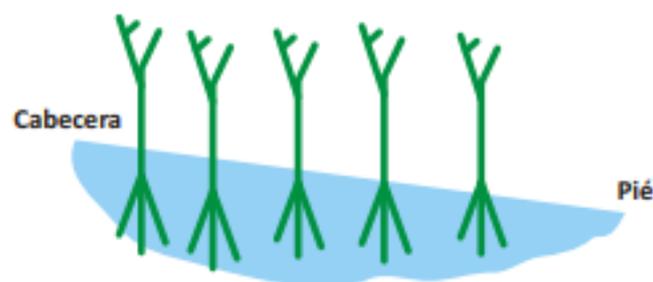


Figura 6. Orientación del surco o melga para lograr una distribución uniforme del agua.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

Se evaluó el riego por superficie en ocho predios de la P.P. de Ganadera Gilio, ubicados en carretera San Ignacio La Torreña, con características similares de suelo, cultivo de maíz, alfalfa y trigos con el mismo sistema de riego (válvula alfalfera), que se tiene en circuito cerrado. El riego se evaluó antes y después de la siembra, para hacer la recomendación para observar e identificar el sesgo entre lo proyectado y lo real.

#### **3.1. Equipo utilizado para la evaluación del Riego por Superficie.**

El equipo utilizado para la evaluación del riego por superficie fue el siguiente:

- Nivel laser
- Receptor de laser
- Dos estadales (altura de 2 m).
- Barrena California
- Cinta métrica (50 m).
- Computadora.
- Software Delphi para calcular
- GPS

### **3.2. Evaluación del Riego por Superficie.**

En la evaluación del riego se necesitan determinar los siguientes datos:

### **3.3. Pendiente.**

Consistió en seleccionar una melga, a la cual se le midió el largo y ancho, así mismo, se procuró que tuvieran características representativas del tipo de suelo, por si existen varios tipos. Para formar estaciones a lo largo de la melga, se obtuvieron lecturas con un nivel laser de cada melga, para determinar la pendiente promedio y su variación a lo largo de la melga mediante una regresión lineal.

### **3.4. Contenido de humedad.**

El contenido de humedad en el suelo se determinó utilizando el método gravimétrico, con una barrena tipo California, tomando muestras antes y después de riego, en tres puntos en la melga a estratos de 30cm hasta una profundidad de 60cm.

### **3.5. Gasto aplicado.**

El método a emplear fue el volumétrico, que consiste en aforar cada una de las válvulas de cada predio (todo el rancho), ya que cuenta con diferente tubería e igual que las válvulas alfalferas.

### **3.6. Tiempo de avance de riego.**

Se registró el tiempo al momento que se aplica el agua en la melga de observación o de evaluación (tiempo de inicio), posteriormente se

registró el tiempo que tardó el agua en llegar a cada estación hasta concluir con la última, al final se tomó el tiempo de corte. El tiempo de avance fue hasta que el agua cubra el total de la superficie a regar.

### **3.7. Análisis de la información de la evaluación del riego por superficie.**

Se analizó la evaluación del riego de los ocho predios, antes y después de aplicar las recomendaciones generadas por el software SIRMOD (Diagnóstico y Seguimiento), para evaluar el sesgo entre lo proyectado y lo real, así como identificar los parámetros sensibles que influyen en la eficiencia del riego por superficie, y determinar los rangos de ajuste de aplicación del modelo de simulación.

### **3.8. Características del sistema de riego**

- Utilización de grandes caudales de agua con presiones mayores de 30 PSI.

- Área totalmente cubierta de agua al regar

### **3.9. Partes del Sistema**

a) Fuentes de Agua (superficial o subterránea): Es la parte fundamental del riego, y esta puede ser de diferente tipo: pozo, rio, lagos, lagunas, pilas; es de donde se provee de agua para el sistema.

b) Equipo de Bombeo: La función principal de la bomba es proporcionar el gasto y presión requerido por el sistema de riego. Los equipos de bombeo tienen la característica funcional de ciertos límites de

operación, al variar la carga hidráulica varía el caudal, es decir, a mayor carga de operación menor caudal entregado y viceversa. Las características de funcionamiento de las bombas se resumen en curvas “características” que relacionan: carga, gasto, eficiencia, velocidad específica y potencia, estas características son entregadas por el fabricante.

c) La red de Distribución. El agua que ha pasado por las partes anteriores tiene que llegar finalmente a las melgas, para eso se necesita una red de distribución que incluirá: tubería de conducción, tubería principal, secundaria y terciaria hasta llegar a las válvulas alfalferas.

-Tubería Principal. Es la tubería que sale del punto de almacenamiento (rebombeo).

-Tubería secundaria. Son aquellas que derivan de la tubería principal, y se conectan a las terciarias.

-Tubería terciaria. Son las tuberías que están para ser conectadas las válvulas alfalferas

-Unidad de Control Autónomo. Es el conjunto de válvulas, manómetros y accesorios que permiten controlar el suministro de agua de una sección de riego.

- Válvulas de admisión. Estas son para liberar el aire de la tubería para evitar sifoneo, y reducir presiones negativas.

d) Equipo de fertilización. Se inyecta en el sistema de irrigación mediante distintos tipos de técnicas de fertirrigación, desde el tanque de

fertilización estándar hasta diferentes clases de inyectores venturi, bombas de dosificación y sistemas completos de fertilización para soluciones más complejas. Las unidades fertilizantes se instalan antes que el sistema de filtrado para garantizar el filtrado de los precipitados antes de que entren en el sistema de irrigación. El tipo de unidad de fertirrigación depende del sistema de irrigación en uso, de la aplicación del fertilizante y de la intensidad de cultivo.

### **3.10. Identificación de los parámetros que intervienen en la eficiencia de Riego por Superficie.**

De acuerdo a los análisis anteriores de los riegos por superficie de los siete casos o predios, se identificaron los parámetros que influyen en la eficiencia de riego, dichos parámetros son los siguientes:

- Pendiente Longitudinal.
- Gasto Unitario.
- Tiempo de Riego.
- Longitud de Melga.

Parámetros que intervienen directamente en el sesgo de lo proyectado con lo real, es importante analizar cada parámetro para evaluar su rango de sensibilidad para ajustar el modelo hidrodinámico y determinar su rango de aplicación.

### **3.11. Análisis de sensibilidad de los parámetros que influyen en la eficiencia del riego por superficie.**

Se analizó cada uno de los parámetros evaluados en los siete casos (pendiente, longitud de melga, gasto unitario y tiempo de riego), donde se determinaron los rangos de sensibilidad para cada uno de los parámetros, con el objetivo de mantener la eficiencia de riego parcelario con la que fue diseñado el riego por superficie.

El tiempo de riego, fue el parámetro que presentó rangos de aplicación en cantidades extremas (mínimas y máximas), que influyeron en la disminución de la eficiencia de riego, parámetro que está en función de la lámina de riego que se desea aplicar al cultivo, por lo cual es necesario monitorear los gastos parcelarios para aplicar el tiempo de riego propuesto en el diseño.

El segundo parámetro que presentó sensibilidad en la eficiencia de riego fue la pendiente longitudinal, solamente en dos casos mostró sensibilidad para un solo extremo. Es primordial supervisar la nivelación melga por melga para verificar que la pendiente recomendada se aplique en campo. Las posibles fallas en la nivelación se deben a dos razones primordiales, una a la mala programación de la preparación del terreno, y la otra a la falta de un mantenimiento preventivo del equipo de nivelación láser, como: calibración del emisor, calibración de llantas de la escrepa, ajuste de patines, afilado de las cuchillas de la escrepa, carga de la batería, condiciones del sistema hidráulico y otros.

El tercer parámetro sensible a la eficiencia fue el gasto unitario, solamente en dos casos presentó sensibilidad para los dos extremos, y en un solo caso no afectó la eficiencia de riego, es importante estandarizar el gasto de operación, considerando si el sistema de riego es operado por bombas directas o por un estanque, o por rebombeo del agua de río.

La longitud de melga es el parámetro que mostró menos sensibilidad a la eficiencia de riego por superficie, solamente mostró sensibilidad si la longitud de melga es mayor a la diseñada de 10 m hasta 40 m de longitud, en dos casos no afectó la eficiencia.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Evaluación de predios.

Los resultados de la evaluación de los predios son los siguientes:

#### 4.1.2 Predio San Sergio

En este caso se realizaron evaluaciones de riego de seguimiento con diferentes características con respecto al diseño propuesto, estas son: pendiente longitudinal, longitud de melga y lámina de riego aplicada.

Este predio tiene nueve tablas con un área total de 76.78 ha el cual 17.3 ha de alfalfa y las 59.48 ha son preparadas para maíz en primavera y verano, y en invierno se siembra cereales (trigo, triticale y avena).

En este predio se hizo una modificación en la tabla San Sergio cuatro, se agregó una línea de hidrantes nueva, debido a que el riego de este predio tenían que hacerlo de la siguiente manera; el riego era con contras, melgas a más de 200 metros de longitud, el cual el tiempo y los volúmenes de agua eran mayores a lo estimado.

Dicho predio fue medido con GPS, y diseñado en Google Earth (figura 7). Se determinaron las distancias para después calcular la tubería a utilizar;

- 620m. de tubo pvc 12", o igual  $620 \text{ m}/6\text{m} = 103$  tramos de 6m.

- 7 hidrantes de 12"

- 2 codos de 12"

- 2 silletas de 12"
- 2 válvulas de admisión de escape de 2"
- 12 m de tubo de 2", o igual 2 tramos de 6 m.
- limpiador, lubricante y pegamento

El zanjeo para la tubería fue de 1.5 m de profundidad, lo cual este trabajo lo hizo la misma retroexcavadora del rancho. La instalación de la tubería fue realizada por REX-IRRIGACION DE LA LAGUNA.



Figura 7. Diseño de línea de hidrantes instalada en predio San Sergio cuatro

#### 4.1.3 Predio San Ignacio

Este predio consta de cinco tablas que son 56.14 ha todas para sembrar maiz en primavera, verano y en invierno cereales como avena, trigo, triticale.

La tabla dos y tres contaba con el siguiente problema; la pendiente que se tenia en estos predios era de 3 cm ,consultando con el encargado de la siembra, solo con observar el riego se notaba que la pendiente

estaba mal, es decir, aquí en estas tablas para operar el riego batallaban para regar al parecer la pendiente estaba invertida.

El cual se niveló nuevamente las 33.2 ha de las tablas dos y tres con una pendiente de 3 cm. Para mejorar y incrementar la productividad del agua en dichas tablas. E igualmente se modificó la dirección de las tendidas ya que no estaban bien definidas.

En este predio se tiene un rebombeo de agua de río donde están instaladas dos bombas BCH de 30 hp, que extraen un gasto de 200 lps, cuando se riega al predio más cercano que es San Ignacio uno, dos y tres. En el predio más lejano que es la Esperanza tres, para regar con este rebombeo el caudal se reduce a 120 lps.

Para contar con un gasto mayor, se diseñó un croquis de como instalar una bomba más de 30 hp y así disponer de tres bombas (figura 8), de tal forma se obtuvo como resultado; en el punto más cercano que es San Ignacio uno dos y tres, la extracción de 300 lps y en el punto más lejano 150 lps que es el predio de La esperanza tres.

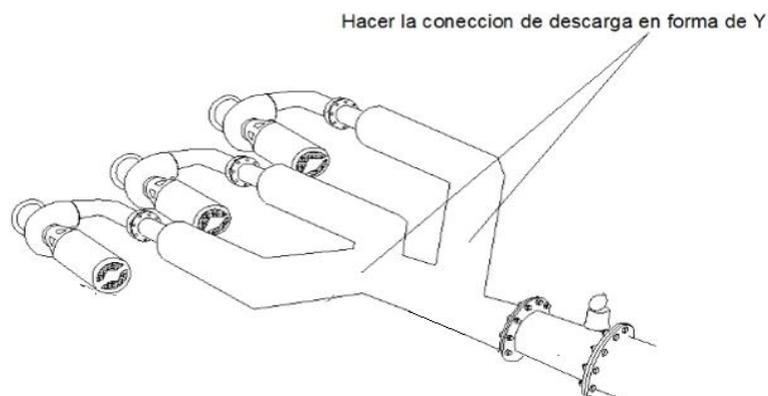


Figura 8. Instalación de tres bombas en forma de Y

#### 4.1.4 Predio de Santa Herlinda.

Este predio consta de cuatro tablas y tiene una superficie de 38 ha, toda la superficie es para sembrar maíz en primavera verano, es decir, en invierno se siembra avena, trigo o triticale.

En este predio se cuenta con un rebombeo de agua de río, el cual se tienen dos bombas BCH de 30 hp junto con una bomba de tazones, y con estas bombas tienen un gasto de 200 lps en el predio más cercano el cual es Santa Herlinda uno, dos, tres y cuatro, y en el predio más que es más lejano es San Miguel tres, cuatro, cinco y seis, el gasto es de 120 lps.

Para incrementar el gasto se instaló una bomba de tozones, siendo este el caso se procedió a calcular la bomba para después ser instalada en dicho rebombeo.

Se calculó de la siguiente manera dicho motor de la bomba;

Con el programa de lenguaje DELPHI (figura 9) se calculó la pérdida de carga, dicho programa fue creado con la ecuación de Manning. Para después calcular la potencia de la bomba, una bomba de dos tazones, con los siguientes datos;

- Predio más lejano 2,500m (Faja cuatro)
- Gasto 200 lps
- Diámetro de tubería 12 “

PERDIDA DE CARGA DE MANNING "HF"(M)	
Longitud de la tubería (m)	2500
Gasto de la tubería(lps)	200
Coef. de rug. de manning (n)pvc=0.0079	0.0079
Dimetro de la tubería(mm)	304.8
<b>Perdida de la carga"HF"(m)</b>	<b>36.27352457</b>
<b>Velocidad"m/s"=</b>	<b>2.74100706</b>

*calcular*

Figura 9.Cálculo de pérdida de carga de tubería en DELPHI (Manning),

Después de calcular la pérdida de carga de la bomba que fue de 36.2MCA, lo siguiente fue calcular la potencia del motor de la bomba con los siguientes datos;

$$Pb = \frac{Hf * Q}{76} = \frac{36.2mca * 200lps}{76} = 95.2hp$$

Pb= potencia de la bomba

Hf= perdida de carga de la tubería (metros columna de agua)

Q= gasto de tubería (litros por segundo)

El motor fue calculado de 95.2 hp el cual se instaló un motor de 100 hp, con dos tazonos. Ya instalada esta bomba el gasto que obtuvimos en el predio más cercano que es Santa Herlinda uno, dos, tres y cuatro fue de 260 lps, en el predio más lejano que es San Miguel tres, cuatro, cinco y seis fue de 220 lps. Logramos aumentar el gasto y así de igual manera mejorar la productividad del agua.

El problema que se tenía era el siguiente, los gastos con los que se regaban eran menores de 201 lps. Con este gasto se regaban con dos

frentes de riego, es decir, con 200 lps mantenían dos válvulas alfileras abiertas al mismo tiempo, y así el regador mantenía más tiempo el riego, así de esta forma el riego no avanzaba y la productividad del agua era muy baja debido a que dividía el gasto.

Con este problema se procedió hacer lo siguiente en la tabla tres y cuatro de dicho predio, con agua de estanque; para que solo se operara un frente de riego con menos de 150 lps y no dos frentes con dicho gasto. Se calculó de la siguiente manera:

- aforo
- calcular tiempo de riego
- determinar lamina de riego

Aforo de hidrante, se hicieron tres repeticiones de aforo con un bote de 215 litros y así mismo checando los tiempos de llenado del bote. y obtuvimos los siguientes datos;

t1= 1.51 segundos

t2= 1.51 segundos

t3= 1.62 segundos

tx=1.54 segundos

$$Q = \frac{\text{vol}}{t} ; \frac{215 \text{ lts.}}{1.54 \text{ s.}} = 140 \text{ lps}$$

Q= gasto (lps.)

vol= volumen (lts.)

t= tiempo promedio (s.)

Cálculo de tiempo de riego, este fue determinado dos veces para ser comparado de la siguiente forma.

Tiempo de riego que los regadores duraron regando una melga y checando que estuviera bien regado, es decir, que no estuviera sobre regado ni que faltara agua el tiempo determinado fue de 48 minutos, este tiempo fue checado con cronometro.

Tiempo de riego calculado con los siguientes datos

### **Volumen aplicado**

$$Vol. a = t * Q ; (48 \text{ min} * 60 \text{ seg}) * 0.140 \text{ m}^3/\text{s} =$$

$$Vol. a = (2,880 \text{ seg}) * 0.140 \text{ m}^3/\text{s} =$$

$$Vol. a = 403.2 \text{ m}^3$$

Vol. a = Volumen aplicado ( $m^3$ )

t= tiempo de riego de riego (minutos)

Q= gasto ( $m^3/s$ )

### **Volumen requerido**

Largo de melga 139.5 m

Ancho de melga 28.1 m

Área de melga  $3,919 \text{ m}^2$

$$Vol. req = Lr * A ; 0.10 \text{ cm} * 3,919 \text{ m}^2 =$$

$$Vol.req = 391.9 m^3$$

Vol.req= volumen requerido ( $m^3$ )

Lr= lámina de riego (m)

A= área ( $m^2$ )

Con la ayuda de una hoja de cálculo, los tiempos de riego para cada predio eran calculados, así determinaba los tiempos de riego de cada predio, con ese cálculo determinaba la superficie a regar en el turno de cada regador (cuadro 1).

Cuadro 1. Calculo de tiempo de riego de una tendida, y tendidas a regar en ese turno.

Datos	
Q ( $m^3/s$ )	0.14
Ancho (m)	28.1
Largo (m)	139.5
Area ( $m^2$ )	3919.95
Lamina (m)	0.1
Tiempo (min)	46.67
Tendidas aproximadamente	
Turno de 8 hrs (min)	480
Tendidas a regar	10.29

#### 4.1.5. San Pancho

Este predio consta de cuatro tablas y tiene una superficie de 42.36 ha, toda la superficie es para sembrar sorgo en primavera - verano, es decir, en invierno se siembra avena, trigo o triticale.

Este predio esta por fuera del rancho, y la tubería de este lugar de la misma no cuenta con un circuito cerrado, dicha tubería es de 10

pulgadas. Este predio es de los más nuevos del rancho, cuenta con menos de 5 años de trabajo agrícola.

Dicho predio sus áreas eran desconocidas, en este caso se tuvo que obtener 42.3 ha, de superficies de cada tabla, con la ayuda del GPS, Google Earth y AutoCAD se determinaron dichas áreas respecto a sus tablas (cuadro 2).

Cuadro 2. Superficies de las 4 tablas de San Pancho

Tablas	Hectáreas
San Pancho 1	10.1
San Pancho 2	6.5
San Pancho 3	11
San Pancho 4	14.7

Lo primero que se hizo fue el levantamiento con GPS, para después delimitar los polígonos en Google Earth y determinar el área en AutoCAD (figura 10).



Figura 10. Delimitación con puntos de GPS en Google Earth.

#### 4.1.6. Pivote 1

Este pivote tiene una superficie de 49.6 ha toda la superficie está sembrada de alfalfa, es decir, dicha alfalfa es recogida mediante diferentes formas como: saraza, ensilada u empacada, durante todo el año. En este pivote solo se utiliza el agua de noria. En dicho pivote se divide en dos partes, lado San Miguel y San Ignacio (figura 11).



Figura 11. Reconocimiento de los dos lados en el pivote, el cual uno es San Ignacio y el otro lado San Miguel.

En el caso de este pivote, el problema era el siguiente:

Láminas de riego muy ligeras, la lámina de riego era de cinco pasos del pivote completo al 50 por ciento de avance, es decir, con una tasa de aplicación de 2.59 cm de agua en cada paso. Siendo así una lámina de riego neta de 12.59 cm, de tal manera que la lámina de riego requerida de la alfalfa no era la adecuada, en los meses más críticos en primavera en los meses de mayo, junio y julio. Cuando la recomendación de lámina de riego en estos meses es de 20 cm (INIFAP 2017).

Corte de pivote completo lado San Ignacio al mismo tiempo que el lado San Miguel, es decir, al tiempo de corte de la alfalfa se hacía en las 49.6 ha cada 21 días, todo el pivote completo, este evento afectaba al riego por los días en que se paraba el pivote, por estar cortada la alfalfa. Siendo así los días que duraba en levantarse la alfalfa que eran entre 10 días por la mayoría de las veces eran saraza, para consumo de a diario para consumo del establo.

Al cortar todo el pivote, el tiempo de riego no se cumplía al mismo tiempo en ambas partes del pivote. Así es como perjudica esto el riego, porque, al levantarse la alfalfa al mismo tiempo, 10 días son los que se retrasa el riego de ambos lados.

Se hizo lo siguiente para la mejora del pivote 1;

La lámina de riego a aplicar se calculó de la siguiente manera, estos datos fueron sacados del manual del pivote con respecto a su avance (cuadro 3);

Cuadro 3. Lámina de riego en cm por cada paso del pivote, con respecto al avance.

Avance (por ciento)	tasa de aplicación (cm)
10	12.59
20	6.47
30	4.31
40	3.22
50	2.59
60	2.15
70	1.82
80	1.6
90	1.42
100	1.29

Para satisfacer las necesidades de la alfalfa y aplicar la lámina de

riego de 20cm se hizo lo siguiente;

$$4 \text{ pasos de } 30 \text{ por ciento} = 4 * 4.3 \text{ cm} = 17.24 \text{ cm}$$

$$1 \text{ paso de } 40 \text{ por ciento} = 3.22 \text{ cm}$$

$$17.24 \text{ cm} + 3.22 \text{ cm} = 20.46 \text{ cm}$$

Se dieron 4 pasos de 30 por ciento de avance y 1 de 40 por ciento igual a 20.46 cm de lámina aplicada a medio pivote del lado San Ignacio cada 21 días.

El corte del pivote se tuvo que modificar, este evento se hizo de tal manera, se cortó a los 21 días después del riego, pero primero se cortó la mitad del pivote lado San Ignacio y se dio un tiempo de ventaja sobre el lado San Miguel. Esto quiere decir el pivote hace 18 horas al 30 por ciento y al 40 por ciento hace 15 horas, esto en dar media vuelta.

$$4 \text{ pasos al } 30 \text{ por ciento} = 4 * 18 \text{ horas} = 72 \text{ horas}$$

$$1 \text{ paso al } 40 \text{ por ciento} = 15 \text{ horas}$$

$$72 \text{ horas} + 15 \text{ horas} = 87 \text{ horas de tiempo de riego del pivote}$$

$$Dias = \frac{87 \text{ horas de tiempo de riego}}{24 \text{ horas del dia}} = 3.62 \text{ dias}$$

De tal manera que el lado San Ignacio tuvo una ventaja de 3.62 días sobre el lado San Miguel, una ventaja de riego sobre cada corte que es de 21 a 23 días. Así el riego se da primeramente de un lado y no como era su anterior manejo, que se tenía que regar todo el pivote completo y

no satisfacía la lámina requerida. Porque al cortar todo el pivote la necesidad de agua para la alfalfa era enseguida de su corte.

#### **4.2.1. Turnos de riego**

Los horarios de trabajo de los regadores en Ganadera Gilio eran unos de los principales problemas para el riego debido a lo siguiente:

- El turno de riego era de 24 por 24 horas.
- Los regadores no tenían descanso.
- Desperdicio de agua y baja productividad.

Con esto se tenía problemas en el riego debido a que el regador, tenía que trabajar todo el día, sin descansar por lo que el rendimiento del regador era bajo debido a las horas de trabajo y por esto mismo el desperdicio de agua era mayor debido a que el regador al no poder hacer el cambio de riego, por cansancio o debido a que se quedara dormido por las noches, la tendida se llenaba demasiado o descuido de bordos, tuseras, o abertura del suelo el agua se regaba hacia los caminos u otros predios.

Algunos predios eran afectados por el exceso de agua, es decir, si se tenía pastura tirada, el agua afectaba de tal manera que se podía perder toda la parte que se volvía a regar, y esto era una pérdida significativa de dinero. De igual manera si el predio estaba a punto de corte se volvía a regar, y esto retrasaba el corte del mismo por lo que se retrasaba el corte.

#### **4.2.2. Modificación de turnos de riego**

Para la modificación de los turnos de 24 horas que era de la manera que estaban acomodados anteriormente y debido a que eran turnos de 24 por 24, es decir un día un regador entraba a las 7 am y salía hasta las 7 am del día siguiente, siendo así que se tenían muchos problemas de riego como los siguientes:

Agua tirada. Esto era porque algunos regadores se dormían o se descuidaban

Retraso de riego. Es decir, algunos regadores siendo muy listos abriendo hasta en hidrantes 2 o 3 tendidas al mismo tiempo.

Encadenamiento de agua, este es cuando abren una cabecera al final de la melga que se está regando.

Esto para que la melga de un lado se llene con el agua que está saliendo de la melga que fue llenada y donde se tiene el hidrante abierto, esta melga a llenar se regara en contra pendiente y el tiempo de riego es mucho mayor, para así no tener que ir al hidrante y moverlo de melga, ya sea por cansancio o por flojos.

Debido a estos problemas se hizo lo siguiente;

Se crearon tres turnos de 8 horas en las 24 horas, para así mismo dar un día de descanso a cada regador.

Los turnos quedaron de la siguiente forma;

1er turno de 7:00 am a 3:00 pm

2do turno de 3:00 pm a 11:00 pm

3er turno de 11:00 pm a 7:00 am

Con dos regadores por frente de riego, y con esto mismo se aumentó el gasto a más de 201 lps, en algunos predios, esto recordando que el gasto de más de 201 lps se tenía con el agua de río. Donde los predios que están cerca del estanque si se obtienen más de 201 lps, siendo los siguientes, San Ignacio, San Sergio.

Debido a que anteriormente de crear estos turnos de riego se tenían riegos con gastos menores a los 150 lps con dos personas operando el riego en algunos predios, por eso se modificaron los riegos, se incrementaron.

#### **4.2.3. Avance de riego**

El avance de riego que se tenía en los predios Santa Herlinda, San Miguel, La Esperanza, Santa Rosa era menor de 8 ha de riego por día con el turno de 24 horas con el agua de río, (cuadro 4).

En la comparación de avance de riego diario esto solo es en el ciclo que hay de agua de río, y en ese tiempo se anexa el promedio de riego de agua de noria.

Cuadro 4. Comparación de ha regadas promedio diario de riegos (no incluyendo pivotes) con agua de noria junto con agua de río, contra con plan de riego.

mes	Riego con agua de noria (ha)	Riego con agua de río (ha)	Riego con agua de río con plan de riego (ha)
marzo	3	8	20
abril	7	0	0
Mayo	2	8	20
Junio	3	7	20
Julio	6	5	19

Con los volúmenes de agua aumentados a más de 201 lps el avance de riego con agua de río fue superior a las 7 ha, esto con el rebombeo de Santa Herlinda. Ya que en dicho rebombeo la superficie regada era menor a 7 ha en los predios; Santa Rosa, Santa Herlinda, La Esperanza y San Miguel.

El rebombeo de San Ignacio se tenía un avance de riego de 3 ha por día, el cual se mantuvo esta superficie promedio por día con el agua de río, esto debido a este rebombeo el agua se entrega por turnos y esto se debe a que los demás usuarios (ejidatarios) riegan con dicho canal 2+102, por lo tanto, es el caso de este rebombeo no se tiene el agua constante.

Se hizo lo siguiente para calcular el avance de riego;

Del día 9 al 21 de marzo del 2018 hasta ese día se tenía un total de 245 ha regadas, en un lapso de 12 días. 201 has regadas con el rebombear de Santa Herlinda y 44 ha regadas con el rebombear de San Ignacio.

$$Ha \text{ por día} = \frac{Ha \text{ acumuladas}}{Días \text{ de riego}}; \frac{245 \text{ ha regadas}}{12 \text{ días}} = 20.41 \text{ ha}$$

Este avance, fueron las máximas hectáreas regadas en un día, ya que anteriormente no llegaba ni a 7 ha regadas por día, diciéndome este dato el contador del rancho

#### 4.2.4. Láminas de riego

La lámina de riego que se aplicó en el riego de aniego para la siembra de maíz en todos los predios fue de 12 cm con agua de río. Esto fue calculado de la siguiente forma: se precedió a calcular gasto, área de tendida y volumen requerido;

Área de tendida 3919 m<sup>2</sup>

Gasto 250 lps

$$Lr = \frac{vol}{a}; \frac{(t. \text{riego} * Q)}{a}; \frac{(32 \text{ min} * 0.250 \frac{m^3}{seg})}{3919 \text{ m}^2}; \frac{((32 \text{ min} * 60 \text{ seg}) * 0.250 \frac{m^3}{seg})}{3919 \text{ m}^2};$$

$$Lr = \frac{(1920 \text{ seg} * 0.250 \frac{m^3}{seg})}{3919 \text{ m}^2}; \frac{480 \text{ m}^3}{3919 \text{ m}^2}; 0.12 \text{ m} = \mathbf{12 \text{ cm}}$$

$L_r$ = lámina de riego (m)

$Q$ = gasto ( $m^3/seg$ )

$a$ = área ( $m^2$ )

$t_{riego}$ = tiempo de riego en tendida (min)

$vol$ = volumen ( $m^3$ )

El primer, segundo y tercer auxilio se procedió a hacer de igual manera que en el aniego, es decir, el riego que se aplicó fue de 12 cm en cada riego de auxilio tanto como de aniego, aplicando una lámina de riego neta 48 cm durante el ciclo de primavera, verano con el agua de río.

Para los cálculos de los riegos de auxilio, se creó una hoja de cálculo, para ser determinada inmediatamente. (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Calculo de láminas de riego**

Datos		Datos	
Q ( $m^3/s$ )	0.25	Q ( $m^3/s$ )	0.25
Ancho (m)	28.1	Area ( $m^2$ )	3919.95
Largo (m)	139.5	Vol. Aplicado ( $m^3$ )	470.394
Area ( $m^2$ )	3919.95	Lamina de riego (m)	0.12
Lamina (m)	0.12		
Tiempo (min)	31.36		
tiempo en segundos	1881.576		
Tendidas aproximadamente			
Turno de 8 hrs (min)	480		
Tendidas a regar	15.31		

#### 4.2.5. Volúmenes de agua

Los volúmenes de agua que con los que se regaban eran excesivos, es decir, los riegos eran muy pesados dando láminas de 25 cm

por riego, tanto en aniego como en tres riegos de auxilio, de tal manera que se modificaron las láminas de riego a 12 cm cada riego, para disminuir los volúmenes de agua, haciendo así una comparación de volúmenes de agua (cuadro 6).

**Cuadro 6. Volúmenes de agua de cada predio con de diferentes láminas de riego con agua de río.**

Predios	Ha de predio	Volumen (m3) con lámina de 25 cm en 4 riegos	Volumen (m3) con lámina de 12 cm en 6 riegos	Volumen de agua rescatada (m3)
Esperanza	42.31	423,100	304,632	118,468
Fajas	63.8	638,000	459,360	178,640
Santa Rosa	66.4	664,000	478,080	185,920
Santa Herlinda	52.9	529,000	380,880	148,120
San Ignacio	56.14	561,400	404,208	157,192
San Miguel	33.86	338,600	243,792	94,808
San Pancho	42.36	423,600	304,992	118,608
San Sergio	76.78	767,800	552,816	214,984
<b>Total</b>	<b>434,55</b>	<b>4,345,500</b>	<b>3,128,760</b>	<b>1,216,740</b>

El cuadro antes mencionado fue calculado con respecto a las hectáreas de cada predio, mencionando todos los predios del rancho.

Con la modificación de láminas de riego se obtuvo el siguiente problema, debido a que el avance de riego era mucho mayor de 7ha por día que era lo que se regaban anteriormente. Se lograron regar más de 20 ha por día. Por lo que el problema de esta modificación fue que la preparación del suelo no se daba abasto contra el riego, es decir, el subsuelo, rastreo, y nivelación no era lo suficiente rápido para dar suelo preparado, para regar, por lo que se tenía que parar el riego y en ocasiones se tuvo que sobre regar predios donde ya se tenía regado esto para esperar el suelo preparado, esto fue el problema más a menudo que nunca se había dado esta situación, este problema se tuvo a lo largo del ciclo de agua de río.

Con los metros cúbicos rescatados se pudieron regar más predios de lo que asigna el módulo de riego, los metros cúbicos rescatados fueron 1, 216,740 m<sup>3</sup>. Por lo que se puede calcular cuanta superficie más se pudo regar;

Vol. rescatado 1, 216,740 m<sup>3</sup>

Lamina de riego 12 cm siendo 6 riegos = 72 cm

$$\text{Has que puedo regar} = \frac{1,216,740 \text{ m}^3}{0.72 \text{ m} * 10000 \text{ m}^2}; \frac{1,216,740 \text{ m}^3}{7,200 \text{ m}^3}; 168 \text{ ha}$$

168has que se pueden regar con ese volumen rescatado, con una lámina de riego de 12cm.

## Conclusión

De acuerdo a los resultados obtenidos, se hacen las siguientes conclusiones;

La aplicación de la ingeniera en la empresa Ganadera Gilio, se pudo obtener un incremento de productividad del recurso hídrico en los predios de la empresa, con varias modificaciones en el sistema de riego igual que en operación del mismo.

- Láminas de riego muy ligeras, lo cual se incrementó el ahorro de agua y así mismo los avances de riego eran mayores a 20 ha diarias

- Volúmenes de agua a más de 201 lps, esto a que se modificaron los rebombes tanto de estanque como de agua de río.

Con los volúmenes de agua rescatados, fueron utilizados para regar 168 ha más.

## Bibliografía

Alejandro Cruz y Gilbert Levine. (1994) El Uso de Aguas Subterráneas en el Distrito de Riego 017, Región Lagunera, México. Instituto Internacional Del Manejo Del Agua Serie. Latinoamericana: No. 3, p. 20.

Castro C.M. (2009). Lamina Bruta (Lb) de Aplicación de Agua y Capacidad Preliminar del Sistema. Artículos varios Knols. <https://elknol.wordpress.com/article/lamina-bruta-lb-de-aplicacion-de-agua-y-1i29ptfum49sf-26/>.

CEDRSSA. (2015). La agricultura y la gestión sustentable del agua en México. [www.cedrssa.gob.mx](http://www.cedrssa.gob.mx). Pp.1-19

Chuchon, Jaime. (2010). Sifones utilizados en riego por gravedad y transporte. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/45667888/Sifones-Utilizados-en-Riego-Por-Gravedad-yTransporte>. Fecha de consulta: noviembre 22 2011.

Cisneros A. (2003). Centro de investigación y estudios de posgrado y área agrogeodésica. Universidad Autónoma De San Luis Potosí.

Cruz, R.; López, O. (1995). Adecuación de tierras. El cultivo de la Caña en la zona azucarera de Colombia. Cenicaña. 108 p.

Delgado G., Estrada J., Trucíos R., Rivera M., Catalán E.A. (2013). Metodología para la evaluación de la eficiencia global del riego en sistemas tipo válvulas alfalferas. Chapingo Serie Zonas Áridas, vol. XII, núm. 1, 2013, pp. 3-6.

Demin P. (2014). Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego: métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones. 1a. ed. - San Fernando del Valle de Catamarca, Catamarca: Ediciones INTA. 28 p.

Faci J.M. y Playan E. (1996). Principios básicos del riego por superficie. Ministerio de agricultura pesca y alimentación. No 10-11/94.

Flores F. 2013 Adopción de tecnología de riego para el uso sustentable del recurso hídrico en yectorias, vol. 15, No. 36, pp. 65-82

González, J.L.; González, G.; Valenzuela, L.M.; Muñoz, J.A.; Valles, V. (2011). Influencia del endorreísmo hidrológico y la aridez climática en el arsénico de las aguas subterráneas de la región lagunera, México. Chapingo Serie Zonas Áridas. vol. XI, pp. 9-14.

Guzmán E., García J.A., Mora J.S., Fortis M., Valdivia R., Portillo M. (2006). La demanda de agua en la comarca lagunera, México Agrociencia. vol. 40, núm. 6, pp. 793-803

Hagan, R.M. Haise, Edminster (1967), Irrigation of agricultural lands. American Society of Agricultural of Agronomy Publications. Agronomy No. 11 Wisconsin, USA 1180

Hagbrink I. (2010). Agua en la agricultura. Banco Mundial. <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture#1>.

Humberto Mena Rossi. (2018). Diseño de una instalación de bombeo para el riego de una finca. Escuela técnica superior de ingeniería. pp. 32-33.

<https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/23983/DISEAO%20DE%20UNA%20INSTALACION%20DE%20BOMBEO%20PARA%20EL%20RIEGO%20DE%20UNA%20FINCA%20-%20Mena%20Rossi%20Humberto.pdf?sequence=1>

IMTA. (2010). Riego por gravedad.pp.1-24.<https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Riego-por-gravedad.pdf>

Íñiguez M. y de León B. (2007) Análisis y comparación de tres métodos para determinar la capacidad de conducción de canales, aplicados en el distrito de riego La Begoña. Ingeniería hidráulica en México, vol. XXII, núm. 2, pp. 81-90.

Luis Roberti Pérez. (2013). Conducción por gravedad. Caja de herramientas de saneamiento sostenible y gestión del agua. <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/conducci%C3%B3n-por-gravedad>

Manqui F., Allende M., Villablanca A. (2012). Instituto De Investigaciones Agropecuarias, Centro De Investigación Especializado En Agricultura Del Desierto Y Altiplano. Preparación de suelos. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/4424/NR38633.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martínez S. (2015). Estación Experimental Agrícola. Suelo y preparación del terreno.

<https://www.upr.edu/eea/wpcontent/uploads/sites/17/2016/09/4.SANDIA-SUELO-Y-PREPARACION-DEL-TERRENO-version2015.internet.pdf>

Ramiro Corrales A. (2020). Metodología para la distribución de agua en distritos de riego. Ministerio de agua y medio ambiente. p.1-47.  
[https://www.bivica.org/files/5697\\_3%20Metodolog%C3%ADa%20para%20la%20Distribuci%C3%B3n%20de%20Agua%20en%20Distritos%20de%20Riego.pdf](https://www.bivica.org/files/5697_3%20Metodolog%C3%ADa%20para%20la%20Distribuci%C3%B3n%20de%20Agua%20en%20Distritos%20de%20Riego.pdf).

Salinas A., Rodríguez R., Morales D. (2010). Manual de especificaciones técnicas básicas para la elaboración de estructuras de captación de agua de lluvia (scall) en el sector agropecuario de costa rica y recomendaciones para su utilización. Nicoya: Universidad Nacional, CEMEDE, pp. 1-98.

Universidad De Talca Facultad De Ciencias Agrarias Servicio Integrado De Agrociimatología Y Riego. (1999). Comisión nacional de riego departamento de proyectos.  
<http://bosques.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/9924/CNR-0287.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Vuelvas M.A. (2016). Las unidades de riego para el desarrollo rural. CEDRSSA. pp. 1-124.  
[http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/8/82Unidades\\_riego\\_desarrollo\\_rural.pdf](http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/8/82Unidades_riego_desarrollo_rural.pdf)